

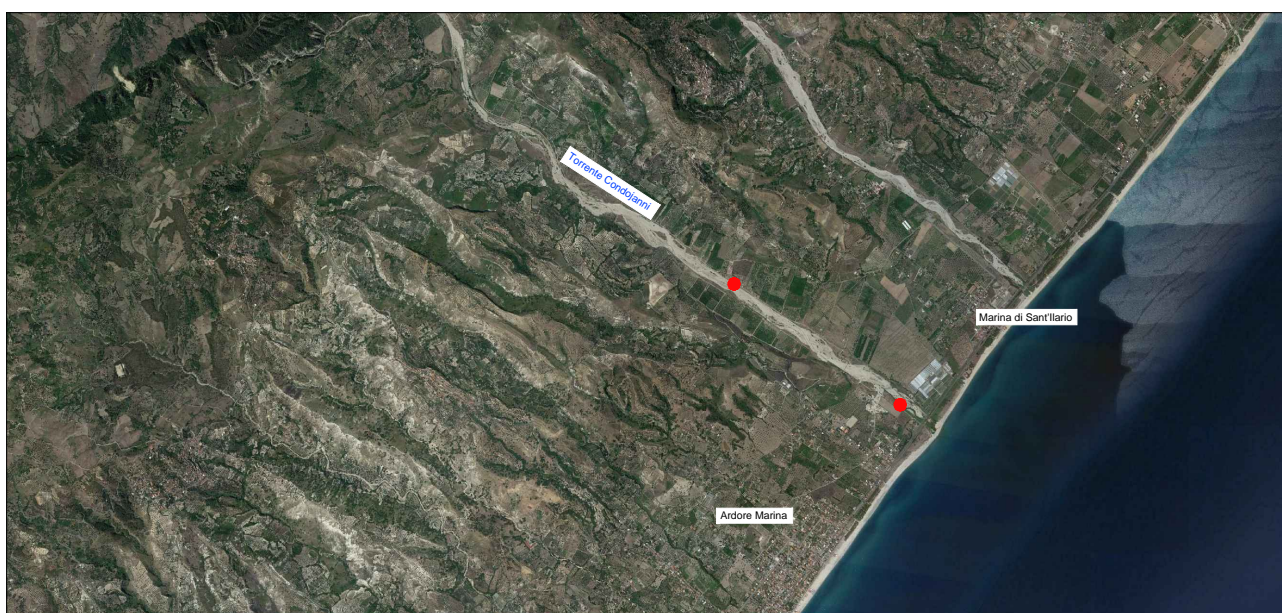


*Ufficio del Commissario Straordinario Delegato*  
per la realizzazione degli interventi di rischio idrogeologico per la Regione Calabria  
**CITTA' METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA**



## Interventi di Sistemazione Idraulica per la Messa in Sicurezza della Fiumara Condojanni nel Comune di Ardore CUP J83B17000140001

### PROGETTO DEFINITIVO



Elaborato		Relazione Geologica	Il Progettista
1.2			
Scala			<div>Giosa s.r.l.</div> <div>Ing. Salvatore Perillo</div>
			Il R.U.P.
0	Dicembre 2020	PRIMA EMISSIONE	
Rev.	Data	Descrizione	<div>Geom. Saverio Calafiore</div>





Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE -- C.da Sala 15, 89040 Stignano (RC) -- Via Delle Viole 5, 87040 Cerzeto (CS)  
Cell. 3496065802 --- e-mail: [geologostamile@gmail.com](mailto:geologostamile@gmail.com) -- pec: [angelostamile@epap.sicurezzapostale.it](mailto:angelostamile@epap.sicurezzapostale.it)

# RELAZIONE GEOLOGICA



## Città Metropolitana di Reggio Calabria

*Committente:* Città Metropolitana di Reggio Calabria – Settore 13  
“Difesa del Suolo e Demanio Idrico Fluviale” - R.U.P.  
Geom Saverio Calafiore

*Località:* Fiumara Condojanni in Comune di Ardore

### TITOLO PROGETTO

**Interventi di sistemazione idraulica per la messa in sicurezza della Fiumara Condojanni nel Comune di Ardore. Cod. Int. 18IR281/G1 – SMART CIG: ZF627FDC96 – CUP: J83B17000140001.**

Allegato\_\_\_\_\_

Il Geologo

**Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE**

Ordine dei Geologi della Calabria - n° 536



Visto Enti:

GIUGNO 2020

<b>PREMESSA. ....</b>	<b>2</b>
<b>1. DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA, AEROFOTOGRAFICA, STORICA, BIBLIOGRAFICA E TECNICO-OPERATIVA PER L'AREA D'INTERESSE.....</b>	<b>5</b>
1.1. DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA ED AEROFOTOGRAFICA ESISTENTE PER IL SITO IN ESAME.....	5
1.2. COMPATIBILITÀ DELL' AREA DI STUDIO CON IL P.A.I. "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA CALABRIA" E CON IL P.S.E.C. PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'EROSIONE COSTIERA ".....	8
<b>2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICITA' DELL'AREA.....</b>	<b>12</b>
2.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI.....	12
2.2. CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE .....	24
2.3. CARATTERI MORFOLOGICI, MORFODINAMICI, IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI. ....	27
2.4. SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL' AREA. ....	34
<b>3. MODELLO LITOTECNICO E RISPOSTA SISMICA LOCALE.....</b>	<b>39</b>
3.1. DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	39
3.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	60
3.3 PERICOLOSITÀ DOVUTA AD INSTABILITÀ PER EFFETTI COOSISMICI NEL SITO DI STUDIO.....	62
3.3.1 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa. ....</i>	<i>63</i>
3.3.2 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive.....</i>	<i>63</i>
3.3.3 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi diversi. ....</i>	<i>63</i>
3.3.4 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni. ....</i>	<i>64</i>
3.3.5 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla liquefazione sismica dei terreni sotto falda.....</i>	<i>64</i>
<b>4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>69</b>

## **PREMESSA.**

Con incarico professionale per la redazione della Relazione Geologica e del Piano delle Indagini Geognostiche, SMART CIG: ZF627FDC96 – CUP: J83B17000140001, da parte dell'Amministrazione Provinciale della Città Metropolitana di Reggio Calabria, in relazione al progetto per gli *Interventi di sistemazione idraulica per la messa in sicurezza della Fiumara Condojanni nel Comune di Ardore*, Cod. Int. 18IR281/G1, è stato eseguito, dal sottoscritto Dott. Geol. Angelo Alberto Stamile, uno Studio Geologico, esposto nella presente Relazione, dei siti d'intervento nella Fiumara Condojanni ricadenti tra il Comune di Ardore (RC) e quello di Sant'Ilario dello Ionio (RC). Lo studio ha la finalità di ricostruire gli aspetti geologico-strutturali dell'ambito d'interesse, nonché le caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell'area; particolare attenzione sarà rivolta alla ricostruzione del quadro geomorfologico e morfodinamico, nonché all'aspetto idrogeologico della zona studiata. I dati scaturiti verranno utilizzati per la stesura di un modello geologico-tecnico atto a verificare l'attitudine dell'area ad accogliere le opere in progetto.

Gli interventi previsti per i vari siti sono di seguito, sinteticamente, riportati

- SITO 01 – Pulitura dell'alveo fluviale da vegetazione che intralcia il normale deflusso delle acque.
- SITO 02 – Sistemazione alveo fluviale con movimentazione del materiale superficiale per il ripristino dell'efficienza idraulica e ricostruzione di tratti di muro d'argine crollati.
- SITO 03, SITO 04 - Sistemazione alveo fluviale con movimentazione del materiale superficiale per il ripristino dell'efficienza idraulica.

Lo studio si articola nelle seguenti fasi:

Inquadramento geologico -- Inquadramento geologico strutturale e caratteri litostratigrafici, origine e natura dei litotipi, il loro stato d'alterazione, la loro fratturazione e degradabilità attraverso sopralluoghi di dettaglio mirati alla verifica della situazione

geologica dell'ambito esaminato e del suo intorno più prossimo, ricerca ed analisi del materiale bibliografico e cartografico, riguardante l'area;

Inquadramento geomorfologico -- Descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona con particolare riguardo alle forme naturali, antropiche e degli elementi morfostrutturali significativi, ai fini geomorfologici, morfodinamici e sismici (dissesti in atto o potenziali e loro tendenza evolutiva); Descrizione dell'esistenza di elementi naturali od artificiali (corsi d'acqua, limiti di aree fortemente acclivi). I punti precedentemente descritti sono stati valutati mediante: rilevamenti geologici di dettaglio mirati alla verifica della situazione, geomorfologica e della dinamica morfo-evolutiva dell'ambito esaminato e del suo intorno più prossimo; acquisizione ed analisi fotointerpretativa a scala adeguata, reperimento di documenti e cartografia tematica esistente;

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

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

Finalità tecniche -- Determinazione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel volume significativo interessato dalle opere in progetto; Valutazione dell'eventuale presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei manufatti; Valutazione degli eventuali processi morfologici, morfodinamici ed azioni di dissesto in atto o potenziali nell'area di studio ed in quella circostante. Al fine di ottenere maggiori e più dettagliate informazioni, circa l'assetto litologico-stratigrafico e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali costituenti il primo sottosuolo, le analisi di campagna sono state correlate con: indagini geognostiche e geofisiche eseguite specificatamente per l'intervento; bibliografia di indagini in situ ed analisi di laboratorio effettuate su campioni di litotipi simili e/o su terreni adiacenti.

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

**D. M. del 17-01-2018** – Norme tecniche per le costruzioni. Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito,

con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008. ***Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019*** - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

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

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

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

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

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

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

**Inquadramento geografico** – I siti in esame (Sito 01, Sito 02, Sito 03, Sito 04) ricadono all'interno dell'alveo fluviale della Fiumara Condojanni, ricadente tra il territorio comunale di Ardore (RC) e Sant'Ilario dello Ionio (RC) tra le quote di 2.00 metri s.l.m. (Sito 01) e 77.00 metri s.l.m. (Sito 04).

**Cartografia tecnica** – Il tratto di studio della Fiumara Condojanni ricade all'interno dei fogli: 590 sez. II “*Locri*”, 590 sez. III “*Plati*”, 603 sez. I “*Bovalino*” delle Carte IGM in scala 1:25.000 volti rispettivamente del 1990 e del 1953; Fgl. 590152, 590153, 603031, 603034 della CRT Regione Calabria in scala 1:5.000.

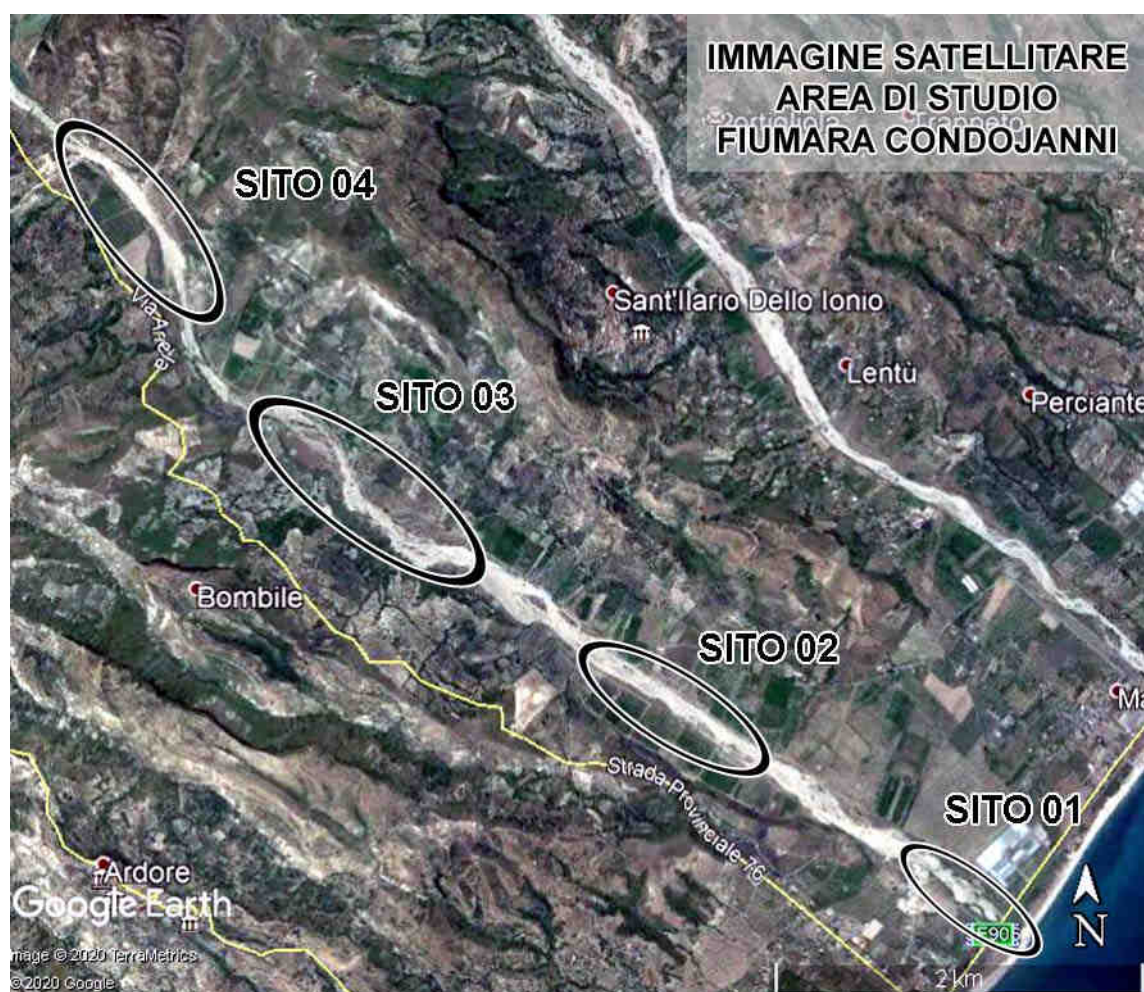
**Cartografia geologica** – Il tratto di studio della Fiumara Condojanni ricade all'interno dei fogli: 255 I SO “*Locri*”, 255 IV SE “*Ardore*” della Carta Geologica della Calabria a cura della CasMez in scala 1:25.000; 590 “*Taurianova*”, 603 “*Bovalino*” della Carta Geologica CARG in scala 1:50.000.

**Riferimenti aerofotografici** – I riferimenti aerofotografici raccolti ed esaminati sono i seguenti: Volo I.G.M., 1990, 1995 in scala 1:33.000; Ortofoto digitale n.° 590150, 603030 del 2000, 2006 in scala nominale 1:10.000 e n.° 590152, 590153, 603031, 603034 del 2006, 2012 in scala nominale 1:5.000.

**Normativa antisismica** – L'area di studio (ED50: Sito01 - lat. 38.189850° N, lon. 16.220500° E; Sito02 - lat. 38.201630° N, lon. 16.199920° E; Sito03 - lat. 38.207500° N, lon. 16.188190° E; Sito04 - lat. 38.223760° N, lon. 16.168960° E) posta tra i Comuni di Ardore e Sant'Ilario dello Ionio (RC), per la normativa antisismica è classificata nel seguente modo: Zona sismica di prima categoria S=12 con  $k=0,10$  (*O.P.C.M. del 12-06-1998 “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale”*); Zona sismica I con  $a_g=0,35$  (*Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modificazioni*); Accelerazione massima  $0,175 < a_{max} < 0,225$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s) (*Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, nell' Allegato 1B

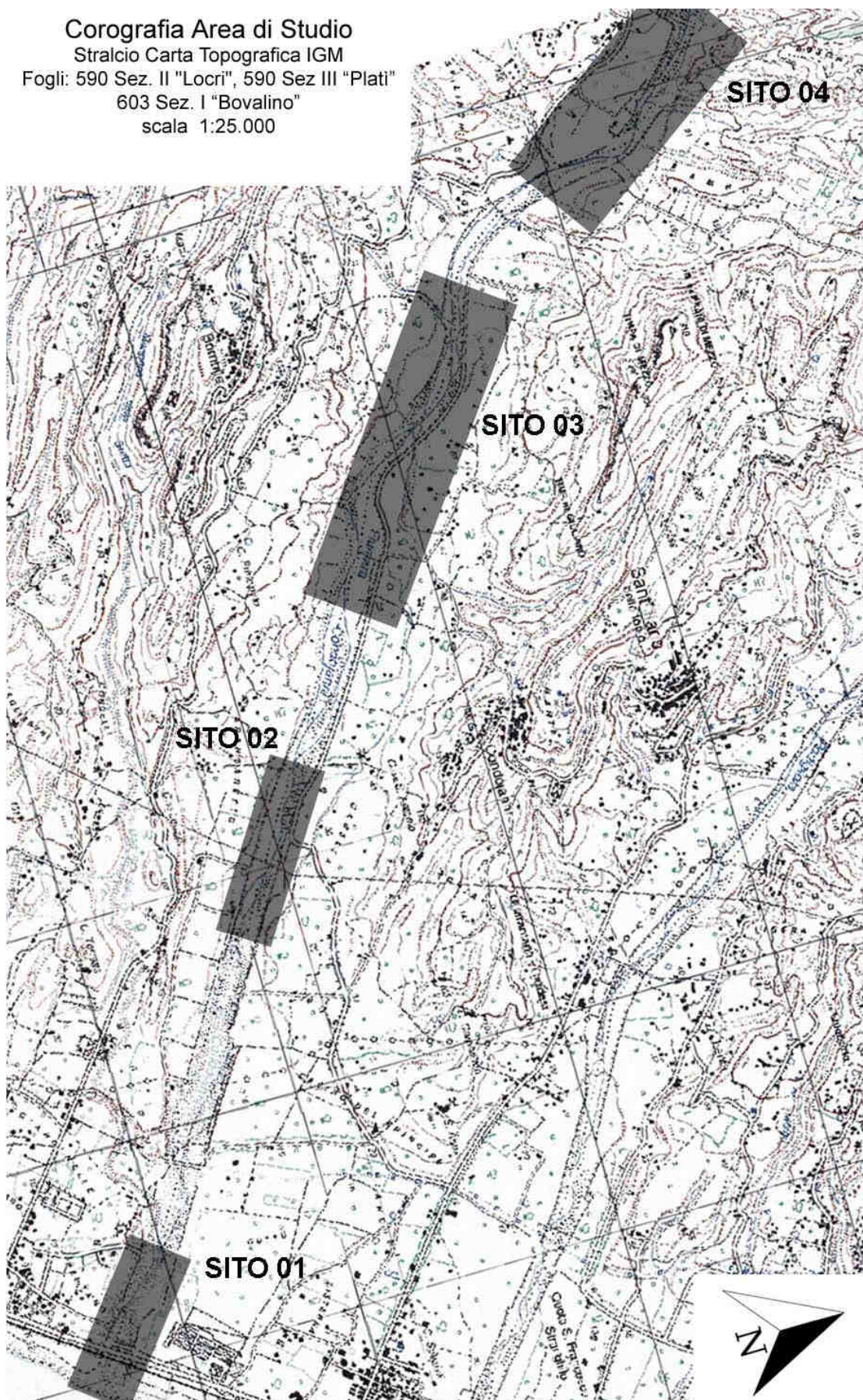


*“Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”); All’interno dei punti 44553, 44554, 44775, 44776, del reticolo di riferimento nazionale (D.M. del 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le costruzioni”, Allegato B: “Tabelle dei parametri che definiscono l’azione sismica”, Tabella 1).*





Corografia Area di Studio  
Stralcio Carta Topografica IGM  
Fogli: 590 Sez. II "Locri", 590 Sez III "Plati"  
603 Sez. I "Bovalino"  
scala 1:25.000



**Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE**

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

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

Il Comune di Ardore (RC) è censito negli elaborati cartografici P.A.I. di seguito elencati: Rischio e/o Pericolo di Frana – Tav.le FCI080005 Ardore, FCI080005\_1 San Nicola della Carta inventario dei centri abitati instabili, e Tav.le FRI080005 Ardore, FRI080005\_1 San Nicola della Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio" in scala 1:10.000; Rischio Idraulico – Tav. AV080005 Ardore delle Aree Vulnerate ed elementi a Rischio e Tav. RI080005 Ardore delle Perimetrazione Aeree a Rischio Idraulico" in scala 1:25.000.

Il Comune di Sant'Ilario dello Ionio (RC) è censito negli elaborati cartografici P.A.I. di seguito elencati: Rischio e/o Pericolo di Frana – Tav.la FCI080082 Sant'Ilario dello Ionio della Carta inventario dei centri abitati instabili, e Tav.la FRI080082 Sant'Ilario dello Ionio della Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio" in scala 1:10.000; Rischio Idraulico – Tav. AV080082 Sant'Ilario dello Ionio delle Aree Vulnerate ed elementi a Rischio e Tav. RI080082 Sant'Ilario dello Ionio delle Perimetrazione Aeree a Rischio Idraulico" in scala 1:25.000.

Dalla sovrapposizione dell'area di studio con gli elaborati del P.A.I. si evince che il tratto di alveo fluviale in studio della Fiumara Condojanni non è soggetta a pericolosità o rischio per frana ed è soggetto a rischio idraulico del P.A.I.

I Comuni di Ardore e Sant'Ilario dello Ionio (RC) sono censiti negli elaborati cartografici P.S.E.C. di seguito elencati: Mappa della Pericolosità – Tav.le 591064\_P, 591061\_P, 591022\_P in scala 1:5.000; Mappa del Rischio – Tav.le 591064\_R, 591061\_R, 591022\_R in scala 1:5.000; In particolare l'area di studio rientra negli elaborati della Pericolosità e del Rischio del P.S.E.C. Tav.le 603031\_P, 603031\_R. Dalla sovrapposizione dell'area di studio con tali elaborati si evince che il solo Sito01 è soggetto a Pericolosità o Rischio di Erosione Costiera.

In particolare siti d'intervento ricadono all'interno di un'area censita come *Area d'Attenzione* per rischio idraulico del P.A.I. e sono soggetti, quindi, **Art. 24** (*Disciplina delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione*) delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del P.A.I. (NAMS). In base a quanto dettato, dal presente articolo, nel **comma 4** *"Nelle aree di attenzione, in mancanza di studi di dettaglio come indicato ai*

commi 1 e 2 del presente articolo, ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio R4”, le prescrizioni, su tali aree, sono quelle previste dall’**art. 21** (*Disciplina delle aree a rischio d’inondazione R4*) delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del P.A.I. (NAMS).

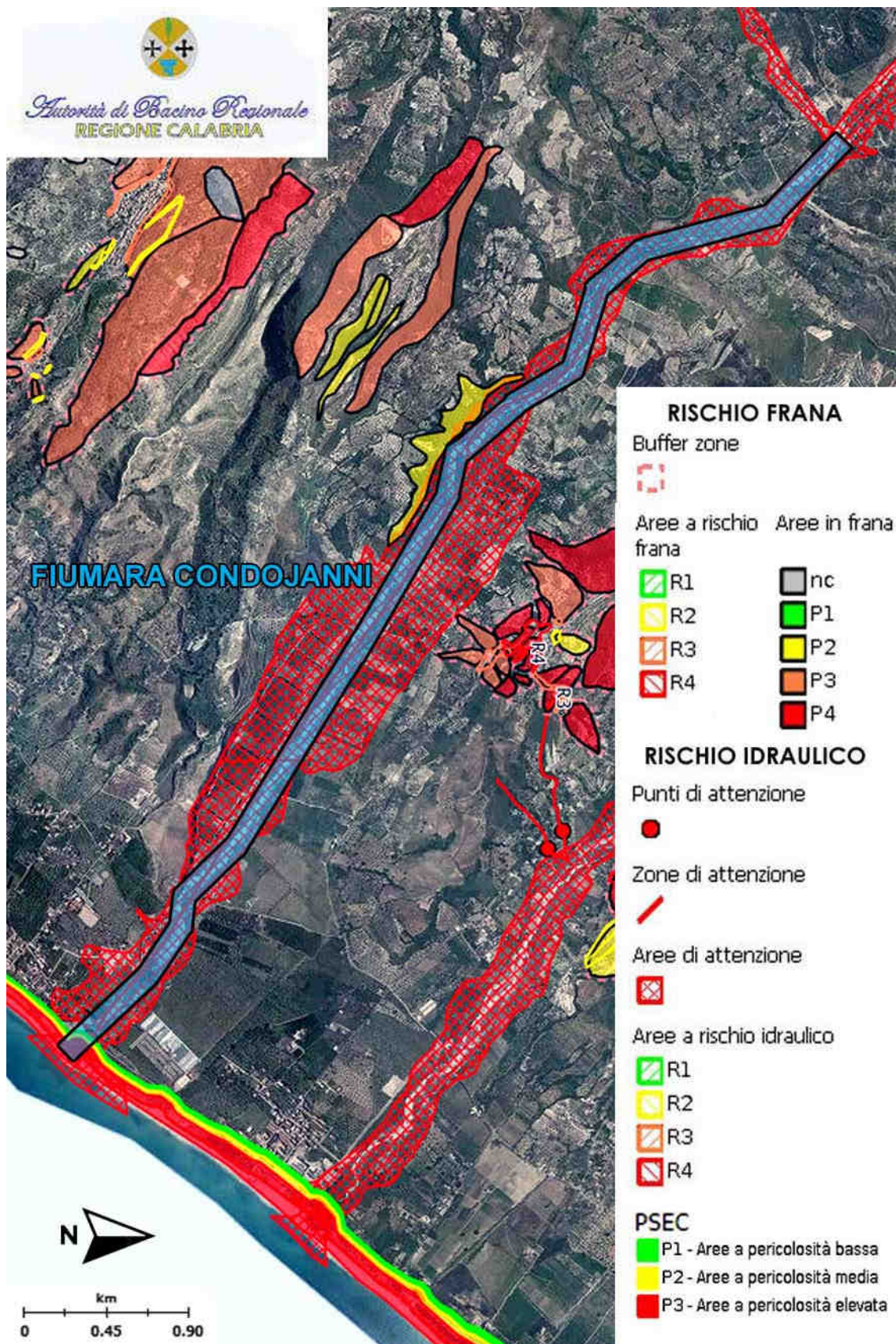
In base a quanto dettato dall’**art. 21** nel: **Comma 2** “*Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencati*”, **lettera k** “*interventi di manutenzione idraulica ordinaria (esclusa la risagomatura dell’alveo), di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle linee guida predisposte dall’ABR*” e **lettera l** “*interventi di manutenzione idraulica straordinaria come definiti nelle linee guida predisposte dall’ABR*”; **Comma 4** “*Per gli interventi di cui al comma 2 lettere g), i), j) e l) la progettazione presentata presso le Amministrazioni competenti all’approvazione, dovrà essere dotata di studio idrologico idraulico redatto in conformità alle specifiche tecniche e alle linee guida predisposte dall’ABR*”; **Comma 5** “*Per gli interventi di cui al comma 2 lettere a), b), c), d), f), g), h), i), j), k), l), non è previsto il parere dell’ABR*”; si evince che il progetto deve essere corredato da studio idraulico e che **le opere in progetto sono fattibili senza il preventivo parere dell’ABR.**

Per quanto riguarda la compatibilità dell’intervento in progetto con il P.S.E.C. “*Piano Stralcio per l’Erosione Costiera*”, le aree d’intervento: Sito02, Sito03, Sito04 **non sono soggette a Pericolosità o Rischio di Erosione Costiera.**

Il Sito01, **ricadendo in un’area a Pericolosità o Rischio di Erosione Costiera,** viste le tipologie di opere d’intervento, è soggetto, quindi, all’**Art. 12** (*Interventi per la riqualificazione delle aree costiere*) delle Norme di Attuazione del P.S.E.C. (NA).

In base a quanto dettato dall’**Art. 12** nel **comma 1** “*In tutto l’ambito territoriale di applicazione del presente Piano, nel rispetto dei precedenti articoli, sono ammessi, lettera b* “*gli interventi di difesa, sistemazione e regolazione dei corsi d’acqua, dei rami terminali dei fiumi e delle loro foci nel mare che comunque sono assoggettati alle NAMS del PAI*” **le opere in progetto sono fattibili senza il preventivo parere dell’ABR.**





**Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE**

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

Da quanto esposto **si evince** che: i siti oggetto d'intervento, secondo gli studi eseguiti dall'A.B.R. nell'ambito del: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. e del Piano Stralcio per l'Erosione Costiera P.S.E.C., **non ricadono in area a Vincolo per frana del P.A.I. invece ricadono in area a vincolo Idraulico del P.A.I. ma in base a quanto dettato dall'art. Art. 21 delle NAMS, l'intervento è fattibile senza il parere dell'ABR.** Inoltre le aree in cui ricadono il Sito02, Sito03, Sito04 **non ricadono in area a Vincolo Erosione Costiera del P.S.E.C.** mentre il Sito01 **ricade in area a Vincolo Erosione Costiera del P.S.E.C ma in base a quanto dettato dall'art. Art. 12 delle NA, l'intervento è fattibile senza il parere dell'ABR.**

## **2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICITA' DELL'AREA.**

### **2.1. Caratteristiche geologico-strutturali.**

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

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

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



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

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

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

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

**Terreni post-orogeni**

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

**Settore Nord Arco Calabro-Peloritano**

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

**Settore Sud Arco Calabro-Peloritano**

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



Nell'area oggetto d'intervento il substrato sedimentario locale è rappresentato dalla sovrapposizione di più formazioni di cui la più profonda è costituita dalle successioni terrigene del Miocene medio-superiore della **F.ne di San Pier Niceto (PCT)** del Serravalliano-Tortoniano che è costituita dalla: litofacies conglomeratica (PCTc), litofacies arenaceo-pelitica (PCTb), litofacies pelitica (PCTa). La successione è costituita da: conglomerati, sabbie grossolane ben classate, sabbie fini passanti verso l'alto ad argille siltose; da un'alternanza di arenarie fini ed arenarie grossolane con intercalazioni siltoso argillose. Le arenarie contengono localmente conglomerati e presentano strutture sedimentarie di tipo torbido. Sono presenti, all'interno della porzione sabbiosa, delle facies più calcarenitiche, a stratificazione incrociata o arenarie amalgamate prive di stratificazione alternate a livelli conglomeratici. La formazione può essere interpretata come il risultato di deposizione da correnti di densità in un ambiente prossimale marino (soprattutto pendio e base pendio). La composizione arcosica delle arenarie indica una provenienza del materiale clastico dalle plutoniti tardo erciniche del blocco calabrese. Rari sono i clasti provenienti dalle metamorfiti di basso medio grado e dai carbonati mesozoici e oligocenici (biocalcareni ibride). L'arrotondamento leggermente maggiore dei clasti granitoidi rispetto a quelli del Flish di Capo d'Orlando implica che durante il Serravalliano-Tortoniano vi sia stato un maggior grado di rielaborazione dei clasti. In particolare, nell'area di studio, troviamo la litofacies arenaceo pelitica (PCTb), del Serravalliano-Tortoniano, che caratterizza generalmente la parte medio-bassa della formazione. La litofacies è caratterizzata da arenarie arcosiche medio-grossolane in strati di spessore 10-40 centimetri talora a stratificazione incrociata a cui si alternano banchi di spessore metrico (sino a tre metri) di silt argilloso o argille marnose. Talvolta si rinvengono intercalazioni di lenti di conglomerati sabbiosi o sottili livelli pelitici che passano ad intervalli conglomeratici. Nella porzione sommitale possono essere presenti arenarie scarsamente cementate con livelli fossiliferi a Clipeaster. Segue, con passaggio netto, la litofacies pelitica (PCTa), sempre del Serravalliano Tortoniano, che caratterizza il tetto della formazione. I termini che la caratterizzano sono livelli pelitici costituiti da argilliti siltose alternate ad arenarie fini e grossolane con sottili livelli siltoso argilloso. I livelli raggiungono spessori da pochi metri a decine di metri.

Seguono, in contatto discordante erosivo, i terreni del Gruppo della Gessoso-solfifera (GS) caratterizzata, nell'area, dal membro basale della F.ne di Cattolica (GTL) meglio

conosciuto come **Calcare di Base (GTL1)** del Messiniano. Nell'area l'unità è costituita essenzialmente da:

- Calcarei microcristallini vacuolari bianco giallastri grigiastri organizzati in bancate massicce debolmente lenticolari e di spessore plurimetrico con intercalazioni calcareo argillose di spessore centimetrico. Alla base posso trovarsi calcari arenacei a stratificazione indistinta, da addensati a moderatamente cementati, con strutture algali. A diverse altezze, talora al tetto, sono presenti livelli calcarenitici a granulometri siltosa o siltoso sabbiosa in strati medi e sottili.
- Bancate, di colore marrone avana, di calcare marnoso stratificato, di spessore metrico, con intercalazioni calcareo argillose di spessore centimetrico.

Talora si riscontrano intercalazioni di gessoarenti e gessolutiti a laminazione centimetrica. La tessitura varia da massiva a laminare, si può presentare brecciato e pulverulento, tipicamente vacuolare per processi di dissoluzione. Le brecce potrebbero essere dovute a fenomeni di autobrecciatura originatasi durante la diagenesi, da dissoluzione di porzione più solubili, solfato di calcio.

Chiudono la sequenza, in contatto discordante erosivo, i terreni della **F.ne dei Trubi (TRB)** dello Zancleano-Piacenziano. La formazione è caratterizzata da un'alternanza ritmica di calcari-marnosi di colore bianco-giallastro e marne-calcaree di colore grigio grigio-azzurro. Dal punto di vista mineralogico, i ritmi dei trubi sono il risultato di variazioni del rapporto fra componenti carbonatici intrabacinali (perlopiù coccoliti e foraminiferi) e componenti silicoclastici extrabacinali, quindi strati più ricchi o meno ricchi in carbonato di calcio. Questa formazione presenta una evoluzione da elementi pelitici ad elementi siltoso-sabbiosi. In definitiva da alternanze di calcari marnosi e marne calcaree alla base si passa verso l'alto ad alternanze di marne più o meno calcaree con sporadiche intercalazioni siltoso sabbiose. Il loro spessore supera i 200 metri, presentano una scarsa resistenza all'erosione ed una permeabilità bassa.

L'interno della piana alluvionale fluviale (area di studio) è caratterizzata da terreni di copertura olocenici di origine continentale, o nei pressi della linea di riva, di transizione classificabili come **Depositi alluvionali recenti e di piana esondabile (b<sub>b</sub>)** e **Depositi alluvionali attuali (b<sub>a</sub>)**. Lo spessore dei primi è variabile dai pochi metri, nelle zone di bordo valle, alle decine di metri nelle zone centrali dell'alveo fluviale. Lo spessore dei

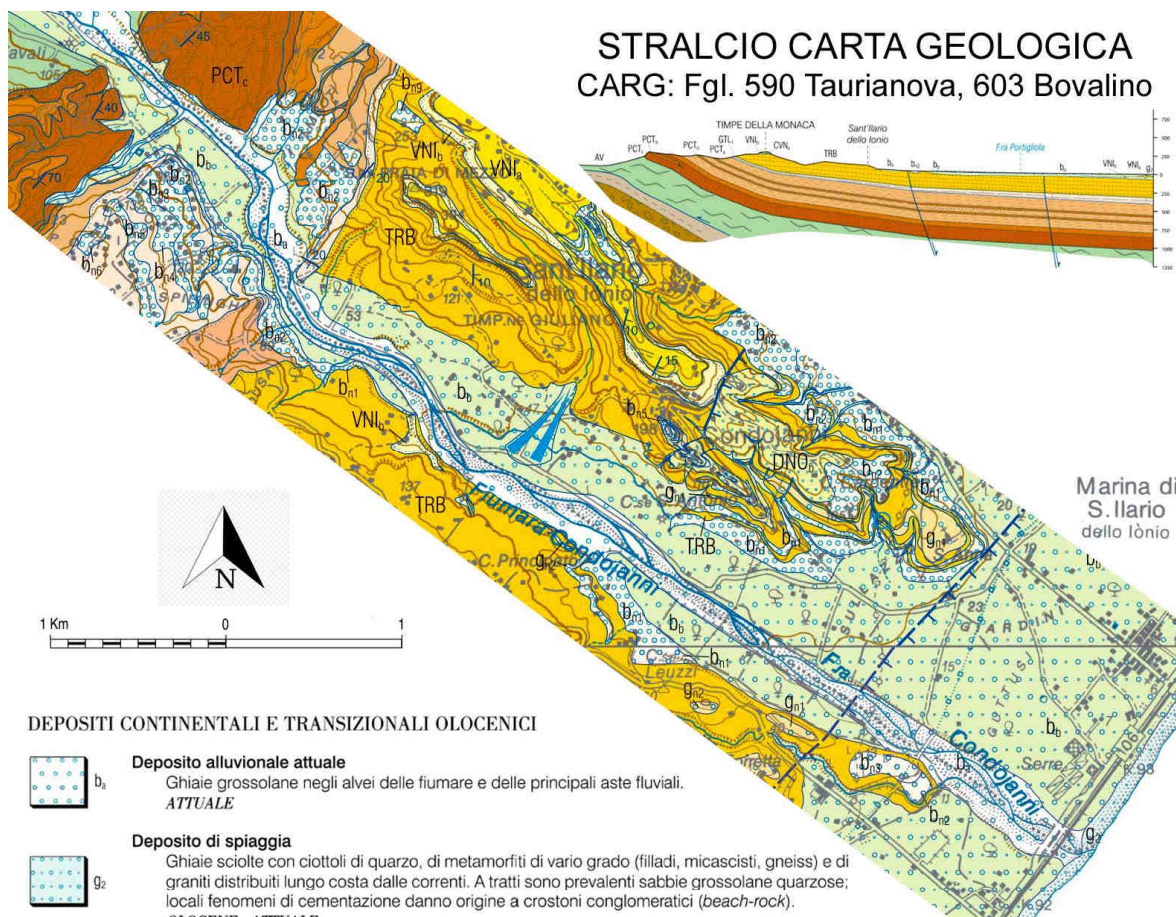
secondi è di qualche metro, ma può raggiungere anche i 4-5 metri nei cordoni di centro alveo, e riguardano prettamente i depositi presenti all'interno degli argini della Fiumara e che sono soggetti a rimobilitazione durante gli eventi di piena.

**Depositi alluvionali recenti e di piana esondabile (b<sub>b</sub>)** dell'Olocene. Si tratta di depositi alluvionali recenti caratterizzati da ghiaie poligeniche ed eterometriche e blocchi con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa eterogranulare, talora si rinvenivano livelli di sabbie pelitiche di derivazione eluviale dalle colline circostanti. Questi depositi, talora terrazzati, sono fissati da vegetazione. Il colore è variabile dal grigio bruno all'avana. Lo spessore nei dintorni dell'area di studio è variabile pochi metri alle decine di metri. Il grado di permeabilità è da elevato a molto elevato.

**Depositi alluvionali attuali (b<sub>a</sub>)** dell'Olocene. Si tratta di depositi alluvionali recenti dei letti fluviali caratterizzati da ghiaie poligeniche ed eterometriche e blocchi con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa eterogranulare. Il colore è variabile dal grigio al grigio bruno. Lo spessore nei dintorni dell'area di studio è variabile da pochi metri alla decina di metri. Il grado di permeabilità è molto elevato. Tale deposito è spesso rimobilizzato in maniera importante durante gli eventi alluvionali.

Nel Sito04 la copertura alluvionale poggia in discordanza erosiva sui terreni del ciclo sedimentario miocenico: della **F.ne di San Pier Niceto (PCT)** del Serravalliano-Tortoniano e del **Calcere di Base (GTL1)** del Messiniano. Mentre scendendo verso mare si ha la presenza dei terreni della **F.ne dei Trubi (TRB)** dello Zancleano-Piacenziano che diventano velocemente il substrato sedimentario locale impermeabile. Tale formazione caratterizza il substrato sedimentario dei siti 03, 02, 01.

## STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG: Fgl. 590 Taurianova, 603 Bovalino



### DEPOSITI CONTINENTALI E TRANSIZIONALI OLOCENICI



#### Deposito alluvionale attuale

Ghiaie grossolane negli alvei delle fiumare e delle principali aste fluviali.  
**ATTUALE**



#### Deposito di spiaggia

Ghiaie sciolte con ciottoli di quarzo, di metamorfiti di vario grado (filladi, micascisti, gneiss) e di graniti distribuiti lungo costa dalle correnti. A tratti sono prevalenti sabbie grossolane quarzose; locali fenomeni di cementazione danno origine a crostoni conglomeratici (*beach-rock*).  
**OLOCENE - ATTUALE**

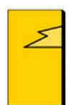


#### Deposito alluvionale recente e di piana esondabile

Ghiaie, ghiaie e sabbie, sabbie e peliti che costituiscono aree di esondazione più o meno estese e depositi di conoidi alluvionali dei principali corsi d'acqua; talora il deposito è colonizzato dalla vegetazione. Nel tratto terminale delle valli questi depositi si collegano direttamente a quelli presenti lungo la costa che costituiscono le piane costiere attuali immediatamente alle spalle dei litorali.  
**OLOCENE**

### SUCCESSIONE ZANCLEANO - PLEISTOCENE INFERIORE *p.p.*

#### TRUBI



Alternanze ritmiche di marne e di calcari marnosi ricchi in plancton calcareo. Intercalata all'interno dell'unità si rinvengono una **litofacies conglomeratica** (TRB<sub>1</sub>) costituita da livelli conglomeratici di spessore metrico, con clasti di natura poligenica (in prevalenza granitoidi), subarrotondati, subordinatamente subangolari, eterometrici fino a blocchi di spessore metrico, immersi in abbondante matrice sabbiosa. Lo spessore è di circa 200 m. I Trubi ricoprono in *onlap* sia i depositi messiniani che le altre unità litostratigrafiche più antiche. Nell'area del Foglio i Trubi contengono abbondanti associazioni a plancton calcareo riferibili a tutto l'intervallo Zancleano (biozone MNN12-14/15 a nannofossili e MPI1-3 a foraminiferi) (CITA, 1975).  
**ZANCLEANO - PIACENZIANO *p.p.***

### SUCCESSIONE TERRIGENA DEL MIocene MEDIO *p.p.* - SUPERIORE *p.p.*

#### FORMAZIONE DI SAN PIER NICETO



La formazione è suddivisa in tre litofacies. **Litofacies conglomeratica** (PCT<sub>1</sub>): conglomerati e sabbie grossolane ben classate; i depositi presentano notevoli variazioni laterali di spessore. I clasti, poligenici e eterometrici, sono prevalentemente a composizione granitica e metamorfica e subordinatamente calcarei e quarzarenitici, immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa di colore bruno scuro; i clasti sono di dimensione da pochi cm fino a metrici, ben arrotondati, talora appiattiti. Lo spessore supera i 200 m. I depositi sono presenti nella parte bassa e talora si ritrovano a diverse altezze stratigrafiche dell'unità. **Litofacies arenaceo-pelitica** (PCT<sub>2</sub>): arenarie arcose medio-grossolane, in strati tra 10 e 40 cm e banchi fino a 3 m alternate a silt-argillosi ed argille marnose; si intercalano lenti conglomeratico-sabbiose e sottili livelli pelitici che passano ad intervalli conglomeratici; localmente nelle bancate arenacee si rinviengono *Clipeaster* sp.; PCT<sub>2</sub> costituisce la parte intermedia ed alta dell'unità. Lo spessore è maggiore di 100 m. Al tetto talora è presente una **litofacies pelitica** (PCT<sub>3</sub>) costituita da argilliti siltose e da alternanze di arenarie fini e grossolane con intercalazioni siltoso-argillose. Lo spessore è variabile, da pochi metri fino a 30-40 m. In generale si tratta della deposizione di correnti di densità in un ambiente prossimale marino (di pendio e base di pendio). PCT è in contatto erosivo e con discordanza angolare su AV e su diversi termini di COD e sulle unità del basamento cristallino. Lo spessore è superiore a 350 m.

Dal punto di vista “*strutturale*” il Bacino della Fiumara Condojanni è situata sul versante orientale della zona di raccordo tra i Massicci delle Serre e dell’Aspromonte. Le caratteristiche geomorfologiche attuali del settore sono strettamente correlate a modificazioni a livello strutturale, rappresentate dall’evoluzione dell’arco calabro e dei bacini ad esso connessi, e da fenomeni regionali di sollevamento e di deformazione tettonica, registrati dai terrazzi marini quaternari e supportati dall’analisi delle successioni sedimentarie ivi presenti. Il settore meridionale della Calabria, si differenzia dal settore settentrionale a partire dal Tortoniano superiore, con l’apertura del bacino tirrenico. In tale periodo l’Arco calabro, già completamente costituito nella sua struttura a falde, migra rapidamente verso l’area oceanica ionica che subduce sotto il margine esterno della catena (Finetti e Del Ben 1986, Patacca e Scandone 1989). I confini dell’Arco, inteso come elemento crostale neogenico cinematicamente indipendente, sono tradizionalmente identificati con i grandi binari trascorrenti, rispettivamente sinistro e destro, della linea del Pollino a NE e della linea di Taormina a SO.

La dinamica superficiale miopliocenica, registrata negli ampi bacini sedimentari che occupano le depressioni tettoniche assiali e trasversali alla catena, rivela la prevalenza di deformazioni estensionali con direzione di trasporto tettonico verso SO. L'assenza di forti deformazioni compressive sul fronte

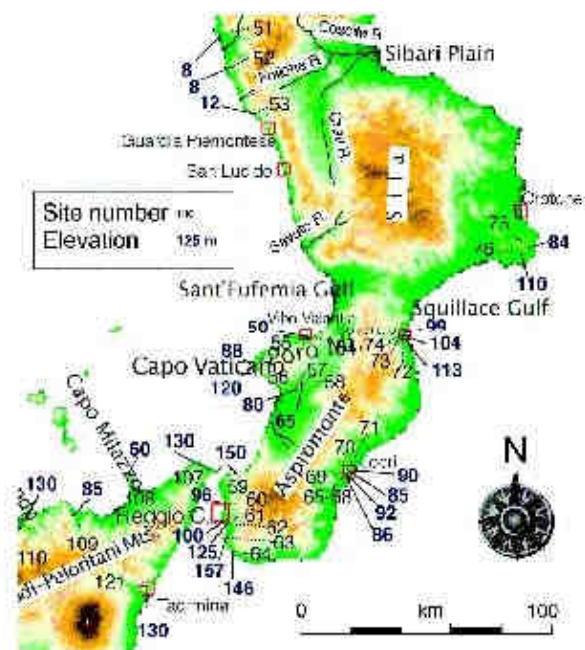
esterno e la geometria molto inclinata del piano di Benioff delineato dalla sismicità sub-crostante (Guerra et alii 1991) indicano fenomeni di subduzione passiva della placca ionica



cui si correlano movimenti di roll-back della catena calabro peloritana (Malinverno e Ryan 1986; Anderson e Jackson 1987). L'ultima fase di costruzione dell'Arco Calabro-Peloritano inizia verso la fine del Pleistocene inferiore in concomitanza con il verificarsi di un insieme di fenomeni geologici di interesse regionale. In questo periodo iniziano a formarsi gli edifici vulcanici attuali dell'Etna e delle isole Eolie, si attivano i vulcani sottomarini Palinuro e Marsili, il centro di espansione del Tirreno si sposta dall'area centrale (edifici del Magnaghi e del Vavilov) all'area sud-orientale (edificio del Marsili), come svincolo cinematico settentrionale della placca calabra la linea di Palinuro si sostituisce alla linea del Pollino mentre il trasporto tettonico passa dalla direzione NO-SE a O-E. In conseguenza di questi eventi l'Arco Calabro subisce una serie di fasi tettoniche distensive e trascorrenti che portano ad una sua segmentazione ad opera di importanti sistemi di faglie organizzate secondo sistemi longitudinali e trasversali rispetto alle direttrici strutturali della catena calabra. A seguito di tali deformazioni in Calabria e nei mari circostanti si chiudono buona parte dei bacini mio-pliocenici allungati in direzione SO-NE, e ad opera del nuovo schema strutturale si sviluppano nuovi bacini sedimentari continentali e marini, sia longitudinali (bacino del Crati, del Mesima, di Crotone-Capo Spartivento, di Paola-Gioia) sia trasversali (fossa del basso Crati-Sibari, fossa di Catanzaro, fossa di Siderno).

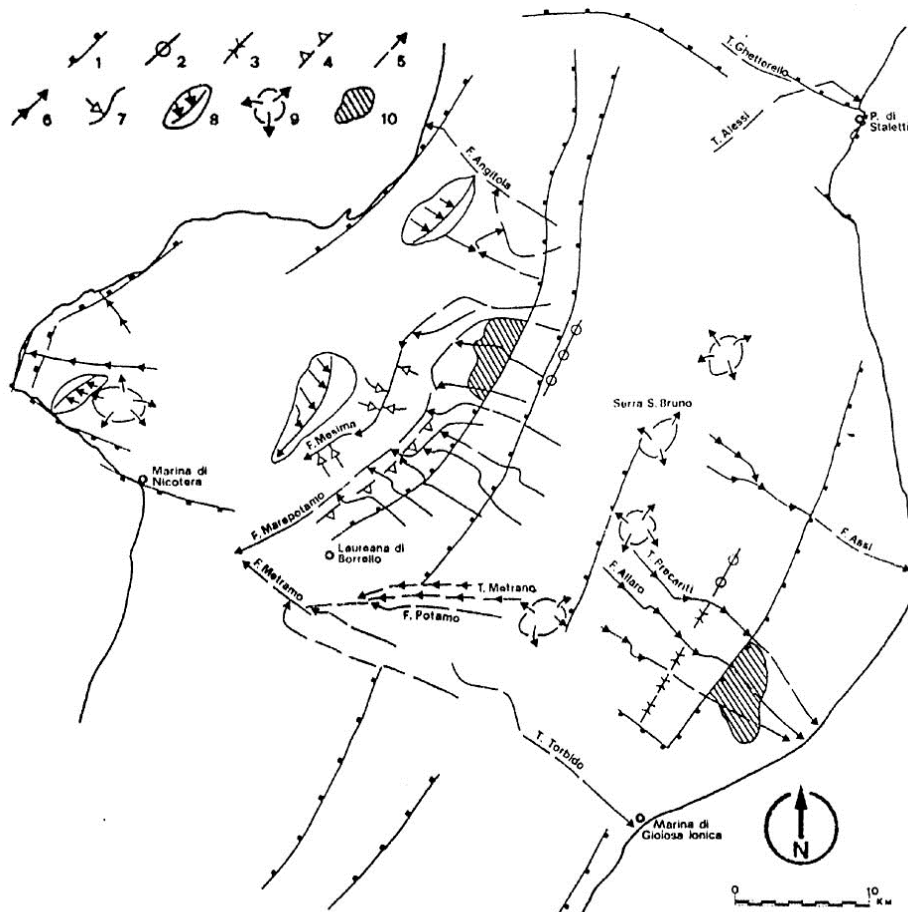
Il settore a partire dal Pleistocene medio-superiore ha assunto il carattere di area in sollevamento, con sviluppo di superfici continentali terrazzate. Come detto in tale ultimo periodo la quasi totalità della Calabria risulta emersa e tende al sollevamento generalizzato. Nei blocchi della catena già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

parallelamente alla costa, incisioni vallive profonde, da reticolati idrografici a carattere



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

centrifugo (Ghisetti, 1980, 1981) ed è interessato a mare da uno sviluppo contenuto della piattaforma, di dimensioni ristrette. I sistemi di faglie in direzione NE-SW e N-S che sino al Pleistocene inferiore controllavano la ripartizione tra aree del bacino e zone emerse, proseguono la loro attività con meccanismi normali, separando le aree in erosione da quelle in sedimentazione continentale. Esse assumono maggiore sviluppo nel margine ionico meridionale, che presentano rigetti di modesta entità, peraltro compatibili con una attivazione in tempi recenti. Particolare attività assumono le faglie, a direzione NW-SE e compresa tra E-W e WNW-ESE, del bordo ionico, quelle che delimitano a nord la Fossa di Catanzaro e le faglie normali attive sul bordo nord-orientale delle Serre, che sembrano controllare il sollevamento differenziale del Blocco delle Serre nei confronti della Fossa di Catanzaro.



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



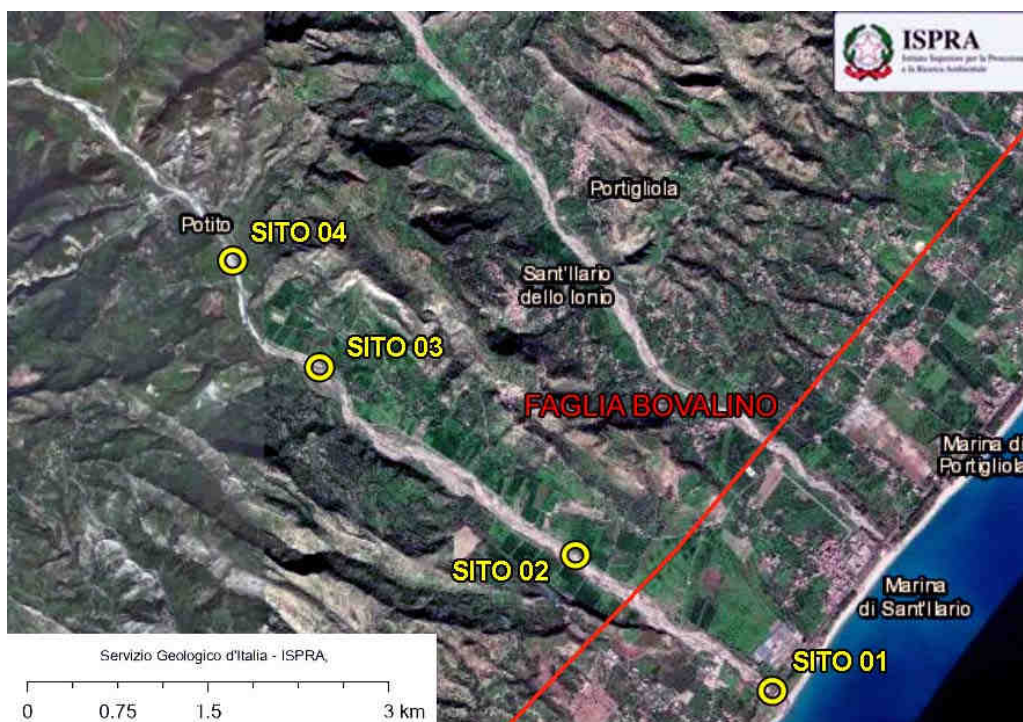
I principali sistemi di faglie ritenuti attivi, che delimitano i blocchi maggiormente sollevati nei confronti di settori soggetti a prevalenti alluvionamento continentale, dislocano livelli continentali medio-suprapleistocenici ed esercitano un netto controllo morfologico. Sono in particolare da segnalare le scarpate rettilinee, alte fino a 200-300 metri, che si accompagnano ai sistemi Maida-Laureana di Borrello, Sinopoli-Cosoleto e Marina di Nicotera-Gioiosa Ionica, ed il controllo operato da questi sullo sviluppo del reticolo idrografico. Dalle Serre all'Aspromonte si individua un asse di sollevamento diretto da NE-SW a ENE-WSW. Nel tratto più meridionale esso viene a corrispondere con lo spartiacque attuale ed è inoltre messo in evidenza dai basculamenti dei terrazzi pleistocenici. Nelle Serre, invece, l'asse di massimo sollevamento è spostato verso est rispetto allo spartiacque attuale. L'analisi della geometria delle superfici basali dei terrazzi continentali pleistocenici ha permesso di indicare, nel complesso, la tendenza all'inarcamento dei blocchi più sollevati di Capo Vaticano, delle Serre e dell'Aspromonte nei confronti delle aree di alluvionamento attuale. Il sollevamento indicato dai basculamenti è globalmente divergente rispetto all'attuale linea di spartiacque, mentre un'area di sollevamento minimo si può localizzare anche nella porzione assiale della Fossa del Mesima. Come già accennato l'area si trova nella valle della Fiumara Torbido e risente, principalmente, dell'influenza della struttura tettonica trasversale con direzione prevalente NW-SE del Sistema di Nicotera-Gioiosa.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "*Italy HAZard from Capable faults*". L'adeguata conoscenza della cronologia dell'attività delle faglie è cruciale nella definizione di schemi strutturali per finalità sismotettoniche. Per le aree analizzate, l'intervallo cronologico scelto affinché si possa ritenere un elemento strutturale di sicuro interesse in ambito sismotettonico è il Pleistocene superiore-Olocene (a partire dall'ultimo massimo glaciale, ca. 18000-23000 anni BP). La scelta di questo intervallo cronologico "stretto" rende pressoché sicura la pertinenza dell'elemento strutturale rappresentato con il regime deformativo in atto. Inoltre essa è



direttamente legata alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dei settori interessati dalle faglie rappresentate. La maggior parte di queste faglie, infatti, interessa versanti montuosi e spesso disloca depositi di versante. E' ormai ampiamente riconosciuto che la più cospicua produzione detritica recente nell'Italia peninsulare è da riferire a fasi deposizionali prossime all'ultimo massimo glaciale nel contesto di una dinamica periglaciale. Pertanto le successioni detritiche, talvolta assai spesse, riferibili al contesto cronologico citato costituiscono dei serbatoi di informazione sull'attività delle faglie negli ultimi millenni.

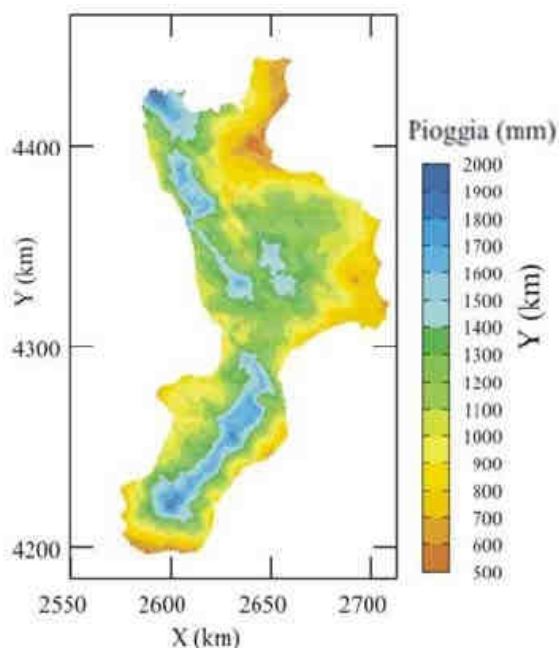
In particolare, nei pressi dell'area di studio, il sistema sismogenetico considerato attivo è il *Sistema Stilo-Bovalino* (Cat. ITHACA). Morfologicamente la struttura è costituita da un sistema di faglie normali di direzione NE-SW, lungo circa 54 Km, con uno slip rate verticale minimo dell'ordine di 0,2 mm/a, uno spessore dello strato sismogenetico di circa 5-15 Km ed ultima attività nota del sistema nel Quaternario. Nello specifico il sito d'intervento più vicino alla faglia è il Sito02 che, nel tratto più vicino, si trova a circa 500 metri a NW del segmento Faglia Bovalino. La **Faglia Bovalino** (Sistema Stilo-Bovalino) individuata con il codice 38700, presenta una direzione circa NE-SW (N30), uno sviluppo di circa 18.0 Km, un cinematismo di tipo normale con debole immersione in direzione SE ed uno slip-rate di 0.2 mm/a, mentre l'ultima attività nota è del Pleistocene sup.



Quindi la porzione di studio della Fiumara Condojanni, neotettonicamente, rientra nell'influenza delle strutture tettoniche potenzialmente attive e capaci suddette. Dato che l'ultima attività nota di tali faglie risale al pleistocene superiore e non vi sono studi che evidenziano un'attività risalente negli ultimi 40.000 anni, esse verranno considerate potenzialmente attive. In ogni caso, data la distanza, di circa 0.5 Km, l'area di studio si può considerare non a pericolosità sismica per effetti coosismici dovuti alla presenza di faglie attive e capaci.

## 2.2. Caratteristiche meteo-climatiche

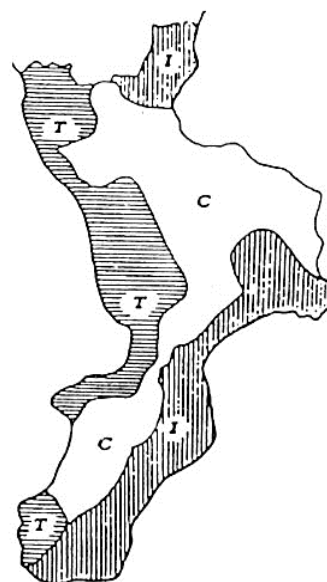
La Calabria ha, in generale, un clima temperato in cui le zone litoranee ed i versanti prospicienti il mare hanno un clima tipicamente mediterraneo (inverni miti ed estati calde e siccitose). Le zone interne, invece, sono caratterizzate da inverni più freddi e piovosi ed estati calde e siccitose. La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



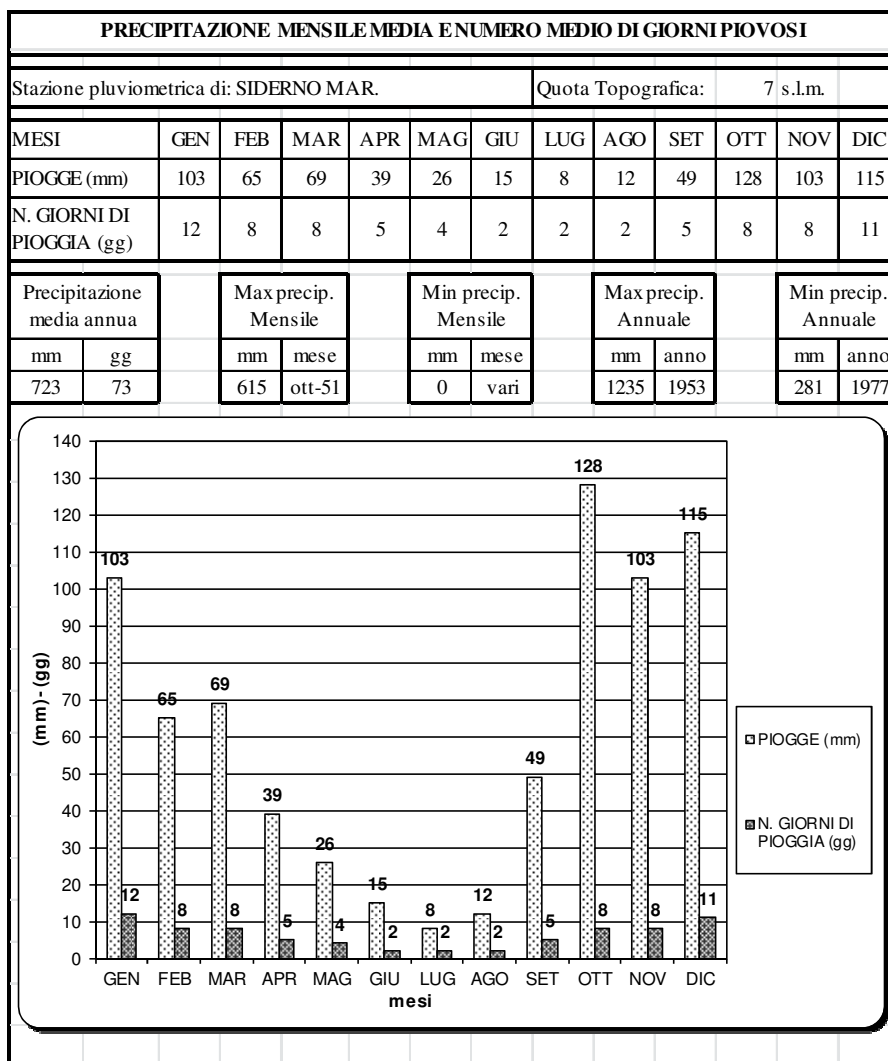
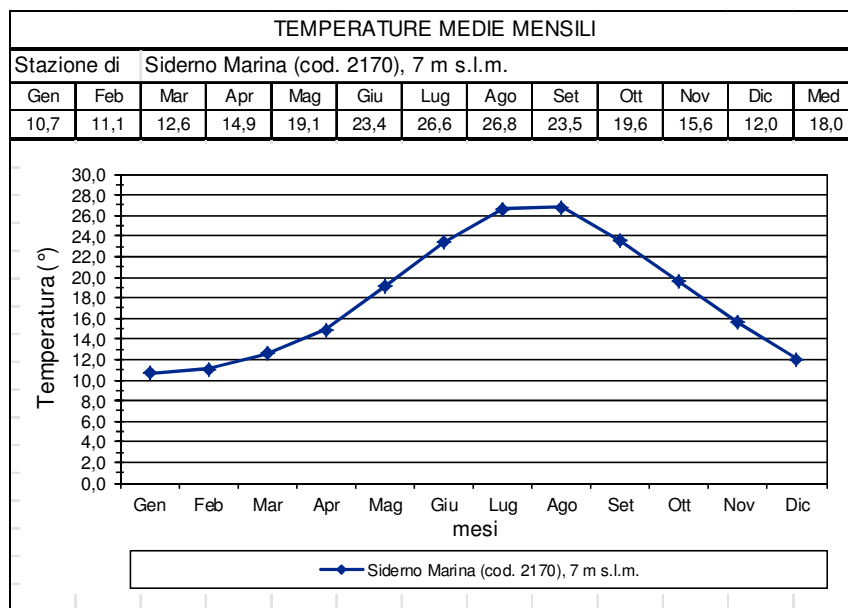
Le temperature più elevate si rilevano nella fascia ionica mentre sulla fascia tirrenica, a causa della maggiore influenza delle correnti provenienti dall'atlantico, si registrano temperature più miti e precipitazioni più frequenti. I caratteri climatici della regione sono fortemente condizionati dall'orografia disposta in modo da produrre un effetto significativo sulle masse di aria umida provenienti da N-W o S-E. La presenza di catene montuose a sviluppo prevalentemente lineare che si innalzano rapidamente dal livello del mare fino alle quote medie di 1000-1500 m, provoca la rapida ascensione dell'aria umida con precipitazioni rilevanti sul lato esposto. Le precipitazioni medie annue oscillano tra gli oltre 2000 mm di pioggia per le stazioni nella parte alta del

versante occidentale della catena costiera ed i circa 600 mm per le stazioni sulla costa ionica. In Sila si hanno precipitazioni medie annue intorno ai 1600 mm. Le perturbazioni provenienti da SE che colpiscono la zona ionica sono in genere legate a fenomeni meteorologici più complessi e producono nubifragi con maggiore intensità. Il versante ionico risulta, comunque, sensibilmente meno piovoso di quello tirrenico.

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



Per quanto riguarda gli elementi climatici dell'area di studio, lo studio termopluviometrico è stato condotto consultando la Banca dati del *Centro Funzionale Multirischi della Calabria* raffrontata con le carte di sintesi delle *Distribuzione delle temperature medie annue in Calabria* e della *Distribuzione della precipitazione media annua in Calabria* tratte da: “*Le precipitazioni in Calabria (1921-1980)*”, D. Caloiero et al. 1990 CNR-IRPI Cosenza. Per l'area in esame sono stati adottati, in quanto per altitudine e distanza sono stati ritenuti i più idonei: i dati termo-pluviometrici della stazione di Siderno Marina. Mediamente la temperatura per il periodo analizzato varia tra i 10°-12° del periodo invernale ed i 24°-26° del periodo estivo, con una media annuale di circa 18°.



I valori di precipitazione media annua, per l'area di studio, si attestano intorno ai 723 millimetri di pioggia con 73 giorni piovosi. In particolare per tale periodo di osservazione il mese e l'anno più piovosi risultano rispettivamente l'ottobre del 1951 (615 mm) e il 1953 (1235 mm); l'anno con minore precipitazione è il 1977 (281 mm), mentre sono stati vari i mesi a precipitazione nulla.

Dall'analisi delle piogge intense si evince che l'area di studio è soggetta quasi periodicamente nei mesi tra ottobre e febbraio-marzo ad eventi pluviometrici d'elevata intensità ed elevati valori di millimetri di pioggia rilasciati che in zone a bassa regimentazione delle acque conducono all'instaurarsi di fenomeni di dissesto.

### **2.3. Caratteri morfologici, morfodinamici, idrologici ed idrogeologici.**

Le condizioni geologiche generali trovano un diretto riscontro nei caratteri geomorfologici ed in particolare nei fenomeni morfogenetici nel complesso della loro dinamica evolutiva. L'impianto geomorfologico è stato determinato in maniera preponderante dagli eventi tettonici, dall'assetto stratigrafico e dalle associazioni geologiche, mentre la sua evoluzione più o meno rapida è stata determinata dalle interazioni e sovrapposizioni di diversi elementi morfologici, dai diversi schemi idrogeologici, dai caratteri geolitologici peculiari di questo bacino, dalle azioni antropiche. L'idrografia in generale ha andamento ortoclinale rispetto alle strutture tettoniche principali che sono parallele alla linea di riva del Mar Jonio. Il grado di gerarchizzazione dei corsi d'acqua appare essere piuttosto elevato, si evidenziano in qualche caso esempi di rotture evidenziate da bruschi mutamenti di direzione delle aste.

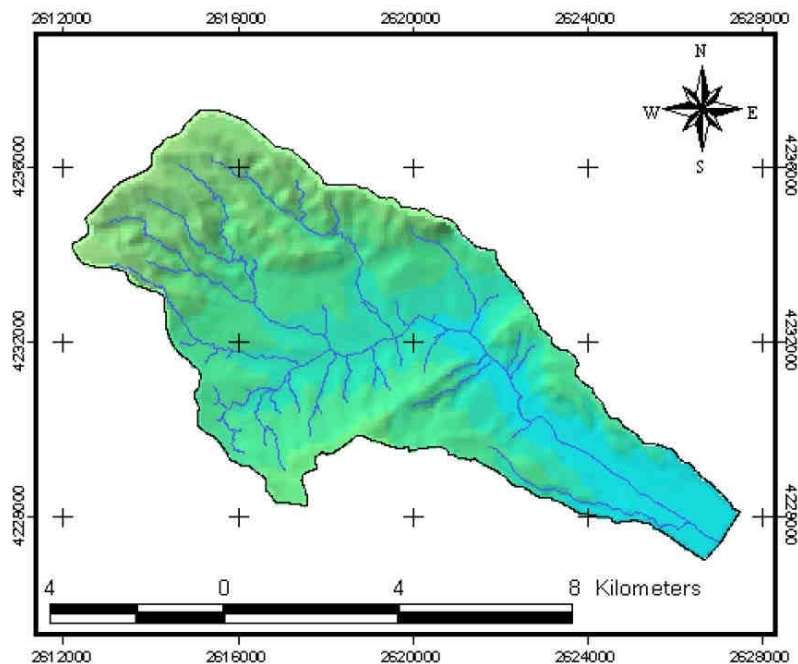
L'area di studio, posta tra le quote di 77.0 metri e 2.00 metri s.l.m., riguarda il tratto terminale dell'alveo della Fiumara Condojanni, circa 7.0 Km, che presenta una direzione NW-SE e sfocia nel Mar Jonio tra gli abitati di Marina di Sant'Ilario a nord e Ardore Marina a sud. In particolare i siti in esame ricadono all'interno dell'alveo fluviale e sono situati ad una quota media s.l.m. di: Sito 01- 2.00 metri; Sito 02 - 22.0 metri; Sito 03 - 50.0 metri; Sito 04 - 75 metri. Morfologicamente l'area trasversalmente si presenta pianeggiante, anche se solcata da canali erosivi che determinano anche scarpate di qualche

metro di altezza. In senso longitudinale la pendenza media dell'alveo è dell'ordine dell'1.0%. Fenomeni di dissesto, date le caratteristiche morfologiche (acclività prossima allo 0.00%), interessano i versanti ad acclività elevata che delimitano la piana alluvionale. I fenomeni che si riscontrano vanno dai piccoli fenomeni di soil slip estremamente superficiali (primi 0,5-1,0 metri di coltre superficiale estesi per aree di qualche metro quadrato), sino a vere e proprie frane traslazionali o rototraslazionali. Secondo gli studi effettuati dall'Autorità di Bacino Regionale nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), **i siti d'intervento non risultano a rischio e/o pericolo di Frana.**

La morfologia dei versanti e l'andamento pluviometrico determinano un deflusso delle acque, nel Mar Jonio, attraverso numerose aste torrentizie tutte allineate in direzione ortogonale alla linea di costa. Il deflusso delle acque, conformemente all'andamento pluviometrico, è quello caratteristico delle fiumare con un regime torrentizio che alterna: periodi di piena, coincidenti con la stagione delle piogge; a lunghi periodi di secca. A seguito di violenti nubifragi tali corsi d'acqua possono crescere impulsivamente nel giro di poche ore *flash floods*. I bacini idrografici di queste fiumare hanno dimensioni relativamente contenute, ciò influisce sull'energia e l'intensità dei fenomeni a cui sono soggetti. La notevole pendenza dei primi 30 Km dalla costa, che raggiunge valori di 40°, in associazione con il regime climatico caratterizzato da intense precipitazioni influisce sull'energia e l'intensità dei fenomeni erosionali (produzione di sedimenti), sul trasporto sedimentario fluviale (solitamente stagionale) e sullo sviluppo di morfologie a mare erodendo e creando, in modo violento, ampi sistemi di canyon sulla stretta piattaforma marina e la cui testata va a collocarsi molto vicino alla linea di costa.

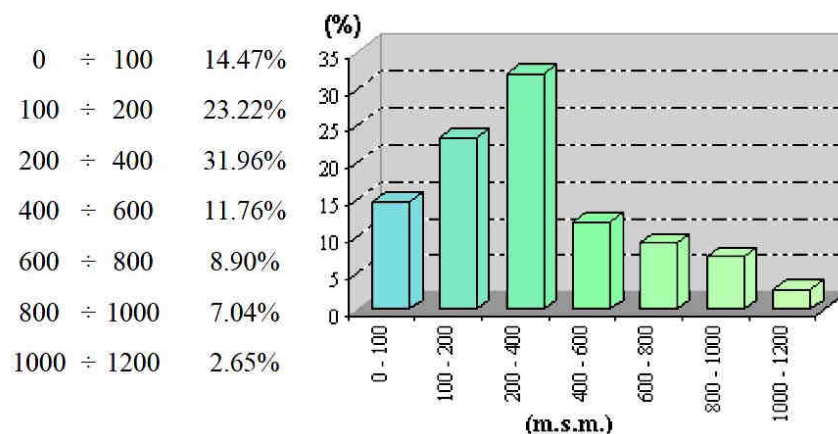
Il bacino della Fiumara Condoiani (codice 428) ha una estensione planimetrica complessiva di 66.526 Km<sup>2</sup>, con sezione di chiusura coincidente con la foce del Mar Ionio. Il perimetro dell'intero spartiacque è pari a 43.88 Km e la lunghezza della sua asta principale è di circa 18,54 Km con una pendenza media del 9%. Il valore della densità di drenaggio è 4,92 Km/Km<sup>2</sup> (dati estrapolati da "Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria"). Il bacino presenta una forma particolarmente allungata, evidenziata da un coefficiente di forma (Gravelius) pari a 1.90.





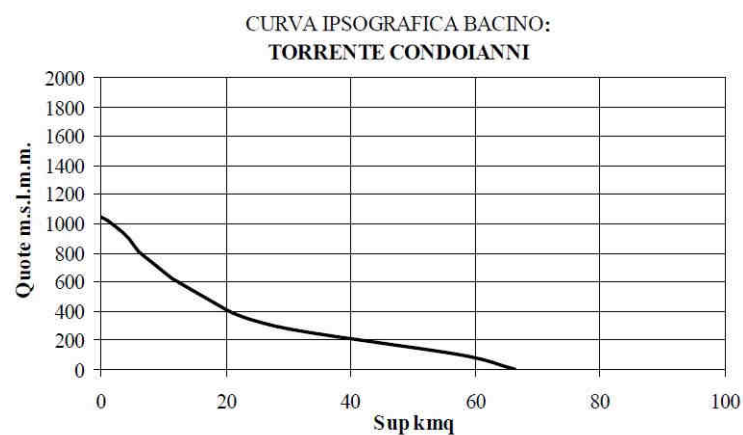
A partire dal modello digitale del terreno del bacino, con risoluzione spaziale pari 80 m, è stata realizzata una caratterizzazione altimetrica del bacino le cui quote minima, massima e media sono risultate rispettivamente pari a  $H_{min} = 1.0$  m.s.m.,  $H_{max} = 1050$  m.s.m.,  $H_{med} = 344.2$  m.s.m. L'analisi delle quote del DTM del bacino, inoltre ha mostrato le seguenti classi altimetriche:

Distribuzione delle fasce altimetriche del bacino del torrente Condoiani.



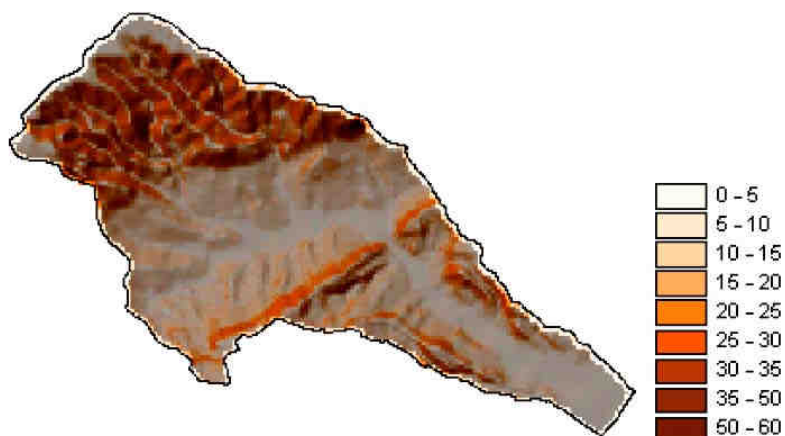
La stessa distribuzione delle quote ha consentito di ricavare la curva ipsometrica.



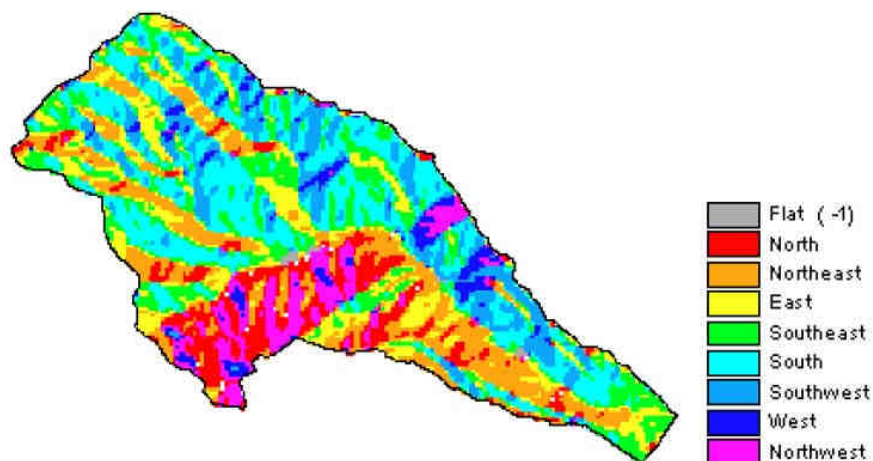


Dalla matrice altimetrica, opportunamente elaborata con procedure di calcolo finalizzate all'analisi dei dati spazialmente distribuiti, sono state ricavate informazioni utili circa la pendenza e l'esposizione dei versanti.

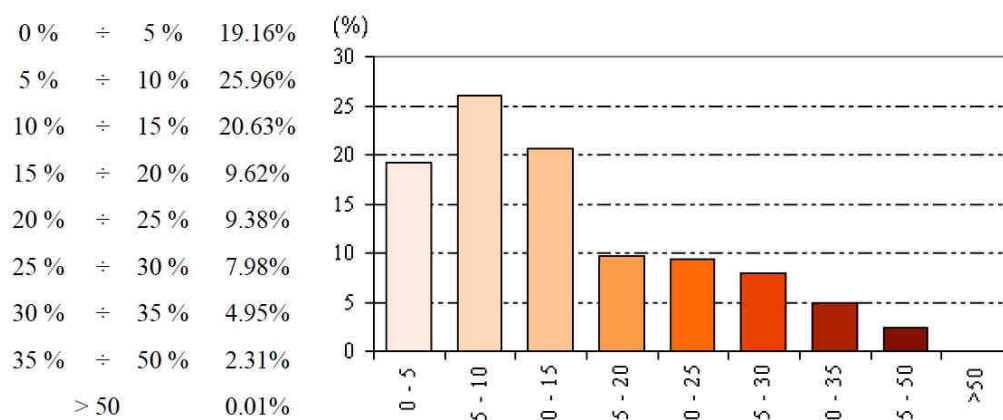
Distribuzione spaziale delle pendenze dei versanti del bacino del torrente Condoianni.



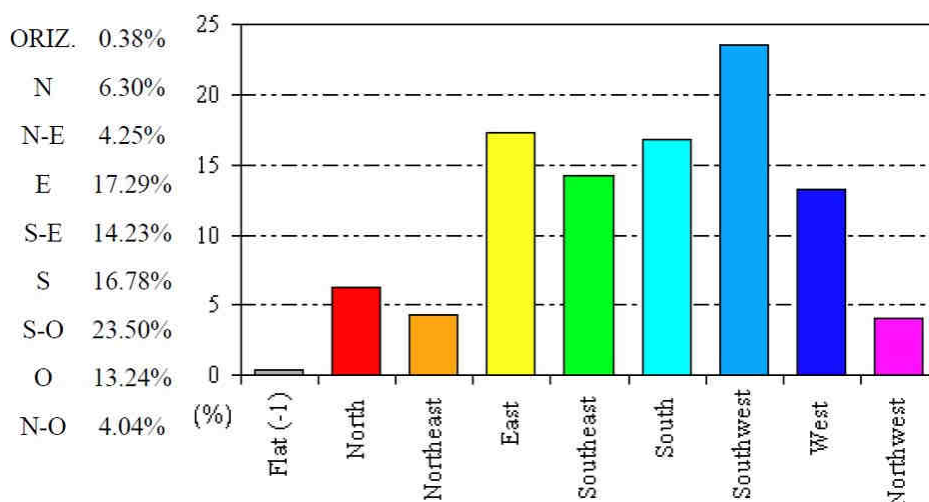
Distribuzione spaziale delle esposizioni dei versanti del bacino del torrente Condoianni.



La distribuzione spaziale dei valori della pendenza dei versanti del bacino della Fiumara Condojanni ha mostrato, per le classi considerate, le seguenti percentuali:



Analogamente, si è determinata la distribuzione spaziale delle esposizioni del bacino, le cui distribuzioni percentuali sono di seguito riportate



Le caratteristiche idrologiche stimate per il bacino della Fiumara Condojanni, derivate dai dati termo-pluviometrici delle stazioni di competenza, sono riportati nella tabella seguente dove figurano i valori medi mensili dei parametri: precipitazione, temperatura ed evapotraspirazione.

Valori medi mensili di precipitazione, temperatura ed evapotraspirazione del bacino in esame.

	<b>Pioggia [mm]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Evapotraspirazione [mm]</b>
<i>gennaio</i>	194.14	11.26	43.09
<i>febbraio</i>	151.14	11.02	47.6
<i>marzo</i>	143.14	12.84	77.5
<i>aprile</i>	86.5	13.3	88.8
<i>maggio</i>	47.97	19.22	131.44
<i>giugno</i>	21.72	21.8	157.5
<i>luglio</i>	14.45	24.36	178.25
<i>agosto</i>	22.93	25.64	169.57
<i>settembre</i>	76.84	22.53	113.4
<i>ottobre</i>	159.53	18.44	81.84
<i>novembre</i>	194.68	16.63	56.4
<i>dicembre</i>	203.52	11.65	41.54

La Fiumara Condojanni presenta un regime idraulico tipico delle fiumare del territorio Calabrese con periodi di magra o addirittura di secca, durante la stagione estiva, e periodi di piena improvvisa in concomitanza delle precipitazioni intense e/o di lunga durata. Le cospicue acque di ruscellamento superficiale che con numerose aste torrentizie alimentano l'asta centrale della fiumara, nella porzione di studio (ultimi 7.0 Km) sono ulteriormente alimentate dal ruscellamento superficiale sui versanti argillosi impermeabili che delimitano lateralmente la piana alluvionale fluviale.

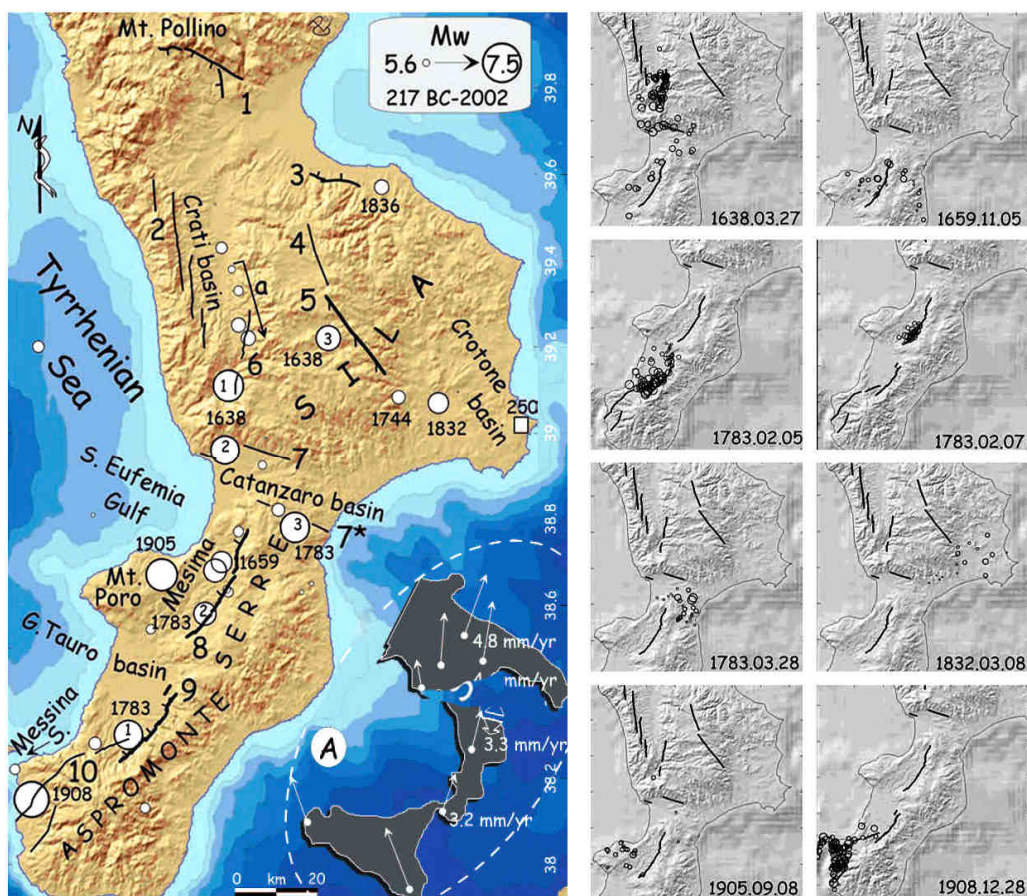
Come le altre fiumare della zona anche la Fiumara Condojanni presenta le peculiarità tipiche delle fiumare. Si ha una breve lunghezza ed elevata pendenza nel tratto montano che determina, durante gli eventi pluviometrici estremi, eventi di piena brevi ed improvvisi con erosione e trasporto a valle di un'ingente quantitativo di materiale solido grossolano e blocchi anche di dimensione metrica. Le acque torbide di questi eventi di piena, una volta sfociate nei tratti vallivi, a pendenze più blande, rilasciano il materiale più grossolano e pesante che generalmente determina un sovralluvionamento dell'alveo. Tali depositi, anche metrici di materiali sciolti, durante i mesi più piovosi dell'anno risentono della elevata portata della fiumara che determina un deflusso delle acque in zone incanalate che variano la loro posizione planimetrica, stagionalmente, all'interno dell'alveo fluviale. Questa è la causa principale del dissesto che subiscono le opere di arginatura lungo l'alveo. Infatti l'accumulo di materiale nella fase calante della piena, oblitera i canali di deflusso delle acque ed alla successiva piena ne vengono, per erosione, creati di nuovi che possono anche

scorrere lungo l'argine creando erosione sulle fondazioni e successivo crollo. L'elevato trasporto solido del corso d'acqua è testimoniato anche dalla zona di accumulo alla foce che durante gli eventi di piena crea una protuberanza di materiale verso mare che puntualmente nei giorni e mesi successivi viene smantellata dalla dinamica costiera con redistribuzione lungo le spiagge. Per questo motivo è essenziale una manutenzione dell'aveo nelle zone di fondovalle, dove gli accumuli di materiale sono più importanti, con pulitura e riprofilatura dell'alveo di deflusso delle acque centralmente ed accumulo del materiale di risulta addossato agli argini a bordo alveo. In questo modo si ripristina il normale deflusso delle acque e si protegge gli argini laterali da fenomeni di erosione. Secondo gli studi effettuati dall'Autorità di Bacino Regionale nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), **l'area risulta come Area d'Attenzione a rischio e/o pericolo idraulico**. Comunque gli **interventi sono fattibili** per come riportato nel paragrafo 1.2. *Compatibilità dell'area di studio con il P.A.I. "Piano di Assetto Idrogeologico della Calabria" e con il P.S.E.C. Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera*".

Data la variabilità litologica il grado di permeabilità non è uniforme nell'area. I litotipi conglomeratici-sabbiosi della piana alluvionale fluviale, anche se presenti lenti sabbioso limose, in generale, sono da permeabili a molto permeabili, con coefficiente di permeabilità  $K > 10^{-2}$  m/s, e sono sede di una falda freatica posta a bassa profondità. I litotipi argillosi delle colline circostanti e del substrato su cui poggia la copertura alluvionale sono a permeabilità da bassa a molto bassa con coefficiente di permeabilità  $K 10^{-6} - 10^{-8}$  m/s. Tali litologie essendo quasi del tutto impermeabili favoriscono il ruscellamento piuttosto che l'infiltrazione, per cui le acque meteoriche provenienti da monte ruscellano sugli stessi senza infiltrarsi per poi essere drenati dai terreni situati a valle caratterizzati da una permeabilità maggiore. La poca acqua che si infiltra defluisce sub superficialmente in direzione ortogonale all'asse della fiumara, e va ad alimentare l'acquifero alluvionale. Nei depositi alluvionali, sede dell'acquifero alluvionale, all'interno della falda, si instaura una circolazione idrica con deflusso in direzione NW-SE, verso la costa. La falda acquifera dalle indagini eseguite può essere posizionata ad una profondità di circa 9.0-10.0 metri (tomografie elettriche) e si trova dentro un acquifero che ha uno spessore, nelle aree di studio, massimo e minimo di 5.0-20.0 metri con base impermeabile costituita da terreni argillosi di spessore notevole e superiore ai 50-60 metri.

## 2.4. Sismicità e pericolosità sismica di base dell'area.

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



Distribuzione dei terremoti con  $M_w > 5.5$  modificata da WORKING GROUP CPTI (2004) e delle principali strutture sismogenetiche note. In grassetto quelle certe, ovvero quelle per le quali siano state effettuate analisi paleosismologiche. La freccia (a) indica la sequenza sismica occorsa nel XVIII-XIX secolo da nord verso sud nella valle del Crati. I numeri 1-2-3 all'interno degli epicentri del 1638 e 1783 indicano le scosse del 27-28 Marzo e 9 Giugno 1638 e 5-7 Febbraio e 28 Marzo 1783. Il simbolo quadrato nel Crotonese indica il terremoto dedotto da analisi archeosismologiche da GALLI et alii (2006a) e ivi datato intorno alla metà del III secolo d.C. -- (A) sono visualizzate le velocità GPS calcolate da D'AGOSTINO & SELVAGGI (2004). La differenza tra le velocità della Puglia e della Calabria centro-meridionale evidenziano un'estensione intermedia di  $\sim 1.5$  mm/anno, di cui  $\sim 2/3$  potrebbero essere accomodate dal sistema di faglie silane e del Pollino. -- Distribuzione degli effetti maggiori dell'8-9 grado MCS per i diversi terremoti della Calabria e principali faglie con attività quaternaria (mod. da GALLI & BOSI, 2002).



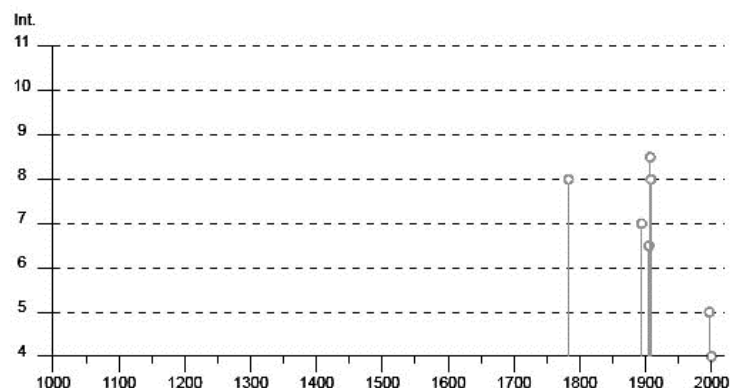
Il grado di distruzione raggiunto in occasione degli eventi del 1783 e del 1908 è in assoluto uno tra i più elevati in tutta l'area mediterranea. La quasi totalità dei terremoti calabresi noti è avvenuta, però, solo a partire dal XVII secolo, con un'iniziale sequenza che dal 1638 al 1908 ha devastato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

Per la definizione dei caratteri della sismicità storica della zona si è preso a riferimento il Comune di Ardore e Sant'Ilario dello Ionio. I terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area di indagine dal 1000 in poi (*Catalogo dei Forti Terremoti in Italia*, Boschi et alii 1997) si possono osservare dalla tabella del *Database Macrosismico Italiano* DBMI15 di seguito riportata. L'intensità è da riferirsi alla scala Mercalli Modificata che è basata sull'osservazione degli effetti superficiali, causati da un terremoto.

#### Sant'Ilario dello Ionio

PlaceID	IT_65773	Provincia	Reggio di Calabria
Coordinate (lat, lon)	38.218, 16.195	Regione	Calabria
Comune (ISTAT 2015)	Sant'Ilario dello Ionio	Numero di eventi riportati	7

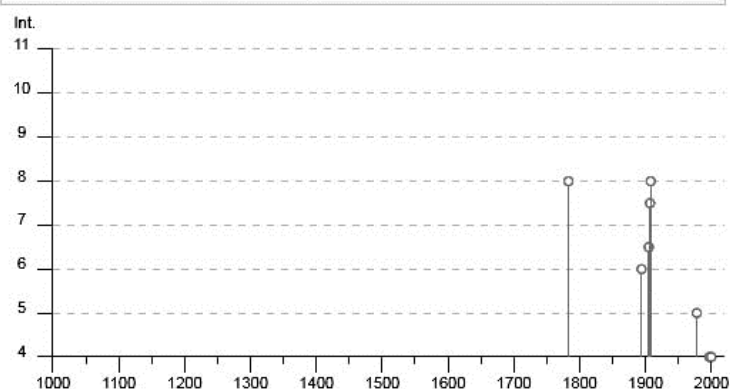
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	☞ 1783	02	05	12			Calabria meridionale	356	11	7.10
7	☞ 1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12
6-7	☞ 1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
8-9	☞ 1907	10	23	20	28	1	Aspromonte	274	8-9	5.96
8	☞ 1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
5	☞ 1997	09	03	23	15	4	Calabria meridionale	83	5-6	4.38
4	☞ 2000	03	17	03	52	4	Calabria meridionale	52	5	4.05



### Ardore

PlaceID IT\_65185 Provincia Reggio di Calabria  
 Coordinate (lat, lon) 38.191, 16.168 Regione Calabria  
 Comune (ISTAT 2015) Ardore Numero di eventi riportati 15

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	1783	02	05	12			Calabria meridionale	356	11 7.10
6	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9 6.12
NF	1898	08	12				Sicilia nord-orientale	69	6-7 4.82
6-7	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11 6.95
7-8	1907	10	23	20	28	1	Aspromonte	274	8-9 5.96
8	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11 7.10
NF	1909	11	08	23	45		Calabria meridionale	12	4-5 3.93
NF	1950	12	09	14	45	3	Stretto di Messina	6	5-6 4.40
NF	1953	02	25	00	07	4	Vibonese	56	5-6 4.88
NF	1968	07	17	19	11	1	Calabria centrale	27	5 4.30
5	1978	03	11	19	20	4	Aspromonte	126	8 5.22
4	1997	09	03	23	15	4	Calabria meridionale	83	5-6 4.38
3-4	1997	10	02	04	50	1	Calabria meridionale	31	5 3.98
4	2000	03	17	03	52	4	Calabria meridionale	52	5 4.05
2-3	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641	5.42



Dalla bibliografia esistente il Comune di Ardore e Sant'Ilario dello Ionio per la normativa antisismica, *Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*, era classificato come Zona sismica di

prima categoria S=12 con k=0,10. Con l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modificazioni, viene riclassificato come Zona sismica I con  $ag=0,35$ . Di seguito viene riportato il record afferente al Comune di Ardore e Sant'Ilario dello Ionio (Elenco dei Comuni ad elevato rischio sismico ai sensi dell'art. 12 della Legge 27.12.1997, n. 449 contenuto nell'*Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*).

Codice ISTAT	Regione	Provincia	Comune	Popolazione residente (1991)	Abitazioni (1991)	Grado di Sismicità	Data di classificazione	Indice di rischio	Intensità massima osservata (MCS)
18080005	CALABRIA	REGGIO CALABRIA	ARDORE	5037	3616	12	18/04/09	0.1803	9
18080082	CALABRIA	REGGIO CALABRIA	SANTILARIO DELLO IONIO	1565	1058	12	18/04/09	0.1915	9

Dal Rapporto Conclusivo (aprile 2004) per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'*Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*, nell' Allegato 1B "*Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale*", riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s). In tale elaborato l'area di sedime è compresa nel tratto di territorio ricadente nella fascia di accelerazione massima:  $0,175 < a_{max} < 0,225$ . Il D.M. del 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", nell'*Allegato B: "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica"*, la Tabella 1 fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri **ag**, **F0**, **T\*c** da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

Dato che il Sito 02 prevede interventi strutturali mentre negli altri siti sono previsti solo interventi di pulitura e/o movimentazione di materiale sciolto in alveo. Visto, data la vicinanza tra i siti, che la differenza dei parametri sismici del Sito02 con gli altri siti è praticamente trascurabile. Di seguito si farà riferimento a tale sito per la definizione della



pericolosità sismica di base dell'area. Secondo l'NTC2018, l'area di studio (SITO 01) Datum ED50: lat. 38.201630° N, lon. 16.199920° E, ricade all'interno dei punti del reticolo di riferimento nazionale riportati in tab. 01.

Tab. 01 -- Punti del reticolo di riferimento nazionale				
Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	44775	38.202300	16.156680	3779.15
2	44776	38.200720	16.220140	1769.70
3	44554	38.250690	16.222190	5791.65
4	44553	38.252280	16.158700	6684.62

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

Tab. 02 -- Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_c^*$ per i periodi di ritorno TR di riferimento			
TR (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (---)	$T_c^*$ (s)
30	0.052	2.347	0.278
50	0.068	2.338	0.303
72	0.081	2.361	0.319
101	0.097	2.357	0.330
140	0.114	2.359	0.339
201	0.136	2.361	0.350
475	0.199	2.403	0.369
975	0.266	2.420	0.390
2.475	0.368	2.480	0.430

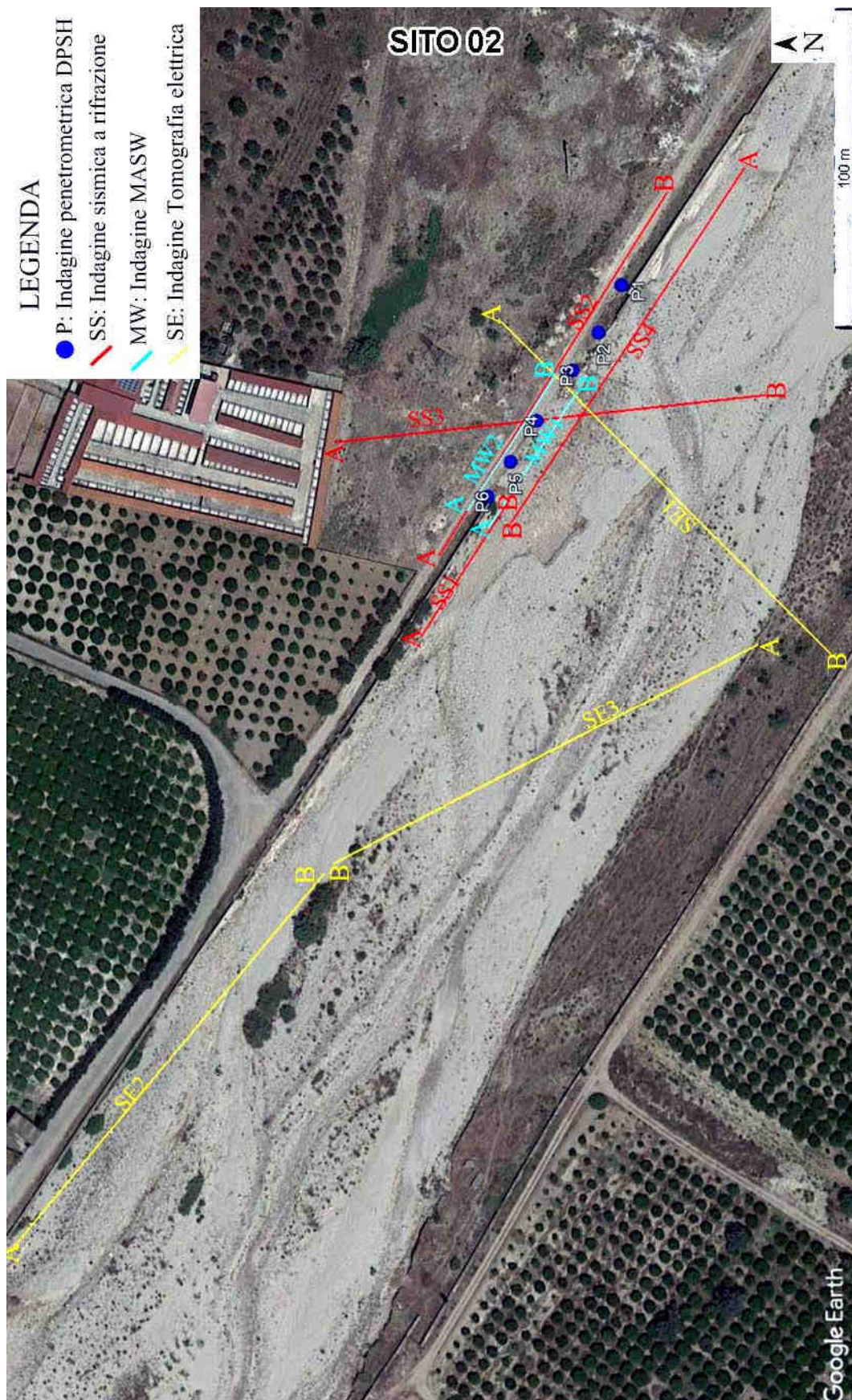
Per la definizione di tutti i parametri inerenti alla pericolosità sismica di base del sito di studio si rimanda alla “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II)” allegata agli elaborati progettuali.

### **3. MODELLO LITOTECNICO E RISPOSTA SISMICA LOCALE.**

#### **3.1. Definizione del modello litotecnico di riferimento.**

Per la ricostruzione del modello litotecnico dell'area il rilievo geologico è stato integrato con l'esecuzione d'indagini geognostiche e geofisiche. In particolare in base agli interventi da effettuare nei veri siti sono state effettuate le seguenti indagini:

- SITO 01 – Pulitura dell'alveo fluviale da vegetazione che intralcia il normale deflusso delle acque. Nessuna indagine;
- SITO 02 – Sistemazione alveo fluviale con movimentazione del materiale superficiale per il ripristino dell'efficienza idraulica e ricostruzione di tratti di muro d'argine crollati. N. 3 tomografie elettriche (SE01, SE02, SE03); N. 4 sismiche superficiali attive a rifrazione in onde P (SS01, SS02, SS03, SS04); N. 2 sismiche superficiali attive con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW01, MW02); N. 6 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (P01, P02, P03, P04, P05, P06);
- SITO 03 - Sistemazione alveo fluviale con movimentazione del materiale superficiale per il ripristino dell'efficienza idraulica.
  - SITO 03A - N. 1 sismiche superficiali attive a rifrazione in onde P (SS01); N. 1 sismiche superficiali attive con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW01);
  - SITO 03B - N. 1 sismiche superficiali attive a rifrazione in onde P (SS01); N. 1 sismiche superficiali attive con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW01);
- SITO 04 - Sistemazione alveo fluviale con movimentazione del materiale superficiale per il ripristino dell'efficienza idraulica. N. 1 sismiche superficiali attive a rifrazione in onde P (SS01); N. 1 sismiche superficiali attive con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW01);



**Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE**

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





Di seguito si riporta la loro sintesi per ogni sito d'intervento.

## **SITO 02**

- **SE01** – tomografia elettrica - Lo stendimento tomografico ha raggiunto una profondità massima di indagine di 29.0 m dal piano campagna attuale. La restituzione dei profili di resistività ha messo in evidenza una eteropia latero-verticale della resistività e la presenza di una probabile falda acquifera in corrispondenza dei livelli meno resistivi. I livelli più resistivi possono essere ricondotti per lo più a depositi sciolti riferibili a ghiaie e sabbie poco conduttive. I livelli meno resistivi potrebbero essere ricondotti alla presenza di terreni saturi con locali porzioni resistive, caratteristiche generalmente dei terreni alluvionali, l'ultimo livello si colloca su una fascia di resistività intermedia.
  - Fino a 2.5m circa di profondità è caratterizzato da un livello resistivo.
  - Fino a circa 3-4m si ha un livello basso resistivo
  - Fino a 7-8m livello in cui sono presenti aree altamente resistive
  - Fino a 15-20m livello in cui domina una bassa resistività
  - Oltre 15-20m livello mediamente resistivo
- **SE02** – tomografia elettrica - Lo stendimento tomografico ha raggiunto una profondità massima di indagine di 29.0 m dal piano campagna attuale. La restituzione dei profili di resistività ha messo in evidenza una eteropia latero-verticale della resistività e la presenza di una probabile falda acquifera in corrispondenza dei livelli meno resistivi. I livelli più resistivi possono essere ricondotti per lo più a depositi sciolti riferibili a ghiaie e sabbie poco conduttive. I livelli meno resistivi potrebbero essere ricondotti alla presenza di terreni saturi con locali porzioni resistive, caratteristiche generalmente dei terreni alluvionali, l'ultimo livello si colloca su una fascia di resistività intermedia.
  - Fino a 3.0m circa di profondità è caratterizzato da un livello resistivo.
  - Fino a circa 5.0m si ha un livello basso resistivo
  - Fino a 9.0-14m livello in cui sono presenti aree altamente resistive



- Fino a 21.0-23.0m livello in cui domina una bassa resistività
- Oltre 21.0-23.0m livello mediamente resistivo
- **SE03** – tomografia elettrica - Lo stendimento tomografico ha raggiunto una profondità massima di indagine di 28.5 m dal piano campagna attuale. La restituzione dei profili di resistività ha messo in evidenza una eteropia latero-verticale della resistività e la presenza di una probabile falda acquifera in corrispondenza dei livelli meno resistivi. I livelli più resistivi possono essere ricondotti per lo più a depositi sciolti riferibili a ghiaie e sabbie poco conduttive. I livelli meno resistivi potrebbero essere ricondotti alla presenza di terreni saturi con locali porzioni resistive, caratteristiche generalmente dei terreni alluvionali, l'ultimo livello si colloca su una fascia di resistività intermedia.
  - 1Fino a 2.0-2.5m circa di profondità è caratterizzato da un livello resistivo.
  - Fino a circa 5.0m si ha un livello basso resistivo
  - Fino a 9.0-10.0m livello in cui sono presenti aree altamente resistive
  - Fino a 12.0-20.0m livello in cui domina una bassa resistività
  - Oltre 12.0-20.0m livello mediamente resistivo
- **SS01** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 14.5 metri. La geometria dei riflettori sismici è all'incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 4 orizzonti sismici principali.
  - Fino a 2.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 650 m/sec.
  - Fino ai 6.0m circa, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 1200 m/sec circa.
  - Fino ai 12.0m, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  raggiungono i 1500 m/sec circa

- Oltre 12.0 m e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp superiori a 1700m/sec.
- **MW01** – Multichannel Analysis of Surface Waves - Tabella indicativa dei moduli elastici dinamici medi ricavati dalle velocità delle onde sismiche

	1-fino a 1.8m	2- fino a 6.0m	3-fino a 12.60m	4-fino a 32.0m	5-oltre 32.0m
Coefficiente di Poisson $\mu$	0,32	0,30	0,27	0,26	0,26
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	150	300	385	460	550
Modulo di incompressibilità dinamico Kd (Mpa)	73,11	322,46	531,08	775,78	1134,25
Modulo di Young Ed (Mpa)	115,83	503,1	809,45	1173,11	1715,17
Modulo di Rigidità G (Mpa)	43,88	193,50	318,68	465,52	680,62

- **SS02** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 45 metri. La geometria dei riflettori sismici è all'incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 5 orizzonti sismici principali.
  - Fino a 6.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali Vp raggiungono i 650 m/sec.
  - Fino a 11.0-12.0m circa, un intervallo in cui le velocità Vp aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali Vp raggiungono i 1200 m/sec circa.
  - Fino ai 19.0m, un intervallo in cui le velocità Vp raggiungono i 1500 m/sec circa.
  - Fino ai 32.0 m , un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp di circa 2500m/sec.
  - Oltre 32.0 m e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp superiori a 2500m/sec.
- **MW02** – Multichannel Analysis of Surface Waves - Tabella indicativa dei moduli elastici dinamici medi ricavati dalle velocità delle onde sismiche

	1-fino a 1.5m	2- fino a 6.30m	3-fino a 12.00m	4-fino a 30.5m	5-oltre 30.0m
Coefficiente di Poisson $\mu$	0,32	0,3	0,27	0,26	0,26
Velocità onde trasversali $V_s$ (m/sec)	250	335	380	465	650
Modulo di incompressibilità dinamico $K_d$ (Mpa)	203,103	402,09	517,37	792,74	1584,20
Modulo di Young $E_d$ (Mpa)	321,75	627,33	788,56	1198,75	2395,57
Modulo di Rigidità $G$ (Mpa)	121,88	241,28	310,46	475,70	950,62

- **SS03** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d’investigare una profondità massima di circa 45 metri. La geometria dei riflettori sismici è all’incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 5 orizzonti sismici principali.
  - Fino a 6.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 650 m/sec.
  - Fino a 11.0-12.0m circa, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 1200 m/sec circa.
  - Fino ai 20.0m, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  raggiungono i 1500 m/sec circa.
  - Fino ai 29.0 m , un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde  $V_p$  di circa 2500m/sec.
  - Oltre 29.0 m e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde  $V_p$  superiori a 2500m/sec.
- **SS04** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d’investigare una profondità massima di circa 35 metri. La geometria dei riflettori sismici è all’incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 5 orizzonti sismici principali.

- Fino a 2.0-3.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 650 m/sec.
- Fino ai 6.0-8.0m circa, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 1200 m/sec circa.
- Fino ai 12.0-15m, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  raggiungono i 1500 m/sec circa
- Variabile da 25 e fino ai 29.0-30.0 m , un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde  $V_p$  di circa 2500m/sec.
- Oltre 29.0-30.0 m e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde  $V_p$  superiori a 2500m/sec.
- **P01** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 4.20 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.40	26.25	Inc.	1.66	2.02	31.34	0.00	155.07	120.72	0.30
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.40-4.20	52.50	Inc.	1.87	2.15	32.09	0.00	272.15	238.85	0.25
rifiuto	6.20-6.30									

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	17.33	186.86	Inc.	0.00	2.12	2.26	0.25	1.51	26.25	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
4.2	34.00	366.55	Inc.	0.00	2.50	2.50	0.73	1.54	52.50	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.4										rifiuto

- **P02** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 4.40 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	c (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.60	27.04	Inc.	1.67	2.02	31.45	0.00	158.6	124.28	0.30
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.60-4.40	55.75	Inc.	1.89	2.16	32.06	0.00	286.64	253.48	0.24
rifiuto	4.40-4.60									

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.6	17.85	189.08	Inc.	0.00	2.13	2.28	0.28	1.51	27.04	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
4.4	36.11	367.74	Inc.	0.00	2.50	2.50	0.78	1.54	55.75	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.6										rifiuto

- **P03** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 4.10 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	c (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.10	26.06	Inc.	1.66	2.02	31.32	0.00	154.23	119.87	0.30
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.10-4.20	51.51	Inc.	1.86	2.15	32.14	0.00	267.73	234.39	0.25
rifiuto	4.20-4.40									

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.1	17.20	185.43	Inc.	0.00	2.12	2.25	0.22	1.51	26.06	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
4.2	33.36	359.68	Inc.	0.00	2.50	2.50	0.71	1.54	51.51	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.4										rifiuto

- **P04** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 4.40 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.



Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	c (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.00	31.01	Inc.	1.71	2.05	31.98	0.00	176.3	142.15	0.29
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.00-4.40	55.71	Inc.	1.89	2.16	32.18	0.00	286.47	253.29	0.24
rifiuto	4.40-4.60									

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.0	20.70	223.16	Inc.	0.0	2.18	2.4	0.22	1.50	31.01	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
4.4	36.08	389.00	Inc.	0.0	2.50	2.5	0.74	1.54	55.71	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.6										rifiuto

- **P05** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 3.80 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.

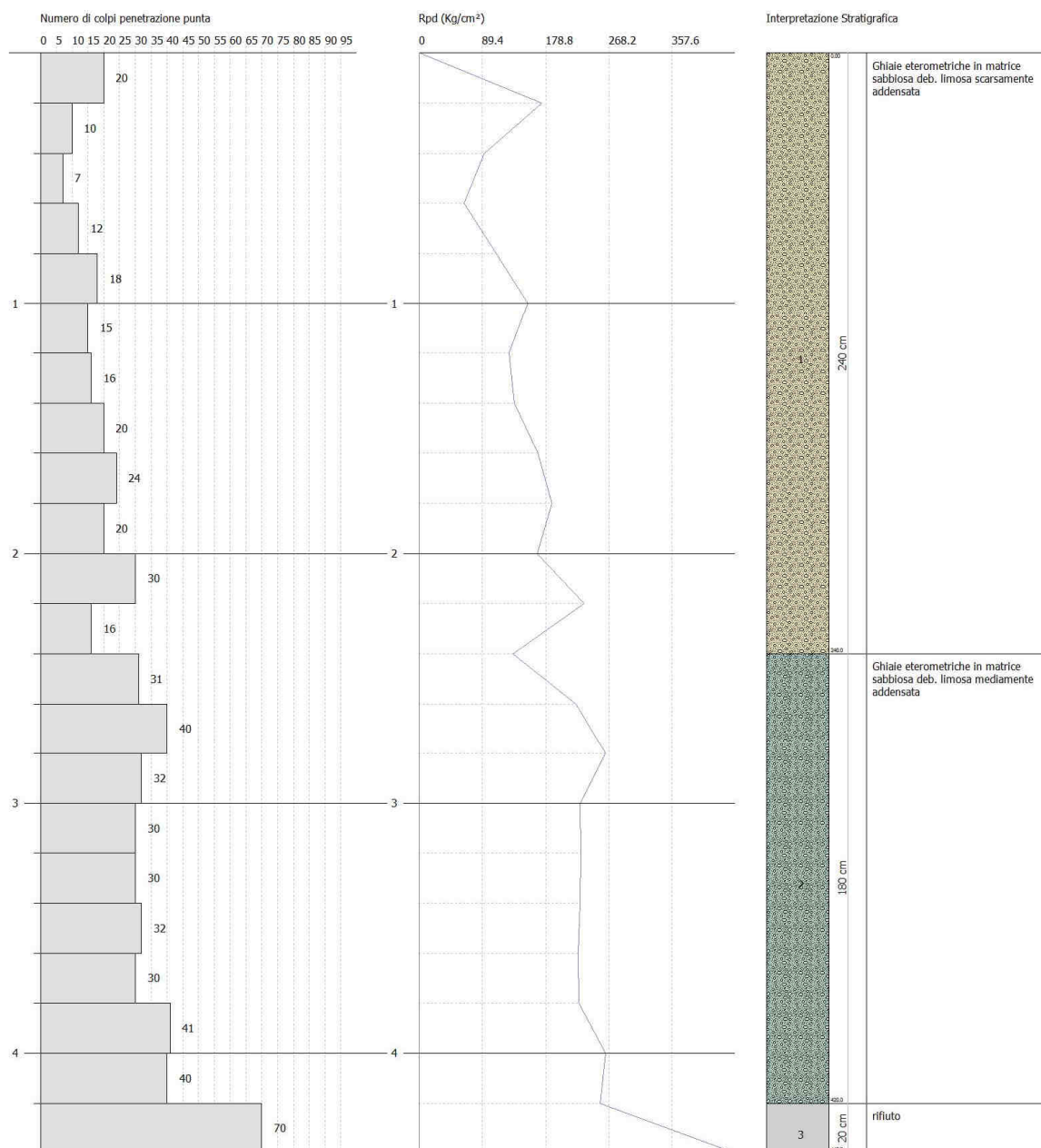
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	c (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.40	27.01	Inc.	1.67	2.02	31.45	0.00	158.46	124.15	0.30
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.40-3.80	55.14	Inc.	1.88	2.16	32.31	0.00	283.92	250.73	0.24
rifiuto	3.80-4.00									

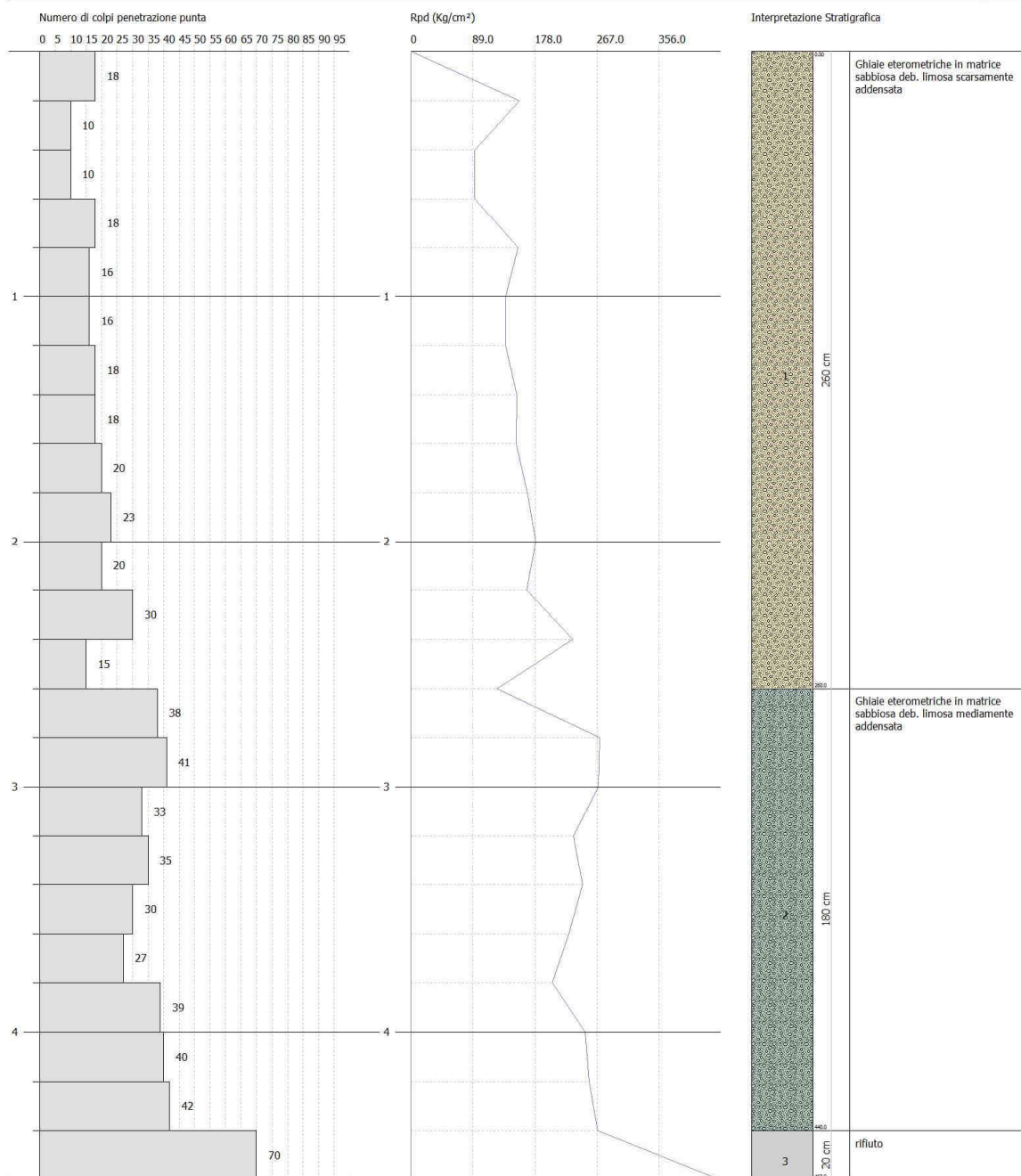
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	17.83	192.26	Inc.	0.00	2.13	2.28	0.26	1.51	27.01	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
3.8	35.71	385.03	Inc.	0.00	2.50	2.50	0.69	1.54	55.14	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.0										rifiuto

- **P06** – Prova penetrometrica dinamica superpesante Dpsh – La prova ha consentito d’investigare una profondità massima di 4.40 metri, falda assente. Si sono individuati 2.0 strati principali.

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata	0.00-2.40	31.06	Inc.	1.71	2.05	31.98	0.00	176.53	142.37	0.29
Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata	2.40-4.40	60.90	Inc.	1.91	2.17	32.22	0.00	309.61	276.65	0.23
rifiuto	4.40-4.60									

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	20.5	221	Inc.	0	2.18	2.41	0.26	1.51	31.06	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa scarsamente addensata
4.4	39.44	425.23	Inc.	0	2.5	2.5	0.77	1.54	60.9	Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa deb. limosa mediamente addensata
4.6										rifiuto

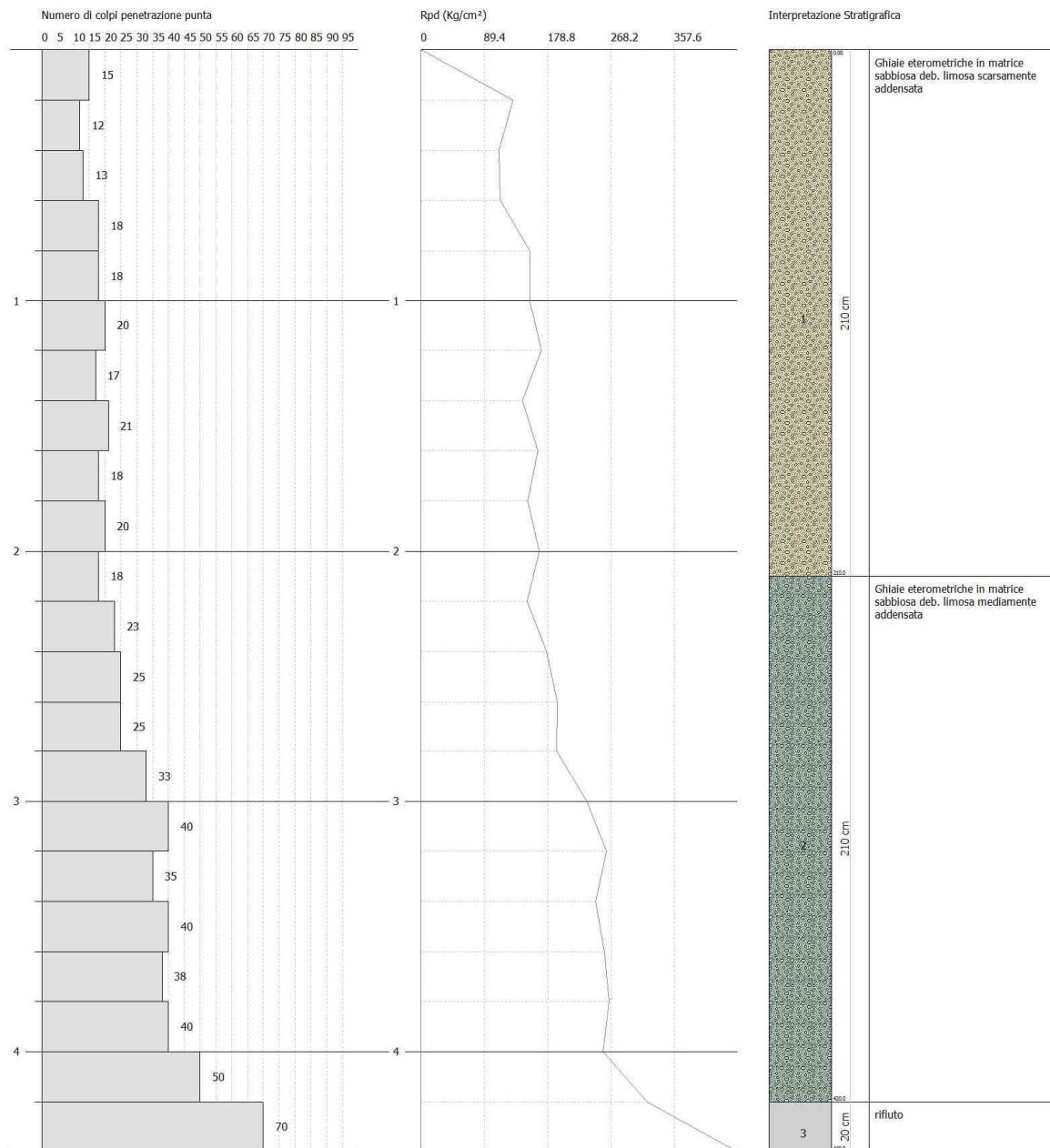




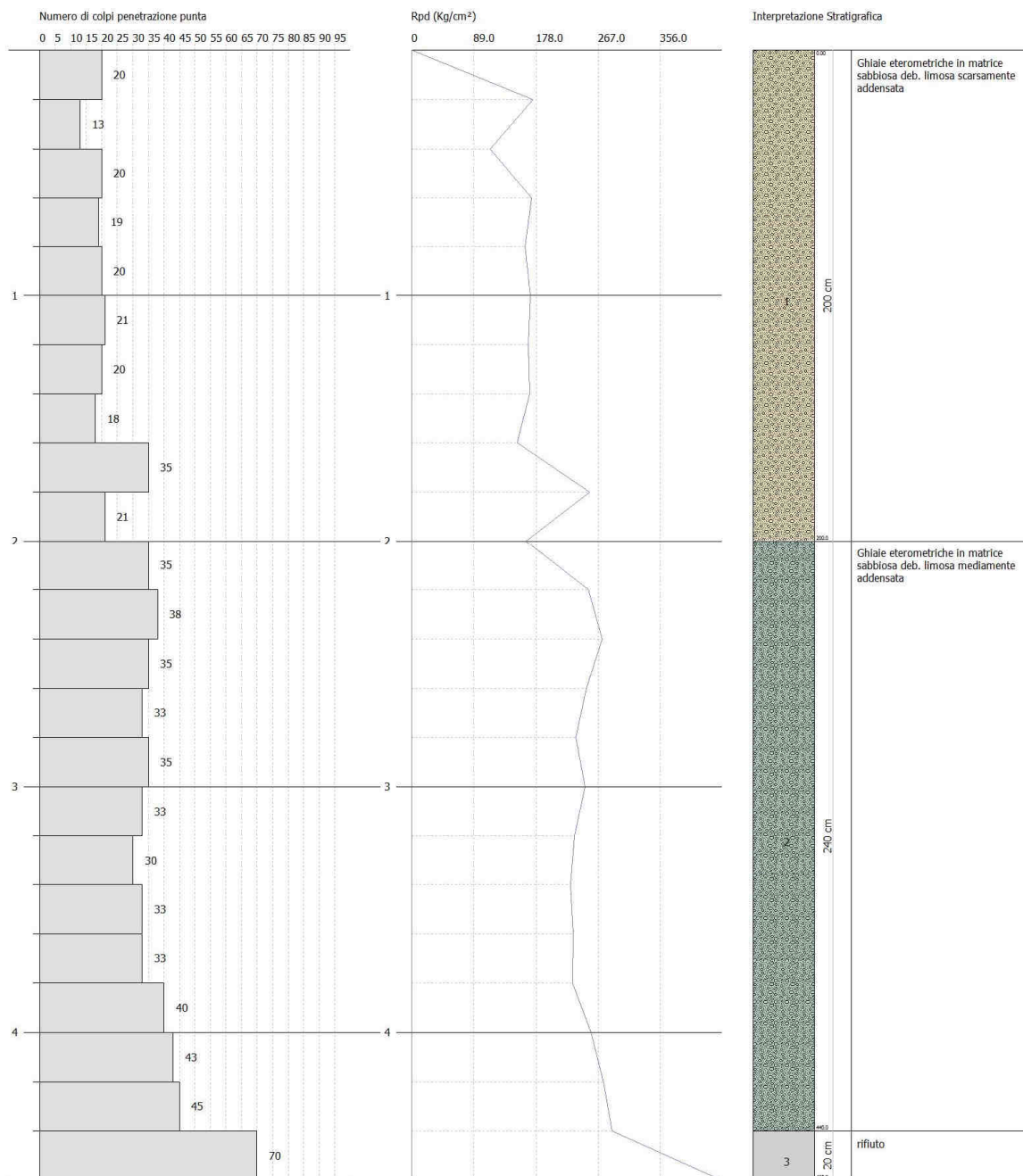
Committente: Città Metropolitana di Reggio Calabria  
Descrizione: Fiumara Condojanni  
Località:

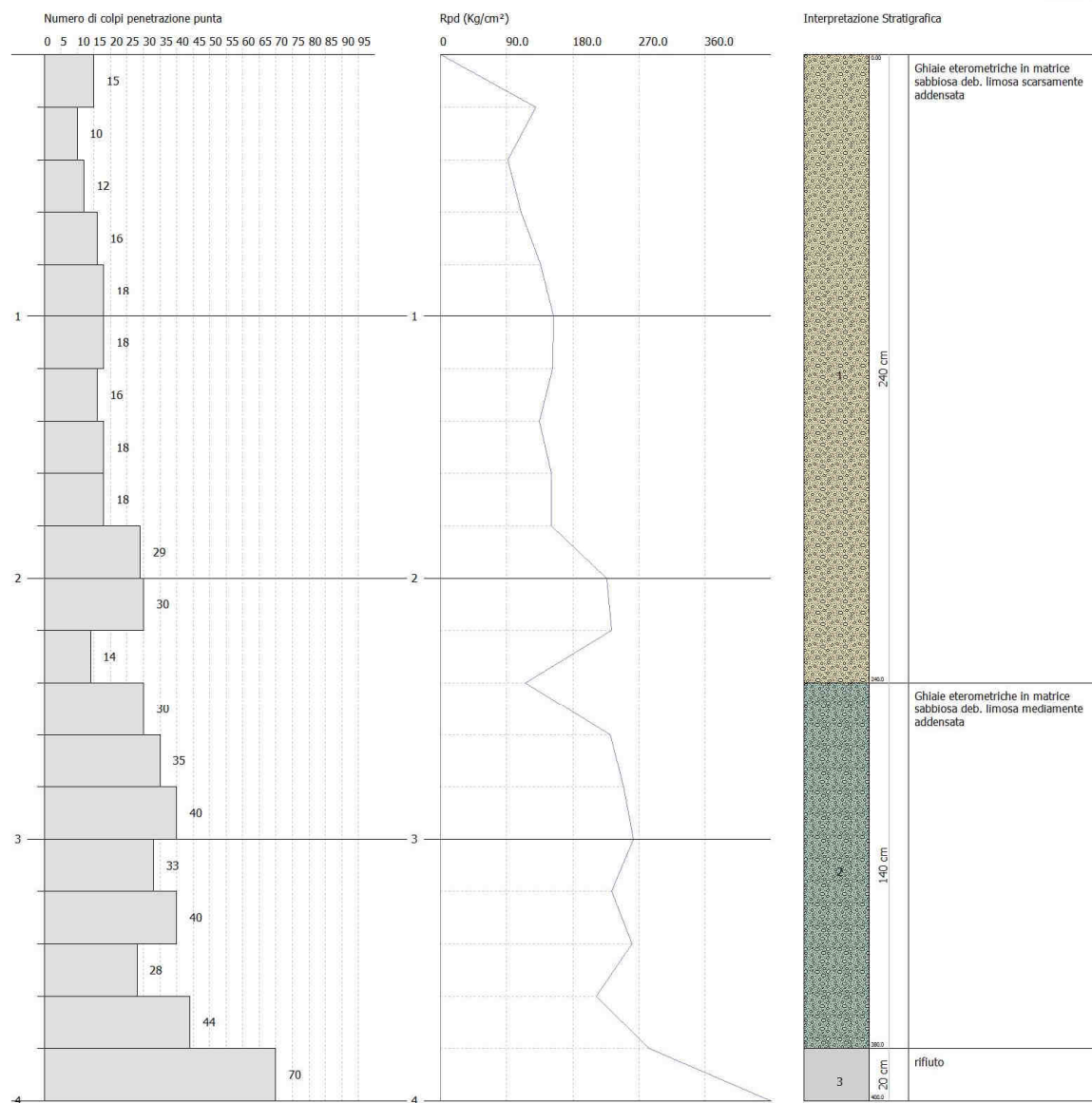
Data: 22/02/2020

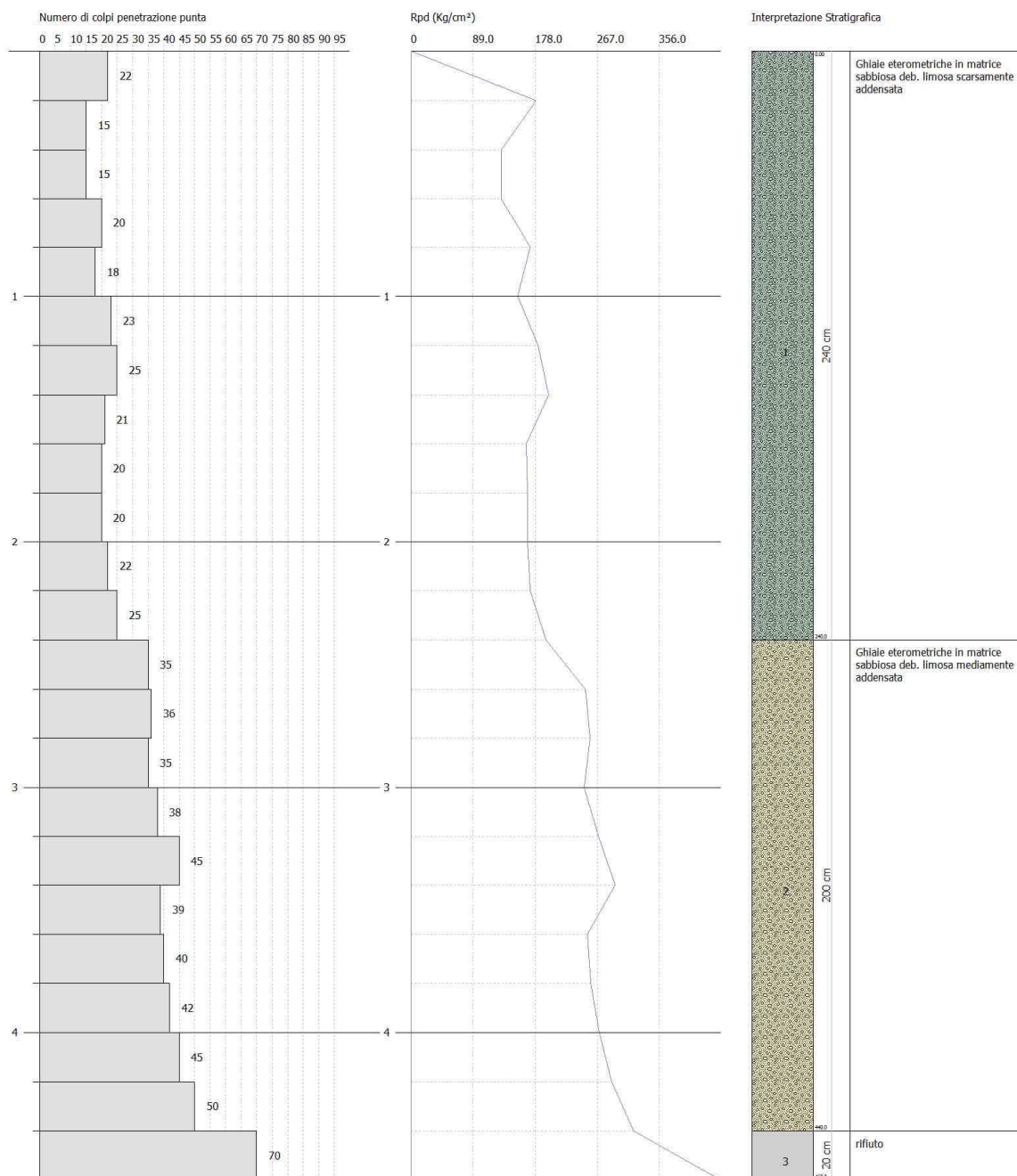
Scala 1:25











## SITO 03

- **SS01 (sito 3a)** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 17.5 metri. La geometria dei riflettori sismici è all'incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di

spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 3 orizzonti sismici principali.

- Fino a 2.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 400 m/sec.
- Fino a 11.0-15.0m circa, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 1500 m/sec circa.
- Oltre 11.0 -15.0m circa e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde  $V_p$  superiori a 1500m/sec.
- **MW01 (sito 3a)** – Multichannel Analysis of Surface Waves - Tabella indicativa dei moduli elastici dinamici medi ricavati dalle velocità delle onde sismiche

	1-fino a 1.85m	2- fino a 10.0m	3-oltre 10.0m
Coefficiente di Poisson $\mu$	0,32	0,3	0,26
Velocità onde trasversali $V_s$ (m/sec)	230	335	540
Modulo di incompressibilità dinamico $K_d$ (Mpa)	171,90	402,09	1044,78
Modulo di Young $E_d$ (Mpa)	272,32	627,33	1579,88
Modulo di Rigidità $G$ (Mpa)	103,16	241,28	626,94

- **SS01 (sito 3b)** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 15.5 metri. La geometria dei riflettori sismici è all'incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 4 orizzonti sismici principali.
- Fino a 1.5m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 450 m/sec.
- Fino a 4.5m circa, un intervallo in cui le velocità  $V_p$  aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali  $V_p$  raggiungono i 1200 m/sec circa.

- Fino a 10.0 -12.0m circa e un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp di circa 1500m/sec.
- Oltre 10.0-12.0m circa e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp superiori a 1500m/sec.
- **MW01 (sito 3b)** – Multichannel Analysis of Surface Waves - Tabella indicativa dei moduli elastici dinamici medi ricavati dalle velocità delle onde sismiche

	1-fino a 2.8m	2- fino a 5.4m	3-fino a 8.70m	4-fino a 17.0m	5-oltre 17.0m
Coefficiente di Poisson $\mu$	0,32	0,3	0,27	0,26	0,26
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	228	383	450	495	645
Modulo di incompressibilità dinamico Kd (Mpa)	168,93	525,58	725,54	898,33	1559,92
Modulo di Young Ed (Mpa)	267,61	819,99	1105,85	1358,41	2358,86
Modulo di Rigidità G (Mpa)	101,37	315,38	435,38	539,06	936,05

#### SITO 04

- **SS01** – tomografia sismica - Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 15.5 metri. La geometria dei riflettori sismici è all'incirca piano-parallela e sub orizzontale, con locali variazioni di spessore degli stessi lungo la traccia dello stendimento sismico. Si sono individuati essenzialmente 3 orizzonti sismici principali.
  - Fino a 4.0m circa dal piano campagna, il più superficiale, costituito da depositi scarsamente addensati in cui la velocità delle onde longitudinali Vp raggiungono i 450 m/sec.
  - Fino a 7.0m circa, un intervallo in cui le velocità Vp aumentano rispetto al riflettore superiore, la velocità delle onde longitudinali Vp raggiungono i 900 m/sec circa.
  - Oltre 7.0m circa e fino alla massima profondità di indagine un riflettore caratterizzato da velocità massime delle onde Vp superiori a 900m/sec.
- **MW01** – Multichannel Analysis of Surface Waves - Tabella indicativa dei moduli elastici dinamici medi ricavati dalle velocità delle onde sismiche



	1-fino a 4.5m	2- fino a 7.5m	3-fino a 25.0m	4-oltre 25.0m
Coefficiente di Poisson $\mu$	0,32	0,3	0,27	0,26
Velocità onde trasversali $V_s$ (m/sec)	260	340	360	500
Modulo di incompressibilità dinamico $K_d$ (Mpa)	219,67	394,92	453,55	895,73
Modulo di Young $E_d$ (Mpa)	348,00	616,14	702,17	1354,5
Modulo di Rigidità $G$ (Mpa)	131,82	236,98	272,16	537,50

Dall'analisi dei risultati, il numero e la tipologia di indagini effettuate è stata ritenuta adeguata sia per la ricostruzione del modello litotecnico riguardante il volume significativo; sia per la stima delle caratteristiche geotecniche; sia per determinare le caratteristiche di risposta sismica locale individuando la sismostratigrafia e la VSeq in particolare del Sito02 e degli altri tre siti. I dati derivanti dalle indagini hanno permesso, quindi, di ricostruire un modello litotecnico medio del sottosuolo con un buon livello di dettaglio. Tale modello è comune ai quattro siti d'intervento, e risulta caratterizzato, dall'alto verso il basso, dalla presenza, al di sotto dei siti di sedime di una:

**Unità litotecnica L1a** – Deposito alluvionale da sciolto a scarsamente addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee (prevalentemente granitiche e scistose) con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa. Sono presenti anche abbondanti blocchi da decimetrici a metrici. Lo spessore è di circa 2.00-2.50 metri ed ha la parte più superficiale (primi 0.50-1.00 metri) sciolta. Il colore è variabile dal grigio al bruno, la permeabilità è molto elevata;

**Unità litotecnica L1b** – Deposito alluvionale da scarsamente a mediamente addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee (prevalentemente granitiche e scistose) con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa. Possono essere presenti sporadiche lenti sabbioso limose. Lo spessore è di circa 3.50-4.00 metri, il colore è variabile dal grigio al bruno, la permeabilità è da elevata a molto elevata;

**Unità litotecnica L1c** – Deposito alluvionale mediamente addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee (prevalentemente granitiche e scistose) con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa. Possono essere presenti sporadiche lenti sabbioso limose. Lo spessore è di circa 5.00-5.50 metri, il colore è variabile dal grigio al bruno, la permeabilità è elevata;

**Unità litotecnica L1d** – Deposito alluvionale addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee (prevalentemente granitiche e scistose) con grado di arrotondamento medio elevato immersi in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa. Possono essere presenti sporadiche lenti sabbioso limose. Lo spessore è di circa 13.0 metri nella zona di argine ed aumenta sino a circa 15.0-2.0 metri nella zona centrale dell'alveo. Il colore è variabile dal grigio al bruno, la permeabilità è elevata;

**Unità litotecnica L2a** – Substrato sedimentario mediamente consistente costituito da alternanze di marne calcaree e calcari marnosi di colore variabile dal grigio al bianco giallastro. Lo spessore è >20.0 metri, la permeabilità è da bassa a molto bassa.

Data la struttura dei litotipi, che può essere a varie profondità articolata, nella ricostruzione del modello litotecnico sono state effettuate delle semplificazioni accorpendo piccoli livelli ed assegnando al modello litotecnico i parametri più cautelativi, cioè da rendere più agevole la progettazione degli interventi previsti per i vari siti.

Mediamente la stratigrafia ed i parametri costituenti il primo sottosuolo (riferito al p.c.) del Sito02 e delle zone di bordo alveo degli altri tre siti sono di seguito tabellati:

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c/cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )	G0 (Mpa)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
L1a	2.50	1.66-1.71	2.02-2.05	30-31	0.00	154-176	119-124	66-68	0.40	26-31	200
L1b	4.00	1.86-1.91	2.15-2.17	32-33	0.00	267-286	234-253	185-189	0.38	51-55	315
L1c	5.50	1.91-1.95	2.17-2.20	33-35	0.00	290-350	250-300	276-281	0.36	Rif.	380
L1d	13.0	1.95-2.00	2.20-2.25	35-38	0.00-0.05	350-400	300-350	413-423	0.35	Rif	460
L2a	>20	2.15-2.20	2.20-2.25	19-20 ----	0.50-0.60 2.00-2.40	>300	>300	770-790	0.32	Rif.	600

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

La stratigrafia precedente si riferisce ad un piano campagna posto nelle zone d'argine ma all'interno dell'alveo fluviale. Per quanto riguarda eventuali pareti in terra retrostanti gli argini, come presente a tergo dell'argine del Sito 02 e sede della strada sterrata che costeggia l'argine, cautelativamente, si deve considerare tale terreno appartenente alla unità litotecnica L1a.

Per le zone centrali dell'alveo (dei quattro siti di intervento) e le zone di accumulo di materiale alluvionale, tipo piccoli isolotti, ecc. si può fare riferimento al modello litologico di seguito riportato. In tale modello si dà più importanza alle variazioni di spessore dello strato più superficiale e di quello immediatamente sottostante, del materiale alluvionale:

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )	G0 (Mpa)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
L1a	2.00-4.50	1.66-1.71	2.02-2.05	30-31	0.00	154-176	119-124	66-68	0.40	26-31	200
L1b-L1c	8.00-12.0	1.86-1.95	2.15-2.20	32-35	0.00	267-300	234-300	185-281	0.36-0.38	50-Rif	315-380

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

### 3.2 Risposta sismica locale

La definizione del modello geologico di riferimento per lo studio della risposta sismica locale, come abbiamo detto, è stata effettuata con l'interpretazione congiunta del rilievo geologico, delle indagini eseguite.

Dall'assetto litostratigrafico, geometrico e dalle indagini geofisiche e geognostiche eseguite, per come definito nel paragrafo 3.1. *“Definizione del modello litotecnico di riferimento”*, è stato definito per il SITO02, ma valido anche per gli altri siti, il seguente profilo sismo-stratigrafico medio rappresentativo dell'area dal piano campagna sino alla profondità di circa 45.0 metri dal p.c. (alveo del fiume). Per tale sismostratigrafia è stata stimata, mediamente, una VSeq, al piano campagna, pari a 393.36 m/sec.

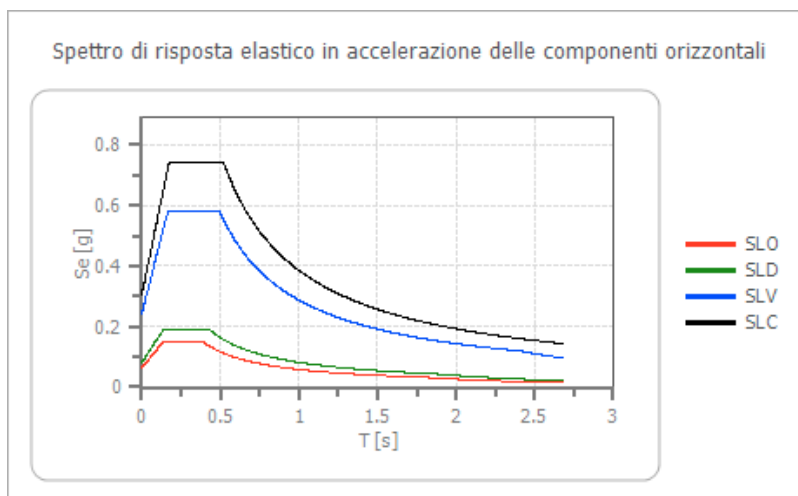
Unità Litoecnica		Profondità base Strato (m)	Spessore Strato (m)	Vs (m/s)	VSeq (m/s)
Copertura	L1a	2.50	2.50	200	393.36
	L1b	6.50	4.00	315	
	L1c	12.0	5.50	380	
	L1d	25.0	13.0	460	
Substrato	L2a	>45.0	>20.0	600	

Tale stratigrafia rappresenta, tra le possibili stratigrafie per il sito accettando un valore d'incertezza del 10%, quella che ammette un carico sismico maggiore, quindi più cautelativo. Per la valutazione della risposta sismica locale si è fatto riferimento alla

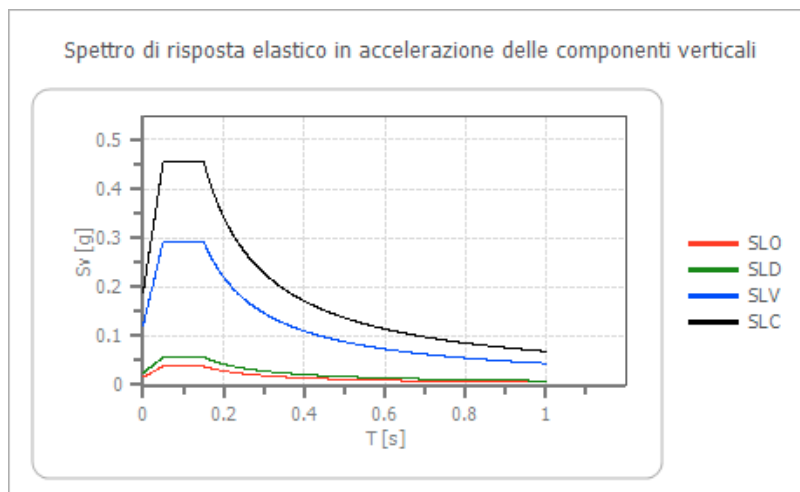
stratigrafia precedente con piano di calcolo posto, cautelativamente, a -0.00 m dall'attuale p.c. Lo studio completo sulla risposta sismica locale del sito è riportato nella “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II NTC2008)” allegata agli elaborati progettuali a cui si rimanda. Nella presente relazione si riporta solamente un sunto dei risultati ottenuti.

Dal modello geologico e dal piano fondale (-0.00 metri dal p.c.) ne deriva una VSeq pari a **393.36** m/sec. Considerando tale valore si può considerare il sito appartenente alla **Categoria di sottosuolo B** *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. (§ 3.2.2., Tab. 3.2.II).* ). Dalle considerazioni sulla geometria dell'area di studio, si può considerare l'area di sedime rientrante nella **Categoria topografica T1** *“Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”* 3.2.2., Tab. 3.2.III). Per come prescrive la normativa NTC2018, in base ai dati di pericolosità sismica di base riferiti alla scelta progettuale di verifica sismica ed alla classificazione del sito, sono stati ricavati i parametri che definiscono gli spettri di risposta elastici dei vari stati limite considerati, con coefficiente di smorzamento viscoso del 5%.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.052	2.347	0.277	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.131	0.394	1.810	0.063	0.148
SLD	1.0	0.069	2.334	0.303	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.142	0.425	1.875	0.082	0.192
SLV	1.0	0.201	2.404	0.369	1.200	1.340	1.000	1.200	1.000	0.165	0.495	2.405	0.242	0.581
SLC	1.0	0.269	2.421	0.390	1.140	1.330	1.000	1.140	1.000	0.173	0.519	2.677	0.307	0.743



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.052	2.347	0.277	1.000	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.016	0.038
SLD	1.0	0.069	2.334	0.303	1.000	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.057
SLV	1.0	0.201	2.404	0.369	1.000	1.340	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.122	0.293
SLC	1.0	0.269	2.421	0.390	1.000	1.330	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.189	0.457



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

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

antisismici. Di seguito determineremo e quantificheremo quali e quanti di tali fenomeni sono presenti nell'area di studio.

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

L'area di studio si trova all'interno di una piana alluvionale fluviale con pendenze medie inferiori ai 1.0° ed in cui non vi sono evidenze di dissesti in atto o pregressi e, date le pendenze, neanche le cause predisponenti. Da cui si può concludere che **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa (frane, lateral spreading, ecc.) che possono essere riattivate per scuotimento sismico.**

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

La zona di studio della Fiumara Condojanni, neotettonicamente, rientra nell'influenza delle strutture tettoniche dette in precedenza. Dato che l'ultima attività nota di tali faglie risale al pleistocene superiore e non vi sono studi che evidenziano un'attività risalente negli ultimi 40.000 anni, esse verranno considerate potenzialmente attive e capaci. In ogni caso, dato che la distanza minima dai siti d'intervento è di circa 0.5 Km (Sito 02), si può concludere che **le aree di studio non sono suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive e capaci.**

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

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



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

I litotipi che costituiscono il sottosuolo dei primi 15 metri dal piano campagna (Deposito alluvionale da sciolto ad addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee immerso in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa, con presenza di blocchi da decimetrici a metrici) non presentano caratteristiche geotecniche tali (sabbie sciolte) da dare, durante uno scuotimento sismico, addensamenti tali da compromettere la stabilità dei manufatti. Infatti la presenza di frazione ghiaiosa e limosa inibisce tale eventualità. Da cui si può concludere che **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni sopra falda.**

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

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

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

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

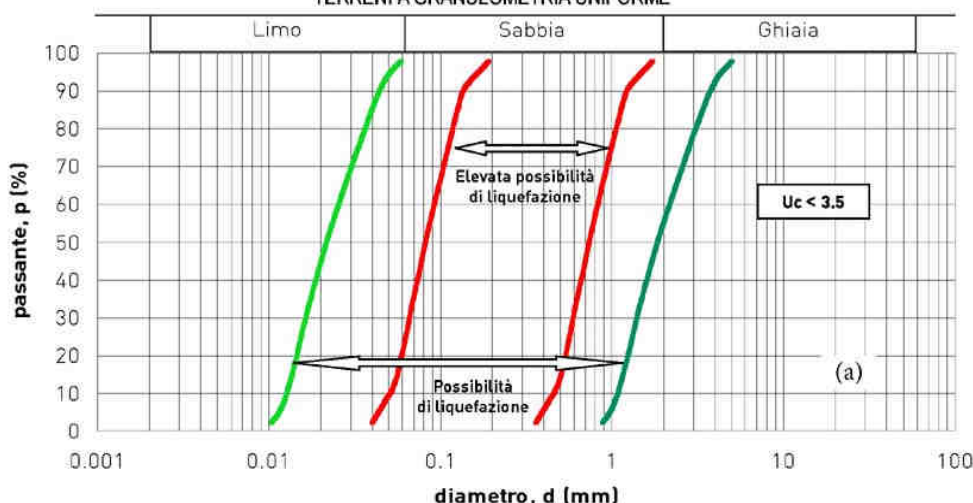
- **Meccanismo 2** - Interessa i versanti caratterizzati dalla presenza di strati liquefacibili confinati in profondità. La liquefazione avviene a distanza dalla pendice, dove sono basse le azioni di taglio statiche. Per effetto della presenza di un bordo non confinato e delle azioni inerziali del sisma può verificarsi una specie di fenomeno di espansione laterale nella direzione di propagazione delle onde sismiche, governato dai livelli di materiale liquefatto, confinato, posto in profondità. Il movimento avviene anche se lo strato liquefatto presenta un andamento sub-orizzontale. La perdita di resistenza del materiale di base e la possibilità di espansione laterale consentita dal bordo libero, rende possibili movimenti orizzontali anche con pendenze nulle. L'aspetto morfologico conseguente a fenomeni di questo tipo è caratterizzato da una successione di modesti rilievi e depressioni (tipo horst e graben) costituiti dal materiale superiore allo strato liquefacibile, che mantiene gran parte della sua struttura originaria pur fratturandosi in più blocchi. Stessa situazione si ha se è presente uno spessore non trascurabile di terreno non in falda sovrastante strati in falda liquefacibili.

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

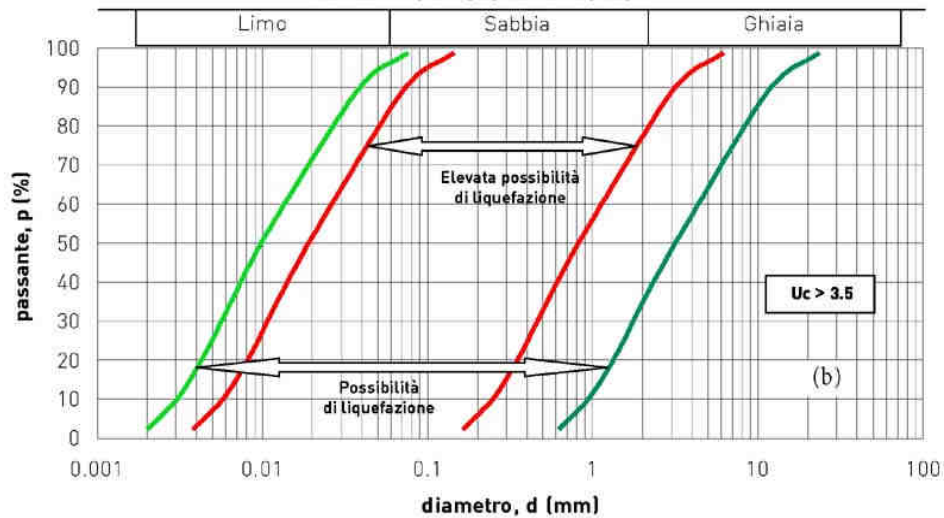
- a) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g. Per l'area di studio, come abbiamo visto, si ha un'accelerazione di picco in superficie (SLV) pari a 0.242 g, **quindi tale condizione non è verificata;**
- b) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c., per p. c. sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali. Da rilievi e dalle indagini eseguite si evince che nell'area la falda è posizionata a profondità di circa 9.0-10.0 metri da p.c., **quindi tale condizione è verificata per i primi 9.0 metri è non è verificata pre profondità maggiori;**

- c) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; Dalle prove penetrometriche eseguite nella campagna d'indagine, risulta che tale condizione: **non è verificata per le unità litotecniche dei primi 2.50 metri dal p.c. (L1a) ed è verificata per le unità litotecniche sottostanti (L1b, L1c, L1d);**
- d) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici seguenti, nel caso di terreni a granulometria uniforme (coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$ ) e di terreni a granulometria estesa (coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ ). Dall'analisi critica sulle litologie presenti (Deposito alluvionale da sciolto ad addensato costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee immerso in più o meno abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa, con presenza di blocchi da decimetrici a metrici), si evince che esse non presentano le caratteristiche di sabbie sciolte. Nello specifico granulometricamente si ha che i litotipi dei primi 25.0 metri presenta una frazione ghiaiosa abbondante che supera i 10.0 mm. Dal confronto con i grafici sottostanti si evince che si ha una curva granulometrica sicuramente esterna alla elevata possibilità o possibilità di liquefazione dei grafici di confronto sotto riportati, **quindi tale condizione è verificata.**

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



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



Da quanto su esposto **la suscettibilità alla liquefazione dei primi 15 metri dal p.c. è da ritenersi nulla** in quanto i litotipi costituenti i primi 15.0 metri dal p.c. presentano più di uno dei punti escludenti la suscettibilità alla liquefazione.



#### 4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.

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

L'area oggetto d'intervento non ricade in aree a vincolo per frana, ricade in aree a vincolo idraulico e ricade in aree a vincolo di erosione costiera del P.A.I. e del P.S.E.C.. In ogni caso gli interventi sono fattibili con le prescrizioni derivanti da tali vincoli. Inoltre visto le caratteristiche geologico-geotecniche assegnate ai terreni di sedime non vi sono condizioni geologico-geomorfologico sfavorevole alla realizzazione dell'intervento in progetto con le prescrizioni di seguito enunciate.

L'unità litotecnica **L1a**, costituente i primi 2.50 metri dal p.c., è l'unità litotecnica direttamente interessata dalle opere fondali degli interventi di ripristino degli argini. Quindi le sue caratteristiche geotecniche dovranno essere utilizzate per la progettazione sia come piano fondale sia come terreni posti a tergo di argini in cui la parte retrostante risulti addossata a pareti in terra. Quindi tutte le verifiche da eseguire sulle opere in progetto dovranno essere effettuate con i parametri geotecnici assegnati all'unità litotecnica L1a.

E' consigliabile movimentare, nella sistemazione dell'alveo, il solo strato superficiale (L1a) che si presenta da sciolto a scarsamente addensato e rappresenta i depositi più recenti di sovralluvionamento dell'alveo. Il suo spessore è variabile dai 2.50 metri nelle zone di argine e può raggiungere anche i 4.00 metri ed oltre nelle zone centrali o di accumulo all'interno dell'alveo.

Durante gli eventi alluvionali, che ormai si presentano stagionalmente tutti gli anni, si ha sovralluvionamento dell'alveo con zone di erosione canalizzata. Quindi è opportuno che si ripristini un canale centrale per il deflusso delle acque con accumulo del materiale

asportato lungo le zone d'argine. Ciò favorirà il deflusso delle acque ed eviterà l'erosione concentrata ai piedi degli argini che determina, spesso il loro crollo.

In ogni caso le scelte di sistemazione e progettazione delle opere resta di appannaggio dei progettisti.

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

- Amplificazione della trasmissione delle onde sismiche P ed S dal substrato ai depositi superficiali determinata dal contrasto di impedenza sismica tra i primi due strati e gli strati sottostanti. Tale amplificazione viene compiutamente riportata, con l'approccio semplificato (NTC2018) e con l'approccio numerico (Livello III di analisi) nella “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II NTC2018 e III numerico)” allegata agli elaborati progettuali a cui si rimanda, e sinteticamente nel paragrafo 3.2 *Pericolosità e risposta sismica locale* della presente relazione;
- Assenza di instabilità per effetti coosismici (paragrafo 3.3 *Pericolosità dovuta ad instabilità per effetti coosismici nel sito di studio* e relativi sottoparagrafi 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, della presente relazione).

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

Cerzeto, giugno 2020

Il Geologo

Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

Ordine dei Geologi della Calabria - n° 536



*Angelo Alberto Stamile*