



Comune di Crotona



Regione Calabria



Unione Europea

# COMUNE DI CROTONE

## PIANO COMUNALE DI SPIAGGIA



### IL SINDACO

Ing. Vincenzo Voce

### SETTORE IV

GOVERNO DEL TERRITORIO E GRANDI PROGETTI

### ASSESSORE

Ing. Giovanni Greco

### UFFICIO PIANI - DIRIGENTE

Ing. Francesco Stellato

### UFFICIO PIANI - COORDINATORE

Ing. Manlio Caiazza

### PROGETTISTA

Arch. Roberto Greco

### CONSULENTI

Ing. Massimiliano Berlingeri

Geol. Francesco Palmieri

## STUDIO GEOMORFOLOGICO

ELABORATO N.

DESCRIZIONE

**TAV.G00.**

**STUDIO GEOMORFOLOGICO**

## INDICE

<b>1. ASPETTI METODOLOGICI.....</b>	<b>4</b>
<b>2. FORMAZIONI GEOLOGICHE .....</b>	<b>7</b>
2.1. UNITÀ DEL BACINO CROTONESE .....	10
2.2. DEPOSITI MARINI TERRAZZATI.....	11
2.3. DEPOSITI OLOCENICI .....	12
2.4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....	14
2.4.1. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	17
<b>3. GEOMORFOLOGIA E LINEAMENTI DEL TERRITORIO .....</b>	<b>18</b>
3.1. INQUADRAMENTO E LINEAMENTI DELLA COSTA CROTONESE.....	19
3.1.1. TRATTO CRT - 1.....	26
3.1.2. TRATTO CRT - 2.....	27
3.1.3. TRATTO CRT - 3.....	28
3.1.4. TRATTO CRT - 4.....	29
<b>4. CARATTERI STRUTTURALI E SISMICI.....</b>	<b>30</b>
<b>5. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>6. PROCESSI GEOLOGICI E PERICOLOSITÀ .....</b>	<b>37</b>
6.1. FRANOSITÀ .....	37
6.2. TETTONICA .....	38
6.2.1. FAGLIE CAPACI.....	38
6.3. LIQUEFAZIONE.....	41
6.4. EROSIONE COSTIERA .....	47
<b>7. VINCOLI PAI PSDGDAM-RISAL-CAL/L, PSEC.....</b>	<b>53</b>
7.1. VINCOLI PAI PSDGDAM-RISAL-CAL/L .....	53
7.1.1. RISCHIO DI FRANA .....	54
7.1.2. RISCHIO IDRAULICO.....	55
7.2. VINCOLI PSEC.....	61
<b>8. INDICAZIONI SULLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....</b>	<b>64</b>
8.1. CLASSE 1 – FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI .....	64
8.2. CLASSE 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI.....	64
8.3. CLASSE 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI .....	64
8.4. CLASSE 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI .....	65
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>66</b>
<b>SUGGERIMENTI .....</b>	<b>68</b>
<b>NOTE SULLE CARTOGRAFIE .....</b>	<b>69</b>
<b>FONTI BIBLIOGRAFICHE .....</b>	<b>71</b>

<b>DATI IMPIEGATI PER LA REDAZIONE DEL MATERIALE CARTOGRAFICO .....</b>	<b>72</b>
<b>ALLEGATI CARTOGRAFICI .....</b>	<b>73</b>
<b>ELENCO FIGURE .....</b>	<b>74</b>
<b>ELENCO TABELLE.....</b>	<b>75</b>
<b>ELENCO GRAFICI.....</b>	<b>75</b>
<b>ELENCO FOTO.....</b>	<b>75</b>

## PREMESSA

Con determinazione del Dirigente del Settore IV (**N. 1900 del 08/07/2024**), viene affidato allo scrivente geologo, incarico per la "*Redazione della relazione geologica e relative carte tematiche del piano comunale di spiaggia*".

Lo studio del territorio ai fini della redazione del Piano Comunale di Spiaggia, per il Comune di Crotona, è stato sviluppato a partire dalle informazioni bibliografiche esistenti e implementate con i dati di **rilevamento geologico e geomorfologico** eseguiti nell'ambito del presente studio e per la redazione della Componente Geologica del Piano Strutturale Comunale.

Ciò ha permesso di definire, per le aree oggetto di pianificazione, le classi di fattibilità, per le quali sono indicate le cautele e precauzioni da osservare, gli interventi eventualmente da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi.

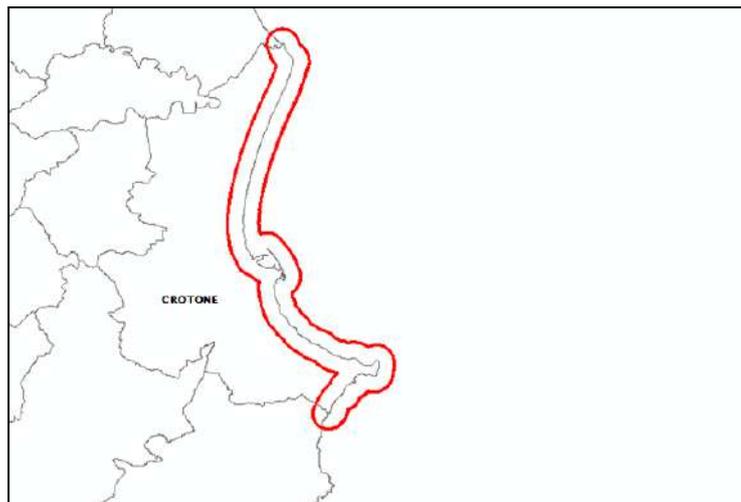
Gli studi sono stati concentrati, come ovvio che sia vista la natura dello strumento di pianificazione, lungo la zona costiera a partire dalla linea di costa così e per una fascia di **1,5 Km nell'entroterra**.

## 1. ASPETTI METODOLOGICI

Lo studio del territorio ai fini della redazione del Piano Comunale di Spiaggia, per il Comune di Crotone, è stato sviluppato a partire dalle informazioni disponibili su:

- Formazioni geologiche affioranti;
- Principali lineamenti del territorio e la loro tendenza evolutiva, con particolare riferimento all'area costiera;
- Caratteristiche strutturali, sismiche, idrologiche ed idrogeologiche;
- Processi geomorfologici potenziali ed in atto con particolare riferimento ai processi di erosione/ripascimento con conseguente arretramento/avanzamento della linea di riva.

I dati disponibili sono stati implementati con i dati di **rilevamento geologico e geomorfologico** eseguiti nell'ambito del presente studio e per la redazione della *Componente Geologica del Piano Strutturale Comunale*. L'insieme delle informazioni ha permesso di definire, per le aree oggetto di pianificazione, le classi di fattibilità, per le quali sono indicate le cautele e precauzioni da osservare, gli interventi eventualmente da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi. Gli studi sono stati concentrati, come ovvio che sia vista la natura dello strumento di pianificazione, lungo la zona costiera a partire dalla linea di costa rilevata al 2023 (dato Google Earth) e per una fascia di 1,5Km nell'entroterra [Fig.01]:



**Fig.01:** Inquadramento area di studio (in rosso).

Il materiale cartografico e bibliografico disponibile, cui si è fatto particolare riferimento, è il seguente:

- *Carta Geologica d'Italia Foglio 571 scala 1:50000 e note illustrative a corredo della stessa, redatte nell'ambito del Progetto CARG;*
- *Master Plan della fascia costiera calabrese – Approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria con delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 22/07/2014;*
- *Progetto Coste – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Geoportale nazionale Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Segreteria Tecnica per la Tutela del Territorio, 2005;*
- *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera – Autorità di Bacino della Regione Calabria – Relazione di Piano e Norme di Attuazione, Appr. Comitato Tecnico del 27 Novembre 2013, Appr. del Comitato Istituzionale del 22 Luglio 2014; Appr. del Comitato Istituzionale del 11 aprile 2016;*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Regione Calabria. Comitato istituzionale Autorità di Bacino, Delibera n. 13 del 29 ottobre 2001; Giunta Regionale, Delibera n. 900 del 31ottobre 2001; Consiglio Regionale, Delibera n.115 del 28 dicembre 2001;*
- *Adozione del Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia. Delibera CIP n. 2 del 24 ottobre 2024;*
- *Indagine conoscitiva dello stato delle coste calabresi, predisposizione di una banca dati dell'evoluzione del litorale e individuazione delle aree a rischio e delle tipologie di intervento studi su aree campione e previsione delle relative opere di difesa - A.T.I.: TECHNITAL S.p.A, IDROTEC S.r.l., CONSORZIO OKEANOS – Settembre 2003;*
- *QTRP – Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico della Regione Calabria;*
- *Atlante delle coste – il moto ondoso a largo delle coste italiane – Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine – Servizio Difesa delle Coste;*
- *Database ITHACA;*
- *Galli P. & Meloni F. (1993) - Nuovo Catalogo Nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia. Il Quaternario, 6 (2), 271-292;*
- *Gliozzi E., (1987) – I terrazzi del Pleistocene superiore della penisola di Crotona (Calabria);*
- *Palmieri E. e Palmieri F., Archivio dati;*
- *Palmieri F., (2015) "Redazione dello studio Geologico e Geomorfologico per la stesura del PSC e Reu del Comune di Crotona" – Comm.: Comune di Crotona – Luglio 2013.*

I dati acquisiti sono stati impiegati inoltre per la redazione degli elaborati cartografici così come previsto da i *Contenuti minimi degli studi geomorfologici* per i differenti livelli di pianificazione. In tal senso si è provveduto alla redazione di:

- 1. Carta di inquadramento geografico;**
- 2. Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;**
- 3. Carta geomorfologica;**
- 4. Carta dei vincoli di natura geologica ed ambientale;**
- 5. Carta delle pericolosità geologiche;**
- 6. Fattibilità delle azioni di Piano.**

Infine, di concerto col responsabile del progetto urbanistico, è stata predisposta la **Carta di trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione**. Tutti gli elaborati cartografici comprendono l'intera area interessata dall'utilizzo delle aree demaniali, quindi del *Piano Comunale di Spiaggia*, estesa per un intorno territoriale ritenuto significativo [Fig.01].

La **Carta di inquadramento generale geologico e strutturale** e la **Carta geomorfologica** sono state definite dapprima sulla scorta dei dati cartografici disponibili e, successivamente, integrate e "ridefinite" alla luce dei dati di rilevamento geologico e geomorfologico eseguiti nell'ambito del presente studio e per la redazione della Componente Geologica del Piano Strutturale Comunale.

La **Carta dei vincoli** e la **Carta delle pericolosità geologiche** evidenziano in termini di rischio e pericolosità le aree che sono sottoposte a vincolo e limitazioni d'uso, a cui si possono associare fattori preclusivi o limitativi, a vario livello, ai fini delle scelte di Piano.

La carta di **Fattibilità delle azioni di Piano** è stata realizzata tenendo conto della pericolosità dei singoli fenomeni e degli scenari di rischio; in tal senso sono state definite 4 Classi di Fattibilità:

**CLASSE 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni;**

**CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni;**

**CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni;**

**CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni.**

Passando dalla prima alla quarta classe, aumentano le limitazioni d'uso per le aree analizzate, corrispondenti con le aree demaniali oggetto della pianificazione. Nel **CAPITOLO 8** vengono argomentate approfonditamente le limitazioni attribuite alle Classi di Fattibilità alla luce delle possibili destinazioni ed utilizzi per le aree di Piano.

Nella redigenda **Carta di trasposizione della Fattibilità Geologica sulla Pianificazione** saranno rappresentate le aree demaniali in termini di Classi di Fattibilità cui saranno sovrapposte le aree di Piano e tutti gli altri elementi della pianificazione. Tale elaborato specificherà, quindi, come le aree di Piano si collocheranno rispetto alla Fattibilità Geologica.

## 2. FORMAZIONI GEOLOGICHE

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche del territorio comunale di Crotona sono state desunte da:

1. **Carta Geologica d'Italia Foglio 571** scala 1:50000 e **note illustrative** a corredo della stessa, redatte nell'ambito del **Progetto CARG**;
2. **Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE** scala 1: 25000 (1958 - 62) e **note illustrative** a corredo della stessa;
3. **Materiale bibliografico e pubblicazioni scientifiche**;
4. **Rilievi di dettaglio** eseguiti nell'ambito di questo studio ed alle **indagini pregresse** raccolte ed archiviate;
5. Informazioni tratte dal redigendo **Piano Strutturale Comunale - Componente geologica** [Fonte: Palmieri F., 2015-2024], base fondamentale del presente lavoro.

DI SEGUITO VIENE RIPORTATA UNA SINTESI DELLE INFORMAZIONI SOPRA DESUNTE, RELATIVAMENTE ALL'ASPETTO PRETTAMENTE GEOLOGICO DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI NEL TERRITORIO CROTONESE. PER UNA COMPLETA ED ESAUSTIVA COMPrensione DI TALI ASPETTI SI RIMANDA ALLA LETTURA DELLE "NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50 000 - FOGLIO 571 CROTONE" REDATTA NELL'AMBITO DEL PROGETTO CARG (AA.VV. - 2014).

Il Comune di **Crotona** occupa la porzione orientale del **Bacino Crotonese**. Questo bacino consiste in un depocentro riempito da sedimenti che variano dal continentale al marino profondo, di età compresa tra il *Serravalliano* ed il *Pleistocene*, organizzati in cicli tettono-sedimentari maggiori e minori [Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990, 1991; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, b, 2004a, 2006; Mellere et alii, 2005, Zecchin, 2005].

Il Bacino è delimitato a nord-est ed a sud-ovest da due zone di taglio sinistre orientate NW-SE (*Rossano-San Nicola* a nord e *Petilia-Sosti* a sud), ed il suo sviluppo è stato messo in relazione alla migrazione verso sud-est dell'*Arco Calabro*, con la conseguente subduzione della crosta ionica e l'apertura del Bacino Tirrenico, a partire dal *Serravalliano/Tortoniano* [Fonte: Malinverno & Ryan, 1986; Meulenkamp et alii, 1986; Rehault et alii, 1987; Patacca et alii, 1990; Van Dijk, 1990, 1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Knott & Turco, 1991; Van Dijk, & Scheepers, 1995; Mattei et alii, 2002].

Oggi il Bacino Crotonese è interpretato come parte di un più ampio bacino di avanarco (*Ionian forearc basin*), posto internamente rispetto al prisma d'accrezione dell'*Arco Calabro* [Fonte: Bonardi et alii, 2001; Zecchi net alii, 2004a].

La storia deposizionale del Bacino Crotonese è stata prevalentemente accompagnata da un locale regime distensivo, collegato all'estensione che caratterizza l'area di avanarco, come testimoniato dallo sviluppo di bacini controllati dall'attività di faglie normali sinsedimentarie durante il *Plio-Pleistocene* [Fonte: Moretti, 1993; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, 2004a, 2006]. Questo regime distensivo è stato però interrotto episodicamente da eventi deformativi con componente compressiva, probabilmente legati all'attivazione in senso transpressivo delle zone di taglio NW-SE, durante il *Messiniano*, tra lo *Zancleano* e il *Piacenziano* e il *Pleistocene medio* [Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990,

1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Van Dijk et alii, 1998, 2000; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2004a]. Altri eventi minori sono registrati all'interno della successione. Queste fasi deformative hanno determinato sollevamenti generalizzati e la formazione di discordanze [Fonte: Roda, 1964a; Van Dijk, 1990; Zecchin et alii, 2003a, 2004a].

A partire dal *Pleistocene* medio, dopo la deposizione di depositi sabbioso-siltosi che passano rapidamente a sabbie e microconglomerati rossastri di spiaggia ["Formazione di San Mauro"; Fonte: Roda, 1964a; Di Grande, 1967], l'Arco Calabro è stato sottoposto ad un cospicuo sollevamento che ha portato all'emersione di vari bacini, compreso quello Crotonese. Nel crotonese il sollevamento è testimoniato da alcuni ordini di terrazzi marini, già segnalati da Gignoux (1913), e poi da Ruggieri (1941, 1948). Più recentemente questi terrazzi sono stati oggetto di dettagliati studi da parte di Belluomini et alii (1987), Gliozzi (1987), Cosentino et alii (1989), Palmentola et alii (1990), Mauz & Hassler (2000), Zecchi net alii (2004b) e Nalin et alii (2007). Questi Autori hanno riconosciuto vari ordini di terrazzi ma non c'è accordo sul loro numero e sulla loro età. Ciononostante, gli studi più recenti attribuiscono al terrazzo più antico un'età di circa 200 ka B.P. (stadio isotopico 7), mentre i successivi vanno dal *Tirreniano* (stadio isotopico 5e, circa 125 ka B.P.) fino a circa 50 ka B.P. [Fonte: Gliozzi, 1987; Cosentino et alii, 1989; Zecchin et alii, 2004b; Nalin et alii, 2007].

I tassi di sollevamento calcolati dai vari autori spaziano tra 0,4 e 1,8 m/ka [Fonte: Cosentino et alii, 1989; Palmentola et alii, 1990; Zecchi net alii, 2004b].

Le cause del sollevamento dell'Arco Calabro sono ancora molto dibattute. Alcuni ipotizzano che esso sia connesso ad una risposta isostatica seguita allo rottura dello *slab* in subduzione [Fonte: Ritsema, 1972; Spakman, 1986; Westaway, 1993], altri invece ipotizzano una rimozione convettiva delle radici profonde ed il disaccoppiamento del *forearc* Calabro dalla placca in subduzione [Fonte: Doglioni, 1991; Gvirtzman & Nur, 2001].

Infine, diversi autori propendono per una subduzione ancora attiva di crosta ionica assottigliata [Fonte: Rehault et alii, 1987; Dewey et alii, 1989; Amato & Cimini, 2001]. Il sollevamento è stato accompagnato nell'area di studio da una intensa attività tettonica estensionale [Fonte: Ciaranfi et alii, 1982; Cosentino et alii, 1989]. In particolare, Cosentino et alii (1989) nell'area compresa tra Capo Rizzuto e Crotona individuano diversi sistemi di faglie estensionali, di cui i principali orientati ENE-WSW e NNE-SSW, attivi a partire da 200 ka B.P.

Di seguito la stratigrafia relativa alle aree del territorio comunale interessate dal Piano Comunale di Spiaggia [Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE, rilevamento redigendo PSC]:

<b>DEPOSITI OLOCENICI</b>	
<b>R</b>	<b>Deposito antropico, terreni di abbancamento.</b>
<b>h</b>	<b>Deposito antropico - Diga in terra delimitante un bacino artificiale.</b>
<b>a<sub>1</sub></b>	<b>Depositi di frana</b> - Accumuli caotici di elementi in matrice pelitica e/o sabbiosa.
<b>a</b>	<b>Depositi di versante</b> - Coperture detritiche accumulate per processi di versante, costituite da ghiaie eterometriche con matrice sabbiosa giallo - rossastra.
<b>g<sub>2</sub></b>	<b>Depositi di spiaggia</b> - Sabbie quarzose da medie a molto grossolane, localmente con elementi ghiaiosi. Costituiscono cordoni litorali e l'area di retrospiaggia.
<b>b<sub>a</sub></b>	<b>Depositi alluvionali attuali</b> - Ghiaie e sabbie dei letti fluviali attuali e dei tratti recentemente abbandonati. Lo spessore è di pochi metri.
<b>C</b>	<b>Depositi colluviali</b>
<b>b<sub>b</sub></b>	<b>Depositi alluvionali recenti</b> - Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi con frequenti blocchi, di origine alluvionale. Comprendono le alluvioni fluviali terrazzate e della piana costiera. Lo spessore è dell'ordine di qualche metro.
<b>g<sub>n</sub></b>	<b>Depositi litorali terrazzati</b> - Conglomerati e sabbie di spiaggia sommersa e di battigia, spesse fino a 2 m e formanti modeste falesie.
<b>NEL</b>	<b>Sabbie dunari di Marinella</b> - Depositi sabbiosi da giallastri a rossastri, talora bruni, a grana medio grossolana ben selezionati. Costituiscono cordoni dunari stabilizzati dello spessore di qualche metro.
<b>DEPOSITI MARINI TERRAZZATI</b>	
<b>UIC</b>	<b>Sintema di Capo Cimiti</b> - Arenarie bioturbate, laminate e con stratificazione incrociata concava (spiaggia sommersa), biocalcareni e gusci di molluschi e briozoi, calcari biocostruiti ed alghe calcaree e briozoi (piattaforma). Sono presenti verso terra depositi continentali a grana fine dovuti allo smantellamento del pendio retrostante. Lo spessore totale varia da 3,5 a 8,5 m. il contatto basale con il substrato (argilla marnosa di Cutro) è netto ed erosivo. <b>PLEISTOCENE SUPERIORE.</b>
<b>SVX</b>	<b>Sintema di Soverito</b> - Depositi clastici molto male affioranti, dello spessore metrico. <b>PLEISTOCENE SUPERIORE (TIRRENIANO).</b>
<b>NNA<sub>b</sub></b> <b>NNA<sub>a</sub></b>	<b>Sintema del Lago di Sant'Anna</b> - Si distinguono due facies: <b>Litofacies clastica - NNA<sub>b</sub></b> : Arenarie, conglomerati e biocalcareni con stratificazione incrociata concava, strutture di tempesta e gusci di molluschi (spiaggia sommersa), ghiaie con stratificazione a basso angolo (battigia), biocostruzioni algali minori (piattaforma), argille e sabbie con livelli ghiaiosi e concrezioni calcaree pedogenetiche (continentale), peliti e sabbie bioturbate con fauna a Cerastoderma sp. ed ostreidi (Baia o laguna). Lo spessore è molto variabile tra 4 e 16,5 m. Da notare la presenza di vertebrati fossili negli intervalli pelitici continentali. Il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo. <b>Litofacies biocostruita - NNA<sub>a</sub></b> : Calcari biocostruiti di piattaforma, spessi fino a 3 m, costituiti da un'impalcatura di alghe calcaree. Sono abbondanti anche briozoi, serpulidi, coralli e gusci di molluschi. il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo, ed è solitamente marcato da depositi clastici. <b>IONIANO;</b>
<b>UNITÀ DEL BACINO CROTONESE</b>	
<b>KCR</b>	<b>Argilla marnosa di Cutro</b> - Argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente, talora con macrofauna (bivalvi e gasteropodi). Il contenuto micro paleontologico rileva un ambiente di deposizione batiale. Sono talora presenti livelli laminati dello spessore che arriva a 3 m. Locali slump nell'area di Capo Colonna. L'unità passa per alternanza all'arenaria di Scandale. Lo spessore totale è dell'ordine di 400 - 500 m. Facies di siltiti di colore giallo chiaro con scarso contenuto micropaleontologico, poste presso il passaggio per alternanza con l'arenaria di Scandale. Si presume un ambiente di piattaforma. <b>PIACENZIANO - CALABRIANO.</b>

**TABELLA 01:** Elenco Depositi ed Unità litologiche (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE, rilevamento redigendo PSC).

## 2.1. UNITÀ DEL BACINO CROTONESE

I depositi pelagici che costituiscono l'**argilla marnosa di Cutro [KCR]**, occupano gran parte dell'area d'interesse. Tali terreni risultano ottimamente esposti, con spessori che variano dalle diverse decine sino anche alle centinaia di metri, lungo l'intera dorsale collinare costiera che da Crotona arriva fino a località *Capo Colonna*. Nella zona della *Vrica* fu istituito lo stratotipo del *Calabriano*. Questa sezione ha costituito, fino al 2009, il GSSP (*Global Stratotype Section and Point*) del passaggio *Pliocene–Pleistocene*, così come definito da *Aguirre & Pasini (1985)*. A seguito della recente definizione formale del sistema *Quaternario* da parte dell'IUGS, lo stratotipo è stato ridefinito come limite tra i piani *Gelasiano* e *Calabriano* all'interno del *Pleistocene inferiore* [*Fonte: Finney, 2010*]. La parte più spessa della successione è quella rappresentata nella sezione della *Vrica*, potente circa 400 m [*Fonte: Selly et alii, 1977*]. L'*argilla marnosa di Cutro* è costituita da una successione di argille e silt compatti di colore per lo più azzurro e grigiastro e più raramente giallastro.

Tali depositi, sulla base di dati relativi a foraminiferi bentonici [*Fonte: D'Onofrio, 1981*], ostracodi [*Fonte: Colalongo & Pasini, 1980*], molluschi [*Fonte: Tampieri in Selly et alii, 1977*] e resti di pesci [*Fonte: Landini & Menesini, 1978*] analizzati nella sezione della *Vrica*, dovrebbero essersi depositi in un ambiente marino profondo tra 500 e 800 m. In affioramento le argille ed i silt si presentano in genere massivi e non cementati, interessati da fratture estensionali e da bande giallastre di alterazione. Non di rado è possibile osservare la presenza di orizzonti costituiti da livelli argillosi laminati e cementati, con superfici ossidate di spessore variabile da una decina di cm fino ad oltre 3 m, che hanno consentito di raccogliere misure giacitureali.

[*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*].

## 2.2. DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

I depositi del **sintema del Lago di S. Anna**, noti in precedenza come *depositi del terrazzo di Cutro*, costituiscono nell'area di studio numerosi lembi più o meno spessi, debolmente degradanti verso mare e talvolta dislocati da faglie dirette recenti con modesti rigetti. Il sintema è marcato alla base da una discordanza dovuta all'azione erosiva dell'onda durante una fase di trasgressione marina, mentre il tetto consiste in una superficie di esposizione subaerea. I depositi che costituiscono il *sintema di S. Anna* si distinguono in litofacies biocostruita e litofacies clastica. La **litofacies biocostruita [NNA<sub>a</sub>]** consta di blocchi calcarei disarticolati di spessore non superiore a 2 m, sabbie di colore bruno con abbondanti bivalvi, depositi di arenarie fini e arenarie siltose bioturbate, localmente marcate alla base da un lag grossolano ricco di gusci e molluschi. La **litofacies clastica [NNA<sub>b</sub>]** consta di sabbie e conglomerati di colore bruno rossastro, arenarie medie e grossolane con strutture di tempesta.

Il **sintema di Soverito [SVX]** è rappresentato da una superficie piatta e inclinata verso mare, allungata in senso NE-SW per poco più di 1 km. Trattasi di depositi sia silicoclastici a stratificazione incrociata di mare basso, che carbonatici. Lungo i campi arati si rinvencono numerosi blocchi calcarenitici ricchi di gusci di molluschi. Le condizioni di affioramento dell'unità rendono incerta la valutazione del suo spessore, che comunque è dell'ordine del metro, mentre la diffusa copertura e antropizzazione impediscono l'osservazione diretta delle litologie.

Il **sintema di Capo Cimiti [UIC]** si trova in corrispondenza della penisola di *Capo Colonna*, e si estende verso mare per circa 3 km, ed in senso N-S per circa 2,5 km. In corrispondenza della penisola di *Capo Colonna*, il deposito terrazzato mostra un'inclinazione media verso est di circa 1°, che decresce gradualmente nella stessa direzione, ed è dislocato da una faglia normale orientata WNW-ESE presso l'estremo orientale del promontorio. Trattasi di depositi prevalentemente di depositi silicoclastici, depositi carbonatici, sabbie medio-grossolane e conglomerati, arenarie medie a laminazione orizzontale, arenarie grossolane e molto grossolane a stratificazione incrociata concava. I clasti carbonatici derivano dallo smantellamento dei sintemi più antichi (*del Lago di S. Anna e di Soverito*) durante l'ingressione del mare.

[Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE]

### 2.3. DEPOSITI OLOCENICI

Le **sabbie dunari di Marinella [NEL]** rappresentano un deposito che si sviluppa in maniera pressoché continua, con decorso parallelo alla costa ed ampiezza che nelle aree settentrionali raggiunge i 300 m, mentre nelle aree più meridionali si riduce a qualche decina di metri. Si tratta di sabbie fini e finissime di colore giallastro. Il duneto confina verso ovest con i depositi alluvionali recenti e ad est con quelli della fascia costiera sabbiosa, dalla quale si stacca, formando una cresta che si eleva mediamente di qualche metro sul livello del mare e che nel settore settentrionale è interessata da copertura arborea. Spostandosi nelle aree meridionali, più densamente antropizzate, l'originario assetto di questo deposito è ampiamente modificato e mascherato.

I **depositi litorali terrazzati [g<sub>n</sub>]** sono individuabili lungo la linea di costa a sud di Crotone, in un'area compresa tra il cimitero della città e il complesso *Costa Tiziana*. Trattasi di depositi litoranei formanti una piccola falesia spessa poco più di 2 m, immediatamente alle spalle della spiaggia attuale ed in appoggio sull'*argilla marnosa di Cutro*. Sono costituiti da un conglomerato basale più o meno cementato con ciottoli appiattiti di dimensioni massime fino a 10 cm, a cui seguono livelli laminati di sabbie rossastre a granulometria media grossolana, male o non cementate.

I **depositi alluvionali terrazzati [b<sub>n</sub>]** constano di depositi continentali di origine alluvionale, poggianti direttamente sull'*argilla marnosa di Cutro*. Sono costituiti per lo più da sabbie non cementate di colore marrone e rossiccio, a grana da media a grossolana, con abbondante matrice e con rari livelli conglomeratici a clasti di dimensioni al massimo di 2-3 cm per lo più silicoclastici. Sono stati inoltre osservati paleo suoli di spessore decimetrico contenenti noduli calcarei e rari livelletti argillosi verdastri anch'essi di spessore decimetrico.

I **depositi alluvionali recenti [b<sub>b</sub>]**, in genere misti a prodotti di dilavamento dei versanti, coprono i fondovalle principali e costituiscono il lembo di piana costiera, localmente larga 2 km, posto tra Crotone e la *valle del Neto*. Gli spessori e la composizione litologica è determinata in base ai numerosi sondaggi geognostici eseguite nell'area [Fonte: Palmieri E. e Palmieri F., *Archivio dati*, 2010]. Nella fascia Sud, fino al centro cittadino, la componente litologica predominante è limo-argillosa, legata all'erosione dei depositi dell'*argilla marnosa di Cutro*; nella zona nord, dal centro cittadino (zona prossima al litorale), la litologia prevalente è sabbiosa con importanti livelli di sabbia grossolana e ghiaia nei tratti più profondi. Si osservano, frequentemente, all'interno di detto deposito, da clasti e blocchi anche di dimensioni notevoli, tendenzialmente arenacei, connessi al disfacimento dei depositi più grossolani.

I **depositi alluvionali attuali [b<sub>a</sub>]** constano di ghiaie e sabbie alluvionali dello spessore di qualche metro osservabili lungo l'alveo del *vallone Cacchiavia*, a nord dell'abitato di *Papanice*, e del *Fiume Neto*.

I **depositi litorali [g<sub>2</sub>]** sono tipicamente costituiti di sabbie quarzose da medie a grossolane, localmente con elementi ghiaiosi, e sono distribuiti lungo una stretta fascia avente una massima estensione dell'ordine dei cento metri. Nel tratto meridionale, i depositi litorali sono delimitati alle spalle dalla falesia impostata sull'*argilla marnosa di Cutro*, e possono essere in parte coperti dal detrito

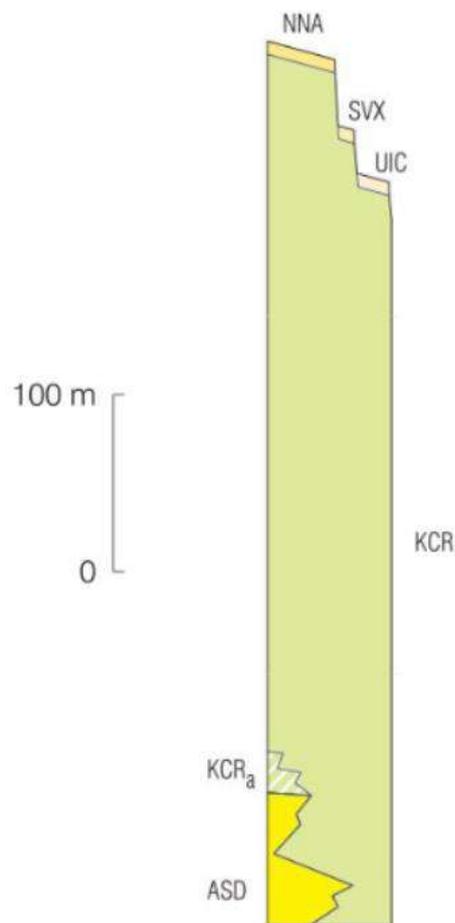
derivante dai depositi del *sintema di Capo Cimiti*, in particolare nel tratto settentrionale del promontorio di *Capo Colonna*. A nord di Crotona, e fino al limite settentrionale, i depositi litorali passano verso terra ai depositi eolici delle *sabbie dunari di Marinella*.

Nell'area di studio **falde detritiche** di spessore considerevole, tale da obliterare il substrato, sono state cartografate lungo un tratto del pendio a monte del *sintema di Capo Cimiti* ed in sinistra orografica della *Valle Iampa*, nei pressi di *Papanice*. Nella prima località è osservabile un deposito detritico a grossi blocchi, in alcuni casi plurimetrici, derivante dal disfacimento dei depositi misti carbonatici e silicoclastici del *sintema del Lago di S. Anna*. Nella seconda località, in un taglio artificiale, è visibile un deposito detritico spesso almeno 3 m di colore giallognolo, costituito da una matrice per lo più argilloso-sabbiosa con blocchi di dimensioni anche metriche, derivanti dal disfacimento del sovrastante *sintema del Lago di S. Anna*. Falde detritiche di spessore minore sono inoltre presenti a monte di località *Casino Micesi*, nella porzione centro-meridionale della tavoletta. Queste falde detritiche, da cui emergono lembi del *sintema del Lago di S. Anna*, sono costituite da blocchi anche di dimensioni metriche, per lo più calcarenitici, derivanti esclusivamente dall'erosione dello stesso *sintema del Lago di S. Anna*. Lungo quasi tutti i versanti dell'area di studio è possibile osservare blocchi eterometrici derivanti dallo smantellamento del *sintema del Lago di S. Anna*, talvolta di dimensioni variabili da centimetriche a metriche, in appoggio sull'*argilla marnosa di Cutro*.

[Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE].

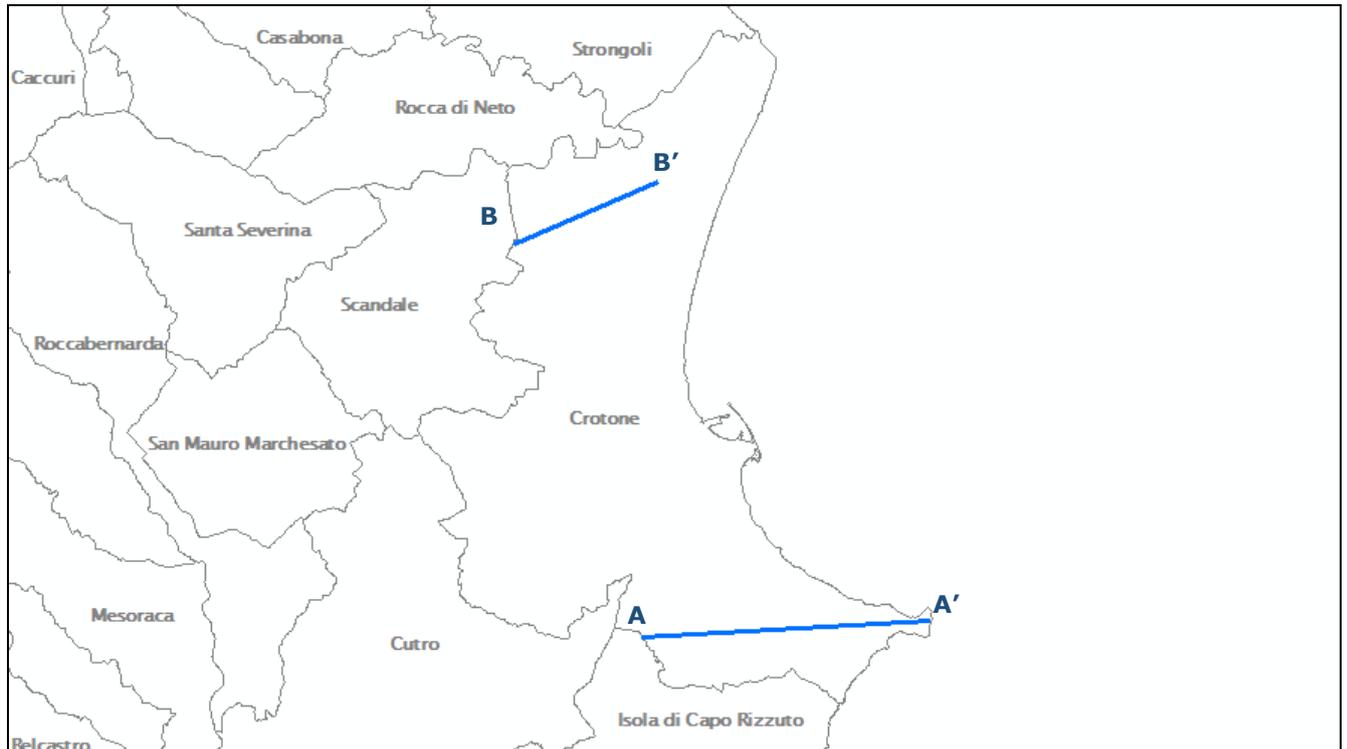
## 2.4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Di seguito viene rappresentato lo **schema dei rapporti stratigrafici** a rappresentazione del **modello geologico generale del sottosuolo** [Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG]:

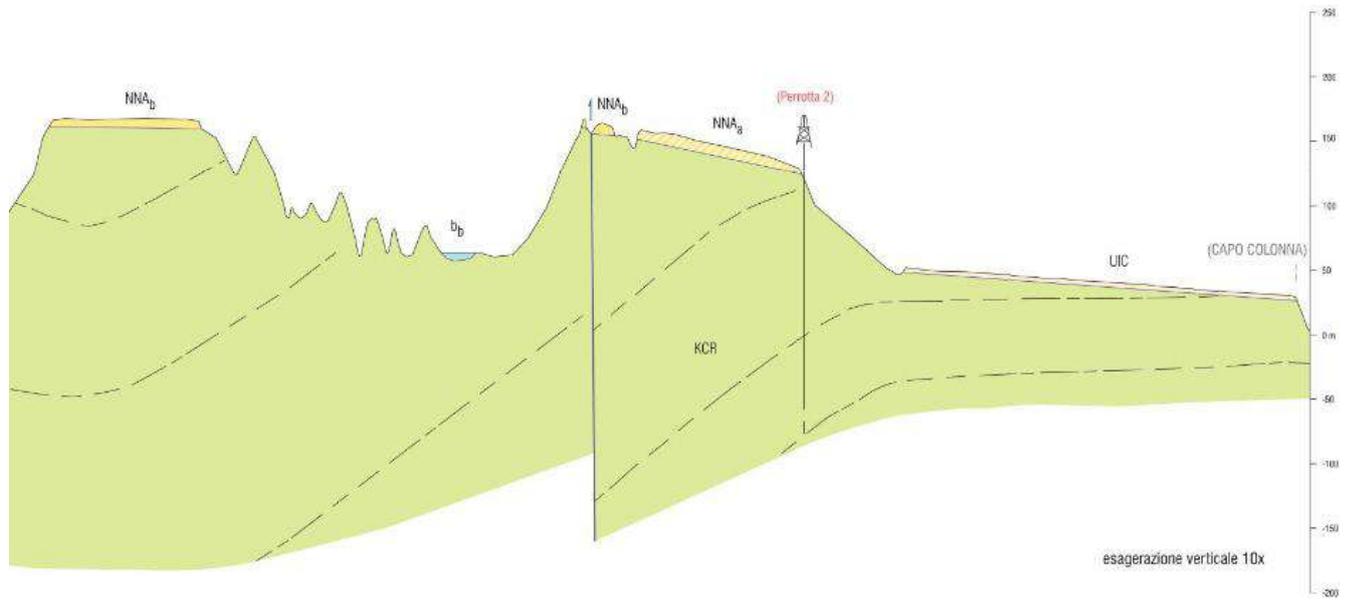


**Fig.02:** Schema dei rapporti stratigrafici (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG).

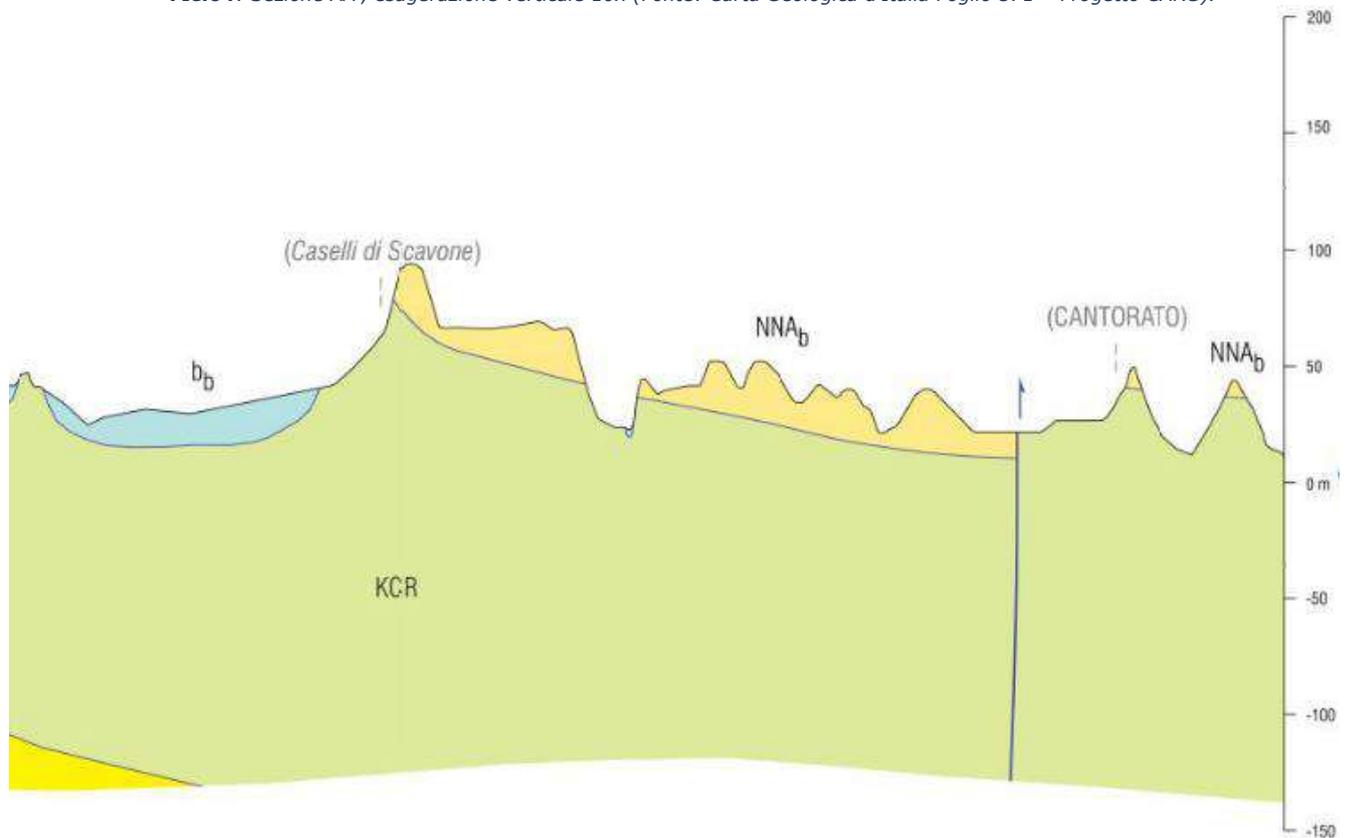
Di seguito si riporta l'inquadramento delle tracce delle **sezioni geologico-tecniche** e le sezioni per alcuni punti del territorio comunale [Fonte: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE]:



**Fig.03:** Traccia sezioni geologico-tecniche.



**Fig.04:** Sezione AA', esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG).



**Fig.05:** Sezione BB', esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG).

### 2.4.1. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni e rocce affioranti nel territorio comunale di Crotone sono state desunte dalle informazioni raccolte [carta geologica, note illustrative della carta geologica, dati scientifici e di rilevamento, dati dal redigendo PSC]. Tutti dati hanno permesso di definire il **modello di sottosuolo generale**.

	Terreni di copertura								
	R	h	a <sub>1</sub>	a	g <sub>2</sub>	b <sub>a</sub>	C	b <sub>b</sub>	
<b>Spessore (m)</b>	≥3	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Stato di addensamento</b>	Da poco consistente a consistente		-	-	Da sciolto a poco addensato		Da poco consistenti a moderatamente consistenti	Da sciolto a moderatamente addensato	
<b>Resistenza all'erosione</b>	Media	-	Bassa		-	Media	Bassa	Variabile	
<b>Permeabilità</b>	Bassa	-	Elevata					Bassa	Elevata
<b>Vs (m/s)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Vp (m/s)</b>	300 ÷ 800		-	-	600 ÷ 1800	400 ÷ 1500	-	400 ÷ 2000	
<b>Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>)</b>	-	-	-	-	16-20	18-22	-	-	17-20
	<b>b<sub>n</sub></b>	<b>g<sub>n</sub></b>	<b>NEL</b>	<b>UIC</b>	<b>SVX</b>	<b>NNA<sub>a</sub></b>	<b>NNA<sub>b</sub></b>	<b>KCR</b>	
<b>Spessore (m)</b>	5 ÷ 6	2	-	3 ÷ 9	-	3	4 ÷ 17	400 ÷ 500	
<b>Stato di addensamento</b>	Da sciolto a moderatamente addensato	Da sciolto a moderatamente addensato	Da sciolto a poco addensato	Da poco addensato ad addensato	Da sciolto a moderatamente addensato	Da poco addensato ad addensato		Da consistente a estremamente consistente	
<b>Resistenza all'erosione</b>	Variabile							Bassa	
<b>Permeabilità</b>	Elevata							Bassa	
<b>Vs (m/s)</b>	-	-	-	-	-	200 ÷ 400	500 ÷ 700	>300	
<b>Vp (m/s)</b>	400 ÷ 2000	-	200 ÷ 1000	-	-	800 ÷ 1200	1500 ÷ 2000	1500 ÷ 2000	
<b>Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>)</b>	17÷20	18÷21	16÷20	16÷21			>17		

**TABELLA 02:** Tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici e geofisici medi (i valori sono da ritenersi puramente indicativi e quali termini di confronto relativo tra le diverse litologie. Restano necessari indagini, prove e studi specifici sui siti d'interesse).

### 3. GEOMORFOLOGIA E LINEAMENTI DEL TERRITORIO

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di una serie di dorsali collinari a modesta elevazione che nelle aree interne ed occidentali superano di poco i 200 m s.l.m., separate da un reticolo dendritico di valli fluviali piuttosto ampie. I corsi d'acqua che attraversano queste valli sono per lo più a carattere stagionale (*fiumare calabre*) e tra questi i principali sono il *Fiume Neto*, a nord, ed *Esaro*, che sfocia circa 1 km a nord del centro di Crotona. Proprio dall'abitato di Crotona, in direzione nord lungo la costa ionica, si estende un'ampia piana costiera che giunge fino alla *valle del Neto*. Le valli fluviali principali e le dorsali collinari che le delimitano sono orientate N-S, NNE-SSW e ENE-WSW nella porzione meridionale, mentre in quella settentrionale il trend è NW-SE ed E-W.

Le unità stratigrafiche che occupano interamente l'area sono l'*argilla marnosa di Cutro*, i terrazzi pleistocenici e quelli alluvionali più recenti che si differenziano chiaramente anche nella morfologia legata alla diversa erodibilità delle rocce che le compongono.

Una morfologia collinare dolce, sovente interessata da un'intensa erosione di tipo calanchivo, localizzata soprattutto nei rilievi posti a ridosso della costa, interessa l'*argilla marnosa di Cutro*. In tali depositi, nonostante le argille siano la litologia decisamente prevalente, mancano fenomeni franosi rilevanti mentre è stato possibile osservare, soprattutto dopo periodi piovosi, piccoli smottamenti. Mentre nel settore meridionale, in particolare nell'area costiera a sud di Crotona (tra le aree della *Vrica* e del *Semaforo*), i fenomeni calanchivi sono ben sviluppati, nel settore settentrionale questi sono meno cospicui. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che l'area settentrionale presenta in generale un'acclività molto bassa che, determinando lo sviluppo di una bassa energia di versante, causa la limitata diffusione di forme di erosione accelerata. La formazione e lo sviluppo di forme calanchive con fenomeni di migrazione dei fondovalle, nel settore nord sono limitate alle aree di *Timpone di Santa Marina*, *Timpone di Brasimato*, *Manco di Brasimato* e *Celestrino*.

Una morfologia generalmente tabulare, leggermente inclinata verso la costa, caratterizza i terrazzi marini, i cui depositi formano i *sintemi di Lago di S. Anna*, di *Soverito* e *Capo Cimiti*, costituiti da depositi calcarei e silicoclastici in genere ben cementati. L'attuale espressione del *sintema del Lago di S. Anna* consiste in una serie di lembi caratterizzati da superfici per lo più sub-orizzontali e leggermente inclinate verso mare, occupanti la sommità di numerose dorsali collinari. I depositi del *sintema del Lago di S. Anna* sono bordati verso mare in corrispondenza delle dorsali della *Vrica* e del *Semaforo* da una scarpata erosionale bruscamente degradante verso l'attuale linea di costa a nord e verso *Capo Colonna* a sud. Su alcuni lembi di terrazzo, in particolare quelli posti nel settore centrale del Foglio, la morfologia è più complessa e caratterizzata da una superficie irregolare costituita da una serie di "mammelloni" separati da ampie incisioni.

Nel tratto sud-orientale, invece, il *sintema di Capo Cimiti* si estende verso mare per 3 km formando il promontori leggermente inclinato verso est di *Capo Colonna*. Lo smembramento dei depositi terrazzati è la diretta conseguenza sia dell'arretramento delle testate vallive e della rapida erosione dei fianchi delle valli, facilitata dalla natura erodibile dei litotipi argillosi, che della neotettonica. I principali processi di degradazione sui depositi dei terrazzi sono rappresentati dalla pedogenesi e soprattutto dalle

attività antropiche, spesso così intense da obliterare o distruggere completamente le strutture primarie del deposito.

Una morfologia collinare più aspra è invece osservabile nel settore nord-occidentale del Foglio, in corrispondenza dell'area di affioramento dell'*arenaria di Scandale*. La dorsale di *Serra di Timperosso*, il *Timpone della Vecchia* e la zona collinare su cui si trova *Rocca di Neto* sono esempi di questa morfologia, caratterizzata a volte da pareti verticali localmente associate all'attività di faglie normali. L'alternanza tra intervalli arenacei e pelitici è spesso evidenziata da uno stacco morfologico tra morfologie più dolci, in corrispondenza delle litologie più fini ed erodibili, e più aspre in corrispondenza delle litologie più grossolane

[Fonte: *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*].

### 3.1. INQUADRAMENTO E LINEAMENTI DELLA COSTA CROTONESE

Prima di procedere con la descrizione dei principali lineamenti della costa crotonese è necessario inquadrare la stessa nell'ambito degli studi, recenti e pregressi, che hanno interessato i litorali calabresi.

Nell'ambito dell'analisi su scala regionale eseguita nella "*Indagine conoscitiva 2003*" dall'*A.T.I.: TECHNITAL S.p.A, IDROTEC S.r.l., CONSORZIO OKEANOS (Settembre 2003)* la costa calabrese è stata suddivisa in unità costiere di base rappresentative, denominate "**tratti costieri**". I criteri adottati per la definizione dei tratti sono stati:

- omogeneità della morfologia costiera (costa alta, costa bassa);
- presenza di elementi morfologici caratteristici (punte, capi, foci di fiumi);
- omogeneità di orientamento ed esposizione della costa;
- presenza di strutture particolarmente influenti sulla dinamica litoranea (porti, opere di difesa);
- lunghezza media del tratto costiero di ~10 km.

Per l'individuazione dei tratti sono state consultate dall'ATI le ortofoto del 1998 in scala 1:10.000 unitamente alla cartografia IGM 1:25.000 e 1:50.000. I tratti costieri così definiti sono 74 e coprono l'intero litorale regionale, numerati in senso orario a partire dall'alto Ionio (*Foce del Sinni*) fino al *Golfo di Policastro* nel Tirreno (*Castrocucco*).

Al fine di un maggior dettaglio per la redazione del *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera*, il litorale è stato ulteriormente scomposto in transetti, in numero di 3900, di lunghezza compresa tra 150 e 250 m in modo da poter svolgere tutte le elaborazioni all'interno di ciascun transetto. In un secondo momento i 74 tratti omogenei - e quindi i transetti - sono stati poi accorpati, secondo un criterio geografico e di omogeneità, in 21 aree di analisi [Fonte: *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera – Relazione di Piano*].

Inoltre, nell'ambito dello studio per la caratterizzazione del clima ondoso lungo le coste della Calabria, il litorale calabrese è stato suddiviso in ventiquattro aree di studio, 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 [Fonte:

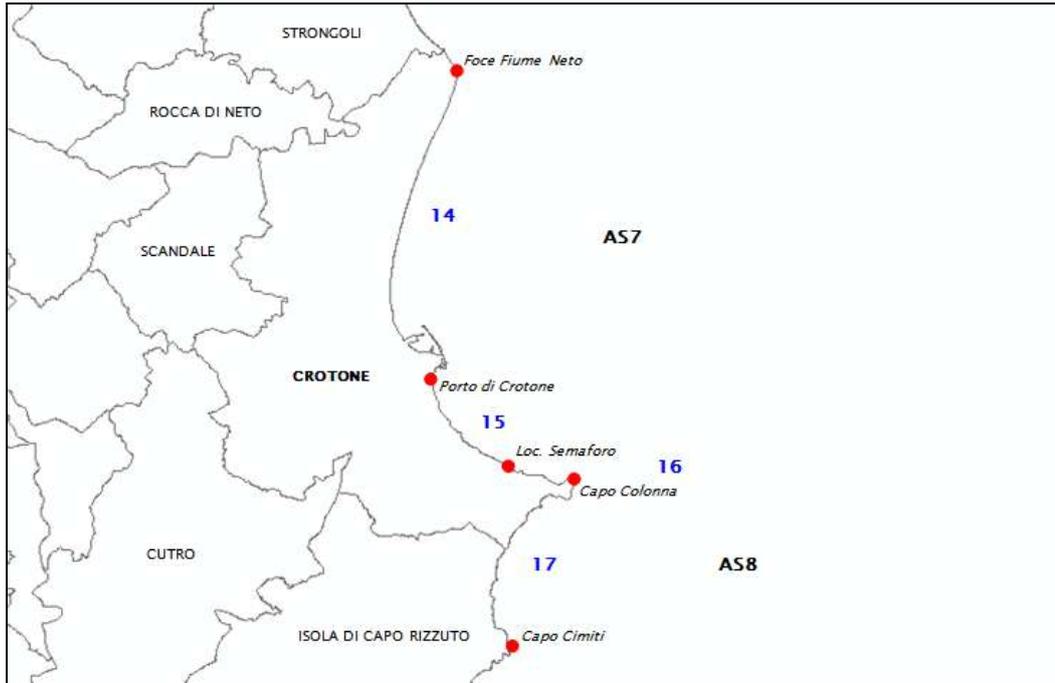
*Master Plan della fascia costiera calabrese – Appendice A, caratterizzazione del clima ondoso lungo le coste della Calabria*].

Di seguito si riporta la corrispondenza tra le aree di studio, le denominazioni contenute nel Master Plan, i tratti costieri e le aree di analisi così come identificate negli studi riguardanti la costa calabrese in riferimento al litorale crotonese:

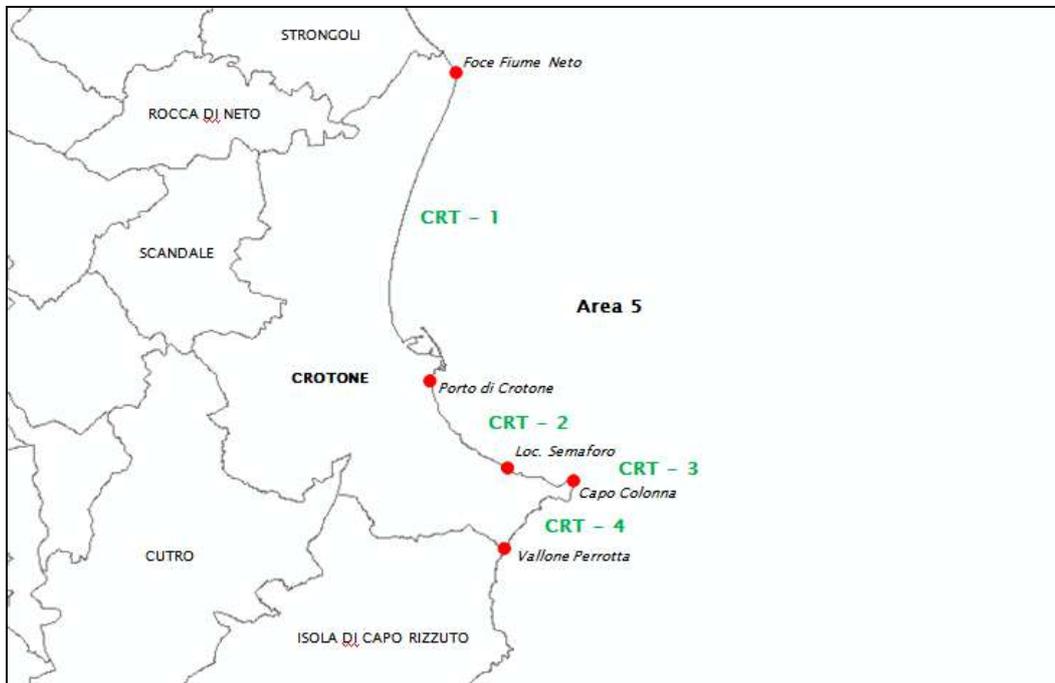
Comune	Aree di studio		Tratti costieri OKEANOS	Denominazione Master Plan		Aree di analisi PSEC
Crotone	AS7	Foce Fiume Neto Capo Colonna	14 - 15 - 16	CRT - 1	Foce Fiume Neto - Porto Crotone	AREA 5 (Fino a Vallone Perrotta)
				CRT - 2	Porto Crotone - Loc. Semaforo	
				CRT - 3	Loc. Semaforo - Capo Colonna	
Crotone - Isola Capo Rizzuto	AS8	Capo Colonna Capo Cimiti	17	CRT - 4 (fino a Vallone Perrotta)	Capo Colonna - Vallone Perrotta (il tratto 17 termina a Capo Cimiti)	

**TABELLA 03:** *Suddivisione in tratti della costa crotonese.*

Nella **FIG.06** viene riproposta la suddivisione in tratti costieri relativamente alla costa crotonese; nella **FIG.07**, invece è riproposta la suddivisione secondo la denominazione contenuta nel *Master Plan*.



**Fig.06:** Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri omogenei e aree di studio della costa crotonese [Fonte: Indagine conoscitiva 2003; Master Plan della fascia costiera calabrese]



**Fig.07:** Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri secondo la denominazione attribuita nel Master Plan della fascia costiera calabrese.

Fatto il dovuto inquadramento dell'area, già trattata in diversi studi e da parte degli enti preposti, a partire dal *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* sino al *Master Plan* della fascia costiera calabrese, sono descritte nel presente Capitolo le caratteristiche generali, dapprima, e di dettaglio poi, della costa del Comune di Crotona.

Prima di entrare nel dettaglio doveroso è l'esame della componente paesaggistico-ambientale del litorale di Crotona. Nell'Area 5 infatti sono individuate alcune emergenze ambientali a carattere speciale e comunitario [Fig.08; Tab04]:

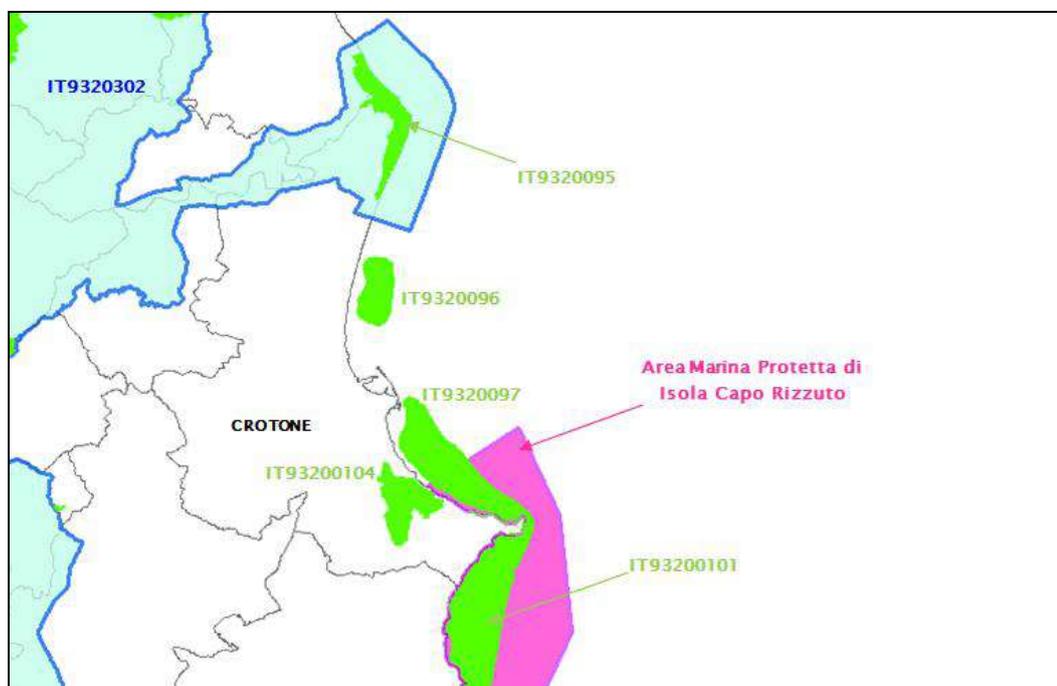


Fig.08: Localizzazione delle emergenze ambientali dell'Area 5.

SIGLA	DENOMINAZIONE	SUPERFICIE	TIPO	DOMINANZA
IT9320095	Foce del Neto	649 ha	Sito a emergenze archeologiche ed architettoniche	Habitat umido-fluviale
IT9320096	Fondali di Gabella Grande	484 ha	SIC marino	Habitat marini
IT9320104	Colline di Crotona	608 ha	Sito a emergenze archeologiche ed architettoniche	Habitat montano - collinare
IT9320097	Fondali da Crotona a Le Castella	4453 ha	SIC marino	Habitat marini
IT9320101	Capo Colonna	33,5 ha	SIC costiero - dunale; sito di interesse storico - archeologico	Habitat costiero
IT9320302	Marchesato di Crotona e Fiume Neto	70200 ha	Zona a Protezione Speciale	Habitat montano - collinare

TABELLA 04: Descrizione delle emergenze ambientali dell'Area 5.

Inoltre è evidente (in viola, Fig.08) l'Area Marina Protetta (AMP) di Isola Capo Rizzuto, istituita, a seguito dell'emanazione della *Legge Quadro* sulle aree protette (L. 394/91), con *Decreto interministeriale del 27/12/1991*, successivamente sostituito dal *decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 19/02/2002*.

Tale area è stata definita col fine di preservare l'ambiente costiero e marino per una superficie di 14.721 ha e 42 Km di costa, tra i Comuni di Crotona e Isola Capo Rizzuto.

Oltre alle emergenze ambientali a carattere speciale e comunitario e l'AMP di Isola Capo Rizzuto sono sicuramente da evidenziare, nel perimetro territoriale crotonese, i seguenti siti [Fig.09]:

1. Il GSSP di **Vrica e Stuni** che rappresenta la base del Calabriano, definito dalla Commissione Internazionale per la Stratigrafia (ICS) e ratificato dall'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS) nel 1985 [Foto 01];
2. Il sito di **Capo Colonna** dove si trova l'unica colonna rimasta del santuario di Era Lacinia, periptero dorico di grandi dimensioni (15 colonne sul lato lungo, 6 su quello corto), costruito nel corso del V secolo a.C. il quale ebbe la funzione di santuario nazionale dei greci d'occidente [Foto 02].

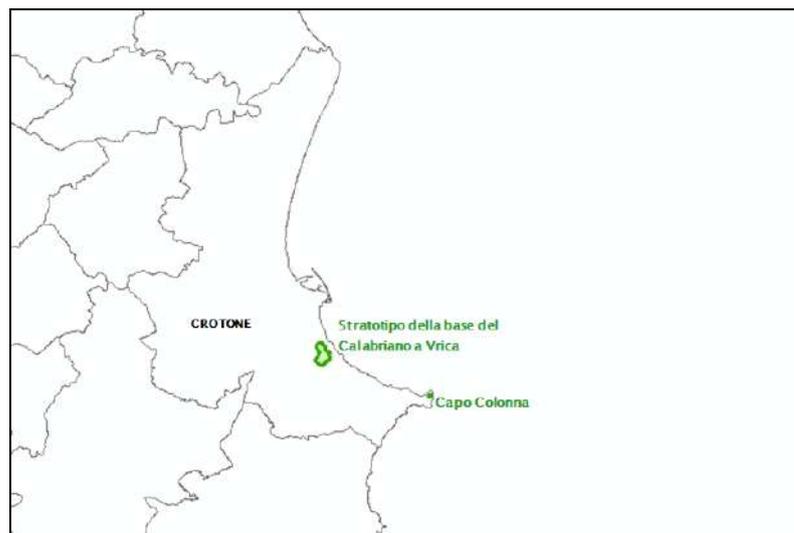


Fig.09: Localizzazione Geositi.



Foto 01: Il GSSP di Vrica e Stuni che rappresenta la base del Calabriano, definito dalla Commissione Internazionale per la Stratigrafia (ICS) e ratificato dall'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS) nel 1985.



**Foto 02:** Il sito di Capo Colonna dove si trova l'unica colonna rimasta del santuario di Era Lacinia, periptero dorico di grandi dimensioni (15 colonne sul lato lungo, 6 su quello corto), costruito nel corso del V secolo a.C. il quale ebbe la funzione di santuario nazionale dei greci d'occidente;

In aggiunta alle emergenze e vincoli sopra elencati va evidenziato il SIN "Crotone - Cassano - Cerchiara" come meglio rappresentato nelle **TAVOLE 04** allegate alla presente relazione.

Come già detto in precedenza è rappresentato nelle **FIGG. 06 & 07**, e nella **TABELLA 03**, l'**Area 5** corrisponde alle sub-unità fisiografiche n. 14, 15, 16 e parte della 17. Inoltre, così come da *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*, la stessa è identificata in quattro tratti. Nello specifico:

1. Tratto di costa tra la Foce del Fiume Neto ed il Porto di Crotona (CRT - 1) (sub-unità 14);
2. Tratto di costa tra il Porto di Crotona e Località Semaforo (CRT - 2) (sub-unità 14);
3. Tratto di costa tra Località Semaforo a Capo Colonna (CRT - 3) (sub-unità 14);
4. Tratto di costa tra Capo Colonna e Vallone Perrotta (CRT - 4) (parte della sub-unità 17).

Prima di vedere nel dettaglio i quattro tratti costituenti l'Area 5, vediamo la stessa nel suo insieme.

Il tratto di costa compreso tra la *Foce del Fiume Neto* e il *Porto di Crotona*, è costituito in larga parte da ampie spiagge ( $L > 50m$ ) con pochi e brevi tratti di spiaggia media e ristretta ( $20m < L < 50m$ ). La parte di litorale che va dal porto a località *Semaforo*, è invece caratterizzato da spiagge medie cui si alternano rari tratti rocciosi. Infine il litorale corrispondente con le sub-unità fisiografiche 16 e 17, risulta roccioso, con costa alta scogli e promontori.

Dal punto di vista sedimentologico, l'apporto solido dei corsi d'acqua, è principalmente costituito da materiale fine e sabbioso. Nella sub-unità 16 l'apporto solido è pressoché nullo. I dati granulometrici disponibili e relativi a campioni prelevati dalla battigia alla batimetrica  $-7m$  [*Fonte: Indagini lungo il litorale tra Rocca Imperiale e Capo Colonna - Società per le ricerche marine s.n.c., 1993*], riferiscono le seguenti caratteristiche:

- Dalla Foce del Fiume Neto al Porto di Crotona:
  - Dalla battigia fino a 2 m di profondità. Le sabbie sono grossolane con  $D50 = 0,8-1,4$  mm;
  - Dalla batimetrica  $-2$  alla  $-3$  m, le sabbie degradano a medie con  $D50 = 0,25-0,30$  mm;
  - Dalla batimetrica  $-3$  m fino alla  $-7$  m, sono presenti sabbie fini con  $D50 = 0,15-0,20$  mm;
- Dal Porto di Crotona a Capo Colonna sono presenti sabbie fini, con  $D50 = 0,15-0,20$  mm, e ghiaie - sabbie medie in prossimità delle porzioni rocciose  $D50 = 0,25-3,00$  mm.

La direzione netta del trasporto solido potenziale è sostanzialmente Sud-Nord, con inversione a Nord-Sud nelle vicinanze della *Foce del Neto*.

### 3.1.1. TRATTO CRT - 1

**Dinamica litoranea:** Il tratto interposto tra la *Foce del Fiume Neto* ed il *Porto di Crotona* (circa 18Km), è costituito da una costa bassa caratterizzata da un'ampia piana alluvionale, con spiagge continue ma limitate in ampiezza.

Il tratto è generalmente esposto ai venti del quadrante meridionale orientale (*Libeccio*) e alle mareggiate da E e NE (*Grecale*). Il trasporto solido litoraneo netto, nel tratto compreso tra la *Foce del Neto* e la località *Gabella*, è diretto da N verso S, per poi invertire nel successivo tratto fino al *Porto di Crotona*. La *Foce del Neto*, confine di sottounità fisiografica, rappresenta, pertanto, un punto di divergenza del trasporto litoraneo; mentre in prossimità della località *Gabella*, è situato un punto di convergenza del trasporto litoraneo.

Nel tratto di litorale la spiaggia, fino alla quota di -2m, è costituita prevalentemente da sabbie grossolane con D50 tra 0,8 e 1,4mm. Tra le quote -2m e -3m, la spiaggia è costituita prevalentemente da sabbie medie con D50 tra 0,25 e 0,3mm, e tra le quote -3m e -7m da sabbie con D50 compreso tra 0,15 e 0,2mm.

Il tratto è caratterizzato da una discreta stabilità morfodinamica e da profili trasversali alla spiaggia emersa e sommersa che appaiono regolari lungo tutto il tratto e che, appunto, sembrano garantire un certo equilibrio sedimentario. D'altra parte le caratteristiche granulometriche della spiaggia, la conformazione della stessa, e l'analisi dell'evoluzione nel tempo della linea di riva sembrano confermare una sostanziale stabilità morfodinamica su tutto il tratto. Peraltro, le ampie fasce a ridosso della linea di battigia consentono ampiamente la dissipazione in sicurezza del moto ondoso incidente derivante dagli eventi estremi, mantenendo valori di risalita dell'onda al limite della battigia del tutto compatibili con la conservazione della spiaggia.

**Alimentazione torrenti:** pur essendo l'area interessata da bacini di un certo rilievo (*Esaro, Passovecchio*), l'apporto solido e relativo sviluppo di estuario focale sembrerebbe dovuto esclusivamente al *Fiume Neto*. Gli apporti solidi verso la costa rispecchiano le caratteristiche granulometriche dei litotipi costituenti i bacini sottese e sono prevalentemente di tipo fine.

[Fonte: *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*].

### 3.1.2. TRATTO CRT - 2

**Dinamica litoranea:** Il tratto interposto tra il *Porto di Crotona* e località *Semaforo* (circa 5,5Km) è distinguibile in due ulteriori tratti. Il primo va dal *Porto di Crotona* sino a loc. *Case Donato*, dominato dalle colline argilloso-marnose che si spingono quasi fino alla linea di costa, lasciando il posto a spiagge molto ristrette in ampiezza ma piuttosto continue nel loro sviluppo longitudinale. Il secondo tratto va da loc. *Case Donato* sino alla loc. *Semaforo*, che rappresenta il limite tra le sub-unità fisiografiche 15 e 16, ed è fondamentalmente costituito da una costa alta, di elevazione massima sul livello del mare di circa 45m. In questo tratto la linea di battigia è poco evidente per la presenza di diffusi depositi caotici di blocchi arenacei.

Il tratto in esame è fortemente esposto alle mareggiate di *Levante-Grecale* e ai venti di *Tramontana*, mentre risulta protetto il promontorio di *Capo Colonna* dai venti del quadrante meridionale. Un'analisi più minuta, effettuata sotto gli aspetti squisitamente idrodinamici e tenendo conto di entrambi i parametri che definiscono la profondità di chiusura del sistema come sopra specificati, conduce a identificare tre sotto-tratti, procedendo da Sud verso Nord, aventi le seguenti caratteristiche morfodinamiche:

1. dalla località *Semaforo* fino al pennello della passeggiata immediatamente a sud della spiaggia di *Sanità*. Il tratto, lungo 5,5km, è caratterizzato nella parte Sud, da spiagge lunghe, mantenute dalle sporgenze principali di *Capo Donato* e del pennello artificiale realizzato davanti *Via Siris*, dove inizia l'abitato della città. Da questo pennello, procedendo verso Nord per un tratto di 400m sono presenti 9 scogliere foranee, a tergo delle quali si rilevano dei tomboli che costituiscono una spiaggia continua. Per i 400m a Nord del tratto, la spiaggia ha un andamento ad arco e presenta una bassa pendenza del fondale.
2. *Spiaggia Sanità*: la spiaggia, lunga 300m, è confinata tra il pennello della passeggiata a mare e il *Molo Sanità*, che svolge le funzioni di sottoflutto del *Porto Vecchio*. Gli scambi di materiale con le sotto-unità limitrofe sono ridotti, come si evince dalla analisi delle variazioni della spiaggia nel tempo a seguito delle modifiche delle opere che la confinano.
3. *Porto vecchio di Crotona*: il *Molo Sanità* costituisce la separazione tra la spiaggia e il bacino portuale; tuttavia, dato che la profondità della bocca del porto è interna all'area dei frangenti, vi è un ingresso di materiale nel bacino portuale cui va fatto fronte con dragaggi periodici. Nel tratto di litorale la spiaggia è costituita prevalentemente da sabbie fini con D50 tra 0,15 e 0,2mm.

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area è poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici di estensione inferiore ai 2Km<sup>2</sup>. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli.

(Fonte: *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*).

### 3.1.3. TRATTO CRT - 3

**Dinamica litoranea:** il tratto che va località *Semaforo* a *Capo Colonna* è di tipo costa a falesia, con elevazione massima di circa 20–25m s.l.m. La linea di battigia è poco evidente e in continua evoluzione per la presenza di diffusi depositi caotici di blocchi arenacei. La particolare forma del promontorio di *Capo Colonna*, protendente verso Est, e l'esposizione del tratto di litorale compreso tra la loc. *Semaforo* e *Capo Colonna* in s.s., fanno sì che tale porzione di costa sia fortemente vulnerabile alle mareggiate sia del quadrante settentrionale che di quello meridionale; il chilometro di costa su cui sorgono sia la colonna che il faro è, invece, particolarmente esposto ai venti provenienti da Est (*Levante*).

Dal punto di vista morfologico la costa, di tipo roccioso, si presenta con alcune piccole insenature in cui sono trattenute, tra gli scogli affioranti, piccole spiagge emerse. Il tratto di litorale è caratterizzato dall'assenza di apporti solidi da parte dei corsi d'acqua. La spiaggia deve, pertanto, il suo equilibrio al bilancio tra l'allontanamento verso il largo del materiale e l'apporto dovuto all'erosione della parte rocciosa prossima alla linea di riva.

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area è poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici di estensione inferiore ai 2Kmq. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli.

[Fonte: *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*].

#### 3.1.4. TRATTO CRT - 4

**Dinamica litoranea:** il tratto di litorale che va da *Capo Colonna* e *Vallone Perrotta* (circa 6Km) è costituito da costa alta, con quote massime comprese tra 20 e 25m s.l.m. Le uniche spiagge fruibili, ma sempre limitate in estensione e in ampiezza, sono quelle a Sud di *Torre Scifo*. Localmente, alla base delle falesie, si riconoscono depositi di frana localizzati e blocchi arenacei in assetto caotico.

Il tratto è generalmente esposto alle mareggiate da Sud, di *Scirocco* e di *Levante*. Il trasporto solido è diretto da Nord verso Sud e, cioè, verso *Capo Rizzuto*. Le spiagge a Sud di *Torre Scifo* devono il loro equilibrio, ma non sempre, al bilancio tra l'allontanamento verso il largo del materiale e l'apporto dovuto all'erosione della parte rocciosa prossima alla battigia. Contribuisce alla loro stabilità tutta una serie di scogli naturali e di materiale lapideo disposti a gettata, trasversalmente ed orizzontalmente alla riva, che hanno l'effetto di smorzare l'energia ondosa e di limitare la perdita dei sedimenti verso il largo.

**Alimentazione torrenti:** l'idrografia dell'intera area è poco sviluppata e incisa, con bacini idrografici d'estensione inferiore ai 3Kmq. Gli apporti solidi verso la costa sono pressoché nulli.

[Fonte: *Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*].

#### 4. CARATTERI STRUTTURALI E SISMICI

Di seguito una rapida trattazione circa la pericolosità sismica e gli eventi macrosismici storici relativi al territorio del Comune di Crotona.

Le *Norme Tecniche per le Costruzioni (Dec. Min. del 14/01/2008 e Dec. Min. del 23/01/2018)* hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Infatti per ciascuna zona, secondo le precedenti classificazioni del territorio, veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Con l'entrata in vigore delle NTC08, NTC18 nonché i successivi aggiornamenti, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale e classe d'uso dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali (mappa di pericolosità sismica).

La classificazione sismica (*zona sismica di appartenenza del comune*) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti.

La mappa di pericolosità sismica riporta i valori espressi in termini di accelerazione massima (**ag**) del suolo con una data probabilità di eccedenza (2, 5, 10, 22, 30, 39, 50, 63, 81 %) in 50 anni, riferita a suoli rigidi di riferimento ( $V_{s,30} > 800$  m/s).

In riferimento alla mappa di pericolosità sismica, si riportano gli intervalli di accelerazione massima (**ag**) del suolo con probabilità di eccedenza del 5%, 10%, 63% ed 81% in 50 anni [Figg.10 ÷ 13], riferita a suoli rigidi di riferimento ( $V_{s,30} > 800$  m/s), e relativamente al territorio comunale di Crotona.

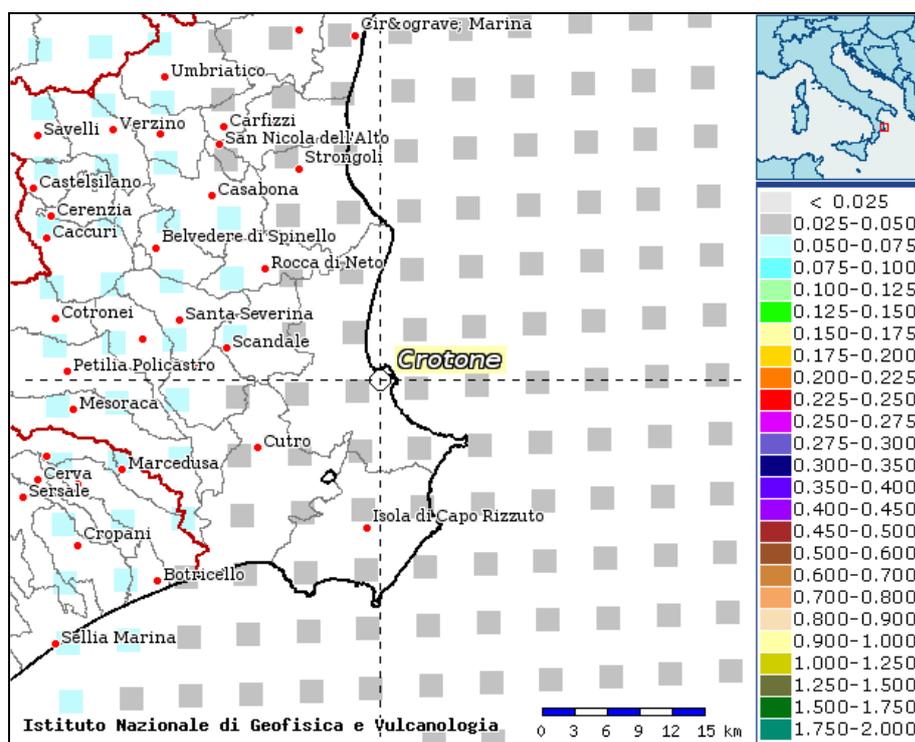
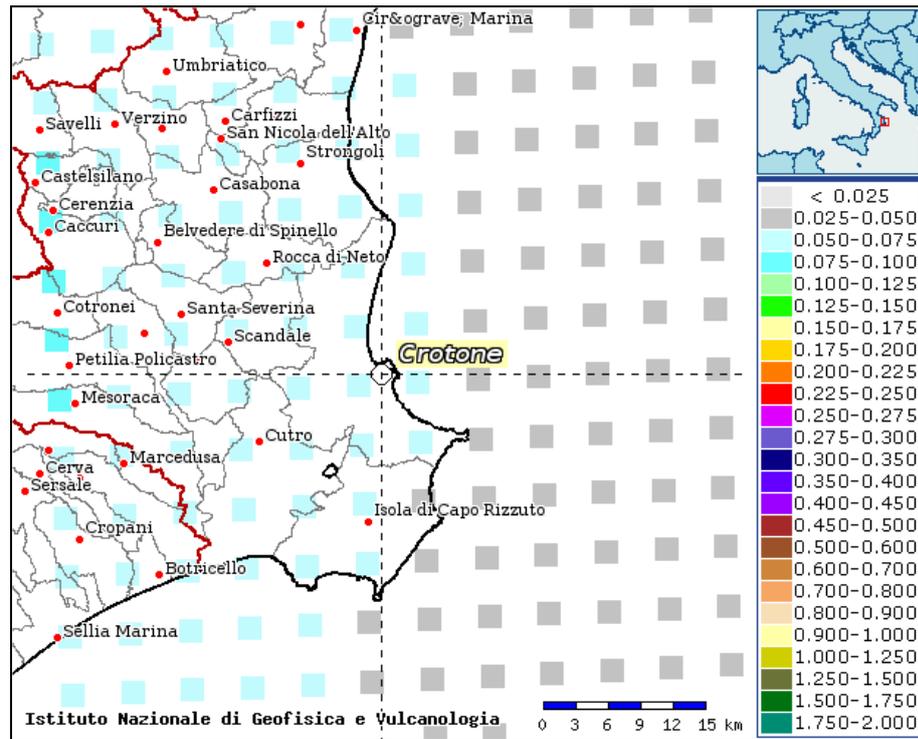


Fig.10: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1).



**Fig.11:** Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1).

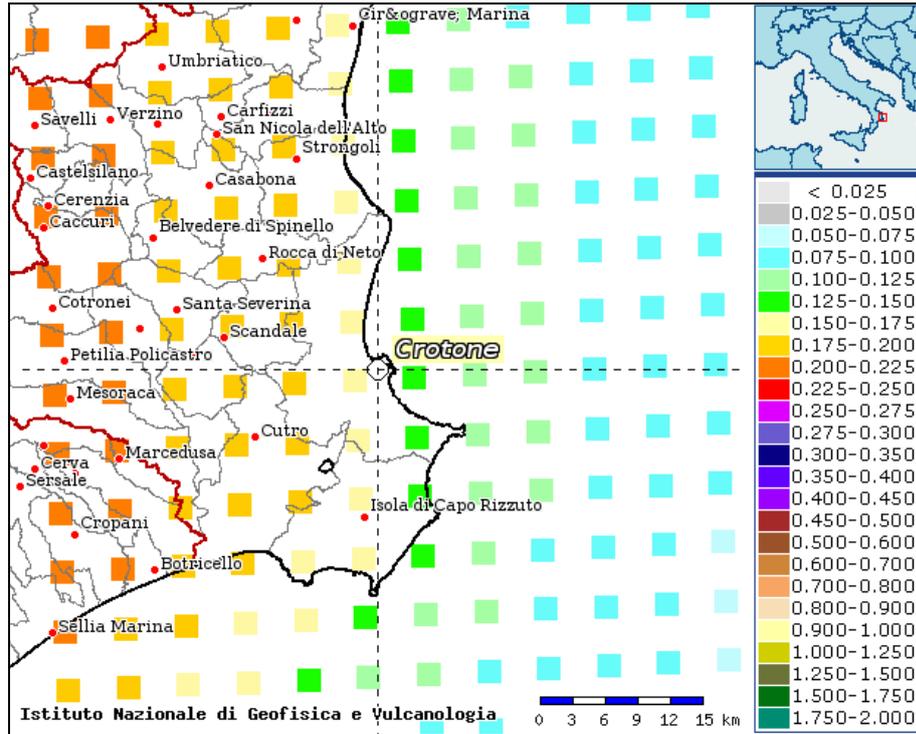


Fig.12: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1).

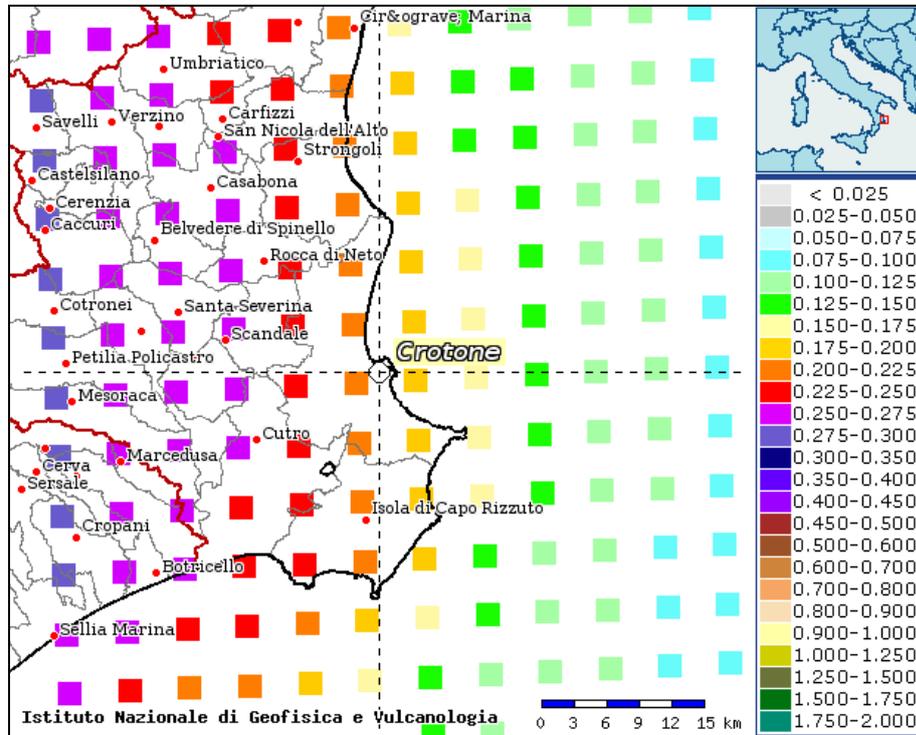


Fig.13: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1).

Si riportano di seguito i dati **macrosismici** storici relativi al Comune di Crotona:

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I(MCS)	Data	Ax	Np	Io
6-7	<a href="#">1638 03 27 15:05</a>	Calabria	213	11	7.03 ±0.12
8-9	<a href="#">1638 06 08 09:45</a>	Crotonese	42	10	6.89 ±0.25
6-7	<a href="#">1744 03 21 20:00</a>	Crotonese	29	8	5.74 ±0.44
6	<a href="#">1783 02 05 12:00</a>	Calabria	356	11	7.02 ±0.08
7	<a href="#">1783 03 28 18:55</a>	Calabria	323	11	6.98 ±0.08
8-9	<a href="#">1832 03 08 18:30</a>	Crotonese	101	10	6.59 ±0.16
5	<a href="#">1836 04 25 00:20</a>	Calabria settentrionale	46	9	6.20 ±0.25
3-4	<a href="#">1869 11 28</a>	Vibo Valentia	21	5-6	4.66 ±0.34
NF	<a href="#">1887 12 03 03:45</a>	Calabria settentrionale	142	8	5.49 ±0.14
3	<a href="#">1894 11 16 17:52</a>	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
6-7	<a href="#">1905 09 08 01:43</a>	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
NF	<a href="#">1907 10 23 20:28</a>	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25
7	<a href="#">1908 12 28 04:20</a>	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
5	<a href="#">1913 06 28 08:52</a>	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
NF	<a href="#">1930 07 23 00:08</a>	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
6	<a href="#">1932 01 02 23:36</a>	Crotonese	22	5	5.43 ±0.30
4	<a href="#">1947 05 11 06:32</a>	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
4	<a href="#">1980 11 23 18:34</a>	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
4	<a href="#">1988 04 13 21:28</a>	Costa calabra	272	6-7	5.01 ±0.10
4-5	<a href="#">1990 01 24 04:45</a>	Catanzarese	63	5	4.46 ±0.09
NF	<a href="#">1990 05 05 07:21</a>	Potentino	1374		5.80 ±0.09

TABELLA 05: Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11).

Le sigle in tabella sono relative a:

**I(MCS)** Intensità macrosismica espressa in scala MCS;

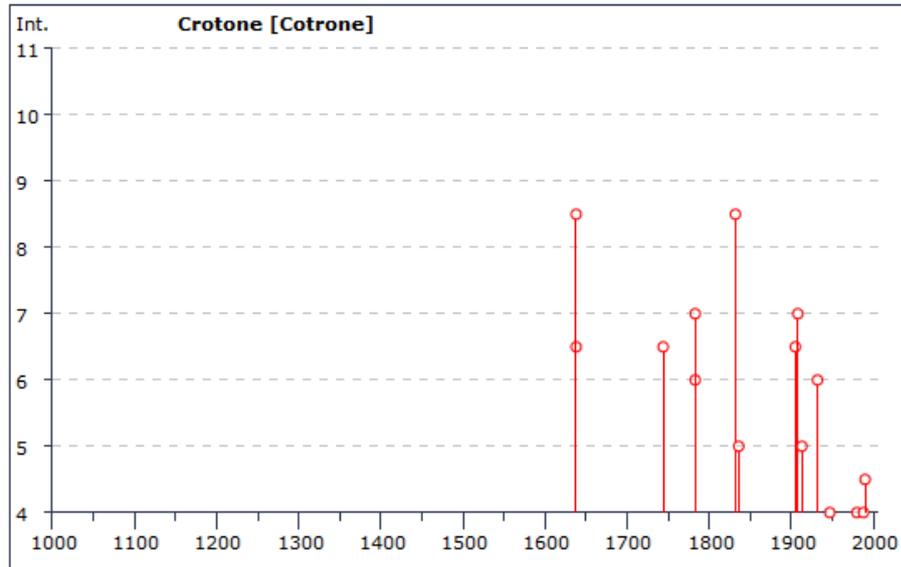
**Data** Data del terremoto;

**Ax** Area epicentrale, zona in cui sono stati riscontrati i maggiori effetti del terremoto;

**Np** Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto;

**Io** Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS;

**Mw** Magnitudo, momento da CPTI11.



**GRAFICO 01:** Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11).

PER UNA COMPLETA ED ESAUSTIVA COMPrensIONE DELL'ASPETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA SI RIMANDA ALLA LETTURA DELLA "RELAZIONE ILLUSTRATIVA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 DEL COMUNE DI CROTONE" [Statti et alii - 2015].

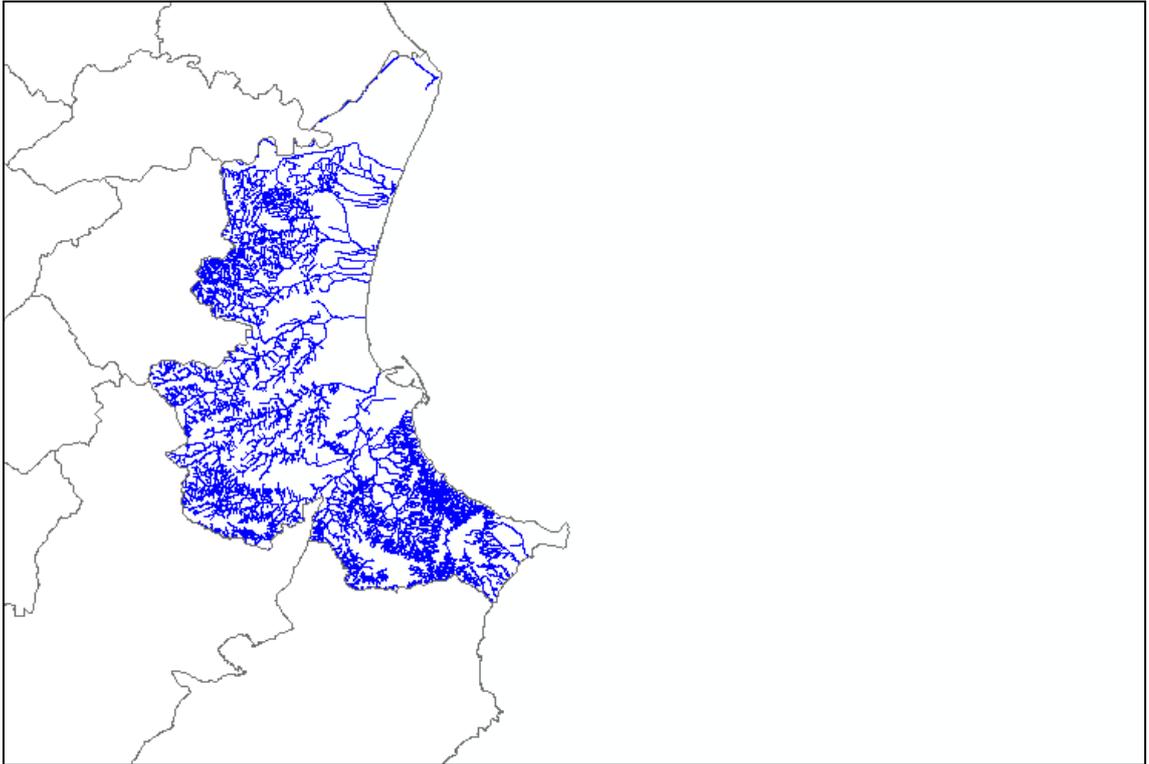
## 5. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico l'area di studio può essere vista, a grande scala, come costituita da due complessi:

- 1. Complesso di depositi detritici:** Depositi di spiaggia e dune costiere, detriti di versante, depositi alluvionali dei fondovalle e delle pianure costiere, terrazzi, depositi sabbioso-limosi fluviali. Grado di permeabilità medio-alto, principalmente per porosità;
- 2. Complesso argilloso:** argille siltose con grado di permeabilità basso o molto basso tranne che per i termini superficiali che per via dell'alterazione tendono ad essere più permeabili ed anche saturarsi.



**Fig.14:** Bacini idrografici principali e secondari.



**Fig.15:** Reticolo idrografico.

È da sottolineare l'importanza che rivestono i canali e i piccoli corsi d'acqua per quanto concerne l'apporto solido. Laddove gli "sbocchi a mare" hanno subito modifiche (deviazioni, tombature, colmature, riduzione delle sezioni per realizzazione di strutture, ecc.) si osserva una riduzione dell'estensione dell'arenile.

## 6. PROCESSI GEOLOGICI E PERICOLOSITÀ

### 6.1. FRANOSITÀ

Dall'analisi dei dati relativi al censimento delle aree a rischio frana da parte dell'*Autorità di Bacino Calabria*, nell'ambito del *Piano di Assetto Idrogeologico* e dal progetto *IFFI*, sono state riconosciute le **instabilità di versante**:

Tipologia	Quantità	Stato di attività		
		Attiva	Quiescente	Non definito
<b>Crollo/Ribaltamento</b>	-	-	-	-
<b>Scorrimento</b>	<b>5</b>	1	4	-
<b>Colata</b>	<b>1</b>	1	-	-
<b>Complessa</b>	<b>1</b>	-	1	-
<b>Non definito</b>	<b>15</b>	3	7	5

**TABELLA 06:** Dati relativi alle frane (Fonte: PAI ed IFFI).

Oltre a quanto reperito dai progetti sopra menzionati, le informazioni sulla franosità sono state implementate con i dati acquisiti mediante fotointerpretazione e rilievo di campagna (rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio) acquisiti per il redigendo *Piano Strutturale Comunale*.

## 6.2. TETTONICA

Le **TAVOLE G02** (*Carta di inquadramento generale geologico e strutturale*) e **G03** (*Carta geomorfologica*) allegate al presente studio riportano, tra l'altro, gli elementi geologici strutturali acquisiti da ricerche scientifiche condotte nell'area (bibliografia) ed integrati con i lineamenti presunti ricavati da rilievi di campagna e fotointerpretazione. Nella fattispecie vengono rappresentate:

- Faglie capaci (progetti ITHACA);
- Faglie (progetto CARG);
- Faglie presunte (PRG vigente; rilievo di campagna e fotointerpretazione relativo al redigendo PSC).

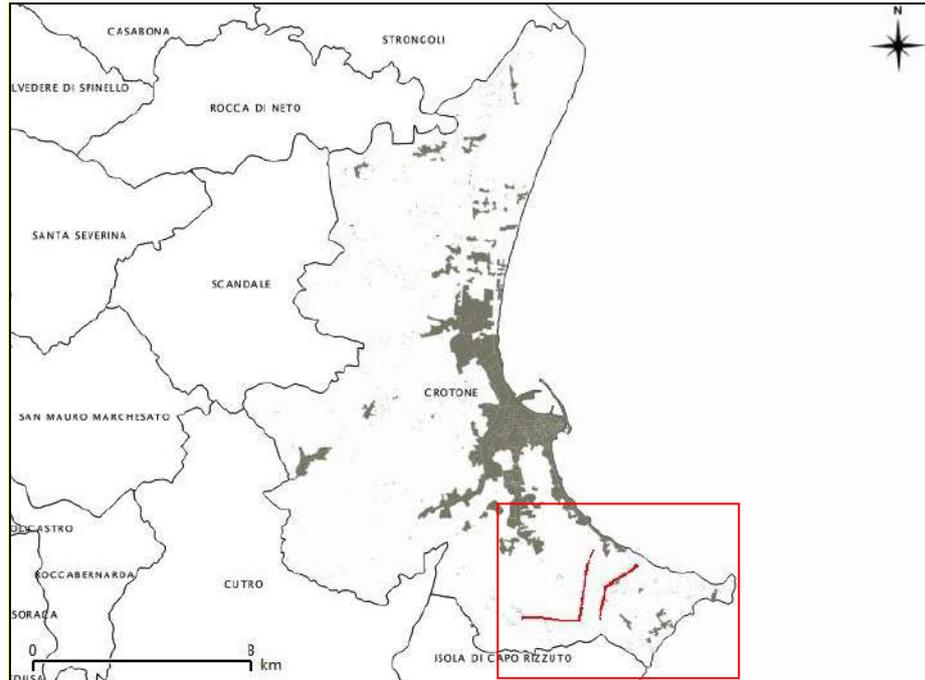
### 6.2.1. FAGLIE CAPACI

Per le **faglie capaci** si è fatto riferimento al *Catalogo ITHACA*. Il territorio di Crotone, stando a quanto tratto dal database *ITHACA*, è interessato da quattro lineamenti, denominati "Villaggio Salica", "Parasinaci", "Prestica" e "Semaforo":

GEOLOGIC SETTING				
<b>SYNOPSIS</b>				
<b>FAULT NAME</b>	<i>Villaggio Salica</i>	<i>Parasinaci</i>	<i>Prestica</i>	<i>Semaforo</i>
<b>FAULT CODE</b>	37903	37900	37901	37902
<b>MACROZONE</b>	6	6	6	6
<b>REGION NAME</b>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>	<i>Calabria</i>
<b>SYSTEM NAME</b>	<i>Scifo</i>	<i>Scifo System</i>	<i>Scifo System</i>	<i>Scifo</i>
<b>RANK</b>				
<b>AVERAGE STRIKE</b>	100	20	20	20
<b>DIP</b>		0	0	
<b>LENGTH (Km)</b>	0			0
<b>GEOMETRY</b>				
<b>SEGMENTATION</b>				
<b>DEPTH (Km)</b>	0	0	0	0
<b>LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)</b>	1:50000	1:50000	1:50000	1:50000
<b>LAST ACTIVITY</b>	<i>Middle Pleistocene (125,000÷700,000)</i>			
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>	<i>Low reliability</i>
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0	0	0	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0	0	0	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	0	0	0	0
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0	0	0	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>				
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	0			0
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY</b>				
<b>STUDY QUALITY</b>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>	<i>FAIR</i>
<b>NOTES</b>				

**TABELLA 07:** Dati relativi alle faglie capaci che interessano il territorio di Crotone (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci).

I dati ufficiali sopra citati sono stati integrati con quelli estratti dal vigente PRG e dal rilievo di campagna (*lineamenti strutturali presunti*) acquisiti per il redigendo *Piano Strutturale Comunale*.



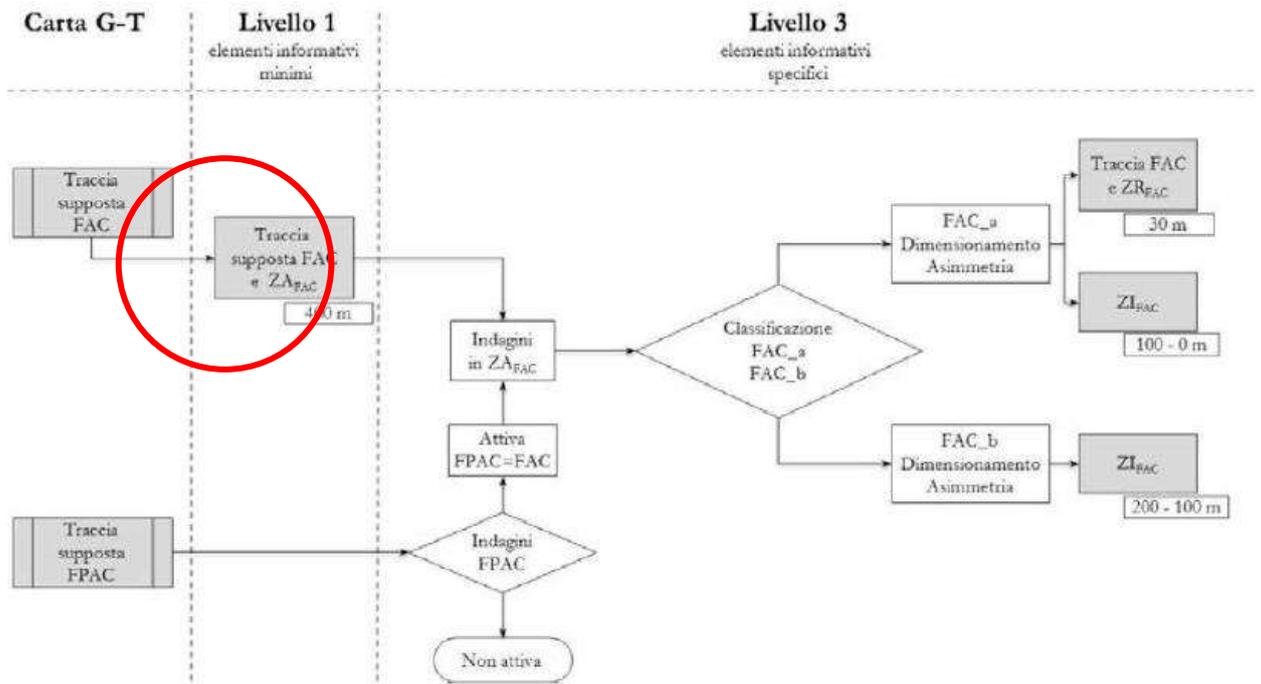
**Fig.16A:** Ubicazione delle faglie capaci entro il territorio comunale di Crotona (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci).



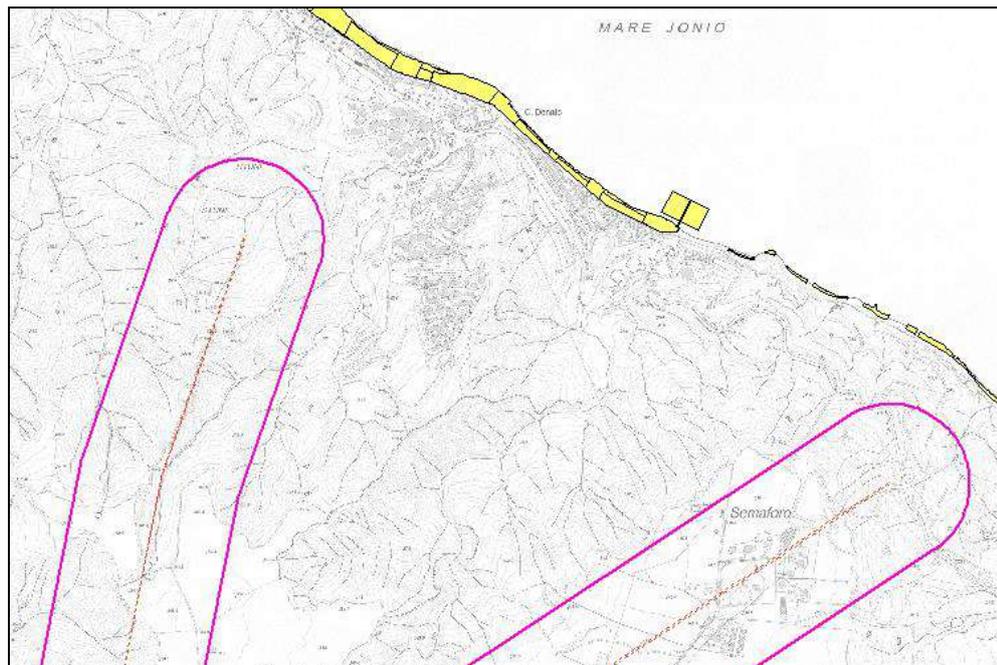
**Fig.16B:** Particolare di FIG.16A.

A cavallo delle supposte tracce dei possibili piani di rottura principali delle **faglie attive e capaci** indicate sono state considerate, sulla base di **elementi informativi minimi**, fasce di Attenzione di dimensione 400m (200+200m).

Una diversa e più precisa perimetrazione di queste zone necessita dell'acquisizione di **elementi informativi specifici**, propri del Livello 3 di ICMS. Per **elementi informativi minimi** sono intesi, segnalazioni e studi geologici, eseguiti da esperti del settore e riportati nella letteratura, non sufficientemente approfonditi per poter essere classificati come **elementi informativi specifici** [Fonte: [Boncio, 2013](#)].



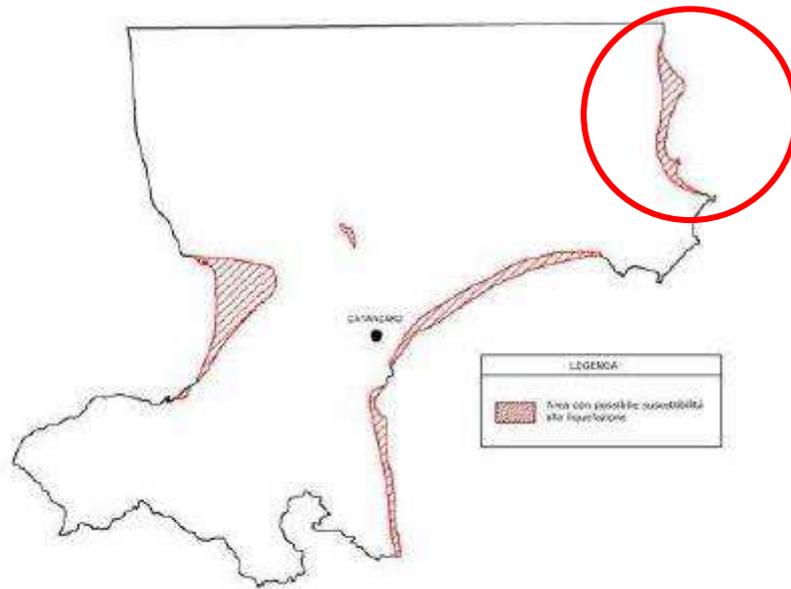
**GRAFICO 02:** Procedure di dimensionamento delle zone di faglia nei differenti livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica (Fonte: Boncio, 2013).



**Fig.17:** Posizione delle fasce di Attenzione delle tracce supposte di faglie attive e capaci (in rosa) rispetto alle aree di Piano (in giallo).

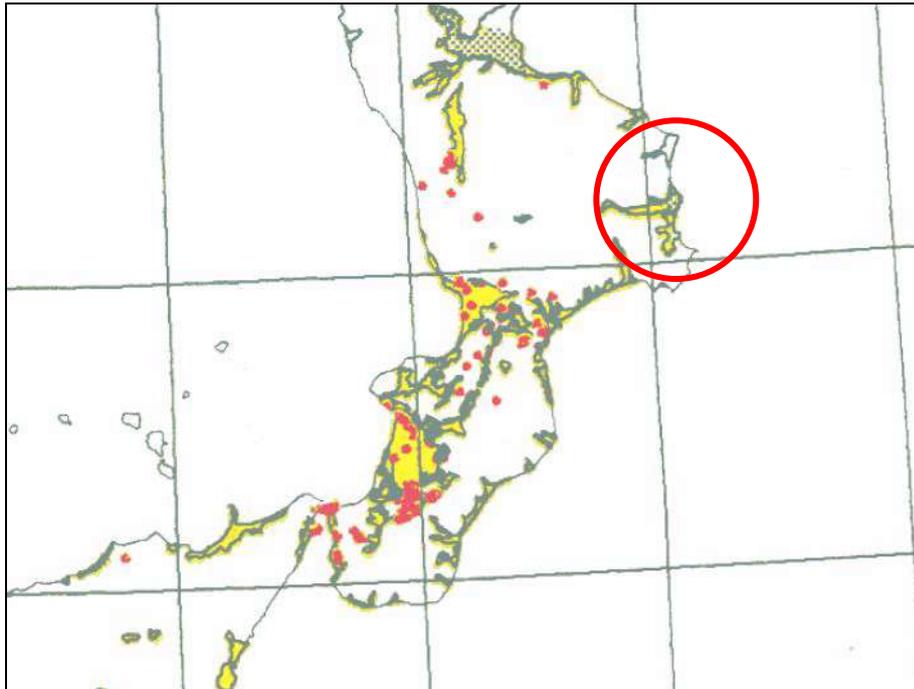
### 6.3. LIQUEFAZIONE

Per quanto riguarda la **liquefazione** si è fatto riferimento a quanto contenuto nel *Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP)*. Infatti, in relazione a tale fenomeno, il documento riporta l'intera fascia costiera e parte della piana alluvionale di Crotona, come **area con possibile suscettibilità alla liquefazione**.



**Fig.18:** Ubicazione delle aree con possibile suscettibilità alla liquefazione, nella Calabria Centrale (Fonte: QTRP – Quadro conoscitivo).

Oltre quanto contenuto nel QTRP, in merito al fenomeno si è fatto altresì riferimento al **“NUOVO CATALOGO NAZIONALE DEI PROCESSI DI LIQUEFAZIONE AVVENUTI IN OCCASIONE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA”** [Fonte: Galli & Meloni, 1993] [Fig.19].



**Fig. 19:** Stralcio del "NUOVO CATALOGO NAZIONALE DEI PROCESSI DI LIQUEFAZIONE AVVENUTI IN OCCASIONE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA" (Fonte: Galli & Meloni, 1993).

Nel Catalogo sono rappresentate le aree suscettibili di liquefazione. La selezione è stata condotta sia su base geologica che sismica, includendo le zone caratterizzate dalla presenza di sedimenti "soffici" e che avessero in passato avuto risentimenti di VII MCS (in verde) e VIII MCS o superiore (in giallo) [Fonte: ISMES, 1991]. I punti rossi rappresentano casi di liquefazione, la cui distribuzione ricade prevalentemente all'interno delle zone campite.

Da quanto sopra esposto possiamo dedurre:

1. L'area corrispondente col litorale crotonese ha avuto risentimenti di VIII MCS o superiori;
2. L'area di studio risulta essere suscettibile di liquefazione.
3. Quanto precedentemente riportato, è tratto da studi effettuati su ampia scala. Nell'ambito del presente lavoro si è voluto considerare il fenomeno della liquefazione implementando i dati disponibili (archivio comunale e progetto "Messa in sicurezza dei siti urbani a rischio sismico") con un'analisi del fenomeno, applicando il **Criterio modificato di Youd e Perkins (1978)**.

Esistono infatti metodi, cosiddetti "*criteri empirici*", che si basano su alcune caratteristiche geologiche, derivanti da prove o puramente qualitative, per valutare la suscettibilità dei depositi indipendentemente dall'entità della scossa sismica al sito. I terremoti successivi a quelli a cui si sono riferiti molte di queste metodologie di calcolo, hanno puntualmente confermato questi criteri.

Bisogna però tenere conto che, quando applicati a contesti molto differenti da quelli di origine, sia per quanto riguarda i terreni, sia per quanto concerne le caratteristiche degli eventi sismici, si rivelano scarsamente affidabili. È proprio per questo motivo che vengono frequentemente utilizzati soprattutto per fini di pianificazione.

Il *metodo di Youd e Perkins* si inserisce tra i criteri empirici qualitativi o semiquantitativi, utilizzati a scala urbanistica per la microzonazione sismica. Esso basa la valutazione della propensione alla liquefazione dei depositi su alcune caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni; infatti trae origine dall'osservazione della correlazione fra grado di danneggiamento subito dalle costruzioni durante forti terremoti e il tipo di deposito, la profondità della falda e l'età.

Sulla base del tipo di deposito sedimentario, della profondità della falda e dell'età del deposito, viene fornito un punteggio, prodotto dei punteggi parziali, che fornisce un'indicazione qualitativa del grado di vulnerabilità del deposito.

La probabilità di liquefazione si ricava dalla seguente tabella:

Punteggio totale	Probabilità di liquefazione
< 10	Molto bassa
10 - 20	Bassa
21 - 50	Moderata
51 - 80	Alta
> 80	Molto alta

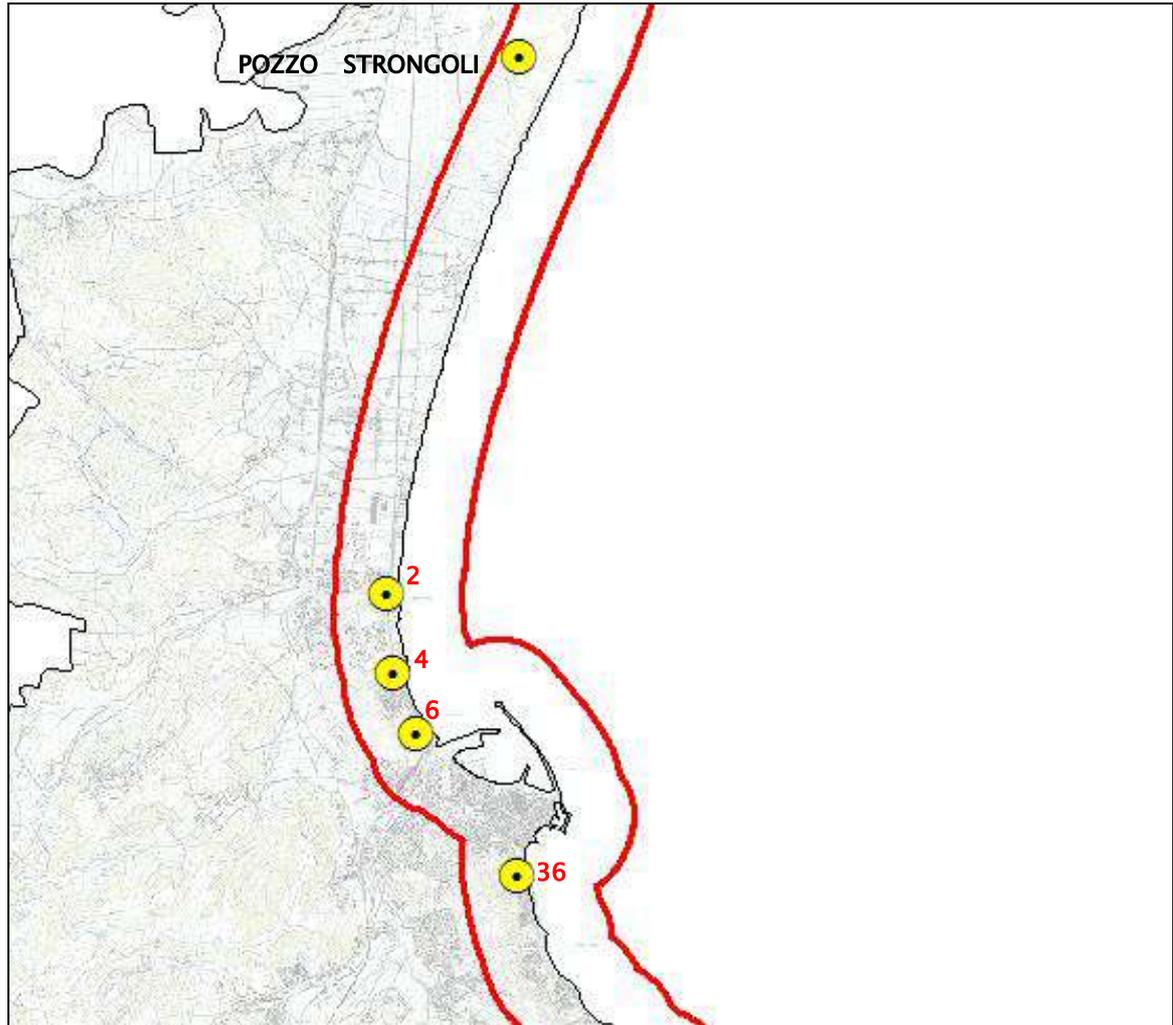
**TABELLA 08:** Scala di valori della probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978).

Il litorale Crotonese, nella fascia di studio considerata (1,5Km dalla linea di costa) è caratterizzato, riferendoci solamente a quelle litologie per loro natura "potenzialmente liquefacibili", da **depositi di spiaggia, dune costiere e depositi di piana inondabile**. Aggiungendo come dati, l'età dei depositi e la possibilità di falda entro i primi 9m dal piano campagna, vista anche la localizzazione dell'area di studio rispetto al mare, il metodo impiegato fornisce i seguenti risultati:

Verifica	Tipo di deposito sedimentario	Prof. della falda (m)	Età del deposito	Punteggio	Suscettibilità di liquefazione
1	Piana di esondazione	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata
2	Duna	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata
3	Spiaggia	< 9 metri	Olocenica	48	Moderata

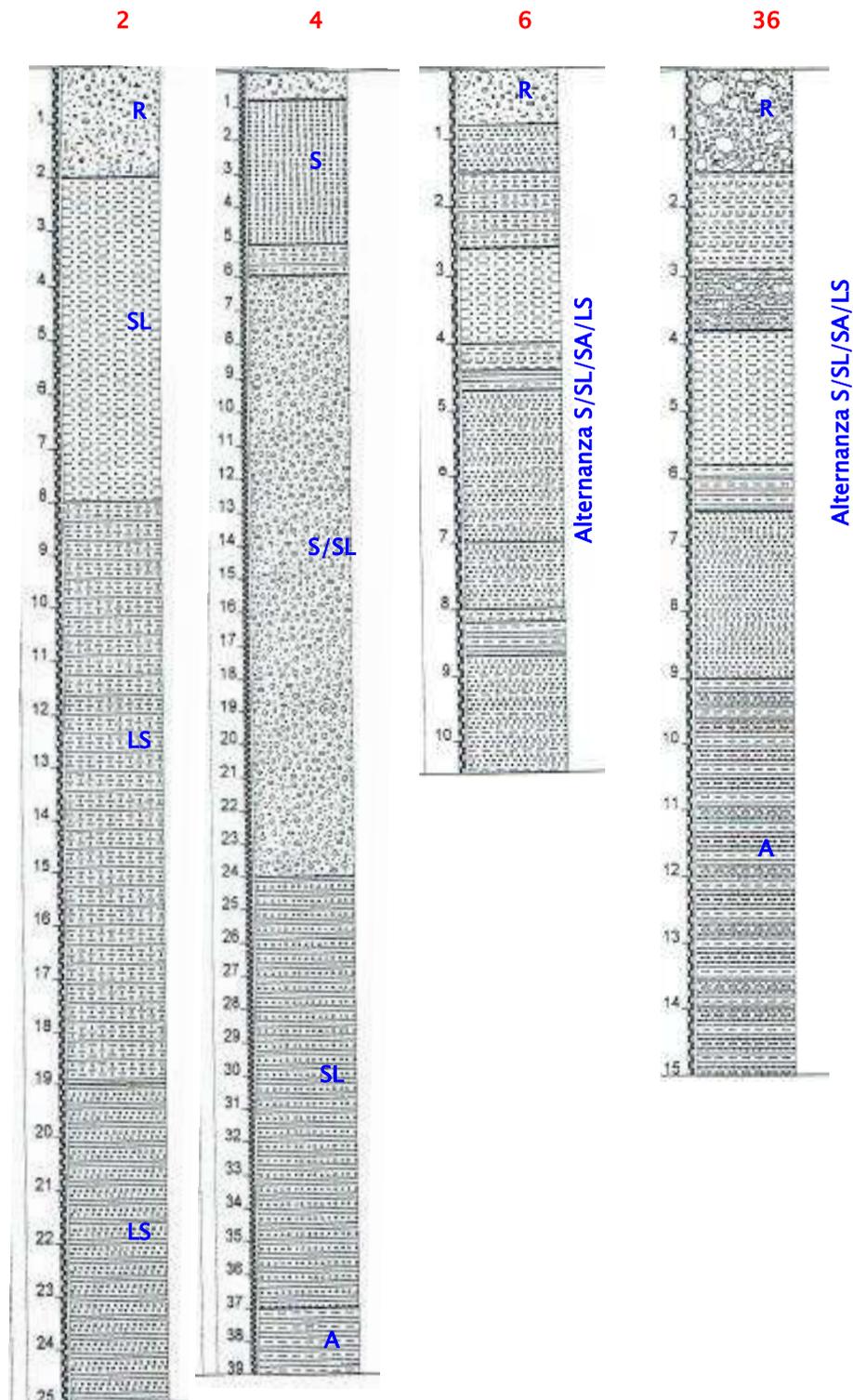
**TABELLA 09:** Risultati dell'analisi di probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978).

Per meglio comprendere la natura dei depositi costituenti la fascia costiera, sono stati consultati alcuni dei sondaggi archiviati nell'ambito dello studio di *Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Crotona*, provenienti dal **Progetto Pic Urban 2** e dall'**archivio pozzi AGIP**, di cui si riporta l'ubicazione e la sintesi delle colonne stratigrafiche, in **Fig.21**.



**Fig.20:** Ubicazione sondaggi archiviati nell'ambito del progetto Pic Urban 2 e dall'archivio pozzi AGIP, recentemente raccolte nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Crotone. In rosso la perimetrazione dell'area di studio.

In località *Paglianiti*, nel corso della perforazione del pozzo denominato "STRONGOLI 1", è emersa la presenza di "Sabbie recenti" sino alla profondità di 15 m dal p.c.

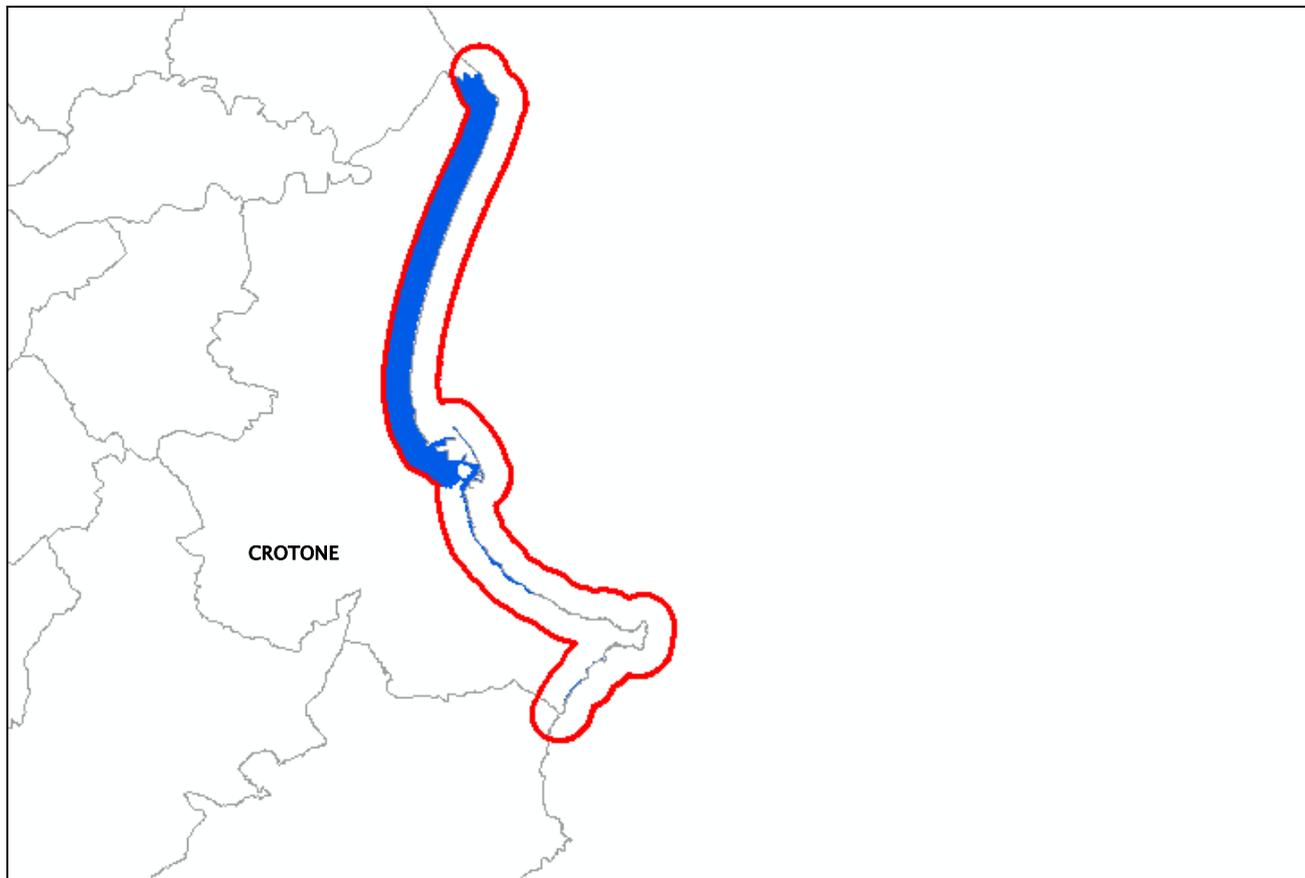


**Fig.21:** Colonne stratigrafiche. R = Riporti antropici; S = Sabbie; SL = Sabbie Limose; LS = Limi Sabbiosi, SA = Sabbie Argillose; A = Argilla.

Considerati:

1. Gli studi consultati;
2. La natura dei terreni coinvolti;
3. La possibile soggiacenza della falda entro i primi 15 m di profondità;
4. Che la magnitudo attesa al sito può essere maggiore di 5;
5. Che i valori di accelerazioni massime possibili in superficie, sono maggiori di 0.1g.

Si ritiene di poter considerare l'area individuata, corrispondente con la fascia costiera crotonese, limitatamente ai depositi di cui sopra, quale **Zona di Attenzione per Liquefazione**.



**Fig.22:** Inquadramento area di studio (in rosso). In azzurro è dettagliata l'area classificata come Zona di Attenzione per liquefazione.

#### 6.4. EROSIONE COSTIERA

Per quanto riguarda lo stato dell'**erosione costiera** si è fatto riferimento ai dati contenuti nel:

1. *Master Plan della fascia costiera calabrese approvato con Delibera di Comitato Istituzionale - n. 1/2014 - 22 luglio 2014;*
2. *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera (PSEC) Appr. del Comitato Istituzionale del 11 Aprile 2016;*
3. *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI, 2001 e 2024).*

In questo paragrafo si vuole dare risalto ai dati ottenuti nell'ambito del recente studio condotto dall'*Autorità di Bacino Regionale* circa lo stato delle coste calabresi, e nel particolare sulla costa crotonese, oggetto di studio nel presente elaborato.

Nel PAI del 2001 l'analisi delle coste fu condotta allo scopo di evidenziare le zone di maggiore focus erosivo per fronteggiare le emergenze, rinviando ad una più approfondita e successiva fase conoscitiva, la proposta tipologica di opere ritenute efficaci per ciascuna situazione, in base agli aspetti economici, morfologici e di priorità nella realizzazione degli interventi futuri.

Il lavoro svolto dall'*Autorità di Bacino Regionale* si inquadra nell'ottica di aggiornamento del *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI, 2001)* in merito all'erosione costiera in Calabria.

Ad esso sono seguiti la redazione del *Master Plan* sull'erosione costiera (2014) e quello del *PSEC* (2016).

Da tali studi è emerso come l'evoluzione morfologica delle spiagge ha avuto, in più occasioni e in molte località, conseguenze gravi determinando non solo la perdita di arenili balneari, ma anche danni a strutture portuali e interrimento degli approdi, danneggiamenti di opere di difesa di diversa natura, di lungomari di centri abitati, di rilevati ferroviari e stradali, di attrezzature turistiche e balneari, di manufatti e reti di servizio, nonché di edifici pubblici e privati.

Negli ultimi decenni, soprattutto a causa delle pressioni antropiche, gran parte dei litorali hanno subito preoccupanti fenomeni di arretramento della linea di riva.

Sempre dallo studio suddetto, le principali cause della dinamica dell'ambiente costiero calabrese sono legate:

- all'intensa antropizzazione delle coste a fini turistici e industriali, che ha provocato lo smantellamento delle dune naturali per fare posto a centri balneari, villaggi residenziali, residenze estive, porticcioli turistici e opere di difesa indiscriminate;
- alla riduzione dell'apporto solido dei fiumi a mare, a causa del notevole prelievo di materiale ghiaioso-sabbioso dal letto dei corsi d'acqua e della costruzione di briglie e dighe;
- alla subsidenza di origine tettonica.

I fattori di pressione legati alle attività umane sono fortemente connessi alle modalità di gestione del territorio a ridosso della costa e delle opere a mare, del deficit dell'apporto detritico dai bacini fluviali

determinato dall'impoverimento dell'apporto terrigeno, dalla regimazione dei corsi d'acqua per finalità energetiche e agricole e da alcuni fattori di origine locale, legati alla morfologia delle coste.

I fenomeni di subsidenza costiera che incidono sulla linea della spiaggia possono avere origine naturale, ma spesso sono prodotti da interventi umani sulla falda acquifera o dalle attività estrattive di gas naturale e petrolio.

Le zone costiere subiscono così pressioni ambientali di origine antropica eccessive, per effetto del modello di sviluppo e di consumo attuale, proprio perché sono i luoghi dove la popolazione ama vivere e lavorare e dove si svolge una grande percentuale delle attività ricreative e turistiche, che si sommano ad una quantità aumentata di attività di commerci e di scambi.

Negli ultimi decenni, soprattutto dagli anni '50 in poi, la fascia costiera calabrese è stata, dunque, utilizzata come un bene inesauribile e indistruttibile su cui fosse possibile gravare con un numero illimitato di attività, senza aver cura dei successivi effetti.

Peraltro, la sostenuta e crescente pressione antropica sul territorio costiero calabro si è tradotta in molti casi in degrado ecologico e ambientale e nel decadimento dello sviluppo sociale ed economico quando l'uso delle risorse ha superato il livello sostenibile.

La difesa del litorale dei comuni calabresi persegue i seguenti obiettivi generali, tra loro complementari:

- Fornire protezione e un grado sufficiente di sicurezza nel tempo alle strutture, alle infrastrutture e ai beni storico-culturali e ambientali presenti a ridosso della spiaggia/costa attiva, partendo dalle aree attualmente classificate nel Piano di Assetto Idrogeologico PAI,2001 della Regione Calabria a pericolosità/rischio elevato (R3);
- Salvaguardare la spiaggia in quanto difesa naturale primaria dalle mareggiate e indicatore di qualità ambientale del territorio e motore per l'economia locale, fondata in prevalenza sull'attività turistica.

Dopo questa breve trattazione sulle problematiche delle coste calabresi ed i principali obiettivi da raggiungere nell'ottica della difesa dei litorali e delle aree a rischio, spieghiamo come la costa crotonese si inquadra negli studi condotti dall'Autorità di Bacino (*PAI 2001, Masterplan 2014, PSEC 2016*), per giungere poi alle condizioni in cui questa versa sotto il profilo dell'erosione costiera e della pericolosità e rischio ad essa legati.

Per quanto attiene al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (*PAI,2001*), relativamente al rischio da erosione costiera, la costa crotonese rientra tra i Comuni soggetti a **RISCHIO EROSIONE COSTIERA R2**, come rappresentato nella figura successiva:

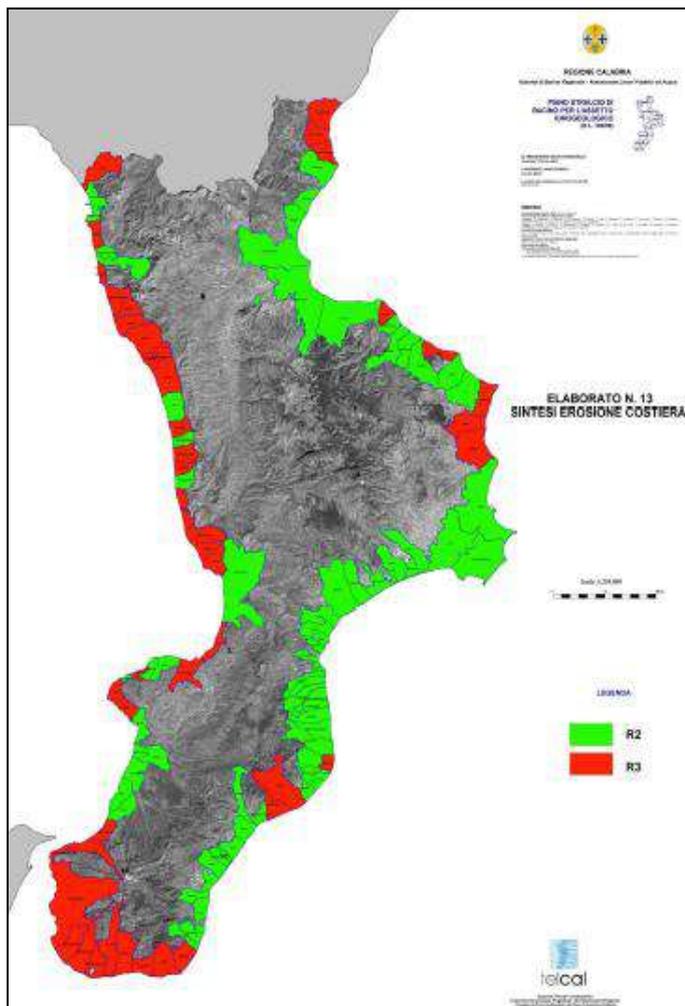
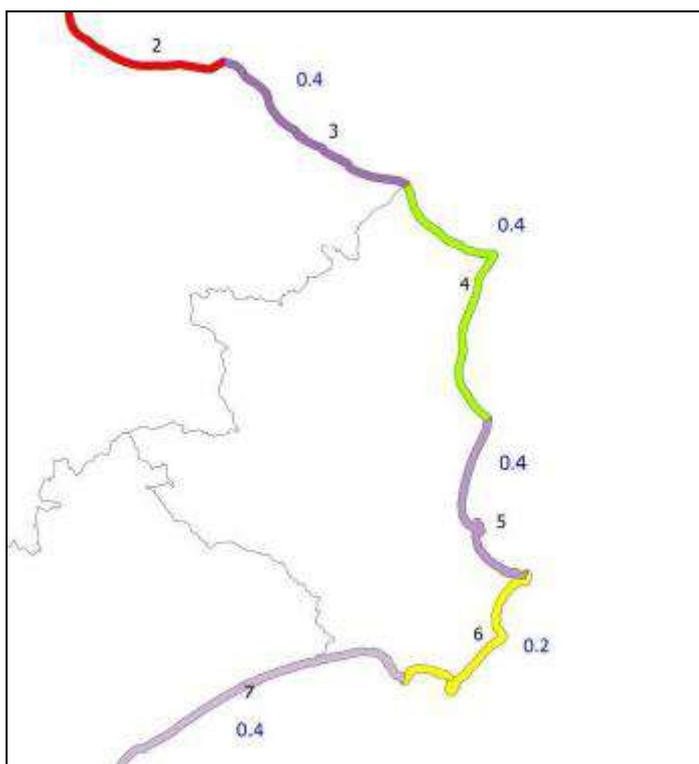


FIGURA 23: Rischio erosione costiera R2 ed R3 (Fonte: PAI, 2001).

La costa crotonese fa parte di due transetti, 5 e 6, come rappresentato nella figura seguente:



**Fig.24:** Individuazione macrotransetti in funzione del fattore correttivo (Fonte: Relazione di Piano – Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera – Delibera di Comitato Istituzionale - n. 2/2014 - 22 luglio 2014 - Adozione di "Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera" e relativi allegati tecnici).

Si ripropone di seguito la sintesi relativa all'inquadramento ed alla suddivisione della costa crotonese, così come identificate negli studi riguardanti la costa calabrese, già trattata nel **CAPITOLO 3, PARAGRAFO 3.1:**

Comune	Aree di studio		Tratti costieri OKEANOS	Denominazione Master Plan		Aree di analisi PSEC
Crotona	AS7	Foce Fiume Neto Capo Colonna	14 - 15 - 16	CRT - 1	Foce Fiume Neto - Porto Crotona	AREA 5 (Fino a Vallone Perrotta)
				CRT - 2	Porto Crotona - Loc. Semaforo	
				CRT - 3	Loc. Semaforo - Capo Colonna	
Crotona - Isola Capo Rizzuto	AS8	Capo Colonna Capo Cimiti	17	CRT - 4 (fino a Vallone Perrotta)	Capo Colonna - Vallone Perrotta (il tratto 17 termina a Capo Cimiti)	

**TABELLA 10:** Suddivisione in tratti della costa crotonese.

Stando a quanto contenuto nel *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera - ALLEGATO A, Superfici a pericolosità e rischio*, le aree a pericolosità e rischio erosione costiera sono le seguenti:

AREE A PERICOLOSITA' E RISCHIO (mq)			
<b>P1</b>	507924	<b>R1</b>	633624
<b>P2</b>	564053	<b>R2</b>	1839633
<b>P3</b>	2262466	<b>R3</b>	181574
-	-	<b>R4</b>	418538

**TABELLA 11:** Aree a pericolosità e rischio (Fonte: PSEC, 2014).

Di seguito si ripropongono i dati contenuti nel *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera - ALLEGATO C, Confronti aree in avanzamento/arretramento*, relativi all'avanzamento/arretramento medio della linea di costa, nel periodo compreso tra l'anno 1958 e l'anno 2013:

AREA PROGRAMMA	TRATTO	LARGHEZZA	SUPERFICIE SPIAGGIA (mq)						ARRETRAMENTO AVANZAMENTO MEDIO				
			mi	Anno 1958	Anno 1985	Anno 1998	Anno 2003	Anno 2008	Anno 2013	2013 ÷ 1958	2013 ÷ 1985	2013 ÷ 1998	2013 ÷ 2003
	Da 14 a 16	28535	13098325	13202544	13107860	13096655	13166619	13080034	1	4	1	1	3
	Da 17 a 19	33422	14099975	14005019	13869875	13940133	13950911	13869630	7	4		2	2

**TABELLA 12:** Confronti aree in avanzamento/arretramento (Fonte: PSEC, 2014).

Infine si riporta quanto dedotto dall'analisi dei contenuti nel *Master Plan* della fascia costiera calabrese:

<b>STATO EROSIONE</b>	
<b>Foce del Fiume Neto - Porto di Crotone</b>	Tratto in sostanziale equilibrio
<b>Porto di Crotone - Località Semaforo</b>	<p>Il tratto di "San Leonardo", compreso Loc. Semaforo ed il pennello della passeggiata a mare, presenta differenti gradi di stabilità morfodinamica. Il tratto a nord, quello oltre il pennello realizzato davanti Via Siris, dove sono presenti le spiagge del centro città con le nove scogliere foranee, presenta un sufficiente grado di stabilità morfodinamica. Si è rilevato, infatti, che dal 1998 al 2005, la spiaggia dietro le scogliere subisce un modesto avanzamento quantificabile in circa 0,70 m annui. Mentre il tratto non protetto dalle scogliere presenta un avanzamento medio di circa 0,30 m/anno. Il tratto compreso tra le scogliere e il pennello della passeggiata a mare, lungo circa 300 m, ha subito modeste variazioni nel tempo e si può affermare che lo stesso non ha subito rotazioni nel tempo. Nella spiaggia priva di difese non sono stati, infatti, riscontrati arretramenti a seguito della formazione dei tomboli a tergo delle scogliere. Dunque, per l'intero tratto fino al centro città, gli apporti risultano in equilibrio con il materiale che fuoriesce. Anche l'ulteriore tratto a Nord, oltre il pennello della passeggiata e fino al molo "Sanita", è caratterizzato da un sufficiente grado di stabilità morfodinamica. Diversamente, il tratto a sud compreso tra il pennello artificiale realizzato davanti alla Via Siris e fino alle sporgenze principali di Capo Donato, in cui le lunghe spiagge hanno subito nel corso di questi ultimi anni un consistente arretramento, versa in condizioni di instabilità morfodinamica. La morfologia e la granulometria dei profili trasversali mostrano perdite di volumi di materiale fine verso il largo che non sono compensate da equivalenti volumetrie di apporti di sedimenti lungo riva.</p>
<b>Località Semaforo - Capo Colonne</b>	Le dinamiche evolutive della costa sono di tipo complesso, con azione erosiva del moto ondoso al piede delle falesie che determina instabilità delle argille e conseguente crollo dei banchi arenacei sommitali, che si depositano in modo caotico alla base delle scarpate stesse, modificando e alterando, in maniera alquanto continuativa, la linea di battigia
<b>Capo Colonne - Vallone Perrotta</b>	

**TABELLA 13:** Stato dell'erosione (Fonte: *Master Plan della fascia costiera calabrese*).

## 7. VINCOLI PAI *PSdGDAM-RisAI-Cal/L*, PSEC

### 7.1. VINCOLI PAI *PSdGDAM-RisAI-Cal/L*

Il P.A.I. (*Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Calabria*) è lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione, mediante il quale l'*Autorità di Bacino della Calabria*, oggi assorbita nell'*Autorità di Bacino Distretto Idrografico Italia Meridionale* ai sensi del DPR 152/2006, norma la destinazione d'uso del territorio.

Il Piano Stralcio, il cui carattere è sovraordinato a qualsiasi altro strumento urbanistico, in continuità con quanto previsto dalla soppressa *ABR* e secondo quelle che sono le finalità, raggruppa le situazioni di rischio in tre categorie:

- *Rischio di frana;*
- *Rischio d'inondazione;*
- *Rischio di erosione costiera.*

Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al D.P.C.M. 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

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

Le *Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia*, con il titolo II, dall'art. 16 all'art. 26 disciplinano sia per "l'assetto geomorfologico" che per "l'assetto idraulico", con graduazione dal rischio R4 al rischio R1 le possibilità di intervento e la regolamentazione degli stessi tale da evitare la possibilità di aumento del rischio.

Tutto questo obbliga, nell'ipotesi di utilizzazione delle aree individuate a rischio, a pensare ad opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza secondo un processo progettuale che, valutando le caratteristiche morfologiche, geostatiche e geotecniche ed analizzando l'insieme di dati ricavati dalle analisi e indagini geognostiche, indichi il sistema di opere finalizzate a garantire la sicurezza di eventuali

insediamenti e/o espansioni urbanistiche. Tali norme risultano particolarmente restrittive per i livelli di rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3).

#### 7.1.1. RISCHIO DI FRANA

Le aree a rischio frana per i centri abitati, sono individuate e perimetrare, a scala 1:10.000, previa fotointerpretazione e rilevamento in situ e raccolta di informazioni. Esse sono dedotte dall'intersezione tra gli elementi vulnerabili (centri abitati, infrastrutture) ed aree definite con pericolo di frana ed alle quali viene associato un dato livello di rischio. Le misure di salvaguardia differenziate sulla base del livello di rischio, sono estese anche alle aree pericolose associate. Le attività consentite o vietate nelle aree a rischio, sono definite dagli art.16,17, 18 e 19 delle norme di attuazione.

Gli elaborati cartografici di riferimento allegati al PAI sono:

- TAV 101-010 carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio scala 1:10.000;
- TAV 101-010 carta inventario centri abitati instabili 1:10.000.

Relativamente alle "aree a rischio frana" il P.A.I. le definisce come quelle porzioni di territorio, interessate da fenomeni franosi, alle quali si associa una zona di attenzione (Buffer zone) di ampiezza convenzionale di 20m lungo il perimetro della frana.

Il rischio si determina, per definizione, se all'interno di un fenomeno franoso "pericoloso" sono presenti elementi "esposti" (case o strade); è evidente che per definire un determinato livello di pericolosità di una frana occorre valutare un insieme di fattori caratteristici del fenomeno stesso, fra cui lo stato di attività, la tipologia del movimento, la velocità e la quantità di materiale interessato).

Il maggior rischio si associa, per un determinato fenomeno franoso, alle aree in cui vi è esposizione di vite umane, quindi dove insistono strutture abitative.

Per tale argomento si rimanda alla lettura delle *Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del PAI*. Il PAI fu approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n.115 del 28/12/2001.

L'aggiornamento di tale strumento era previsto con cadenza almeno quinquennale dalle stesse Norme Tecniche di Attuazione.

Il PAI fu redatto nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile e con la tempistica imposta dal D.L. 180/98 (1 anno circa). In particolare, come si legge nella lettera per l'avvio delle procedure di aggiornamento che l'ABR ha trasmesso a tutte le provincie ed i comuni calabresi (N. 0183255 del 22/11/2011), "*i tempi ristretti per la sua adozione ed approvazione imposero allora l'assunzione di semplificazioni metodologiche che se potevano essere considerate accettabili nella fase iniziale della pianificazione di settore, visti i tempi contingentati imposti dalla normativa di riferimento, non possono più esserlo oggi, a 10 anni di distanza dalla definitiva approvazione del PAI*".

Al fine di una corretta definizione delle aree in frana presenti all'interno del territorio comunale, nel mese di dicembre 2016, sono state trasmesse all'ABR, da parte del Comune di Crotone, le schede con la perimetrazione delle aree in dissesto tracciata mediante analisi fotointerpretativa, tecniche GIS, analisi

storica e rilevamento sul campo, ad elevato dettaglio. Al momento della stesura del presente elaborato non è ancora pervenuta convocazione da parte dell'ABR per l'approvazione o meno delle osservazioni trasmesse.

### 7.1.2 RISCHIO IDRAULICO

Per quanto concerne il Comune di Crotona, le tavole PAI sono:

TAV. RI 101010 CROTONE/A;

TAV. RI 101010 CROTONE/B;

TAV. RI 101010 CROTONE/C;

TAV. RI 101010 CROTONE/D.

Per l'area urbana di Crotona valgono le perimetrazioni e relative misure di salvaguardia assunte ai sensi dell'OM n. 97/K del 30/04/1998, intendendosi che le "zone ad alto rischio di inondazione" sono classificate R4, le "zone a moderato rischio di inondazione" sono classificate R3 e le "zone a limitato rischio di inondazione" sono classificate R2. La presente norma vige fino alla data di completamento delle opere idrauliche in corso di realizzazione relativamente al fiume Esaro e al torrente Passovecchio.

Inoltre, a far data del 24/10/2024 entra in vigore il "Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni - Calabria/Lao/(PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia" - cfr. Gazzetta Ufficiale de 14.11.2024.

### **In particolare, vale quanto di seguito riportato:**

#### **CAPO I- LE PRESCRIZIONI COMUNI PER LE AREE A PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO**

##### **Art. 10 Disposizioni generali per le aree a rischio idraulico e per gli interventi ammissibili**

1. Il PSdGDAM-Ris Al-Cal/L, al fine di ridurre le potenziali conseguenze negative che le alluvioni possono avere per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, individua le aree del territorio soggette a diversi livelli di pericolosità idraulica nonché i livelli di rischio idraulico, così come risultante dallo stato delle conoscenze.

Definisce, inoltre:

- Il reticolo di flusso idraulico quale luogo dei punti di minimo del territorio lungo la cui direzione si propagano i flussi di piena; esso è interamente ricompreso nelle aree a diverso livello di pericolosità idraulica.
- L'alveo fluviale in modellamento attivo e le aree golenali quali porzioni di territorio ricomprese tra i cigli morfologici naturali dei corsi d'acqua. In caso di mancata evidenza morfologica l'alveo fluviale in modellamento attivo e le aree golenali sono rappresentate dal livello di pericolosità idraulica P2.

2. Gli elaborati cartografici di Piano di cui all'art. 5 definiscono, tra l'altro, le aree a rischio idraulico molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1), le aree di pericolosità molto elevata (P3), elevata (P2) e moderata (P1) e le eventuali aree di attenzione.

3. In tutte le condizioni di rischio descritte al punto 1., si applicano, oltre a quelle del presente Titolo III, e quelle del successivo Titolo IV (programmazione ed attuazione delle azioni del PAI).

4. Nelle aree a rischio idraulico continuano a svolgersi le attività antropiche ed economiche esistenti alla data di adozione del Piano Stralcio, osservando le cautele e le prescrizioni disposte dalle presenti Norme, a condizione che siano adottati e/o approvati a norma di legge i Piani di Emergenza di Protezione Civile.

5. Nelle aree di pericolosità sono consentiti esclusivamente i nuovi interventi indicati nel successivo Capo II, del presente Titolo, nel rispetto delle condizioni e delle prescrizioni generali stabilite nei commi seguenti e nello studio di compatibilità idraulica di cui all'art 18 da redigere, laddove richiesto, secondo i contenuti delle Linee Guida allegate alla Relazione Generale.

6. Per tutte le nuove attività, opere, sistemazioni, piani e programmi si dovrà valutare preliminarmente, attraverso l'applicazione della matrice del rischio idraulico (art. 9 Tab.2) il livello di "rischio atteso" determinato sulla base dei livelli di pericolosità e di rischio idraulico attribuibili, a seguito della realizzazione dell'intervento. La compatibilità delle nuove attività, opere e sistemazioni, con le prescrizioni del presente Piano, deve essere verificata alla luce del "rischio atteso" così determinato. Analogamente I progetti delle opere di mitigazione del rischio idraulico dovranno essere corredati da una valutazione e rappresentazione della pericolosità e del rischio eventualmente persistenti a seguito dell'attuazione degli interventi (**cd. pericolosità residua e rischio residuo**).

7. Tutte le nuove attività, opere e sistemazioni e tutti i nuovi interventi consentiti nelle aree a pericolosità e/o rischio idraulico devono essere tali da:

- migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate; -non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio; rispondere a criteri di basso impatto ambientale; è pertanto necessario, ogni qualvolta possibile, prevedere l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

8. Nelle aree perimetrate a rischio idraulico ed interessate anche dal rischio da frana, le prescrizioni relative si applicano contemporaneamente, ciascuna operando in funzione della rispettiva finalità.

9. Le disposizioni più restrittive, tra quelle di cui al comma precedente, prevalgono sempre su quelle meno restrittive.

10. Per gli alvei strada deve essere promosso il ripristino della funzionalità idraulica attraverso idonee opere di separazione atte a rendere la funzione di strada distinta da quella di deflusso delle acque; nelle more di tali interventi le Autorità di protezione civile devono adottare opportune misure per la regolazione e/o il divieto del transito.

11. Tutti gli interventi e le opere destinate alla prevenzione ed alla protezione del territorio dal rischio idraulico devono essere sottoposti, dall'Ente territorialmente competente, ad un idoneo piano di azioni

ordinarie di manutenzione, tese a garantirne nel tempo la necessaria funzionalità. A tale scopo le nuove opere di difesa idraulica potranno essere classificate, in relazione alla loro importanza e finalità secondo i criteri indicate nel RD 523/1904, al fine di attribuirne la relativa competenza. Resta ferma la disposizione dell'art 12 del medesimo RD "Sono ad esclusivo carico dei proprietari e possessori frontisti, le costruzioni delle opere di sola difesa dei loro beni contro i corsi d'acqua di qualsiasi natura non compresi nelle categorie precedenti".

12. Nel caso in cui un edificio o manufatto edilizio, strutturalmente autonomo, ricada anche solo parzialmente in un'area a rischio, o sia interessata da diversi livelli di rischio, lo stesso deve essere considerato totalmente incluso nell'area a rischio e/o nella classe di rischio più gravosa.

13. La valutazione del livello di rischio cui sono esposti eventuali elementi non riportati nelle cartografie di Piano, così come quella relativa al "rischio atteso" relativo a nuovi interventi, viene effettuata a partire dalle carte di pericolosità idraulica, secondo l'applicazione della matrice del rischio ed attribuendo ai beni esposti il livello di Danno Potenziale secondo la classificazione riportata al precedente art. 9.

14. Ad eventuali lotti (edificati e non) che risultano esenti da condizioni di pericolosità idraulica, ma interamente ricompresi all'interno di aree di pericolosità mappate (lotti interclusi), viene attribuito il massimo livello di pericolosità presente nell'area perimetrale ed il conseguente livello di rischio come da precedente punto 11, salvo ulteriori approfondimenti.

#### **Art.11 Interventi per la mitigazione del rischio idraulico nelle aree di pericolosità e di rischio**

1. L'AdBD può definire periodicamente un aggiornamento delle Linee Guida allegate alla Relazione Generale.

2. Nelle aree perimetrate a rischio idraulico sono sempre ammessi:

a) gli interventi di difesa idraulica di sistemazione e di manutenzione fluviale e di idraulica forestale per la messa in sicurezza delle aree e per la riduzione o l'eliminazione del rischio;

b) gli interventi di sistemazione e miglioramento ambientale che incidono sul rischio idraulico ed alla riqualificazione degli ambiti fluviali e dei relativi corridoi;

c) gli interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali e in generale alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori d'interferenza antropica.

3. Nella progettazione degli interventi di sistemazione e di manutenzione idraulica e delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua individuati nel reticolo idrografico, salvo i casi espressamente previsti da altre norme di legge, le Amministrazioni competenti all'approvazione o al rilascio di nulla osta sono tenute a rispettare le Linee Guida di cui agli allegati della Relazione Generale. Ogni progetto di mitigazione del rischio idraulico deve essere corredato da uno studio idraulico che definisca la pericolosità e il rischio residui a seguito della realizzazione degli interventi proposti, da redigere secondo gli indirizzi di cui alle Linee Guida di cui agli allegati della Relazione Generale.

4. Le stesse Amministrazioni, in relazione a particolari situazioni locali, da motivare adeguatamente, possono applicare deroghe alle Linee Guida di cui agli allegati della Relazione Generale solo per interventi riguardanti le opere esistenti che interferiscono con il reticolo idrografico. La progettazione di tali interventi dovrà, comunque, conseguire un significativo miglioramento delle preesistenti condizioni di rischio idraulico e idrogeologico in generale.

## CAPO II – PRESCRIZIONI SPECIFICHE PER LE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

### Art.12 Disciplina delle aree a pericolosità P3

1. Nelle aree a pericolosità P3, così come definite nell'art. 9, il PAI persegue l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno fino a 50 anni, nonché il mantenimento e il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

2. Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi sotto l'aspetto idraulico, morfologico, infrastrutturale e quelle di carattere urbanistico e edilizio, che comportano aumento del livello di rischio oltre il limite di rischio accettabile R2 ad esclusiva eccezione di quelle elencate al comma 3. E' in ogni caso sempre vietata la realizzazione di nuovi impianti di depurazione delle acque, e/o di trattamento di rifiuti (inceneritori, termovalorizzatori ecc.), di discariche, nonché la realizzazione di aree di stoccaggio, anche a titolo provvisorio di rifiuti di qualunque natura.

3. Le opere ed attività esclusivamente consentite nelle aree pericolosità P3 sono le seguenti:

- a) gli interventi di cui all'art. 12 comma 2;
- b) opere di bonifica idraulica, reti idriche e fognarie, collettori di scarico relativi ad impianti esistenti;
- c) infrastrutture lineari di trasporto e di servizio (strade, ferrovie, metanodotti, elettrodotti e relativi attraversamenti ecc.), con esclusione di ogni opera accessoria e sempreché non modifichino le condizioni di pericolosità dell'area costituendo ostacolo al libero deflusso, o riduzione dell'attuale capacità d'invaso;
- d) ogni altra opera che sia dichiarata, dall'Ente preposto, pubblica o di interesse pubblico, riferita a servizi dichiarati essenziali e non delocalizzabili sempreché non modifichi le condizioni di pericolosità dell'area costituendo ostacolo al libero deflusso o riduzione dell'attuale capacità d'invaso, che non preveda la presenza continuata di persone e che vengano adottate misure di mitigazione della vulnerabilità;
- e) le pratiche per la corretta attività agraria, con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio o che provochi ruscellamento ed erosione;
- f) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali e in generale alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori d'interferenza antropica;
- g) occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- h) interventi di manutenzione idraulica ordinaria, di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle Linee Guida di cui agli allegati della Relazione Generale;
- i) interventi di manutenzione idraulica straordinaria come definiti nelle Linee Guida di cui agli allegati della Relazione Generale;
- j) la realizzazione di parchi fluviali realizzati con opere che garantiscano l'equilibrio ambientale. Essi possono prevedere:

- la realizzazione di attrezzature amovibili e/o precarie, con opere comportanti l'impermeabilizzazione del suolo per una superficie non superiore al 5% della superficie totale del parco se questa è inferiore a 40.000 m<sup>2</sup>, non superiore al 2% per superfici totali di parco fra 40.000 e 100.000 m<sup>2</sup>, non superiore allo 0,2 % negli altri casi;

- sistemazione della vegetazione anche con piantumazione di essenze autoctone; percorsi e spazi di sosta pedonale, per agevolare la fruizione antropica e per favorire l'uso di mezzi di trasporto non motorizzati, realizzati con materiali e pietre locali;

- zone di radure destinabili ad attività di tempo libero, con chioschi in aree appositamente attrezzate, postazioni per il bird watching ed altre attrezzature leggere, tutte amovibili o completamente smontabili e comunque compatibili con l'ambiente circostante. Tutte le installazioni temporanee devono potersi rimuovere per tempo, prima dell'arrivo della piena senza danno a persone o cose né al sito inondato, né a valle.

k) Nelle aree a destinazione agricola e/o incolte, la costruzione di singole baracche costituite da un solo piano fuori terra e destinate esclusivamente a rimessa, deposito materiali, o ricovero di animali domestici e realizzati in maniera da evitare ogni alterazione o compromissione del corso ordinario delle acque ed ogni alterazione alla vegetazione esistente.

l) L'espianto e la sostituzione di colture arboree, purché privi di apprestamenti protettivi e di impianti aerei di irrigazione, con stessa disposizione e numero minore o uguale di piante, senza determinare incremento dei livelli di pericolosità idraulica;

4. Per tutti gli interventi consentiti riportati al precedente comma 3 lett. a), b), c), d), e), f), g) h) ed i) deve essere predisposto lo studio di compatibilità idraulica di cui al successivo art. 18.

5. Per tutti gli interventi consentiti riportati al precedente art. 11 comma 2 lo studio di compatibilità idraulica deve contenere la valutazione del livello di rischio atteso che deve risultare inferiore a quello attuale e comunque non superiore alla soglia di rischio accettabile.

6. Per tutti gli interventi consentiti riportati al precedente comma 3 lett. b), c), e d), va equivalentemente determinato il livello di rischio atteso che deve risultare inferiore a quello attuale e comunque non superiore alla soglia di rischio accettabile. Qualora tale condizione non risulti verificata, devono prevedersi nella fase progettuale modalità esecutive volte a minimizzare la vulnerabilità delle opere a farsi.

7. Per tutti gli interventi consentiti riportati al precedente comma 3 lett. a), b) limitatamente alle opere di bonifica idraulica, c), d), f), è dovuto il parere di compatibilità dell'AdBD.

### **Art.13 Disciplina delle aree a pericolosità P2**

1. Nelle aree predette, il PAI persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 200 anni, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. In tali aree sono consentite tutte le attività e gli interventi previsti per le aree P3 di cui al precedente art. 12 comma

3. In aggiunta sono ulteriormente consentiti:

a) la realizzazione di nuovi impianti di depurazione delle acque, e/o di trattamento di rifiuti (inceneritori, termovalorizzatori ecc.), a condizione che siano dichiarati opere pubbliche o di interesse pubblico, nonché servizi essenziali e non delocalizzabili a condizione che non modifichi le condizioni di pericolosità dell'area costituendo ostacolo al libero deflusso o riduzione dell'attuale capacità d'invaso, che non preveda la presenza continuata di persone e che vengano adottate misure di mitigazione della vulnerabilità;

b) infrastrutture lineari di trasporto e di servizio (strade, ferrovie, metanodotti, elettrodotti e relativi ed eventuali opere accessorie (caselli intersezioni ecc) alle medesime condizioni indicate all' art. 12 comma 3 lett. c);

c) i depositi esclusivamente temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.

3. I progetti degli interventi di cui al precedente comma 2 devono essere corredati dello studio di compatibilità idraulica e sottoposti al parere di compatibilità dell'AdBD.

#### **Art.14 Disciplina delle aree a pericolosità P1**

1. Nelle aree a pericolosità P1 ( $Tr=500$  anni) sono consentiti tutte le attività e gli interventi ammessi per le aree P3 e P2. In aggiunta sono ulteriormente consentiti:

- a) Tutti gli interventi conformi agli strumenti urbanistici vigenti, ad esclusione della realizzazione di locali sotterranei e/o seminterrati ad uso abitativo e commerciale, e che prevedano comunque la presenza continuata di persone.
- b) Per gli interventi di cui al precedente comma 2, esclusi quelli finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico, non è previsto il parere di compatibilità dell'AdBD.

#### **Art.15 Disciplina delle aree di attenzione**

1. Ai fini della tutela preventiva, laddove si verificasse la necessità di individuare Aree di Attenzione, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a pericolosità P3 di cui al precedente art. 12.

## 7.2 VINCOLI PSEC

Il Piano Stralcio di Erosione Costiera e le relative Norme di Attuazione (Burc n. 79 del 22 Luglio 2016 - Delibera di C. I n. 4/2016) disciplinano le aree costiere soggette a pericolo di erosione/arretramento della linea di riva.

Questo strumento definisce le linee guida in materia di assetto e gestione della fascia costiera, detta le relative norme di attuazione ed individua le destinazioni d'uso del suolo.

Nel Piano non sono contemplate le aree costiere soggette a pericolo d'inondazione per mareggiata e quelle a pericolo di crolli da falesia o di frana in genere.

Le Norme di Attuazione del PSEC sostituiscono integralmente i contenuti delle Norme del PAI riguardanti la disciplina delle aree soggette ad erosione costiera e concorrono, unitamente al PAI, alla composizione del Piano di Bacino.

Il Piano, individua le aree soggette a pericolo di erosione costiera, così come riportate nella "Carta della pericolosità" e distingue:

- a) Aree con alta pericolosità (P3);
- b) Aree con media pericolosità (P2);
- c) Aree con bassa pericolosità (P1).

Di seguito in riferimento alle pericolosità gli articoli 9-10-11 delle Norme di Attuazione del PSEC che le disciplinano.

### **Art.9 Disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera (P3)**

1. Nelle predette aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

- a) interventi di demolizione delle strutture esistenti senza ricostruzione;
- b) realizzazione di nuove strutture esclusivamente amovibili e in conformità alla pianificazione comunale;
- c) interventi sul patrimonio edilizio esistente, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti al comma 1, lettere a), b) e c) dell'art. 3 del DPR 6 giugno 2001 n.380 e ss.mm.ii., senza aumento di superfici e di volumi;
- d) interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro, di abbattimento delle barriere architettoniche, nonché interventi di adeguamento o miglioramento sismico o di riparazione o intervento locale così come definiti nel Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- e) la realizzazione di opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio nei casi in cui ci si trovi nella zona di retrospiaggia già urbanizzata e si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

1. Aree protette da efficienti opere di difesa costiera;

2. Aree interne rispetto a importanti rilevati stradali e/o ferroviari e infrastrutturali;

- f) *interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria delle opere di difesa costiera esistenti;*
- g) *interventi finalizzati alla manutenzione straordinaria delle opere di difesa costiera esistenti;*
- h) *interventi volti alla mitigazione o rimozione del rischio idraulico sui tratti terminali dei corsi d'acqua (esclusa la spiaggia emersa, così come definita all'art. 2) che non costituiscano condizione di innesco o di accelerazione del processo di erosione costiera;* i) *interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria relativa alle infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie e canali), alle infrastrutture a rete (energetiche, di fonte: acquedottistiche e di scarico) e alle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti;*
- j) *interventi puntuali di difesa costiera sulla terraferma volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al pericolo e rischio di erosione, senza aumento di superficie e di volume degli edifici stessi;*
- k) *ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari di trasporto (strade, ferrovie, canali) e di nuove infrastrutture a rete (energetiche, di comunicazione, acquedottistiche e di scarico) non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano condizione di innesco o di accelerazione del processo di erosione e che venga salvaguardata la spiaggia emersa così come definita al precedente art. 2;*
- l) *interventi di difesa costiera per la mitigazione del rischio e interventi volti alla ricostituzione e/o ripascimento di spiagge erose e all'eliminazione degli elementi d'interferenza antropica;*
2. *Per gli interventi di cui al comma 1 lettere a), b), c), d), f) ed i) non è previsto il parere dell'ABR;*
3. *Per gli interventi di cui al comma 1 lettere e), g), h), j), k), l) è previsto il parere dell'ABR da esprimersi entro 60 giorni;*
4. *I progetti definitivi relativi agli interventi di cui al comma 1 lettere e), g), h), j), k), l), e di manutenzione straordinaria di cui alla lettera i) dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità dell'intervento rispetto al pericolo di erosione costiera/mareggiata (firmato congiuntamente da tecnici abilitati: geologo – ingegnere), redatto in conformità alle Linee Guida che saranno emanate dall'ABR. Al fine di snellire i tempi di espressione del suddetto parere di cui comma 3, è auspicabile un confronto tecnico con l'ABR già in fase di redazione del progetto preliminare.*
5. *Sugli edifici pubblici o privati, esclusi i manufatti e gli edifici vincolati ai sensi della legge n.1089/39 e della legge n. 1497/39 nonché di quelli di valore storico-culturale classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti, già compromessi nella stabilità strutturale per effetto di mareggiate sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli volti alla tutela della pubblica incolumità.*
6. *Non sono consentite le operazioni che comportino eliminazione o riduzione dei cordoni dunari costieri. Al riguardo è opportuno salvaguardare gli ecosistemi dunari costieri esistenti e le zone di foce dei corsi d'acqua.*
7. *Nelle aree a pericolosità P3 è, inoltre, prescritto quanto segue:*
- a) *L'utilizzo di strutture e complessi ricettivo-turistici, sia fisse che amovibili, è subordinato all'attuazione di un sistema di monitoraggio e di pre-allertamento per la salvaguardia dell'incolumità delle persone e dei beni. Tale sistema, a cura dei gestori e/o proprietari di dette strutture, dovrà essere coordinato con il Piano di Protezione Civile Comunale e dovrà essere attivato sulla base dei bollettini meteo diramati dagli Enti preposti.*

b) *Le strutture amovibili, di cui alla precedente lettera a), nei periodi in cui non vengono utilizzate, dovranno essere poste in condizioni di sicurezza e secondo le indicazioni previste dal Piano di Protezione Civile Comunale.*

#### **Art. 10 Disciplina delle aree con media pericolosità di erosione costiera (P2)**

1. *In tali aree, oltre a tutti gli interventi consentiti in area a pericolosità P3 di cui al precedente art. 9, sono ammessi anche:*

- a) *gli interventi di sopraelevazione;*
- b) *gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienico-sanitario;*
- c) *gli interventi di ristrutturazione edilizia ai sensi del comma 1, lettera d) dell'art. 3 del D.P.R. 380/2001 e ss.mm.ii. (esclusa la realizzazione di locali interrati o seminterrati) a condizione che siano presenti ostacoli naturali o antropici (comprese le opere di difesa costiera) ritenuti idonei a contrastare l'azione del moto ondoso.*
- d) *gli interventi di nuova costruzione in lotto intercluso non ubicato fronte mare, se consentiti dagli strumenti urbanistici vigenti, escludendo la realizzazione di locali interrati o seminterrati;*
- e) *la realizzazione di opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, non rientranti tra quelle sovraelencate, corredate da un adeguato studio di compatibilità dell'intervento rispetto al pericolo di erosione costiera/mareggiata (firmato congiuntamente da tecnici abilitati: geologo - ingegnere) e redatto in conformità alle Linee Guida che saranno emanate dall'ABR.*

2. *Per gli interventi di cui al comma 1 lettera e) è previsto il parere dell'ABR da esprimersi entro 60 giorni.*

#### **Art. 11 Disciplina delle aree con bassa pericolosità di erosione costiera (P1)**

1. *In tali aree, oltre a tutti gli interventi consentiti nelle aree a pericolosità P2 e P3, è ammessa anche la realizzazione di opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, previo adeguato studio di compatibilità (a firma congiunta geologo - ingegnere) dell'intervento rispetto al pericolo di erosione costiera e di inondazione per mareggiata, redatto in conformità alle Linee Guida che saranno emanate dall'ABR, da presentare presso gli uffici competenti all'approvazione.*

2. *In presenza di costa alta e/o falesia, non ricadenti nelle perimetrazioni con pericolo di frana del PAI, la realizzazione di opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, necessitano di adeguato studio di compatibilità geomorfologica che valuti le condizioni di stabilità del versante in riferimento anche all'azione di scalzamento al piede ad opera del moto ondoso.*

#### **Art. 12 - Interventi per la riqualificazione delle aree costiere**

1. *In tutto l'ambito territoriale di applicazione del presente Piano, nel rispetto dei precedenti articoli, sono ammessi:*

- a) *gli interventi di sistemazione, miglioramento, conservazione, recupero e riqualificazione paesaggistica e ambientale di tratti di costa finalizzati a ridurre il rischio, che favoriscano la ricostruzione dei processi e degli equilibri naturali e la ricostituzione della vegetazione spontanea autoctona, anche attraverso processi di recupero naturalistico botanico e faunistico;*
- b) *gli interventi di difesa, sistemazione e regolazione dei corsi d'acqua, dei rami terminali dei fiumi e delle loro foci nel mare che sono assoggettati sia alle presenti norme (art. 9 comma 1 lettera g) sia alle Norme del PAI (pericolosità idraulica).*

## 8. INDICAZIONI SULLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Per quanto concerne tale aspetto, è stata elaborata una matrice di valutazione nella quale sono state messe in relazione la pericolosità idraulica e quella da erosione costiera.

**Successivamente, la matrice derivata è stata messa in relazione con gli aspetti prettamente geomorfologici (franosità e/o aree suscettibili a franosità; fenomeno di falesia), ricavando, in definitiva, quanto rappresentato nelle TAVOLE 5 & 6.**

### 8.1. CLASSE 1 – FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le aree per le quali lo studio effettuato non ha individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico-tecnico-ambientale alla destinazione d'uso prevista.

### 8.2. CLASSE 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste condizioni limitative alle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rendono necessari accorgimenti e interventi di non rilevante incidenza tecnico-economica. Rientrano in tale classe, anche le aree a pericolosità P3 (da PSEC) con tendenza evolutiva della linea di costa in avanzamento.

### 8.3. CLASSE 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Le aree ricadenti in questa classe sono quelle in cui alle condizioni di pericolosità geologica si associano fattori limitativi: aree con scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni, intensa attività idrodinamica.

Limitatamente alle aree non ricadenti su arenile e per le quali permangono interessi giustificati per la trasformazione urbanistica e per l'edificato esistente, l'eventuale utilizzo è subordinato ad ulteriori approfondimenti che dimostrino analiticamente la compatibilità delle destinazioni d'uso con le condizioni geologico-tecniche ed idrogeologiche del sito, con gli eventi alluvionali, gli effetti sismici e le trasgressioni marine e secondo quanto previsto dall'*art. 9 delle "Norme di Attuazione Piano Stralcio Erosione Costiera - Calabria" (disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera - P3)* e ss.mm.ii.

Per le aree ricadenti su arenile, sono consentite le opere e procedure annesse previste dall'*art 9 della L.R. 17/2005* e ss.mm.ii., ad esclusione delle opere interrato e delle opere di cui al *comma 2, lettera*

d); comunque il tutto in accordo a quanto previsto dall'*art. 9* delle "*Norme di Attuazione Piano Stralcio Erosione Costiera - Calabria*" (*disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera - P3*) e ss.mm.ii. e dal *DGR n. 330 del 22/07/2011* e ss.mm.ii.

Potranno essere, inoltre, individuati idonei sistemi di monitoraggio geologico che permetteranno di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento. L'urbanizzazione è subordinata a studi geologici, geotecnici e sismici di estremo dettaglio.

#### **8.4. CLASSE 4 – FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI**

Le aree ricadenti in tale classe presentano limitazioni di carattere geomorfologico, geologico-tecnico, idrogeologico e aree ricadenti all'interno del SIN "*Crotone – Cassano – Cerchiara*" che ne precludono l'utilizzo dovendosi, comunque, prevedere delle opere di consolidamento e/o di protezione.

In queste aree è fortemente sconsigliata qualsiasi forma di utilizzazione che non sia prettamente conservativa o di miglioramento e messa in sicurezza del sito.

Rientrano in questa classe:

- le aree a falesia in cui è sconsigliata ogni forma di balneazione per possibile caduta di massi;
- le aree caratterizzate da elevata pericolosità per dissesto idrogeologico in atto o potenziale, intensa attività idrodinamica, scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni;
- le aree ricadenti all'interno del SIN.

Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, e potranno essere previste solo opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per le strutture ed infrastrutture esistenti si rimanda a quanto riportato nell'*art. 9* delle "*Norme di Attuazione Piano Stralcio Erosione Costiera - Calabria*" (*disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera - P3*) e ss.mm.ii..

## CONCLUSIONI

Il presente studio è stato sviluppato a partire dalle informazioni bibliografiche esistenti e implementate con i dati di **rilevamento geologico e geomorfologico** eseguiti nell'ambito del presente studio e del redigendo PSC.

Le informazioni acquisite ed elaborate per il Piano Comunale delle Spiagge, hanno permesso di definire, per le aree oggetto di pianificazione, le classi di fattibilità, per le quali sono indicate le cautele e precauzioni da osservare, gli interventi eventualmente da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi. Gli studi sono stati concentrati lungo la zona costiera a partire dalla linea di costa (definita con la CTR del 2008 e aggiornata al 2023 – dato *Google Earth*) per una fascia di circa 1,5Km nell'entroterra.

I dati acquisiti sono stati impiegati inoltre per la redazione degli elaborati cartografici così come previsto da i *Contenuti minimi degli studi geomorfologici* per i differenti livelli di pianificazione. In tal senso si è provveduto alla redazione di:

- 1. Carta di inquadramento geografico generale;**
- 2. Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;**
- 3. Carta geomorfologica;**
- 4. Carta dei vincoli;**
- 5. Carta delle pericolosità geologiche;**
- 6. Fattibilità delle azioni di Piano.**

La carta di **Fattibilità delle azioni di Piano** è stata realizzata tenendo conto della pericolosità dei singoli fenomeni e degli scenari di rischio, In tal senso sono state definite 4 Classi di Fattibilità:

**CLASSE 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni;**

**CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni;**

**CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni;**

**CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni.**

Passando dalla prima alla quarta classe, aumentano le limitazioni d'uso per le aree analizzate, corrispondenti con le aree demaniali oggetto della pianificazione.

In aggiunta a quanto detto ed elencato per le Classi di Fattibilità:

1. Nell'ambito del presente studio, ed in prima valutazione, è stata delimitata l'area di litorale fino ad 1,5Km dalla linea di costa, potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione [vedi **PARAGRAFO 6.3**]. Tale area è da intendersi quale **Zona di Attenzione per Liquefazione** e per via della quale si consiglia, per le tipologie di opere previste dal PCS, di valutare di volta in volta, la necessità o meno della verifica del potenziale di liquefazione, nel rispetto della normativa sismica regionale e nazionale vigente;
2. Per il patrimonio esistente sono consigliabili interventi di messa in sicurezza e/o miglioramento delle condizioni abitative, escludendo aumenti del carico antropico;
3. **Nuove previsioni urbanistiche, potranno essere ipotizzabili solo ad avvenuta eliminazione e/o minimizzazione delle pericolosità.** A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte delle autorità comunale, dovranno essere allegate apposite relazioni specialistiche (geologica, pericolosità sismica, idraulica, geomorfologica, paesaggistica, ambientale) che dimostrino la compatibilità degli interventi relativamente alle situazioni di rischio e condizioni paesaggistico-ambientali.

## SUGGERIMENTI

In aggiunta a quanto sino ad ora riportato, è doveroso mettere in risalto l'importanza che rivestono i canali e i piccoli corsi d'acqua per quanto concerne l'apporto solido. Laddove gli "sbocchi a mare" hanno subito modifiche (deviazioni, tombature, colmature, riduzione delle sezioni per realizzazione di strutture, ecc.) si osserva una riduzione dell'estensione dell'arenile.

Si suggerisce, dunque, di verificarne, mediante opportuni studi di dettaglio, l'influenza del trasporto solido sull'evoluzione della linea di costa e sull'idrodinamica costiera.

Inoltre, per quanto concerne le aree a falesia (zona Crotone Sud), si suggerisce la definizione di una fascia di assoluto rispetto dall'orlo di falesia sia per il rischio crolli sia per effetti cosismici di amplificazione morfologica.

Crotone, Dicembre 2024



*francesco palmieri – geologo*

## NOTE SULLE CARTOGRAFIE

### **Inquadramento geografico**

Viene rappresentato l'intero territorio comunale con cartografia IGM [scala acq.: 1:25 000], Carta Tecnica Regionale (CTR) [Centro cartografico regionale - anno acq.: 2008; scala acq.: 1:5 000], immagine satellitare [Comune di Crotona - luglio 2022, risoluzione: 0,15m] e cartografia storica (CASMEZ 1952 - scala acq.: 1:10 000).

### **Inquadramento geologico**

L'elaborato è stato redatto partendo dalle indicazioni cartografiche del progetto CARG (ISPRA - AMBIENTE) ed implementate dalle indicazioni dello studio geomorfologico preliminare al PSC dal Comune di Crotona. Inoltre, ad ulteriore corroborazione delle informazioni si è proceduto ad un rilievo di campagna con l'ausilio di apparecchiature tecnico-informatiche (droni).

### **Inquadramento geomorfologico**

Tenendo conto dei parametri del rilevamento geomorfologico (litologia, acclività, permeabilità, erodibilità) sono state cartografate, oltre alle aree censite nell'ambito del PAI e del PSdGDAM-RisAl-Cal/L, anche quelle aree censite nel PSC come aree, in generale, a dissesto geomorfologico. Inoltre, si è data "attenzione geomorfologica", anche alle falesie attive censite dal rilevamento di campagna. Sulla base delle informazioni reperite sul sito del Centro Cartografico della Calabria è stata rappresentata l'evoluzione della linea di costa dei tratti storicamente in avanzamento e arretramento, aggiornati con dati da rilievo della linea di costa del 2023 [fonte *Google Earth*].

### **Vincoli di natura geologica e ambientale**

L'elaborato perimetra le aree che sono sottoposte a vincolo e a limitazioni d'uso derivanti da normative in vigore a contenuto idrogeologico e ambientale. In particolare, sono stati riportati i vincoli derivanti dal PAI in riferimento ai tre assetti (geomorfologico, idraulico e delle aree soggette ad erosione costiera). Inoltre, sono stati riportati vincoli ambientali afferenti ai corsi d'acqua, alle aree SIC, e all'Area Marina Protetta di Capo Rizzuto ed al SIN "Crotona - Cassano - Cerchiara".

### **Pericolosità geologiche**

L'elaborato contiene tutti gli elementi più significativi evidenziati con la fase di analisi nelle precedenti elaborazioni cartografiche (geologia, geomorfologia e vincoli) a cui si possono associare fattori preclusivi o limitativi a vario livello, ai fini delle scelte di piano. Essa rappresenta il documento di lavoro finalizzato al gruppo interdisciplinare di progettazione ed ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche.

### **Fattibilità delle azioni di piano**

L'elaborato rappresenta il documento di sintesi finale, in quanto suddivide il territorio in classi di fattibilità delle azioni di piano, con conseguenti limitazioni da nulle a massime, a seconda dei diversi tipi e livelli di pericolosità geologica e delle incidenze negative che ad esse si associano. Essa fornisce indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle eventuali prescrizioni per gli

interventi da realizzare, ai livelli di approfondimento di indagine da adottarsi per ogni singola classe di fattibilità e alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto. In sostanza si basa sulla valutazione incrociata degli elementi contenuti nelle cartografie di analisi, valutando i diversi tipi e livelli di pericolosità geologica e le incidenze negative che ad esse si associano. Il documento, ovviamente, parte dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nelle cartografie di analisi e trova nella carta di sintesi il riferimento fondamentale. La sua stesura però non consiste in una semplice e asettica trasposizione di dati, in quanto richiede precise valutazioni critiche della pericolosità dei singoli fenomeni e degli scenari di rischio conseguenti (vedi ad esempio valutazione legate alla dinamica costiera).

## FONTI BIBLIOGRAFICHE

- *Atlante delle coste - il moto ondoso a largo delle coste italiane - Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine - Servizio Difesa delle Coste;*
- *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 571 Crotona. ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Servizio Geologico d'Italia. Ente realizzatore: Università di Udine;*
- *Contenuti minimi degli studi geomorfologici per i differenti livelli di pianificazione - Regione Calabria, Dipartimento n. 9 Settore 2 - Infrastrutture Lavori Pubblici - Politiche della Casa E.R.P. - Risorse Idriche - Ciclo Integrato Acque;*
- *Dataset ITHACA (Italy Hazard Capable faults) - <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>;*
- *Galli P. & Meloni F. (1993) - Nuovo Catalogo Nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia. Il Quaternario, 6 (2), 271-292;*
- *Giozzi E., (1987) - I terrazzi del Pleistocene superiore della penisola di Crotona (Calabria);*
- *<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>*
- *Indagini lungo il litorale tra Rocca Imperiale e Capo Colonna - Società per le ricerche marine s.n.c., 1993;*
- *Indagine conoscitiva dello stato delle coste calabresi, predisposizione di una banca dati dell'evoluzione del litorale e individuazione delle aree a rischio e delle tipologie di intervento studi su aree campione e previsione delle relative opere di difesa"- A.T.I.: TECHNITAL S.p.A, IDROTEC S.r.l., CONSORZIO OKEANOS - Settembre 2003.*
- *Master Plan della fascia costiera calabrese - Approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria con Delibera del Comitato Istituzionale n.2 del 22/07/2014;*
- *Messa in sicurezza dei siti urbani a rischio sismico. Progetto PIC Urban II - Crotona;*
- *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 571 Crotona. ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Servizio Geologico d'Italia. Ente realizzatore: Univ. di Udine;*
- *Palmieri E. e Palmieri F., Archivio dati;*
- *Palmieri F., (2024) "Redazione dello studio Geologico e Geomorfologico per la stesura del PSC e Reu del Comune di Crotona" - Comm.: Comune di Crotona - Luglio 2013;*
- *Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera - Autorità di Bacino della Reg. Calabria - Relazione di Piano e Norme di Att., Appr. Comitato Tecnico del 27/11/2013, Appr. del Comitato Istituz.le del 22/07/2014; Appr. del Comitato Istituz.le del 11/04/2016;*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Regione Calabria. Comitato istituzionale Autorità di Bacino, Delibera n. 13 del 29 ottobre 2001; Giunta Regionale, Delibera n. 900 del 31ottobre 2001; Consiglio Regionale, Delibera n.115 del 28 dicembre 2001;*
- *Adozione del Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni - Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia. Delibera n. 2 del 24 ottobre 2024;*
- *QTRP - Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico della Regione Calabria;*
- *Statti A. et al., (2015) "Redazione dello studio di Microzonazione sismica di livello 1 del Comune di Crotona" - Comm.: Comune di Crotona - Maggio 2015;*
- *Strategie di mitigazione del rischio sismico. La microzonazione sismica 2008-2013: esperienze, risultati e applicazioni, Workshop Roma, 22 e 23 Maggio 2013.*

## **dati impiegati per la redazione del materiale cartografico**

- *Carta Tecnica Regionale della Regione Calabria, 2008 (Fonte: Regione Calabria);*
- *Litologie affioranti (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione e analisi indagini pregresse);*
- *Giaciture (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Orli di terrazzo (Fonte: progetto CARG, rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Orli di frana (Fonte: rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Falesia (Fonte: rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Faglie certe, incerte e/o sepolte (Fonte: progetto CARG);*
- *Faglie capaci (Fonte: ITHACA);*
- *Faglie presunte (Fonte: PRG, rilevamento);*
- *Frane (Fonte: PAI, IFFI, rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Aree soggette ad intensa erosione (Fonte: PAI);*
- *Opere di difesa costiera (Fonte: Progetto Coste – Geoportale Nazionale, rilevamento);*
- *Spiaggia (Rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Reticolo idrografico (ABR Regione Calabria);*
- *Linea di riva (Fonte: Google Earth, ABR Regione Calabria, Carta Tecnica Regionale, 2008);*
- *Aree di rischio e pericolosità per frana (Fonte: PAI, IFFI, rilevamento, fotointerpretazione);*
- *Aree di rischio e pericolosità per inondazione (Fonte: ABR Regione Calabria – PSdGDAM-RisAl-Cal/L);*
- *Aree di pericolosità per erosione costiera (Fonte: ABR Regione Calabria – PSEC – Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera);*
- *Aree in erosione/ripascimento 1960/2000 (Fonte: Progetto Coste – Geoportale Nazionale);*
- *Aree in erosione/ripascimento 1954/1998 (Fonte: PAI);*
- *Aree in erosione/ripascimento 2023 (Fonte: Google Earth).*

## allegati cartografici

- **G01.** Inquadramento geografico;
- **G02.** Inquadramento geologico;
  - **G02.1.** Inquadramento geologico – Settore 1;
  - **G02.2.** Inquadramento geologico – Settore 2;
  - **G02.3.** Inquadramento geologico – Settore 3;
  - **G02.4.** Inquadramento geologico – Settore 4;
  - **G02.5.** Inquadramento geologico – Settore 5;
  - **G02.6.** Inquadramento geologico – Settore 6;
- **G03.** Inquadramento geomorfologico;
  - **G03.1.** Inquadramento geomorfologico – Settore 1;
  - **G03.2.** Inquadramento geomorfologico – Settore 2;
  - **G03.3.** Inquadramento geomorfologico – Settore 3;
  - **G03.4.** Inquadramento geomorfologico – Settore 4;
  - **G03.5.** Inquadramento geomorfologico – Settore 5;
  - **G03.6.** Inquadramento geomorfologico – Settore 6;
- **G04.** Vincoli di natura geologica ed ambientale;
  - **G04.1.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 1;
  - **G04.2.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 2;
  - **G04.3.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 3;
  - **G04.4.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 4;
  - **G04.5.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 5;
  - **G04.6.** Vincoli di natura geologica ed ambientale – Settore 6;
- **G05.** Pericolosità geologiche;
  - **G05.1.** Pericolosità geologiche – Settore 1;
  - **G05.2.** Pericolosità geologiche – Settore 2;
  - **G05.3.** Pericolosità geologiche – Settore 3;
  - **G05.4.** Pericolosità geologiche – Settore 4;
  - **G05.5.** Pericolosità geologiche – Settore 5;
  - **G05.6.** Pericolosità geologiche – Settore 6;
- **G06.** Fattibilità delle azioni di Piano;
  - **G06.1.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 1;
  - **G06.2.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 2;
  - **G06.3.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 3;
  - **G06.4.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 4;
  - **G06.5.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 5;
  - **G06.6.** Fattibilità delle azioni di Piano – Settore 6.

## elenco figure

- **FIGURA 01:** Inquadramento area di studio (in rosso);
- **FIGURA 02:** Schema dei rapporti stratigrafici (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG);
- **FIGURA 03:** Traccia sezioni geologico - tecniche;
- **FIGURA 04:** Sezione AA', esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG);
- **FIGURA 05:** Sezione BB', esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – Progetto CARG);
- **FIGURA 06:** Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri omogenei e aree di studio della costa crotonese (Fonte: Indagine conoscitiva 2003; Master Plan della fascia costiera calabrese);
- **FIGURA 07:** Rappresentazione della suddivisione in tratti costieri secondo la denominazione attribuita nel Master Plan della fascia costiera calabrese;
- **FIGURA 08:** Localizzazione delle emergenze ambientali dell'Area 5;
- **FIGURA 09:** Localizzazione Geositi;
- **FIGURA 10:** Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1);
- **FIGURA 11:** Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1);
- **FIGURA 12:** Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1);
- **FIGURA 13:** Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s) (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1);
- **FIGURA 14:** Bacini idrografici principali e secondari;
- **FIGURA 15:** Reticolo idrografico;
- **FIGURA 16A:** Ubicazione delle faglie capaci entro il territorio comunale di Crotona (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci);
- **FIGURA 16B:** Particolare di FIG. 16A;
- **FIGURA 17:** Posizione delle fasce di Attenzione delle tracce supposte di faglie attive e capaci (in rosa) rispetto alle aree di Piano (in giallo);
- **FIGURA 18:** Ubicazione delle aree con possibile suscettibilità alla liquefazione, nella Calabria Centrale (Fonte: QTRP – Quadro conoscitivo);
- **FIGURA 19:** Stralcio del "NUOVO CATALOGO NAZIONALE DEI PROCESSI DI LIQUEFAZIONE AVVENUTI IN OCCASIONE DEI TERREMOTI STORICI IN ITALIA" (Fonte: Galli & Meloni, 1993);
- **FIGURA 20:** Ubicazione sondaggi archiviati nell'ambito del progetto Pic Urban 2 e dall'archivio pozzi AGIP, recentemente raccolte nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Crotona. In rosso la perimetrazione dell'area di studio;
- **FIGURA 21:** Colonne stratigrafiche. R = Riporti antropici; S = Sabbie; SL = Sabbie Limose; LS = Limi Sabbiosi, SA = Sabbie Argillose; A = Argilla;
- **FIGURA 22:** Inquadramento area di studio (in rosso). In azzurro è dettagliata l'area classificata come Zona di Attenzione per liquefazione;
- **FIGURA 23:** Rischio erosione costiera R2 ed R3 (Fonte: PAI, 2001);
- **FIGURA 24:** Individuazione macrotrasetti in funzione del fattore correttivo (Fonte: Relazione di Piano – Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera – Delibera di Comitato Istituzionale - n. 2/2014 - 22 luglio 2014 - Adozione di "Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera" e relativi allegati tecnici).

## elenco tabelle

- **TABELLA 01:** *Elenco Depositi ed Unità litologiche (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE, rilevamento, redigendo PSC);*
- **TABELLA 02:** *Tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici e geofisici medi (i valori sono da ritenersi puramente indicativi e quali termini di confronto relativo tra le diverse litologie. Restano necessari indagini, prove e studi specifici sui siti d'interesse);*
- **TABELLA 03:** *Suddivisione in tratti della costa crotonese;*
- **TABELLA 04:** *Descrizione delle emergenze ambientali dell'Area 5;*
- **TABELLA 05:** *Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11);*
- **TABELLA 06:** *Dati relativi alle frane (Fonte: PAI ed IFFI);*
- **TABELLA 07:** *Dati relativi alle faglie capaci che interessano il territorio di Crotona (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci);*
- **TABELLA 08:** *Scala di valori della probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978);*
- **TABELLA 09:** *Risultati dell'analisi di probabilità di liquefazione secondo il Criterio modificato di Youd e Perkins (1978);*
- **TABELLA 10:** *Suddivisione in tratti della costa crotonese;*
- **TABELLA 11:** *Aree a pericolosità e rischio (Fonte: PSEC, 2014);*
- **TABELLA 12:** *Confronti aree in avanzamento/arretramento (Fonte: PSEC, 2014);*
- **TABELLA 13:** *Stato dell'erosione (Fonte: Master Plan della fascia costiera calabrese).*

## elenco grafici

- **GRAFICO 01:** *Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11);*
- **GRAFICO 02:** *Procedure di dimensionamento delle zone di faglia nei differenti livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica (Fonte: Boncio, 2013).*

## elenco foto

- **FOTO 01:** *Il GSSP di Vrica e Stuni che rappresenta la base del Calabriano, definito dalla Commissione Internazionale per la Stratigrafia (ICS) e ratificato dall'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS) nel 1985;*
- **FOTO 02:** *Il sito di Capo Colonna dove si trova l'unica colonna rimasta del santuario di Era Lacinia, periptero dorico di grandi dimensioni (15 colonne sul lato lungo, 6 su quello corto), costruito nel corso del V secolo a.C. il quale ebbe la funzione di santuario nazionale dei greci d'occidente.*