



REGIONE CALABRIA

Dipartimento N. 6 - Infrastrutture - Lavori Pubblici - Mobilita' Settore: Difesa del Suolo

PROGETTO PER LA SALVAGUARDIA DEL LITORALE COSTIERO

II STRALCIO - CALOPEZZATI (CS)

C.U.P. J23B18000340001 - CIG 8181782C16 - Cod. Rendis 18IR980/G1

PROGETTO DEFINITIVO

elaborato:

STUDIO GEOLOGICO

TAVOLA	R5
SCALA	----
DATA	MAR.22
FILE	R5_REL_GEO.doc
COORDINATE PROGETTO	0422/CE

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.):

DOTT. ING. ANTONIO DARRIGO

DOTT. ING. NICOLA RUSTICA

DOTT. ING. DOMENICO MANGANO

DOTT. ING. AGOSTINO LA ROSA

DOTT. ING. LEOPOLDO ROSSI

DOTT. ING. MANUELA BARBAGIOVANNI GASPARO

DOTT. ING. ALBERTO LO PRESTI

DOTT. ARCHEOL. TIZIANA FISICHELLA

DOTT. BIOL. SEBASTIANO CAPONE

DOTT. GEOL. PIERO MERK

c/o Sede legale: Studio D'Arrigo Via Gagini n.6 98122 Messina - Tel./Fax. 090364154 3356573963 - pec: antoniop.darrigo@ingpec.eu - mail: a.darrigo@tiscali.it

IL DIRIGENTE DEL SETTORE 6:

DOTT. ARCH. ORSOLA REILLO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

DOTT. GEOL. GIOVANNA CHIODO



Regione Calabria

Dipartimento N. 6 - Infrastrutture - Lavori Pubblici - Mobilità

Settore: Difesa del Suolo

PROGETTO PER LA SALVAGUARDIA DEL LITORALE COSTIERO

II STRALCIO – CALOPEZZATI (CS)

C.U.P. J23B18000340001 - CIG 8181782C16 - Cod. Rendis 18IR980/G1

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA

INDICE

1. GENERALITÀ	1
1.1. PREMESSA	1
1.2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	1
1.2.1. <i>Premessa</i>	1
1.2.2. <i>Geomorfologia costiera</i>	2
1.2.3. <i>Dinamica idraulica costiera</i>	7
1.2.4. <i>Geomorfologia Subacquea</i>	7
1.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E LITOLOGIA	11
1.4. RIFERIMENTO AL PAI CALABRIA.....	15
1.5. INQUADRAMENTO SEDIMENTOLOGICO, LITOLOGICO E PETROGRAFICO.....	16
1.6. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI LITOTIPI	20
2. SEDIMENTOLOGIA.....	21
2.1. PREMESSA	21
2.2. RISULTATI DELLE ANALISI	22
2.2.1. <i>Battigia</i>	22
2.2.2. <i>Berma ordinaria</i>	23
2.2.3. <i>Spiaggia interna (backshore)</i>	24
2.2.4. <i>Sistema dunale</i>	25
2.2.5. <i>Spiaggia sommersa</i>	25
3. SISMICITA' DELL'AREA	31
3.1. CARATTERI STORICI	31
3.2. ZONIZZAZIONE SISMO GENETICA ZS9.....	32
3.3. DESCRIZIONE DELLE ZONE SORGENTI DELLA CALABRIA.....	34
3.4. COMPATIBILITA' CINEMATICA TRA ZS9 E ZS4	35
3.5. CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI	38
4. CONCLUSIONI.....	41

1. GENERALITÀ

1.1. PREMESSA

La presente relazione generale è redatta nell'ambito del **“PROGETTO PER LA SALVAGUARDIA DEL LITORALE COSTIERO II STRALCIO – CALOPEZZATI (CS)”**.

L'incarico è stato affidato all'R.T.P. costituito dall'Ing. A. D'Arrigo, ing. Nicola Rustica, ing. Domenico Mangano, ing. Agostino La Rosa, ing. Leopoldo Rossi, ing. Manuela Barbagiovanni Gasparo, ing. Alberto Lo Presti, Dott. Geol. Piero Merk, Dott. Archeol. Tiziana Fisichella e Dott. Biol. Sebastiano Capone.

Con Decreto dell'Ufficio Commissariale n. 143 del 22.06.2018 del Commissario Delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Calabria è stato approvato il *“Secondo Decreto di Avvalimento relativo agli interventi previsti dall'Accordo di Programma del 25 novembre 2010, dal I° atto Integrativo all'Accordo di Programma del 9 gennaio 2018 e dal Patto per lo sviluppo della Regione Calabria”* e che è stato individuato quale Ente Avvalso il Settore Difesa del Suolo – Dipartimento Lavori Pubblici, Infrastrutture e Mobilità, per gli interventi di cui al Cod. Rendis 18IR954/G1, 18IR776/G1 e 18IR980/G1 relativo al *Progetto preliminare per la salvaguardia del litorale costiero - II Stralcio – Calopezzati (Cs)* per un importo globale del finanziamento di € 2.000.000,00.

La relazione tratta tutti i caratteri inerenti alla geologia, geomorfologia, geotecnica e sedimentologia dell'area in studio sulla base delle indagini eseguite, e nel caso in esame vengono studiate le cause che hanno condotto la costa a subire una erosione definibile come differenziata lungo il litorale.

1.2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

1.2.1. PREMESSA

L'area oggetto di studio riguarda il tratto di costa compreso nel Comune di Calopezzati al confine con quello di Crosia in prossimità del Torrente Fiumarella e ricade entro l'unità fisiografica compresa fra il Fiume Trionto ed il Fiume Nicà (Tav. 1 e 2) ubicata in cartografia al C.T.R. al F° 230 scala 1:10.000 e nel quadrato centichilometrico UTM nella zona 33S.

Le tavole redatte sono riferite al punto coordinate DGPS 656180.41 m E 4382944.13 m N punto su cui sono stati basati tutti i rilevamenti.

In particolare, tratto di costa in studio ricade all'interno della unità sub fisiografica 13 del PAI – Calabria che comprende le fasce costiere dei comuni di Crosia, Calopezzati, Pietrapaola, Mandatoriccio, Scala Coeli e Cariati.



Figura 1 – Area oggetto di intervento di difesa costiera (Comune di Calopezzati)

1.2.2. GEOMORFOLOGIA COSTIERA

Nell'ambito della sub unità fisiografica 13 del PAI si nota che la località Marina di Calopezzati è ubicata nel settore orientale del conoide di sbocco del fiume Trionto in contiguità con il litorale che si presenta lineare e solcato da alcune aste torrentizie (Tav. 1 e 2) in linea con i litorali tipici della costa ionica settentrionale della Calabria, in cui l'azione del moto ondoso è limitata nella sua componente areale dalla presenza della penisola salentina che riduce la superficie di distesa libera (fetch) consentendo così anche una sensibile riduzione dell'efficacia dei fenomeni erosivi e consentendo anche un parziale mantenimento di spiagge più ampie in relazione alla loro esposizione.

L'unità fisiografica entro cui è ubicato il settore in studio si trova proprio in una zona complessa in cui il sistema di terrazzamenti di genesi marina quaternaria viene coperto in progradazione dai sedimenti alluvionali del Fiume Trionto che però andando verso oriente lasciano spazio ai sedimenti marini tipici di trasporto litorale.

Tali sedimenti vengono presi in carico dai corsi d'acqua i quali essendo a carattere torrentizio

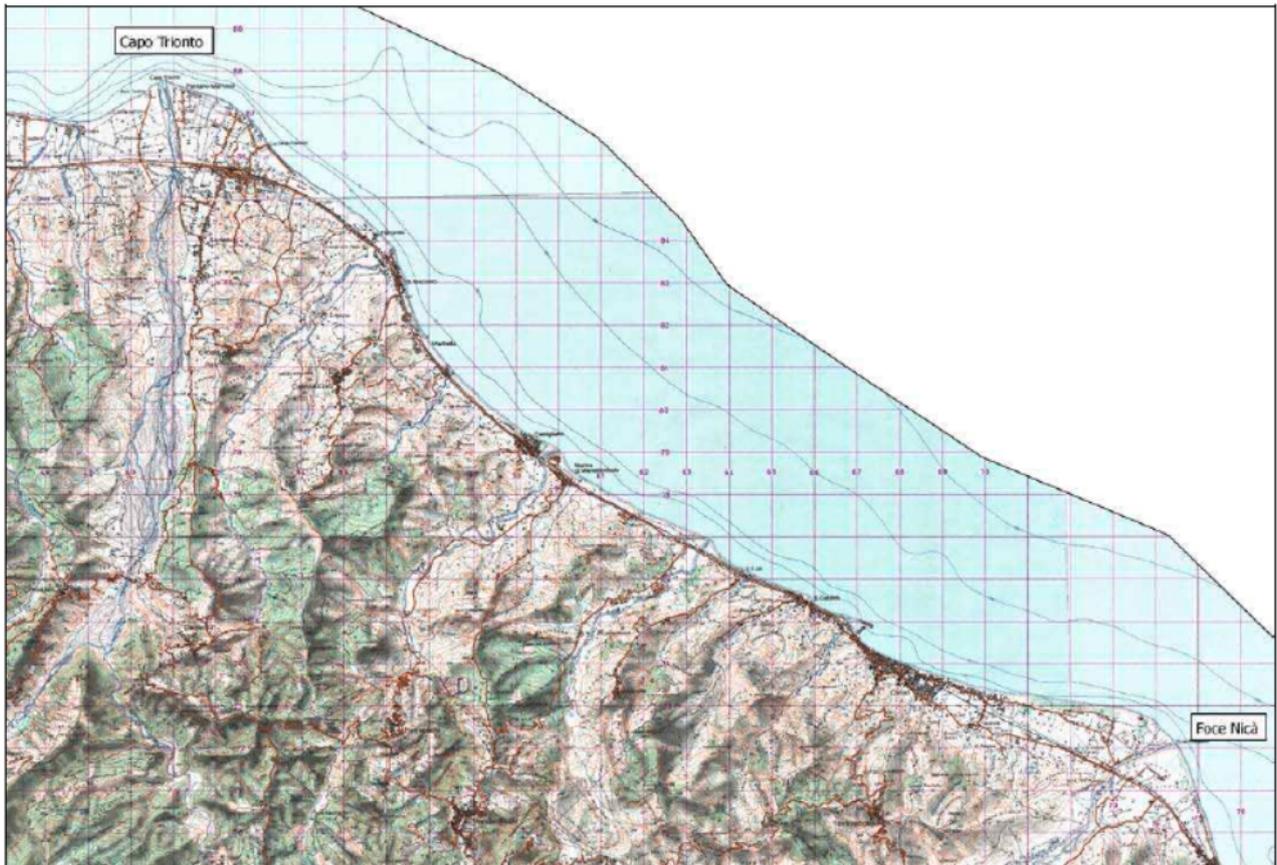


Figura 2 – Stralcio IGM relativo al tratto costiero che va da Capo Trionto fino a Foce Nicà

Questo meccanismo ha provocato la formazione di una spiaggia di genesi più complessa, su cui si sono impostati alcuni abitati fra cui Mirto sul conoide e Marina di Calopezzati sul litorale, un tempo sufficientemente distanti dalla linea di riva ma che ora vengono minacciati dai fenomeni erosivi.

Il rilevamento della linea di riva e l'analisi di alcuni profili di riva studiati in lavori precedenti a cura dello scrivente, hanno evidenziato una erosione più marcata in settori differenti ed apparentemente non connessi.

Tale differenza è presente nel settore settentrionale anche se meno evidente in relazione sia ai sedimenti alluvionali presenti lungo il litorale che alle barriere di massi posti a protezione del litorale. Ma è anche presente nel settore meridionale del litorale studiato ed è anche più evidente ma solo perché i sedimenti sono a carattere sabbioso.

Infatti la costa si presenta bassa con granulometria della spiaggia emersa variabile da sabbiosa a ciottolosa soprattutto in corrispondenza dei corsi d'acqua.

Si deve osservare che in questa zona non sono presenti le dinamiche tipiche dei corsi d'acqua piuttosto turbolenti tipici della Calabria ma è presente sempre un notevole trasporto solido verso la foce determinando così l'ampio conoide di sbocco come nel caso del Fiume Trionto.

Tali apporti solidi fanno sentire la loro influenza sulla costituzione sia granulometrica che mineralogica e petrografica dei fondali antistanti il litorale.

In merito al sito di indagine specificatamente, da un punto di vista fisiografico e geomorfologico si possono distinguere due settori.

Il primo, centro meridionale costituito da una tipica spiaggia piatta larga mediamente da 30 a 50 m nella sua configurazione attuale ma che in effetti, depurandola dagli apporti di tipo antropico può essere inquadrata nell'ambito dell'edificio alluvionale del Fiume Trionto, e che, come anche rilevato nei profili di riva e dei profili subacquei costruiti in occasione di altri lavori condotti dallo scrivente, presenta acclività che degradando bruscamente dai margini dell'antico sistema di terrazzi marini in erosione siti nell'entroterra, procede poi con acclività bassa (3°- 5°) in prossimità della linea di riva e successivamente bassissima (1°- 2°) sul fondale.

Lungo la costa a sud inoltre, anche se con la discontinuità di carattere antropico rappresentata dagli edifici oggi presenti, è presente un sistema retrostante la spiaggia costituito da dune costiere di genesi eolica tipico di questo settore della Calabria. Tale sistema però si interrompe inoltrandosi nel conoide del Fiume Trionto.

Diversi corsi d'acqua a carattere torrentizio e che incidono più o meno profondamente i terreni entro cui scorrono in relazione alla composizione dei terreni solcano tutto il litorale.

Tutto il sistema a monte comunque è composto generalmente da grandi terrazzamenti naturali di genesi marina, con caratteristiche eluviali, incisi o fortemente incisi come nel caso del Fiume Trionto, che poi si raccordano alle litologie rigide di supramonte che costituiscono le propaggini orientali dell'Altopiano Silano.

La falesia presente a monte che caratterizza tutta l'area in studio costituisce un sistema di ripa di erosione ben evidente con altezze che vanno da pochi metri ad oltre 100 m ed acclività talvolta anche verticali.

Questa falesia è il risultato del progressivo smantellamento e arretramento del terrazzo marino quaternario individuato il cui livello topografico più basso è stato rilevato a pochi metri sott'acqua, mentre il litorale rappresentato dalla spiaggia piatta è definibile morfologicamente come una piattaforma di erosione/abrasione costituita sia da materiali asportati dal terrazzo evidenziato dalla falesia sia da materiali di genesi eolica costituenti del sistema dunale presente anch'esso nel retroterra, non tenendo conto degli apporti antropici, posto a cerniera con il sistema di terrazzamenti con i materiali costituenti l'edificio alluvionale del Fiume Trionto limitrofo.

Tali sedimenti sono costituiti, soprattutto in corrispondenza degli impluvi, da elementi di genesi alluvionale misti ad elementi di genesi specificatamente marina a cui occasionalmente si

frammischiano elementi di genesi eolica facenti parte del complesso dunale retrostante tipico di questo settore ionica della Calabria centrale.

La Fig. 3 mostra una visione di insieme della zona di raccordo fra le litologie tipiche dei terrazzi marini con quelli alluvionali del fiume Trionto in località Centofontane.



Figura 3 – Visione di insieme della zona di raccordo fra le litologie tipiche dei terrazzi marini con quelli alluvionali del fiume Trionto in località Centofontane

In particolare le sabbie rappresentano i sedimenti di deposizione marina che si mischiano con i sedimenti di genesi alluvionale.

Sullo sfondo, sono visibili i rilievi che costituiscono i terrazzi marini. E' da notare che i sedimenti dell'edificio alluvionale del fiume soprattutto verso riva sono costituiti da granulometrie grossolane fino a ciottolo miste a ghiaia fino a sabbiose. Riassumendo, i sopralluoghi eseguiti hanno consentito di individuare i seguenti processi erosivi:

- Escavazione e rimozione del materiale dalla zona di falesia che individua il primo ordine di terrazzamenti emersi.

- Abrasione, consistente nell'allontanamento dei materiali dalla zona di piattaforma;

- Azioni meccaniche sulla battigia e sul litorale dovute al moto ondoso ed alla correntometria che provocano trasporto e deposizione di materiali sul litorale e di contrasto all'erosione derivati da attività antropiche.

La spiaggia sommersa è caratterizzata da un sistema di barre alimentato dal trasporto litoraneo lungo costa connesso al Fiume Trionto, Torrente Fiumarella e dal Torrente Acquaniti. Quest'ultimo alimenta il sistema di barre solo in occasione di eventi meteomarini che innescano trasporto litoraneo verso NW. Il sistema di barre è caratterizzato dalla presenza di depressioni orientate parallelamente alla costa dove spesso si possono trovare depositi pelitici. Il sistema di barre è caratterizzato dalla presenza di un importante posidonieto. I sedimenti ben classati con dimensioni

medie (250-500 micron) hanno una composizione a maggiore presenza di quarzo e feldspati e minore e presenza di litici metamorfici.

Lo studio dell'evoluzione della linea di riva in base alle cartografie storiche ed ortofotografie più recenti dal 1954 al 2008 ha evidenziato come il tratto di litorale in studio compreso tra la foce del Torrente Fiumarella e la foce del Fosso Galice è interessato da erosione mentre dalla foce del Fosso Galice fino alla foce del Torrente Calamitti si nota una certa stabilità, con alcuni tratti di costa in cui si nota un leggero accrescimento.

In particolare, nei settori più urbanizzati verso la foce del Torrente Fiumarella, l'arretramento misurato è di circa 42 metri lineari con una superficie di spiaggia erosa tra la foce del Torrente Fiumarella e la foce del Fosso Galice, dove si incrociano la linea di riva del 1954 quella del 2008, pari a circa 53.796 mq.

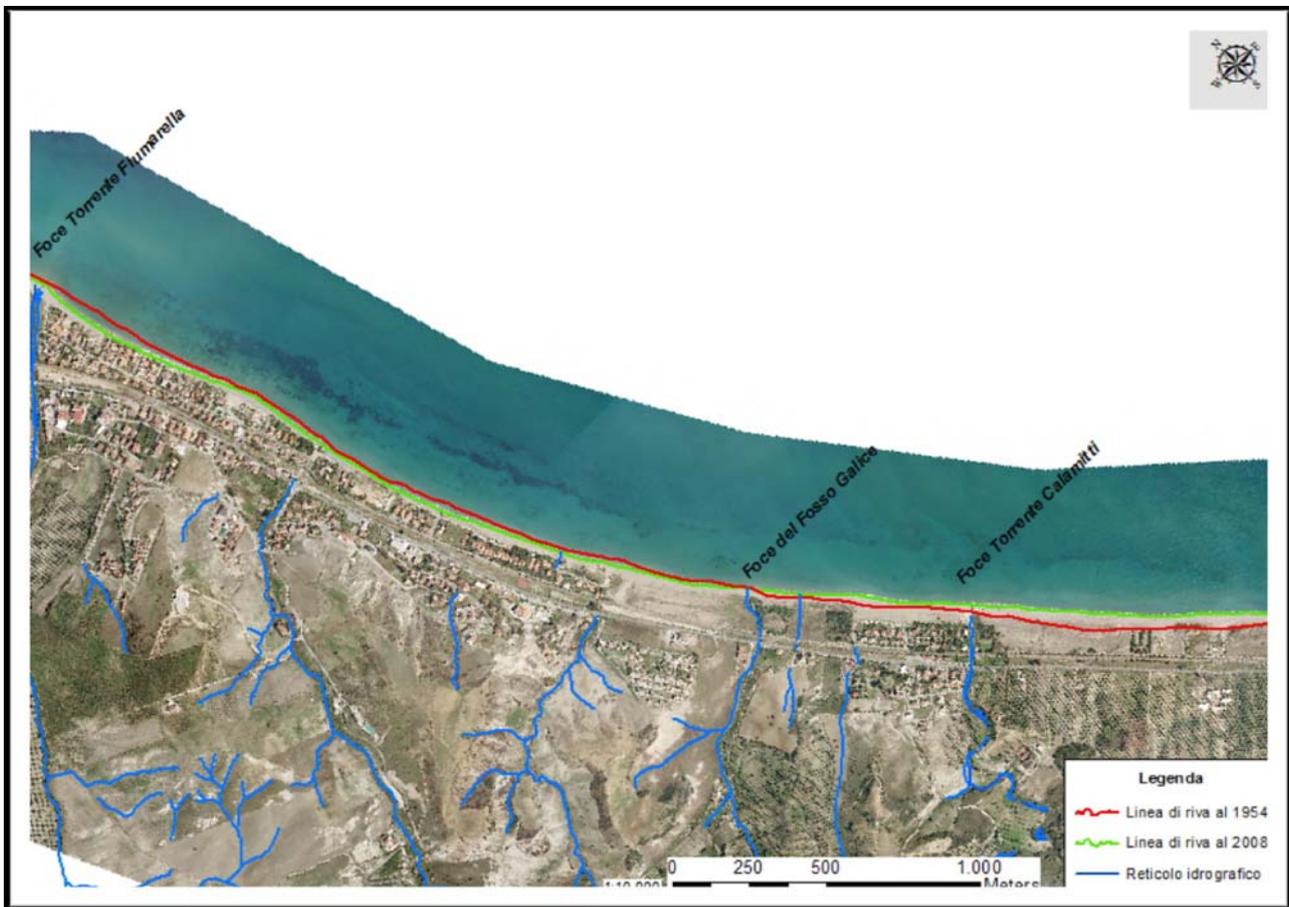
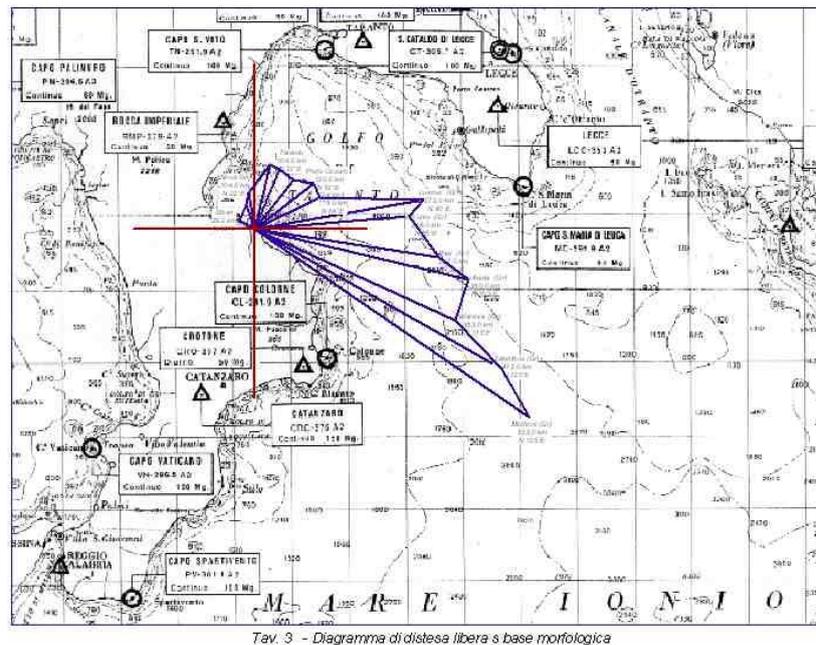


Figura 4 – Evoluzione della linea di riva

Per ciò che riguarda l'analisi della distesa libera - Fetch (Fig 5) ha messo in evidenza come l'influenza dei venti da scirocco sia maggiore rispetto a quelli da Levante e da Maestrale.

Ed in effetti si nota che quando l'esposizione della spiaggia varia, i caratteri morfologici tipici dei fenomeni erosivi si manifestano maggiormente.



Tav. 3 - Diagramma di distesa libera a base morfologica

Figura 5 – Diagramma di distesa libera (fetch) su base morfologica

1.2.3. DINAMICA IDRAULICA COSTIERA

La dinamica idraulica costiera è strettamente connessa con l’apporto solido dei torrenti presenti lungo il litorale in studio ed è funzione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei bacini idrografici dei singoli corsi d’acqua (Tav. 3).

La variabilità granulometrica degli apporti sta in rapporto con le formazioni da cui vengono erosi. Infatti i materiali prevalentemente fini provengono dagli affioramenti di formazioni coesive in prevalenza argille mentre i materiali grossolani provengono da erosione di formazioni litoidi.

Nella gran parte i bacini dei torrenti che sfociano all’interno del tratto di litorale interessato sono impostati su formazioni litoidi: arenarie tardo mioceniche e conglomerati anch’essi miocenici, i quali in seguito all’azione degli agenti esogeni e producono materiali di alterazione a granulometria da media a grossolana dalla sabbia ai ciottoli. Tali sedimenti vengono presi in carico dai corsi d’acqua i quali essendo a carattere torrentizio riducono solo al caso di precipitazioni di una certa entità la possibilità di trasporto solido di grandi quantità di materiale.

1.2.4. GEOMORFOLOGIA SUBACQUEA

Grazie a studi e rilievi eseguiti recentemente è stato possibile studiare un rilievo batimetrico della spiaggia sommersa eseguito mediante l’utilizzo integrato di dati pregressi immagini aeree e/o

satellitari, DTM-regionali e correlarlo con un rilievo eseguito dallo scrivente immediatamente a nord sul settore orientale del conoide del Fiume Trionto nel 2007.

La batimetria ricostruita ha interessato specificatamente una zona compresa dalla fascia di marea 0,00 m alla isobata -12,0 m ed offshore con profondità maggiori alla isobata -12,0 m.

Il rilievo batimetrico è stato condotto attraverso l'uso di un Multibeam EchoSounder a tecnologia interferometrica (Kongsberg Geoacoustics mod. Geoswath plus Compact 500 kHz), con l'uso di un piccolo natante a motorizzazione singola fuoribordo e pescaggio contenuto.

Il rilevamento è stato effettuato nel sistema di coordinate WGS84 con proiezione in sistema UTM (Universal Transverse Mercator) fuso 33 N, e successivamente trasformato in coordinate GAUSS-BOAGA tramite grigliato IGM.

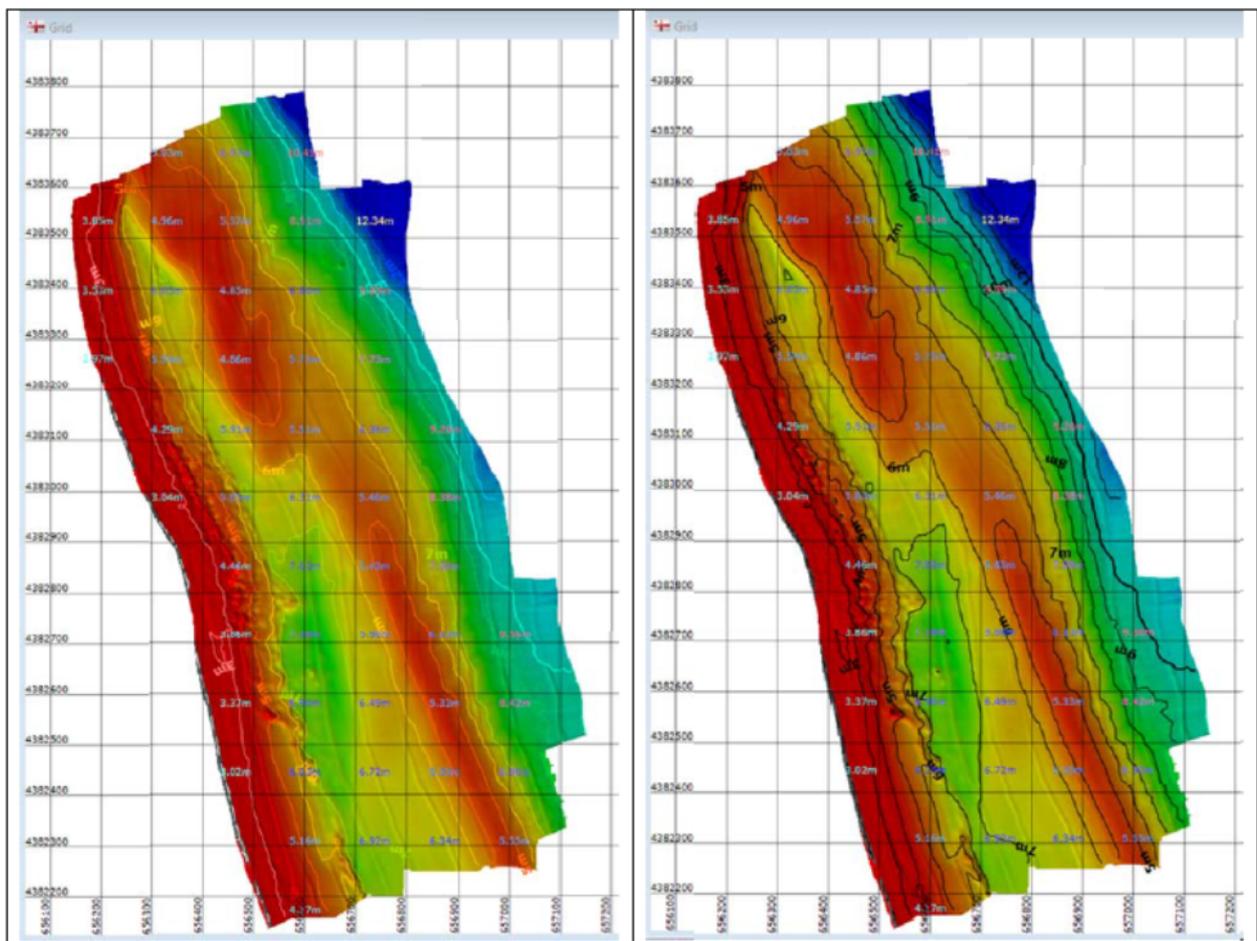


Figura 6 – Mappa batimetrica in scala di colori ed isobate

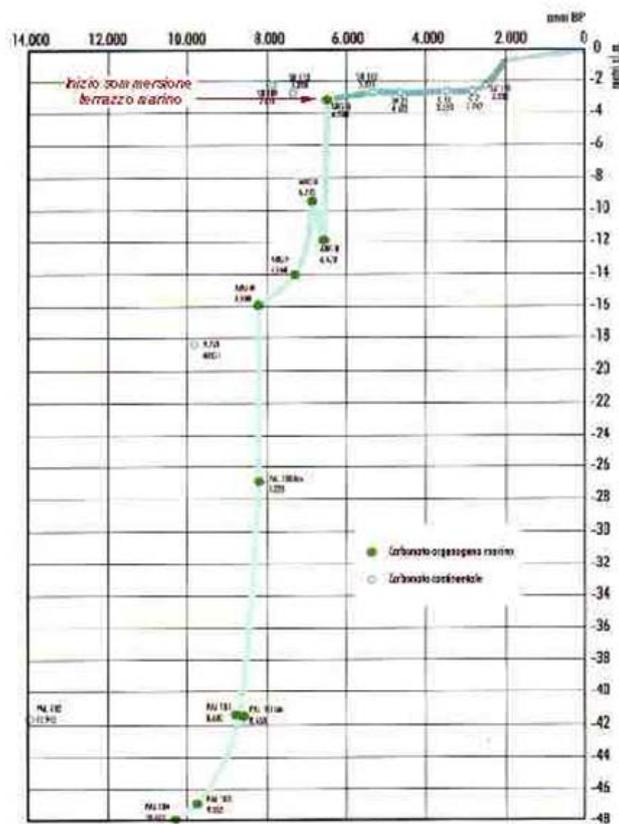
Lo studio delle spiagge sommersive nei due settori, che si possono considerare quasi contigui, evidenzia un livello topograficamente inferiore del sistema di terrazzamenti marini quaternari che è possibile seguire fin prima di Cirò Marina e che lo scrivente ha ben documentato nel corso di studi analoghi al presente eseguiti lungo il litorale Jonico calabrese.

Tale livello è evidente sott'acqua con la presenza di una barra soffolta naturale generalmente costituita da sabbie e conglomerati spesso cementati anche se discontinui ed interrotti da fosse di

deflusso e che si mantiene grossomodo prossima al litorale anche se in qualche settore, come quello di Crucoli, tale barra è meno marcata e più esterna.

La stessa barra soffolta, la cui batimetria si mantiene generalmente intorno ad un intervallo fra – 2,00 m s.l.m.m. e –4,00 m s.l.m.m. è preceduta spesso, fra il litorale e la barra stessa, da una fossa di levigazione più profonda.

Uscendo dalla barra verso il largo quasi sempre si apre il fondale ad acclività bassa o bassissima che individua l'antica linea di riva nel presente caso a circa –3,50 m – 4,00 m s.l.m.m, perfettamente databile geomorfologicamente attraverso la curva esposta in Fig. 7 a circa 6.000 anni.



Variazione del livello eustatico nel mare Mediterraneo basata su speleotemi per gli ultimi 14.000 anni

Figura 7 – Variazioni del livello eustatico nel Mediterraneo

In quell'epoca il livello del mare ha cominciato l'innalzamento con un primo gradone a –2,00 –2,50 m s.l.m.m. per poi assestarsi progressivamente intorno al livello attuale.

Nel caso di Crosia poi il livello del terrazzo marino in discussione si approssima sempre più verso la riva fino ad essere ricoperta totalmente dai sedimenti alluvionali dell'edificio del Fiume Trionto che progrediscono verso il largo. Tale contatto è ancor più evidente nel settore centrale dove i sedimenti di terrazzo marino si mescolano con quelli alluvionali di genesi metamorfica.

L'analisi strumentale poi ha messo in evidenza a Nord di una importante incisione (Fig. 8) nel settore più settentrionale che dal fondale piatto a circa $-8,0$ m di profondità si inoltra fino ad oltre $40,0$ m.

Tale incisione come detto, viene interpretata come l'antico alveo del Fiume Trionfo che nel tempo ha subito una migrazione a causa dell'accumulo dei sedimenti alluvionali che hanno portato l'asta a migrare verso Ovest.



Figura 8 – Settore orientale conoide fiume Trionto - Mappa batimetrica del 2007 ed isobate

Come si può vedere nella Fig. 8, l'analisi della morfologia sommersa in relazione anche alla morfologia di superficie del Fiume Trionto, indica una corrispondenza fra tale incisione e l'antico corso superficiale; tale incisione forse era impostata su una linea di debolezza strutturale del complesso tettonico, e poi, per cause naturali ha deviato il suo corso verso Ovest.

La morfologia della foce del fiume indica una possibile migrazione del suo corso da oriente verso occidente secondo una dinamica tutt'ora in corso.

Inoltre è evidente l'interruzione della barra soffolta naturale, che corre lungo buona parte del litorale ionico calabrese, e che lo scrivente ha documentato anche nel corso di altri lavori eseguiti, costituita dal quello che si ritiene il livello topograficamente inferiore e sommerso del più basso terrazzo marino quaternario rilevato.

Tale interruzione si ritiene che sia dovuta al ricoprimento causato dall'edificio alluvionale del fiume Trionto di questa barra sommersa.

Successivamente, con la migrazione del corso d'acqua verso Ovest, la conformazione topografica ha assunto l'aspetto attuale.

Le cause di tale migrazione sarebbero da ricercare sulla combinazione fra l'accumulo di materiali da trasporto solido e la correntometria prevalente della unità fisiografica.

In particolare è evidente l'azione di erosione del litorale attribuibile sia alla correntometria che al moto ondoso che, in corrispondenza dell'incisione profonda, in particolare quando arriva incidente da NE, improvvisamente trova un innalzamento del fondale nello spazio di poche centinaia di metri provocando così la rottura delle onde con conseguente frangimento delle onde. Questo provoca anche una maggiore attività del moto ondoso sul litorale e conseguente maggiore attività erosiva.

Lo studio delle due batimetrie mette in evidenza come, allontanandosi verso sud dal conoide del Fiume Trionto, la spiaggia sommersa si presenti omogenea e continua nei suoi caratteri morfologici.

1.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E LITOLOGIA

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata da tre complessi sedimentari ben definiti di età, dall'alto verso il basso, oligo-miocenica (Falda di Cariati) e mio-pliocenica poggianti su un complesso metamorfico da basso a medio grado con intrusioni di rocce plutoniche (Unità della Sila).

Questo edificio geologico è ricoperto da una copertura sedimentaria di età plio-pleistocenica che interessa tutta l'area costiera, poggiante in discordanza sulle successioni sedimentarie più antiche.

L'unità metamorfica della Sila è composta da rocce metamorfiche di alto grado, si tratta degli gneiss quarzoso-feldspatici, contenenti granati e sillimanite, localmente inglobanti livelli di marmi e filoni intrusivi pegmatitici e apolitici. L'età degli gneiss è Paleozoico inferiore-medio mentre quella dei filoni è Paleozoico superiore (Carbonifero-Permiano).

Le rocce metamorfiche di basso grado sono costituite da micascisti, porfiroidi e soprattutto filladi. Queste rocce sono riferibili alle sub-unità di Bocchigliero e Mandatoriccio di età Paleozoico inferiore-medio (Cambriano-Ordoviciano) e sono localmente ricoperte da sedimenti carbonatici e silicoclastici di età mesozoica.

La successione sedimentaria più antica è costituita da terreni alloctoni di età oligo-miocenica sovrascorsi durante il Messiniano medio-superiore – Pliocene inferiore sulle unità terrigene di età tortoniano-messiniano inferiore.

Si tratta della successione sedimentaria della Falda di Cariati costituita da depositi conglomeratici, arenacei e pelitici caratterizzati da pieghe connesse al trasporto tettonico.

La successione sedimentaria di età Serravalliana-Tortoniana - pliocenica affiora estesamente nell'area compresa tra gli abitati di San Nicola dell'Alto, Carfizzi, Cirò, Umbriatico, Campana, Scala Coeli e Pietrapaola ed è caratterizzata prevalentemente da depositi conglomeratici ed arenacei che passano verso l'alto ad arenarie e peliti con inclusioni di corpi lenticolari arenacei.

A queste rocce sedimentarie terrigene segue verso l'alto una successione sedimentaria di età messiniana-pliocenica costituita da rocce sedimentarie evaporitiche clastiche (gessareniti e ruditi gessose, gessi nodulari) e terrigene (peliti, arenarie, arenarie gessose) di età Messiniano-Pliocene più visibili in territorio di San Nicola dell'Alto a Nord e Pietrapaola a Sud.

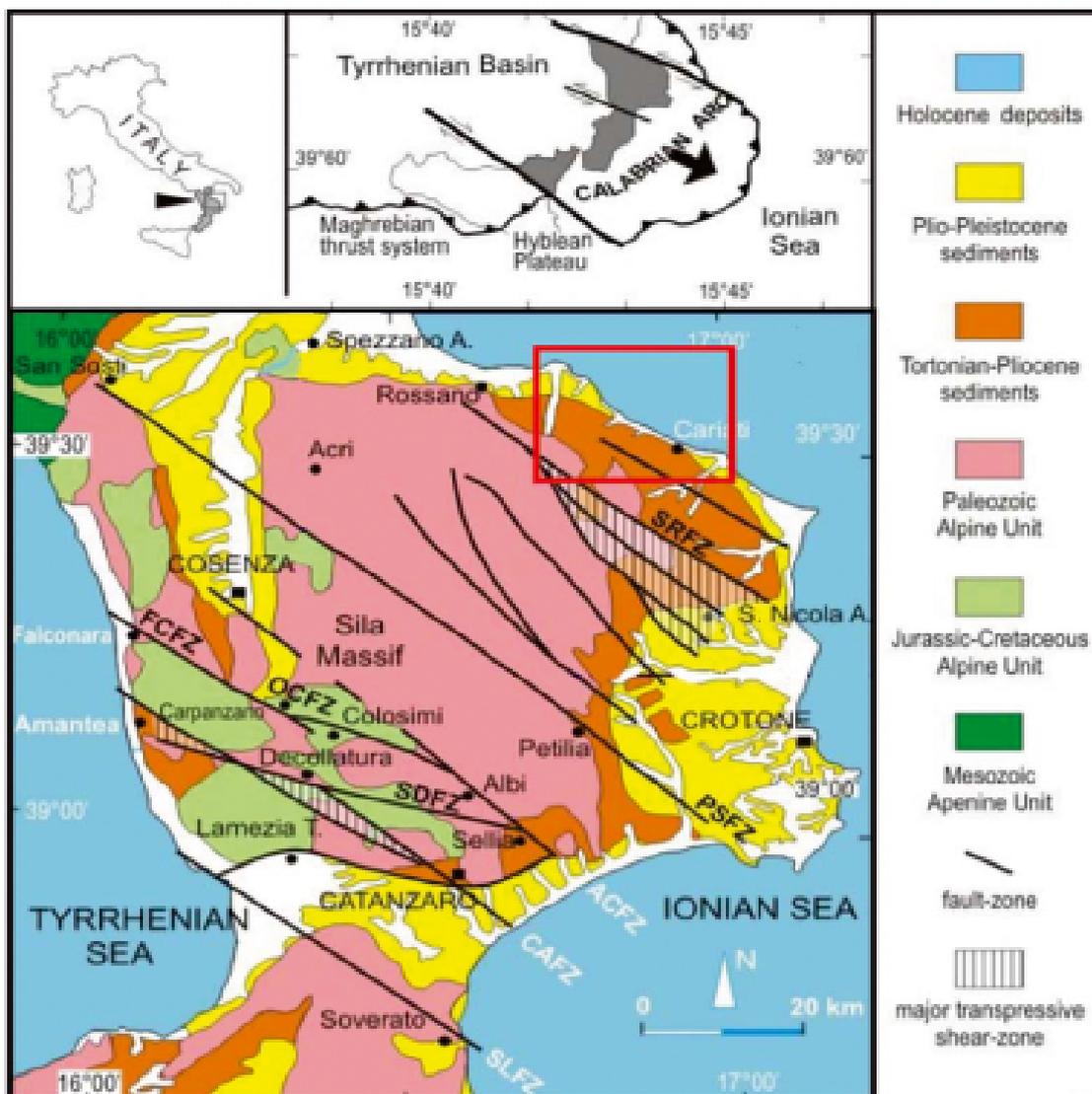


Figura 9 – Carta strutturale della Calabria centrale

La fascia costiera è caratterizzata da un'area collinare riconducibile ai terrazzi marini di età plio pleistocenica che delimitano l'area costiera pianeggiante costituita da depositi alluvionali e torrentizi, ed infine dai sistemi dunari e spiagge (Tav. 4).

I terrazzi marini che caratterizzano l'area collinare sono costituiti da depositi prevalentemente sabbiosi e pelitici riconducibili ad ambienti costieri e lagunari associati a depositi conglomeratici riconducibili a spiagge ghiaiose e canali dei sistemi alluvionali-torrentizi ricoperti infine da sedimenti rossastri costituiti da sabbie e ciottoli di genesi continentale.

L'area pianeggiante è costituita anch'essa principalmente da depositi sabbiosi e conglomeratici derivanti dai processi d'erosione e deposizione attivi soprattutto lungo i principali corsi d'acqua come testimoniato dal ciottolame piuttosto eterogeneo presente nei depositi connessi al delta del conoide del Fiume Trionto.

Infine l'area più propriamente costiera è caratterizzata da sistemi dunari, oggi quasi completamente scomparsi o presenti solo in prossimità dei litorali a causa dei processi di antropizzazione mentre la spiaggia è costituita prevalentemente da sabbie con ghiaie concentrate in corrispondenza delle berme e nel foreshore inferiore.

In Tav. 4 è esposto lo stralcio della carta litologica, georeferenziata in sistema WGS84 e rielaborata attraverso controlli e sopralluoghi di campagna, estratta dagli elementi n° 553021-553022-553033, e della Carta Geologica della Calabria scala 1:25.000 (Ex CASMEZ, 1958-67).

La mappatura dei limiti delle unità litologiche recenti è stata eseguita attraverso l'utilizzo della Carta Tecnica della Calabria scala 1:5.000.

Dal punto di vista litologico le formazioni presenti dall'alto verso il basso, sono:

- **AC** - *depositi costieri mobili* – Trattasi di depositi costieri di spiaggia attuali e recenti costituiti da sabbie da medie a grossolane e ciottoli arrotondati e discoidali provenienti dal disfacimento di rocce sedimentarie, metamorfiche e plutoniche;
- **AS** – *depositi di retrospiaggia - dunali* - sono accumuli di sedimento che si formano sui litorali in seguito all'azione prevalente dei venti, spesso combinata con l'azione delle onde di tempesta da mare e con gli eventi alluvionali da terra. I sedimenti provenienti dalla spiaggia o da corsi d'acqua limitrofi possono essere presi in carico dal vento e accumulati nel retro spiaggia, andando a formare depositi di varia estensione e forma, denominati campi dunali. L'assetto di questi depositi è funzione delle differenti condizioni geologiche, geomorfologiche, sedimentologiche e di esposizione, oltre che climatiche.
- **AF** - *depositi alluvionali-torrentizi fossili e recenti, palustri e costieri fossili*. Trattasi di depositi alluvionali-torrentizi fossili ed attuali e di depositi costieri e transizionali ad essi associati. Si tratta di sedimenti terrigeni costituiti da ciottoli e sabbie grossolane ciottolose

costruite dai numerosi piccoli torrenti che solcano l'area costiera e dal conoide fossile del Torrente Fiumarella. Questi depositi passano lateralmente a depositi di piana alluvionale costituiti da sabbie siltose e a sabbie e ciottoli di ambiente costiero. L'eterogeneità delle caratteristiche tessiturali e soprattutto la diversa natura genetica potrebbe indicarci una più articolata suddivisione (depositi alluvionali-torrentizi, costieri fossili, piana alluvionale-torrentizia). Tuttavia la forte antropizzazione dell'area conferisce un carattere unico di area alluvionale costiera recente urbanizzata. Questa caratterizzazione antropica determina la drastica variazione dell'equilibrio morfo-sedimentologico naturale governato da processi d'erosione e trasporto del sistema idrografico e di deposizione e rielaborazione lungo l'area costiera (spiagge, dune, conoidi e conoide).

- **AM** – *alluvioni mobili, ciottolosi dei letti fluviali*. Affiorano nella parte terminale dei corsi d'acqua ed intorno ad essi. Questa unità è costituita da strati di sabbie e ghiaie mal classate, variabili a seconda delle intensità delle portate del sistema idraulico.
- **D1 D2** - *Dune eoliche mobili e stabilizzate*. In realtà allo stato attuale dato l'eccessivo tasso di urbanizzazione della fascia costiera è più consono parlare di dune e sabbie eoliche stabilizzate. In questa unità sono stati raggruppati i sistemi dunari stabilizzati in quanto nella maggior parte dei casi sono caratterizzati da una continuità morfologica.

Per ciò che riguarda invece le unità litologiche non presenti specificatamente nell'area in studio ma che contribuiscono all'apporto sedimentario del litorale sono presenti:

- **Ps⁵₃** – *sabbie Giallastre*. Trattasi di materiale a granulometria sabbiosa omogenea e più grossolana rispetto ai depositi sabbiosi che si trovano sulla spiaggia, ricoperte talvolta da scarsa vegetazione; si presentano friabili e facilmente erodibili, eccetto nelle parti più cementate.
- **Pa₃** - *argille siltose da grigio-chiaro a grigio-scuro*, a stratificazione non evidente. In questa unità vengono considerati anche i sedimenti che spesso sono posti alla base dei depositi Q s-cl con Q cl (Conglomerati e Conglomerati e sabbie) dai quali si differenziano per la scarsa resistenza all'erosione delle acque superficiali e per l'inconsistenza nella costruzione dei depositi alluvionali-costieri.
- **Q s-cl con Q cl** - *sabbie e conglomerati generalmente bruno-rossastri*. Si tratta di depositi sabbiosi di ambiente costiero costituiti da sabbie e ciottoli con fossili coperti da sedimenti grossolani ciottolosi rossastri di ambiente continentali riferibili al Pleistocene inferiore-medio.
- **Ma2-3, Ma-ar 2-3 ed Mar-a2-3** - *argille marnose e silts da grigio-chiaro a giallo-brunastro con numerose e sottili intercalazioni arenacee "flysch"*). Si tratta di depositi che

presentano una maggiore resistenza all'erosione rispetto alle argille siltose Pa3 e soprattutto sono caratterizzati da frequenti intercalazioni arenacee Ps3 che costituiscono una sorgente per i depositi alluvionali e costieri.

1.4. RIFERIMENTO AL PAI CALABRIA

Nel Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Calabria sono individuate le aree soggette ad erosione costiera, e sono definite areali di rischio laddove si rileva la presenza di elementi esposti. Il litorale antistante l'area in studio è definito nel PAI (2001) come tratto di costa in erosione dal Torrente Fiumarella fino al Fosso Galice, mentre dal Fosso Galice fino al Torrente Calamitti in avanzamento. Di seguito si riporta uno stralcio dell'elaborato n° 12.1.12 nel quale si osserva quanto esposto.

Dal 03/11/2014 la Regione Calabria ha approvato una nuova perimetrazione di erosione costiera, facendo riferimento PSEC si riporta in allegato le relative carte di pericolosità e rischio a cui far riferimento e di cui si allegano anche le rispettive norme.

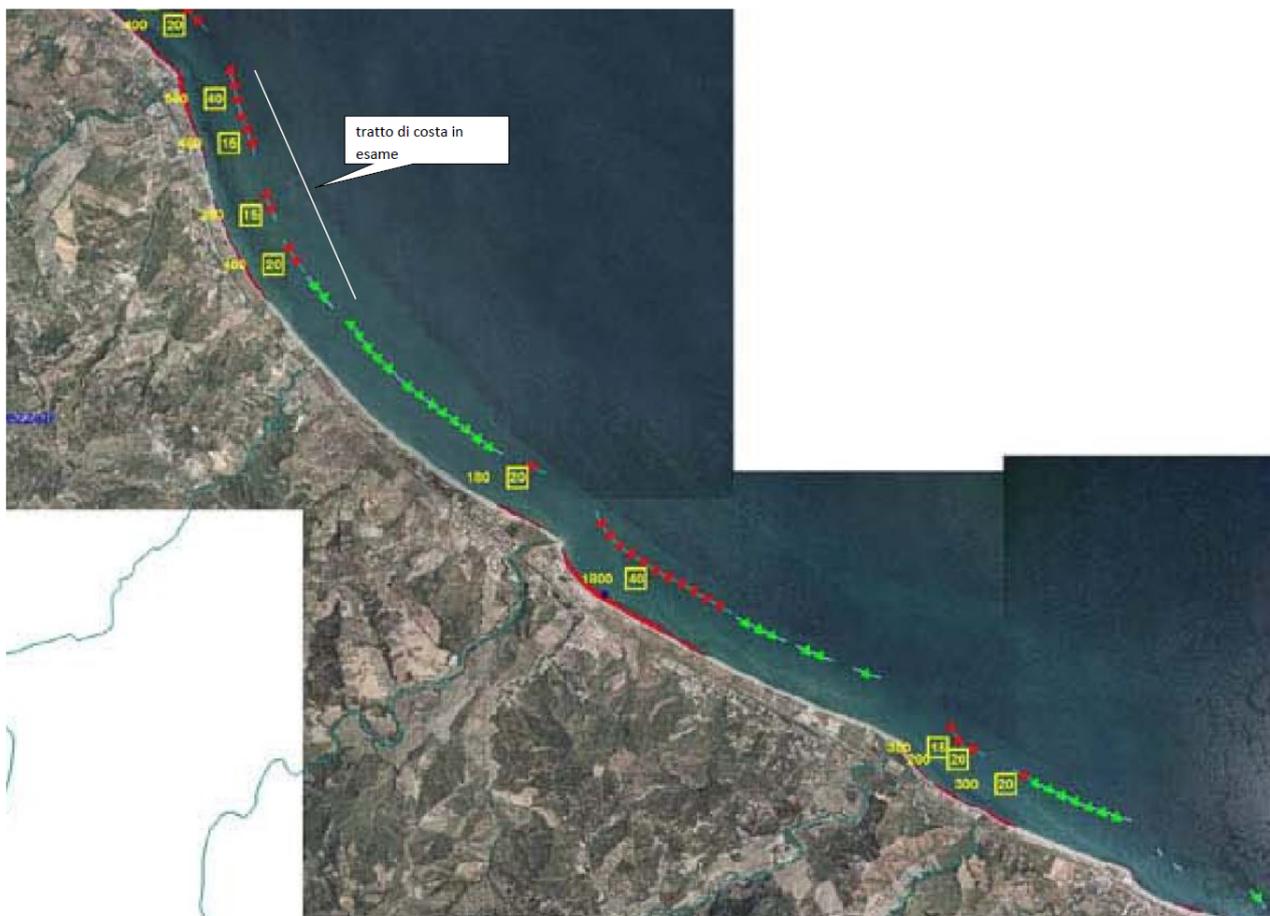


Figura 10 – stralcio della TAVOLA 12_1_12 relativa alle aree a rischio di erosione costiera contenuta nel PAI

In Fig. 10 è esposta la Tav. RI 078021 CALOPEZZATI per quanto riguarda la perimetrazione area a rischio idraulico in scala 1:25000.

1.5. INQUADRAMENTO SEDIMENTOLOGICO, LITOLOGICO E PETROGRAFICO

Lo studio della correntometria dell'area indica come il complesso del Fiume Trionto e dell'idrografia influenzano il trasporto solido sui litorali.

In particolare, una indagine conoscitiva del 2003 compresa nell'area di studio (AS) 4 del Master Plan della fascia costiera (Master Plan, 2014) indica il Torrente Fiumarella quale il principale sistema di alimentazione del settore meridionale del tratto costiero, con un calcolo della produzione e trasporto di sedimenti su tempi medio lunghi del sistema costiero di Calopezzati da parte del Torrente Fiumarella (che ha un bacino idrografico di circa 31,9 km²) pari a 480,52 mc/anno*km²*31,9 km²= 15.328 mc/anno.

Nel calcolo del bilancio però normalmente viene considerata solo della parte di apporto solido costituita da materiale più grossolano (sabbie e ghiaia), escludendo la parte più fine (limi e argille) comunque presente nel valore totale calcolato e che viene dispersa prima di essere depositata sulla costa.

Per tale motivo, nel calcolo viene introdotta una riduzione del 40% sul totale dei sedimenti trasportati per cui l'apporto di sedimenti teoricamente utili al trasporto litoraneo del Torrente Fiumarella è di circa 9.000 mc/anno.

Tale dato però subisce una riformulazione in base all'elaborazione integrale e globale dei dati per cui la quantità di sedimenti prodotti dal bacino idrografico del Torrente Fiumarella sarebbe pari a circa 80 mila mc/anno.

Utilizzando dati di letteratura di maggiore dettaglio rispetto a quelli utilizzati dall'indagine conoscitiva del 2003 e del master Plan e da dati integrati ed implementati sulla base di studi e rilievi, risulta che circa 57 mila mc/anno, derivano peliti (silt ed argilla) e da rocce che vanno rapidamente in dissoluzione, quindi non compatibili con i sedimenti costieri (spiaggia emersa e sommersa). Di conseguenza solo 23 mila mc/anno di sedimenti sono compatibili con il trasporto litoraneo e solo 12 - 6 mila mc/anno alimentano il sistema costiero di cui una notevole percentuale viene catturata dalle briglie riducendo notevolmente gli apporti verso la foce.

Valutazioni realistiche basate su fotointerpretazione di immagini aeree storiche, inducono a stimare che solo circa il 50% del sedimento idoneo al trasporto litoraneo, che poteva alimentare il sistema costiero è stato/è catturato dalle briglie.

La stima finale che si può avanzare sulla quantità di sedimenti compatibili al trasporto litoraneo si riduce infine a circa 6-3 mila metri cubi/anno.

Dal punto di vista sedimentologico, uno studio morfo-sedimentologico costiero su transetti rappresentativi della Spiaggia di Calopezzati e dei punti di campionamento riferibili ai diversi sub-ambienti che caratterizzano il sistema costiero ha consentito di caratterizzare l'area per cui



Figura 11 – Localizzazione dei transetti di campionamento

la spiaggia di Calopezzati, analogamente a quanto studiato anche in altri lavori condotti dallo scrivente lungo i litorali di Crosia, Cariati e Cirò Marina, è caratterizzata da *nearshore* con barre, canali e truogoli, seguito da un *foreshore* (dalla zona di frangenza alla berma ordinaria) costituito da una battigia sabbiosa-ghiaiosa o sabbiosa ed una berma ghiaiosa e ghiaiosa-sabbiosa ed infine da un *backshore* (retrospiaggia) sabbioso con talora la presenza di ciottolame. All'estremità Nord e Sud dell'area di studio la spiaggia emersa, passa ad un sistema duna le parzialmente antropizzato/eroso a Nord e completamente antropizzato e parzialmente eroso a Sud secondo lo schema riportato in Fig. 12.

I sedimenti di battigia sono costituiti da ghiaia sabbiosa o da ghiaia molto grossolana a componente sabbiosa.

I campioni di battigia si presentano trimodali e polimodali con valori di classazione bassa e sono riferibili ad un moto ondoso di maggiore energia.

La berma delimita il *foreshore* dal *backshore* ed all'interno di una spiaggia si possono trovare più berme riferibili a diverse tempeste ed è un elemento morfologico più stabile della battigia.

Il *backshore* è costituito da sabbia con rari ciottoli e rappresenta il settore della spiaggia più stabile e l'area da cui si alimenta il sistema dunale ove presente. La presenza di un *backshore* a granulometria prevalentemente sabbiosa e morfologia inclinata o convessa con un raccordo morbido, privo di scarpate erosive, con il sistema dunale rappresenta certamente un elemento morfo-sedimentologico stabile dell'ambiente costiero.

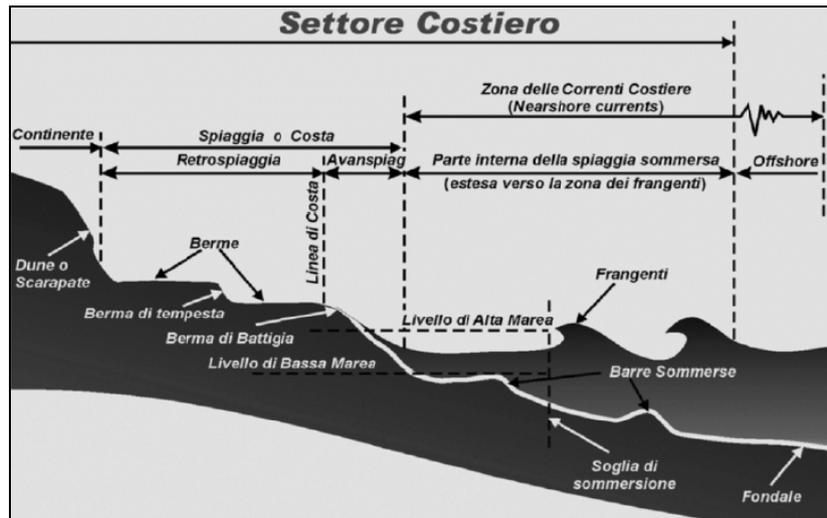


Figura 12 – Zonizzazione di una spiaggia (Clark, 1995) riferibile alla spiaggia di Calopezzati. Il sistema duna/e nel settore centrale dell'area di studio è stato sostituito da un sistema urbano

Nell'area di studio sono presenti dei sistemi dunali urbanizzati ed in erosione nel settore centrale, in erosione e parzialmente urbanizzati nel settore meridionale, parzialmente in erosione nel settore settentrionale.

I campioni del sistema dunale sono costituiti da sabbie leggermente ghiaiose, unimodali e moderatamente ben classate.

La spiaggia sommersa è caratterizzata da sabbie medie (0,5 mm) con frazioni secondarie di sabbie grossolane (1 – 2 mm) e ghiaie (2mm-128 mm) che caratterizzano il *foreshore* inferiore fino alla profondità di circa 2 m.

Le ghiaie presenti come depositi di truogolo, canale e di frangenza, sono disposti in genere parallelamente alla linea di riva lungo le zone di frangenza e i truogoli e perpendicolarmente alla linea di riva. Alla profondità di circa 20-25 m si passa a sabbie medie-fini con una frazione pelitica importante che aumenta gradualmente con la profondità fino ad essere prevalente in piattaforma (50-100 m). Sono talora presenti delle lenti di sedimento pelitico a profondità minore a 10 m. Si tratta di sedimenti dovuti a decantazione dei plume prodotti dalle piene dei torrenti in condizioni di mare calmo. Le peliti di colore grigio occupano delle piccole depressioni (truogoli) oppure zone protette e vengono facilmente rimaneggiati e depositati a largo.

Per ciò che riguarda l'aspetto petrologico e petrografico infine, si osserva che l'area in studio ricade all'interno della Provincia petrografica del Trionto che costituisce un'area di sedimentazione clastica sabbioso-ghiaiosa i cui sedimenti sono mescolati dalla dispersione dei principali corsi d'acqua che ricadono nel sistema di drenaggio della provincia litoranea.

L'area è alimentata da un sistema di drenaggio principale ed un insieme di sistemi di piccole dimensioni con percorsi per lo più rettilinei nel tratto terminale a causa della regimazione idraulica

oppure conservano una morfologia meandriforme e sinuosa quando la regimazione è assente o non continua.

La Provincia Petrografica del Trionto (PTT) si sviluppa su una superficie di circa 700 kmq con una forte variabilità di precipitazioni medie annuali comprese tra 600 mm/anno (sulla costa) a 1800 mm/anno (in montagna) ed una temperatura media variabile da 10 a 16° C.



Figura 13 – Localizzazione della provincia petrografia del Trionto

E' alimentata da un sistema di bacini idrografici caratterizzato da un substrato costituito per circa il 50% della superficie da rocce metamorfiche, il 30% della superficie è costituita da rocce plutoniche ed il restante 20% da rocce sedimentarie.

I sedimenti della PPT sono caratterizzati da una dominante componente ghiaiosa che costituisce la porzione centrale della spiaggia (sommersa ed emersa) compresa tra la berma ordinaria e la profondità di circa 2-3 m, racchiusa da sabbie talora ghiaiose che caratterizzano il *backshore* e le porzioni più profonde della spiaggia.

Da un punto di vista strettamente compositivo, le sabbie dell'intera Provincia del Trionto sono quarzose - feldspatiche con dominante detrito metamorfico di basso-medio e alto grado metamorfico e con significativo contributo di detrito plutonico e sedimentario.

In base ad uno studio eseguito sul litorale immediatamente limitrofo a nord dallo scrivente e di altri lavori nell'area compresa fra il Fiume Trionto ed il Fiume Nicà, si riporta una analisi microscopica su un campione di sabbia proveniente dall'area in studio su cui sono state studiate le caratteristiche composizionali della sabbie presenti nella zona.

Dalle analisi eseguite si ricava che i principali componenti delle sabbie insistenti nella zona di campionamento sono :

Quarzo : è presente in singoli granuli a spigoli smussati di colore bianco di probabile provenienza dai depositi metamorfici e plutonici presenti a monte e che costituiscono il basamento cristallino della Calabria settentrionale.

Feldspati : abbondanti soprattutto nel contenuto in plagioclasti ed in subordine in K-feldspato (Ortoclasio). Il fatto che quest'ultimo sia in percentuale minoritaria indica che la sua genesi è probabilmente solo metamorfica.

Mica biotite : facilmente riconoscibile dal colore nero e dalla sfaldatura, è presente in minute lamelle e scaglie irregolari e denunciano la genesi metamorfica del sedimento

Clorite : Molto simili alle miche ma presenti frequentemente in aggregazioni sono di colore verde anche se si rinvenivano raramente.

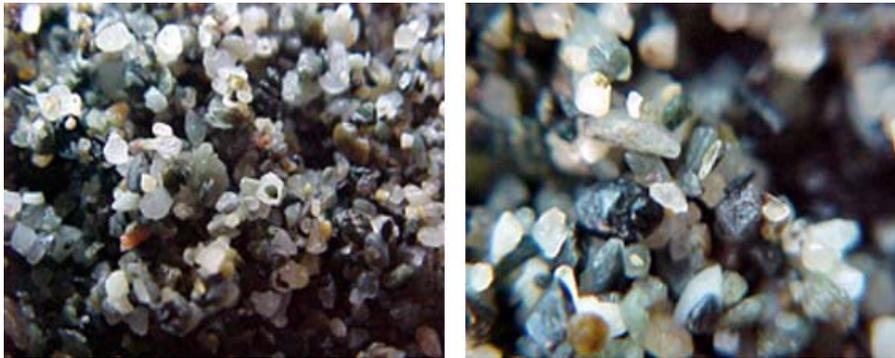


Figura 14 – Fotografie del sedimento

Questi dati indicano che il sedimento ha una genesi metamorfica di grado medio alto o al massimo hanno una provenienza plutonica.

1.6. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI LITOTIPI

Il modello meccanico studiato sul litorale può essere sinteticamente schematizzato come costituito principalmente da un corpo geologico costituito da sabbia ghiaiosa e ghiaia con sabbia per i primi metri indagati.

I terreni risultano sciolti in superficie con grado di addensamento crescente con la profondità costituiti da materiali granulari sabbia e ghiaia.

Litotipo	Profondità	Peso volume	Cont. Nat. Acqua	Peso specifico	Indice vuoti	Porosità	Saturazione	Angolo attrito interno	Densità relativa
	m	g/cm ³	%	g/cm ³	%	%	%	(°)	%
Sabbia ghiaiosa	0 – 1	1,66	2,55	2,687	0,65	39,57	8,84	25	30
Ghiaia sabbiosa	➤ 1	1,90	6,788	2,688	0,51	33,81	35,71	30	45

Tabella 1 – Parametri meccanici e sezione tipo del litorale

2. SEDIMENTOLOGIA

2.1. PREMESSA

Per ciò che riguarda la sedimentologia del settore in esame, è stato possibile consultare sia uno studio edito da UniCal – DI Best per ciò che riguarda i campioni di battigia e litorale, sia alcuni studi eseguiti dallo scrivente in un'area litorale immediatamente a nord del litorale di Calopezzati soprattutto per ciò che riguarda i dati della spiaggia subacquea che nella presente integrano i dati di superficie.

Sostanzialmente, i dati di superficie sono compatibili per cui si riportano di seguito i risultati.

Le metodologie di prelievo, esame e elaborazione sono sostanzialmente analoghe per cui i campioni di superficie sono stati prelevati secondo sub-ambienti: Battigia, Berma, Backshore e Duna sopravento, e analizzati secondo le metodologie classiche: asciugatura, quartatura e setacciatura. Le aperture dei setacci sono state in totale 21 secondo la scala Wentworth:

	Dimensione		Classe
	μm	mm	
	90.000	90,0	Massi Ciottoli
	63.000	63,0	Ciottoli Ghiaia molto grossolana
	45.000	45,0	Ghiaia molto grossolana Ghiaia grossolana
	31.500	31,5	Ghiaia grossolana Ghiaia
	22.400	22,4	Ghiaia
	16.000	16,0	Ghiaia
	8.000	8,0	Ghiaia
	5.600	5,6	Ghiaia fine
	4.000	4,0	Ghiaia molto fine
	2.800	2,8	Ghiaia molto fine
	2.000	2,0	Ghiaia molto fine Sabbia molto grossolana
	1.400	1,4	Sabbia molto grossolana
	1.000	1,0	Sabbia molto grossolana Sabbia grossolana
	710	0,710	Sabbia grossolana
	500	0,50	Sabbia grossolana
	355	0,35	Sabbia media
	250	0,250	Sabbia media
	180	0,180	Sabbia fine
	125	0,125	Sabbia fine
	90	0,09	Sabbia molto fine
	63	0,063	Limo
	< 63	<0,063	Argilla

Al fine di superare la determinazione dei valori medi fra due classi contigue, in quanto si dovrebbe ricorrere alla media geometrica, si ricorre alla scala Φ (phi) intesa come l'antilogaritmo in base 2 del diametro in mm per cui : $\Phi = -\log_2(D_{mm})$, per cui infine si hanno tutti gli intervalli di classe uguali, e valori interi per tutti i limiti di classe oltre che la lettura dei diagrammi e la determinazione dei parametri statistici è più facile e immediata.

In merito ai parametri statistici presi in considerazione si ha:

QD ϕ - deviazione interquartile come misura della dispersione

S₀ in mm - coefficiente di cernita di TRASK da confrontare con il coefficiente di cernita σ_ϕ .

Media M ϕ – che rappresenta la media delle dimensioni delle classi granulometriche.

Mediana D₅₀ - dimensione dei granuli in mm al centro della distribuzione.

Moda - che rappresenta il diametro più frequente delle particelle

Cernita σ_ϕ - inteso come la diffusione della distribuzione granulometrica intorno alla media indicazione del grado di elaborazione del sedimento ed indice della capacità di selezione del mezzo di trasporto nell'ambiente. Esprime anche la forza della selezione correntometrica.

Asimmetria SK ϕ – che indica l'omogeneità della popolazione granulometrica e cioè la sua distribuzione rispetto al baricentro della curva di distribuzione.

Kurtosi K_G - che misura l'appuntimento della curva di frequenza e confronta il rapporto tra la dispersione nella parte centrale e la dispersione nei settori periferici della curva.

2.2. RISULTATI DELLE ANALISI

2.2.1. BATTIGIA

Nel settore in studio, la fascia di battigia è costituita da ghiaia sabbiosa o da ghiaia molto grossolana a componente sabbiosa con diagrammi polimodali che indicano la presenza di popolazioni distinti da ghiaia e di sabbia media.

Il sistema di battigia è controllato da sistemi di trasporto laminare e/o turbolento nella frangenza d'onda che seleziona in modo molto efficace gli elementi in base al peso, densità e forma, indice questo che il moto ondoso controlla le caratteristiche granulometriche. Si osserva che normalmente i sedimenti di battigia sono unimodali e ben classati. In questo caso invece i valori di classazione sono bassi e polimodali. Questo perché trattasi di sedimenti di battigia, a livello di ghiaia, riferibili ad un moto ondoso a maggiore energia e confrontabili con quelli di berma ordinaria.

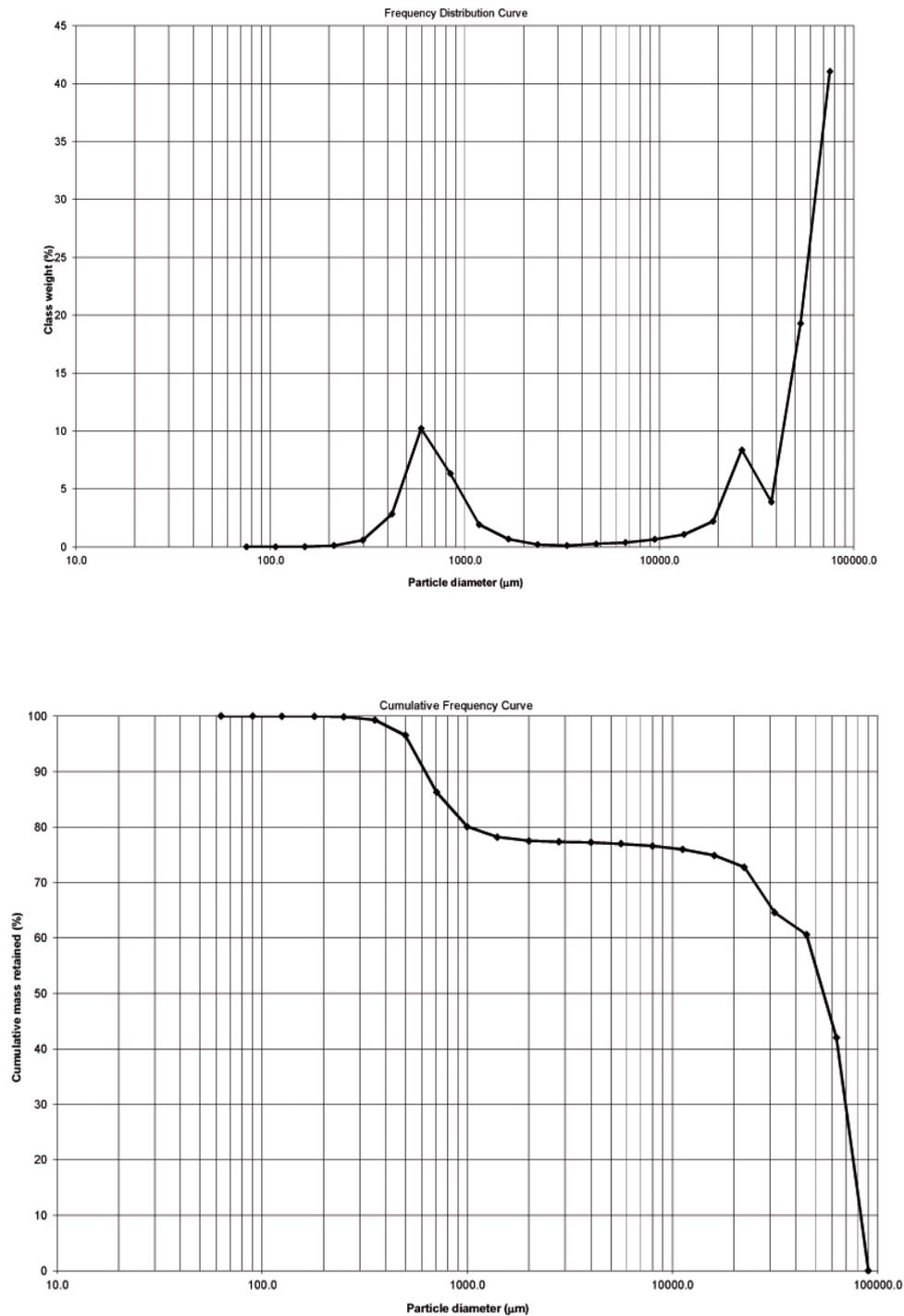


Figura 15 – Campione di battigia Ca 1 – 19

2.2.2. BERMA ORDINARIA

È il deposito di spiaggia più stabile e che delimita la battigia dall'interno della spiaggia e viene formato dal moto ondoso sia ordinario (berma ordinaria) che di tempesta (berma di tempesta). Nel caso in studio le berme ordinaria sono costituite da ghiaie e ghiaie sabbiose con diagrammi

polimodali, molto poco classate e con la frazione sabbiose inferiore rispetto a quella di battigia con percentuali variabili dal 17% al 36%.

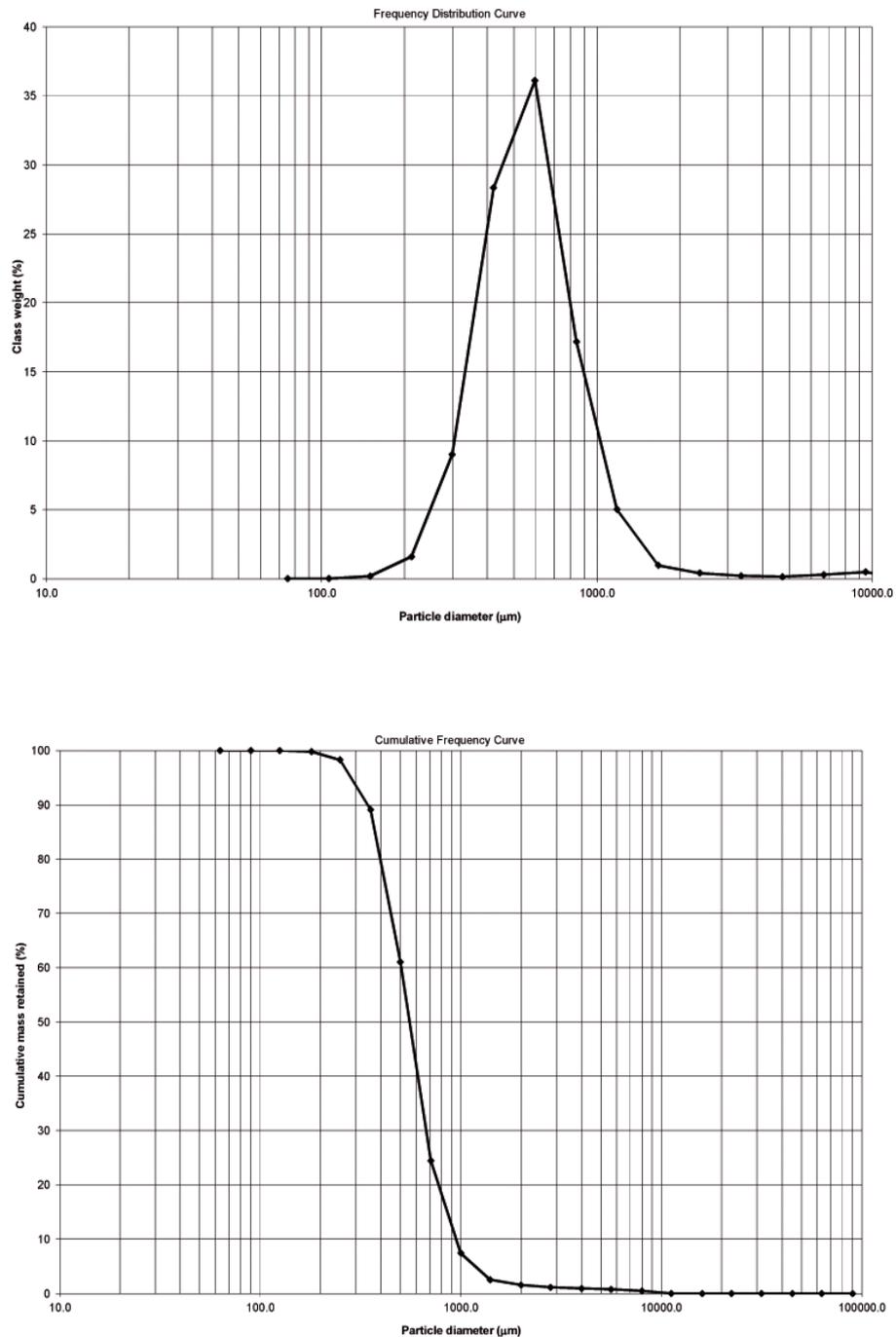


Figura 16 – Campione di battigia Ca 2 – 19

2.2.3. SPIAGGIA INTERNA (BACKSHORE)

È l'ambiente più stabile del complesso ed è costituito da sabbia con ciottolame isolato ed è la fonte di alimentazione del sistema dunale retrostante ove presente.

La morfologia è inclinata e convessa con raccordo dolce senza scarpate erosive e la presenza del sistema dunale indica una stabilità di tutto il complesso.

I sedimenti di spiaggia sono classificabili come ghiaia sabbiosa e sabbia debolmente ghiaiosa con percentuali di sabbia da media a grossolana fra l'88% e il 98% e diagrammi unimodali.

2.2.4. SISTEMA DUNALE

La presenza dei sistemi dunali è fortemente condizionata dall'antropizzazione (settore centrale e meridionale) e ove non antropizzati, dall'erosione (settore settentrionale).

Sono sedimenti costituiti da sabbie leggermente unimodali e moderatamente ben classate con percentuali che vanno dal 90,7% di sabbia media e grossolana al 7,4% di sabbia fine al 1,4 % di sabbia molto grossolana.

2.2.5. SPIAGGIA SOMMERSA

Per ciò che riguarda la spiaggia sommersa si riporta la comparazione fra i risultati dello studio eseguito da UNICAL- DI Best nel 2020 e il risultato dello studio eseguito nel 2007 dallo scrivente in un lavoro immediatamente a nord del settore in studio su cui è stato possibile eseguire uno studio sedimentologico su un campione di spiaggia sommersa.

Si specifica che il campione del 2007 è stato prelevato a Sud, (vedi coordinate) ed oltre il limite dell'edificio alluvionale del Fiume Trionto, sulla piana sommersa a -5,9 m di profondità contigua a quella riferibile ai dati UNICAL- DI Best.

Il confronto con i campioni Calo 11 e Calo 13 di UNICAL- DI Best prelevati a – 3 m di profondità nel settore più settentrionale e limitrofo a quello del campione CS1 hanno evidenziato valori compatibili.

Di seguito sono esposti i diagrammi sedimentologici di Calo 11 e Calo 13.

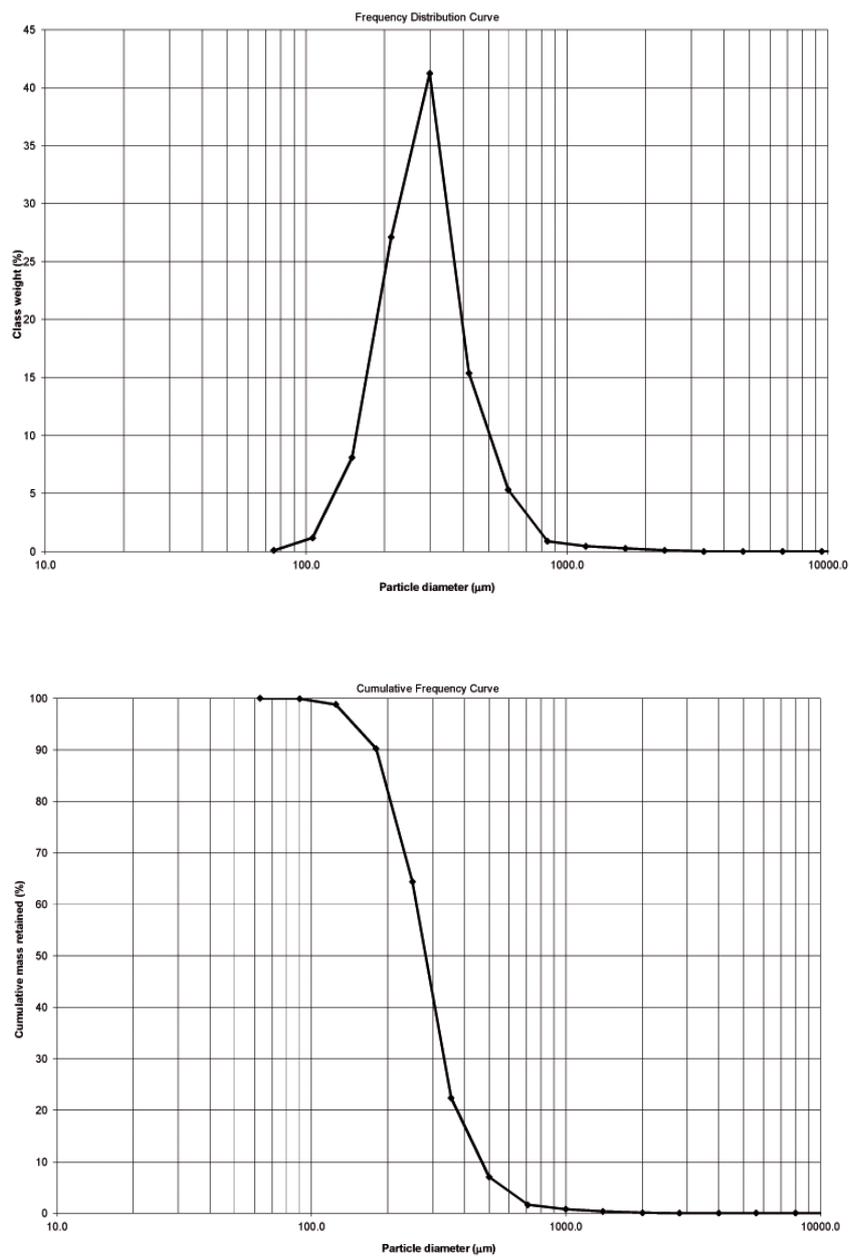


Figura 17 – Diagrammi sedimentologici campione Calo 11 Studio UNICAL- DI Best.

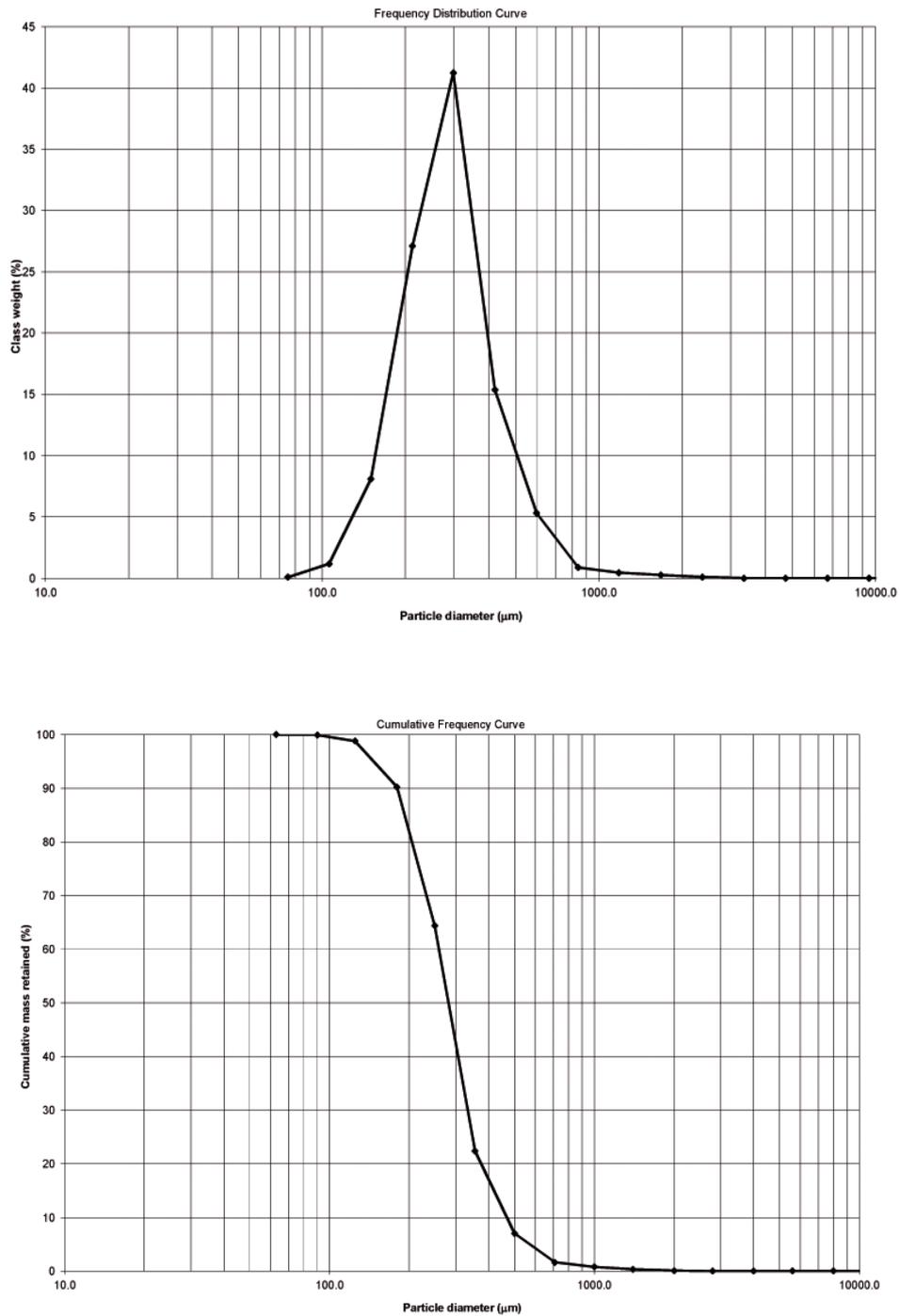


Figura 18 – Diagrammi sedimentologici campione Calo 13 Studio UNICAL- DI Best.

In merito al campione subacqueo prelevato e analizzato dallo scrivente nel 2007 poco più al largo (vedi tavola batimetrica) a circa – 5,90 m s.l.m.m. ed in linea con un profilo di riva PR5 eseguito in quell’occasione al fine di studiare la contiguità fra riva e fondale si ha.

Coordinate di prelievo (UTM WGC84) :

CS1 33S 653392 E 4386271 N

Questo campione si presenta granulometricamente costituito quasi totalmente da sabbia come evidente dalla curva cumulativa a carattere leptocurtico unimodale con picco attorno a valori granulometrici piuttosto fini. Si osserva che il sedimento presenta molte analogie anche se i risultati risentono leggermente della granulometria più fine rispetto ai campioni Calo 11 e 13 in quanto la profondità di prelievo è maggiore, doppia, il tutto in linea con i modelli sedimentologici.

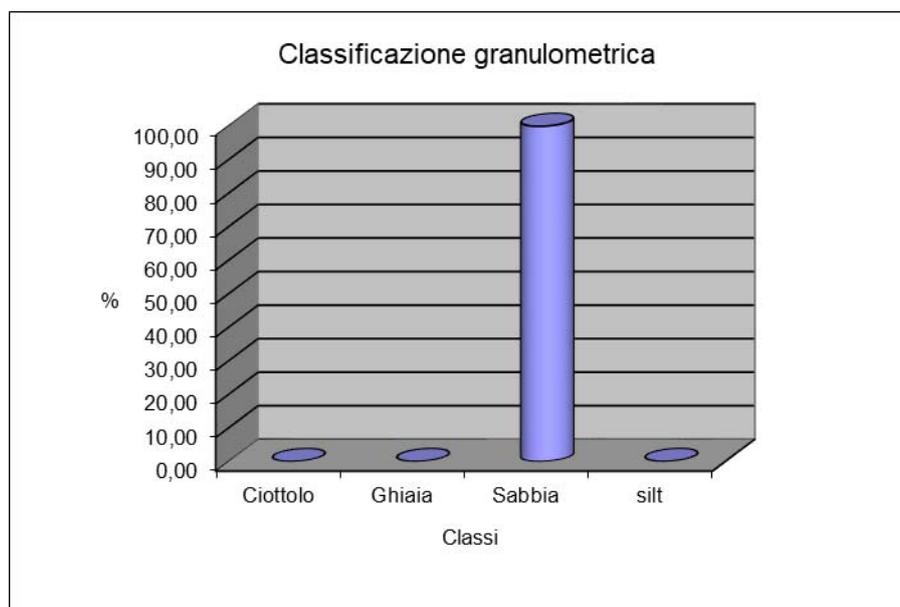
Il campione CS1 è definibile granulometricamente come sabbia s.s. La mediana ($D_{50} = 1,37 - 0,39$ mm), molto vicina alla Media ($M_{\phi} = 1,42 - 0,41$ mm), presenta un valore inferiore ai valori di superficie ed in accordo con la batimetria.

Il valore di cernita $\sigma_{\phi}=0,79$ indica una discreta classazione e con valori di simmetria ($S_{k\phi} = 0,04$) vicini allo zero indice di una forte selezione dell'ambiente sul campione. Anche l'appuntimento ($KG = 0,82$) è vicino all'unità e denota una scarsa dispersione.

In merito al campione subacqueo CS1, i dati ricavati indicano che, nel settore in cui è stato prelevato, la presenza di un fondale piuttosto pianeggiante con caratteristiche correntometriche tali da favorire la sedimentazione di materiali a grana medio fine ed, al decrescere della corrente, una deposizione, verso il largo, di materiali più sottili per cui si ritiene che il regime sia costituito da una correntometria regolata in questo settore da un fondale abbastanza uniforme ma soggetto anche ad gradiente idraulico in quest'area, abbastanza uniforme, ma, andando verso il largo, di crescente intensità a causa del progressivo approfondimento della batimetria.

Infatti a Nord la batimetria presenta una zona ad impluvio che si approfondisce in modo notevole da $-8,00$ m ad oltre -30 m s.l.m.m. e che si ritiene sia, considerate le dimensioni e la morfologia in contiguità con la topografia terrestre, l'antico alveo del Fiume Trionto.

Di seguito si espongono i dati del campione CS1.



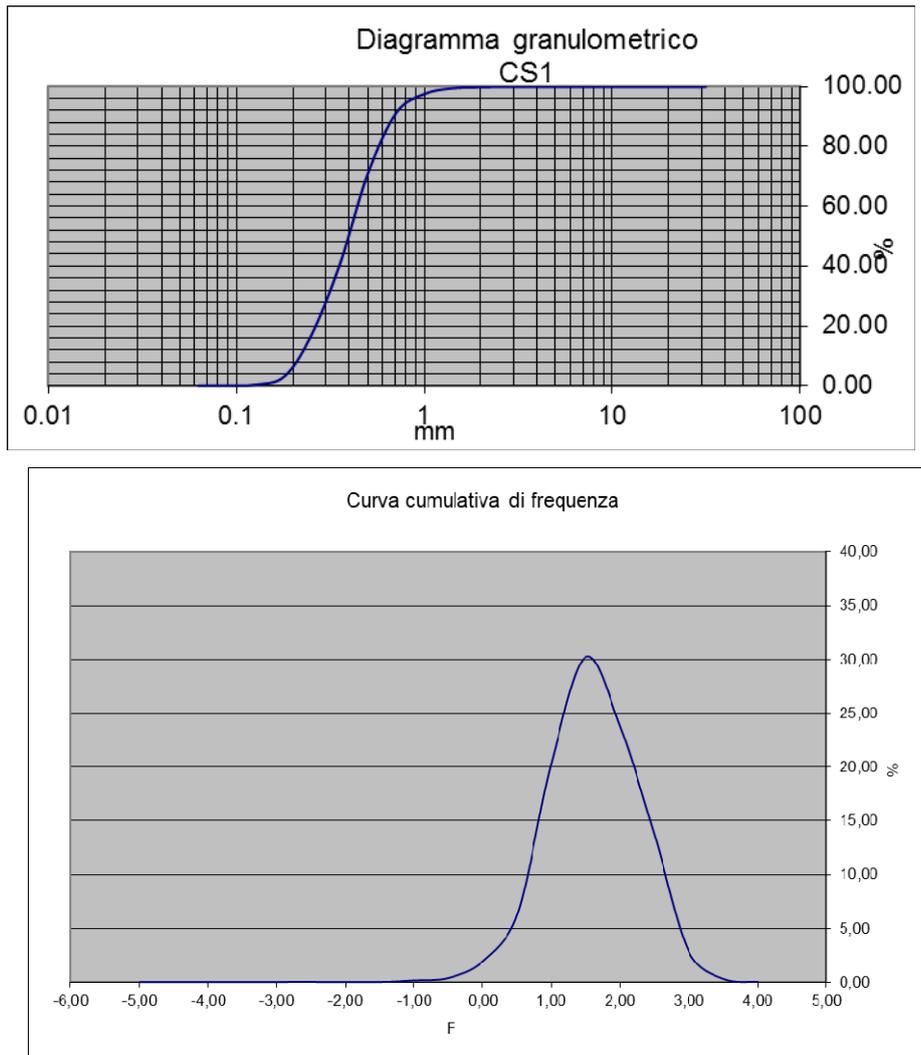


Figura 19 – Diagrammi sedimentologici campione CS1 (Studio 2007)

Sulla base dello studio eseguito si può considerare il litorale in studio attualmente sotto erosione in modo differenziato lungo tutto il suo litorale.

Tale differenziazione è dovuta essenzialmente alla costituzione morfologica differenziata che ha portato il conoide del Fiume Trionto e protendersi in ricoprimento sulla barra soffolta contigua che individua il livello sommerso topograficamente più basso del sistema di terrazzi marini quaternari e che corre, anche se con qualche interruzione, grossomodo lungo tutto il tratto di mare antistante il litorale ionico calabrese centro settentrionale.

L'analisi sedimentologica insieme allo studio dinamico marino ed eolico hanno evidenziato un litorale definibile come parzialmente esposto al moto ondoso e correntometrico.

Infatti, utilizzando il diagramma di R.L. Wiegel che mette in relazione la mediana dei campioni di genesi marina e la pendenza della battigia rilevata nei profili di riva eseguiti (Campioni di battigia C2-PR1 e C4- PR5) in altri lavori ad opera dello scrivente, si osserva che il litorale generalmente si trova sotto esposizione di grado da medio ad elevato.

Per ciò che riguarda il campione subacqueo CS1, vale la considerazione che è stato prelevato nella spiaggia sommersa ed in cui il moto ondoso ha esplicato tutto il suo potenziale

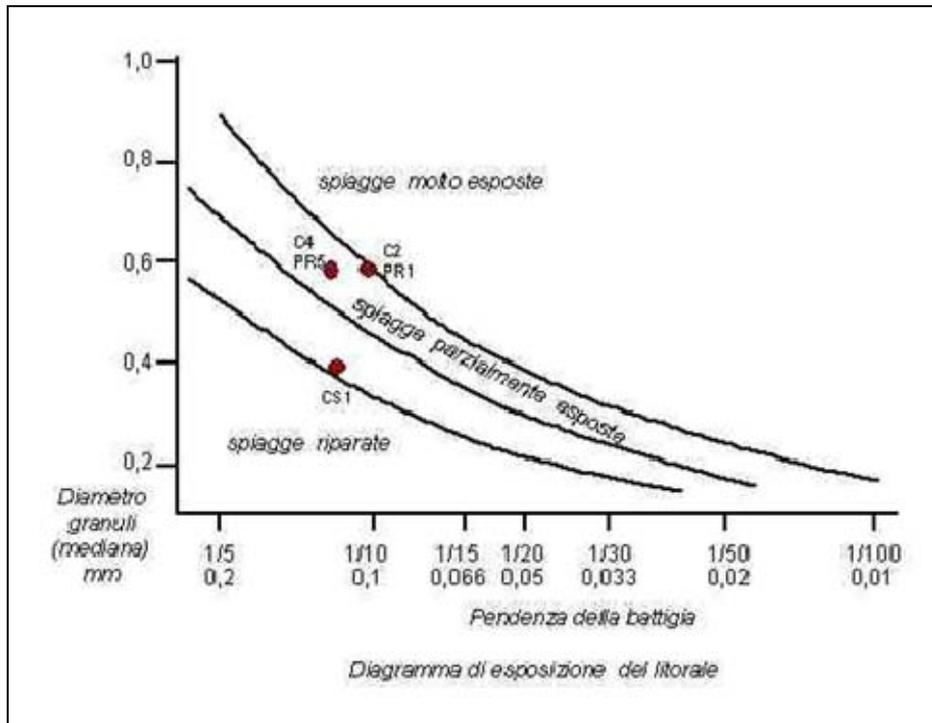


Figura 20 – Diagramma di R.L. Wiegel di esposizione del litorale

3. SISMICITA' DELL'AREA

3.1. CARATTERI STORICI

Per ciò che riguarda la storia sismica dell'area e specificatamente del Comune di Calopezzati si è fatto riferimento alla banca dati reperibile dal sito: http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/, dalla quale riportano i dati seguenti.

Numero di eventi: 7

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
9	1638 06 08 09:45	Crotonese	42	10 6.89 ±0.25
6-7	1832 03 08 18:30	Crotonese	101	10 6.59 ±0.16
9	1836 04 25 00:20	Calabria settentrionale	46	9 6.20 ±0.25
5-6	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
5	1988 04 13 21:28	Costa calabra	272	6-7 5.01 ±0.10
NF	1990 01 24 04:45	Catanzarese	63	5 4.46 ±0.09
4	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09

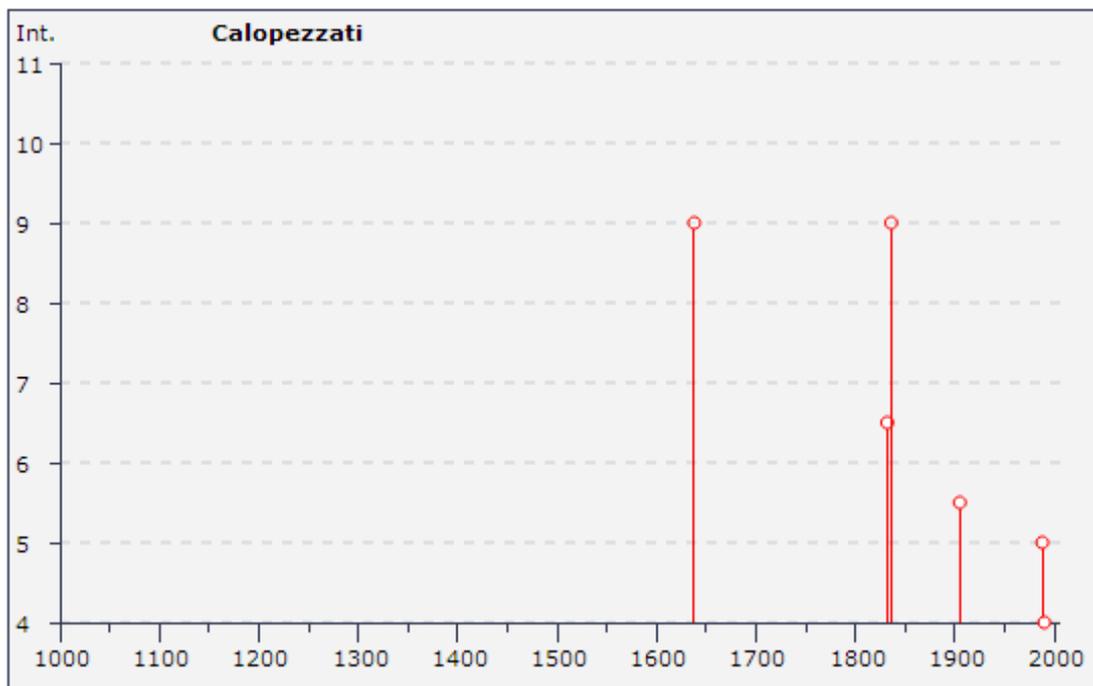


Figura 21 – Sismicità Storica

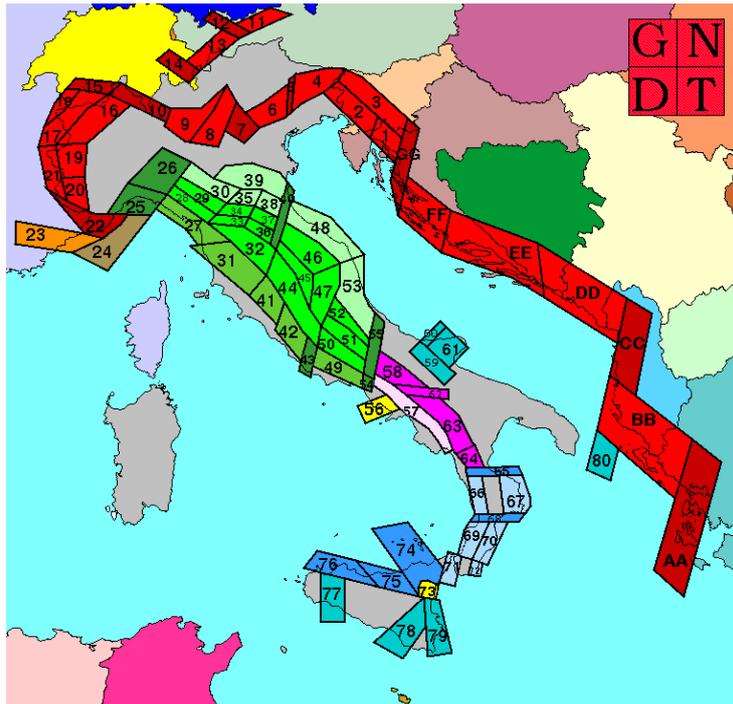


Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMD	Distanza
Caloveto	IT	9	7km
Cropalati	IT	10	8km
Crosia	IT	7	3km
Pietrapaola	IT	4	8km

Figura 22 – Terremoti di rilievo

3.2. ZONIZZAZIONE SISMO GENETICA ZS9

Fino al 2002 la zonazione sismo genetica ZS4 (Fig. 23) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana. Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze in tale modello di zonazione, a cui nel 1999 si è aggiunta una non completa coerenza con il catalogo CPTI; inoltre a causa delle ridotte dimensioni delle zone sismo genetiche, anche utilizzando questo catalogo il campione di terremoti disponibili per molte delle zone sismo genetiche è scarso, tale da rendere instabili le stime dei ratei di sismicità.



Legenda della zonazione sismogenetica ZS.4 (aprile 1996)

A. Zone di interazione tra piastra adriatica e piastra europea (Alpi e Sudalpino) e zone di interazione tra piastra adriatica e sistema dinarico (Dinaridi ed Ellenidi fino allo svincolo di Cefalonia). L'asse di compressione massima, suborizzontale segue i vettori di spostamento dell'indenter insubrico.

- 1.1. Aree con meccanismi di rottura attesi di tipo thrust e transpressivi
- 1.2. Aree di svincolo, con meccanismi di rottura attesi di tipo transpressivo o strike-slip

B. Zone legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica.

- 2.1. Fascia padano-adriatica in compressione. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip
- 2.2. Fascia intermedia. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
- 2.3. Fascia tirrenica in distensione. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip
- 2.4. Zone di svincolo (transfer). Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di strike-slip.

Non è ancora definitivamente chiarito se l'Arco Calabro appartiene a questo gruppo o al gruppo 3. Nella prima ipotesi:

- 2.5.a. Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
- 2.5.b. Zone di svincolo. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip

C. Zone legate al recente sollevamento della catena appenninica, successivo ad una lunga storia di migrazione spazio-temporale del sistema catena-avampaese.

- 3.1. Fascia appenninica principale. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip e subordinatamente strike-slip
- 3.2. Margine tirrenico. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip

D. Zone legate ad un regime compressivo giovane impostato su un precedente regime distensivo.

- 4.1. Mar Ligure. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip
- 4.2. Liguria occidentale. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip e transpressione

E. Zone di rottura all'interno della piastra di avampaese e lungo i suoi margini in flessione.

- 5. Belice, Iblei, Scarpata Ibleo-Maltese, Gargano-Tremiti, Canale d'Otranto. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip nelle aree di flessura e lungo la scarpata di Malta e di strike-slip nelle altre

F. Zone vulcaniche

- 6. Ischia-Flegrei, Vesuvio ed Etna, con terremoti molto superficiali. Meccanismi di rottura attesi per i terremoti meno superficiali: dip-slip per l'area campana e misti (dip-slip e strike-slip) per l'Etna

Figura 23 – Zonizzazione sismogenetica ZS4

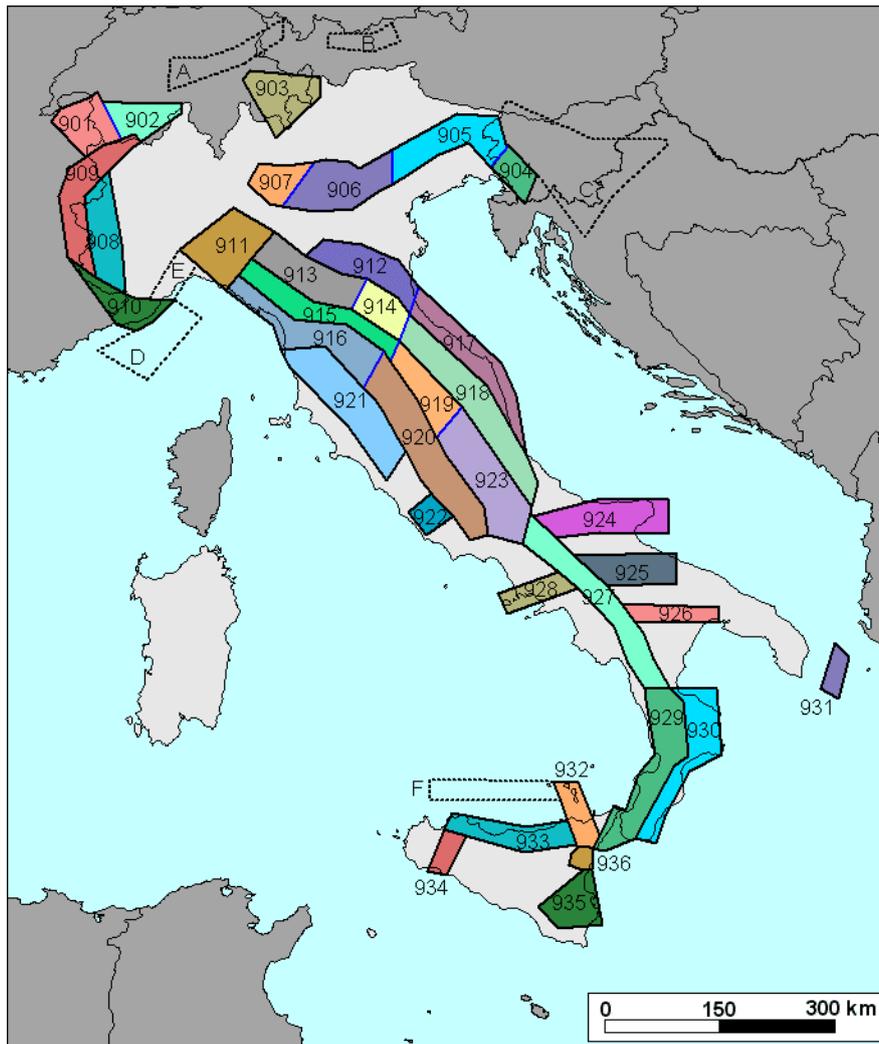


Figura 24 – Zonizzazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il colore delle zone non è significativo.

3.3. DESCRIZIONE DELLE ZONE SORGENTI DELLA CALABRIA

Le zone-sorgente della Calabria fino allo Stretto di Messina (zone da 65 a 72 in ZS4) sono state modificate in due nuove zone, una sul lato tirrenico della regione (zona **929**) e una sul lato ionico (zona **930**). La Fig. 25 mostra il modello proposto in relazione al contenuto informativo di DISS 2.0. L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità ben differenti. I terremoti con più elevata magnitudo hanno infatti interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (zona **929**). Tra questi eventi spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908 (tra la scarsa letteratura sui terremoti di questo settore si vedano Valensise e Pantosti, 1992; Valensise e D'Addezio, 1994; Galli e Bosi, 2002). Viceversa sul lato Jonico della Calabria solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte verificatosi. Peraltro recenti studi paleosismologici (Galli e Bosi, 2003) porrebbero l'evento del 9 giugno 1638 in relazione con la faglia dei Laghi posta sulla Sila.

L'area della Sila, che in ZS4 veniva equiparata al *background*, nella nuova proposta viene divisa in due parti attribuite alle due zone appena descritte. Secondo lo stesso criterio si è deciso di attribuire alla zona 929 l'area che in ZS4 era compresa tra le zone 71 e 72.

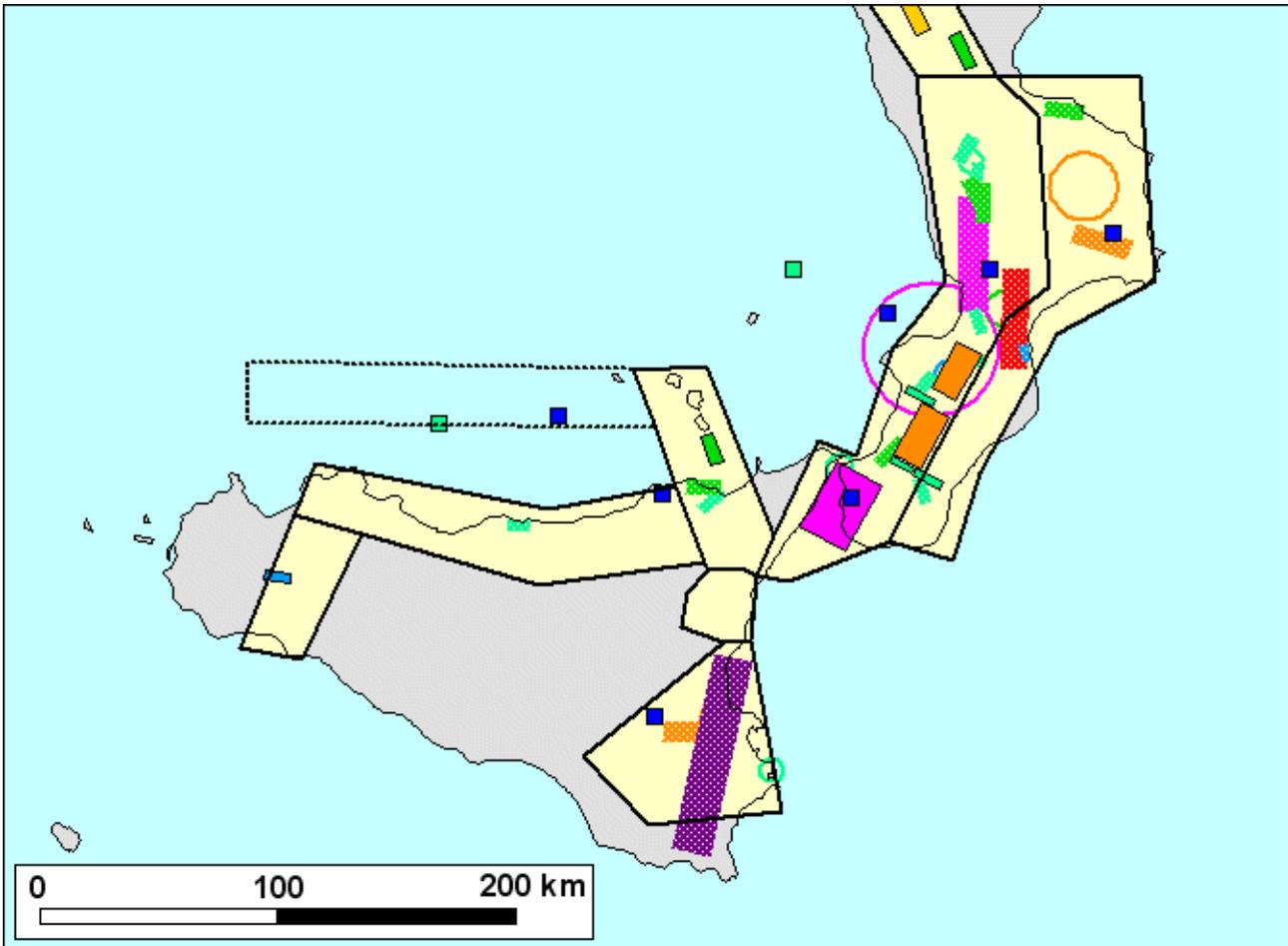


Figura 25 – - Zonizzazione sismogenetica ZS9 per l'Arco calabro e la Sicilia (bordi in nero) a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0.

3.4. COMPATIBILITA' CINEMATICA TRA ZS9 E ZS4

Come evidenziato nei precedenti paragrafi, ZS9 non introduce elementi di novità per quanto attiene gli aspetti cinematici rispetto a ZS4. Il testo che segue propone un confronto sugli aspetti cinematici tra ZS9 con ZS4, con dettaglio per i vari settori del territorio calabro.

Meccanismi estensionali sono attesi nelle zone 929 e 930, come risultato della risposta superficiale all'arretramento flessurale della litosfera adriatica. Tale interpretazione è in accordo col presupposto cinematico su cui si fondava ZS4. Le modifiche alle zone della Calabria, risultato dei recenti avanzamenti nella conoscenza della tettonica attiva di questo settore, non cambiano il quadro cinematico di riferimento. Come nel resto del territorio italiano, le faglie di trasferimento (su cui erano modellate le zone 65 e 68 di ZS4) sono state incluse nelle zone longitudinali.

Si riportano di seguito eventi con M 3.0 registrati dal 1986

870413 4:19 39.6325 17.1073 10.0 3.2
870711 23:45 39.6629 16.5022 16.0 3.2
870711 23:45 39.6855 16.5191 6.6 3.2
880426 1:54 39.6985 16.4110 26.0 3.6
891122 1:42 39.6746 16.5448 19.0 3.2
900509 20:39 39.6232 16.8279 2.7 3.0
911010 7:19 39.6539 16.6379 2.7 3.3
911209 14:39 39.6133 16.8937 9.2 3.5
920117 20:48 39.6579 16.6469 10.3 3.5
930902 8:54 39.6899 16.3447 15.0 3.4
950413 22:22 39.6570 16.8587 5.0 3.4
950727 21:59 39.6812 16.7545 23.5 3.3
950808 7:53 39.6999 16.4841 16.5 3.9
951228 21:57 39.5640 16.3954 18.5 4.0

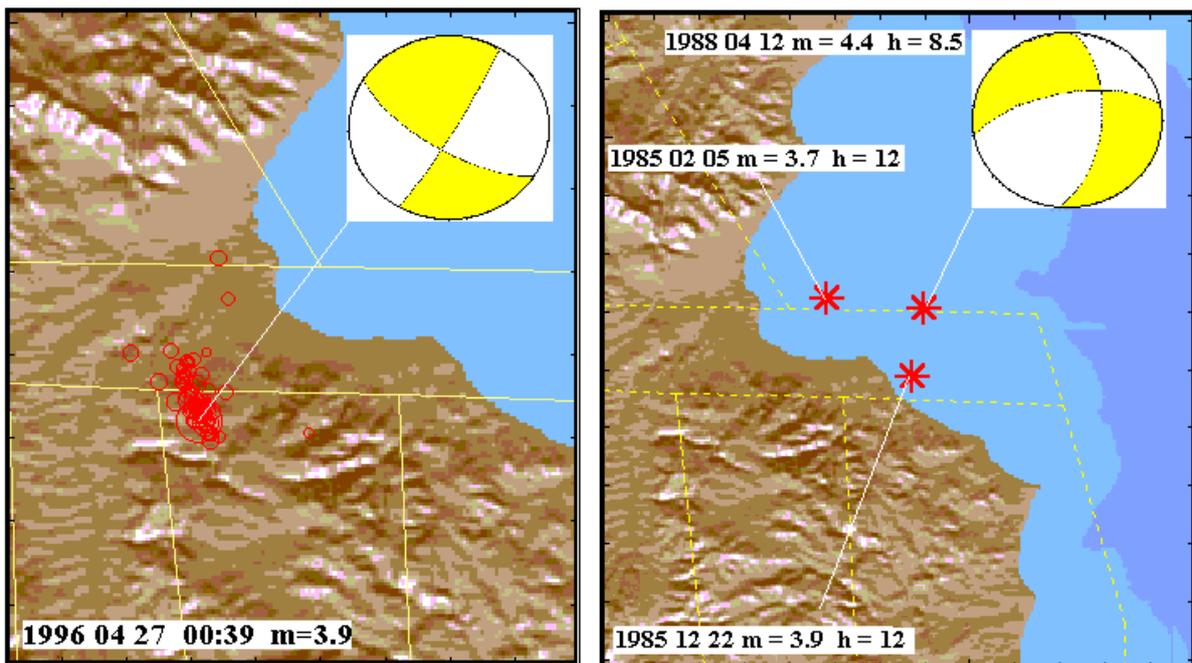


Figura 26 – La distribuzione della sismicità nel tempo mostra un andamento costante ma di livello basso, con un numero mensile di scosse localizzate mediamente inferiore a 5, tranne che in occasione dell'attività del dicembre 1995-maggio 96 in Sila Greca.

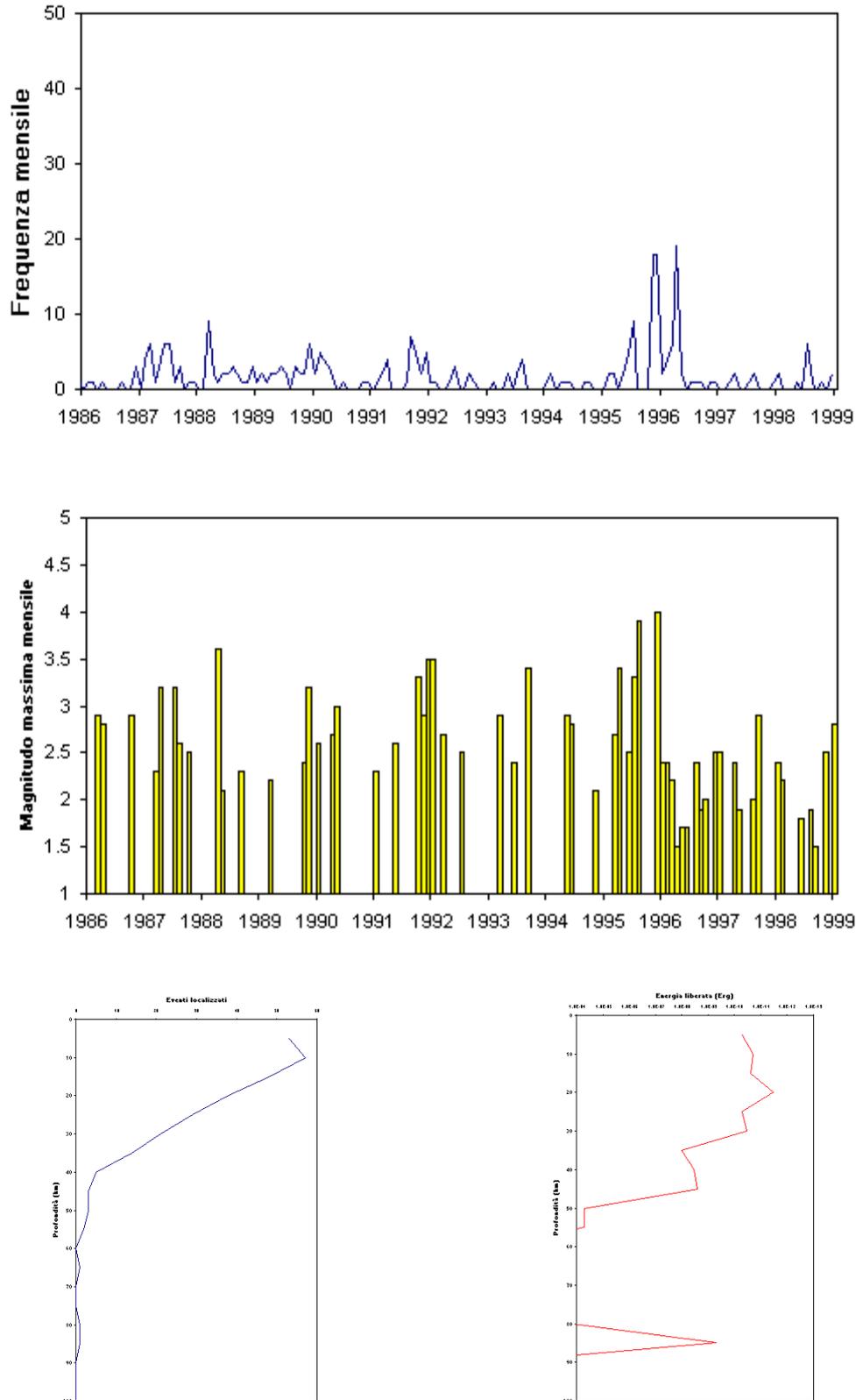
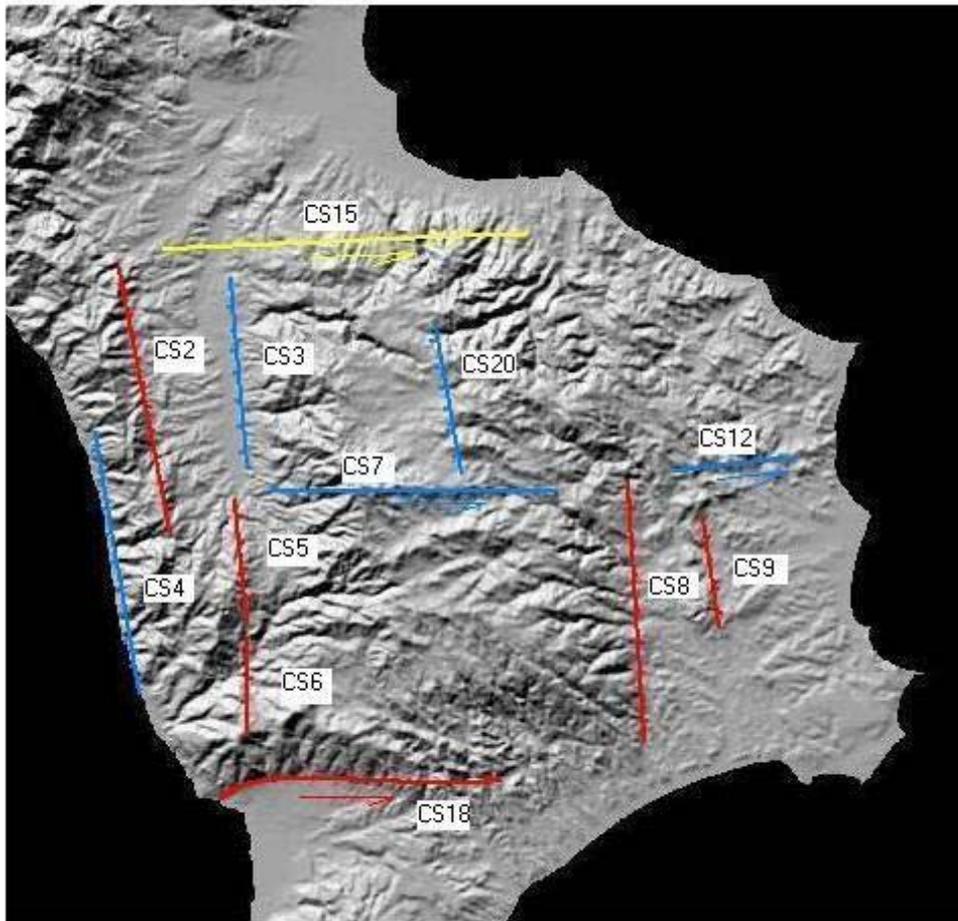


Figura 27 – La profondità degli ipocentri è generalmente maggiore di 10 km, e la loro frequenza diminuisce progressivamente fino ai 40 km; gli eventi più energetici si hanno 10 e 30 km. I meccanismi focali disponibili rivelano movimenti prevalentemente trascorrenti, confermata anche dagli eventi localizzati lungo i confini della Zona.

La cinematica è guidata dalla presenza di un elemento tettonico a scorrimento trascorrente sinistro, ben noto a scala regionale (linea di Palinuro, Finetti & Del Ben, 1986), che mostra nella sua porzione emersa evidenze morfologiche di movimento durante il Pleistocene superiore - Olocene (CS15).



Principali faglie attive nel Pleistocene sup. - Olocene in Calabria settentrionale.

Figura 28 – Principali faglie attive della Calabria centrale

La distribuzione dei meccanismi focali, trascorrenti a N e prevalentemente estensionali a S della Zona (Moretti e Guerra, 1997), e la brusca diminuzione della sismicità verso N ne conferma il ruolo di linea di svincolo tra il blocco appenninico, relativamente stabile, e la porzione di arco ancora in migrazione attiva verso E.

3.5. CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto riportato nel DM 17.01.2018, sulla base di alcune prove sismiche eseguite sui luoghi per altri lavori è stata definita la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione e le categorie topografiche in relazione alla superficie topografica per il sito sul quale ricade il progetto.

Nel caso in esame la categoria di suolo di fondazione è stata calcolata sulla base del valore di V_{S30} pari a circa 247 m/s ottenuto da una prospezione sismica di tipo MASW.

Quindi il sito è stato inserito in **categoria C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per quanto riguarda la categoria topografica l'area d'indagine (tratto di spiaggia che va dal Torrente Fiumarella al Fosso Marinai) ricade nella categoria T1 - Superficie pianeggiante pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

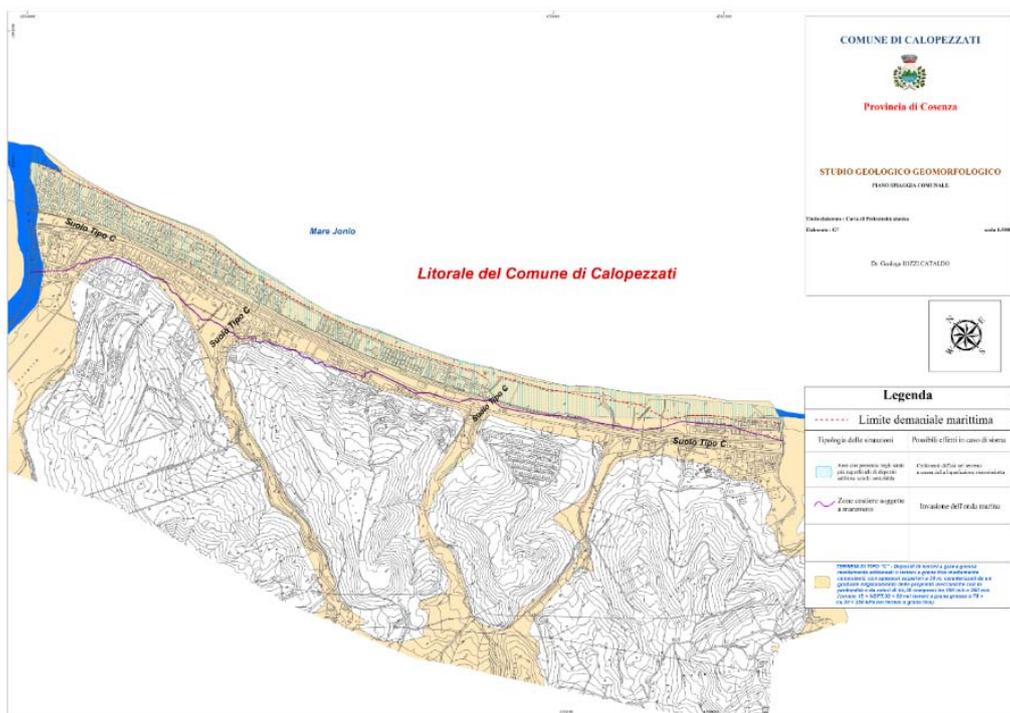


Figura 29 – - Carta della pericolosità sismica

Per ciò che riguarda il fattore S_s o fattore moltiplicativo che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione si ha che $S_s = 1.50$ mentre i fattori moltiplicativi per il calcolo dell'amplificazione sismica relativi alle condizioni topografiche $T_1 = 1.00$.

Su tali basi si ha che secondo O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e successiva O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006, per la zona in esame corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale al suolo pari a $a_g = 0,204$, amplificato in relazione alla categoria di suolo di fondazione e alla categoria topografica. Nel caso in esame il valore dell'accelerazione sismica massima orizzontale locale per lo SLV (NTC 2018) risulta pari $a_{max} = 0.276 \text{ m/s}^2$.

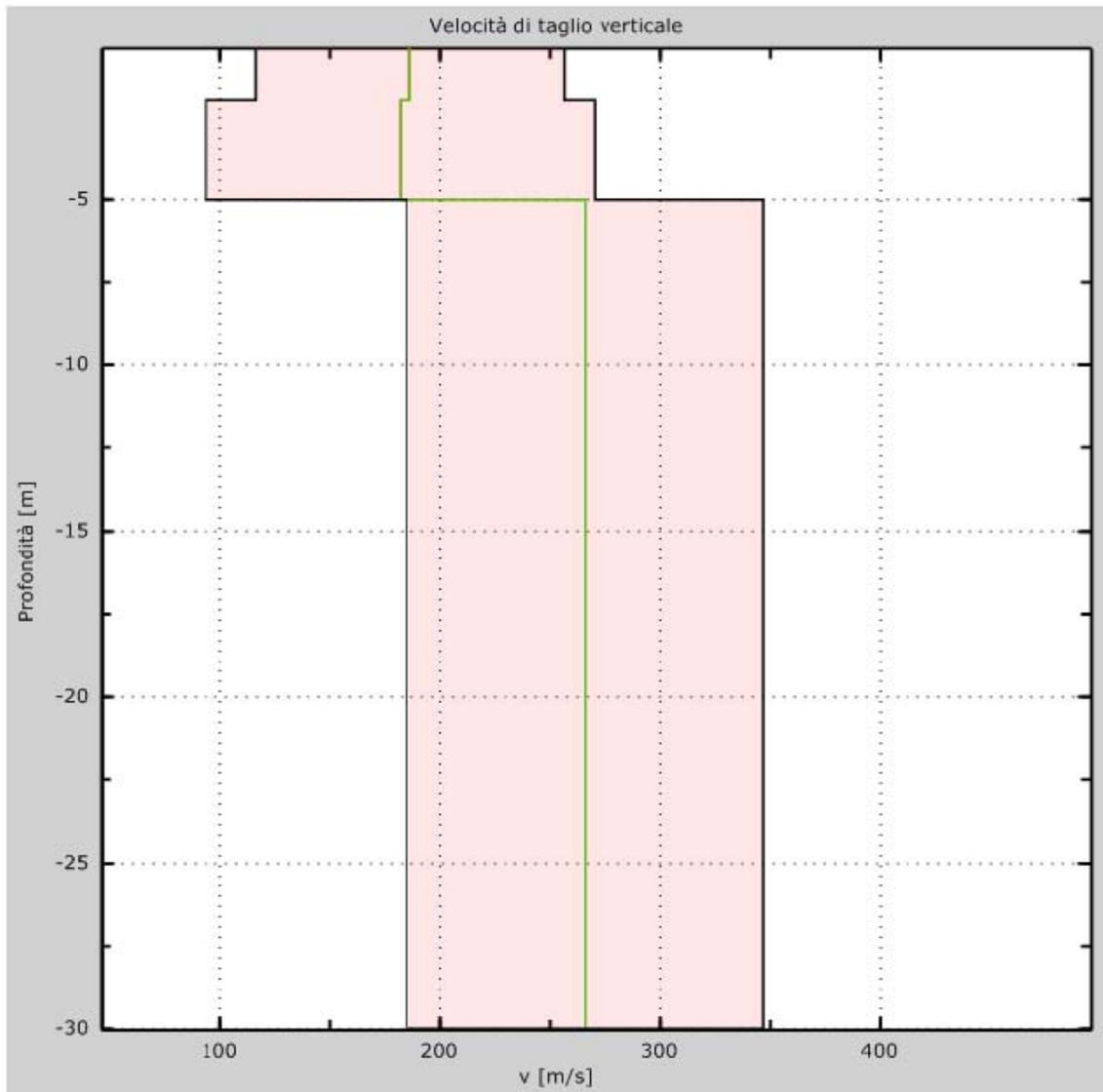


Figura 5: Velocità

Figura 30 – Valori di V_{s30}

Infine per ciò che riguarda il potenziale pericolo di liquefacibilità dei terreni sotto stress sismico, limitatamente alla zona in studio e alle dimensioni e profondità limitata di imposta dei manufatti non si ritiene probabile in quanto i terreni si presentano granulometricamente eterogenei con termini generalmente grossolani con scarsa frazione fine.

4. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto sulla base di indagini eseguite, integrate con altre informazioni scaturite da lavori condotti nell'area in precedenza anche dallo scrivente e, in base a quanto esposto, si ritiene che il progetto esecutivo (redatto in conformità a quanto previsto dagli art. 33 e seguenti del D.P.R. 207/2010 e s.m.i.) dovrà seguire le indicazioni riportate nella presente relazione, negli elaborati grafici allegati e di quanto emerso in sede di successive indicazioni da parte dell'Autorità Competente a seguito della conferenza dei servizi.

Tav. 1 - Inquadramento topografico

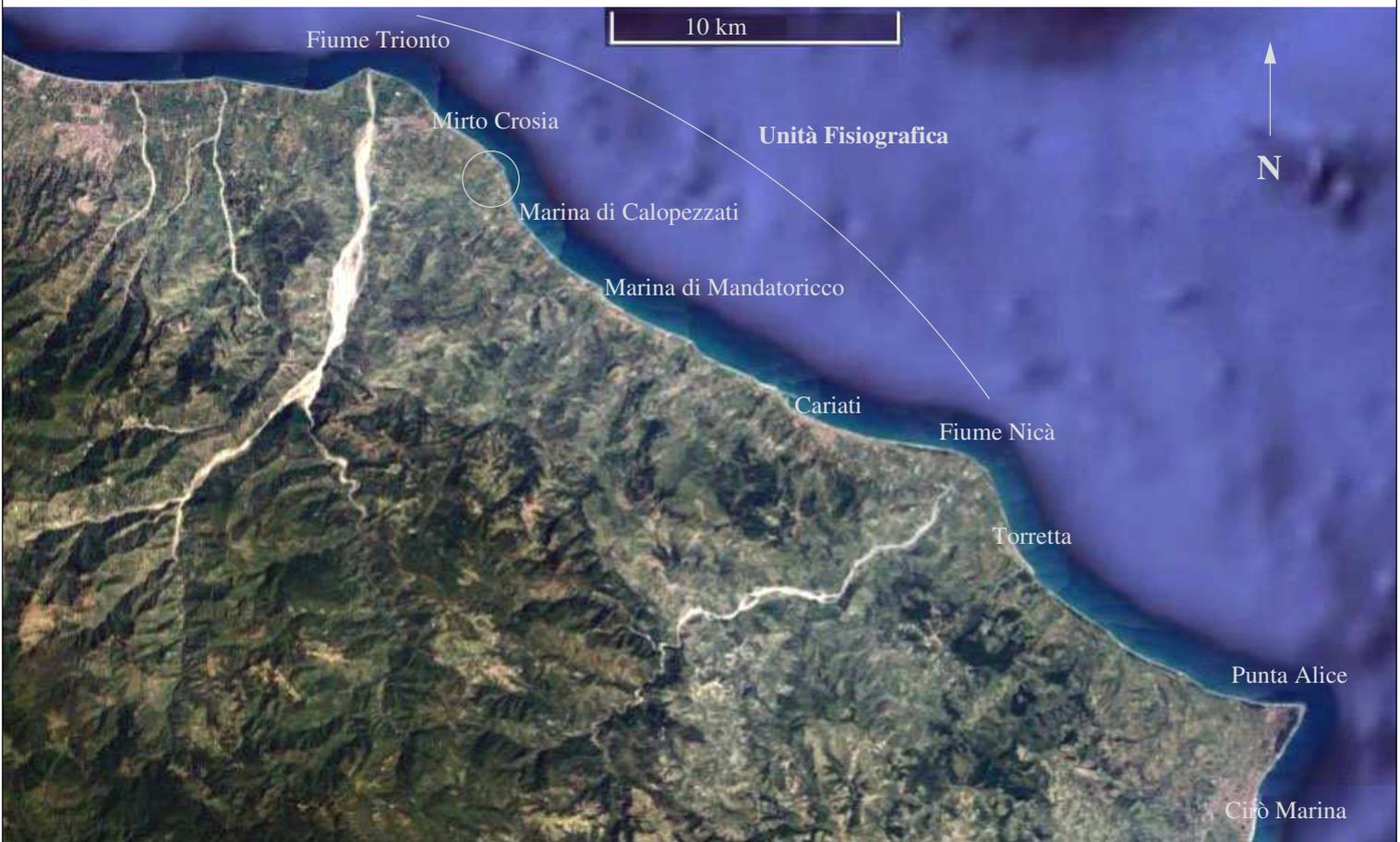
(da Google Earth)



Area in studio



Inquadramento unità fisiografica



Capo Triotto

Tab. 2 - Inquadramento del satellite

(di Google Earth)



Fiume Triotto

Complesso alluvionale
quaternario
della foce del
Fiume Triotto

Limite del complesso alluvionale
del fiume Triotto

Barasommesa

Canali di deflusso

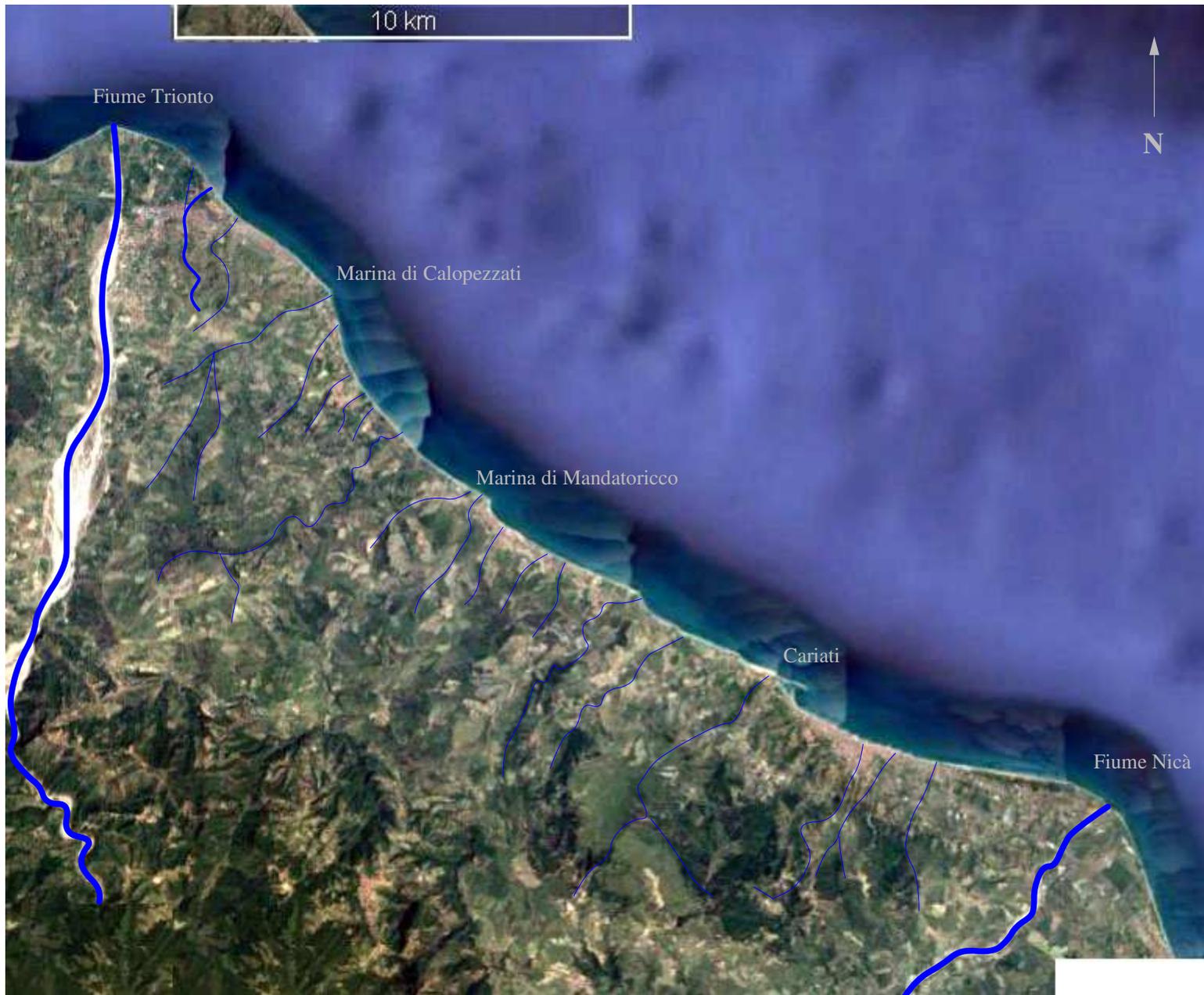
Fossad leigazaine

Orosia

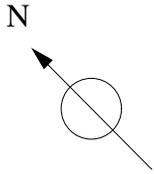
Complesso di terrazze marine
Pliocene

Spiagge recenti

Sistemi d'ure
costiere



Tav. 3 - Rete idrografica costiera
(Google Hearth)



Tav. 4 - Stralcio di carta geologica

Scala 1:5.000

(dal "Piano Spiaggia Comunale - C. Iozzi)

Legenda

-  Limite demanio
-  Sedimenti alluvionali naturalmente o artificialmente fissili - recente
-  Sedimenti alluvionali mobili a composizione grossolana (ciottolame e sabbie) - recente
-  Depositi costieri mobili - recente
-  Depositi di rietrospiaggia - recente
-  Depositi dunali - recente

