

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

Documentazione Integrativa ai sensi della Legge n. 58 del 26.05.2023

EUROLINK S.C.p.A.

WEBUILD ITALIA S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Dott. Ing. M. Orlandini Ordine Ingegneri Roma n° 14340</p>	<p>PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Coordinamento progetto Collegamenti a terra - Progetto Ambientale</p>  <p>Opera di attraversamento</p>  <p>Opere in sottosuolo</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Amministratore Delegato Dott. F. di Pietro</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Tecnico Dott. Ing. Valerio Mele</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato Dott. P. Ciucci</p>
--	---	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE</p> <p><i>Tipo di sistema</i> AMBIENTE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE – SUOLO E SOTTOSUOLO</p> <p><i>Titolo del documento</i> SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">AMW 3000</div>
--	--

CODICE	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-family: monospace; font-size: 1.2em;"> CG5030 P RG R G AM IA Q3 00 00 00 00 A </div>
--------	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	06/09/2024	RISPOSTA INTEGRAZIONI MASE E MIC	SCARASCIA	ALUFFI	ORLANDINI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

INDICE

1	PREMESSA GENERALE.....	5
2	PARTE I.....	14
2.1	Premessa alla parte I.....	14
2.2	Aggiornamento del quadro delle faglie attive e capaci	14
2.2.1	Le faglie attive e capaci dell'area dello Stretto: caratteri e questioni aperte.....	15
2.2.2	Il quadro strutturale di riferimento	21
2.2.3	Gerarchia e orientazione dei sistemi attivi nello Stretto	24
2.2.4	Sollevamento regionale e generazione dei terrazzi marini	26
2.2.5	Esame di dettaglio delle faglie capaci	35
2.2.5.1	Le faglie di Cannitello e Pezzo	35
2.2.5.2	La faglia di Matiniti	37
2.2.5.3	Faglie di Piale, Mortille, Commenda e Acciarello.....	37
2.2.5.4	Faglie di Ganzirri, Curcuraci-Larderìa, Messina e Torre Faro	38
2.2.6	Sintesi conclusiva	40
2.3	Evoluzione delle due coste da dati geologici e geodetici.....	43
2.3.1	Premessa metodologica.....	43
2.3.2	Implementazione dello European Ground Motion Service (EGMS)	45
2.3.2.1	Osservazioni EGMS: movimenti verticali	46
2.3.2.2	Osservazioni EGMS: movimenti orizzontali	51
2.3.3	Osservazioni di livellazione, geodimetriche e GNSS (GPS)	53
2.3.3.1	Osservazioni GNSS: movimenti verticali.....	56
2.3.3.2	Osservazioni GNSS: movimenti orizzontali.....	56
2.3.4	Variazioni di quota da dati geologici e geomorfologici	60
2.3.5	Sintesi sulla evoluzione delle due coste da dati geologici.....	61
3	PARTE II.....	62
3.1	Premessa alla parte II.....	62
3.2	Dissesti e pericolosità di frana	63
3.2.1	Lato Calabria	65
3.2.2	Lato Sicilia	75
3.3	Perimetrazione delle aree esondabili da PGRA e delle aree soggette a erosione costiera da PGRA (Calabria) e PAI (Sicilia)	108

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

3.3.1	Lato Calabria	109
3.3.2	Lato Sicilia	120
3.4	Informazioni provenienti dalle indagini di microzonazione sismica e dai cataloghi sugli effetti ambientali sismo-indotti	132
3.4.1	Microzonazione sismica.....	133
3.4.1.1	Lato Calabria (Villa San Giovanni – Campo Calabro).....	138
3.4.1.2	Lato Sicilia (Messina)	151
3.4.2	Inventario degli effetti ambientali sismoindotti da cataloghi ufficiali	160
3.4.2.1	Quadro d’insieme degli effetti censiti nell’area di interesse	161
3.4.2.2	Ubicazione e tipo di effetti ambientali sismo-indotti e loro sovrapposizione con le opere	168
3.5	Conclusioni.....	169
4	BIBLIOGRAFIA.....	171

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

1 **PREMESSA GENERALE**

In questa relazione, il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sulla base delle richieste di integrazioni documentali e istruttorie formulate dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, con particolare riguardo alle richieste n. VIA 83 e n. VIA 84, di cui alla nota prot. 0070949 del 16/04/2024, discutono un confronto tra i contenuti degli elaborati proposti nel progetto definitivo aventi come tematismo la geologia e la geomorfologia e gli aggiornamenti di pertinenza intervenuti tra il 2010 ed il 2024 proposti nella letteratura scientifica e in quella tecnica (cfr. studi di microzonazione sismica), nei data-base ufficiali (cfr. ITHACA e prodotti sul censimento fenomeni sismo-indotti), dei dati su spostamento reciproco delle due coste, dei piani di assetto idrogeologico (PAI) e di gestione rischio alluvioni (PGRA).

In particolare, il confronto richiesto nell'ambito delle osservazioni VIA n. 83 e n. 84 riguarda le seguenti tematiche, riportate nell'ordine richiesto: i dissesti e la pericolosità da essi derivante, la perimetrazione delle aree esondabili, lo studio geologico-strutturale dell'area, gli studi di microzonazione sismica *“per analisi delle amplificazioni locali e definizione delle aree suscettibili alla liquefazione”*, gli effetti di sito *“avvenuti in occasione dei terremoti storici nelle località costiere comprese tra Capo Peloro e Tremestieri e nelle località interne entro 5 km dalla costa”*, *“i sistemi di faglia attivi, “con distinzione delle faglie capaci”*, e la eventuale conseguente sistematizzazione *“delle carte geologiche e geomorfologiche coerenti rispetto alla mappatura delle faglie”* ed infine lo *“studio aggiornato sull'evoluzione delle due coste, sia lungo la componente che orizzontale basato su dati geologici (terrazzi marini, ecc..) e dati geodetici aggiornati”*.

La presente relazione è stata pertanto strutturata organizzando per macro-contenuti quanto richiesto dalla commissione VIA nelle osservazioni n.83 e n. 84; nella prima parte si trovano i contenuti a carattere geologico-strutturale e nella seconda parte invece quelli geologico-tecnici.

Parte prima

- studio geologico strutturale
- faglie attive e capaci
- evoluzione delle due coste

Parte seconda

- dissesti e pericolosità da frana

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- perimetrazione delle aree esondabili
- perimetrazione delle aree soggette ad erosione costiera
- informazioni provenienti dagli studi di microzonazione sismica e dai cataloghi sugli effetti di sito.

Nella parte seconda i tre tematismi sono ulteriormente distinti tra lato Calabria e lato Sicilia e sono accompagnati da elaborati cartografici adottando, come richiesto dalla commissione VIA, le cartografie geologiche e geomorfologiche alla scala 1:5.000 presentate negli studi di base, che rappresentano il prodotto geologico e geomorfologico più avanzato ed a scala di maggior dettaglio esistente in quanto recepisce ed interpreta in un quadro ritenuto coerente i rilievi di sito e i risultati delle indagini geognostiche svolte ad hoc sino alla campagna geognostica del progetto definitivo (d'ora in poi PD) svolta nel 2010/2011 e successivamente alla quale non sono sino ad oggi intervenuti ulteriori significativi elementi che ne comportino modifiche sostanziali.

Per quanto attiene invece alle aree di cantiere risultate esterne rispetto alle aree coperte dalle cartografie degli studi di base in scala 1:5.000 sopra menzionate, sono state adottate le cartografie in scala 1:10.000 proposte nella originale cartografia del SIA (cfr. Elaborati AMVR 0768; AMVR 0771; AMVR 0769; AMVR 0770; AMVR 0772).

Di seguito, in Figura 1.1, è riportato un quadro d'insieme delle aree coperte dalla cartografia in scala 1:5.000 e di quelle coperte dalla cartografia in scala 1:10.000.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

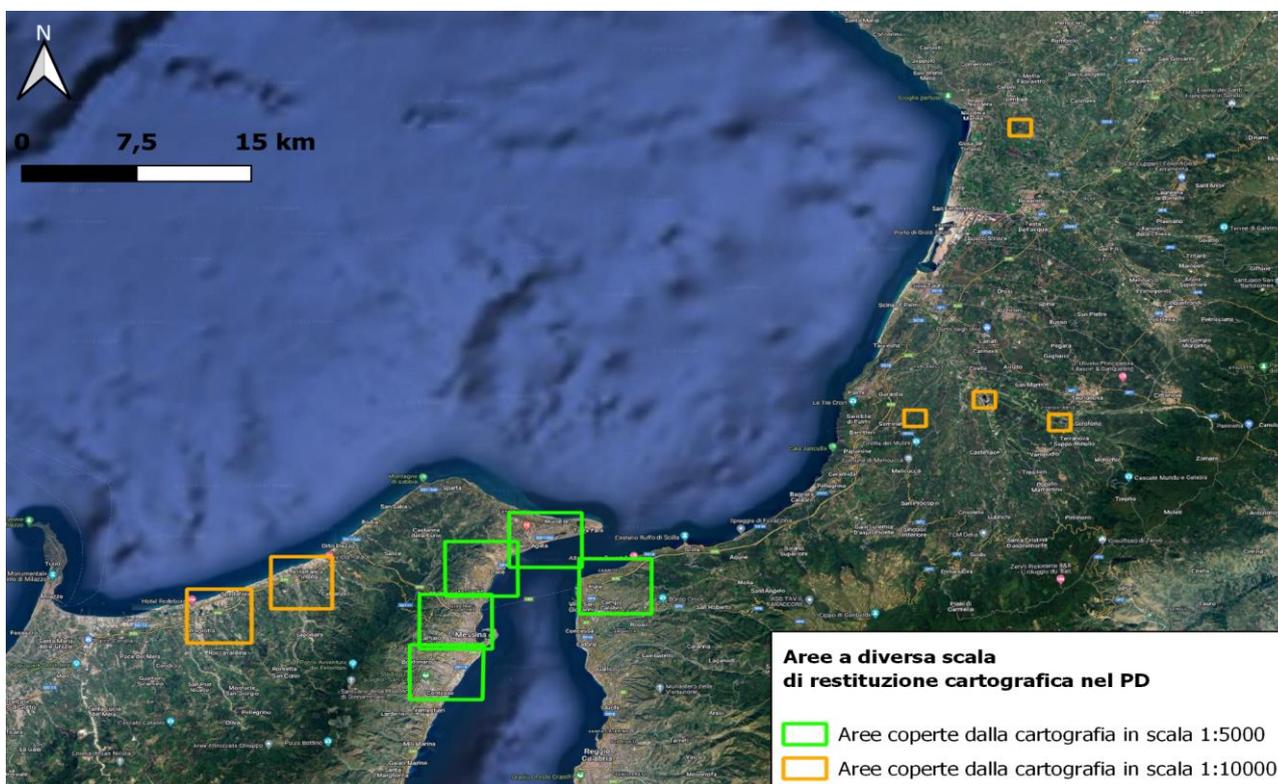


Figura 1.1 – Quadro d’insieme delle aree che nel PD sono coperte dalla cartografia in scala 1:5.000 o 1:10.000. (Base cartografica Google Hybrid)

In particolare, gli elaborati aventi come tematismo la geologia e la geomorfologia, trattati nella presente relazione e originariamente proposti nel PD (2011) e nella fase di riavvio (2024), sono di seguito riportati secondo la codifica breve:

- CB 0075: Carta geologica lato Calabria in scala 1:5.000
- CB 0077: Carta geomorfologica lato Calabria in scala 1:5.000
- CB 0081: Carta dei dissesti lato Calabria in scala 1:5.000
- AMVR 0768: Carta geologica lato Calabria in scala 1:10.000
- AMVR 0771: Carta geomorfologica lato Calabria in scala 1:10.000
- SB 0074; SB 0075; SB 0076; SB 0077: Carte geologiche lato Sicilia in scala 1:5.000
- SB 0079; SB 0080; SB 0081; SB 0082; SB 0083: Carte geomorfologiche lato Sicilia in scala 1:5.000
- SB 0090; SB 0091; SB 0092; SB 0093: Carte dei dissesti lato Sicilia in scala 1:5.000
- AMVR 0769; AMVR 0770: Carta geologica lato Sicilia in scala 1:10.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- AMVR 0772: Carta geomorfologica Sicilia in scala 1:10.000

Questa relazione accompagna invece i seguenti elaborati (aggiornati o inediti rispetto a quanto già presentato):

- AMW 3001: Carta geomorfologica Calabria in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- CBW 0077: Carta geomorfologica Calabria in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3036: Carta geomorfologica Calabria - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3002: Carta dei dissesti Calabria da PD con sovrapposizione PAI Inventario frane in scala 1: 5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3003: Carta geomorfologica Calabria da PD con sovrapposizione PAI Inventario frane - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:10.000 (elaborato inedito)
- AMW 3004: Carta dei dissesti Calabria da PD con sovrapposizione PAI pericolosità di frana in scala 1: 5000 (elaborato inedito)
- AMW 3005: Carta geomorfologica Calabria da PD con indicazione PAI pericolosità di frana - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3006: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta da PGRA Calabria in scala 1: 5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3007: Carta di Pericolosità idraulica Calabria tratta da PGRA - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1: 5000 (elaborato inedito)
- AMW 3008: Carta geologica Calabria in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- CBW 0075: Carta geologica Calabria in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3037: Carta geologica Calabria - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:5.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3009: Carta degli effetti ambientali sismoindotti Calabria in scala 1: 5000 (elaborato inedito)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- AMW 3010: Carta di microzonazione Calabria - Comune di Villa San Giovanni (con sovrapposizione opere e cantieri) in scala 1: 5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3011: Carta di microzonazione Calabria - Comune di Campo Calabro (con sovrapposizione opere e cantieri) in scala 1: 5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3012: Carta geomorfologica - Tav. 1/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3013: Carta geomorfologica - Tav. 2/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3014: Carta geomorfologica - Tav. 3/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3015: Carta geomorfologica - Tav. 4/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3016: Carta geomorfologica - Tav. 5/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0079: Carta geomorfologica - Tav. 1/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0080: Carta geomorfologica - Tav. 2/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0081: Carta geomorfologica - Tav. 3/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0082: Carta geomorfologica - Tav. 4/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0083: Carta geomorfologica - Tav. 5/5 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3038: Carta geomorfologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:10.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri e ai poligoni PAI)
- AMW 3017: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 1/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3018: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 2/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3019: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 3/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- AMW 3020: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 4/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3021: Carta dei dissesti Sicilia da PAI carta dei dissesti - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3022: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 1/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3023: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 2/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3024: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 3/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3025: Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 4/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3026: Carta dei dissesti Sicilia da PAI carta di pericolosità - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:10.000 (elaborato inedito)
- AMW 3027: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 1/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3028: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 2/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3029: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 3/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3030: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 4/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3031: Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale in scala 1:10.000 (elaborato inedito)
- AMW 2608: Carta geologica - TAV. 1/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 2609: Carta geologica - TAV. 2/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 2610: Carta geologica - TAV. 3/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- AMW 2611: Carta geologica - TAV. 4/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0074: Carta geologica - TAV. 1/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0075: Carta geologica - TAV. 2/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0076: Carta geologica - TAV. 3/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- SBW 0077: Carta geologica - TAV. 4/4 in scala 1:5.000 (lato Sicilia con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 2617: Carta geologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale - TAV. 1/2 in scala 1:10.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 2618: Carta geologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale - TAV. 2/2 in scala 1:10.000 (con aggiornamento relativo alle opere e cantieri)
- AMW 3032: Carte degli effetti ambientali sismoindotti Sicilia Tav. 1/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3033: Carte degli effetti ambientali sismoindotti Sicilia Tav. 2/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3034: Carte degli effetti ambientali sismoindotti Sicilia Tav. 3/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 3035: Carte degli effetti ambientali sismoindotti Sicilia Tav. 4/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 2612: Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.1/2 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 2613: Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.2/2 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 2614: in scala Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.3/4 1:5.000 (elaborato inedito)
- AMW 2615: Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.4/4 in scala 1:5.000 (elaborato inedito)

In Tabella 1.1, è inserito un quadro sinottico delle cartografie che accompagnano la seguente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

relazione; alcune di esse aggiornano la documentazione preesistente fornita in fase di PD, mentre altre rappresentano elaborati inediti, specificamente prodotti in questa fase del progetto.

Infine, sono di seguito elencati i componenti del gruppo di lavoro che hanno provveduto alla stesura della presente relazione.

- Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma:
 - Prof. Gabriele Scarascia;
 - Prof.ssa Francesca Bozzano;
 - Prof. Salvatore Martino;
 - e con la collaborazione del Dott. Davide Patelli.
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia:
 - Dott. Gianluca Valensise;
 - Dott. Pierfrancesco Burrato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Codifica breve degli elaborati originali presentati in fase di PD	Nome elaborato	Scala	Aggiornamento o produzione inedita rispetto a quanto presentato in fase di PD	Codifica breve degli elaborati che accompagnano la presente relazione	Nome elaborato	Scala
AMVR 0772	Sicilia - Carta geomorfologica - fg 4/4	1:10000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3038	Carta geomorfologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
			Inedito	AMW 3021	Carta dei dissesti Sicilia da PAI carta dei dissesti - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
			Inedito	AMW 3026	Carta dei dissesti Sicilia da PAI carta di pericolosità - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
AMVR 0771	Calabria - Carta geomorfologica - fg 2/2	1:10000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3036	Carta geomorfologica Calabria - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
			Inedito	AMW 3003	Carta geomorfologica Calabria da PD con sovrapposizione PAI inventario frane - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
			Inedito	AMW 3005	Carta geomorfologica Calabria da PD con indicazione PAI pericolosità di frana - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
AMVR 0768	Calabria - Carta geologica - fg 2/2	1:10000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3037	Carta geologica Calabria - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
AMVR 0769	Sicilia - Carta geologica - fg 4/5	1:10000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 2617	Carta geologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale - Tav. 1/2	1:10000
AMVR 0770	Sicilia - Carta geologica - fg 5/5	1:10000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 2618	Carta geologica Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale - Tav. 2/2	1:10000
CB 0075	Carta geologica	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3008	Carta geologica Calabria	1:5000
CB 0077	Carta geomorfologica	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	CBW 0075	Carta geologica Calabria	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3001	Carta geomorfologica Calabria	1:5000
CB 0081	Carta dei dissesti	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	CBW 0077	Carta geomorfologica Calabria	1:5000
			Inedito	AMW 3002	Carta dei dissesti Calabria da PD con sovrapposizione PAI inventario frane	1:5000
SB 0074	Carta geologica - Tav. 1/4	1:5000	Inedito	AMW 2608	Carta dei dissesti Calabria da PD con sovrapposizione PAI pericolosità di frana	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0074	Carta geologica Sicilia - Tav. 1/4	1:5000
SB 0075	Carta geologica - Tav. 2/4	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 2609	Carta geologica Sicilia - Tav. 2/4	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0075	Carta geologica Sicilia - Tav. 2/4	1:5000
SB 0076	Carta geologica - Tav. 3/4	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 2610	Carta geologica Sicilia - Tav. 3/4	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0076	Carta geologica Sicilia - Tav. 3/4	1:5000
SB 0077	Carta geologica - Tav. 4/4	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 2611	Carta geologica Sicilia - Tav. 4/4	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0077	Carta geologica Sicilia - Tav. 4/4	1:5000
SB 0079	Carta geomorfologica - Tav. 1/5	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3012	Carta geomorfologica - Tav. 1/5	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0079	Carta geomorfologica - Tav. 1/5	1:5000
SB 0080	Carta geomorfologica - Tav. 2/5	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3013	Carta geomorfologica - Tav. 2/5	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0080	Carta geomorfologica - Tav. 2/5	1:5000
SB 0081	Carta geomorfologica - Tav. 3/5	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3014	Carta geomorfologica - Tav. 3/5	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0081	Carta geomorfologica - Tav. 3/5	1:5000
SB 0082	Carta geomorfologica - Tav. 4/5	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3015	Carta geomorfologica - Tav. 4/5	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0082	Carta geomorfologica - Tav. 4/5	1:5000
SB 0083	Carta geomorfologica - Tav. 5/5	1:5000	Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	AMW 3016	Carta geomorfologica - Tav. 5/5	1:5000
			Aggiornamento relativo ad opere e cantieri	SBW 0083	Carta geomorfologica - Tav. 5/5	1:5000
SB 0090	Carta dei dissesti - Tav. 1/4	1:5000	Inedito	AMW 3017	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 1/4	1:5000
			Inedito	AMW 3022	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 1/4	1:5000
SB 0091	Carta dei dissesti - Tav. 2/4	1:5000	Inedito	AMW 3018	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 2/4	1:5000
			Inedito	AMW 3023	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 2/4	1:5000
SB 0092	Carta dei dissesti - Tav. 3/4	1:5000	Inedito	AMW 3019	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 3/4	1:5000
			Inedito	AMW 3024	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 3/4	1:5000
SB 0093	Carta dei dissesti - Tav. 4/4	1:5000	Inedito	AMW 3020	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta dei dissesti Tav. 4/4	1:5000
			Inedito	AMW 3025	Carta dei dissesti Sicilia da PD con sovrapposizione PAI carta di pericolosità Tav. 4/4	1:5000
			Inedito	AMW 3006	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta da PGRA Calabria	1:5000
			Inedito	AMW 3007	Carta di Pericolosità idraulica Calabria tratta da PGRA - Siti di deposito e recupero ambientale	1:5000
			Inedito	AMW 3009	Carta degli effetti ambientali sismoidotti Calabria	1:5000
			Inedito	AMW 3010	Carta di microzonazione Calabria - Comune di Villa San Giovanni (con sovrapposizione opere e cantieri)	1:5000
			Inedito	AMW 3011	Carta di microzonazione Calabria - Comune di Campo Calabro (con sovrapposizione opere e cantieri)	1:5000
			Inedito	AMW 3027	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 1/4	1:5000
			Inedito	AMW 3028	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 2/4	1:5000
			Inedito	AMW 3029	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 3/4	1:5000
			Inedito	AMW 3030	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia Tav. 4/4	1:5000
			Inedito	AMW 3031	Carta di Pericolosità idraulica e da erosione costiera tratta rispettivamente da PGRA e da PAI Sicilia - Siti di deposito e recupero ambientale	1:10000
			Inedito	AMW 3032	Carte degli effetti ambientali sismoidotti Sicilia Tav. 1/4	1:5000
			Inedito	AMW 3033	Carte degli effetti ambientali sismoidotti Sicilia Tav. 2/4	1:5000
			Inedito	AMW 3034	Carte degli effetti ambientali sismoidotti Sicilia Tav. 3/4	1:5000
			Inedito	AMW 3035	Carte degli effetti ambientali sismoidotti Sicilia Tav. 4/4	1:5000
			Inedito	AMW 2612	Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.1/2	1:5000
			Inedito	AMW 2613	Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.2/2	1:5000
			Inedito	AMW 2614	Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.3/4	1:5000
			Inedito	AMW 2615	Carta di microzonazione Sicilia - Comune di Messina (con sovrapposizione opere e cantieri) - Tav.4/4	1:5000

Tabella 1.1 – Quadro sinottico degli elaborati aventi come tematismo la geologia e la geomorfologia, trattati nella presente relazione e originariamente proposti nel PD (elementi contenuti al di sotto delle colonne con titolo blu), in relazione agli elaborati che accompagnano la presente relazione (elaborati al di sotto delle colonne con titolo verde).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

2 PARTE I

2.1 Premessa alla parte I

Le questioni oggetto delle due richieste di integrazione VIA 83 e VIA 84 sono per loro natura complesse e soprattutto contengono numerose potenziali ambiguità. Non si tratta infatti di eseguire o commentare misure relative a fenomeni chiaramente riconosciuti e descritti nei manuali universitari e nella letteratura specialistica, ma di esprimere valutazioni sul significato di osservazioni di tettonica attiva e deformazione crostale già esistenti da anni, spesso contrastanti tra loro, oltre che sulla rilevanza che esse possono assumere nei confronti del progetto del Ponte. Ci sembra opportuno partire proprio dalle potenziali ambiguità, in modo da sgombrare il campo da malintesi e creare un terreno privo di asperità dal punto di vista terminologico, garantendo la assoluta chiarezza e trasparenza dei dati e delle interpretazioni forniti in questo documento.

2.2 Aggiornamento del quadro delle faglie attive e capaci

Nel corso degli ultimi 50 anni si è assistito a un progressivo aumento del numero degli studi condotti sulle due sponde dello Stretto e sull'adiacente fondale marino. Questi studi sono stati in larga misura propiziati dalle ricerche avviate già dagli anni '70 del secolo scorso in vista della progettazione dell'Opera di Attraversamento dello Stretto. Tuttavia, anche in periodi di stasi dell'attività della Stretto di Messina S.p.A si è assistito a una forte ripresa di interesse da parte di ricercatori incuriositi dalla magnificenza della geologia e dei fenomeni tettonici testimoniati nello Stretto. Come è tipico della ricerca scientifica, e in particolare del rilevamento geologico, questo forte interesse ha inevitabilmente portato a una stratificazione di osservazioni e ipotesi interpretative, e in particolare a un aumento del numero delle faglie attive mappate nell'area. Questo ha creato quelle duplicazioni e ambiguità che non sono particolarmente dannose in una geologia meramente descrittiva, ma che diventano cruciali se gli elementi tettonici riconosciuti e cartografati hanno una rilevanza applicativa immediata, come nel caso dell'Opera di Attraversamento dello Stretto.

Ciò premesso, è oggi quantomai opportuno ripercorrere le tappe principali di questo lungo percorso, soffermandosi sugli studi e sulle evidenze di più diretto interesse potenziale per la progettazione e realizzazione dell'Operae, e su come le diverse evidenze – sismogenesi, fagliazione superficiale, sollevamento regionale e formazione di terrazzi marini – si integrano tra loro ovvero si pongono in antitesi, imponendo un riesame che possa dirimere le eventuali discrepanze.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

2.2.1 Le faglie attivi e capaci dell’area dello Stretto: caratteri e questioni aperte

La Figura 2.2.1.1 mostra uno dei primi prodotti cartografici in cui compaiono alcune delle faglie attive della porzione settentrionale dello Stretto, e in particolare del versante calabrese (Atzori et al., 1983). Numerose altre faglie attive sono censite nei prodotti cartografici che fanno parte del PD e sono riportate in scala 1:5.000 nella cartografia aggiornata al 2024. In questa sede ci concentreremo in particolare sulle faglie censite nella banca-dati ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults) dell’ISPRA (<https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>) in quanto ritenute *attive e capaci* (se ne veda la definizione sul sito citato). Più specificamente, analizzeremo una per una le faglie che interferiscono con i piloni e i blocchi di ancoraggio dei cavi del Ponte, con le sue opere accessorie e con le aree di cantiere temporanee previste dal contraente.

Nel complesso, si tratta di 24 faglie che interessano le porzioni emerse dello Stretto e che in alcuni casi proseguono anche nell’*offshore*. Le faglie sono state selezionate in ambiente GIS utilizzando i *layer* informativi forniti dal contraente relativamente alla localizzazione esatta di tutte le opere previste. I risultati della selezione sono forniti tramite due tabelle, Tabella 2.2.1.1a e 2.2.1.1b, e mostrati nelle Figure 2.2.1.2a e 2.2.1.2b. Le tabelle condividono le prime quattro colonne, che identificano nel dettaglio ciascuna faglia, ma si differenziano nelle colonne successive: per ogni faglia la prima esplicita il coinvolgimento di una o più opere, mentre la seconda ne riporta i parametri geometrici e comportamentali (in inglese, per conformità con quanto riportato in ITHACA).

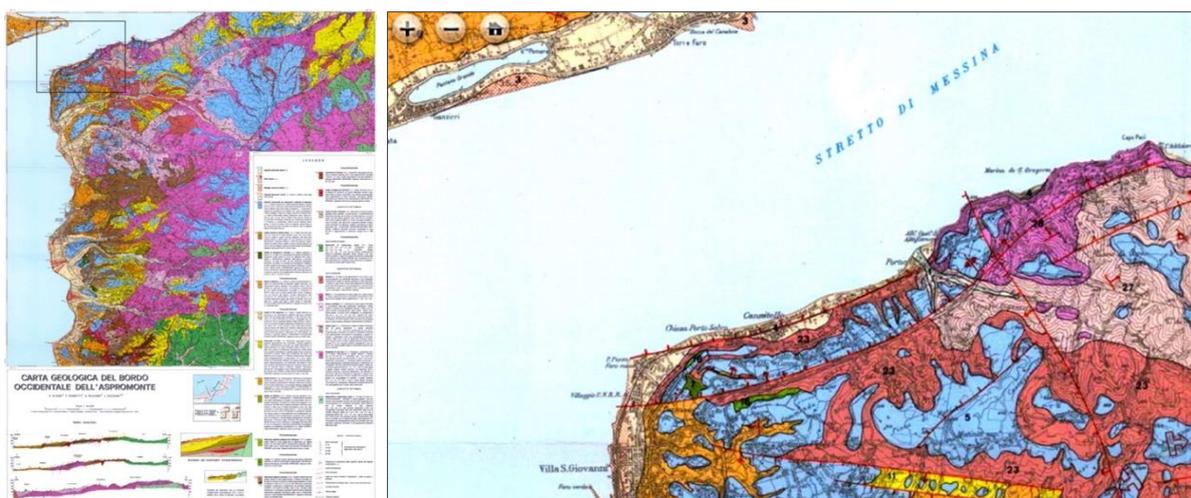


Figura 2.2.1.1 – (a sinistra) Carta Geologica dell’Aspromonte in scala 1:50.000 (Atzori et al., 1983). (a destra) Dettaglio centrato sulla zona dell’attraversamento, e in particolare sulle faglie di Cannitello, Pezzo e Matiniti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>

Denominazione faglia/località				Cantiere/tracciato			Viabilità				
Fault Code	Fault Name	Fault System	Regione	Cantiere	Fascio Bolano	Ingombro tracciato	Autostrade in esercizio	Cantieri base	Cantieri	Esistente promiscua-Cantiere	Nuova-Cantiere
12800	Curcuraci-Larderia	Curcuraci-Larderia	Sicilia	---	---	---	●	●	●	---	---
12801	Curcuraci-Larderia_01	Curcuraci-Larderia	Sicilia	---	---	---	●	●	●	---	---
16111	ND	Ganzirri	Sicilia	---	---	---	---	●	●	●	---
16112	ND	Ganzirri	Sicilia	---	---	---	---	●	●	●	---
16113	ND	Ganzirri	Sicilia	●	---	●	---	●	●	●	●
16114	ND	Ganzirri	Sicilia	●	---	●	---	●	●	●	---
16115	ND	Ganzirri	Sicilia	---	---	---	---	●	●	●	●
16200	ND	Messina	Sicilia	---	---	●	●	●	●	---	---
16300	ND	Faro Superiore	Sicilia	●	---	●	---	●	●	●	---
35001	Nicotera	Nicotera-Gioiosa	Calabria	---	---	---	---	●	●	●	---
35002	Surdello	Nicotera-Gioiosa	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37300	Matiniti	Matiniti	Calabria	●	---	---	●	●	●	---	---
37310	Piale	Campo Piale Horst	Calabria	●	---	●	●	●	●	---	---
37311	Mortille	Campo Piale Horst	Calabria	---	---	●	---	---	---	---	---
37313	Commenda	Campo Piale Horst	Calabria	---	---	●	---	●	●	---	---
37320	Acciarello	Acciarello	Calabria	---	●	●	●	●	●	---	---
37400	Cannitello	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	●	---	●	---	●	●	---	---
37401	Pezzo	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	●	---	●	---	●	●	---	---
37404	Scilla-Santa Trada	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37405	Marina S. Gregorio	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37408	Favazzina	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37409	Ceramida	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37421	Scilla sud	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	---	---	---	●	●	●	---	---
37431	Seminara	Melicuccà-Seminara	Sicilia	---	---	---	---	●	●	●	---

Denominazione faglia/località				Parametri descrittivi della faglia					Proprietà della faglia e bibliografia			
Fault Code	Fault Name	Fault System	Regione	Length (km)	Dip	Dip direction	Rank	Kinematics	Surface evidence	Last activity	Mapping scale	Reference(s)
12800	Curcuraci-Larderia	Curcuraci-Larderia	Sicilia	11,1	ND	SE	Primary	Normal	ND	Pleistocene	ND	ND
12801	Curcuraci-Larderia_01	Curcuraci-Larderia	Sicilia	7,3	ND	SE	Primary	Normal	ND	Pleistocene	ND	ND
16111	---	Ganzirri	Sicilia	2,0	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
16112	---	Ganzirri	Sicilia	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
16113	---	Ganzirri	Sicilia	2,9	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
16114	---	Ganzirri	Sicilia	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
16115	---	Ganzirri	Sicilia	4,2	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
16200	---	Messina	Sicilia	3,9	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	ND
16300	---	Faro Superiore	Sicilia	2,9	ND	ND	ND	ND	ND	Pleistocene	ND	G&P2008
35001	Nicotera	Nicotera-Gioiosa	Calabria	5,6	ND	SW	Primary	Normal	ND	Holocene	25k	Tor&2002
35002	Surdello	Nicotera-Gioiosa	Calabria	12,6	ND	SW	Primary	Normal	ND	Holocene	25k	Cia&1983
37300	Matiniti	Matiniti	Calabria	4,1	ND	WSW	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Atz&1983; Miy&1994
37310	Piale	Campo Piale Horst	Calabria	2,4	ND	SW	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Gua&2004
37311	Mortille	Campo Piale Horst	Calabria	1,3	ND	S	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Gua&2004
37313	Commenda	Campo Piale Horst	Calabria	1,5	ND	SW	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Gua&2004
37320	Acciarello	Acciarello	Calabria	3,2	ND	W	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Gua&2004
37400	Cannitello	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	3,5	ND	NW	Primary	Normal	ND	Late Pleistocene	50k	Atz&1983; Miy&1994
37401	Pezzo	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	4,5	ND	NW	Primary	Normal	ND	Late Pleistocene	50k	Atz&1983; Miy&1994
37404	Scilla-Santa Trada	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	3,3	ND	NW	Secondary	Normal	ND	Holocene	50k	Atz&1983; Miy&1994; Ghi1992
37405	Marina S. Gregorio	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	2,0	ND	NW	ND	Normal	ND	Pleistocene	50k	Atz&1983
37408	Favazzina	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	6,1	ND	NW	ND	Normal	ND	Holocene	50k	Atz&1983; Ghi1992
37409	Ceramida	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	3,3	ND	W	Primary	Normal	ND	Late Pleistocene	50k	Cot&1986
37421	Scilla sud	Cannitello-Gioia Tauro	Calabria	ND	ND	NNW	Primary	Normal	ND	Holocene	50k	Fer&2008
37431	Seminara	Melicuccà-Seminara	Sicilia	6	ND	E	Primary	Normal	ND	Late Pleistocene	50k	Cot&1986

Tabella 2.2.1.1 – Sintesi delle 24 faglie attive e capaci analizzate, scelte dalla banca-dati ITHACA perché intersecano una delle opere previste (si veda Fig. 2.2.1.2). (a, in alto) Analisi dell'intersezione tra ciascuna faglia e ciascuna categoria di opere: si noti che nessuna faglia intercetta la categoria "Viabilità promiscua cantiere..." (b, in basso) Parametri descrittivi di ciascuna faglia. Le informazioni sono riportate in inglese, come nei record originali di ITHACA. ND indica "Non Definito".

Legenda bibliografia: G&P2008, Guarnieri & Pirrotta (2008); Tor&2002, Tortorici et al. (2002); Cia&1983, Ciaranfi et al. (1983); Atz&1983, Atzori et al. (1983); Miy&1994, Miyauchi et al. (1994); Gua&2004, Guarnieri et al. (2004); Ghi1992, Ghisetti (1992); Cot&1986, Cotecchia et al. (1986); Fer&2008, Ferranti et al. (2008).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024



Figura 2.2.1.2a – Faglie attive e capaci dalla banca-dati ITHACA. In rosso sono mostrate le 24 faglie selezionate per la corrente analisi, in quanto intercettano almeno una delle opere previste, e i relativi codici (si veda anche Tab. 2.2.1.1, in cui sono presenti gli stessi codici), in azzurro le altre faglie presenti in ITHACA. Le tracce in nero indicano le diverse categorie di opere previste.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Data la grande varietà di termini e nomi utilizzati anche per la medesima faglia, per la nomenclatura faremo riferimento esclusivamente alla stessa banca-dati ITHACA. Analogamente, i parametri delle faglie selezionate derivano esclusivamente da ITHACA. Le ragioni di questa scelta risiedono nel fatto che il database ITHACA è un prodotto ufficiale gestito da ISPRA e include, dopo revisione da parte del gruppo di lavoro, faglie ritenute attive e capaci pubblicate nella letteratura scientifica. In questo senso, le faglie presenti in ITHACA formano un *dataset* esaustivo che dovrebbe includere gli elementi tettonici più accreditati dal punto di vista della correttezza scientifica, pur essendo stati mappati e inclusi nella banca-dati ad una scala non di dettaglio (variabile tra 1:25.000 e 1:50.000: vedi Tab. 2.2.1.1b).

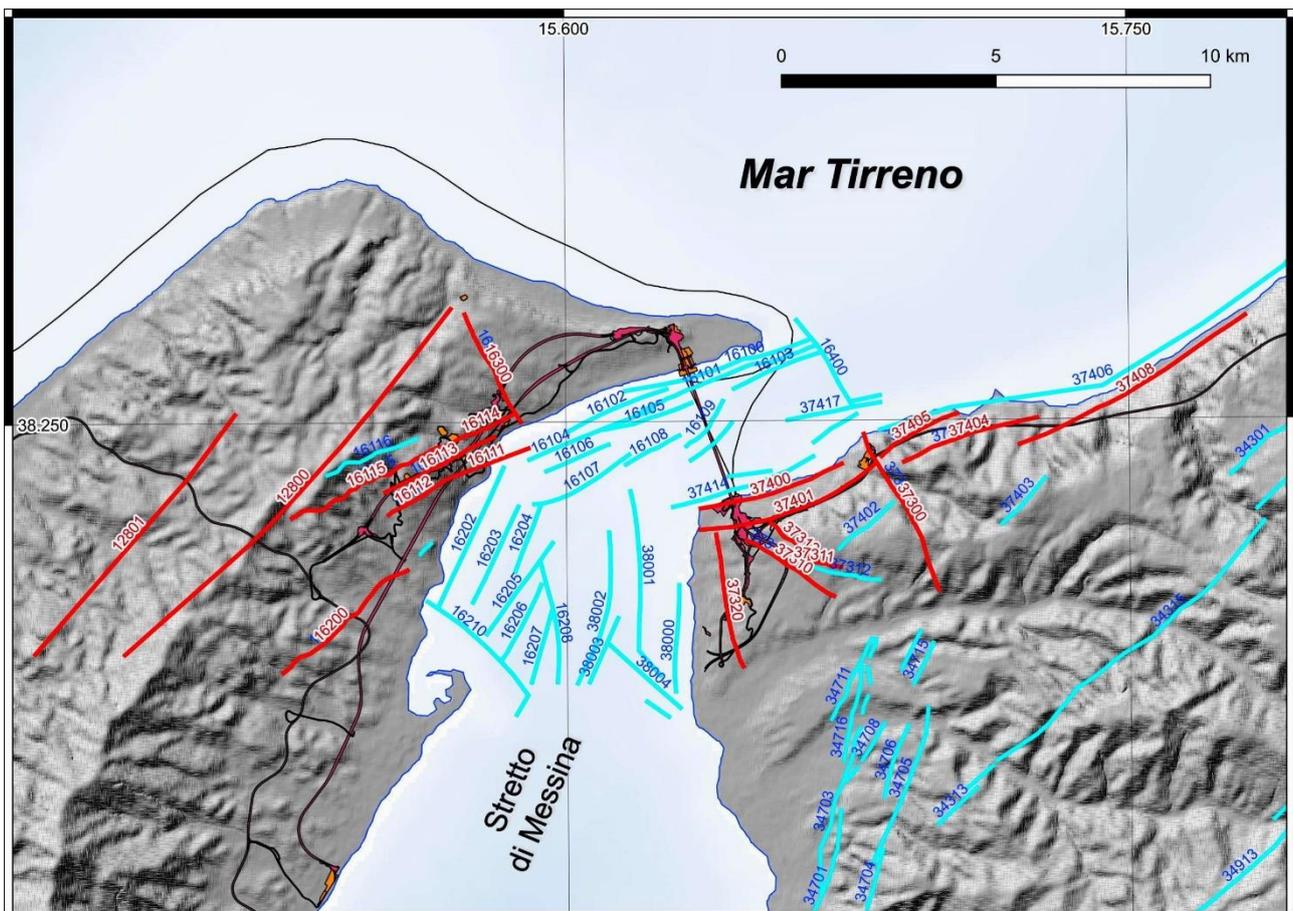


Figura 2.2.1.2b – Faglie attive e capaci dalla banca-dati ITHACA e relativi codici: dettaglio sull’area dello Stretto di Messina (si veda anche la Tab. 2.2.1.1, in cui sono riportati gli stessi codici). Le faglie in rosso sono un sottoinsieme delle 24 selezionate; in azzurro altre faglie presenti in ITHACA. Le tracce in nero indicano le diverse categorie di opere previste.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Verranno citate inoltre altre faglie non ritenute capaci dalla banca-dati ITHACA, o di interesse non immediato per il Ponte: in particolare le faglie di Scilla, sulla sponda calabrese, e di Mortelle, sulla sponda siciliana, lato tirrenico.

Si ricorda che per tutte le faglie proposte da ITHACA vale un *disclaimer* pubblicato sul sito di questa banca-dati:

Il Catalogo ITHACA fornisce una prima indicazione sull'eventuale presenza di faglie attive e capaci in un determinato territorio, ma non può essere utilizzato per la loro caratterizzazione di dettaglio. Ciò vale in particolar modo per gli studi di microzonazione sismica.

ISPRA declina ogni responsabilità in merito ad un utilizzo delle informazioni contenute nel Catalogo ITHACA per la caratterizzazione di dettaglio della pericolosità da fagliazione superficiale; questa richiede infatti particolareggiate indagini ad hoc, di tipo tettonico, geomorfologico e paleosismologico, alla scala della microzonazione sismica.

ISPRA, attraverso il dipartimento Servizio Geologico d'Italia, è comunque disponibile a fornire assistenza tecnica alle amministrazioni locali, al fine di migliorare le informazioni relative alle faglie capaci sul territorio italiano.

Un primo esame della Tab. 2.2.1.1b mostra l'assoluta opportunità di tale *disclaimer*. L'informazione riportata da ITHACA per le 24 faglie è infatti decisamente incompleta. Si constata facilmente che:

- per nessuna faglia viene specificato l'angolo di *dip*, ma viene fornita solo la direzione verso cui la faglia pende (e quindi indirettamente il suo *strike*);
- non viene mai specificato il tipo di *surface evidence* di ciascuna faglia, forse proprio perché si tratta di elementi tettonici la cui esistenza è ipotizzata sulla base di osservazioni ed ipotesi geomorfologiche, ma che sono privi di riscontri diretti di terreno;
- la scala di mappatura originaria è in genere 1:25.000, 1:50.000 o non precisata, quindi non di dettaglio;
- infine, nella versione on-line di ITHACA, e solo in essa, si trovano due ulteriori parametri non riportati in Tab. 2.2.1.1b. Il primo parametro è un *capability consensus* (consenso della comunità scientifica sul fatto che la faglia sia effettivamente attiva e capace), ma il relativo campo non è mai definito. Un secondo parametro, *study quality*, è una valutazione complessiva sulla affidabilità della definizione dei parametri di faglia: questo parametro purtroppo è quasi sempre non definito, salvo pochi casi in cui assume il valore *fair* (accettabile).

Nel prosieguo approfondiremo il quadro d'insieme delle conoscenze sui caratteri strutturali dell'area dello Stretto e sulla natura e gerarchia dei processi tettonici che ne accompagnano l'evoluzione. Successivamente passeremo ad esaminare una ad una queste faglie, anche per confermarne la stessa esistenza, la geometria, il grado di attività e la natura *capace*.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Ricordiamo che per *faglia* si intende esclusivamente una discontinuità approssimativamente planare che consente il movimento relativo delle masse rocciose che si fronteggiano sui due lati della discontinuità stessa, e che una faglia si dice *attiva* se può muoversi nel campo di sforzi tettonici attuale. Ciò premesso, per ogni faglia esistono cinque opzioni, ciascuna delle quali esclude le altre quattro, con la sola eccezione della #5:

1. è realmente una faglia tettonica e attiva, e ha caratteristiche tali da renderla sismogenetica;
2. è realmente una faglia tettonica e attiva, ma le sue dimensioni la rendono non-sismogenetica;
3. è realmente una faglia tettonica, ma non più attiva;
4. è una faglia di tipo gravitazionale (*gravitational fault*, come spiegato in Carbonel et al., 2013);
5. non è una faglia ma il bordo interno di un terrazzo marino; ovvero una forma del paesaggio causata da abrasione marina, con creazione di una superficie planare alle cui spalle si trova una falesia più o meno alta e sviluppata e in genere sub-verticale.

Il tema è già stato ampiamente trattato sia nel Progetto di Massima del 1992 e nelle lunghe e articolate ricerche che hanno portato ad esso, poi nel Progetto Preliminare del 2004, e infine nel PD; ma le informazioni ottenute in questa lunga fase di studi sono disperse nella grande mole dei documenti progettuali, di cui riportiamo qui passaggi utili a dirimere la questione.

Passando dalla parametrizzazione svolta dei compilatori di ITHACA per le 24 faglie oggetto di questa analisi a come quelle stesse faglie si presentano sul terreno, si possono identificare una serie di caratteri che aiutano a discriminare tra le cinque opzioni appena ricordate:

1. l'assenza sistematica di esposizioni dirette del presunto piano di faglia, che dovrebbe essere visibile quantomeno nelle incisioni causate dalle fiumare. Questo carattere emerge anche dalla difformità di mappatura delle faglie in questione tra autori diversi: si osservano infatti scostamenti fino a 2 km parallelamente al *trend* delle faglie stesse (su questo tema torneremo nel seguito);
2. la regolarità della quota a cui si osserva il presunto contatto di faglia (es. faglia di Pezzo); un fenomeno insolito per una reale dislocazione tettonica, ma ben compatibile con una origine del contatto per abrasione marina;
3. l'andamento del medesimo presunto contatto di faglia, che talora è decisamente curvilineo con la concavità verso mare (faglie di Pezzo e Mortelle), o variamente ondulato (faglia di Cannitello), pur se posto alla stessa quota. Si noti che un andamento curvilineo non è compatibile con l'esistenza di una faglia ad alto angolo, la cui intersezione geometrica con la superficie terrestre è per definizione pressoché rettilinea, anche su un terreno non del tutto pianeggiante (e non è questo il caso delle faglie in oggetto); inoltre, in un contesto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

prevalentemente distensivo quale quello dello Stretto, un andamento curvilineo del piano di faglia genererebbe nel volume di roccia del blocco di tetto una compressione in direzione parallela al piano stesso;

4. la concentrazione delle presunte faglie in aree costiere, particolarmente se tali coste sono esposte a un *fetch* molto importante (es. faglie di Mortelle e Pezzo, soggette a venti da N e NW, che sono i principali responsabili della morfogenesi costiera nel Tirreno sud-orientale), e quindi ad abrasione marina particolarmente efficace. La presenza di falesie curvilinee, e in particolare concave verso mare, può essere dovuta alla creazione di sequenze di terrazzi marini in baie limitate da blocchi di rocce molto competenti più o meno isolati (es. Fig. 5 di Pedoja et al., 2014). Queste falesie possono essere scambiate per l'evidenza di un rigetto di faglia, ma il verificarsi delle condizioni di cui ai precedenti punti b) e c) può prevenire l'equivoco;
5. l'incompatibilità dell'orientazione di alcune delle presunte faglie estensionali con il campo di sforzi attuale (es. faglia di Mortelle, orientata WNW-ESE e sottoposta a uno sforzo estensionale regionale anch'esso orientato WNW-ESE).

2.2.2 Il quadro strutturale di riferimento

Il punto di partenza per ogni analisi strutturale dell'area dello Stretto sono due articoli di Ghisetti (1984, 1992), una studiosa che ha dedicato una carriera alla comprensione della geologia e della tettonica attiva dello Stretto di Messina, affinando le proprie analisi man mano che emergevano nuove conoscenze e nuove interpretazioni. In particolare, il secondo articolo sintetizza uno studio ampio e pluriennale sulla tettonica recente dello Stretto di Messina e sui rapporti con la sorgente del terremoto del 1908. Le faglie da lei indicate appaiono poi in molti studi successivi, come quelli di Dumas & Raffy (2004), Dumas (2008) e Ferranti et al. (2007, 2008).

Rispetto ai lavori precedenti, le indagini di Ghisetti (1992) fanno tesoro degli studi pubblicati tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90 del secolo scorso sui caratteri della sorgente responsabile del terremoto del 1908, tra cui Valensise (1988), Capuano et al. (1988), Boschi et al. (1989) e De Natale & Pinguet (1991). In quel momento storico la sorgente del terremoto del 1908, già indagata in precedenza grazie alle osservazioni sismografiche e geodetiche disponibili, cessava di essere astrattamente un piano nello spazio, ma iniziava a essere interpretata e compresa alla luce della geologia recente dello Stretto di Messina.

Le indagini di Ghisetti (1992) portano all'identificazione di due categorie distinte di faglie attive (Figura 2.2.2.1). Alla prima categoria appartengono quattro sistemi certamente più antichi e più lunghi, che tagliano il basamento cristallino e che hanno influenzato profondamente la sedimentazione dei depositi Plio-pleistocenici dell'area dello Stretto (Lardereria-Curcuraci sul lato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

siciliano; Campo Piale, Reggio Calabria-Calanna-Sant’Eufemia e Armo-Delianuova sul lato calabrese: settori B e F in Fig. 2.2.2.1). Per il solo fatto di aver condizionato la sedimentazione già a partire dal Pliocene, se non prima, queste faglie hanno quasi certamente cessato di agire come elementi tettonici primari, ma sono certamente in grado di riattivarsi passivamente nel campo di sforzi attuale, dominato dalla estensione WNW-ESE a cui risponde la dislocazione lunga la faglia responsabile del terremoto del 1908. Alla seconda categoria appartengono alcune faglie minori e meno vincolate geologicamente, spesso parallele alla costa e ai margini dei terrazzi marini che bordano tutto lo Stretto, come quelle di Cannitello e Pezzo, o poste ai piedi di ampie falesie, come la faglia di Scilla (settori A, C, D, E). Di queste faglie si è già parlato estesamente nella sezione precedente.

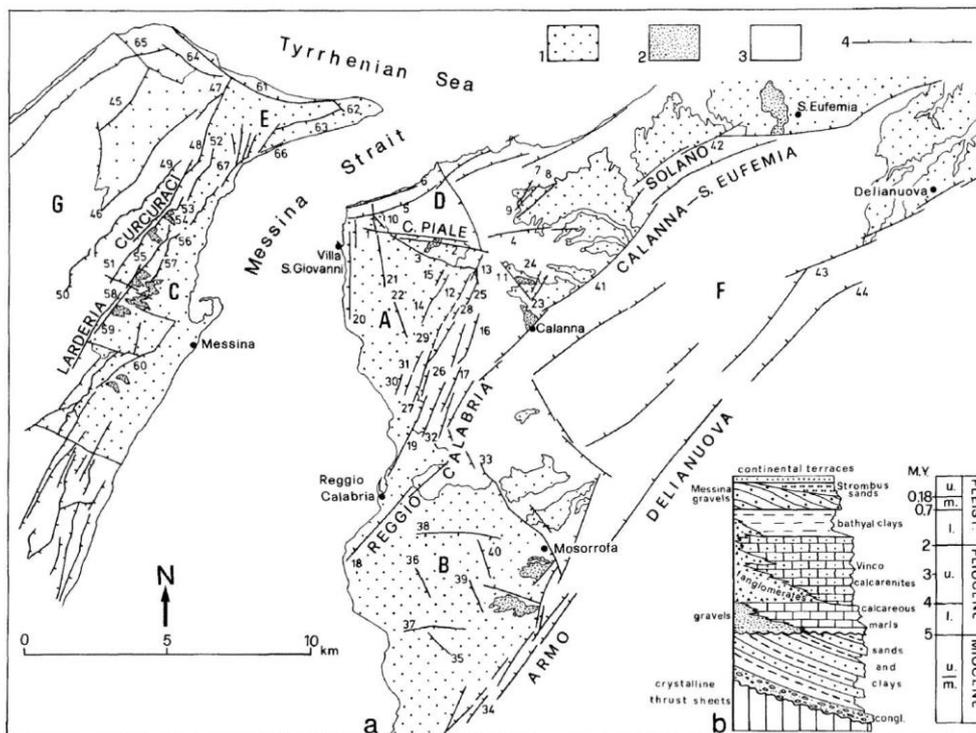


Figura 2.2.2.1 – Schema strutturale semplificato dell’area dello Stretto, da Ghisetti (1992). L’area è divisa in domini strutturali omogenei identificati da lettere dalla A alla G. Legenda: 1, coperture clastiche di età compresa tra il Tortoniano e il Pleistocene; 2, fanglomerati e breccie affioranti in prossimità delle faglie; 3, basamento cristallino (non sono riportate le soprastanti coperture di depositi cenozoici e dei terrazzi del Pleistocene); 4, faglie normali.

Tra la prima e la seconda di queste due categorie di faglie c’è quindi una differenza fondamentale, perché le prime sono mappate sulla base di piani di taglio effettivamente osservati sul terreno,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

dunque con incertezze reali di pochi metri, mentre le seconde sono mappate in base a un criterio eminentemente geomorfologico, ovvero considerandole elementi fragili organizzati come una “gradinata” di faglie parallele all'attuale linea di costa. Tali gradinate avrebbero portato a quote diverse una singola superficie terrazzata di partenza (su questo tema torneremo nel seguito). La differenza di accuratezza nella localizzazione di queste due categorie di faglie è dimostrata dalla Fig. 3 di Ferranti et al. (2007), qui riportata come Figura 2.2.2.2, che mostra la differenza di posizione assoluta – oltre che di lunghezza, e persino di denominazione – assunta da una stessa faglia nelle pubblicazioni di autori diversi.

Ghisetti (1992) calcola sia l'entità della dislocazione complessiva delle faglie da lei stessa censite, sia – in base all'età dei depositi dislocati – il loro *slip rate* (rateo di dislocazione). La sua conclusione è che anche sommando gli *slip rates* dell'intera popolazione delle faglie identificate, non si arriva minimamente ad eguagliare il rateo di rilascio di momento sismico associato alla grande faglia profonda che ha generato il terremoto del 1908. Questo nell'ipotesi, formulata da lei stessa, che questo ricorra in modo pressoché caratteristico ogni 1.000 anni circa. A riguardo Ghisetti (1992) esprime due concetti fondamentali per la comprensione della tettonica attiva dello Stretto:

- “... *If deformation energy is released episodically by characteristic earthquakes of the same size, this means that the seismic breaks are dispersed within a highly fractured crustal volume, and that slip is partitioned over a large number of surface faults, some of which are preferentially reactivated...*” (“... Se l'energia di deformazione viene rilasciata episodicamente da terremoti caratteristici della stessa entità, ciò significa che le rotture sismiche sono disperse all'interno di un volume crostale altamente fratturato, e che lo scorrimento è ripartito su un gran numero di faglie superficiali, alcune delle quali riattivate in modo selettivo ...”).
- “... *In this framework, the slip rates reflect the dispersal of deformational input in an array of interconnected breaks...*” (“In questo contesto, gli *slip rates* [delle faglie censite, *NdR*] riflettono la dispersione dell'input deformativo in una insieme di rotture interconnesse”).
- Nell'*Abstract* di un suo articolo precedente (Ghisetti, 1984) si leggeva inoltre che:
- “... *Many synsedimentary features seem to indicate repeated and intermittent pulses of high-velocity fault slippage, possibly related to seismic shaking...*” (“... Molte caratteristiche sinsedimentarie sembrano indicare impulsi ripetuti e intermittenti di scorrimento della faglia ad alta velocità, forse correlati allo scuotimento sismico...”).

Queste conclusioni implicano che secondo Ghisetti (1992) l'attività delle faglie in questione è solo *ancillare* rispetto al movimento lungo il grande piano di faglia responsabile dei terremoti come quello del 1908; una faglia che per dimensioni e velocità di spostamento è universalmente riconosciuta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

come il motore principale della deformazione attuale nello Stretto di Messina. In altre parole, la dislocazione su quel piano di faglia, che avviene prevalentemente in modo sismico ma in parte anche in modo asismico, è la causa principale della deformazione dell'area; ma entro i primi 3-5 km di profondità – quindi al di sopra della faglia sismogenetica, che si estende da un minimo di 3 a 12-14 km di profondità – questa deformazione deve fare i conti con un volume di crosta superiore che non si comporta in modo elastico, ma è resa fragile dall'esistenza certa di numerose faglie minori, a partire da quelle censite da Ghisetti (1992).

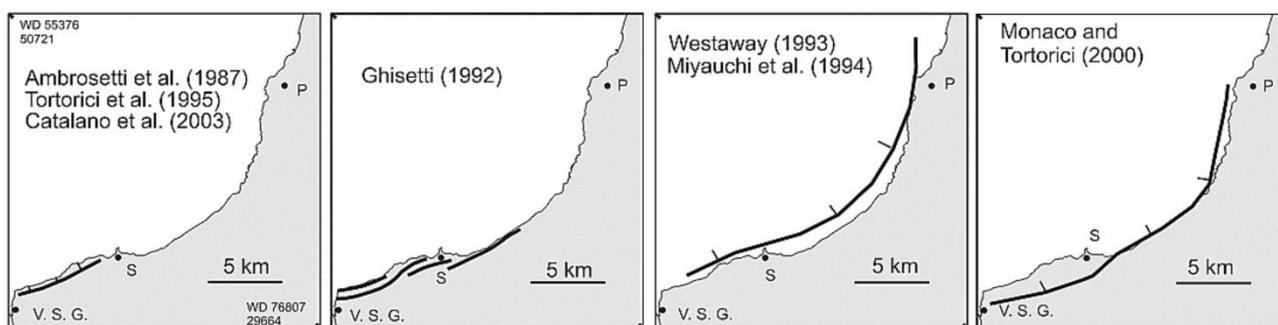


Figura 2.2.2.2 – Diverse localizzazioni proposte in letteratura per la faglia di Scilla, che in alcuni casi coincide con le faglie di Cannitello e Pezzo. La variabilità di tali localizzazioni, che in alcuni casi è dell'ordine del km, indica chiaramente che questa faglia non è osservata direttamente sul terreno ma solo evinta su base morfologico-topografica. Si noti che per Miyauchi et al. (1994) la faglia di Scilla è una *gravity fault*, non una normale faglia tettonica. V.S.G. e S. indicano rispettivamente Villa San Giovanni e Scilla (da Ferranti et al., 2007).

Queste considerazioni possono essere estese a tutte le faglie attive e capaci censite da ITHACA che risultano essere vere faglie e che ricadono al di sopra della grande faglia responsabile del terremoto del 1908 o in prossimità di essa. Su questo tema torneremo nella sezione che segue.

2.2.3 Gerarchia e orientazione dei sistemi attivi nello Stretto

Tra la faglia responsabile del terremoto del 1908 e dei suoi predecessori e le numerose faglie di superficie censite nello Stretto da vari autori – ma in modo sistematico solo da Ghisetti (1992) – ci sono circa due ordini di grandezza di differenza nella rapidità con cui tutti questi elementi deformano tettonicamente l'area. Questo carattere appare chiaramente sia nella celebre sezione dello Stretto elaborata per il Progetto Preliminare (Figura 2.2.3.1), sia nei modelli analogici realizzati da Bonini et al. (2011) (Figura 2.2.3.2). Nella prima immagine (Fig. 2.2.3.1) si nota uno sciame di faglie parallele alle coste dello Stretto, che nel tratto interessato dall'attraversamento è orientato WSW-ENE; alcune di esse mostrano attività recente, quindi interessano il fondo marino, mentre altre sono suturate dai

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

depositi del fondo marino, e quindi vanno considerate ormai inattive. La scala verticale sulla destra della sezione mostra che queste faglie si concentrano entro una profondità di 1-2 km, dunque sono molto pellicolari; complessivamente esse descrivono un piccolo Graben posto nella zona di massima depressione assiale della sinclinale asimmetrica formata dall'azione della faglia responsabile del terremoto del 1908 (Valensise e Pantosti, 1992), e il loro rigetto complessivo è minimo (si vedano i dati riportati nella parte inferiore della Fig. 2.2.2.3, ben leggibili nell'elaborato originale).

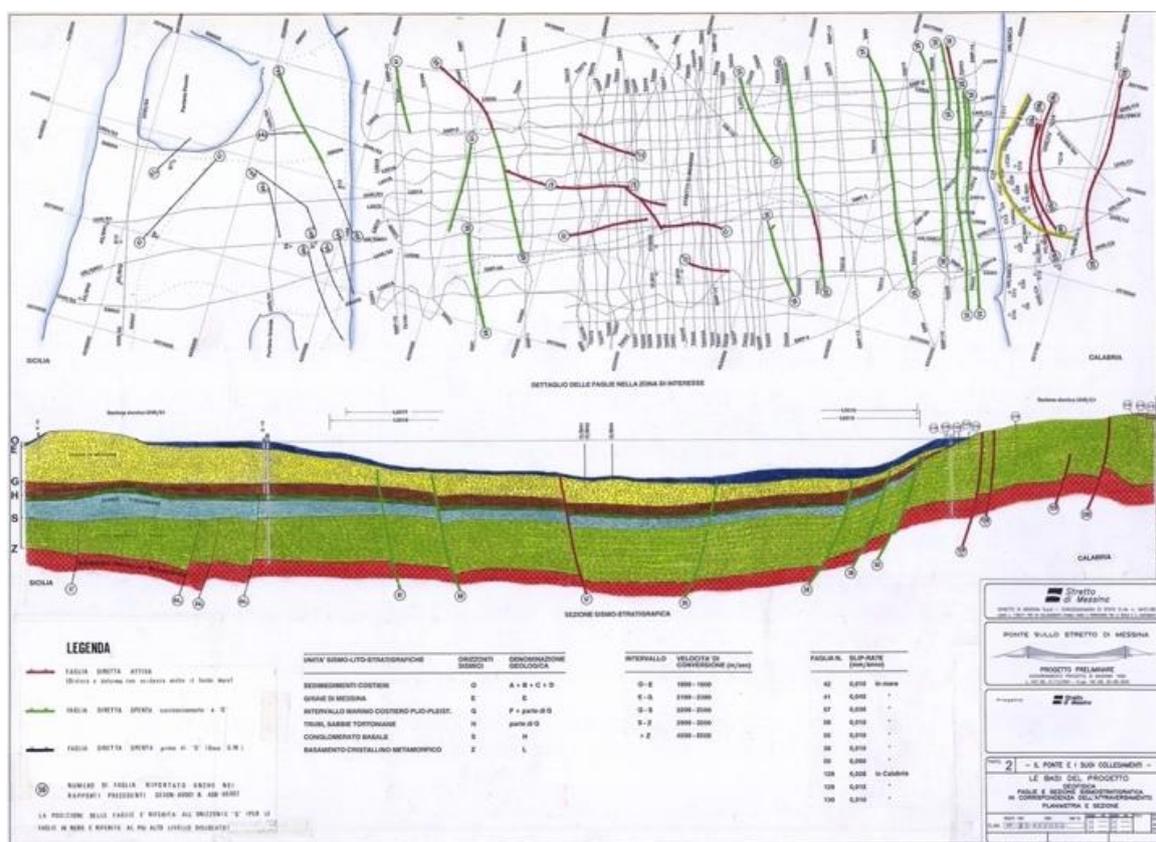


Figura 2.2.3.1 – Sezione dello Stretto di Messina all'altezza del previsto attraversamento, realizzata per il Progetto di Massima del 1992. Sono bene evidenti le numerose faglie estensionali che interessano il fondo marino entro una profondità di 700 m circa, la struttura complessiva a Graben che esse descrivono, e la modesta entità del loro rigetto. Gli *slip rates* riportati nella tabella in basso a destra variano tra 0.01 e 0.08 mm/anno per le faglie in mare, e tra 0.010 e 0.028 mm/anno per quelle della sponda calabrese. Per la 129, che corrisponde con la faglia di Pezzo, è stimato un valore di 0.150 mm/anno.

Nella seconda immagine (Fig. 2.2.3.2) sono mostrati i risultati di una elaborazione ottenuta tramite un modello analogico specificamente ideato per studiare i rapporti tra la dislocazione sulla faglia che ha generato il terremoto del 1908, che, come si ricorda, è una faglia cieca che non interessa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">06/09/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	06/09/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	06/09/2024						

direttamente i primi 3 km della crosta superiore, e l'evoluzione della deformazione all'interno di questo blocco crostale superficiale. I risultati mostrano che con il procedere della deformazione applicata al modello analogico si assiste alla formazione di faglie minori sintetiche e antitetiche proprio al di sopra del bordo superiore della sottostante faglia sismogenetica. Queste faglie minori sono simili a quelle osservate nel mondo reale sia quanto a configurazione (si veda la Fig. 2.2.3.1), sia quanto a orientazione, perché la prossimità del bordo settentrionale della faglia sismogenetica induce una rotazione in senso orario di circa 30° rispetto all'orientazione di tale faglia.

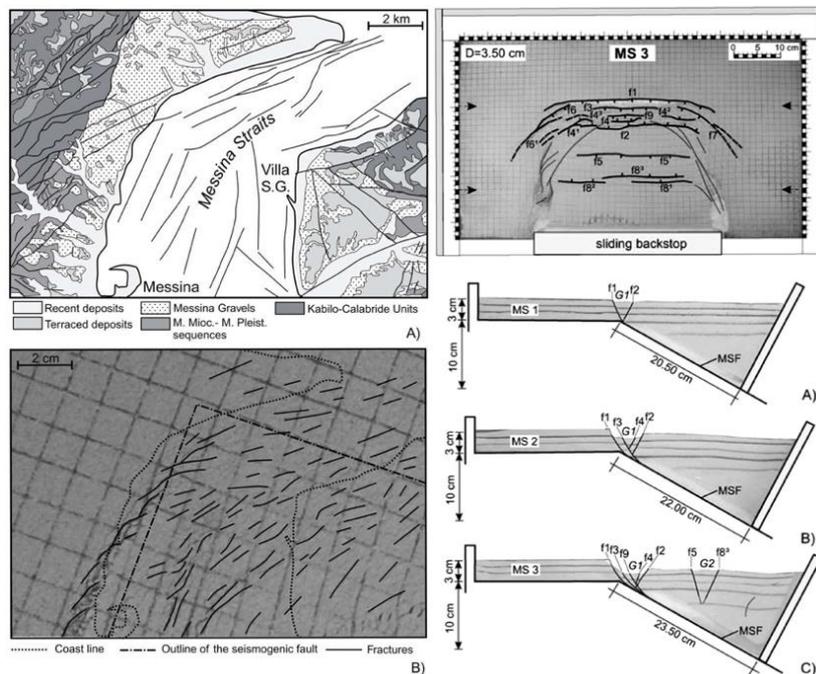


Figura 2.2.3.2 – Modelli analogici dell'attività tettonica nello Stretto di Messina (Bonini et al., 2011). Il rettangolo a tratto e punto che si intravede nella immagine in basso a sinistra è la proiezione in superficie della faglia che secondo il DISS Working Group (2021) ha generato il terremoto del 1908. Nelle due immagini di destra sono mostrati i rapporti tra tale faglia e gli elementi secondari di neoformazione: questi, trovandosi all'estremità settentrionale della faglia sismogenetica, tendono a ruotare dalla direzione NNE-SSW dell'asse principale dello Stretto fino alla direzione WSW-ENE.

2.2.4 Sollevamento regionale e generazione dei terrazzi marini

Insieme a gran parte della Calabria e all'area nord-orientale della Sicilia, l'area dello Stretto è soggetta ad un veloce sollevamento che è iniziato circa un milione di anni fa e procede a velocità di 1-2 mm/anno, con una forte variabilità da luogo a luogo. Questo sollevamento, e i terrazzi marini che ne sono un effetto molto evidente nel paesaggio, è stato oggetto di almeno 130 anni di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

osservazioni ed è descritto in una letteratura ormai molto ampia, che inizia addirittura con la classica “Descrizione geologica della Calabria” di Emilio Cortese (1895).

Nello studio della tettonica attiva i terrazzi marini hanno molteplici valenze:

- documentano il sollevamento a grande scala e la sua continuità nel tempo, illustrando l’evoluzione di un processo tettonico e morfogenetico alternativo alla dislocazione fragile causata dalle faglie;
- costituiscono dei *marker* ragionevolmente ben correlabili regionalmente, permettendo di valutare l’eventuale sollevamento differenziale di aree anche distanti anche centinaia di km;
- per loro natura, forniscono informazioni relative alla storia tettonica più recente, e in genere ancora in atto oggi;
- consentono di valutare anche quantitativamente l’attività o inattività delle faglie che li interessano, a seconda che queste taglino o siano invece sigillate dai depositi dei terrazzi stessi.

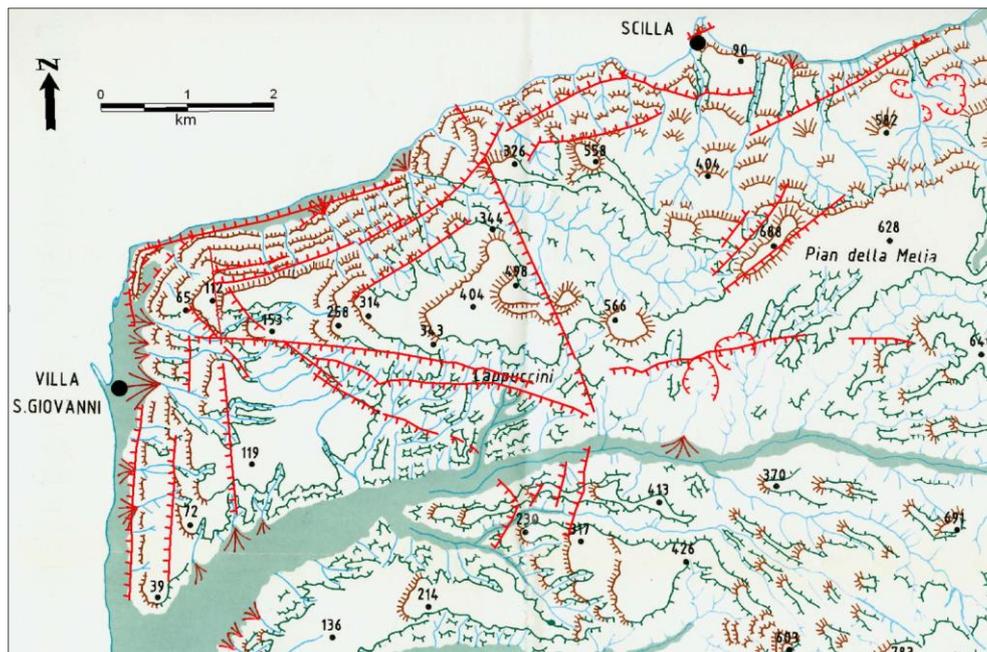


Figura 2.2.4.1 - Faglie identificate con metodi geologici di terreno sulla sponda calabrese dello Stretto (linee rosse con dentini), tratte dalla tavola 1.3.3.4/1 del Dossier Tecnico degli Studi Sismotettonici-DTSG, sovrapposte alle scarpate morfologiche dei terrazzi costieri mappate da Ricchetti e Ricchetti (1991: linee marroni con dentini più fitti). Si nota l’evidente corrispondenza delle faglie parallele alla costa con le (linee marroni con dentini più fitti). La figura è presentata come Fig. 7 in Valensise (2004).

Il sollevamento a carattere regionale è stato indagato da diversi studiosi nell’ambito delle attività che hanno portato al Progetto Preliminare. Alcune di queste ricerche sono state poi pubblicate nella

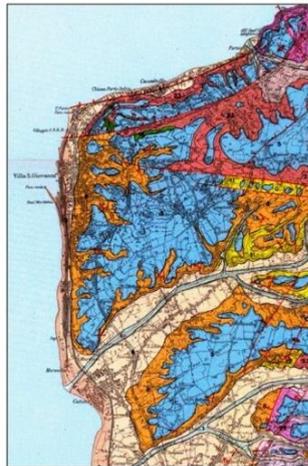
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

letteratura specialistica, come nel caso di Ricchetti e Ricchetti (1991). La Figura 2.2.4.1 mostra come molte delle faglie di superficie mappate coincidano con elementi del paesaggio di diversa natura, e in particolare con le scarpate che dividono i diversi ordini di terrazzi marini della zona. Le conclusioni di questi studiosi sono chiare:

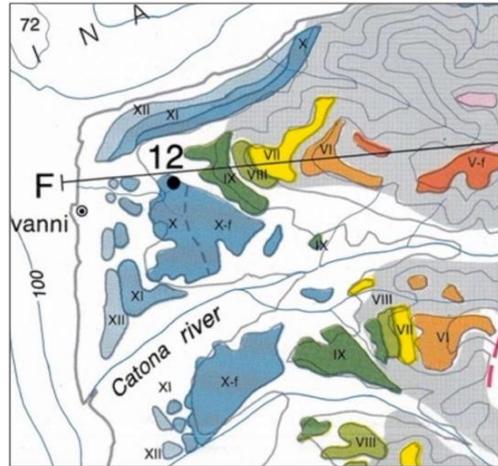
- *“... la copertura sedimentaria riferibile al ciclo suprapliocenico-infrapleistocenico risulta trasgressiva, con evidente discordanza angolare, su un substrato deformato ed eroso, formato a seconda dei luoghi dalla coltre cristallina dell'Aspromonte nonché da residui lembi delle coperture orogene e postorogene, oligo-mioceniche e infraplioceniche”;*
- *“... con riferimento alle incidenze tettoniche sull'evoluzione morfologica, le principali divergenze [tra Ricchetti e Ricchetti, 1991, e alcuni altri autori: NdR] consistono ... nella valutazione delle dislocazioni tettoniche verificatesi durante il sollevamento e ritenute direttamente responsabili dell'origine della sottostante gradinata: in sostanza, contrastanti interpretazioni sono state proposte sulla genesi, tettonica o erosiva, dei vari ripiani e gradini che caratterizzano le forme del rilievo del tratto medio-inferiore dell'Aspromonte. A seconda degli Autori e dei casi in questione, queste forme vengono attribuite a effetti collegati con la morfogenesi costiera mediopleistocenico-olocenica, oppure con coevi sbloccamenti di faglia: nel primo caso [questa è la linea di Ricchetti e Ricchetti, NdR], ciascun gradino documenta un'antica linea di costa, ancorché impostata lungo una preesistente scarpata di faglia (in qualche caso esumata) e il sottostante ripiano ne rappresenta la corrispettiva piattaforma di abrasione e/o di accrezione; nel secondo caso, lo stesso gradino corrisponde a una scarpata di faglia e i ripiani, situati a tetto e a letto, rappresentano blocchi diversamente dislocati di un'unica piattaforma costiera”;*
- *“... il quadro morfologico emerso a seguito delle nostre indagini, ancorché preliminare, assieme ai dati stratigrafici e tettonici sinora ottenuti sia nell'area in esame che in quelle confinanti (rilevate da altri ricercatori che collaborano alle indagini convenute con la Soc. Stretto di Messina) tendono a dimostrare un ruolo decisamente irrilevante della tettonica distensiva durante la surrezione medio-suprapleistocenica del territorio calabrese e, di conseguenza, sulla relativa evoluzione morfologica”;*
- *“... durante tale regressione [il progressivo ritiro del mare causato dal sollevamento, NdR], preesistenti incidenze geologico strutturali, via via esumate, avrebbero opposto una diversa resistenza alla dinamica erosiva determinando posizione, andamento e forma delle relative linee costiere e delle caratteristiche degli antistanti fondali”.*

Una conferma indiretta di queste affermazioni, e in particolare dell'ultima, si ritrova nei risultati presentati da Miyauchi et al. (1994) e da Dumas (2008). Quest'ultimo autore ha dedicato una carriera ai terrazzi della Calabria meridionale, pubblicando numerosi lavori tra il 1979 e il 2006. Il lavoro del 2008 qui citato è un'ampia guida a una escursione che si è svolta nella zona nel settembre 2008, a margine di un progetto finanziato con fondi europei; essa raccoglie quindi una sintesi ragionata di quasi 30 anni di osservazioni e analisi, tutte pubblicate sulla letteratura specialistica internazionale.

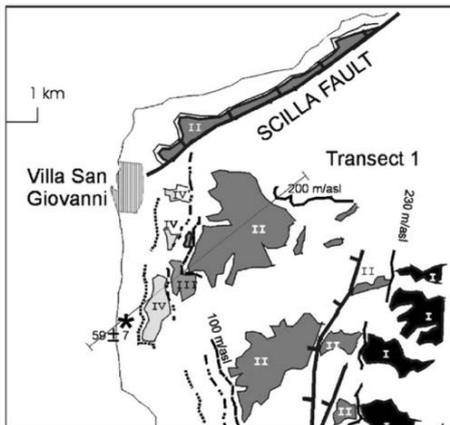
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024



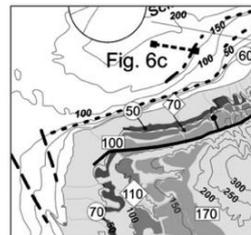
Atzori et al. (1983)



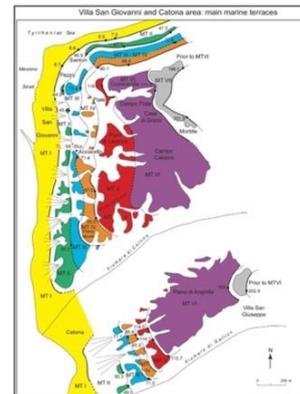
Miyauchi et al. (1994)



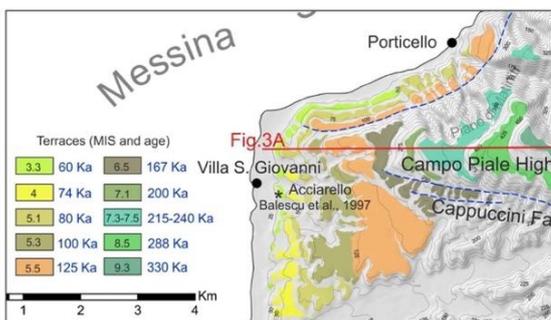
Catalano et al. (2003)



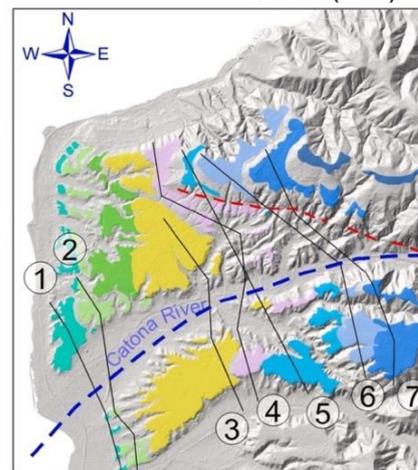
Ferranti et al. (2007, 2008)



Dumas (2008)



Monaco et al. (2017)



Barreca et al. (2021)

Fig. 2.2.4.2 – Visione sinottica di sette elaborazioni di letteratura relative ai terrazzi marini e alle faglie nell'intorno del pilone calabrese dell'Opera di Attraversamento. Le immagini sono plottate alla stessa scala.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

La Figura 2.2.4.2 mostra sette immagini tratte da altrettante mappe o articoli scientifici, ritagliate opportunamente per rappresentarle alla medesima scala inquadrando solo l'area nell'intorno del pilone calabrese dell'Opera di Attraversamento. Le immagini, opportunamente georeferenziate in ambiente GIS, permettono di verificare che l'andamento dei principali terrazzi marini dell'area è ragionevolmente coerente tra i diversi studi, mentre permangono importanti differenze sia nella datazione dei terrazzi stessi, sia nella distribuzione (e denominazione) delle faglie mostrate.

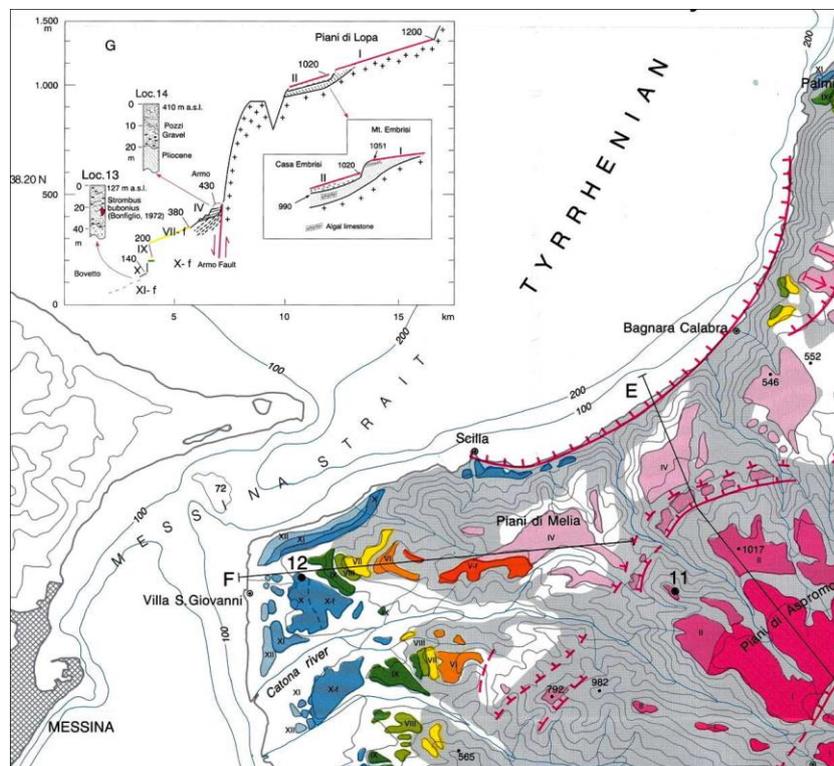


Figura 2.2.4.3 – Dettaglio della mappa allegata all'articolo di Miyauchi et al. (1994). Questi autori interpretano la struttura morfologica del paesaggio tra Cannitello e il versante montuoso che ha alle spalle come un succedersi di tre pianori, identificati come terrazzi marini di età differente, e come tali portati a quote progressivamente crescenti dal continuo sollevamento della regione dello Stretto. Gli autori riconoscono tre terrazzi di età tirreniana (125.000 anni) o inferiore, indicati con i numeri romani X, XI e XII, scendendo dal più alto e antico al più basso e recente.

In particolare, gli studi di Catalano et al. (2003), Ferranti et al. (2007, 2008), Monaco et al. (2017) e Barreca et al. (2021) ritengono che la faglia di Pezzo abbia dislocato la stessa superficie di età tirreniana (125.000 anni), causando un rigetto complessivo di circa 70 m: la faglia avrebbe quindi uno *slip-rate* vicino a 1 mm/anno. La questione è resa complessa dalla scarsità di datazioni assolute dei terrazzi in questione: che la superficie sui due lati della faglia di Pezzo sia coeva è una mera

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

ipotesi non supportata da datazioni, peraltro in un contesto geologico in cui abbondano le “gradinate” di terrazzi di età diversa, e per questo sollevati a quote diverse. Per di più, questa posizione pone anche un problema di scala, perché è molto difficile che una faglia lunga appena 3.5 km (vedi Tab. 2.2.1.1) accumuli dislocazione a questa velocità.

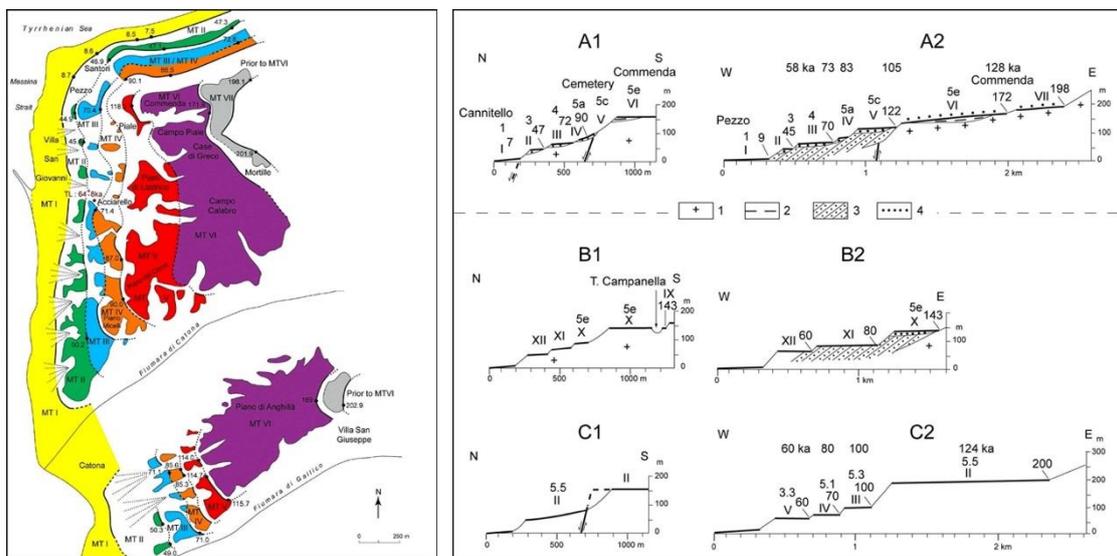


Figura 2.2.4.4 – (a sinistra) Andamento dei terrazzi marini nell’area di Villa San Giovanni, Piale e Cannitello secondo Dumas (2008). I terrazzi di età tirreniana (125.000 anni) o inferiore sono indicati con IV, V e VI, dal più basso al più alto (colori arancione, rosso e viola). (a destra) Confronto tra diverse interpretazioni della faglia di Pezzo dedotte dalla configurazione dei terrazzi marini, secondo A) Dumas (2008), B) Miyauchi et al. (1994), C) Catalano et al. (2003). Legenda: 1, graniti; 2, marne del Pliocene inferiore (formazione dei “trubi”); 3, Ghiaie di Messina; 4, Sottile rivestimento di depositi di spiaggia (da Dumas, 2008).

A loro volta Miyauchi et al (1994: Figura 2.2.4.3) ritengono che la faglia di Pezzo non esista, e infatti non la mappano, mentre Dumas (2008: Figura 2.2.4.4) la considera una faglia fossile che ha influenzato la posizione del terrazzo marino che si trova a valle di essa ma che è oggi suturata dai depositi marini che si trovano sul terrazzo stesso. Nella interpretazione di Dumas (2008) le due superfici terrazzate interpretate da altri autori come una singola superficie coeva sono in effetti terrazzi di età diversa: 125.000 anni per quella posta a monte della faglia, e 85.000 anni per quella posta a valle (terrazzo da lui definito come IV: si veda la successiva Figura 2.2.4.5). Si noti che la mappatura con datazione dei terrazzi proposta da Monaco et al. (2017) e da Barreca et al. (2021) coincide con quella proposta da Ferranti et al. (2007). L’elaborazione di Dumas (2008) è quindi nei fatti la più recente tra tutte quelle disponibili in letteratura, oltre ad essere basata su una conoscenza estremamente dettagliata dell’era indagata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Miyauchi et al. (1994: Figura 2.2.4.3) mostrano che nell'area triangolare tra Villa San Giovanni, Piale e Cannitello si succedono con regolarità una serie di terrazzi, tutti di età tirreniana (125.000) o inferiore, che si dispongono regolarmente intorno a un contrafforte di basamento cristallino difficilmente erodibile, denominato alto di Matiniti e ben identificabile nella mappa di Atzori et al. (1983: Fig. 2.2.1.1).

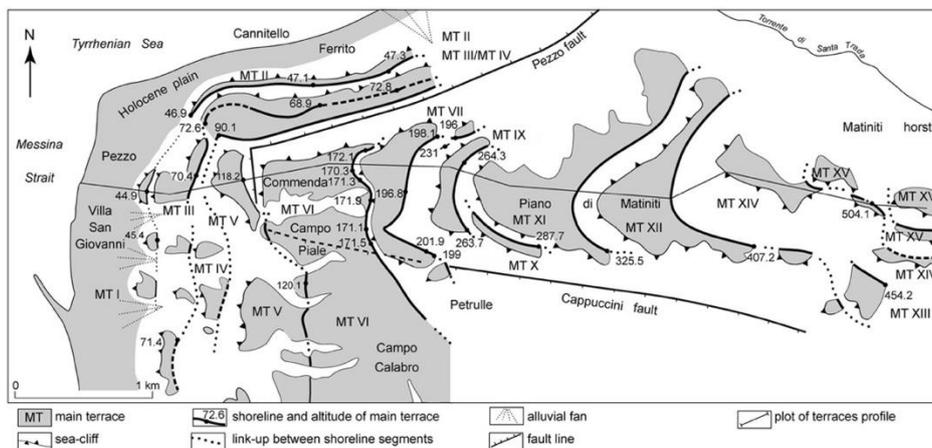


Figura 2.2.4.5 – Dettaglio dell'immagine precedente per la zona nell'entroterra di Villa San Giovanni e di Cannitello (da Dumas, 2008). La linea segmentata che attraversa tutta la figura da sinistra a destra è la traccia della sezione mostrata in Figura 2.2.4.6. Si nota la regolarità del bordo interno dei terrazzi, che si avvolgono ordinatamente intorno al preesistente alto di Matiniti, formato da rocce cristalline particolarmente competenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

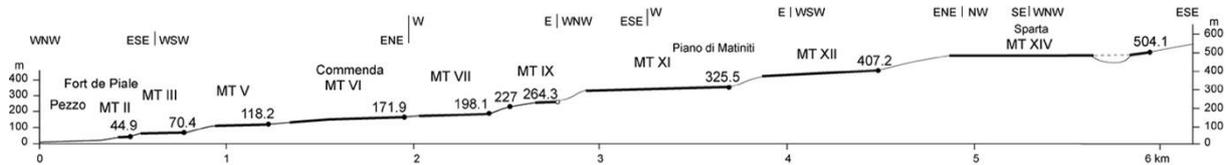


Figura 2.2.4.6 – Sezione (in alto) e veduta (in basso) della gradinata regolare di terrazzi che si osserva nella nell’entroterra di Villa San Giovanni e Cannitello (da Dumas, 2008). La traccia della sezione è mostrata in Fig. 2.2.4.5. Si noti che non tutti i terrazzi sono sempre rappresentati – qui, ad esempio, manca il IV – perché successivi episodi di alto stazionamento del mare possono averli ri-erosi del tutto: localmente si può quindi avere una gradinata incompleta.

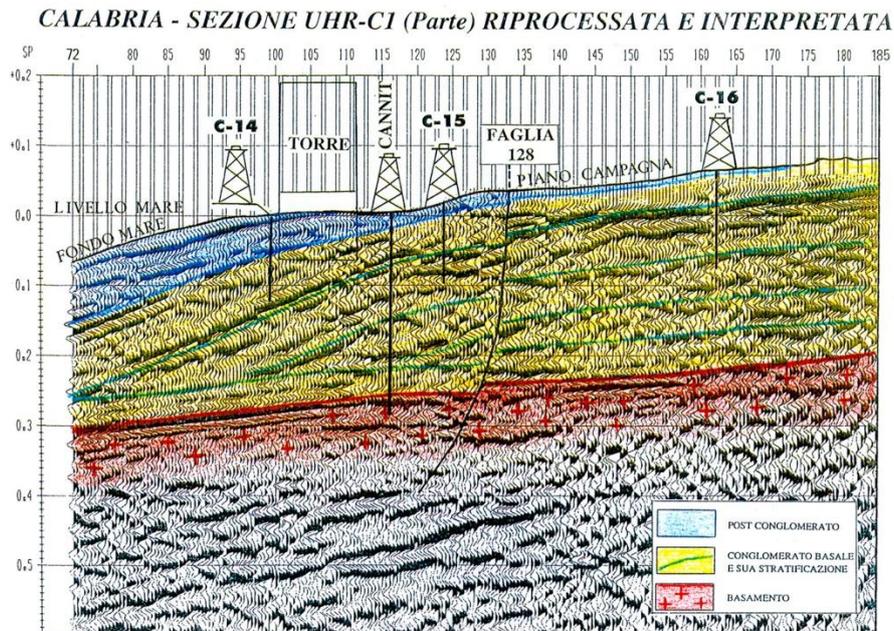


Figura 2.2.4.7 – Sezione sismostratigrafica dell’area in prossimità del pilone calabrese del Ponte, che dettaglia quanto già mostrato nella Figura 2.2.3.1 (da Progetto Preliminare, Dossier Tecnico degli Studi Sismotettonici-DTSG). La faglia indicata con 128 coincide con la faglia di Cannitello (si veda anche la Figura 2.2.3.1).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Dumas (2008) presenta un quadro del tutto simile (Figg. 2.2.4.4, sinistra, 2.2.4.5 e 2.2.4.6) dal punto di vista delle quote e della datazione dei terrazzi più giovani e rappresentativi, quelli con età di 125.000 anni o inferiore (indicati come X, XI e XII da Miyauchi et al. e come VI, V e IV da Dumas). Parlando di questi terrazzi Dumas (2008) usa parole molto chiare: “...*Their inner edge is a palaeo-sea cliff and the coastline has sometimes sinuous plotting, as it can be seen around the westward headland of the Matiniti horst. Here the successive curved shorelines form concentric circle arcs. This setting is incompatible with marine terraces truncated by faults. Nevertheless, the series of stepped terraces is controlled by the ancient faulted block borders: the retreating successive palaeo-sea cliffs from the fault scarps cause the shorelines to be parallel to the faults.*”

Ma come si è già accennato, e come mostra chiaramente la Fig. 2.2.4.4 (destra), che include anche dati tratti da Catalano et al. (2003), le diverse interpretazioni divergono decisamente dal punto di vista strutturale. Le ripercorriamo in estrema sintesi:

- secondo Miyauchi et al. (1994), nell’area non esiste alcuna faglia, né attiva né fossile, e i gradini morfologici corrispondenti alle falesie che limitano i terrazzi sono fatti puramente erosivi dovuti all’incisione dei terrazzi stessi;
- secondo Dumas (2008), il margine interno dei terrazzi indicati con IV e V, posto rispettivamente a quota 90 m e 122 m circa, corrisponde con la posizione della faglia di Pezzo; uno scalino morfologico che avrebbe influenzato la posizione del terrazzo ma che oggi è suturato dai depositi marini soprastanti le due superfici terrazzate. La faglia di Cannitello non è un elemento tettonico: la sua posizione all’interno del complesso delle Ghiaie di Messina la rende molto più verosimilmente una falesia alle spalle di un terrazzo marino;
- secondo Catalano et al. (2003), il terrazzo di età tirreniana (125.000 anni: indicato con la cifra II in Fig. 2.2.4.4 destra) è dislocato in due porzioni da una faglia – che è appunto la faglia di Pezzo – con un rigetto totale di circa 70 metri (si veda profilo indicato con C1). Data la giovane età del terrazzo, questa dislocazione presuppone un rateo di dislocazione verticale di 0,56 mm l’anno, che si traduce in un *slip rate* di circa 1.0 mm l’anno: un valore dello stesso ordine di grandezza di quello stimato da Valensise e Pantosti (1992) per la faglia che ha generato il terremoto del 1908, pari a 1.4 mm/anno, e in forte contrasto con l’evidenza fornita dalle indagini di sismica a riflessione (Figg. 2.2.3.1 e 2.2.4.7). Un’interpretazione simile viene fornita in lavori successivi che trattano della faglia di Pezzo come della porzione più occidentale della cosiddetta faglia di Scilla (Ferranti et al., 2007, 2008);

Si deve concludere che diversi autori tengono in buona considerazione la Faglia di Pezzo, come elemento attivo o come elemento fossile in grado di condizionare la topografia attuale, ma non citano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

in alcun modo la faglia di Cannitello. Sulla base delle stesse evidenze di sollevamento, della presenza di terrazzi marini di forma spesso sinuosa e di altre considerazioni, le considerazioni qui sviluppate per le faglie di Pezzo e Cannitello possono essere estese alla maggior parte delle 24 faglie attive e capaci censite in ITHACA, come vedremo nella sezione che segue.

2.2.5 Esame di dettaglio delle faglie capaci

Veniamo quindi ad esaminare in maggior dettaglio l'evidenza disponibile a favore dell'esistenza e della attività/capacità delle 24 faglie desunte dalla banca-dati ITHACA (Tab. 2.2.1.1 e Figg. 2.2.1.2a e 2.2.1.2b), iniziando da quelle più trattate e discusse nella letteratura specialistica. Si precisa che in questa sezione verranno considerate solo le faglie più prossime all'Opera di Attraversamento e alle sue immediate pertinenze.

2.2.5.1 Le faglie di Cannitello e Pezzo

La Faglia di Cannitello (37400 in Tab. 2.2.1.1) si trova alle spalle del paese omonimo e quindi intercetterebbe il sito scelto per la costruzione del pilone calabrese del Ponte, mentre la Faglia di Pezzo (37401), che si trova a monte della prima, intercetterebbe l'area in cui dovranno sorgere i blocchi di ancoraggio delle funi.

La faglia di Cannitello compare come Faglia n. 128, 128a, 128b e 128c nelle mappe PP 2D-A22001 e PP 2D-A22002 del Progetto Preliminare del 2004, e in effetti è citata e rappresentata già nel Progetto di Massima del 1992. Compare nella Fig. 2.48, Pag. 60 dell'elaborato "Geosismotettonica" del PD come Scilla Fault (Faglia di Scilla), che si prolunga però fino a Cannitello. Compare inoltre come faglia genericamente di letteratura nella mappa di Fig. 2.65, pag. 66 (la stessa mappa è anche in Fig. 6.15, Pag. 238, e 6.17, Pag. 240); come faglia tratta da Guarnieri (2006) in Fig. 2.57, Pag. 67; e come Sistema Costiero in Fig. 5.3, Pag. 167, sempre dello stesso elaborato. Si tratta quindi di una faglia ben nota alla Stretto di Messina S.p.A. e agli studi da essa condotta. La Faglia di Pezzo è invece ampiamente trattata nella letteratura specialistica, e a sua volta compare come Faglia n. 129 nei documenti del Progetto Preliminare e poi nei documenti del PD. Ad esempio, sono entrambe ben visibili nella mappa riportata in Fig. 2.2.3.1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

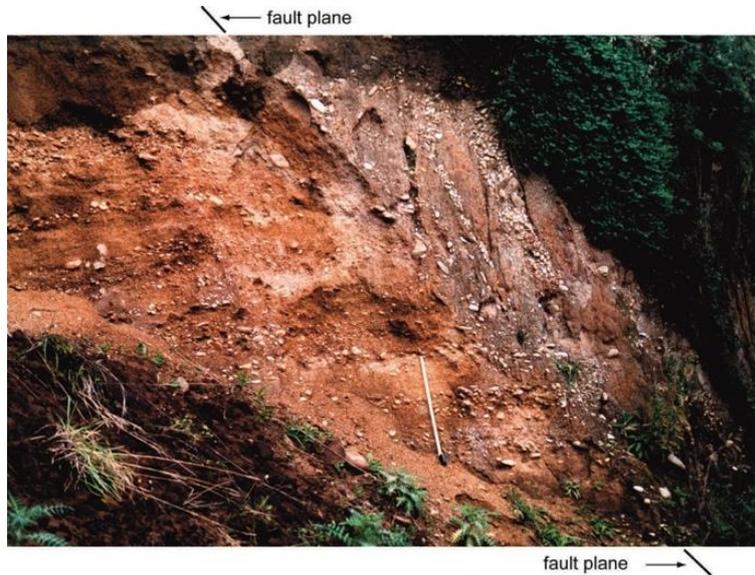


Figura 2.2.5.1.1 – Strie visibili su un piano di faglia in *bedrock* cristallino su cui sono appoggiati i depositi del terrazzo IV di Dumas (2008). A riguardo si vedano le Figg. 2.2.4.4 e 2.2.4.5. La foto è stata scattata durante la realizzazione della strada di accesso a una villetta, a quota 104 m circa.

Nelle schede informative di ITHACA relativamente a queste due faglie si legge che la loro attività è *Late Pleistocene*, che sono state descritte mediante *Field studies* e che la loro *Evidence for Capability* (capacità di causare fagliazione superficiale) è legata al *Displacement of middle-late Pleistocene deposits and/or landforms* (dislocazione di depositi o forme del paesaggio di età Pleistocene medio e superiore). Nelle schede sono anche indicati due riferimenti bibliografici, Atzori et al. (1983) e Miyauchi et al. (1994); articoli già considerati tanto nel Progetto Preliminare che nel PD. Queste attribuzioni però non sono corrette: l'andamento esatto delle due faglie è ripreso dalla mappa di Atzori et al. (1983: Fig. 2.2.1.1), ma le faglie non compaiono nella mappa di Miyauchi et al. (1994: Fig. 2.2.4.3), che peraltro ne riporta numerose altre. Le due faglie sono invece riportate da Ghisetti (1984, 1992: Fig. 2.2.2.1).

Alla Faglia di Pezzo Dumas (2008) dedica un'intera sezione, intitolata appunto "The Pezzo fault". Questa è forse l'unica di tutte le 24 faglie considerate per cui in letteratura si trova una foto che ne dimostra l'esistenza, quantomeno come faglia antica nel substrato (Fig. 2.2.5.1.1). La foto è riportata in Dumas (2008), il quale riporta la faglia anche in una sezione (mostrata in Fig. 2.2.4.4, destra), avvertendo però che è ormai inattiva in quanto suturata dai depositi del terrazzo posti subito a N dell'affioramento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

2.2.5.2 La faglia di Matiniti

Indicata come 37300 in Tab. 2.2.1.1, questa faglia borda a NE la faglia di Pezzo e procede verso l'entroterra in direzione SSE (Fig. 2.2.1.2b). Si dovrebbe sviluppare per intero all'interno del complesso cristallino dell'Alto di Matiniti ma non è noto se sia stata osservata in affioramento. Non sembra avere una espressione morfologica continua ma certamente coincide almeno per un breve tratto con la falesia alle spalle di un terrazzo molto ben visibile su cui sorge la località di Matiniti, a oltre 400 m di quota (si veda terrazzo XII in Fig. 2.2.4.5). La falesia ha però un andamento curvilineo, addirittura tondeggiante, quindi bisognerebbe ipotizzare che la faglia coincida con la falesia solo nel punto di massima curvatura (concavità verso mare). In ITHACA viene definita come una faglia ad attività olocenica, ma non è chiaro su quale base. La bibliografia di riferimento riporta Atzori et al. (1983) e Miyauchi et al. (1994); ma come nel caso precedente, non c'è traccia di tale faglia nella mappa allegata a questo secondo lavoro (Fig. 2.2.4.3), mentre il primo lavoro consiste in una carta geologica di base che difficilmente può aver messo in evidenza una attività così recente. Infine, la sua orientazione è praticamente parallela allo sforzo regionale attivo nell'area, il che rende una sua riattivazione quantomeno poco plausibile.

2.2.5.3 Faglie di Piale, Mortille, Commenda e Acciarello

Trattiamo di quattro ulteriori faglie censite da ITHACA sulla sponda calabrese (37310, 37311, 37313, 37320), che hanno in comune l'essere localizzate nell'entroterra di Villa S. Giovanni e di avere come riferimento bibliografico lo stesso articolo di Guarnieri et al. (2004), ma in effetti sono identificate anche in Ghisetti (1992; Fig. 2.2.2.1). Quello di Guarnieri et al. (2004) è un breve articolo in cui le quattro faglie sono effettivamente tracciate nella carta geologica mostrata in Fig. 1, ma non sono mai menzionate direttamente né ne sono forniti i parametri, anche perché il lavoro tratta principalmente di faglie *nell'offshore*.

Un confronto tra la localizzazione delle quattro faglie (Fig. 2.2.1.2b), la posizione e l'andamento delle scarpate morfologiche dei terrazzi costieri mappate da Ricchetti e Ricchetti (1991; Fig. 2.2.4.1) e i terrazzi mappati da Dumas (2008; Fig. 2.2.4.5) rende plausibile che anche le dislocazioni che sarebbero state causate da queste faglie, per le quali manca una evidenza di terreno diretta, siano in effetti le falesie poste al bordo interno dei terrazzi marini ben documentati nell'area.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

2.2.5.4 Faglie di Ganzirri, Curcuraci-Larnderia, Messina e Torre Faro

Tratteremo insieme le faglie della sponda siciliana (12800, 12801, 16111-16115, 16200, 16300) perché provengono quasi tutte dallo stesso articolo di Guarnieri e Pirrotta (2008). Il gruppo include due faglie del sistema Curcuraci-Larnderia, poste a N e NNW del crinale dell'estremità nordorientale dei Monti Peloritani e per le quali non viene fornito alcun riferimento bibliografico; le faglie di Ganzirri, un insieme di almeno cinque piccole faglie parallele tra loro e subparallele alla costa tra Pace e Capo Peloro; la Faglia di Messina, anch'essa subparallela alla costa; e infine la Faglia di Capo Superiore, che invece è orientata perpendicolarmente alle altre faglie e ai principali *trend* geomorfologici locali. Come riporta ITHACA, il livello conoscenze disponibili per tutte queste faglie è molto basso. L'indicazione dell'attività più recente è un generico Pleistocene per tutte. Solo per le prime due (Curcuraci-Larnderia), che peraltro sono di gran lunga le più importanti del gruppo (è segnalata una lunghezza di 11,1 e 7,3 km), esiste una indicazione della direzione verso cui pendono (SE). Queste due faglie sono mappate con apparente attendibilità da Ghisetti (1984, 1992: si veda la Fig. 2.2.2.1), che le descrive come un sistema che "... consists of N25°E en echelon normal faults, dipping SE 70°- 80°.... bounding the eastern margin of the Castanea horst relative to the Messina basin". Tuttavia, la mappatura proposta da ITHACA (Fig. 2.2.1.2b) mostra queste faglie a NW del crinale dei Monti Peloritani, dunque sul versante opposto, a 3 o 4 km dalla localizzazione proposta da Ghisetti (1984, 1992). La reale posizione di queste faglie, che si trovano alla base delle falesie che bordano i terrazzi marini del versante messinese dello Stretto, ripropone quindi le ambiguità già viste per le faglie calabresi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left; padding: 2px;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">06/09/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	06/09/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	06/09/2024						

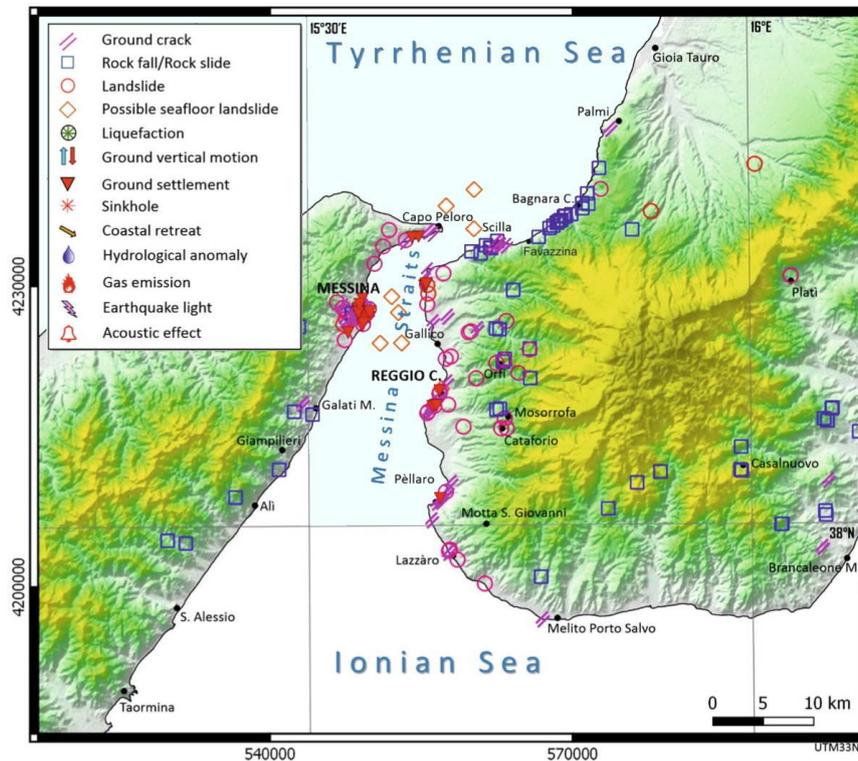


Figura 2.2.5.4.1 – Frane, scoscedimenti, fenomeni di subsidenza e presunte frane sottomarine nell’area dello Stretto. Si tratta di un sottoinsieme di 365 effetti sull’ambiente descritti con grande accuratezza dalle fonti contemporanee e attentamente localizzati (da Comerci et al., 2015). Si noti che la disomogeneità della distribuzione geografica dei fenomeni osservati non riflette tanto la loro reale densità sul territorio quanto la diversa accessibilità dei diversi siti e la maggior attenzione che è stata dedicata alle aree abitate da parte degli osservatori coevi. L’unica categoria assimilabile a quella della fagliazione superficiale è quella denominata *ground cracks*, che però gli stessi autori considerano “... of most likely secondary origin, i.e., consequence of the shaking...” (“... molto probabilmente di origine secondaria, ovvero causati dallo scuotimento sismico...”).

Quanto al contributo di Guarneri e Pirrotta (2008), un lavoro che dichiaratamente esplora il rapporto tra tettonica attiva e drenaggio sul lato siciliano dello Stretto di Messina, sorprende il fatto che tutto quello che si dice delle faglie di cui l’articolo appare essere l’unica fonte informativa è che “... *the Pleistocene formations are affected by normal faults orientated ENE-WSW, the Ganzirri Fault System (GFS), and NNW-SSE-orientated dextral strike-slip faults with a normal component, the Faro Superiore Fault System (FSFS).*” Nell’articolo si discute del ruolo che queste faglie avrebbero avuto nel controllare l’evoluzione recente del drenaggio, ma si osserva correttamente che questa evoluzione è stata certamente controllata anche dalle drastiche modificazioni della linea di costa e del livello di base tra l’epoca tirreniana (125.000 anni fa) e l’attuale. A riguardo va osservato che mentre queste modificazioni sono un fatto certo, l’ipotesi di un controllo tettonico – e quindi di attività recentissima delle faglie in questione – resta largamente speculativa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

2.2.6 Sintesi conclusiva

In questo breve *excursus* abbiamo provato a estrarre dalla grande mole dei materiali prodotti dalle ricerche avviate dalla Stretto di Messina S.p.A., e dalla ancora più ampia mole delle indagini riportate in quasi mezzo secolo di letteratura geologica, alcuni elementi-chiave che consentissero di (a) stabilire cosa rappresentano le faglie attive e capaci riportate nella banca-dati ITHACA per l'area dello Stretto di Messina, (b) esplorare le loro caratteristiche, e (c) capire se e come possono avere un impatto sulle componenti dell'Opera di Attraversamento. Le informazioni e le immagini presenti in letteratura – anche se va detto che si tratta quasi sempre di articoli piuttosto datati – coprono uno spettro di possibilità che spaziano dal negare che queste faglie esistano, al considerarle esistenti, attive e in alcuni casi persino sismogenetiche.

Per brevità sintetizziamo per punti ciò che si apprende dalle variegate posizioni degli studiosi:

- l'esistenza di molte delle 24 faglie attive e capaci riportate in Tab. 2.2.1.1 è certamente controversa; non solo per la scarsità dei dati disponibili per caratterizzarle, ma anche per le forti differenze nella loro esatta localizzazione, come si è visto ad esempio per le faglie di Cannitello-Scilla e Curcuraci-Larderia. Che queste faglie – o quantomeno alcune di esse – siano attive e potenzialmente capaci resta comunque plausibile, anche alla luce dei dati geofisici mostrati in Fig. 2.2.3.1, della modellazione analogica mostrata in Fig. 2.2.3.1 e della analogia con altre aree tettonicamente attive;
- al di là di ogni valutazione su esistenza e grado di attività delle faglie in discorso, si pone certamente un tema di gerarchia: un aspetto della tettonica attiva che è stato poco considerato dagli studiosi fino a tempi relativamente recenti, ma che per lo Stretto di Messina è stato opportunamente inquadrato già da Ghisetti (1992) e poi da Bonini et al. (2011). Peraltro, quello della gerarchia tra elementi tettonici diversi e coesistenti è un tema a cui in anni recenti sono stati destinati sforzi e risorse; lo dimostra l'esperienza-pilota finanziata dal Dipartimento della Protezione Civile per consentire l'interoperabilità tra la banca-dati di sorgenti sismogenetiche DISS e la banca-dati ITHACA, e allo stesso tempo esplorare dal punto di vista concettuale i rapporti tra questi due grandi insiemi di dati (si veda <https://diss.ingv.it/ithdiss/>);
- sempre con riferimento al tema gerarchico, va osservato che sia le sponde calabrese e siciliana dello Stretto, sia il fondale dello Stretto stesso, non sono interessati da faglie con rigetti importanti, e anche gli *slip-rates* valutati da vari autori e con vari metodi sono di uno se non due ordini di grandezza inferiori allo *slip-rate* stimato per la sorgente sismogenetica del 1908, o al rateo di estensione dell'area stimato con metodi geodetici. La stessa faglia di Pezzo, se prolungata verso il basso intercetterebbe il piano principale della faglia responsabile del terremoto del 1908 entro 4-5 km di profondità; questo la rende comunque inadatta a generare forti terremoti;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- rimanendo ancora in tema gerarchico, va rimarcato che l'esistenza stessa della sorgente del terremoto del 1908 e le sue dimensioni rendono decisamente poco plausibile che nello Stretto esistano ulteriori sorgenti sismogenetiche in grado di generare terremoti che potrebbero causare importanti effetti di fagliazione superficiale primaria, o anche secondaria. Questa affermazione è vera a maggior ragione se si considera che anche durante il terremoto del 1908 non sono stati descritti effetti ambientali sismoindotti potenzialmente ascrivibili a fagliazione superficiale (Figura 2.2.5.4.1);
- è significativo che la gerarchia delle faglie trovi riscontro in quella dei terremoti. La storia ci dice che per molti secoli l'area dello Stretto non è stata interessata da terremoti di magnitudo superiore a 5.0 circa. L'unica eccezione riguarda un evento dell'agosto 1749 localizzato tra Messina e Capo Peloro, del quale non si conosce la data esatta e non si sa neppure se sia stato realmente un terremoto o piuttosto una frana;
- quindi, sapendo che la sorgente del terremoto del 28 dicembre 1908 è una faglia cieca il cui bordo superiore è a circa 3 km di profondità, e sapendo che nulla di simile a fagliazione superficiale è stato osservato dopo quel terremoto (Fig. 2.2.5.4.1), è quanto mai difficile immaginare che nello Stretto possano esistere importanti faglie attive e capaci, ovvero in grado di produrre rotture di superficie potenzialmente disastrose.
- In conclusione, l'ipotesi di presunta attività della Faglia di Pezzo, così come descritta in letteratura (faglia estensionale pendente verso NNW di 70° gradi circa: in rosso nelle due immagini di Fig. 2.2.6.2) viola i meccanismi fondamentali di una faglia estensionale così come li descrive la dislocation theory, che ormai è trattata nei manuali di geomorfotettonica e sismologia da almeno tre decenni (per esempio in Burbank & Anderson, 2001, Cap. 11). Come mostra il riquadro a sinistra in Fig. 2.2.6.2, Il funzionamento di questo tipo di faglia prevede un progressivo (a) sprofondamento del blocco di tetto (hangingwall) in misura 3-4 volte superiore (a seconda della geometria della faglia) al sollevamento del blocco di letto (footwall), e (b) basculamento dei due blocchi con creazione a tetto di un semi-Graben: questo viene poi riempito da sedimenti che si disporranno secondo un'architettura "a ventaglio", con spessori crescenti verso il piano di faglia (roll-over anticline). Ma nulla di tutto questo si osserva nell'area. In particolare:
 - manca il bacino di fronte alla Faglia di Pezzo: non lo mostra né l'andamento della topografia, né – cosa più importante – lo si vede nel record deposizionale di Fig. 2.2.4.7;
 - il terrazzo in cima alla Faglia di Pezzo (a letto: n. VI in Fig. 2.2.4.5), che secondo Dumas (2008) è di età tirreniana (125.000), non mostra alcun basculamento verso S tra Commenda, Campo Piale e Campo Calabro, su una distanza di circa 3 km.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

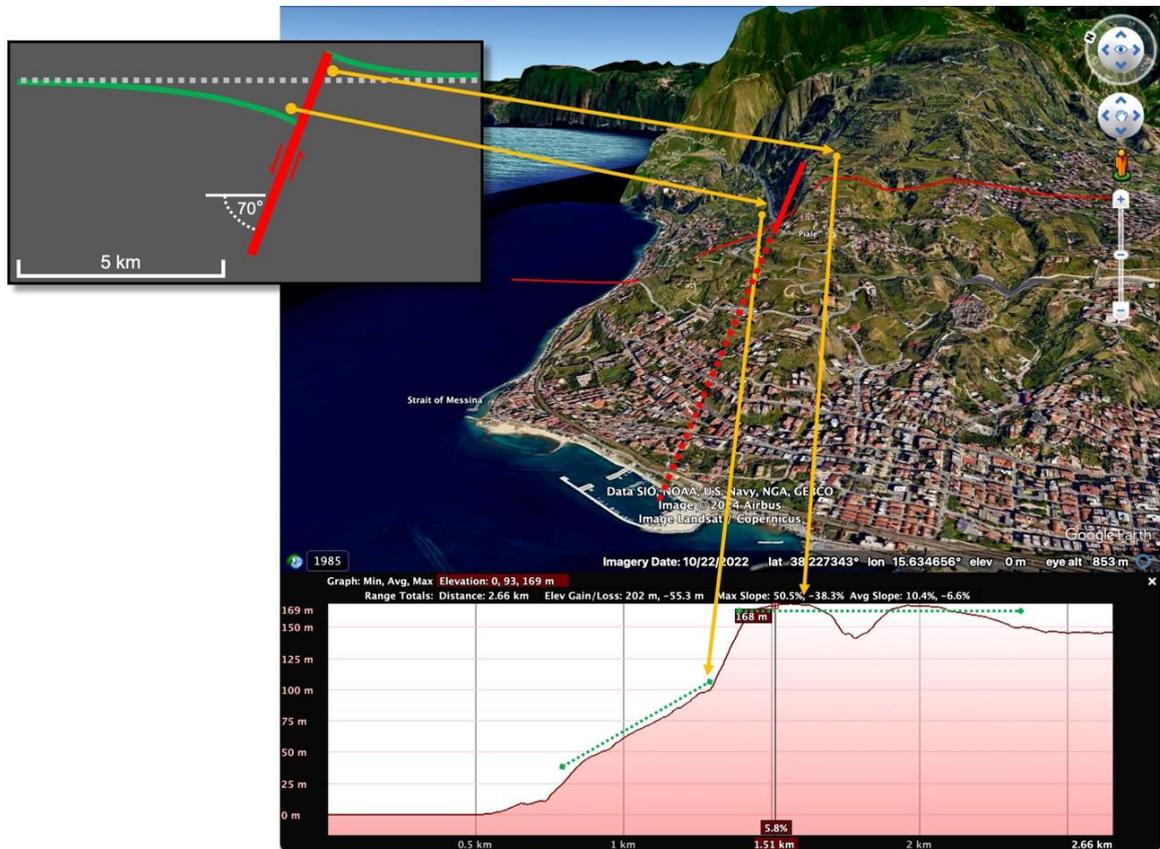


Fig. 2.2.6.1 – La Faglia di Pezzo come appare in Google Earth, vista da WSW con esagerazione delle quote 3X. In basso una sezione attraverso la faglia (la traccia è mostrata in rosso nella immagine principale). In alto a sinistra un *cartoon* che illustra quanto prevede la *dislocation theory* per una faglia con le caratteristiche geometriche della Faglia di Pezzo. Si notano molte superfici terrazzate; in particolare nella sua porzione destra (meridionale) il profilo intercetta il terrazzo VI di Dumas (2008): Fig. 2.2.4.5), che si presenta con due superfici molto regolari e poste alla stessa quota, separate da un fosso a “V” (Fig. 2.2.4.5). Per la geologia lungo la sezione si veda la Fig. 2.2.4.7.

Si può concludere che l’elemento fisiografico che viene chiamato Faglia di Pezzo è un caso di *convergenza morfologica* tra una falesia generata dall’attività di abrasione marina e poi sollevata da un meccanismo regionale, e la superficie sub-planare di un piano di faglia eroso: del quale piano però, come si è detto, non viene offerta alcuna mappatura diretta, con la sola eccezione di quanto riportato da Dumas (2008) e mostrato in Fig. 2.2.5.1.1. Queste considerazioni possono essere estese alle altre faglie minori dell’area, come ad esempio la Cannitello e la Matiniti.

La ricerca moderna ha chiarito da tempo che una faglia attiva – soprattutto se estensionale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

o compressiva – non può essere mai vista come “un’isola” che interagisce con il suo contesto solo dislocando dei corpi rocciosi, anche perché, allontanandosi dalla faglia, questa dislocazione deve in qualche modo annullarsi; né è possibile ipotizzare che una faglia estensionale si limiti a sollevare ciò che si trova nel *footwall* senza far abbassare ciò che è nell’*hangingwall*. Al contrario, l’attività della faglia modifica la geologia, il paesaggio e i meccanismi di erosione e deposizione in un intorno la cui estensione massima è grossolanamente pari alla lunghezza del piano di faglia nella direzione verso cui pende. In figura 2.2.6.1 si è ipotizzato che questa dimensione sia pari circa 5 km, ovvero che la Faglia di Pezzo si estenda fino a una profondità di circa 4 km. Una dimensione maggiore renderebbe ancora più gravi le carenze discusse.

2.3 Evoluzione delle due coste da dati geologici e geodetici

2.3.1 Premessa metodologica

In questa sezione esploriamo l’evoluzione delle due coste dello Stretto di Messina in un intorno di alcune decine di chilometri rispetto alla prevista localizzazione dell’Opera di Attraversamento, confrontando dati geologici di varia natura e dati geodetici, sempre di diversa età e natura.

Una potenziale ambiguità nasce dalla convinzione diffusa che l’evoluzione delle due coste sia dovuta interamente a degli spostamenti relativi in atto tra di esse: in sostanza sottintendendo che le linee di costa siano solidali con due ampi settori crostali – l’area dei Monti Peloritani settentrionali e l’Aspromonte – e che tutte le deformazioni osservate siano da ricondurre a movimenti tettonici a scala più o meno ampia. Questa convinzione è errata: come i dati stessi mostrano molto chiaramente proprio nella regione dello Stretto, le variazioni di quota osservate e le deformazioni sul piano orizzontale sono dovute ad almeno quattro tipologie principali di cause, variamente combinate tra loro (e non facilmente separabili):

1. movimenti tettonici verticali di tipo regionale, nel caso di specie prevalentemente positivi. È ampiamente noto che almeno durante l’ultimo milione di anni, ovvero a partire dal Pleistocene inferiore, la regione in oggetto, che include l’area dell’Aspromonte e l’area dei Monti Peloritani, è stata soggetta a un sollevamento variabile tra 0.5 e 2.0 mm/anno, non direttamente legato ad attività sismica;
2. movimenti tettonici a scala locale, potenzialmente dovuti a *slip* asismico su faglie superficiali o a *afterslip* lungo la faglia principale dell’area, quella che ha generato il terremoto del 1908: ovviamente anche lo *slip* sismico, ovvero i forti terremoti, contribuiscono alla deformazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

crostale, ma nel caso di specie questo caso non rileva perché siamo ben distanti nel tempo dall'ultimo forte evento nell'area. Al contrario, l'*afterslip* ci interessa sempre, perché è un fenomeno osservato normalmente negli anni e nei decenni successivi a un forte terremoto, legato ai complessi riaggiustamenti che hanno luogo nella crosta inferiore; un fenomeno che decade in maniera esponenziale con il passare del tempo. L'entità di questi movimenti è difficilmente quantificabile, ma l'ordine di grandezza difficilmente supera la frazione di mm/anno nel caso dell'*afterslip* e qualche decimo di mm/anno per eventuale slip asismico su altre faglie crostali;

3. cedimenti differenziali – naturali o indotti da emungimenti – dovuti a consolidazione dei terreni. Si tratta di variazioni di quota in massima parte permanenti, ovvero non recuperabili nel tempo, la cui entità spesso supera quella delle deformazioni tettoniche in senso stretto. Si tratta di un tema fino ad oggi scarsamente esplorato, ma che sta diventando sempre più manifesto – e di conseguenza esplorato – sia come conseguenza dell'aumento dell'urbanizzazione, in Italia come a scala globale, sia grazie alla introduzione della Interferometria Differenziale SAR (DInSAR), di cui si dirà nel seguito:
4. modificazioni del volume dei grandi acquiferi con una ciclicità annuale, quindi più o meno interamente recuperabili. Anche questo tipo di modificazioni costituisce un tema di ricerca molto recente e ancora largamente inesplorato.

Si noti che a queste quattro tipologie si farà di nuovo riferimento nel seguito.

Come già accennato, in passato è stato arduo separare questi contributi, e da questo ostacolo sono nate difficoltà interpretative e ipotesi di stampo quasi *catastrofista* che sono state spesso utilizzate nel dibattito pubblico sulla sicurezza dell'area dello Stretto di Messina e del sito scelto per la realizzazione dell'Opera di Attraversamento. Fortunatamente, negli ultimi 30 anni circa abbiamo assistito a un progresso tecnologico e a un aumento della densità e qualità delle reti di osservazione che consente oggi un monitoraggio continuo e affidabile dei movimenti in atto nell'area dello Stretto. Ne emerge un quadro che riporta le deformazioni osservate al loro corretto ordine di grandezza, che è dell'ordine di qualche mm/anno sia per le variazioni di quota che per gli spostamenti sul piano orizzontale. Si noti che nel contesto dello Stretto, di cui sono abbastanza ben note le caratteristiche della geologia di superficie e delle strutture tettoniche attive, ciò che si osserva oggi è ragionevolmente anche quello che ci si aspetta avvenga durante i 200 anni di vita di esercizio dell'opera da realizzare; un tempo infinitesimale rispetto alla scala geologica propriamente detta, durante il quale non ci si aspettano variazioni significative e repentine del quadro deformativo osservato oggi. Fa ovviamente eccezione l'eventuale e imprevedibile fenomeno sismico, che rilascia in pochi secondi una deformazione accumulata durante un ciclo plurisecolare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

2.3.2 Implementazione dello European Ground Motion Service (EGMS)

La principale tra le novità tecnologiche degli ultimi anni nel campo delle geodesia – la scienza che studia l'evoluzione delle forme del pianeta – è lo sviluppo della tecnologia SAR (Synthetic Aperture Radar) e il suo utilizzo attraverso sensori installati su satelliti in orbita intorno al pianeta. A partire dai dati raccolti da questi sensori, la tecnica denominata Interferometria Differenziale SAR (DInSAR) confronta immagini acquisite da posizioni leggermente differenti e in tempi diversi per ottenere immagini tridimensionali della superficie terrestre, in pratica consentendo di misurarne con grande esattezza la topografia. Una caratteristica primaria della tecnica DInSAR è la possibilità di effettuare analisi storiche di spostamento; in alcuni casi queste possono essere estese per oltre tre decenni, grazie alla disponibilità di immagini a partire dal 1992. I satelliti di nuova generazione permettono inoltre il monitoraggio del terreno e delle strutture con passaggi molto frequenti.

In Europa i sensori SAR sono installati da molti anni sui satelliti della **costellazione Sentinel-1 appartenenti al programma Copernicus** dell'Agenzia Spaziale Europea (ASI). Questa scelta ha aperto la stagione dei *Big Data* geospaziali, strategici per indagini scientifiche di tipo diverso, ad esempio nell'area dei rischi naturali, e come supporto decisionale in molti contesti applicativi. La Comunità Europea ha quindi creato lo European Ground Motion Service, che attraverso una piattaforma liberamente accessibile da chiunque e di facile utilizzo (<https://egms.land.copernicus.eu>) rende immediatamente disponibile questa nuova tipologia di dati (per una descrizione dettagliata della tecnica usata e dei dati forniti si veda Crosetto et al., 2021). In particolare, la piattaforma consente di effettuare *online* e salvare in locale numerose elaborazioni di varia natura, oltre che di scaricare i dati, sempre in locale. Le immagini che corredano questa sezione e la successiva rappresentano un esempio delle opportunità offerte dallo EGMS.

Il primo aggiornamento dell'EGMS ha riguardato il periodo 2015-2021: questo primo set di dati viene utilizzato come base di riferimento per il periodo 2015-2020. Per gli aggiornamenti successivi l'EGMS ha utilizzato un approccio a finestra mobile di cinque anni. L'aggiornamento consultabile in rete alla data di preparazione di questo elaborato (agosto 2024) copre il periodo 2018-2022, quindi il prossimo riguarderà il periodo 2019-2023. I dati precedenti sono ancora disponibili in rete, ma solo per essere scaricati e analizzati *offline*.

La copertura del territorio è parziale perché le aree fortemente vegetate non restituiscono un segnale stabile nel periodo considerato per mancanza di coerenza tra misure successive. I punti dove invece il rilevamento è considerato accettabile sono a tutti gli effetti dei *permanent scatterers*; un termine che include masse rocciose, edifici ed infrastrutture, ma anche speciali riflettori artificiali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

appositamente collocati al suolo, non soggette a cambiamenti di quota apprezzabili associati ad esempio ai cicli vegetativi.

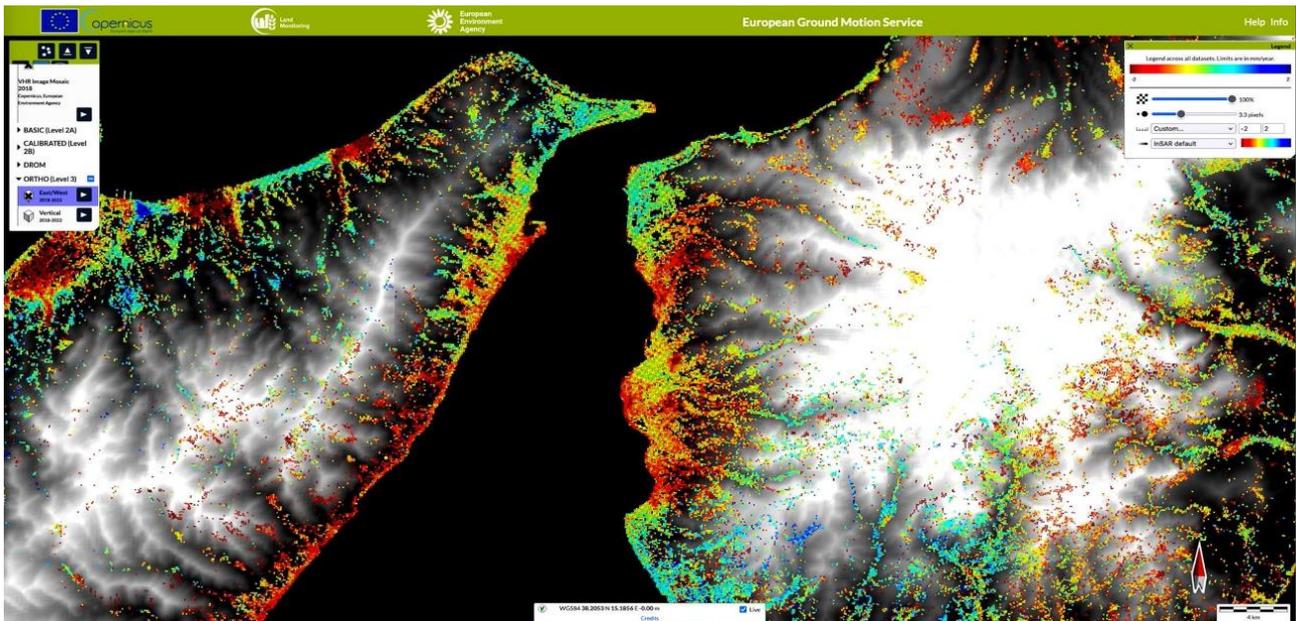


Figura 2.3.2.1 - Mappa di velocità tratta dal sito EGMS per la componente verticale. Il colore dei punti rappresenta la differenza di lunghezza misurata lungo la *line of sight* (LOS) del sensore nell'intervallo 2018-2022, ottenuta attraverso la tecnologia DInSAR. Si noti che il sito consente di modificare interattivamente la scala delle velocità: per queste elaborazioni è stata fissata tra -2.0 e +2.0 mm/anno, perché in questo modo si apprezzano meglio le differenze tra un sito e l'altro. L'area dove domina il verde sono quelle sostanzialmente stabili, quelle che sono certamente in sollevamento e subsidenza sono mostrate con varie tonalità del blu e del rosso, rispettivamente.

2.3.2.1 Osservazioni EGMS: movimenti verticali

Nonostante sia basato su un intervallo cronologico decisamente breve (cinque anni), il quadro delle variazioni di quota offerto dalle osservazioni EGMS è straordinariamente ricco e accurato. Questo vale a maggior ragione per la stima della componente verticale, che essendo più prossima alla effettiva *line of sight* del sensore satellitare è affetta da minori incertezze: di carattere sia aleatorio, perché le misure fatalmente contengono effetti *random* non eliminabili, sia di carattere epistemico (o sistematico), ovvero derivanti dalla inevitabile semplificazione delle procedure di elaborazione delle misure.

Una interpretazione completa dei movimenti verticali rivelati da questa tecnica richiederebbe analisi accurate e una lunga trattazione, ma in prima istanza si può dividere il campo delle variazioni di quota osservate in due metà; una parte in cui si osservano velocità positive (sollevamento, indicato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

con tonalità del blu), e un'altra in cui le velocità sono negative (abbassamento, subsidenza, indicata dalle tonalità del rosso).

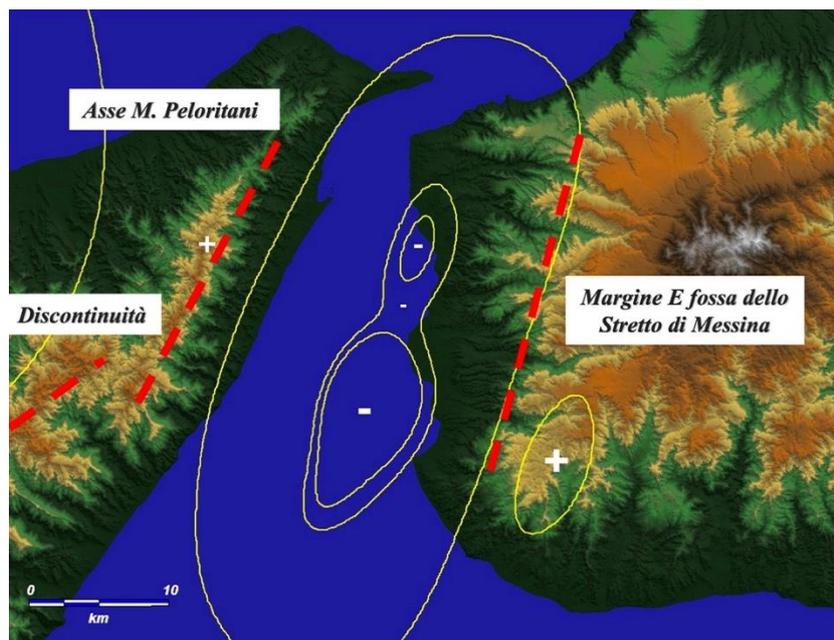


Figura 2.3.2.1.1 – Andamento in mappa dell'area di sprofondamento cosismico causato da terremoto del 1908 (linea gialla più ampia). All'interno di tale area sono evidenziate le due aree di massimo rilascio di momento sismico, e quindi di massimo sprofondamento, rivelate dalle osservazioni geodetiche disponibili per il terremoto del 1908 (Boschi et al., 1989; Valensise e Pantosti, 1992; Pino et al., 2009); la principale si colloca in mare poco a SW di Reggio Calabria, mentre la secondaria coincide con l'area di sbocco delle due fiumare di Catona e Gallico. L'immagine è tratta da Valensise (2021).

L'immagine mostrata in Figura 2.3.2.1, che è stata ottenuta direttamente dal sito EGMS attraverso opportune scelte di elaborazione, mostra la componente verticale del moto del suolo in un'area di circa 80x40 km centrata sulla porzione centro-settentrionale dello Stretto di Messina.

Il sollevamento è diffuso nelle aree assiali dell'Aspromonte e dei Monti Peloritani, con valori fino a circa 1.0 mm/anno. Questo segnale ad ampia lunghezza d'onda può quasi certamente essere interpretato come un sollevamento tettonico di tipo regionale (tipologia 1), in sostanziale accordo con il quadro geodinamico delineato dall'andamento in pianta e dalla quota dei terrazzi marini che circondano lo Stretto (si vedano la Figura 2.2.4.2 e seguenti).

La subsidenza, come si è già accennato, include certamente più componenti indipendenti ma non facilmente separabili. Una prima componente potrebbe essere dovuta ad *afterslip* sul piano della faglia profonda che ha causato il terremoto del 1908. La Figura 2.3.2.1.1 mostra schematicamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

l'area di sprofondamento cosismico causato da quel terremoto (racchiusa dalla linea gialla più ampia), all'interno della quale sono evidenziate le due aree di massimo sprofondamento rivelato dalle osservazioni geodetiche disponibili per il terremoto del 1908. L'eventuale fenomeno di *afterslip* (tipologia 2) dovrebbe avvenire grossolanamente all'interno dell'area di sprofondamento, e quindi potrebbe giustificare la subsidenza di entrambe le rive dello Stretto. L'ipotesi di *afterslip* con valori di subsidenza fino a qualche mm/anno è stata avanzata già da Baldi et al. (1983) sulla base della ripetizione di misure di quota lungo le linee di livellazione del primo ordine istituite su entrambe le rive dello Stretto (su questo tema si tornerà nel seguito).

Complessivamente la Figura 2.3.2.1 mostra forte subsidenza sia sulla costa del versante siciliano, quantomeno da Messina verso sud, sia su quella del versante calabrese, tra Catona e Pèllaro. Un esame più attento che tenga conto anche della natura del substrato geologico indica che i valori di subsidenza sono massimi lungo le piane costiere e nelle aree di espansione della fiumare – ad esempio entro 4-5 km nell'entroterra dei centri di Catona e Gallico, ma si riducono fino ad annullarsi – o a passare in campo positivo – nelle aree in cui affiorano rocce più antiche, sia sedimentarie che cristalline: questo avviene ad esempio nel cosiddetto Alto di Matiniti, nell'entroterra di Villa San Giovanni, nella zona di Salice Calabro-Piani di Arghillà e nella zona di Archi. Questa circostanza rende meno verosimile l'ipotesi che la subsidenza sia causata da *afterslip*, perché un segnale tettonico di origine profonda dovrebbe essere lo stesso per qualunque tipologia di substrato roccioso, e fa propendere in modo più deciso verso una ipotesi di ione differenziale (tipologia 3). La forte antropizzazione dell'area costiera, dovuta anche all'acclività della topografia dei rilievi retrostanti, unita all'emungimento di acqua di falda per uso agricolo e civile, giustifica anche da sola i valori di subsidenza osservati.

Si noti che nel maggio 2024 l'evidenza mostrata in Fig. 2.3.2.1 è stata proposta alla stampa nazionale (https://www.corriere.it/scienze-ambiente/24_maggio_25/stretto-messina-faglia-terremoto-1908-ancora-attiva-750a4243-bd3c-4142-8ddb-9b693e679xlk.shtml) come una conferma dell'esistenza della faglia proposta da Barreca et al. (2021) come sorgente del terremoto del 1908: un modello di sorgente diverso da quello adottato nel PD, e quindi potenzialmente alternativo ad esso. Secondo I ricercatori intervistati nell'articolo, la faglia corre al di sotto dello Stretto parallelamente al suo asse, ma all'altezza dell'abitato di Catona piega verso E entrando in terraferma lungo la fiumara omonima: le differenze di subsidenza tra l'area dell'Alto di Matiniti, dove si troverebbe il lato di letto della faglia, e l'area a S della fiumara, dove si troverebbe il tetto della faglia, sarebbero una prova della sua attività, non solo recente ma anche attuale. Quanto qui asserito porta a scartare decisamente questa ipotesi, vista la diversa natura delle rocce a letto e a tetto della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

presunta faglia e la loro diversa attitudine al consolidamento: una spiegazione molto più semplice dell'ipotesi tettonica avanzata dagli intervistati, anche perché come ben mostra la Figura 2.3.2.1.1, fenomeni di subsidenza rapida si osservano in numerose altre zone dello Stretto ben distanti dalla proiezione in superficie della faglia in questione.

Il confronto tra le Figg. 2.3.2.1 e 2.3.2.1.1 mostra, comunque, che l'eventuale dualismo tra subsidenza dovuta ad *after slip* e subsidenza dovuta a consolidamento dei depositi di superficie, per ragioni sia naturali sia antropiche, non è un caso fortuito ma una condizione prevedibile sulla base di semplici considerazioni geologiche. Ripetendo nel tempo quanto osservato dopo il terremoto del 1908 si determinerà una evoluzione della fascia costiera in buona misura modulata dalla deformazione cosismica stessa. L'immagine mostra che il funzionamento della faglia dello Stretto nel 1908 ha determinato massimi di sprofondamento in due aree che sono strutturalmente più basse delle aree circostanti. Come proposto da Valensise (2021), se la faglia si muove sempre con le stesse modalità, nel tempo geologico le due aree di massimo sprofondamento si comporteranno come due trappole sedimentarie – due *depocentri*, nella terminologia specialistica – che catturano forti spessori di depositi sciolti. Questi depositi saranno successivamente soggetti a cedimento per consolidamento, tanto più significativo quanto maggiore è il loro spessore. Una possibile dimostrazione di questa ripetitività la si ritrova nell'andamento della fiumara di Catona e di quella di Gallico; due aste fluviali indipendenti che nel loro tratto montano scorrono verso WNW, ma che poi avvicinandosi allo Stretto ruotano in direzione WSW, in direzione dei depocentri già citati.

Infine, la Figura 2.3.2.1.2 mostra due *time-histories* delle variazioni di quota ottenute dal sito EGMS rispettivamente per i siti dei piloni sulla sponda calabrese e siciliana dello Stretto. Si noti che il sito consente sia di calcolare la velocità media della serie storica mostrata, sia di calcolarne un *best-fit*, che può essere lineare o più articolato. Entrambi i diagrammi mostrano chiaramente l'andamento delle variazioni di quota della tipologia 4, quelle riconducibili a modificazioni annuali del volume dei grandi acquiferi. A riguardo è estremamente interessante notare due aspetti del problema:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

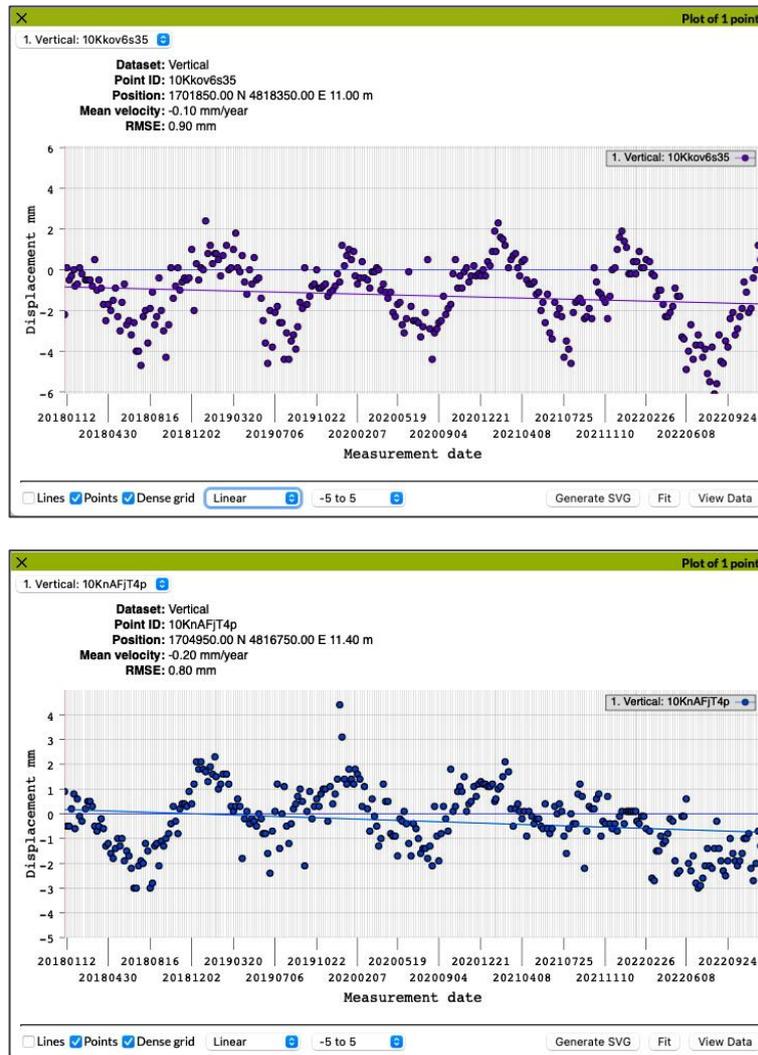


Figura 2.3.2.1.2 – Elaborazioni dal sito EGMS. Sopra, a): *time history* della variazione di quota di un punto coincidente con sito del pilone sul lato calabrese dello Stretto. Sotto, b): come sopra, ma per un punto coincidente con il sito del pilone sulla sponda siciliana. La linea blu pendente verso destra è un *best-fit* lineare ottenuto con gli strumenti messi a disposizione dal sito. La scala verticale è compresa tra -5.0 e +5.0 mm.

- quantomeno per questi due siti, l'ampiezza dei cicli annuali, che oscilla approssimativamente tra +3 e -3 mm/anno, sovrasta il segnale dovuto alla somma di tutte le altre tipologie di deformazione. A riguardo si noti che il sito calabrese è fondato su un esiguo spessore di depositi granulari recenti sotto ai quali è presente un substrato roccioso, mentre in Sicilia lo spessore di depositi granulari è sostanzialmente maggiore;
- la disponibilità di serie storiche così ricche e facilmente accessibili come quelle offerte dallo EGMS, e quindi la possibilità di mediare le deformazioni osservate attraverso numerosi anni in qualunque punto della terraferma europea, consente di prevenire facilmente eventuali erronee interpretazioni causate proprio dall'esistenza di questi cicli annuali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

2.3.2.2 Osservazioni EGMS: movimenti orizzontali

Le osservazioni fornite dai dati EGMS per quello che riguarda i movimenti orizzontali sono decisamente più limitate di quanto non siano quelle che riguardano le variazioni altimetriche. In prima istanza va considerato che per ragioni che dipendono dall'orbita dei satelliti utilizzati e dalle caratteristiche del sensore, lo EGMS fornisce solo velocità lungo la componente E-W (positiva se verso E, negativa se verso W). A questo si aggiunge il fatto che i movimenti orizzontali sono meno suscettibili di una verifica geologica diretta.

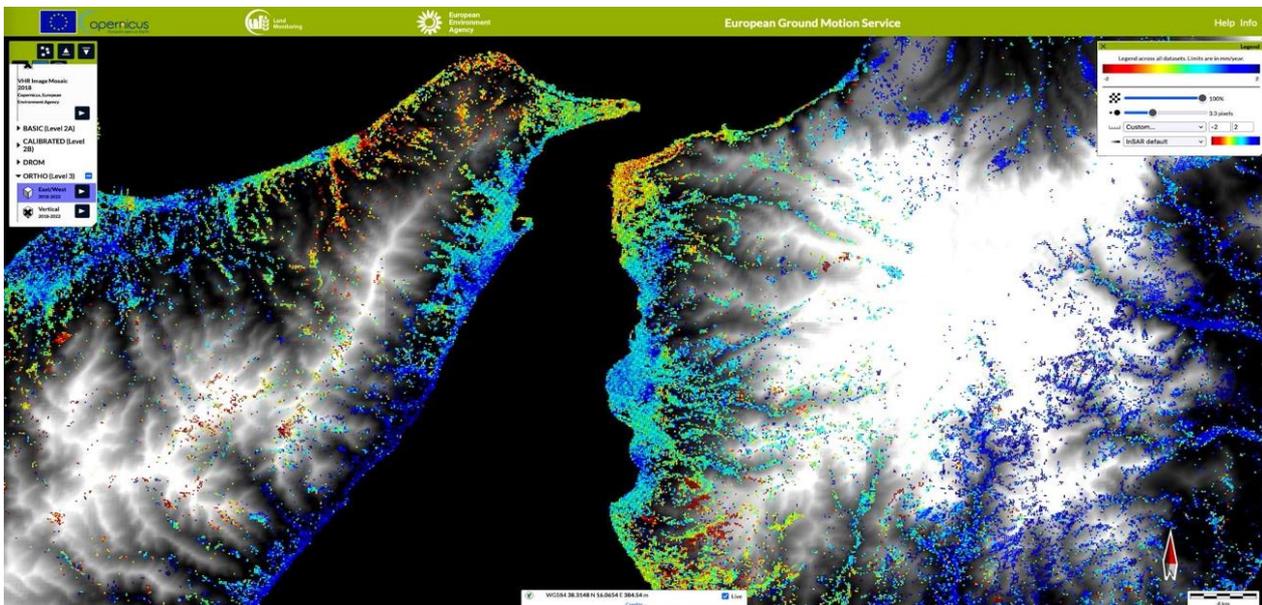


Figura 2.3.2.2.1 - Mappa di velocità tratta dal sito EGMS per la componente E-W. Il colore dei punti rappresenta la differenza di lunghezza misurata lungo la *line of sight* (LOS) nell'intervallo 2018-2022, ottenuta attraverso la tecnologia DInSAR. Si noti che il sito consente di modificare interattivamente la scala delle velocità: per queste elaborazioni è stata deliberatamente fissata tra -2.0 e +2.0 mm/anno, perché in questo modo si apprezzano meglio le differenze tra un sito e l'altro. Nel caso della mappa E-W, un valore negativo indica spostamento verso W, verso E se positivo. L'area dove domina il verde sono quelle sostanzialmente stabili, mentre quelle che sono certamente in spostamento verso E e verso W sono mostrate con tonalità del blu e tonalità del rosso, rispettivamente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

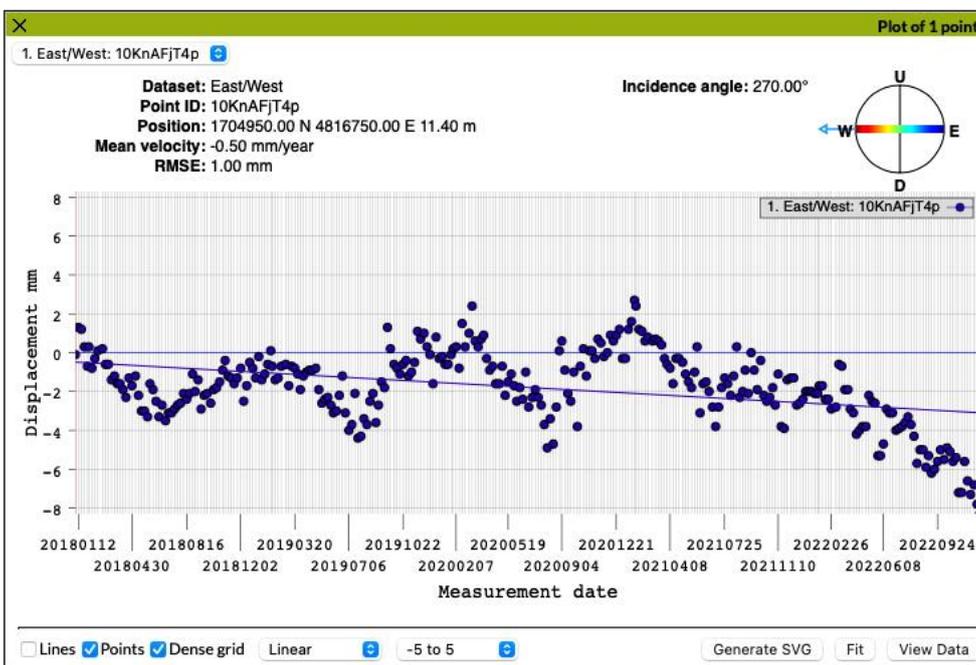
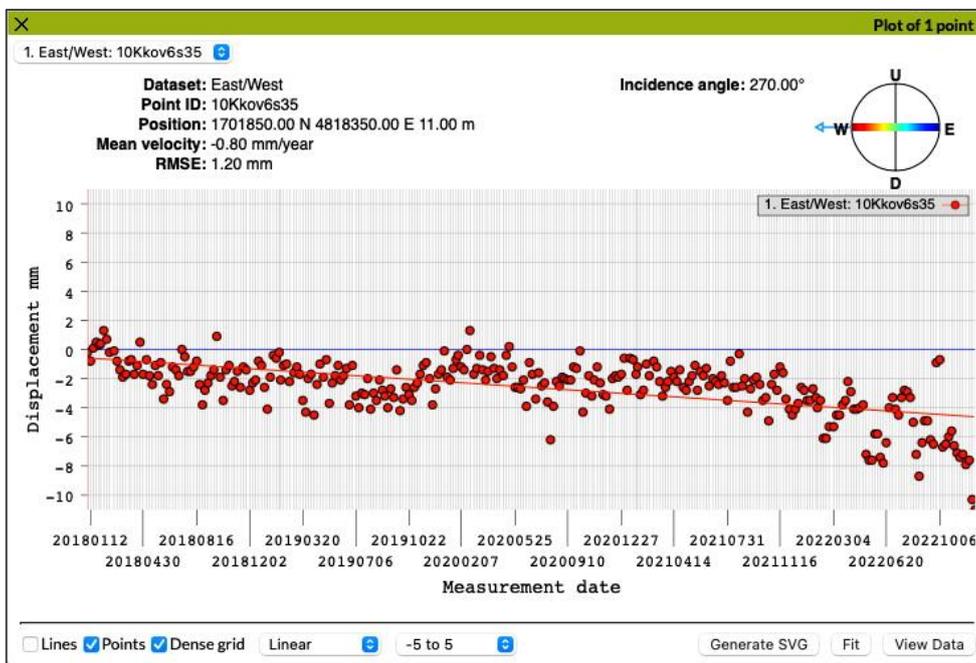


Figura 2.3.2.2.2 – Elaborazioni dal sito EGMS. Sopra, a): *time history* dello spostamento E-W di un punto coincidente con sito del pilone sul lato calabrese dello Stretto. Sotto, b): come sopra, ma per un punto coincidente con il sito del pilone sulla sponda siciliana. La linea blu pendente verso destra è un best-fit ottenuto con gli strumenti messi a disposizione dal sito. La scala verticale è compresa tra -8.0 e +5.0 mm. I valori negativi indicano spostamento verso W, quelli positivi verso E.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Ciò premesso, annotiamo che il campo delle velocità orizzontali riscontrate nella medesima area di 80x40 km centrata sulla porzione centro-settentrionale dello Stretto di Messina (Fig. 2.3.2.2.1) mostra delle affinità con l'andamento delle variazioni di quota. Una prima affinità riguarda la localizzazione delle tre aree più stabili dell'intera area inquadrata, che sono:

- l'area dell'alto di Matiniti, alle spalle di Villa S. Giovanni;
- l'area della penisola di Ganzirri;
- l'area posta tra Pellaro, Lazzàro e Saline Ioniche.

Una seconda affinità riguarda invece la sostanziale mobilità, sia verticale che orizzontale con spostamento verso E, delle aree di accumulo di depositi granulari sul versante calabrese, a partire dai forti spesso di Ghiaie di Messina che si osservano nelle parti topograficamente più basse di quasi tutto lo Stretto. Lo stesso fenomeno si osserva, in misura anche maggiore, lungo l'area costiera del versante siciliano, particolarmente nel tratto compreso tra Messina e Ali Terme-Nizza di Sicilia. L'interpretazione di questo fenomeno richiede ulteriori approfondimenti.

Infine, la Figura 2.3.2.2.2 mostra due *time-histories* delle variazioni di quota ottenute dal sito EGMS rispettivamente per i siti dei piloni sulla sponda calabrese e siciliana dello Strett

2.3.3 Osservazioni di livellazione, geodimetriche e GNSS (GPS)

In contrasto con quanto visto per i dati tratti dal portale EGMS, il quadro delle osservazioni GNSS si è andato consolidando lungo quasi quattro decenni, a partire dagli anni '80 del secolo scorso, in Italia come nel resto del mondo. In questi anni si è passati attraverso successive fasi di sviluppo e consolidamento di reti, tecniche di elaborazione e risultati, con una progressiva riduzione delle incertezze associate a questi ultimi. Ma prima di passare ad analizzare il ruolo delle osservazioni GNSS è opportuno richiamare quanto era già noto da prima sulle deformazioni in atto nello Stretto di Messina, principalmente grazie a osservazioni di livellazione e in seguito anche di trilaterazione, utilizzando i geodimetri *laser*.

La storia inizia proprio dal terremoto del 1908, a seguito del quale il Col. Antonio Loperfido, che aveva già lavorato alla creazione della rete trigonometrica fondamentale italiana come esperto geodeta dell'Istituto Geografico Militare, si recò nello Stretto per verificare di persona lo sconvolgimento dell'assetto topografico causato da quell'evento in una zona molto ampia. Loperfido propose di rimisurare due linee di livellazione del primo ordine che correavano lungo la linea ferroviaria sulle sponde calabrese e siciliana, e che lui stesso aveva misurato pochi mesi prima del terremoto. Non è chiaro se Loperfido intendesse documentare i numerosi fenomeni di semplice

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

frammento localizzato che il terremoto aveva causato, o se fosse invece incuriosito da un fenomeno molto più difficile da spiegare, ovvero la tendenza all'arretramento di estesi settori della linea di costa, dove la riva aveva sistematicamente avanzato verso la terraferma anche per decine di metri. Le sue misure rivelarono subito che il terremoto aveva indotto uno sprofondamento generalizzato delle due coste dello Stretto, secondo un andamento a scodella allungata in senso N-S che sembrava richiamare proprio l'evoluzione geologica di lungo termine dello Stretto stesso. Non sappiamo quanto Loperfido fu consapevole del valore dei suoi risultati; ma è certo che a partire dai primi anni '80 quelle misure sono diventate cruciali per l'elaborazione di modelli della sorgente sismica del terremoto del 1908 sorprendentemente accurati per un evento avvenuto agli albori dell'era strumentale (Loperfido, 1909).

Sessanta anni dopo, nel 1970, nell'ambito del primo progetto commissionato dal Governo italiano per la costruzione del Ponte dello Stretto, fu istituita una nuova rete di livellazione del primo ordine di concezione moderna, che fu poi ripetutamente misurata sino al 1982. Il confronto tra le misure di livellazione del 1981-82 e quelle del 1970 mostrò una moderata subsidenza differenziale di circa 0.1 cm/anno, con progressivo sprofondamento delle aree costiere rispetto a quelle dell'entroterra (Achilli e Broccio, 1982; Baldi et al., 1983). A partire dai primi anni '70 fu istituita anche una rete geodimetrica, che evidenziò uno spostamento verso N della Sicilia rispetto alla Calabria (Caputo et al., 1974; Caputo et al., 1981).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">06/09/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	06/09/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	06/09/2024						

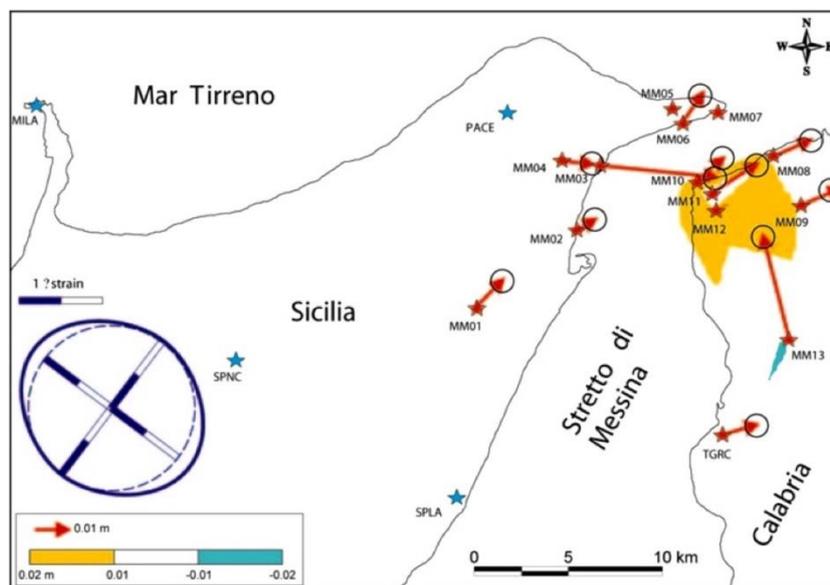


Figura 2.3.3.1 - Vettori spostamento e variazioni di quota osservate tra le campagne 2001 e 2003 svolte dai ricercatori dell'INGV di Catania. Due dei vettori dovettero essere scartati dalle analisi perché chiaramente affetti da forti incertezze (MM03 e MM13), e i segnali misurati erano appena fuori dall'errore; ma nonostante questo fu possibile ottenere un'ellisse di deformazione orientato in modo congruente rispetto all'estensione WNW-ese prevista per lo Stretto di Messina (da Mattia et al., 2006).

Una prima rete geodetica GPS fu stabilita nello Stretto di Messina nel 1987 (Achilli et al., 1988; Anzidei et al., 1988), soppiantando la precedente rete geodimetrica. La rete – che non era fissa ma prevedeva la rioccupazione periodica degli stessi caposaldi, secondo un approccio denominato “a campagna” – era stata progettata tenendo in conto le strutture geologiche e tettoniche allora note. La campagna fu ripetuta nel giugno 1989, ma un forte rumore elettronico alle stesse frequenze dei ricevitori GPS rese inutilizzabili i dati raccolti. Le misure furono ripetute solo sette anni dopo, nel settembre 1994, grazie alla creazione della rete denominata TyrGeoNet (Achilli et al., 1993). All'inizio del 2001 la sezione di Catania dell'INGV installò una rete temporanea di 12 stazioni (altre quattro se ne aggiunsero nel 2003), descritta in Mattia et al. (2006), che fu misurata nel febbraio 2001 e nell'ottobre 2003. Si trattava però di una fase ancora pionieristica. I risultati delle analisi (Figura 2.3.3.1) mostravano almeno due caposaldi che avevano subito fenomeni di instabilità (MM03 e MM13), e la brevità del periodo di osservazione rendeva non significativa la forma dell'ellisse di deformazione calcolato, anche la sua l'elongazione era esattamente quella che ci si sarebbe aspettata (N120°). Quanto alla componente verticale, i dati mettevano in evidenza sollevamento diffuso proprio nella zona dell'alto di Matiniti, alle spalle di Villa S. Giovanni, ma complessivamente il potere risolvete della rete relativamente a questo parametro era molto basso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">06/09/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	06/09/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	06/09/2024						

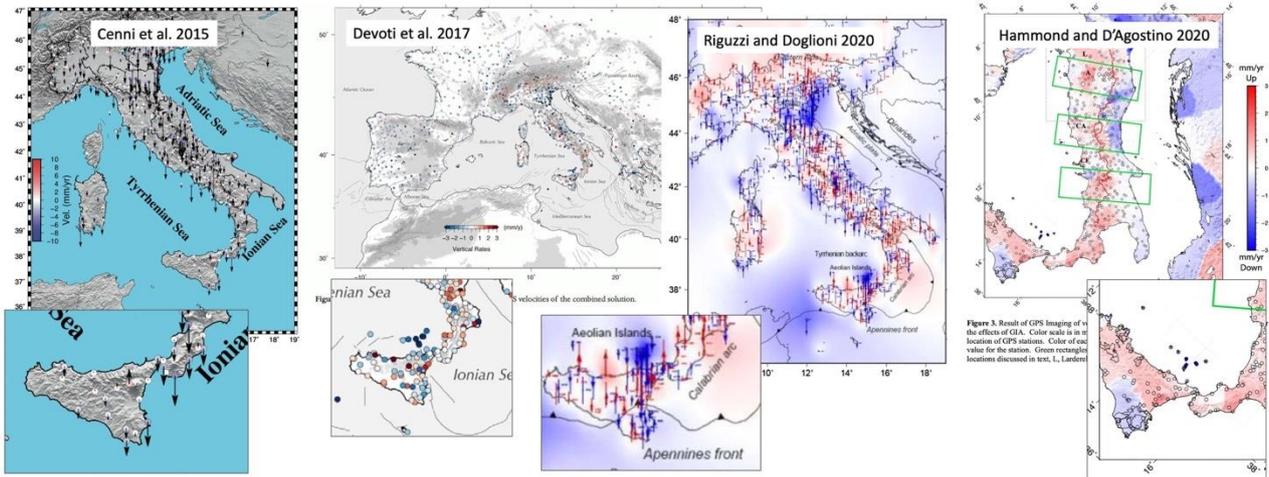


Figura 2.3.3.2 - Mappe di velocità verticale da dati GPS secondo vari autori. L'ordine di grandezza delle variazioni di quota riportate è simile a quello documentato dai dati EGMS, ma si osserva una notevole variabilità delle stime.

2.3.3.1 Osservazioni GNSS: movimenti verticali

Il quadro delle variazioni di quota da osservazioni GNSS si caratterizza per una forte dispersione delle osservazioni disponibili. La Figura 2.3.3.2 mostra una sintesi delle osservazioni riportate in letteratura: l'ordine di grandezza delle variazioni di quota è simile a quello ottenuto da dati EGMS, nell'ordine di qualche mm/anno al massimo, ma la dispersione è forte, al punto che per lo stesso sito di misura alcuni autori riportano sollevamento mentre altri riportano subsidenza.

Considerata la inevitabile bassa densità delle reti GNSS, e sapendo che sono ormai disponibili a chiunque i dati DInSAR di tutte le aree emerse dell'Europa, è legittimo ritenere che i dati GNSS cesseranno di essere usati per stimare le variazioni di quota, se non per studiare la *time-history* di singole stazioni di provata stabilità e affidabilità.

2.3.3.2 Osservazioni GNSS: movimenti orizzontali

Il quadro dei movimenti orizzontali da osservazioni GNSS è certamente più attendibile del campo delle variazioni altimetriche: sia perché le misure di velocità orizzontale sono grandemente più accurate, sia perché le tecniche usate per ottenerle sono ben consolidate da un'ampia letteratura specialistica. Tuttavia, come nel caso dei dati EGMS, il campo dei movimenti orizzontali è allo stesso tempo più complicato da interpretare, perché questi movimenti sono per loro natura meno suscettibili di una verifica geologica. Va poi ricordato che il quadro delle deformazioni osservate nell'intorno di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

una grande faglia sismogenetica è fortemente influenzato dalla geometria della rete di osservazione (ne vedremo un chiaro esempio nel seguito). Nella cosiddetta fase intersismica, quella che segue un forte terremoto e precede quello successivo, l'area sovrastante la faglia sismogenetica, quella in cui si sono registrate le più ampie deformazioni cosismiche, tenderà a essere bloccata, quindi ferma dal punto di vista geodetico. Osservare correttamente l'estensione in atto attraverso lo Stretto e valutarne la velocità richiede quindi che si disponga di una rete che si estenda ben oltre lo Stretto stesso. Ma questa circostanza è resa a sua volta difficoltosa sia dalla presenza di aree marine in cui non esistono stazioni GNSS, anche per la profondità dei bacini che circondano lo Stretto, sia dalla presenza di altri fenomeni geodinamici attivi – basti pensare alla dinamica dell'Etna o dell'arco eoliano – che possono a loro volta influenzare le misure GNSS.

A differenza di quello che si è verificato in tempi anche recenti per l'analisi delle variazioni di quota (si veda la Fig. 2.3.3.2 e il relativo commento), i primi risultati affidabili per ciò che riguardava il campo di deformazione orizzontale nello Stretto arrivarono già un decennio dopo l'avvio della fase pionieristica descritta da Mattia et al. (2006). D'Agostino e Selvaggi (2004) pubblicarono infatti una elaborazione di dati provenienti sia da campagne di misura, sia da alcune stazioni fisse – dunque con registrazione in continuo – facenti parte del primo embrione della Rete Integrata Nazionale GPS (RING: http://ring.gm.ingv.it/?page_id=702), che oggi include oltre 200 stazioni permanenti. I loro risultati (Fig. 2.3.3.2.1) erano in ottimo accordo con la direzione di estensione ottenuta dalle elaborazioni relative al terremoto del 1908, e mostravano un rateo di estensione attraverso lo Stretto di circa 3 mm/anno e un moto relativo della Calabria rispetto alla Sicilia orientato N115°. Questi risultati furono posti alla base di diversi aspetti ed elaborazioni del PD.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

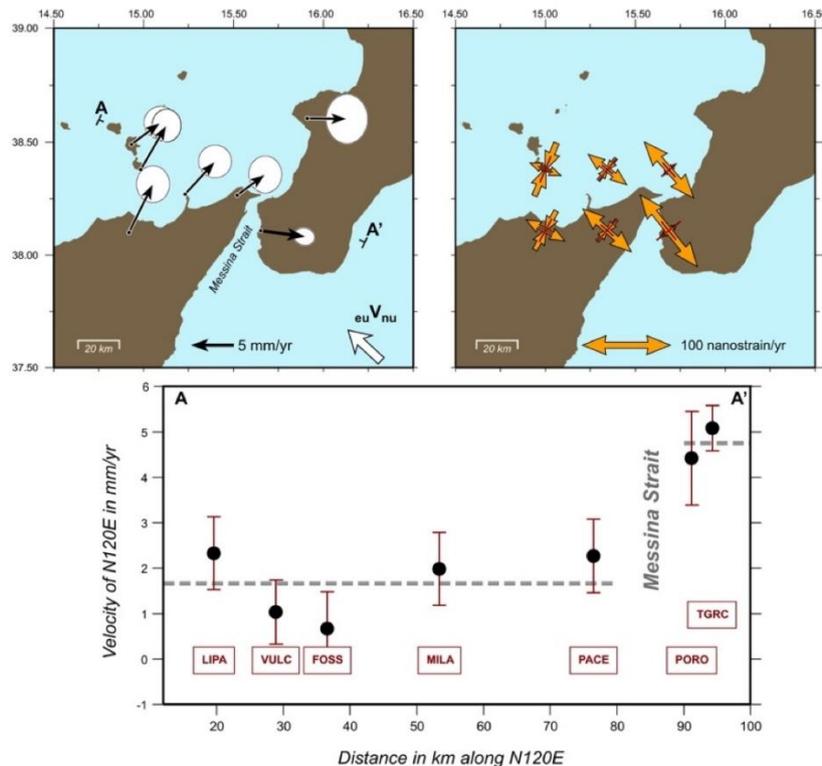


Figura 2.3.3.2.1 - (sopra a sinistra) Velocità GNSS in un sistema di riferimento Nubia. (sopra a destra) Assi principali del tensore dello *strain rate* e relative incertezze (un sigma, indicate in rosso). (sotto) velocità nella direzione N120° in funzione della distanza lungo il profilo A-A', che va dalle Isole Eolie allo Ionio passando per lo Stretto di Messina: le barre di errore rappresentano un sigma. Si noti che il profilo è perfettamente perpendicolare al *trend* della faglia sismogenetica adottata nel PD come sorgente del terremoto del 1908. I dati, seppur poco numerosi, suggeriscono che attraverso lo Stretto di Messina si consumano fino a 3 mm/anno di estensione, in ragionevole accordo con le stime di *slip-rate* ottenute per la faglia-sorgente di quel terremoto.

Quei risultati possono essere oggi confrontati con quelli ottenuti da numerose elaborazioni successive, che hanno sempre confermato quanto emerso nel 2004. Ma come si è detto, reti e tecniche di elaborazione di dati GNSS evolvono rapidamente, e parallelamente l'allungamento delle *time-histories* disponibili per le diverse stazioni determina un aumento del rapporto segnale-rumore, e di conseguenza un aumento dell'affidabilità delle stime che si possono ottenere. Ne consegue che è sempre opportuno verificare modelli e ipotesi con i dati più aggiornati disponibili. La Fig. 2.3.3.2.2 mostra le velocità delle stazioni GNSS attualmente presenti nell'area estesa dello Stretto di Messina: i dati utilizzati sono stati pubblicati in Serpelloni et al. (2022), una compilazione che fa da autorevole riferimento per la ricerca in questo settore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

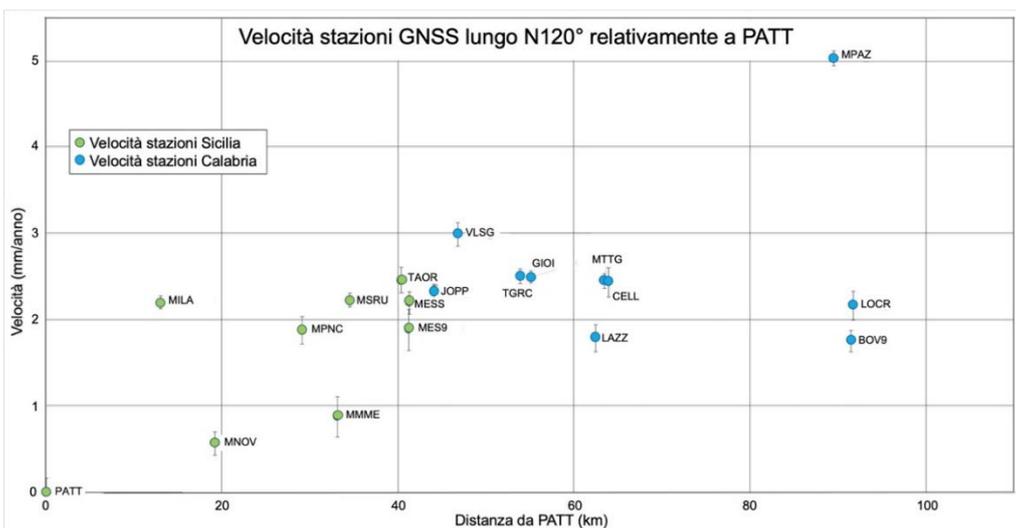
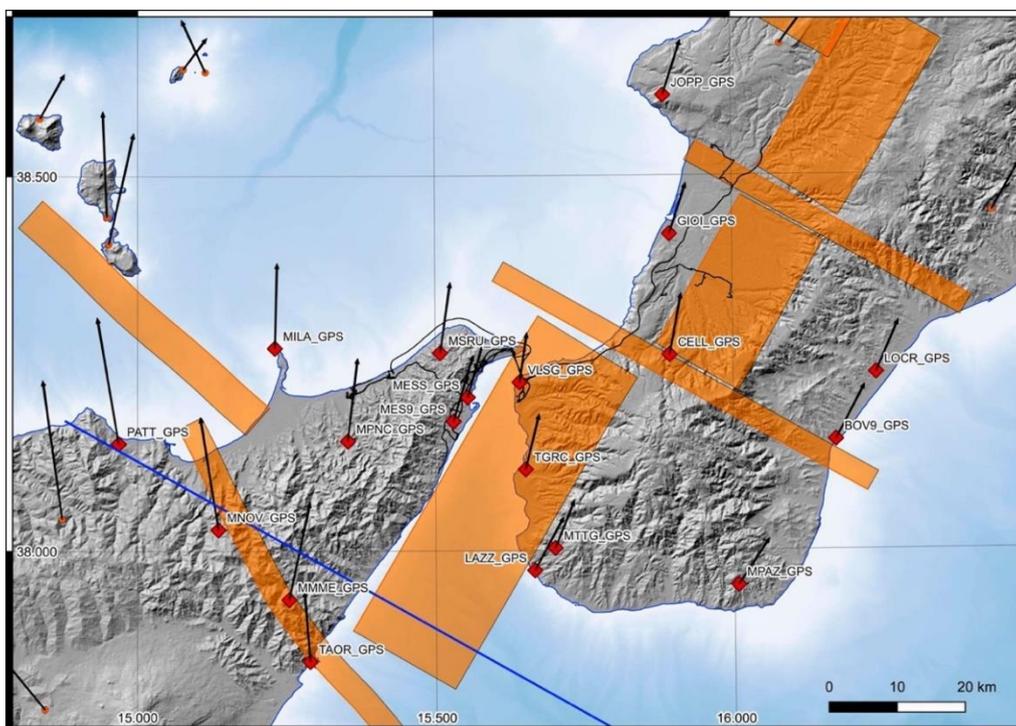


Figura 2.3.3.2.2 - (sopra) Velocità GNSS in un sistema di riferimento Eurasia (dati da Serpelloni et al., 2022). Le stazioni analizzate per l'analisi di cui al diagramma sottostante sono solo quelle indicate da un simbolo di colore rosso. (sotto) Proiezione delle velocità osservate lungo la direzione N120°, ovvero lungo una direzione perpendicolare alla sorgente del terremoto del 1908: le velocità sono poste a zero presso la stazione di Patti, all'estremità W del profilo, e crescono verso E. Le aree indicate in arancione sono le proiezioni in superficie delle Composite Seismogenic Sources proposte nel DISS 3.3.0 (DISS Working Group, 2021). Si veda il testo per il commento di quanto mostrato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

L'immagine mostra una apertura a ventaglio della direzione di spostamento delle stazioni analizzate; una volta rimossa la componente diretta mediamente verso N, comune a tutte le stazioni e legata alla collisione Africa (Nubia)-Eurasia, i vettori mostrano una componente estensione che aumenta progressivamente procedendo da W verso E. Ripetendo l'esercizio di D'Agostino e Selvaggi (2004) già visto in Figura 2.3.3.2.1, si nota che:

- le stazioni analizzate documentano una estensione complessiva di 5.0 mm/anno;
- le stazioni poste immediatamente a cavallo dello Stretto di Messina (MESS, MES9, MSRU sulla sponda siciliana: VLSG, TGRC, MTTG e LAZZ su quella calabrese) mostrano una estensione pressoché nulla, perché ricadono direttamente al di sopra della porzione della Faglia dello Stretto, rappresentata come ITCS016 "Aspromonte-Peloritani" nel DISS 3.3.0. Ad oltre 110 anni dal terremoto del 1908, questa faglia è nella sua fase intersismica, quindi "bloccata" dalla resistenza all'attrito sul piano principale della faglia stessa;
- la reale velocità di estensione di lungo termine attraverso l'area si stima confrontando la velocità di stazioni poste a qualche distanza dalla Faglia dello Stretto: come MILA e MPNC in Sicilia, MPAZ, CELL, BOV9 e LOCR in Calabria. Se ne evince una velocità massima di 3.0 mm/anno, in accordo con quanto ottenuto da D'Agostino e Selvaggi (2004). Questa stima è considerata un massimo perché potrebbe includere anche l'attività di faglie minori poste sui versanti orientale (ionico) e settentrionale dell'Aspromonte;
- le stazioni siciliane più occidentali, come MMME, MNOV e PATT, sembrano documentare un'attività trascorrente destra del lineamento noto come Tindari-Giardini, rappresentato nel DISS 3.3.0 dalla Sorgente Composita ITCS126 "Patti-Giardini", a cui è assegnata una cinematica transtensiva destra (trascorrente destra con una componente estensionale);
- in conclusione, l'estensione complessiva di 5.0 mm/anno documentata dalle stazioni GNSS appartenenti alla rete RING si ripartisce, procedendo da W verso E, sul sistema Patti-Giardini, sulla Faglia dello Stretto, e verosimilmente su faglie minori e meno note poste a E e a N dello Stretto stesso.

2.3.4 Variazioni di quota da dati geologici e geomorfologici

Questo tema è stato ampiamente discusso nell'elaborato denominato "Aggiornamento del quadro delle faglie attive e capaci", e in particolare nella sezione "Sollevamento regionale e generazione dei terrazzi marini". Questa sezione è dotata di numerose immagini che, insieme al testo, restituiscono un quadro esauriente dei movimenti verticali dell'area estesa dello Stretto di Messina quantomeno a partire dal Pleistocene medio. Le prime sezioni del presente elaborato "Evoluzione delle due coste da dati geologici e geodetici" contengono inoltre diversi accenni al rapporto che intercorre tra i movimenti verticali documentati alla scala geologica e quelli documentati dalle tecniche geodetiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

attuali, segnalando le congruenze e le poche incongruenze. Si invita quindi il lettore ad affrontare questo tema attraverso una lettura incrociata delle diverse sezioni segnalate.

2.3.5 Sintesi sulla evoluzione delle due coste da dati geologici

Riassumiamo di seguito i punti più qualificanti emersi in questo elaborato.

Come appena asserito a proposito delle “Variazioni di quota da dati geologici e geomorfologici”, i risultati di questo elaborato su “Evoluzione delle due coste da dati geologici e geodetici”, che ha presentato prevalentemente dati oggettivi forniti da fonti autorevoli, si integrano con successo con le evidenze e le ipotesi interpretative discusse nel precedente elaborato “Aggiornamento del quadro delle faglie attive e capaci”, che invece tratta temi necessariamente meno oggettivi e talora sfuggenti. Ciò premesso, osserviamo quanto segue:

- i dati messi a disposizione dal nuovo European Ground Motion Service (EGMS) per tutte le aree emerse dell’Europa, e particolarmente quelli che descrivono le variazioni di quota, sono una novità scientifica ed applicativa straordinaria per l’Opera di Attraversamento, e non solo per essa;
- i dati EGMS relativi alle variazioni di quota mostrano che sia gli effetti della subsidenza dovuta a cedimenti differenziali causati dalla consolidazione dei terreni, sia gli esiti della “pulsazione” dei grandi acquiferi con ciclicità annuale, dominano sugli effetti riconducibili alla tettonica attiva. Questa osservazione, evidente nello Stretto di Messina ma probabilmente in molte altre aree tettonicamente attive, deve indurre a maggior cautela nel dichiarare attiva una faglia di superficie sulla base di variazioni di quota che potrebbero avere spiegazioni non tettoniche;
- sempre i dati EGMS – principalmente le variazioni di quota, ma anche gli spostamenti in direzione E-W, documentano chiaramente che le due aree scelte per la costruzione dei piloni e dei blocchi di ancoraggio dei cavi sono tra le più stabili di tutto lo Stretto;
- il quadro deformativo documentato dai dati EGMS rafforza l’ipotesi che il terremoto del 1908 ricorra simile a sé stesso (“evento caratteristico”). Questi dati suggeriscono che, evento dopo evento, la distribuzione dei corpi geologici nello Stretto, documentata dalla presenza o assenza di ingenti accumuli di depositi granulari soggetti a consolidazione, non cambia;
- a loro volta i dati GNSS confermano nel 2024 quanto già ipotizzato nel 2004, quando un articolo pubblicato su una importante rivista specialistica certificò che lo Stretto si estende in direzione WNW-ESE, in totale accordo con la cinematica del modello di sorgente scelto per il terremoto del 1908 nel PD, ad una velocità massima di 3.0 mm/anno. Quella stima di velocità, la più autorevole disponibile all’epoca del PD, è confermata – o lievemente ridimensionata – dall’aggiornamento al 2024 dei dati GNSS, oggi molto più numerosi e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

stabili. Questo quadro ha una ricaduta diretta sul tempo di ricorrenza atteso per terremoti come quello del 1908, che oggi a maggior ragione si stima essere almeno millenario;

- i nuovi dati GNSS confermano che il movimento differenziale tra i due siti scelti per i piloni è inferiore a 1.0 mm/anno. E come già stabilito dagli studi eseguiti per il PD, la collocazione dell'Opera di Attraversamento all'estremità nord della sorgente del terremoto del 1908 e la sua orientazione quasi NNW-ESE indicano che anche una eventuale ripetizione di quell'evento darebbe luogo a spostamenti differenziali trascurabili tra i due piloni, sia come quota che come distanza;
- i dati forniti con autorevolezza e continuità dallo EGMS e dalla rete RING-INGV accompagneranno a lungo l'Opera di Attraversamento, durante la sua concreta realizzazione prima e quindi durante il suo esercizio, fungendo anche da affidabile riferimento per i sistemi di monitoraggio delle deformazioni interne all'opera stessa.

3 PARTE II

3.1 Premessa alla parte II

In questa seconda parte della relazione si entra nel merito degli aspetti geologico-tecnici richiamati dalle osservazioni n. 83 ed 84 della commissione VIA/VAS.

Il paragrafo 3.2 tratta i dissesti con specifico riferimento alla pericolosità da frana e analizza, separatamente per il lato Calabria (paragrafo 3.2.1) e per il lato Sicilia (paragrafo 3.2.2) le informazioni provenienti dai rispettivi aggiornati Piani di Assetto Idrogeologico da considerare eventualmente integrative rispetto a quelle contenute negli elaborati tematici del PD attraverso un confronto cartografico sintetizzato in una serie di elaborati cartografici di nuova produzione.

Il paragrafo 3.3 tratta la perimetrazione delle aree esondabili e la perimetrazione delle aree soggette ad erosione costiera, separatamente per il lato Calabria (paragrafo 3.3.1) e per il lato Sicilia (paragrafo 3.3.2) così come risultanti dai rispettivi Piani di Gestione del Rischio Alluvioni e, specificatamente per l'erosione costiera e soltanto per il lato Sicilia dal PAI. Tale perimetrazione sia di aree esondabili di tipo fluviale sia di aree soggette ad erosione costiera è riportata in elaborati di nuova produzione

Nel paragrafo 3.4 sono riportate e discusse le informazioni tratte dagli studi di microzonazione sismica e dai cataloghi sugli effetti ambientali sismoindotti. In particolare, nel paragrafo 3.4.1, separatamente per i territori comunali ricadenti in Calabria (Villa San Giovanni e Campo Calabro) e in Sicilia (Messina), sono esaminati e discussi i risultati delle indagini; inoltre, le rispettive carte di microzonazione sismica di 1° livello sono sovrapposte alle opere previste dal PD mediante un

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

confronto sintetizzato in una serie di elaborati cartografici di nuova produzione. Nel paragrafo 3.4.2 sono esaminati gli effetti ambientali sismoindotti tratti dai cataloghi nazionali disponibili (CEDIT, CFTIMed e CFTI Landslide); i singoli record sono poi sovrapposti alle opere previste dal PD tramite un confronto sintetizzato in una serie di elaborati cartografici di nuova produzione.

3.2 Dissesti e pericolosità di frana

Tra gli studi di base del PD sia per il lato Calabria sia per il lato Sicilia sono presenti delle cartografie specifiche rivolte ai dissesti (carta dei dissesti in scala 1:5.000: rispettivamente con codifica breve CB 0081 e SB da 0090 a 0093) accompagnate da relazione generale (carta dei dissesti: relazione generale rispettivamente CB 0080 e SB 0089) esplicative della metodologia adottata, dei contenuti dei prodotti cartografici e delle ricadute che i dati e le informazioni ivi raccolte hanno sulla progettazione delle opere.

Per quanto attiene alla metodologia adottata nel PD per mappare i dissesti, sinteticamente, essa ha previsto (cfr. CB 0080 e SB 0089) una robusta attività di campagna ed una altrettanto robusta interpretazione di fotografie aeree. Tali attività si sono esplicate attraverso una successione di fasi che hanno coinvolto tra il 2009 ed il 2010 un team di geologi specializzato sul tema che ha operato con specifico riferimento alla progettazione dell'opera: un primo rilevamento di campagna che ha consentito di delineare il quadro geomorfologico generale dell'area; uno studio di foto interpretazione su fotografie aeree; una seconda fase di rilevamento di campagna finalizzata al controllo ed alla verifica di quanto osservato anche tramite fotointerpretazione ed all'integrazione della cartografia; confronto con la cartografia geomorfologica allegata al progetto preliminare e con i documenti allegati al Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

Per i siti di deposito e recupero ambientale, non essendo invece presenti delle cartografie specifiche rivolte ai dissesti e presentate negli studi di base in scala 1:5.000, sono invece state adottate le carte geomorfologiche in scala 1:10.000 presentate nella sezione "Ambiente" sia lato Calabria che Sicilia (rispettivamente elaborati AMVR 0771 e AMVR 0772).

Nei successivi due paragrafi è affrontato per il lato Calabria e per il lato Sicilia il confronto con i prodotti proposti nei rispettivi Piani di Assetto idrogeologico (PAI) che rappresentano lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa del territorio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Per quanto attiene ai dissesti, il PAI distingue due fondamentali categorie di prodotti di sintesi: la prima categoria è la cosiddetta carta inventario delle frane che censisce i dissesti “noti” (perlopiù frane); la seconda categoria è invece quella di perimetrazione delle aree di pericolosità di frana nella quale vengono perimetrare le aree che secondo gli estensori del prodotto sono soggette a pericolosità di frana, distinguendo, con criteri anche differenti, i diversi livelli di pericolosità di ciascuna delle aree perimetrare e aggiungendo, eventualmente, le cosiddette aree di attenzione. A queste due distinte categorie – inventario e pericolosità – se ne aggiunge una terza: carta del rischio di frana, che presuppone la identificazione degli elementi a rischio all’interno dei poligoni di pericolosità ed una stima della rispettiva vulnerabilità rispetto al fenomeno/processo censito.

È opportuno in questa sede fare un preliminare distinguo tra i prodotti PAI resi ufficialmente disponibili per il lato Calabria e i prodotti PAI per il lato Sicilia: quelli della Calabria sono riferiti esclusivamente ai centri abitati della Regione comprese le frazioni con popolazione superiore ai 200 abitanti; quelli lato Sicilia coprono invece indistintamente tutto il territorio.

È altresì opportuno evidenziare che i prodotti del PAI delle due regioni con specifico riferimento ai dissesti, e alle frane in particolare, pur proponendo elaborazioni formalmente paragonabili (inventario dei fenomeni, valutazioni di pericolosità e stime di rischio) non possono essere considerati uniformi in quanto assumono per le diverse caratteristiche dei fenomeni (cfr. stato di attività; intensità/magnitudo del fenomeno; elementi a rischio e a cascata pericolosità e rischio). definizioni e modalità di stima differenti.

Tenuto conto di queste differenze il confronto da noi operato separatamente per il lato Calabria e per il lato Sicilia, tra carta dei dissesti del PD e prodotti del PAI ha previsto:

- a. sintesi cartografica rappresentata dalla sovrapposizione tra ciascuna carta dei dissesti degli studi di base del PD sopra menzionata e i corrispondenti shapefile delle carte PAI inventario e carte PAI pericolosità e/o rischio arealmente corrispondenti. Il prodotto di tale sovrapposizione cartografica è costituito dagli elaborati di nuova produzione (lato Calabria: AMW 3002; AMW 3003; AMW 3004; AMW 3005. lato Sicilia: AMW 3017; AMW 3018; AMW 3019; AMW 3020; AMW 3021; AMW 3022; AMW 3023; AMW 3024; AMW 3025; AMW 3026);
- b. confronto analitico operato su base cartografica ed il cui risultato di sintesi è proposto in forma di tabella e su questa base discusso;
- c. valutazione esperta circa il valore tecnico-scientifico eventualmente aggiunto dall’integrazione di tali prodotti nell’iter di progettazione delle opere.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

3.2.1 Lato Calabria

Come riportato nella relazione generale che accompagna il Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico della Regione Calabria (disponibile al link https://www.distrettoappenninomeridionale.it/images/_PAI/Calabria/Relazione%20Tecnica.pdf), il percorso adottato per giungere alla perimetrazione e quindi alla valutazione del rischio di frana in questa Regione ha previsto i seguenti passaggi:

- raccolta di dati di archivio;
- analisi degli strumenti urbanistici;
- scheda di rilevamento a cura degli uffici tecnici comunali;
- fotointerpretrazione in scala 1:10.000;
- sopralluogo di verifica;
- confronto diretto con gli Enti Locali in sede di osservazioni.

La scelta operata dalla Regione Calabria di estendere l’analisi a tutti i centri abitati della Regione comprese le frazioni con popolazione superiore ai 200 abitanti è stata dettata, all’epoca in cui il piano è stato redatto (tra il 1998 ed il 2001), dalle priorità sancite dalle disposizioni normative contenute nel D.L. 180/98 e successive modificazioni ed integrazioni. Ad oggi non è disponibile per la Regione Calabria un aggiornamento che preveda la totale copertura del territorio regionale, mentre, per quanto attiene “Norme di Attuazione e delle Misure di Salvaguardia” la versione più recente risale al 2011.

Lo sviluppo da parte della Regione Calabria di questa attività i cui maggiori dettagli metodologici sono disponibili al paragrafo 2.1 della sopra menzionata relazione generale, ha condotto alla costruzione della “Carta Inventario dei centri abitati instabili” a scala 1:10.000 e del relativo database. La “Carta Inventario dei centri abitati instabili” in scala 1:10.000 ha rappresentato dunque il livello di prima analisi della pericolosità di frana.

In merito allo stato di attività delle frane rilevate sono state distinte: frane attive, quelle che mostravano segni di attività al momento della rilevazione, quiescenti, quelle che non mostravano segni di attività al momento della rilevazione ma che hanno elevata probabilità di riattivarsi in un dato arco di tempo ed infine inattive, qualora si tratti eventi riferibili ed un ciclo morfo-climatico diverso da quello attuale e che, di conseguenza, hanno esaurito il loro ciclo di vita.

Per quanto attiene alle procedure per la valutazione della pericolosità e del rischio di frana il documento di riferimento è invece: “Linee guida per studi relativi alla valutazione ed alla zonazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

della pericolosità e del rischio di frana; studio di compatibilità geomorfologica relativo agli interventi per la mitigazione del rischio di frana” rilasciato nel 2002 da Regione Calabria, Assessorato ai Lavori Pubblici – Autorità di Bacino Regionale.

Tale documento è disponibile al link:
https://www.ordinegeologicalabria.it/echoweb/echofiles/allegati/2linee_guida_frane.pdf.

I livelli qualitativi di “Pericolosità” sono stati definiti tenendo conto dello stato e del tipo di attività o tempi di ricorrenza del fenomeno osservato. Vengono distinti tre livelli di pericolosità (in ordine crescente P0, P1 e P2) e cinque sottoclassi di pericolosità (anch’esse in ordine crescente da Ipo, Ip1, Ip2₁; Ip2₂, Ip2₃). La valutazione dell’intensità dei fenomeni di frana è basata invece sull’assegnazione di classi di velocità relativa per unità di volume. È stata definita una scala di intensità (da I1 ad I4) assegnando alla classe più alta i fenomeni la cui tipologia è caratterizzata da un’evoluzione rapida (crolli, ribaltamenti, colate rapide) e alla classe più bassa i fenomeni estremamente lenti (def. superf. lente). Valori intermedi compresi tra I2 e I3 sono assegnati alle colate, agli scorrimenti – colata e agli scorrimenti traslativi e rotazionali.

Assegnate a ciascun fenomeno analizzato le classi di pericolosità (da ip0 ad ip2₃) e di intensità, è stata ottenuta una matrice (Figura 3.2.1.1) utilizzata per la successiva valutazione del rischio. Ogni fenomeno, attraverso tale matrice è caratterizzato dalla “sigla” IP a cui si aggiunge un suffisso numerico da 0 a 4.

TAB. III – MATRICE INTENSITA’ – PERICOLOSITA’

Intensità Pericolosità	I1	I2	I3	I4
<i>ip₀</i>	IP ₀	IP ₀	IP ₀	IP ₀
<i>ip1</i>	IP ₀	IP ₁	IP ₁	IP ₂
<i>ip2₁</i>	IP ₁	IP ₂	IP ₂	IP ₃
<i>ip2₂</i>	IP ₂	IP ₃	IP ₄	IP ₄
<i>ip2₃</i>	IP ₂	IP ₄	IP ₄	IP ₄

Figura 3.2.1.1 – Matrice pericolosità (basata sullo stato di attività e sul tempo di ricorrenza del fenomeno di frana inventariato) ed intensità (basata sulla stima di velocità del fenomeno inventariato) finalizzata alla stima del Rischio (stralcio da “Linee guida per studi relativi alla valutazione ed alla zonazione della pericolosità e del rischio di frana; studio di compatibilità geomorfologica relativo agli interventi per la mitigazione del rischio di frana” Regione Calabria, Assessorato ai Lavori Pubblici – Autorità di Bacino Regionale).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Questa indicazione che sintetizza le stime di pericolosità ed intensità, è a sua volta incrociata con le stime di vulnerabilità degli elementi esposti per ottenere una stima del livello di rischio (Figura 3.2.1.2). Le classi di vulnerabilità considerate sono soltanto due: la più alta V4: “Agglomerati urbani e zone di espansione urbanistica con numero di abitanti superiore a 200” e V3: “Vie di comunicazione strategiche”. I livelli di Rischio individuati sono invece quattro: in ordine crescente da R1 a R4.

TAB V – MATRICE DEL RISCHIO

	IP4	IP3	IP2	IP1
V4	R4	R3	R2	R2
V3	R3	R2	R1	R1

Figura 3.2.1.2 – Matrice del rischio (stralcio da “Linee guida per studi relativi alla valutazione ed alla zonazione della pericolosità e del rischio di frana; studio di compatibilità geomorfologica relativo agli interventi per la mitigazione del rischio di frana” Regione Calabria, Assessorato ai Lavori Pubblici – Autorità di Bacino Regionale).

I prodotti cartografici del PAI con cui è stato operato il confronto con la “Carta dei dissesti” prodotta in ambito del PD per il lato Calabria (codice elaborato CB 0081), sono stati scaricati dal sito web dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale. Su questo sito web sono disponibili: a) “Carta inventario dei centri abitati instabili – Cartografazione e classificazione dei fenomeni franosi (scala 1:10.000) - formato immagine; b) “Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio – Perimetrazione delle aree a rischio e/o pericolo di frana (scala 1:10.000) formato immagine; c) “Shapefiles hazard e rischio frana”.

In particolare, nei nuovi elaborati: l’elaborato AMW 3002 sovrappone alla carta dei dissesti del PD l’informazione della tipologia di ciascuna frana riportata nello shapefile hazard ed identificata da un codice numerico; l’elaborato AMW 3004 sovrappone alla medesima carta dei dissesti l’informazione del livello di pericolosità riportata nel medesimo shapefile hazard e a ciascuno dei poligoni di pericolosità è associato il medesimo codice identificativo.

Per quanto attiene alle tipologie di frana sono state distinte nel PAI: colamenti, colamenti rapidi, scorrimenti, frane complesse, crolli e/o ribaltamenti, DGPV, zone a franosità profonda, zone a franosità superficiale, zone ad erosione intensa. Nella carta dei dissesti del PD relativa al lato Calabria, sono distinte le seguenti forme, processi e depositi gravitativi: orli di scarpata di frana, orli di scarpata di degradazione, falde e/o coni di detrito, crolli e/o ribaltamenti, scorrimenti roto-traslativi,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

scorrimenti con principale componente traslativa, frane con genesi complessa, piccole frane non fedelmente cartografabili, aree/ripianti in contropendenza, aree soggette a soliflusso, detriti di versante.

Per quanto attiene alla pericolosità (hazard) il PAI distingue cinque livelli: da P0 a P4, che si suppone corrispondano ai livelli da IP0 ad IP4 della Figura 3.2.1.1 della presente relazione e che fanno riferimento rispettivamente a pericolosità nulla, bassa, media, elevata e molto elevata.

E' importante sottolineare che i prodotti cartografici del PAI Regione Calabria sono stati rilasciati nel 2001 in scala 1:10.000 mentre quelli del PD sono stati rilasciati nel 2010 in scala 1:5.000, quindi con un livello di dettaglio maggiore e in tempi relativamente più recenti; inoltre la copertura della cartografia del PD è pressoché totale sull'area di interesse a meno di alcune aree cantiere/deposito a significativa distanza dall'area principale di intervento (cfr. premessa alla presente relazione e relativa Figura 1.1), mentre quella della Regione Calabria è limitata ai cosiddetti centri abitati e frazioni con numero di abitanti superiore alle 200 unità, con possibilità quindi di mancanza di copertura nelle aree che non soddisfano tale requisito. Ne deriva pertanto che il confronto è affetto da tali importanti differenze di scala di lavoro e di restituzione nonché di copertura areale.

Una valutazione di insieme della sovrapposizione dei prodotti cartografici evidenzia il maggiore dettaglio nell'area di interesse raggiunto nella Carta dei dissesti del PD rispetto ai prodotti proposti dal PAI, come d'altro canto è ragionevole attendersi in considerazione di quanto detto nelle righe precedenti nel merito della differente scala e della copertura areale delle cartografie poste a confronto. Tale maggior dettaglio si sostanzia ad esempio nel maggior numero di forme riportate nella "Carta dei dissesti" del PD e nella rilevazione anche della presenza di depositi legati ad evoluzione gravitativa di versanti quali detriti di versante, oppure di forme e depositi cosiddetti misti legati anche ad erosione e/o all'azione di acque correnti superficiali dilavanti ed incanalate quali orli di scarpate di degradazione, solchi di ruscellamento e depositi colluviali.

Tuttavia, al fine di catturare dal PAI ulteriori informazioni di rilievo ai fini della progettazione del corredo di opere, è stata costruita una tabella di sintesi del confronto (Tabella 3.2.1.1).

Nella parte sinistra della tabella sono elencati per ciascuno dei poligoni perimetrati dal PAI negli shapefile hazard sull'area coperta dalla Carta dei dissesti del PD (colonna A); quale è la tipologia di frana/dissesto riconosciuta dal PAI (colonna B); quale è il livello di pericolosità stimato dal PAI tra P0 e P4 (colonna C); se il poligono PAI in questione interseca o meno opere in progetto (colonna D).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Nell'area di interesse si constata che sono stati censiti in totale dal PAI 41 poligoni; di questi 9 intersecano le opere: trattasi di zone ad erosione intensa (3 poligoni) e di zone a franosità superficiale (6 poligoni).

Nella parte destra della tabella, invece, viene valutata la eventuale corrispondenza o meno con la carta dei dissesti del PD dei poligoni censiti invece dal PAI.

In particolare: viene indicata la tipologia di frana (colonna E) attribuita nel PD in corrispondenza del poligono censito dal PAI, lo stato di attività attribuito nel PD (colonna F) e la eventuale presenza di altre forme cartografate all'interno di esso (colonna G).

PAI Calabria				Carta dei dissesti Calabria da PD		
Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D	Colonna E	Colonna F	Colonna G
ID frana	Tipologia frana	Pericolosità	Intersezione opere	Tipologia frana	Stato di attività	Altre forme
1ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	SI (tra "Viadotto Zagarella 1" e "Viadotto Zagarella 2")	\	\	Solco da ruscellamento concentrato - Detrito di versante
2ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	SI (tra "Viadotto Zagarella 1" e "Viadotto Zagarella 2")	\	\	Solco da ruscellamento concentrato - Detrito di versante
3ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	SI (in corrispondenza del "Viadotto Zagarella 2")	Deposito per crollo/ribaltamento	Attivo	Orlo di scarpata di frana - Orlo di scarpata di degradazione - solco da ruscellamento concentrato - deposito colluviale - detrito di versante
800144700	Zona a franosità superficiale	P2	SI (tra "Viadotto Zagarella 2" e "Viadotto Polistena")	Scorrimento rototraslativo	Quiescente	solco da ruscellamento concentrato - conoide di origine mista
800144800	Zona a franosità superficiale	P2	SI (tra "Viadotto Zagarella 2" e "Viadotto Polistena")	Scorrimento rototraslativo	Attivo	solco da ruscellamento concentrato - conoide di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

						origine mista
800144600	Zona a franosità superficiale	P2	SI (cantiere "C1" e viabilità di cantiere "P-CN1")	\	\	Detrito di versante
800144500	Zona a franosità superficiale	P2	SI (cantiere "C1" e viabilità di cantiere "P-CN1")	\	\	Solco da ruscellamento concentrato - Orlo di scarpata di degradazione
800144200	Zona a franosità superficiale	P2	SI ("Galleria Piale"; "Galleria Naturale Piale - Ramo A"; "Galleria Naturale Campanella - Ramo D"; "Rami 1 e 2 ferroviari")	Deposito per crollo/ribaltamento	Attivo	Orlo di scarpata di frana - deposito colluviale
800145200	Zona a franosità superficiale	P2	SI (cantiere "CC1" e la viabilità di cantiere associata)	\	\	deposito colluviale - area estrattiva
800144000	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	Area estrattiva
800144100	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800143700	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione
800143900	Zona a franosità superficiale	P2	NO	Area soggetta a soliflusso	Attivo	\
800143800	Zona a franosità superficiale	P2	NO	Area soggetta a soliflusso	Attivo	\
800143600	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	\
800144300	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione
800144400	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	deposito colluviale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

800145000	Zona a franosità superficiale	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di frana (quiescente)
800144900	Zona a franosità superficiale	P1	NO	\	\	\
800145100	Zona a franosità superficiale	P1	NO	\	\	\
800028700	Scorrimento	P2	NO	complessa	attiva	Orlo di scarpata di frana
6ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
5ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
4ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione
7ZEI	Zona ad erosione intensa	P0	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione
800028600	scorrimento	P4	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028500	scorrimento	P4	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800027700	scorrimento	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione
800028800	scorrimento	P2	NO	\	\	deposito colluviale
800027800	scorrimento	P2	NO	\	\	\
800027900	scorrimento	P2	NO	\	\	deposito colluviale
800028000	scorrimento	P4	NO	\	\	deposito

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

						colluviale
800028200	scorrimento	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028000	scorrimento	P4	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028300	scorrimento	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028400	scorrimento	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028200	scorrimento	P2	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800028100	Zona a franosità superficiale	P4	NO	\	\	Orlo di scarpata di degradazione - deposito colluviale
800076100	Zona a franosità superficiale	P3	NO	\	\	deposito colluviale
800075900	scorrimento	P4	NO	\	\	\
800076000	scorrimento	P2	NO	\	\	\

Tabella 3.2.1.1 – Sintesi del confronto tra i poligoni perimetrati dal PAI Calabria negli shapefile hazard con gli elementi cartografati nella carta dei dissesti CB 0081 del PD.

Come si può osservare, dei 9 poligoni censiti dal PAI e che ricadrebbero nell'area di interesse, soltanto 1 di essi trova scarsa corrispondenza con la "Carta dei dissesti". Si tratta del poligono 800144500, in cui il PAI censisce una area a franosità superficiale, con stato di attività quiescente ed in cui, invece, la Carta dei dissesti del PD riconosce soltanto un solco da ruscellamento concentrato e un orlo di scarpata di degradazione (Figura 3.2.1.3). Se da un lato la spiegazione di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

tale scarsa corrispondenza nella carta dei dissesti del PD per questo poligono PAI potrebbe risiedere nella differente interpretazione che operatori diversi potrebbero aver dato delle medesime forme rilevate, dall'altro, considerato il lasso di tempo che intercorre tra la rilevazione e la stesura dei 2 prodotti cartografici, potrebbe anche trattarsi di una evoluzione morfologica che avrebbe visto una zona di franosità superficiale quiescente temporaneamente "spegnersi" e lasciare come traccia tangibile della sua esistenza un solco da ruscellamento concentrato e un orlo di scarpata di degradazione.

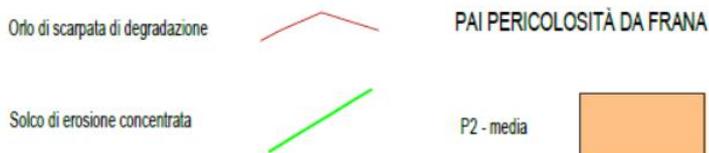
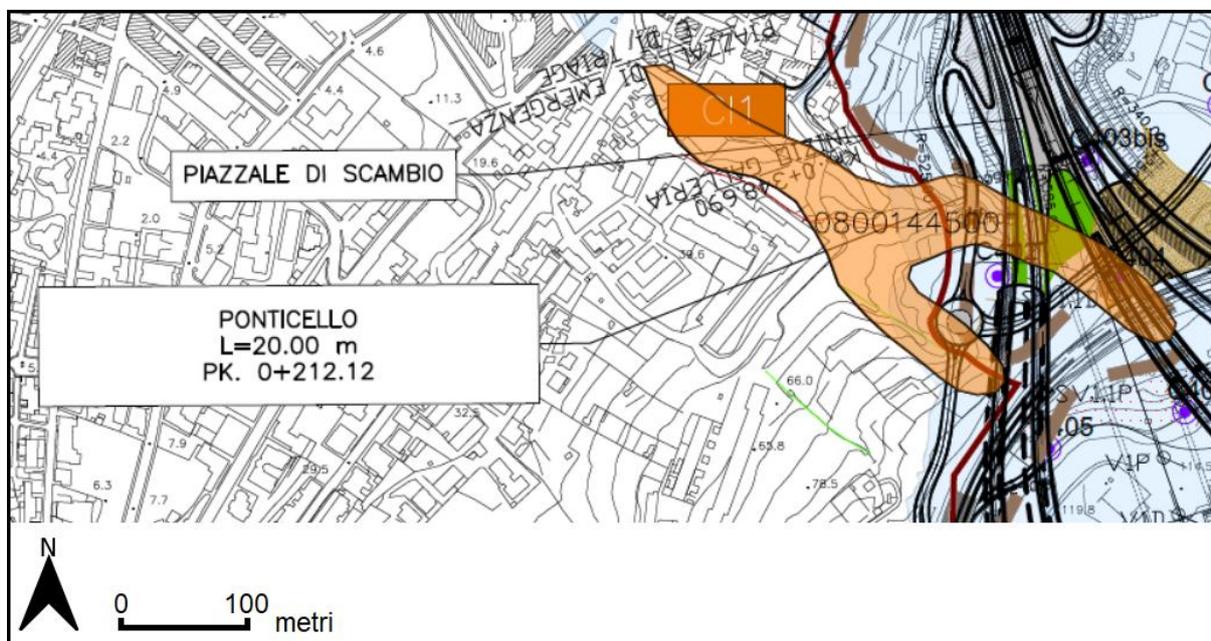


Figura 3.2.1.3 – Stralcio dell’elaborato AMW 3004, riportante il poligono 800144500 in cui il PAI Calabria censisce un’area a franosità superficiale in classe di pericolosità P2, in cui la carta dei dissesti del PD riconosce un solco da ruscellamento concentrato e un orlo di scarpata di degradazione. Per la legenda completa si rimanda all’originale elaborato AMW 3004.

Per altri 8 poligoni del PAI, la presenza di zone classificate “ad erosione intensa” oppure “a franosità superficiale” corrisponde sulla cartografia del PD alla presenza di altre forme e/o depositi di origine gravitativa del tipo presenza di detriti di versante, di depositi colluviali, di orli di scarpata di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

degradazione, di orli di scarpata etc...; in 2 poligoni PAI (800144800 e 800144700) invece nella zona a franosità superficiale con stato di attività quiescente, la carta dei dissesti riconosce degli scorrimenti rototraslativi nel primo caso attivi e nel secondo quiescenti (Figura 3.2.1.4) a denotare una possibile evoluzione occorsa tra le 2 rilevazioni.

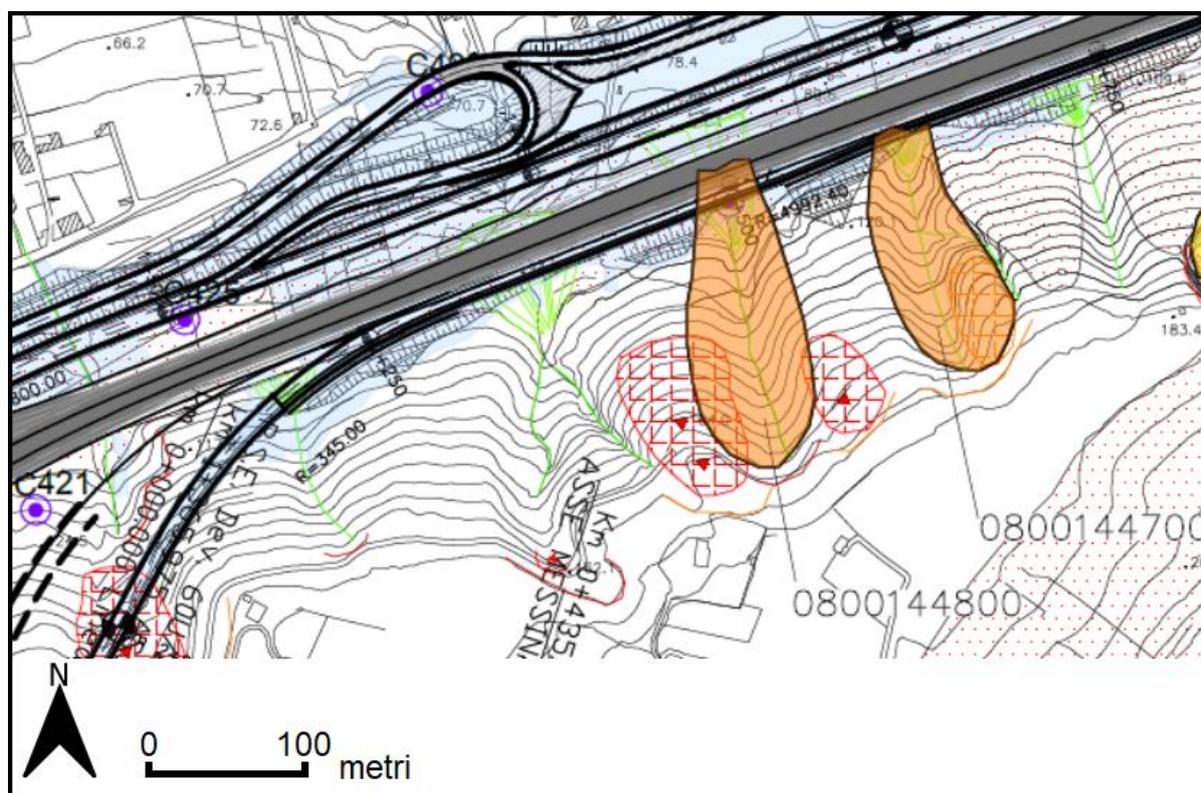


Figura 3.2.1.4 – Stralcio dell’elaborato AMW 3004, riportante i poligoni PAI Calabria 800144800 e 800144700 censiti come zone a franosità superficiale con stato di attività quiescente e pericolosità P2, in cui la carta dei dissesti del PD riconosce degli scorrimenti rototraslativi nel primo caso attivi e nel secondo quiescenti. Per la legenda completa si rimanda all’originale elaborato AMW 3004.

I restanti 32 poligoni del PAI non intersecano le opere in progetto. Di questi 32 poligoni, si pongono comunque all’attenzione i due poligoni 0800144300 e 0800144300 che, seppur non direttamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

intersecanti le opere, si trovano poco a NW degli ingombri delle opere nel tratto “Area di sosta e controllo Solaro”.

Per le quattro aree che risultano esterne alla cartografia coperta nel PD dalla “Carta dei Dissesti” ed in cui ricadono alcuni “siti di deposito e recupero ambientale” previsti nel PD, sono stati prodotti gli elaborati AMW 3003 e AMW 3005 che sovrappongono la carta geomorfologica del PD in scala 1:10.000 (elaborato originale AMVR 0771) con gli shapefile hazard del PAI. Tale sovrapposizione consente di individuare soltanto sul sito CRAS la presenza di due poligoni (0800070400 e 0800069700) intersecanti la viabilità ed in cui il PAI censisce due frane per scorrimento con stato di attività quiescente e pericolosità P2.

In conclusione, il contenuto informativo aggiuntivo desumibile dal PAI nel merito dei dissesti che potrebbero interagire con le opere in progetto in fase definitiva, è da ricondursi alla più cautelativa interpretazione proposta dal PAI per il poligono 800144500: zona a franosità superficiale quiescente. Per quanto attiene invece a eventuali variazioni alle opere in progetto che si dovessero rendere necessarie in fase di progettazione esecutiva, sarà opportuno tenere in debito conto i nuovi elaborati aggiuntivi proposti (AMW 3002; AMW 3003; AMW 3004; AMW 3005) che combinano le due sorgenti di informazione.

3.2.2 Lato Sicilia

Nella relazione generale che nel 2004 accompagnò il Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione siciliana è descritta la metodologia operativa adottata per l’analisi e la valutazione del rischio geomorfologico, leggasi sostanzialmente, ma non solo, rischio da frana. La metodologia è così schematizzata:

- Raccolta dati
- Analisi
- Informatizzazione
- Valutazione della pericolosità e del rischio.

Per la definizione del quadro conoscitivo relativo ai fenomeni franosi furono consultate numerose fonti e le informazioni da esse tratte furono riportate sulla Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000. Dalla raccolta dati, attraverso un processo di omogeneizzazione dei dati e da verifiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

anche di sito, è stato redatto l'inventario dei dissesti.

La categorizzazione della tipologia delle frane fu effettuata tenendo in considerazione la velocità di accadimento del fenomeno, ovvero la rapidità di evoluzione del processo di rottura, secondo la seguente classificazione:

T1: deformazioni gravitative profonde in roccia, creep, espansione laterale, colate lente;

T2: frane complesse, scorrimenti e colamenti in roccia, detrito e terra;

T3: scivolamenti rapidi in roccia, detrito e terra, crolli, colate rapide di fango.

A questi furono aggiunti i fenomeni repentini che si esplicano in corrispondenza di profondi processi di erosione idrica e che determinano una condizione di asportazione dei suoli e di rocce incoerenti, o che possono provocare il crollo di rocce coerenti per scalzamento al piede di sottostanti terreni erosivi.

Per la valutazione della pericolosità da frana, sono state prese in considerazione da un lato la magnitudo del fenomeno e dall'altro lo stato di attività del processo combinati secondo quanto riportato in Figura 3.2.2.1. Sono state individuate 5 classi di pericolosità, da P0 a P4, che rappresentano una pericolosità via via crescente.

Per la magnitudo del fenomeno si è tenuto conto della sua estensione areale e della tipologia che, con riferimento a quanto definito nelle righe precedenti, sottintende una stima di velocità del processo (Figura 3.2.2.2).

Infine, per lo stato di attività, queste le definizioni adottate:

- *attiva o riattivata*: se è attualmente in movimento;
- *inattiva*: se si è mossa l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale;
- *quiescente*: se può essere riattivata dalle sue cause originali; se si tratta di fenomeni non esauriti di cui si hanno notizie storiche o riconosciuti solo in base ad evidenze geomorfologiche;
- *stabilizzata artificialmente o naturalmente*: se è stata protetta dalle sue cause originali da interventi di sistemazione o se il fenomeno franoso si è esaurito naturalmente, ovvero non è più influenzato dalle sue cause originali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Stato di Attività	Magnitudo			
	M1	M2	M3	M4
Stabilizzata naturalmente o artificialmente	P0	P0	P0	P1
Quiescente	P0	P1	P1	P2
Inattiva	P1	P1	P2	P3
Attiva o riattivata	P1	P2	P3	P4

Figura 3.2.2.1 – Tabella per la stima della pericolosità di frana. Da Relazione generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione siciliana.

Estensione (mq)	Volume (mc)	Tipologia di frana		
		T1	T2	T3
< 10 ⁴	< 1	M1	M2	M3
10 ⁴ ÷ 10 ⁵	> 1	M2	M3	M4
10 ⁵ ÷ 10 ⁶	> 1	M2	M3	M4
> 10 ⁶	> 1	M3	M4	M4

Figura 3.2.2.2 – Tabella per la stima della magnitudo della frana. Da Relazione generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione siciliana.

Dalla combinazione dei due fattori *pericolosità P* ed *elementi a rischio E*, si arriva infine alla determinazione del rischio (Figura 3.2.2.3) secondo quattro classi da R1 a R4.

		Elementi a Rischio			
		E1	E2	E3	E4
Pericolosità	P0	R1	R1	R1	R1
	P1	R1	R1	R2	R2
	P2	R2	R2	R3	R4
	P3	R2	R3	R4	R4
	P4	R3	R3	R4	R4

Figura 3.2.2.3 – Tabella per la stima del rischio da frana. Da Relazione generale del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione siciliana.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Per la specifica definizione degli elementi a rischio (da E1 ad E4), la relazione generale è stata sostituita dal DPN.9 ADB del 06/05/2021 (GURS N. 22 del 21/05/2021).

Peculiarità del PAI della Regione Sicilia, sono la presenza nelle carte della pericolosità e del rischio di aree indicate come *siti di attenzione*; questi vanno intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini.

L'area di progetto del Ponte dello Stretto di Messina lato Sicilia ricade tra: "Area Territoriale tra il T.te Saponara e Capo Peloro (001)", "Area territoriale del Bacino del Torrente Saponara (002)", "Area Territoriale ricadente tra i T.ti Saponara e la F.ra Niceto" e principalmente nell'area "Area Territoriale tra il F. Fiumedinisi e Capo Peloro (102)", con riferimento alla suddivisione territoriale proposta dal PAI. Su quest'area si sono susseguiti dal 2007 al 2021: a) Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Area Territoriale tra il T.te Saponara e Capo Peloro (001) approvato con D.P.Reg. n. 287 del 05/07/2007 e dell'Area Territoriale tra il T.te Fiumedinisi e Capo Peloro (102) approvato con D.P.Reg. n. 813 del 15/12/2006; b) aggiornamento integrale del Piano con D.P.R. n. 118 del 21/03/2011 (Area Territoriale tra il T.te Fiumedinisi e Capo Peloro (102)) che recepisce l'inventario dei fenomeni occorsi sul territorio nel 2007 e nel 2009; c) aggiornamento del 2021 di ambedue le aree territoriali con D.S.G. n. 393 del 23/12/2021; d) aggiornamento del 2023 con D.S.G. 198 del 2023 ed infine e) aggiornamento del 2024 con D.S.G. n.451 del 2024.

L'aggiornamento del 2021 dello stato di dissesto prende atto dei fenomeni innescati dagli eventi piovosi avvenuti nell'arco temporale 2012 – 2020, tiene conto di una revisione del quadro complessivo dei fenomeni di crollo del territorio comunale di Messina (ME) e della valutazione degli areali di propagazione con la metodologia del "cono d'ombra" (cone fall), propone una rivisitazione della classificazione degli elementi a rischio.

Di fondamentale importanza per l'area di interesse è stato l'inserimento del sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide, con la sigla SA-102-5MS-007, che comprende un'area molto vasta, pari a circa il 60% circa del territorio comunale di Messina, comprendendo all'interno di esso le zone di innesco e l'areale di propagazione del probabile fenomeno di dissesto. Tra le motivazioni per l'inserimento: l'evento luttuoso del 2009, la particolarità del territorio messinese caratterizzato da frane di neoformazione, non direttamente determinabili in base a quanto accaduto nel passato e la disponibilità di uno studio specifico relativo alla suscettività da frana del territorio comunale di Messina, commissionato dal Comune ed eseguito dall'ENEA.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

L'aggiornamento del PAI del 2023 e quindi 2024 ha recepito una serie di studi geomorfologici di dettaglio nel frattempo intercorsi del sito di attenzione per potenziali colate rapide SA-102-5MS-007, modificandone così la rispettiva geometria ed estensione.

La "Carta dei dissesti" del PD, elaborata nel 2009-2010, ovviamente non recepisce gli aggiornamenti del PAI successivi a tale data.

I nuovi elaborati proposti invece in questa sede per consentire il confronto tra la Carta dei dissesti del PD lato Sicilia in scala 1:5.000 suddivisa in 4 tavole (codici brevi elaborati: SB 0090; SB 0091; SB 0092; SB 0093) e i prodotti del PAI ad oggi disponibili riferiti all'aggiornamento 2024, sono stati costruiti sovrapponendo agli shapefile (link: <https://www.sitr.regione.sicilia.it/download/tematismi/pai-download-dati/>) della carta dei dissesti e della carta di pericolosità in scala 1:10.000 del PAI ciascuna di suddette carte del PD. Da questa intersezione ne scaturiscono 4 tavole che sovrappongono i poligoni dei dissesti PAI alla Carta dei dissesti da PD (codici brevi elaborati: AMW 3017; AMW 3018; AMW 3019; AMW 3020) e altre 4 tavole che sovrappongono i poligoni di pericolosità, di fascia di rispetto per gli areali P3 e P4 (tuttavia non sempre presente come desumibile anche da cartografia ufficiale del PAI in pdf) e di siti di attenzione PAI alla Carta dei dissesti da PD (codici brevi elaborati: AMW 3022; AMW 3023; AMW 3024; AMW 3025).

Una valutazione di insieme della sovrapposizione dei prodotti cartografici evidenzia il maggiore dettaglio nell'area di interesse raggiunto nella Carta dei dissesti del PD rispetto ai prodotti proposti dal PAI, come d'altro canto è ragionevole attendersi in considerazione della differente scala di restituzione, 1:5.000 per le cartografie del PD, 1:10.000 per i prodotti del PAI. Tale maggior dettaglio si sostanzia ad esempio nel maggior numero di forme riportate nella "Carta dei dissesti" del PD e nella rilevazione anche della presenza di depositi legati ad evoluzione gravitativa di versanti quali detriti di versante, oppure di forme e depositi cosiddetti misti legati anche ad erosione e/o all'azione di acque correnti superficiali dilavanti ed incanalate quali orli di scarpate di degradazione, solchi di ruscellamento e depositi colluviali.

Tuttavia, al fine di catturare dal PAI ulteriori informazioni di rilievo ai fini della progettazione del corredo di opere, è stata costruita una tabella di sintesi del confronto (Tabella 3.2.2.1).

Nella parte sinistra della tabella sono elencati per ciascuno dei poligoni perimetrati dal PAI negli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

shapefile hazard sull'area coperta dalla Carta dei dissesti del PD (colonna A); quale è la tipologia di frana/dissesto riconosciuta dal PAI (colonna B); quale è il livello di pericolosità stimato dal PAI tra P0 e P4 (colonna C); se il poligono PAI in questione interseca o meno opere in progetto (colonna D).

Nell'area di interesse si constata che sono stati censiti in totale dal PAI 177 poligoni e 2 aree di attenzione; di questi 177 poligoni soltanto 11 intersecano le opere: trattasi, secondo il PAI, di quattro colamenti rapidi, due zone con dissesti dovuti ad erosione accelerata, un'area a franosità diffusa, un'area in deformazione superficiale lenta, uno scorrimento e infine due aree soggette a crolli e/o ribaltamenti.

Nella parte destra della tabella, invece, viene valutata la eventuale corrispondenza o meno con la carta dei dissesti del PD dei poligoni censiti invece dal PAI.

In particolare: viene indicata la tipologia di frana (colonna E) attribuita nel PD in corrispondenza del poligono censito dal PAI, lo stato di attività attribuito nel PD (colonna F) e la eventuale presenza di altre forme cartografate all'interno di esso (colonna G).

PAI Sicilia				Carta dei dissesti Sicilia da PD		
Colonna A	Colonna B	Colonna C	Colonna D	Colonna E	Colonna F	Colonna G
ID frana	Tipologia frana	Pericolosità	Intersezione opere	Tipologia frana	Stato di attività	Altre forme
001-5MS-116	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	SI (tra "TOMBINO SCATOLARE 2,00 X 2,00 m L=7,00 m DIR "ME"-Pk. 1+391.28; DIR. "RC"-Pk. 1+880.59" e "SOTTOVIA RFI DIR. "ME"-Pk. 0+964.82; DIR. "RC"-Pk.	Complessa - scorrimento rototraslativo	Quiescente (complessa) - Attivo (scorrimento)	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

			1+880.59"			
102-5MS-0006	Area a franosità diffusa	1	SI ("Galleria S. Agata alla progressiva 5 km")	\	\	deposito colluviale - Detrito di versante e alluvioni
102-5MS-0026	Deformazione superficiale lenta	2	SI (cantieri "SI5" e parte delle opere ivi comprese)	Scivolamenti rototraslativi (4) - scivolamento traslativo (1)	Attivo - Quiescente (1 rototraslativo)	\
102-5MS-0213	Crollo e/o ribaltamento	3	SI ("Galleria S. Cecilia" circa alla progressiva 15,5 km")	\	\	\
102-5MS-1422	Scorrimento	1	SI (cantieri "SI5" e parte delle opere ivi comprese)	Scivolamenti rototraslativi - scivolamento traslativo	Attivo	\
102-5MS-1423	Crollo e/o ribaltamento	3	SI (cantieri "SI5" e parte delle opere ivi comprese)	Scivolamenti rototraslativi - crollo e/o ribaltamento	Attivo	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-1447	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	SI (cantieri "SI5" e parte delle opere ivi comprese)	Scivolamenti rototraslativi - crollo e/o ribaltamento	Attivo	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-1448	Colamento rapido	4	SI ("Galleria S. Cecilia" in prossimità del cantiere "SB2")	deformazioni superficiali e/o erosione diffusa	Attivo	Area estrattiva

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-1449	Colamento rapido	4	SI (cantiere "SIPM" e parte delle opere ivi comprese)	\	\	Area estrattiva
102-5MS-1451	Colamento rapido	3	SI (opere accessorie del "Viadotto Curcuraci - dir. RC")	\	\	Area estrattiva
102-5MS-1452	Colamento rapido	3	SI (opere stradali in zone adiacenti al "Tombamento Fiumara Curcuraci")	deformazioni superficiali e/o erosione diffusa	Attivo	Area estrattiva
001-5MS-111	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
001-5MS-112	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione
001-5MS-113	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	Deposito colluviale - orlo di scarpata di degradazione
001-5MS-114	Colamento rapido	2	NO	scorrimento traslativo	Attivo	\
001-5MS-115	Colamento rapido	3	NO	scorrimento traslativo	Attivo	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

001-5MS-267	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	deposito colluviale - conoide inattiva
001-5MS-268	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
001-5MS-336	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	scorrimento traslativo	Quiescente	\
102-5MS-0007	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	Detrito di versante e alluvioni
102-5MS-0008	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-0010	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	Area estrattiva
102-5MS-0011	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0012	Area a franosità diffusa	1	NO	\	\	Area estrattiva
102-5MS-0017	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-0018	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0019	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0020	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	Complessa	Attivo - Quiescente	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0021	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	frana complessa	attivo	\
102-5MS-0022	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	Scivolamenti rototraslativi	Attivo	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0023	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	Scivolamento traslativo	Attivo	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0024	Scorrimento	0	NO	\	\	\
102-5MS-0025	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0027	Frana complessa	0	NO	\	\	\
102-5MS-0028	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0029	Scorrimento	0	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0030	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	scivolamento rototraslativo	Quiescente	orlo di scarpata di degradazione - conoide - orlo di scarpata di frana
102-5MS-0031	Calanco	2	NO	\	\	\
102-5MS-0032	Deformazione superficiale lenta	2	NO	\	\	\
102-5MS-0034	Scorrimento	1	NO	\	\	\
102-5MS-0035	Crollo e/o ribaltamento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0042	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0043	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0044	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0045	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0046	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0047	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0051	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0052	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0053	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0054	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0055	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0056	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-0057	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0058	Deformazione superficiale lenta	2	NO	\	\	\
102-5MS-0060	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0061	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0062	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0063	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0064	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0067	Deformazione superficiale lenta	1	NO	scivolamento rototraslativo	attivo	\
102-5MS-0068	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	scivolamento rototraslativo	attivo	\
102-5MS-0069	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	scivolamento rototraslativo	attivo	\
102-5MS-0073	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0074	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0075	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	\	\	\
102-5MS-0077	Area a franosità diffusa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0080	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-0081	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-0082	Scorrimento	1	NO	\	\	\
102-5MS-0083	Scorrimento	0	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0084	Scorrimento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0177	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0178	Frana complessa	2	NO	\	\	\
102-5MS-0179	Frana complessa	1	NO	\	\	\
102-5MS-0180	Deformazione superficiale lenta	2	NO	\	\	\
102-5MS-0181	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-0203	Colamento rapido	3	NO	\	\	\
102-5MS-0210	Colamento rapido	2	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione - conoide
102-5MS-0211	Colamento rapido	2	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione - conoide
102-5MS-0212	Colamento rapido	2	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione - conoide
102-5MS-0214	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-0215	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0216	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0217	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0218	Scorrimento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0220	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0222	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0224	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-0227	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0231	Scorrimento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0232	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-0233	Scorrimento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0235	Scorrimento	1	NO	\	\	\
102-5MS-0236	Scorrimento	2	NO	\	\	\
102-5MS-0237	Scorrimento	2	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0411	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0412	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0413	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	scivolamento traslativo	Attivi	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0414	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0415	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-0416	Colamento rapido	2	NO	complessa	quiescente	\
102-5MS-0417	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	scivolamento traslativo	Attivi	deposito colluviale
102-5MS-0418	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	deposito colluviale
102-5MS-0419	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0420	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0421	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0422	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-0425	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0427	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0430	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0431	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0432	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0435	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0442	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0443	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0444	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0445	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0446	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0627	Colamento rapido	2	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000		<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0634	Colamento rapido	2	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-0637	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0638	Colamento rapido	2	NO	scivolamento traslativo	Attivi	\
102-5MS-0639	Colamento rapido	2	NO	scivolamento traslativo	Attivi	\
102-5MS-0640	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0641	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0642	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0643	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0644	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0645	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0646	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0669	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	\	\	\
102-5MS-0680	Colamento rapido	2	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE			<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-0681	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0682	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0703	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0704	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0705	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0706	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-0708	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1142	Scorrimento	2	NO	deformazioni superficiali e/o erosione diffusa	Attivo	\
102-5MS-1175	Scorrimento	1	NO	\	\	\
102-5MS-1176	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1375	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1377	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1378	Colamento rapido	2	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-1391	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	scivolamento rototraslativo	attivo	\
102-5MS-1392	Deformazione superficiale lenta	1	NO	\	\	\
102-5MS-1393	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1394	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-1395	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1396	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1397	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-1398	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-1399	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-1400	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1401	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1402	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1403	Colamento rapido	2	NO	\	\	\

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO				
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000			<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-1404	Colamento rapido	2	NO	\	\	\
102-5MS-1405	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\
102-5MS-1433	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	\	\	\
102-5MS-1435	Colamento rapido	3	NO	\	\	\
102-5MS-1437	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	\	\	\
102-5MS-1438	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	crollo e/o ribaltamento	Attivo	\
102-5MS-1439	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	scorrimento rototraslativo	Attivo	\
102-5MS-1440	Crollo e/o ribaltamento	4	NO	\	\	\
102-5MS-1441	Colamento rapido	2	NO	crollo e/o ribaltamento	Attivo	\
102-5MS-1442	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	1	NO	scorrimento rototraslativo (2) - crollo e/o ribaltamento (1)	Attivo	\
102-5MS-1443	Colamento rapido	2	NO	\	\	deposito colluviale - Detrito di versante e alluvioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

102-5MS-1444	Colamento rapido	3	NO	\	\	\
102-5MS-1445	Colamento rapido	3	NO	\	\	orlo di scarpata di degradazione
102-5MS-1446	Dissesti dovuti ad erosione accelerata	2	NO	\	\	\
102-5MS-1450	Colamento rapido	3	NO	deformazioni superficiali e/o erosione diffusa	Attivo	Area estrattiva
102-5MS-1597-1	Frana complessa	1	NO	\	\	\
102-5MS-1597-2	Frana complessa	0	NO	\	\	\
102-5MS-1599	Crollo e/o ribaltamento	3	NO	\	\	\

Tabella 3.2.2.1 – Sintesi del confronto tra i poligoni perimetrati dal PAI Sicilia negli shapefile, con gli elementi cartografati nella carta dei dissesti del PD (tavole SB 0090; SB 0091; SB 0092; SB 0093).

Come si può osservare, degli 11 poligoni censiti dal PAI e che ricadrebbero nell'area di interesse, soltanto 3 di essi trovano scarsa corrispondenza con la "Carta dei dissesti". Si tratta di due poligoni (102-5MS-1449 e 102-5MS-1451), in cui il PAI censisce dei colamenti rapidi, attivi, con livello di pericolosità rispettivamente 4 e 3, ed in cui, invece, la Carta dei dissesti del PD individua unicamente un'area estrattiva (Figura 3.2.2.4). È plausibile che, visto lo stato di attività, tali eventi siano occorsi nel lasso di tempo che intercorre tra la rilevazione e la stesura dei 2 prodotti cartografici; a supporto di tale ipotesi, si evidenzia che i poligoni in questione non sono censiti nella carta dei dissesti in formato PDF fornita dal PAI nel 2006 (n° tavola PAI 02588120), mentre compaiono per la prima volta nell'aggiornamento del 2021 (n° tavola PAI 5881120).

Infine, ulteriore scarsa corrispondenza con gli elementi cartografati nella Carta dei dissesti è rappresentata dal poligono 102-5MS-0213, in cui il PAI censisce un'area soggetta a crollo e/o

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

ribaltamento, attiva, con livello di pericolosità 3. Anche in questo caso si rileva che il poligono non era presente nell'originale PAI 2006, mentre compare nell'aggiornamento PAI 2010; si nota, inoltre, che tale poligono interseca l'opera "Galleria ferroviaria S. Cecilia", pertanto, ferma restando l'intersezione in pianta tra la galleria ed il poligono PAI, è plausibile supporre che i processi di crollo e/o ribaltamento che avvengono sulla superficie topografica, difficilmente potranno interagire con opere in sotterraneo.

Per gli altri 8 poligoni, la carta dei dissesti del PD riconosceva già nel 2010 la presenza di forme riconducibili a dissesti, ma proponeva una classificazione differente: ad esempio, all'interno dei 2 poligoni 102-5MS-1448 e 102-5MS-1452 in cui il PAI cartografa colamenti rapidi, la carta dei dissesti del PD riconosceva la presenza di deformazioni superficiali (Figura 3.2.2.4).

Anche questi due poligoni non sono censiti nelle carte dei dissesti in formato PDF fornite dal PAI fino all'aggiornamento 2021, in cui compaiono per la prima volta; è pertanto plausibile ritenere che tali eventi siano occorsi nel lasso di tempo tra il PD (2010) e l'aggiornamento PAI 2021, durante il quale un'area originariamente soggetta a deformazioni superficiali ha subito un'evoluzione, manifestando localmente processi di colamento rapido.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">06/09/2024</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	A	06/09/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
A	06/09/2024						

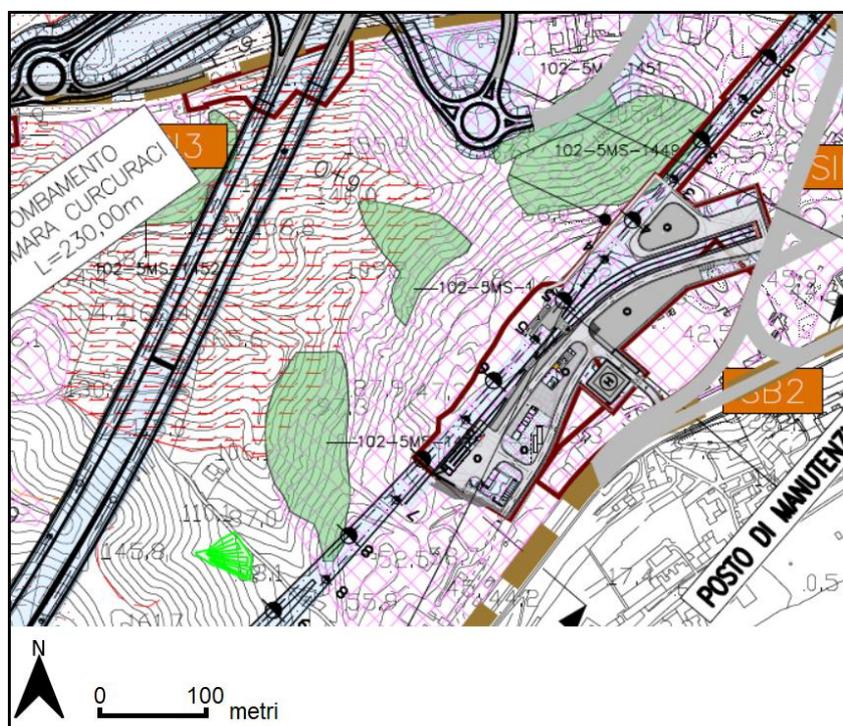


Figura 3.2.2.4 – Stralcio dell’elaborato AMW 3018, riportante i poligoni 102-5MS-1452, 102-5MS-1448, 102-5MS-1451 e 102-5MS-1449 in cui il PAI Sicilia censisce aree soggette a colamento rapido in classi di pericolosità P3 e P4, in cui la carta dei dissesti del PD riconosce deformazioni superficiali e aree estrattive. Per la legenda completa si rimanda all’originale elaborato AMW 3004.

I restanti 166 poligoni del PAI non intersecano le opere in progetto.

I nuovi elaborati AMW 3022, AMW 3023, AMW 3024, AMW 3025 consentono di visualizzare le intersezioni tra le opere in progetto e “il sito di attenzione del PAI per potenziali colate rapide” individuato con sigla SA-102-5MS-007 ed avente una estensione di oltre 140 km². Esso, come specificato nelle righe precedenti, è stato introdotto dal PAI nell’aggiornamento del 2021 e ulteriormente dettagliato nei successivi aggiornamenti 2023 e 2024 grazie a 28 studi geomorfologici su specifici settori. Racchiude una vasta area ritenuta suscettibile a fenomeni di colata rapida a seguito di una analisi eseguita dall’ENEA per conto del comune di Messina; all’interno di tale area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

di attenzione sono presenti anche alcuni fenomeni di tale tipologia accaduti negli ultimi 15-20 anni ma considerato che tale tipologia di dissesto, oltre ad essere la più diffusa, è caratterizzata da frane di neoformazione, non direttamente determinabili in base a quanto accaduto nel passato, al fine di tenerne conto è stato scelto di considerare “sito di attenzione per potenziali colate rapide” il territorio che comprende sia le zone di innesco potenziale ad elevata e molto elevata probabilità stabilite dallo studio citato, che le porzioni di espansione a valle dei fenomeni, determinate sulla base delle linee guida emanate per l’utilizzo dello Studio di suscettibilità dell’ENEA.

Si osserva dai nuovi elaborati sopra menzionati che alcune delle opere in progetto lambiscono il margine orientale di tale vasta area di attenzione. Nelle successive Figure da 3.2.2.5 a 3.2.2.10 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste da PD; per facilità di consultazione si riportano stralci del progetto GIS allestito dagli scriventi, raffiguranti l’estensione dei siti di attenzione PAI aggiornati al 2024 e diverse simbologie in funzione delle caratteristiche delle opere (con particolare distinguo tra opere a piano campagna o comunque “fuori terra”, opere in sotterraneo, aree cantiere e viabilità nuova o esistente e promiscua ai cantieri). Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda agli elaborati AMW 3022, AMW 3023, AMW 3024, AMW 3025.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

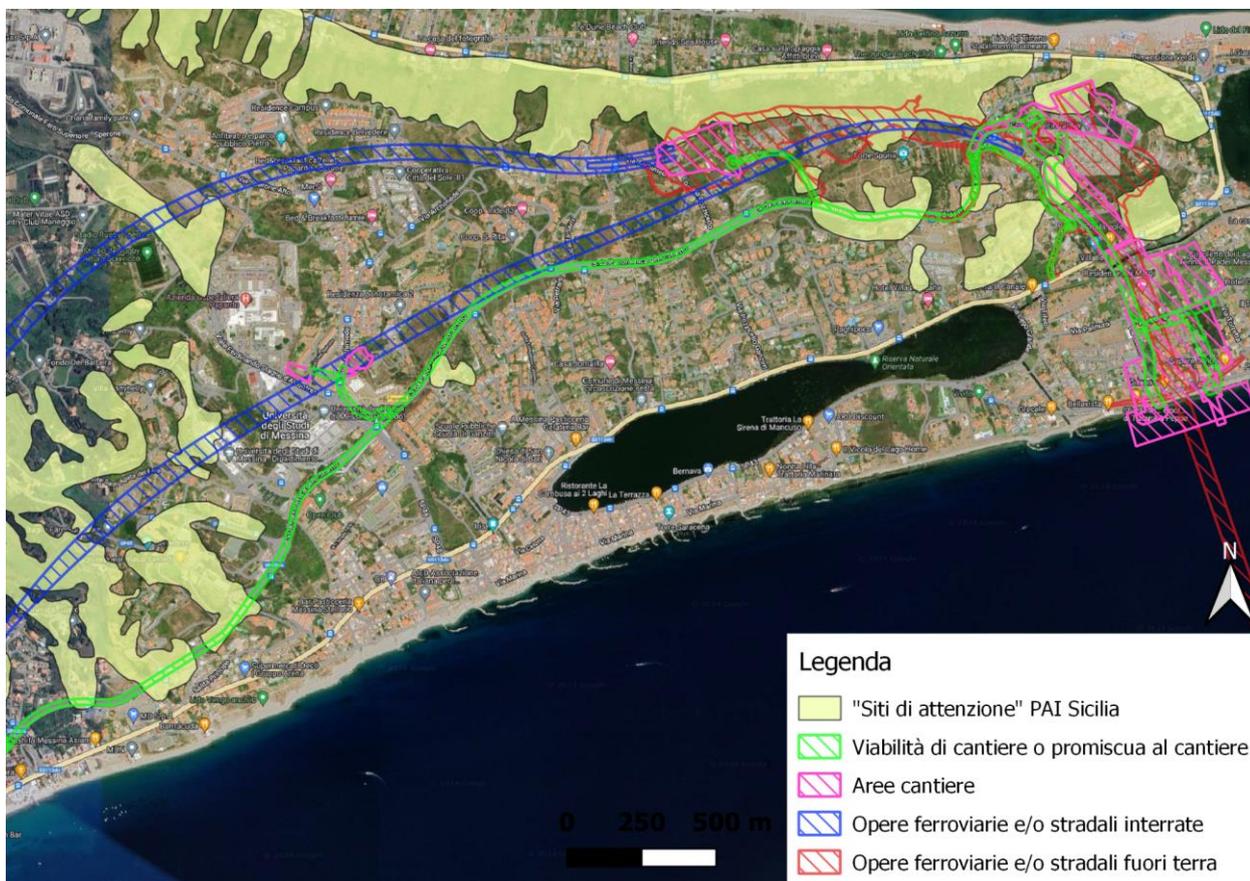


Figura 3.2.2.5 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

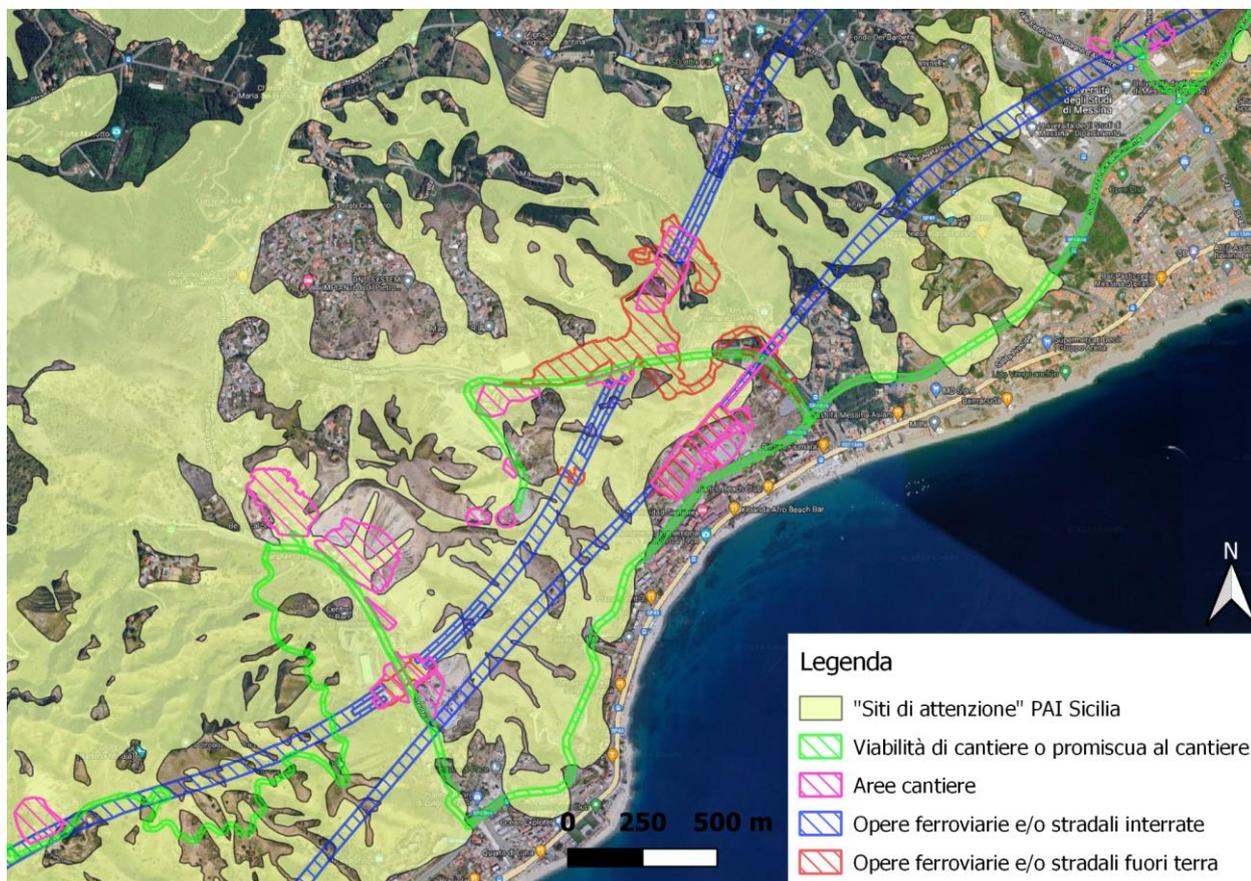


Figura 3.2.2.6 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

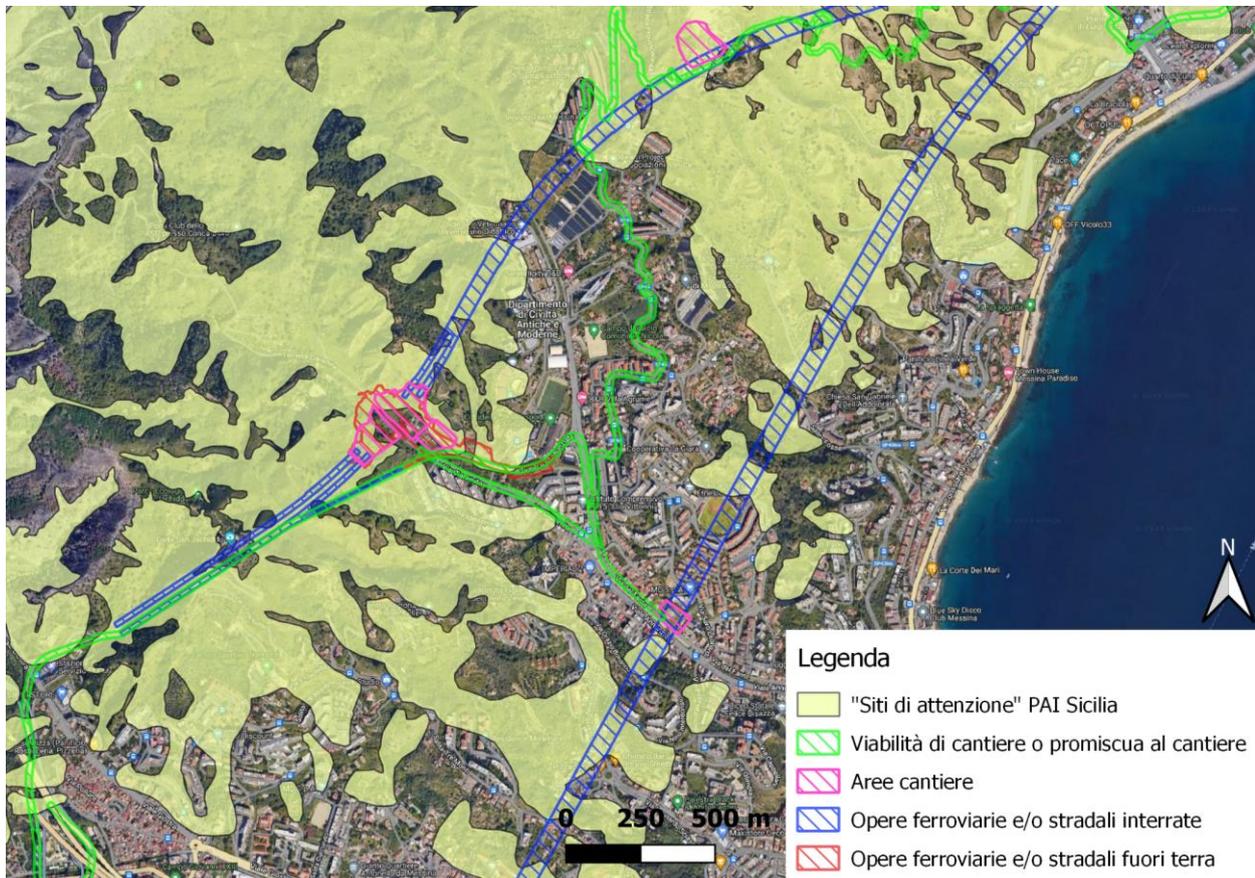


Figura 3.2.2.7 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

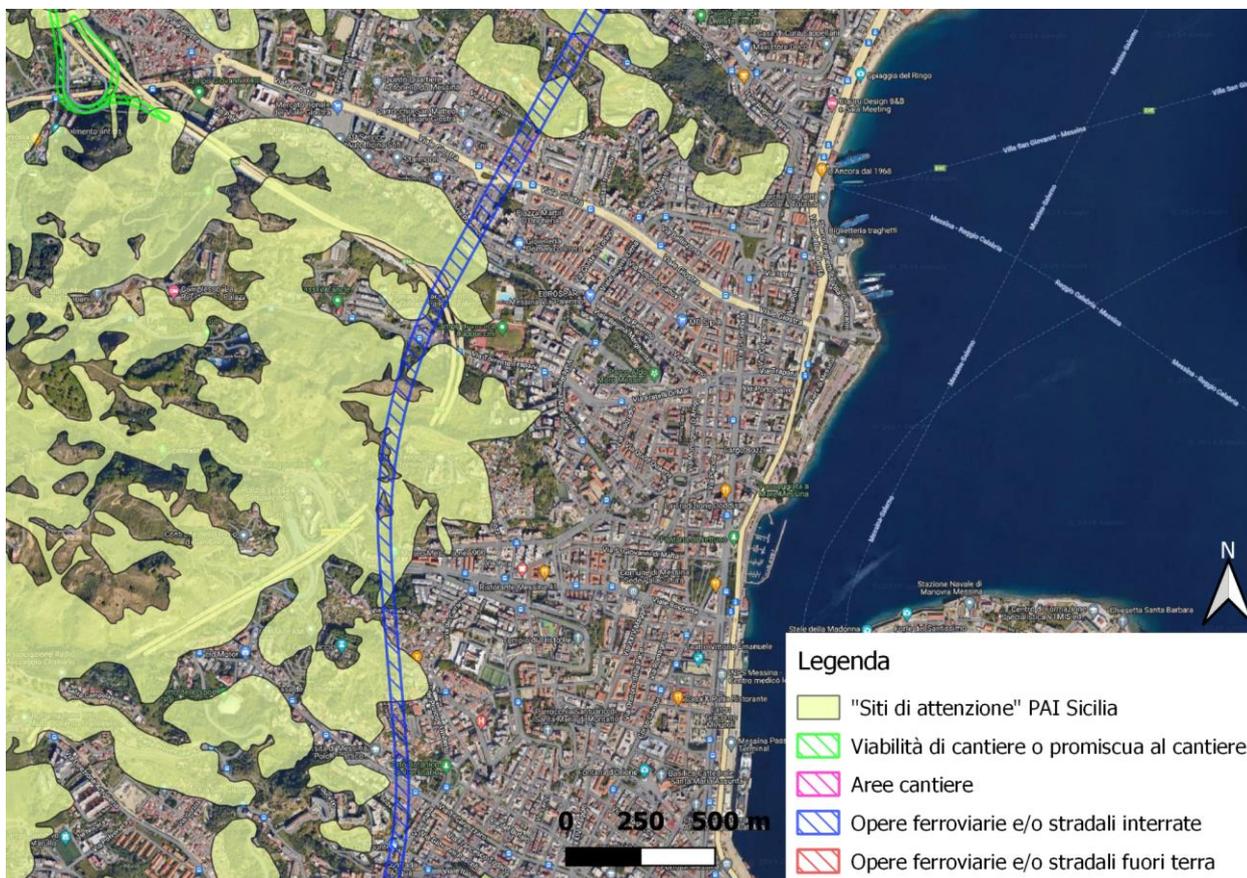


Figura 3.2.2.8 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024



Figura 3.2.2.9 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

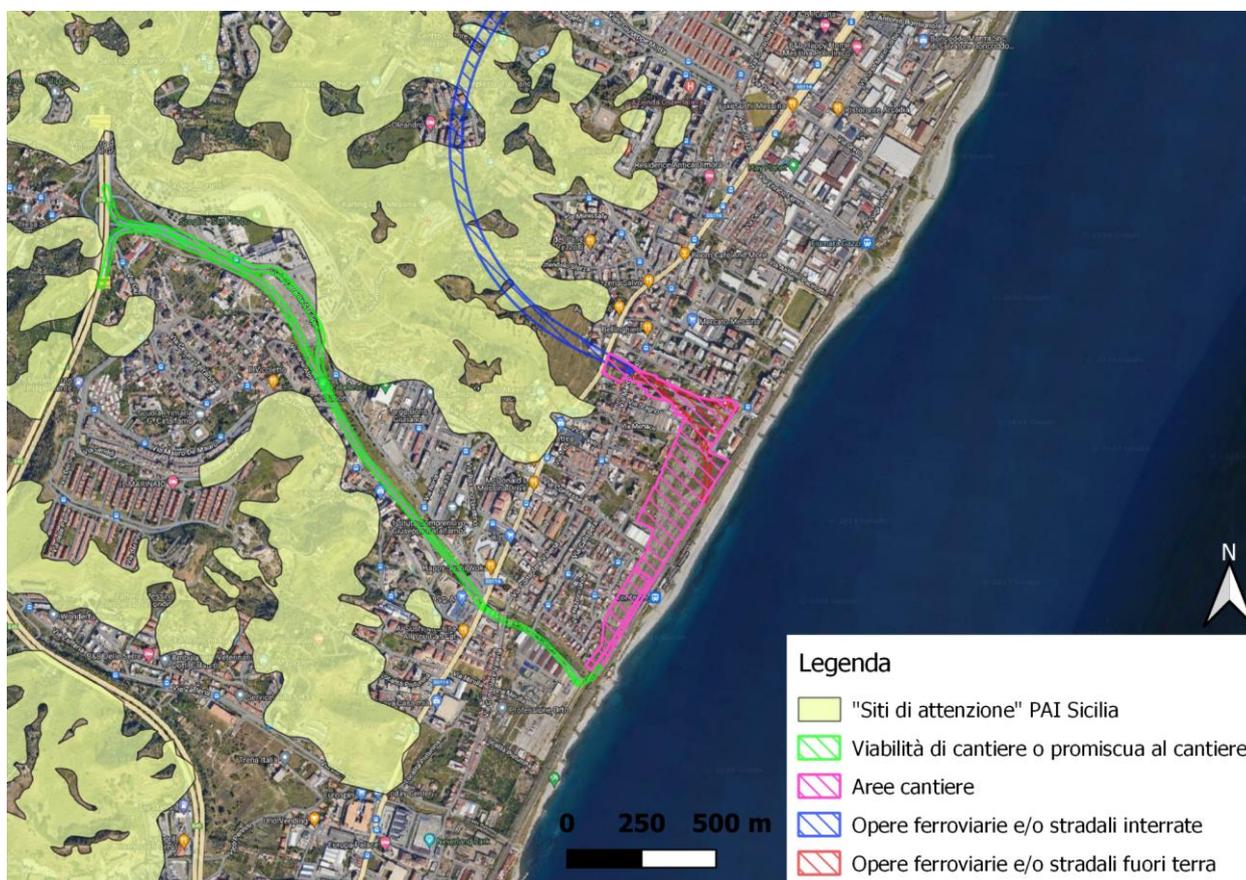


Figura 3.2.2.10 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto ed i “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” che costituiscono il poligono SA-102-5MS-007 riportato nel PAI Sicilia.

Da un punto di vista normativo, il poligono di questo “sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” individua la vasta porzione di territorio nella quale le eventuali trasformazioni d’uso, e quindi anche le opere previste nel progetto, dovranno garantire la compatibilità delle opere da realizzare con le condizioni di pericolosità da colata rapida potenziale che potrebbe coinvolgere l’area e gli elementi del progetto di uso del territorio: l’eventuale intersezione delle opere determina la necessità di studi approfonditi sulle caratteristiche dei versanti sottesi dal sito oggetto di trasformazione di uso del suolo, propedeutici a valutare la compatibilità delle opere o degli usi territoriali previsti con la colata attesa determinata in base al dettagliato studio territoriale e alle informazioni derivate dallo Studio ENEA.

In appendice 1 al documento sono riportati i “Contenuti degli studi sulla compatibilità geomorfologica nel sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide” i quali costituiscono

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

il documento di riferimento per le analisi che saranno previste nel successivo progetto esecutivo per le eventuali necessarie intersezioni con suddetto poligono del sito di attenzione in questione.

Data la tipologia di fenomeni in questione, colate rapide pluvio – indotte che coinvolgono nella zona di innesco uno spessore di terreno relativamente modesto (qualche metro) ma che lungo il percorso aumentano di volume fino a raggiungere nella zona di accumulo spessori più ingenti, gli scriventi ritengono che le 2 tipologie di intersezione sopra definite debbano essere esaminate in dettaglio con specifico riferimento da un lato alla posizione della zona di intersezione rispetto al potenziale fenomeno (leggasi in zona di potenziale distacco, oppure in zona di transito o ancora in zona di accumulo) e dall’altro alle caratteristiche di dettaglio delle opere (tipologia, geometria, posizione relativa rispetto al fenomeno ovvero sovrastante oppure sottostante etc...).

Con D.S.G. n. 198 del 29/03/2023, pubblicato nella G.U.R.S. n. 17 del 21/04/2023, è stato parzialmente modificato il sito di attenzione SA-102-5MS-007 in ragione di 11 studi di compatibilità geomorfologica che hanno analizzato in dettaglio il territorio e definito, in altrettante 11 porzioni di territorio, un areale di propagazione inferiore o verificato l’assenza delle condizioni di innesco delle colate rapide potenziali (relazione del PAI dal titolo “Comune di Messina (ME) Aggiornamento del sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide”). Successivamente, con Delibera n. 182 del 09/04/2024, è stato rilasciato un altro aggiornamento con ulteriori ventotto modifiche parziali del poligono del “Sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide”, determinate dai risultati di altrettanti studi di compatibilità geomorfologica prodotti per interventi di trasformazione edilizia.

Gli studi, coerenti con i contenuti richiesti, hanno analizzato la conformazione morfo-strutturale delle zone a valle dei punti di innesco potenziali sottesi dai siti dei singoli progetti e hanno utilizzato, laddove necessarie, le modellazioni con software applicativi specifici per la valutazione della propagazione delle colate rapide.

In particolare, con specifico riferimento alle relazioni del PAI 2023 e 2024 che trattano la questione, e ad i numeri pratica ivi presenti, si riportano di seguito le intersezioni tra le opere di progetto e le aree dove sono stati effettuati studi di dettaglio che hanno portato ad una più circostanziata perimetrazione del sito di attenzione.

- Pratica n°3 e 4 del 2023 - Località Mortelle: intersezione con area cantiere SI1;
- pratica n°5 del 2023 - Località Salita Tremonti: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- pratica n°7 del 2023 - Torrente Balena: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo) e viabilità VSE1;
- pratica n°10 del 2023 - Contrada Zucchero - Villaggio S. Agata: intersezione con Galleria S. Agata (opera in sotterraneo);
- pratica n°8 del 2024 - c.da Puntale Casazza - Villaggio Granatari: intersezione con aree cantiere SI1 e SB1;
- pratica n°9 del 2024 - Località Paradiso: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo);
- pratica n°13 del 2024 - Salita Fondella: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo);
- pratica n°16 del 2024 - Contrada Mortelle: intersezione con area cantiere SI2 e Galleria naturale "Faro Superiore" dir. ME;
- pratica n°19 del 2024 - Viale Giostra: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo);
- pratica n°25 del 2024 - Villaggio S. Agata: intersezione con viabilità VSE1;
- pratica n°28 del 2024 - Villaggio Rodia: intersezione con Galleria S. Cecilia (opera in sotterraneo);

Per le aree che risultano esterne alla cartografia coperta nel PD dalla "Carta dei dissesti" ed in cui ricadono alcuni "siti di deposito e recupero ambientale" previsti nel PD, sono stati prodotti gli elaborati AMW 3021 e AMW 3026 che sovrappongono la carta geomorfologica del PD in scala 1:10.000 (elaborato originale AMVR 0772) con gli shapefile della carta dei dissesti e della carta di pericolosità del PAI. Tale sovrapposizione consente di individuare soltanto sul sito SRA l'intersezione con due poligoni di frana a tipologia complessa aventi i seguenti codici: 003-5VA-002 e 003-5VA-003.

In conclusione, il contenuto informativo aggiuntivo desumibile dal PAI nel merito dei dissesti che potrebbero interagire con le opere in progetto in fase definitiva, è da ricondursi:

- a. alla introduzione proposta dal PAI per i poligoni 102-5MS-1449, 102-5MS-1451 e 102-5MS-0213: rispettivamente i primi due facenti riferimento a colamenti rapidi attivi ed il terzo un'area soggetta a crollo e/o ribaltamento attivo;
- b. alle intersezioni tra il poligono SA-102-5MS-007 "sito di attenzione del PAI per potenziali colate rapide" e le opere in progetto così come individuate nelle Figure da 3.2.2.5 a 3.2.2.10

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

tratte dagli elaborati AMW 3022, AMW 3023, AMW 3024, AMW 3025. Per suddette intersezioni, in fase di progettazione esecutiva, dovranno essere eseguiti approfondimenti specialistici secondo le indicazioni riportate all'appendice 1 "Contenuti degli studi sulla compatibilità geomorfologica nel sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide" della DELIBERA N. 41 DEL 17-11-2021. - Area Territoriale tra Capo Peloro ed il T.te Saponara (001) e Area Territoriale tra il T.te Fiumedinisi e Capo Peloro (102) – GEOMORFOLOGIA.

Per quanto attiene invece a eventuali variazioni alle opere in progetto che si dovessero rendere necessarie in fase di progettazione esecutiva, sarà opportuno tenere in debito AMW 3021 e AMW 3026 che combinano le due sorgenti di informazione trattate in questo paragrafo della relazione.

3.3 Perimetrazione delle aree esondabili da PGRA e delle aree soggette a erosione costiera da PGRA (Calabria) e PAI (Sicilia)

Al fine di trattare anche le pericolosità naturali derivanti da alluvioni così da combinarle con quelle da frana dettagliatamente trattate nel paragrafo precedente della presente relazione con riferimento ai rispettivi PAI, sono state presi in considerazione per il lato Calabria e per il lato Sicilia anche i rispettivi "Piani Gestione Rischio Alluvioni" che riportano le perimetrazioni delle aree con diverso grado di pericolosità idraulica individuate da PGRA in adempimento al Decreto legislativo 49 del 2010, a sua volta in attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione delle aree a rischio alluvioni.

Tali aree sono state riportate negli elaborati AMW 3006, AMW 3007, AMW 3027, AMW 3028, AMW 3029, AMW 3030 e AMW 3031 di nuova produzione combinate con le opere in progetto, così da fornire, insieme agli elaborati discussi nel paragrafo precedente con riferimento alla pericolosità da frana, una visione di insieme delle componenti del rischio idrogeologico gravanti sull'area di progetto come proposte dalle cartografie ufficiali, secondo quanto richiesto dalla Commissione VIA all'osservazione n.83.

Resta inteso tuttavia che la tematica "rischio idraulico" nell'area di progetto è trattata con appropriato dettaglio in una serie di elaborati specifici del PD per ambedue i lati Calabria e Sicilia; quindi, l'inserimento delle mappe di pericolosità idraulica da PGRA nella presente relazione a carattere geologico-geomorfologico, è da intendersi in parziale sovrapposizione con l'apposita documentazione progettuale che tratta gli aspetti legati all'"Ambiente idrico: acque superficiali".

Come è noto, le mappe di pericolosità idraulica riportano la delimitazione delle aree allagabili stimate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

sia sulla base di modellazioni numeriche più o meno complesse di tipo idrologico ed idraulico e la topografia dell'area sia sulla base di record storici più o meno recenti; d'altro canto la cartografia geomorfologica proposta nell'originario PD (elaborati CB 0077 e SB da 0079 a 0083) riporta invece le "forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali" rilevate sul territorio. Ne deriva pertanto che i due prodotti, PGRA da una parte e carta geomorfologica dall'altra, non sono concettualmente sovrapponibili e sono stati pertanto tenuti in questa sede distinti.

Per quanto attiene invece all'erosione costiera e quindi alla pericolosità da essa derivante, sono state prese in considerazione le informazioni provenienti dai rispettivi Piani: per la regione Calabria il Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera (<https://www.urbismap.com/piano/autorita-di-bacino-distrettuale-appennino-meridionale-piano-stralcio-assetto-idrogeologico-erosione-costiera-regione-calabria>) adottato nel 2014 con Delibera di Comitato Istituzionale n. 2 del 22 luglio 2014; per la regione Sicilia invece il Piano Regionale contro l'Erosione Costiera (PRCEC) (Ufficio del Commissario di Governo contro il Dissesto Idrogeologico nella Regione Siciliana, giugno 2020) approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 290 del 16 luglio 2020, recepiti, rispettivamente nel PGRA e nel PAI i cui prodotti sono disponibili al link: <https://www.sitr.regione.sicilia.it/pai-coste-sicilia-e-aggiornamento-dati-pai/>

3.3.1 Lato Calabria

La perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica per l'area di progetto della regione Calabria ha seguito la metodologia riportata nel I "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Relazione per Competent Authority, Adb Regione Calabria, R.4.1, del Luglio 2015", che accompagna la cartografia legata al I ciclo di gestione in adempimento al D. Lgs. n. 49 del 2010 e la metodologia applicata all'intera area di pertinenza dell'ABDAM, dettagliatamente descritta nel documento "Aggiornamento e revisione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione – Relazione metodologica" disponibile al link <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-gestione-alluvioni/ii-ciclo-2016-2021/>.

È specificato in questa seconda relazione che sono considerate significative le alluvioni di origine fluviale, pluviale e marina, nonché quelle con elevato volume di trasporto solido riconducibili a colate detritiche.

La definizione degli scenari di probabilità tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale, pluviale, marina e da elevato trasporto solido). Le perimetrazioni riferite alle situazioni di pericolo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

d'inondazione sono state in estrema sintesi articolate in tre fasi: raccolta dati e studi con caratterizzazione geometrica degli alvei e delle aree potenzialmente a rischio; definizione delle portate per assegnati periodi di ritorno (50, 200 e 500 anni) e modellazioni idrauliche. La determinazione delle portate di progetto è stata quindi preceduta da una breve ricerca storica finalizzata ad approfondire la conoscenza del territorio in esame, in relazione a fenomeni di esondazione già avvenuti.

Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono di 50 anni per il livello di pericolosità P3 (alta probabilità di occorrenza), 200 anni per il livello di pericolosità P2 (media probabilità) e 500 anni per il livello di pericolosità P1 (scarsa probabilità).

Per le alluvioni di origine marina i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono di 50 anni per il livello P3, 200 anni per P2 e 500 anni per P1.

Con riferimento alle alluvioni di origine fluviale, la delimitazione delle aree allagabili è stata condotta facendo ricorso, prevalentemente, a modellazioni idraulico-numeriche di tipo monodimensionale (generalmente nei tratti incassati e nelle aree confinate) e eccezionalmente di tipo bidimensionale (generalmente nei tratti arginati e nelle aree di pianura o, comunque, poco confinate).

Negli studi propedeutici alla definizione degli input idrologici per assegnato periodo di ritorno il riferimento metodologico generalmente utilizzato è quello indicato dal Rapporto VAPI predisposto su base regionale dal CNR/GNDCI. Tale documento è stato, infatti, riconosciuto come il riferimento quadro per tutte le elaborazioni relative alla trasformazione afflussi-deflussi.

La delimitazione delle aree allagabili è stata condotta verificando ed interpretando i risultati delle diverse modellazioni effettuate in relazione alla scala di restituzione ed al relativo supporto cartografico di riferimento. Con particolare riferimento alle modellazioni di tipo bidimensionale i relativi output sono stati mappati, per ogni scenario, previo involuppo delle singole celle in poligoni coerenti con i limiti fisici alla scala della rappresentazione.

Ulteriori aree suscettibili di allagamento sono state delimitate mediante criteri morfologici e storico-inventariali in considerazione della fenomenologia e del grado di approfondimento conoscitivo disponibile.

Per le alluvioni di origine marina (run-up e risalita da mareggiata), il documento "Aggiornamento e revisione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione – Relazione metodologica” (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-gestione-alluvioni/ii-ciclo-2016-2021/>) riporta che nei tratti di costa bassa, sarebbero state utilizzate modellazioni numeriche di tipo bidimensionale finalizzate alla simulazione dell’interazione idrodinamica degli eventi meteo-marini, per assegnati periodi di ritorno, con la linea di costa.

Si ritiene opportuno menzionare che, diversamente, il precedente documento a carattere metodologico riferito al cosiddetto I ciclo di gestione “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Relazione per Competent Authority, Adb Regione Calabria, R.4.1, del Luglio 2015” (disponibile al link: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-gestione-alluvioni/i-ciclo-2010-2015/>), discuteva il metodo applicato per delimitare gli areali soggetti invece a pericolosità per erosione costiera, con livelli di pericolosità da P1 minima a P3 massima, formalmente uguali a quelli per le alluvioni di origine marina, ma con significato concettualmente differente. A parere degli scriventi nella versione del PGRA disponibile al link del II ciclo di gestione (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-gestione-alluvioni/ii-ciclo-2016-2021/>) da cui sono stati scaricati i files in formato shp riversati poi nei nuovi elaborati AMW 3006 e AMW 3007, i poligoni, a diverso grado di pericolosità (P3, P2, P1) ubicati sulla costa e con andamento circa parallelo ad essa, per erosione marina (come risulta dalla tabella attributi dello shapefile di riferimento in cui alla colonna “source” è indicata la voce “Sea Water”) sono invece poligoni che delimitano areali a diverso grado di pericolosità per erosione costiera. A supporto di tale ipotesi proponiamo un confronto per l’area di progetto lato Calabria tra la cartografia derivante dal Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-stralcio-erosione-costiera/uom-regionale-calabria-e-interregionale-lao/>) e la perimetrazione derivante invece da PGRA, di fatto identiche. Ne deriva pertanto che il PGRA per l’area di progetto lato Calabria per la fascia costiera contiene informazioni sull’erosione costiera e non sulle alluvioni costiere.

La metodologia attraverso la quale sono definiti gli areali a diverso grado di pericolosità per erosione costiera sono riportati, come sopra accennato, anche nel “Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Relazione per Competent Authority, Adb Regione Calabria, R.4.1, del Luglio 2015” (disponibile al link: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/piano-gestione-alluvioni/i-ciclo-2010-2015/>), in cui si specifica che nella valutazione della pericolosità da erosione costiera è stata utilizzata la massima

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

velocità di arretramento della linea di riva stimata dopo il 1998, oltre che l'ampiezza della spiaggia ed altri fattori correttivi. Procedendo dalla battigia verso l'interno:

a. la spiaggia, cioè l'area compresa tra la linea di riva ultima (2012 – 2013) e la linea di retrospiaggia è stata perimetrata come area ad alta pericolosità (P3);

b. all'interno della linea di retrospiaggia vengono perimetrata diverse fasce in funzione della classe di pericolosità del transetto e precisamente:

- P1 (classe di pericolosità bassa): è presente una sola fascia di ampiezza pari a LFP individuata come P1;
- P2 (classe di pericolosità media): sono presenti due fasce la prima di ampiezza pari a LFP individuata come P2 e la seconda di ampiezza pari a LFP/2 individuata come P1;
- P3 (classe di pericolosità alta): sono presenti tre fasce la prima di ampiezza pari a LFP individuata come P3, la seconda di ampiezza pari a LFP/2 individuata come P2 e la terza di ampiezza pari a LFP/2 individuata come P1.

LFP è stato valutato sulla base dell'ampiezza della spiaggia con la seguente relazione:

$$LFP = C1 \times LS$$

Dove:

C1 = fattore correttivo;

LS = ampiezza spiaggia.

Il valore di C1 è ricavabile sulla base della velocità massima di arretramento stimata per il tratto in questione e varia tra 1 e 0,5.

La perimetrazione delle aree allagabili con diverso grado di pericolosità è riportata negli elaborati di nuova produzione AMW 3006 e AMW 3007 (in scala 1:5.000, quindi con mero ingrandimento grafico della originale cartografia della PGRA in scala 1:10.000) è da intendersi con riferimento alle alluvioni di origine fluviale e, per quanto attiene alla fascia costiera, alle aree a diverso grado di pericolosità per erosione costiera.

L'intersezione con le opere di progetto è puntualmente visualizzabile negli elaborati AMW 3006 e AMW 3007 (che accompagnano la presente relazione); ulteriore documentazione a riguardo è presente anche nella serie di elaborati specifici del PD in cui la tematica "rischio idraulico" è trattata con appropriato dettaglio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

È da precisare infine che nel documento avente ad oggetto il “Riscontro dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino meridionale con parere di competenza” sul “Collegamento stabile tra la Sicilia e la Calabria (CUP: C41C23002750005). Indizione della conferenza di servizi ai sensi dell’articolo 3, comma 4, del decreto-legge 13 marzo 2023, n. 35, convertito dalla legge 26 maggio 2023, n. 58. Acquisizione pareri”, (protocollo 21508/2024 del 09/07/2024), è riportato l’elenco dei corsi d’acqua che attraversano l’area di intervento, sono forniti ulteriori dettagli sull’aggiornamento del PAI in relazione agli aggiornamenti del PGRA, all’introduzione delle aree di attenzione del PAI e quindi alle Misure di Salvaguardia su di esse gravanti ed inoltre, in un paragrafo a sé stante, sono discussi i criteri di progettazione e gli interventi sulla rete idrografica proposti nel PD.

Sul totale di circa 60 poligoni di pericolosità per alluvione fluviale censiti nel PGRA Calabria, 18 intersecano le aree di progetto e sono tutti di livello P3 (ID poligoni da tabella attributi dello shapefile PGRA: 8348; 8382; 8455; 8466; 8493; 8559; 8586; 8594; 8601; 8613; 8625; 8628; 8639; 8648; 8649; 8668; 8703; 8711). Nelle successive Figure 3.3.1.1 e 3.3.1.2 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste da PD; per facilità di consultazione si riportano stralci del progetto GIS allestito dagli scriventi, raffiguranti la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA e diverse simbologie in funzione delle caratteristiche delle opere (con particolare distinguo tra opere a piano campagna o comunque “fuori terra”, opere in sotterraneo, aree cantiere e viabilità nuova o esistente e promiscua ai cantieri). Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3006.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

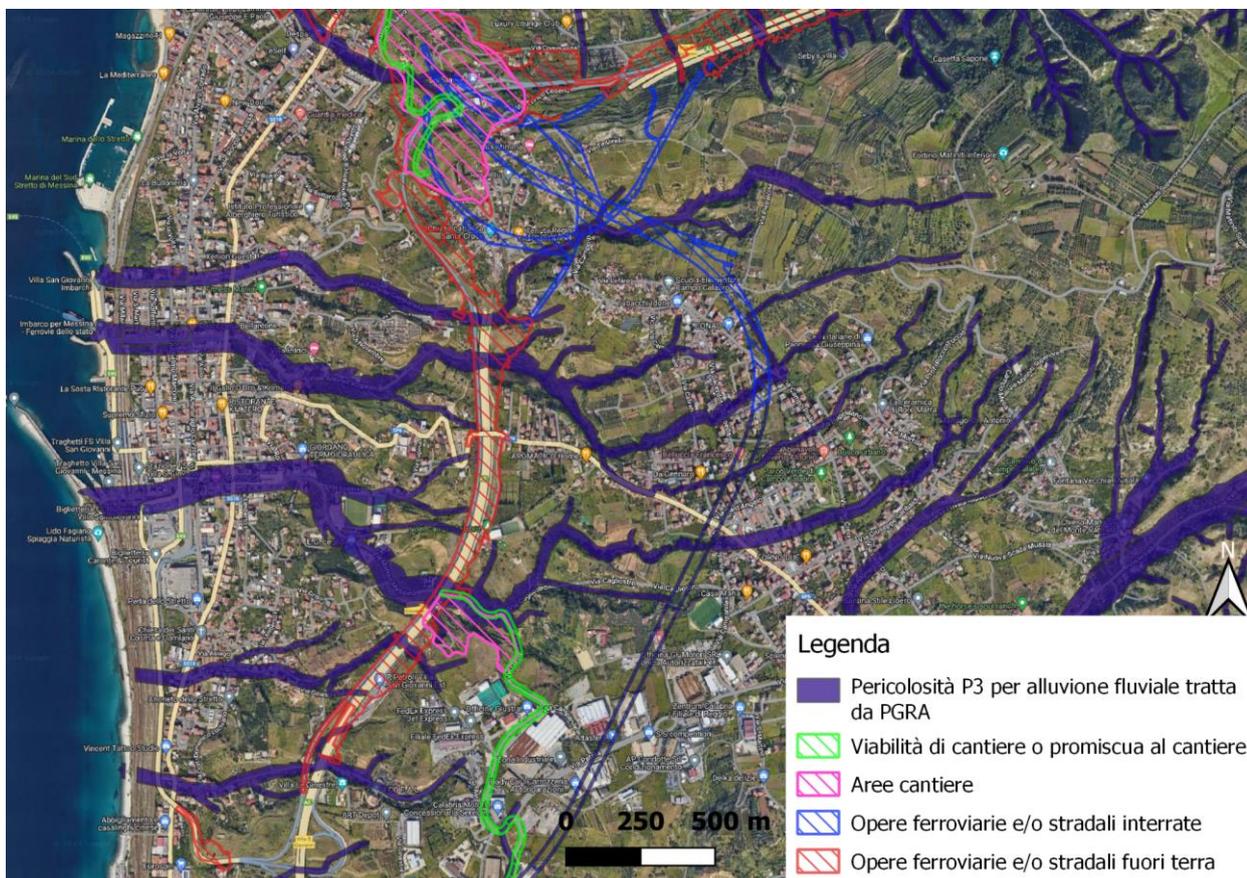


Figura 3.3.1.1 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

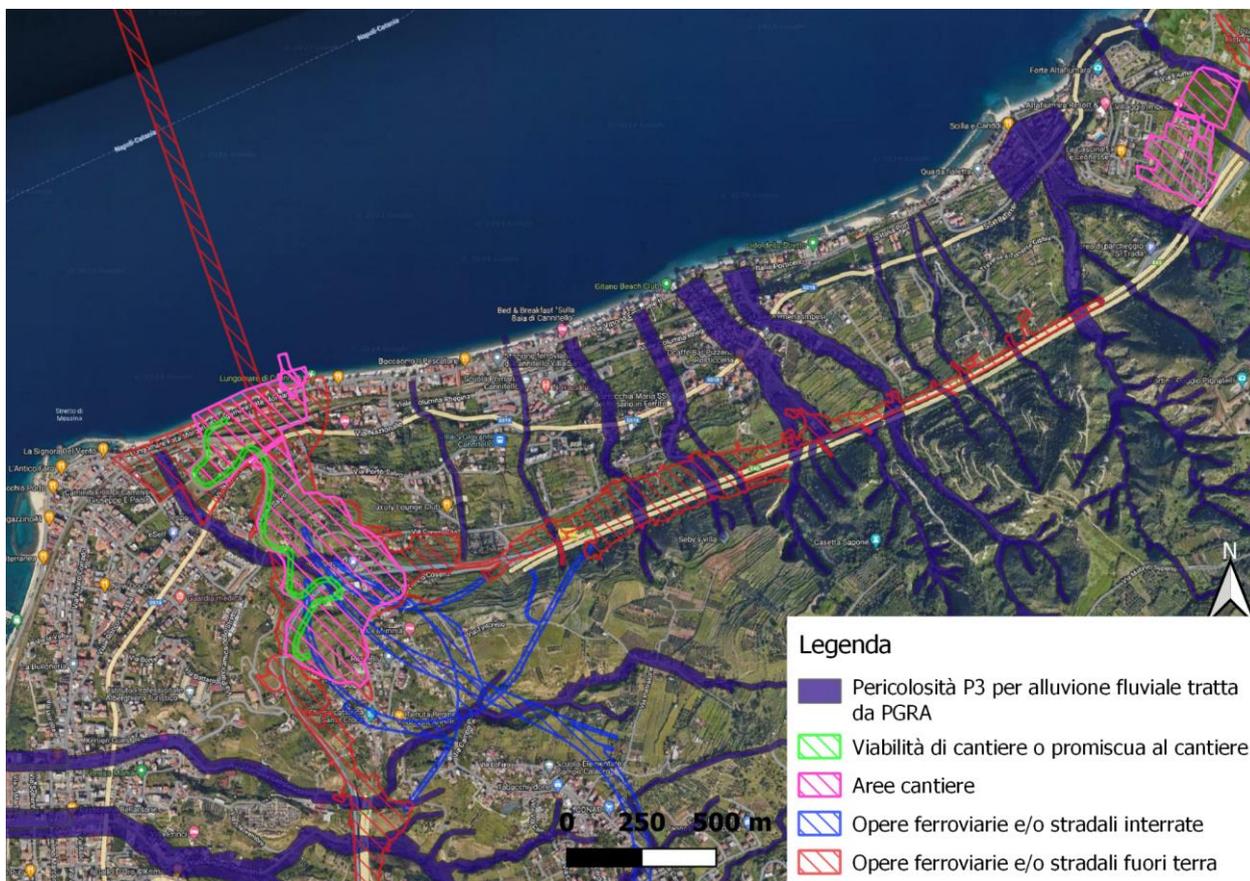


Figura 3.3.1.2 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

Per quanto riguarda invece i “siti di deposito e recupero ambientale”, sul totale di circa 13 poligoni di pericolosità per alluvione fluviale censiti nel PGRA Calabria, 4 intersecano i cantieri di progetto e sono tutti di livello P3 (ID poligoni per il sito CRA4: 9811 e 29256. ID poligoni per il sito CRAS: 10248. ID poligoni per il sito CRA5: 10001 e 29256. Nelle successive Figure 3.3.1.3 e 3.3.1.6 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste da PD. Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3007.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

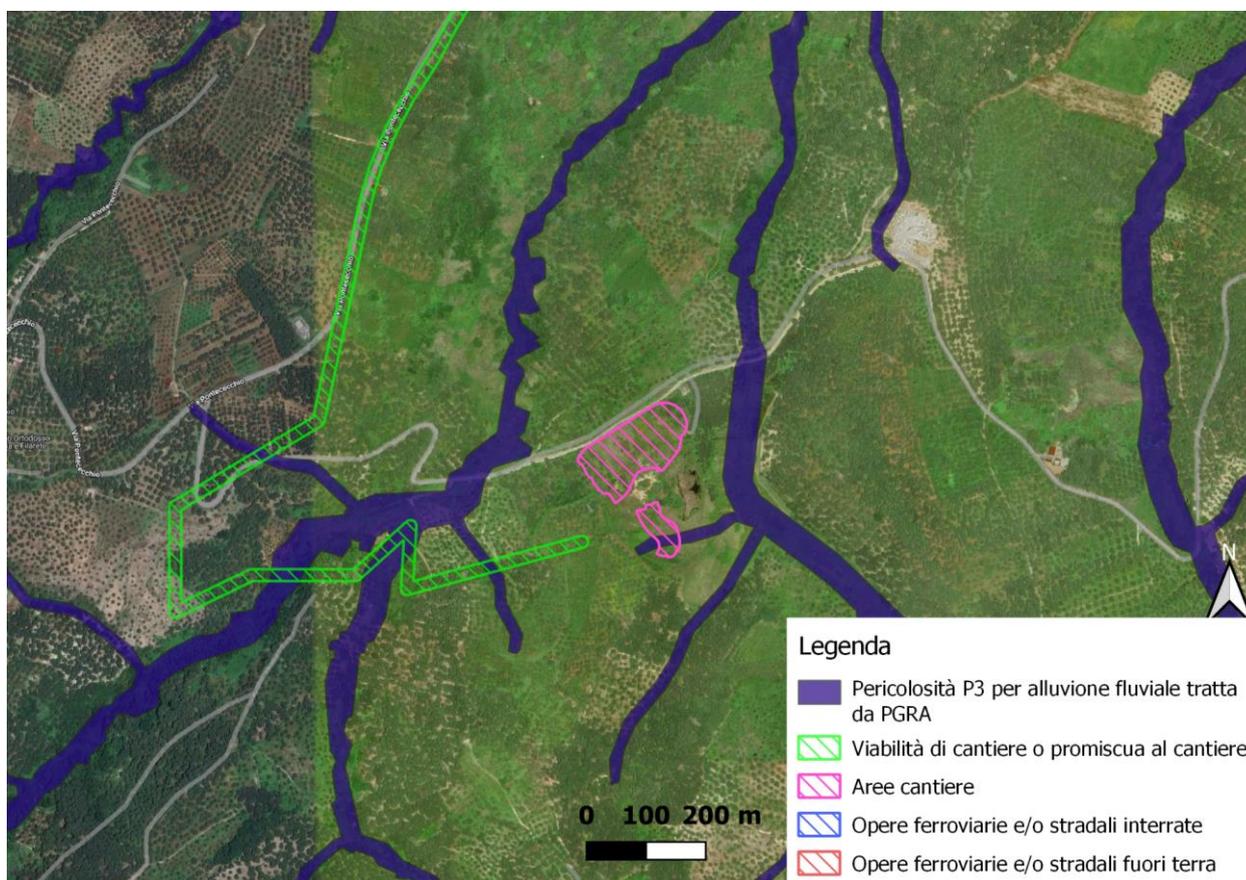


Figura 3.3.1.3 – Intersezioni tra il cantiere di deposito e recupero ambientale CRAS e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

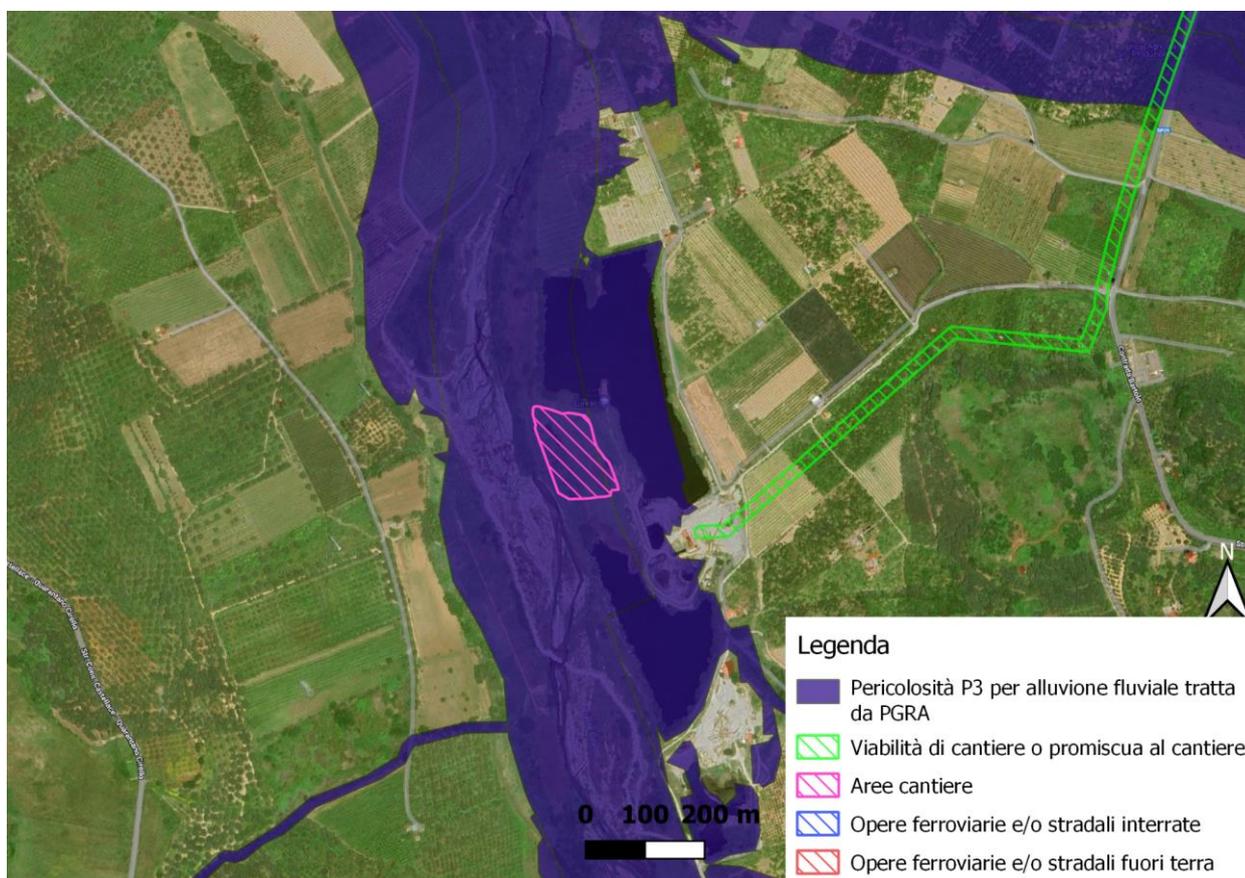


Figura 3.3.1.4 – Intersezioni tra il cantiere di deposito e recupero ambientale CRA5 e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

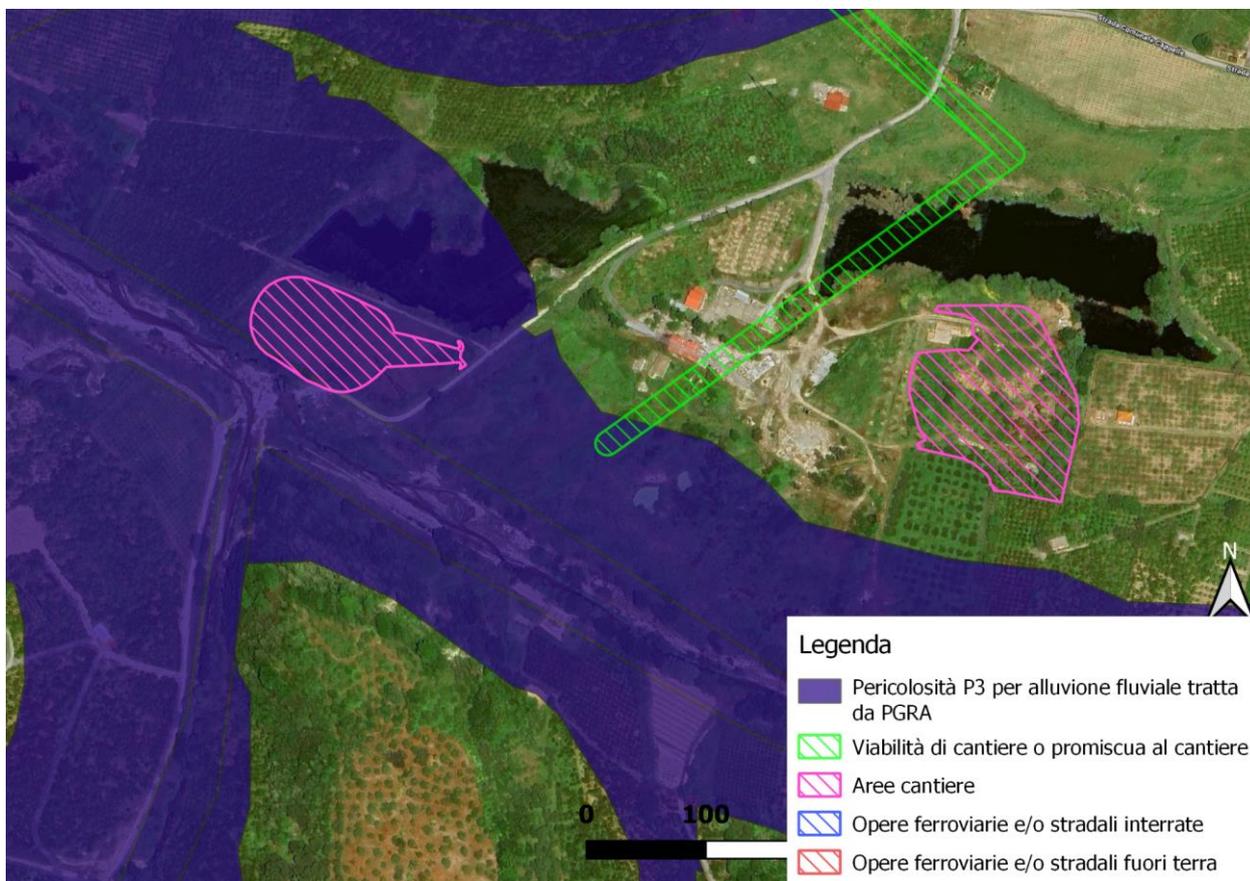


Figura 3.3.1.5 – Intersezioni tra il cantiere di deposito e recupero ambientale CRA4 e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

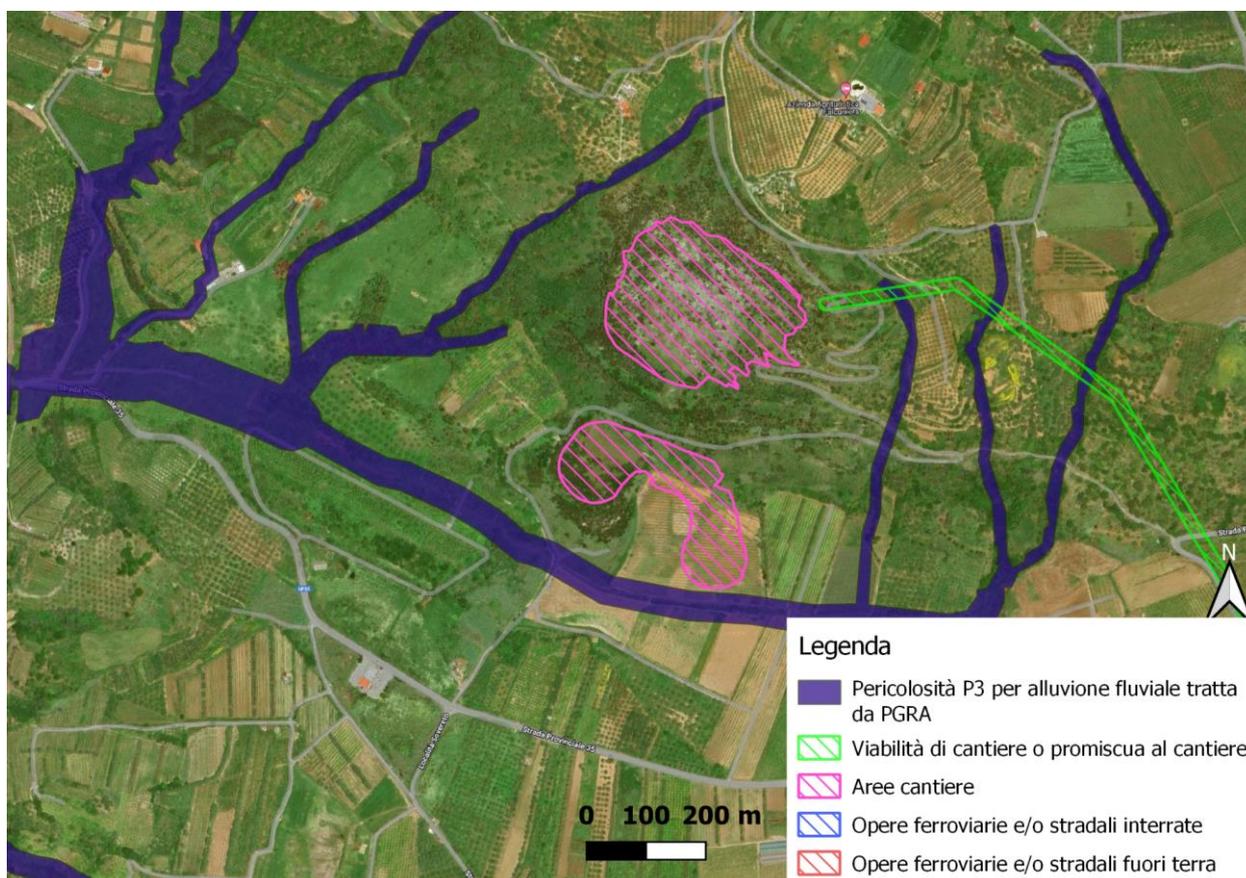


Figura 3.3.1.6 – Intersezioni tra il cantiere di deposito e recupero ambientale CRA3 e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Calabria.

Per quanto concerne la pericolosità da erosione costiera, su un totale di 26 censiti poligoni censiti nel PGRA Calabria, 3 intersecano le aree progetto (sostanzialmente nello stesso punto, in corrispondenza del cantiere C11 e torre lato Calabria) e di questi rispettivamente uno ha livello di pericolosità P3, uno livello P2 e uno livello P1 (rispettivamente ID poligoni: 2992, 31721 e 36779). Non essendo invece i “siti di deposito e recupero ambientale” ubicati in zone limitrofe alla costa, non sono presenti per queste aree poligoni di pericolosità per erosione costiera. Nella successiva Figura 3.3.1.7 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste da PD. Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3006.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

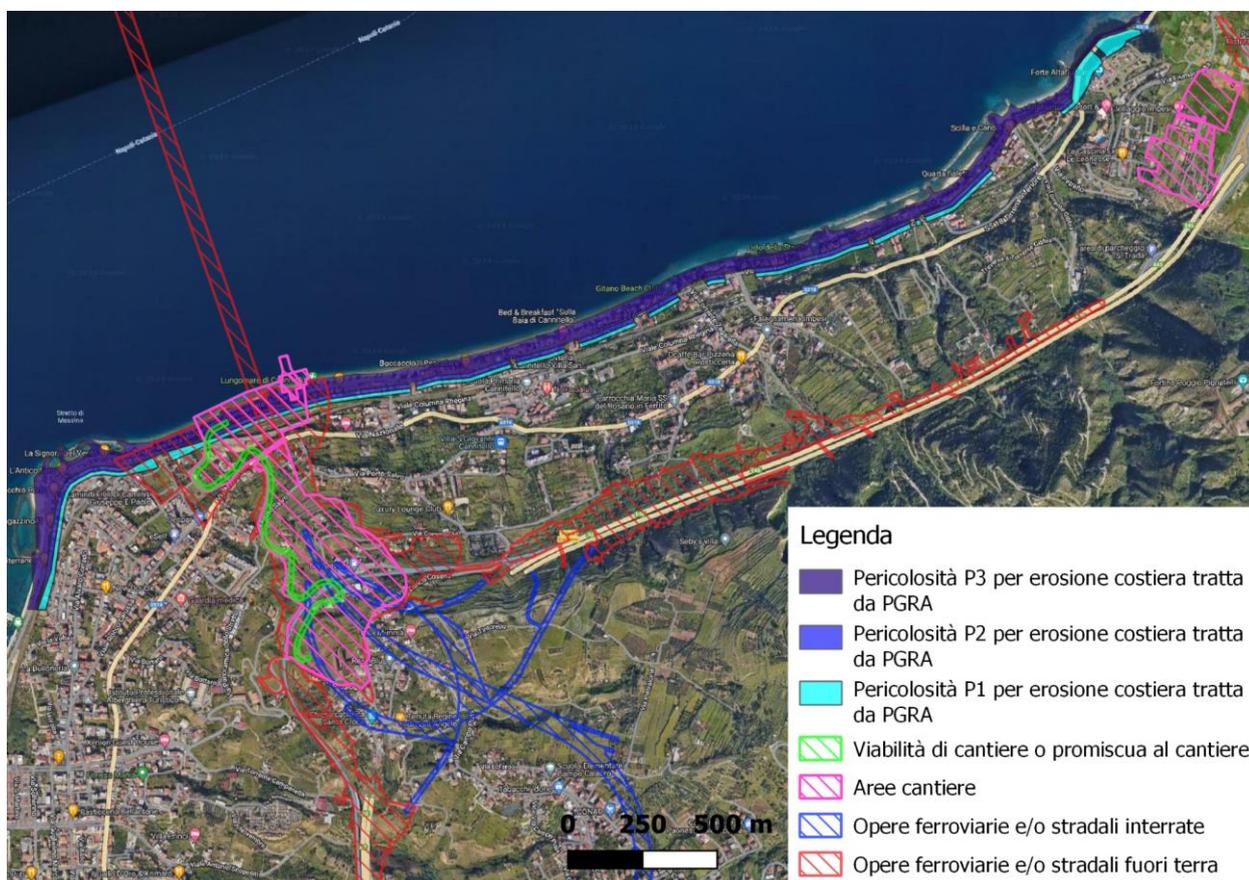


Figura 3.3.1.7 – Intersezioni tra le opere come previste dal PD e la pericolosità per erosione costiera censita nel PGRA Calabria.

3.3.2 Lato Sicilia

La definizione degli scenari di probabilità di alluvione di tipo fluviale nel Distretto Sicilia è descritta nel documento “Relazione metodologica PGRA Il ciclo di gestione.pdf” (disponibile al link: <https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/piano-gestione-rischio-alluvione-iideg-ciclo-2021-2027>).

Per tale tipologia di alluvioni i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono pari a 50 anni per il livello di pericolosità P3, 100 anni per P2 e 300 anni per la P1.

La mappatura delle aree a pericolosità da alluvione nella regione Sicilia è stata sviluppata sulla base di metodologie storico-inventariali (siti di attenzione idraulici provenienti dal PAI) e sulla base dei risultati di modellazioni idrologiche-idrauliche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Oltre alle delimitazioni delle aree allagabili provenienti da modellazione idraulica sono state considerate anche le perimetrazioni di aree allagate nel corso di eventi alluvionali, indicate nel PAI con siti di attenzione. Tali aree a cui non è associato in modo rigoroso un livello di probabilità/tempo di ritorno, ai fini della mappatura delle aree di pericolosità, sono state attribuite cautelativamente allo scenario di pericolosità elevato (P3). Al fine di elaborare mappe coerenti con quelle elaborate dalle altre Autorità di Distretto nazionali l'ISPRA ha invitato l'AdB a perimetrare tali Siti di attenzione (già rappresentati cautelativamente nella Mappa di pericolosità di alluvione – Scenario alta probabilità (Tr=50 anni)) anche nelle Mappe di pericolosità di alluvione relative agli scenari di media probabilità Tr=100 anni e di bassa probabilità Tr=300 anni.

La metodologia di stima delle aree a diverso grado di pericolosità per erosione costiera Metodologia operativa per l'analisi e la valutazione del rischio è tratta dal PAI ed in particolare dalla relazione generale del 2004 per il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione siciliana (link: <https://www.sitr.regione.sicilia.it/pai-coste-sicilia-e-aggiornamento-dati-pai/>).

Nella valutazione dello stato di pericolosità per erosione costiera di un tratto di costa (alta o bassa) sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- a. l'intensità o magnitudo (M), intesa come "severità" del fenomeno erosivo delle spiagge basse e/o di arretramento delle falesie. Essa è stata legata a due fattori ritenuti più rilevanti: la velocità o gradiente di arretramento (da minore di 1m/anno a maggiore di 5 m/anno tramite stima approssimata sulla base dell'analisi diacronica delle linee di riva storiche e la larghezza media della fascia costiera attuale (da inferiore a 10m fino a superiore a 50m). Dalla combinazione dei rispettivi valori di velocità di arretramento e larghezza della spiaggia deriva la magnitudo espressa qualitativamente in una scala relativa progressivamente crescente da M1 a M4;
- b. lo stato di sollecitazione, inteso come numero di eventi di mareggiata di cui si ha notizia che hanno interessato il tratto di costa nell'ultimo decennio. Anche essa è stata espressa in una scala qualitativa da S0 a S3, in base al numero di mareggiate registrate nell'ultimo decennio: classe S0 tra 0 e 2 mareggiate; classe S3 maggiore di 8 mareggiate.

La pericolosità deriva quindi dal prodotto di magnitudo e stato di sollecitazione secondo una scala da P0 a P4. da P0 a P4, che rappresentano un'intensità via via crescente: P0: pericolosità nulla, P1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

bassa, P2 media, P3 elevata, P4 molto elevata.

L'intersezione con le opere di progetto è puntualmente visualizzabile negli elaborati AMW 3027, AMW 3028, AMW 3029, AMW 3030, AMW 3031 (che accompagnano la presente relazione); ulteriore documentazione a riguardo è presente anche nella serie di elaborati specifici del PD in cui la tematica "rischio idraulico" è trattata con appropriato dettaglio.

I poligoni perimetrati nel PGRA Sicilia per alluvione di tipo fluviale che intersecano le aree di progetto sono 13 su un totale di circa 25 ricadenti complessivamente nell'area. Di questi poligoni di intersezione, 12 sono di livello P3 (ID poligoni da tabella attribuiti dello shapefile PGRA: 335; 336; 337; 338; 340; 344; 345; 356; 358; 359; 362; 375) e uno di livello P2 (ID poligono: 23). Nelle successive Figure 3.3.2.1 e 3.3.2.5 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste da PD; per facilità di consultazione si riportano stralci del progetto GIS allestito dagli scriventi, raffiguranti pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA e diverse simbologie in funzione delle caratteristiche delle opere (con particolare distinguo tra opere a piano campagna o comunque "fuori terra", opere in sotterraneo, aree cantiere e viabilità nuova o esistente e promiscua ai cantieri). Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda agli elaborati AMW 3027, AMW 3028, AMW 3029 e AMW 3030.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

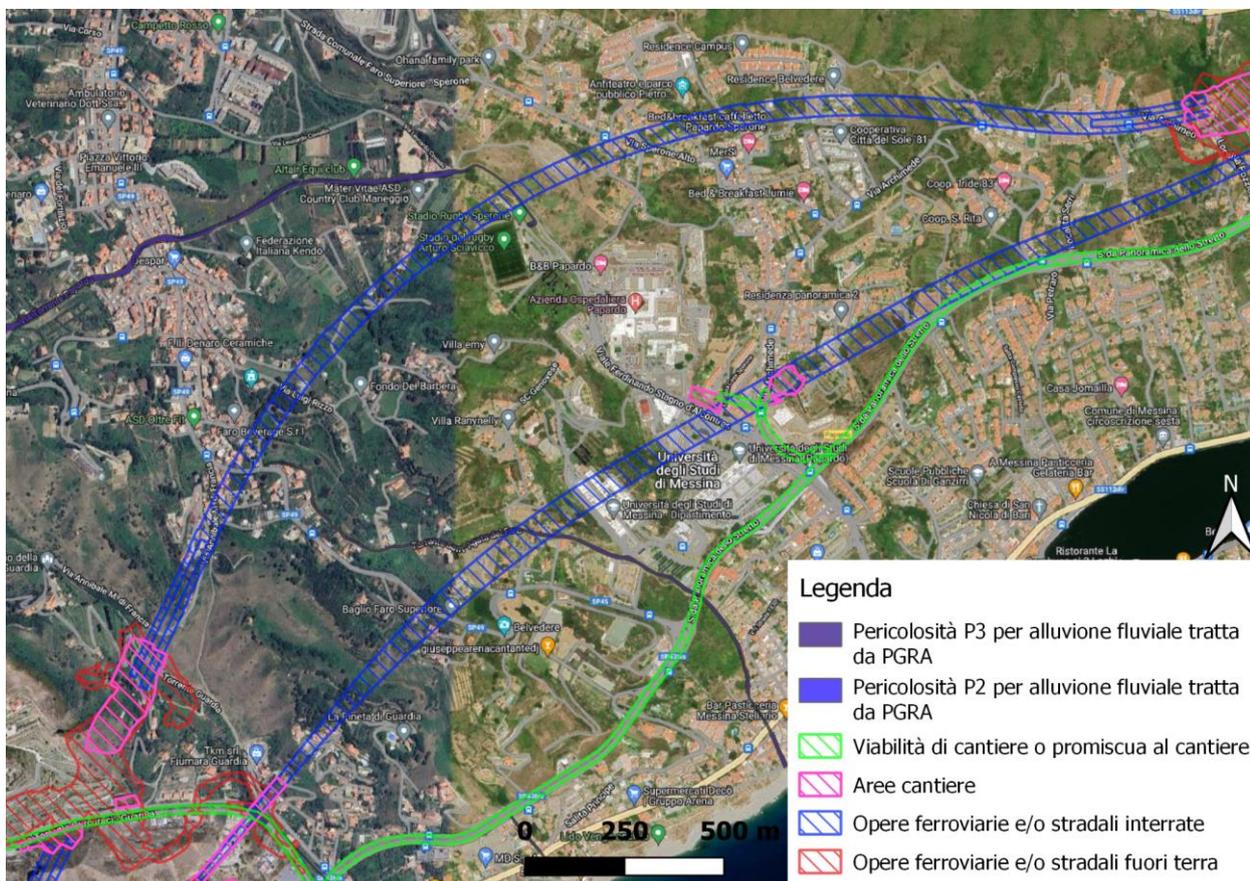


Figura 3.3.2.1 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

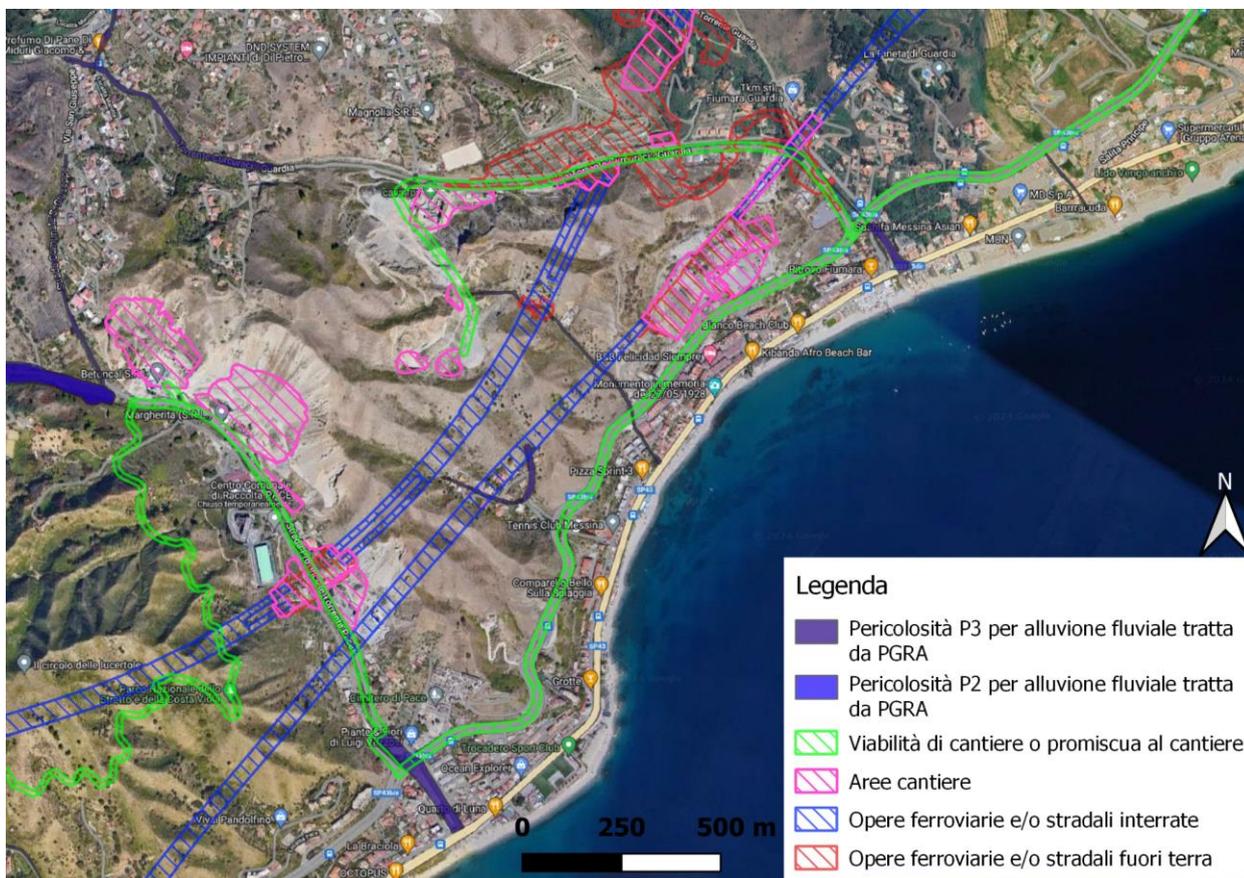


Figura 3.3.2.2 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

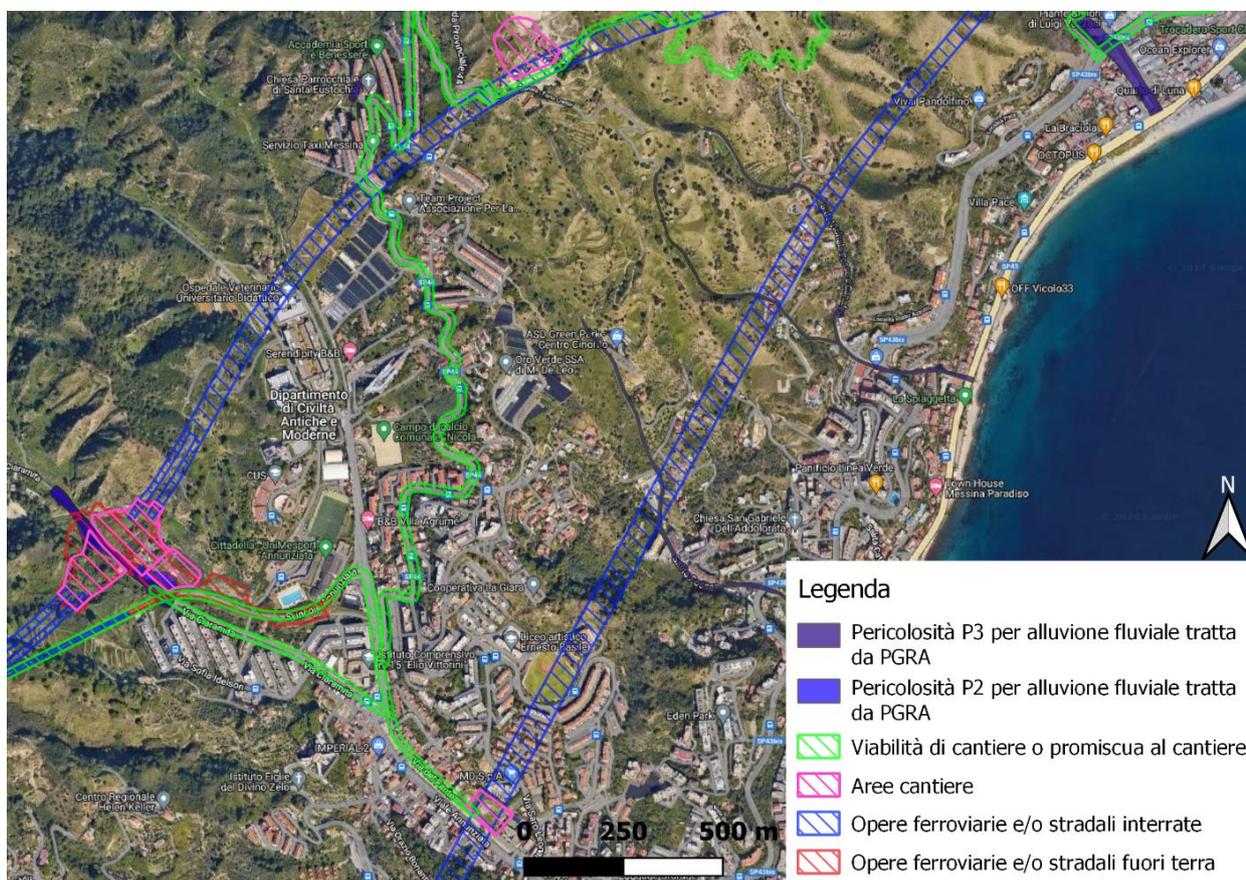


Figura 3.3.2.3 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

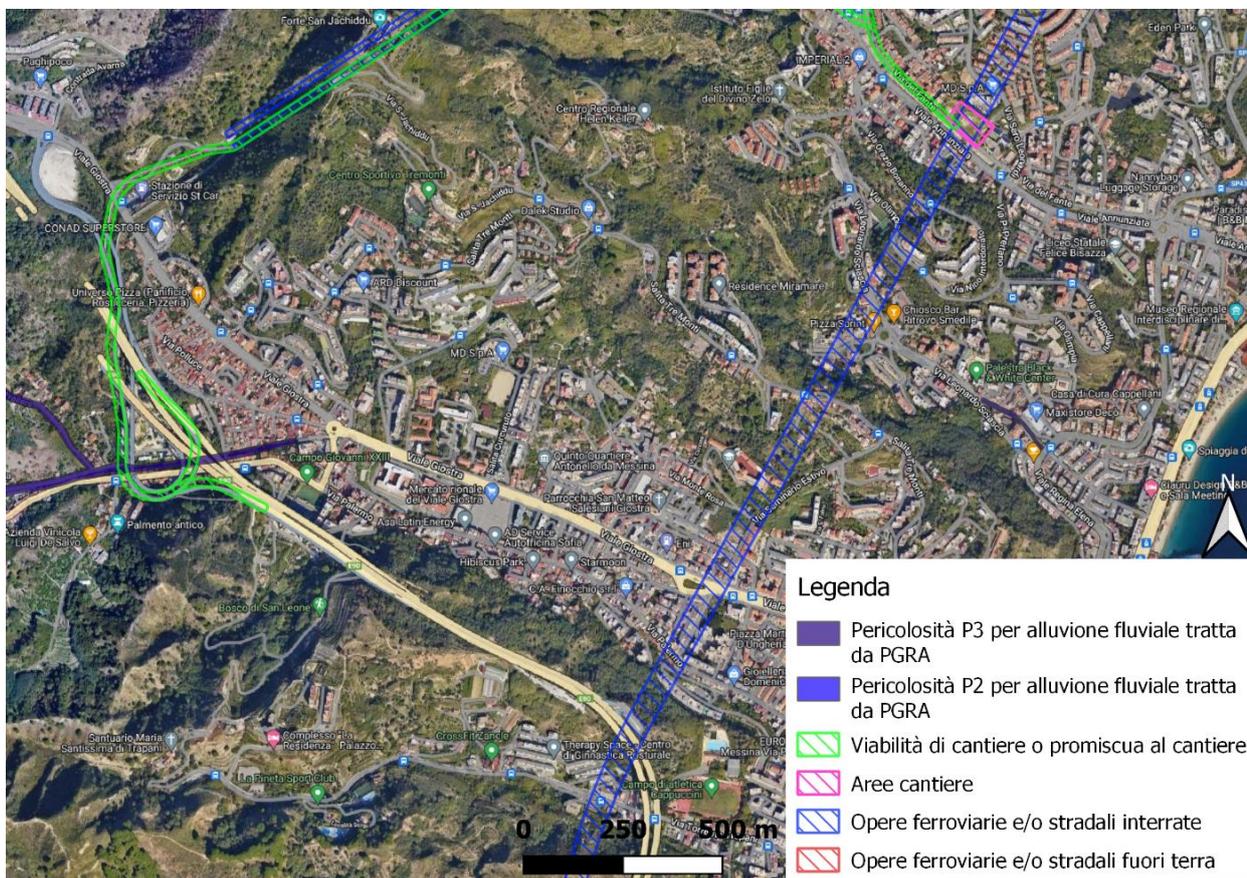


Figura 3.3.2.4 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024



Figura 3.3.2.5 – Intersezioni tra le diverse tipologie di opere di progetto e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

Per quanto riguarda invece i “siti di deposito e recupero ambientale”, sul totale di circa 5 poligoni di pericolosità per alluvione fluviale censiti nel PGRA Sicilia, uno a pericolosità P3 (ID poligono: 28) interseca i cantieri di progetto SI7, SP3 e la viabilità VR03, ed un altro sempre a pericolosità P3 (ID poligono: 30) interseca una viabilità esistente promiscua al cantiere SRA4 e limitrofi. Nelle successive Figure 3.3.2.6 e 3.3.2.7 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste dal PD. Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3031.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

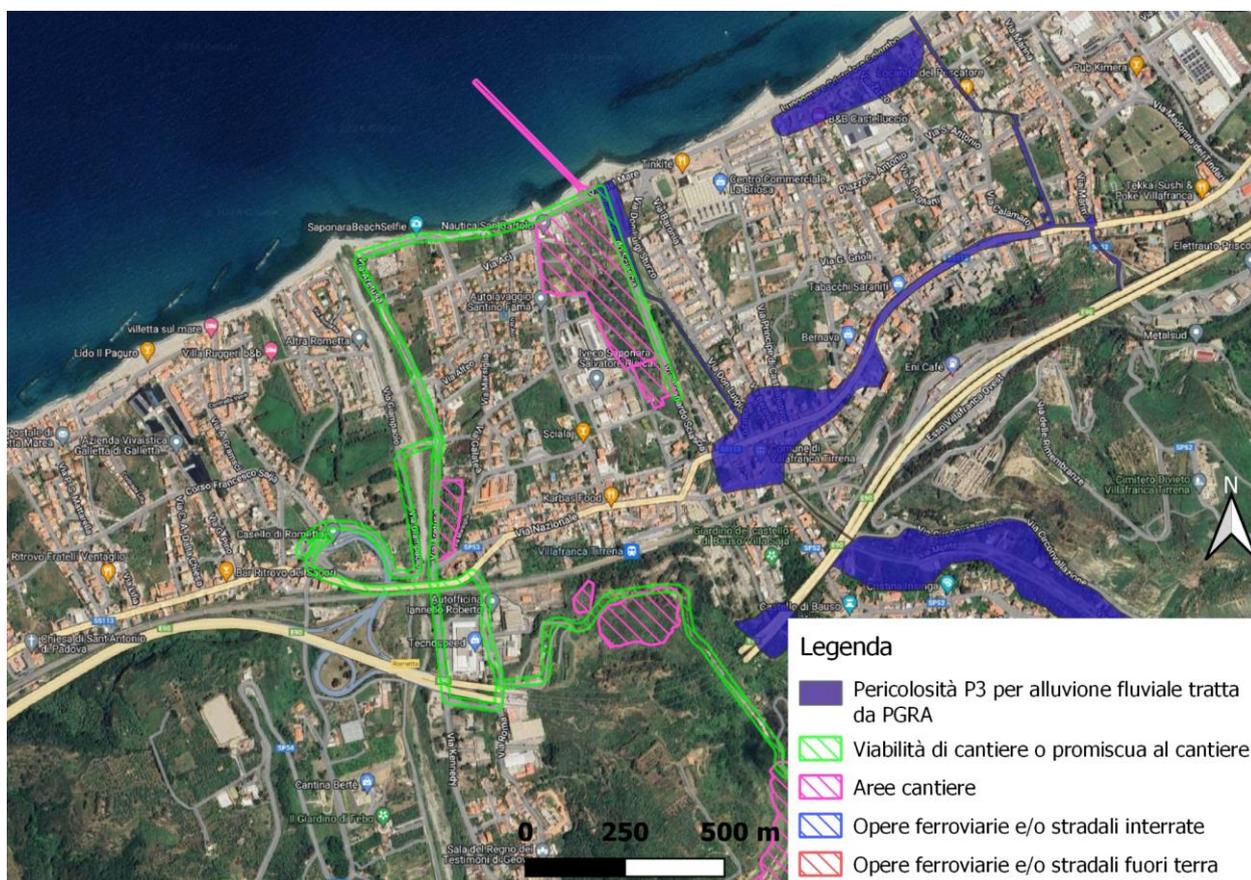


Figura 3.3.2.6 –Intersezione tra i cantieri di progetto SI7, SP3, la viabilità VR03 e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

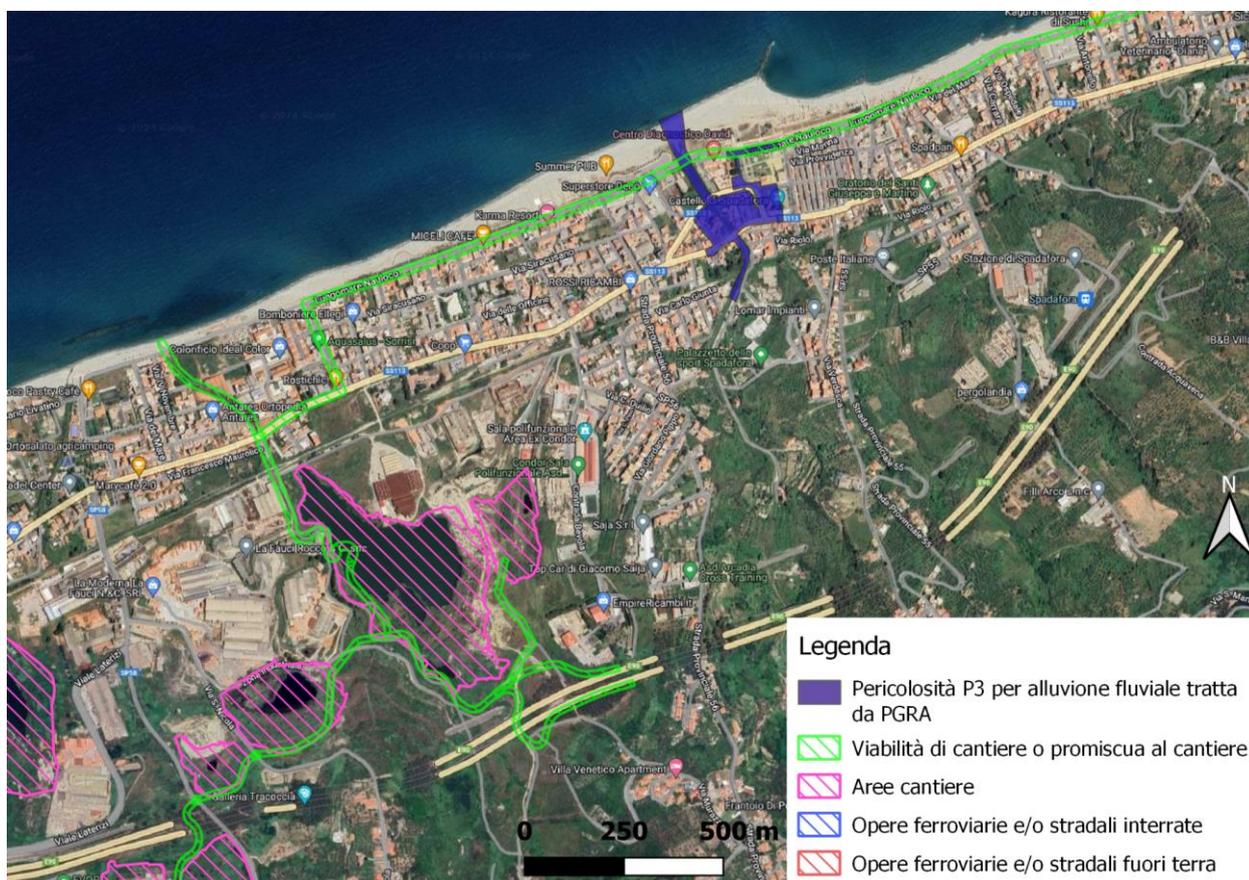


Figura 3.3.2.7 –Intersezione tra la viabilità esistente promiscua al cantiere SRA4 e limitrofi, e la pericolosità per alluvione fluviale censita nel PGRA Sicilia.

Per quanto concerne la pericolosità da erosione costiera, su un totale di 15 poligoni censiti nel PAI Sicilia nell’area di interesse, 2 intersecano le aree progetto (sostanzialmente nello stesso punto, in corrispondenza dei cantieri SP2, SP1 e della viabilità di cantiere P-SN1, zona torre lato Sicilia) entrambi con livello di pericolosità P2. Nella successiva Figura 3.3.2.8 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste dal PD. Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3027.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

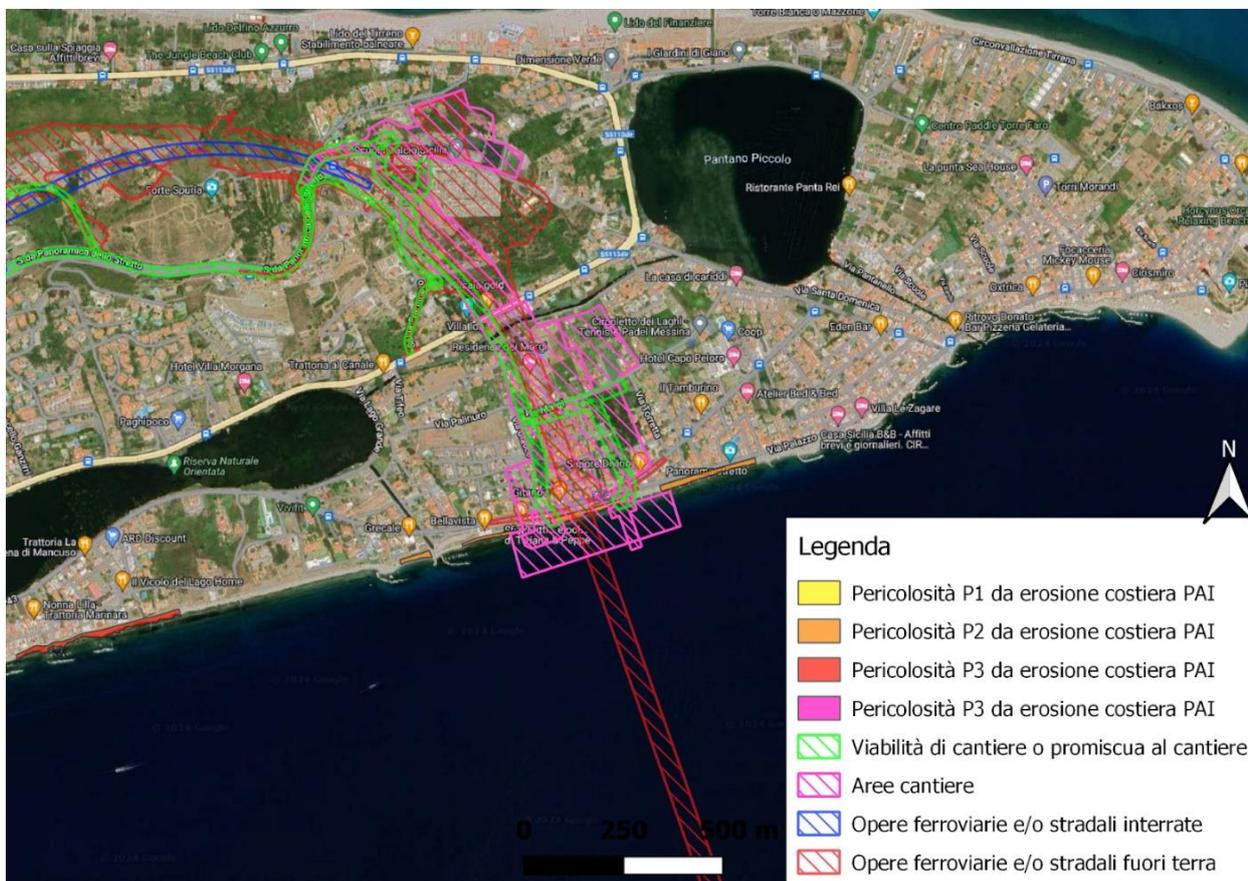


Figura 3.3.2.8 – Intersezioni tra le opere come previste dal PD e la pericolosità per erosione costiera censita nel PAI Sicilia.

Per quanto riguarda i “siti di deposito e recupero ambientale”, ubicati in zone limitrofe alla costa, su un totale di 18 poligoni di pericolosità da erosione costiera censiti nel PAI Sicilia nell’area di interesse, due a pericolosità P3 intersecano una viabilità esistente promiscua al cantiere SRA4 e limitrofi, ed uno a pericolosità P2 interseca la viabilità di cantiere VR03. Nelle successive Figure 3.3.2.9 e 3.2.2.10 si evidenziano le intersezioni delle opere come previste dal PD. Per una consultazione a scala di maggiore dettaglio e provvista di nomenclatura delle singole opere, si rimanda all’elaborato AMW 3031.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

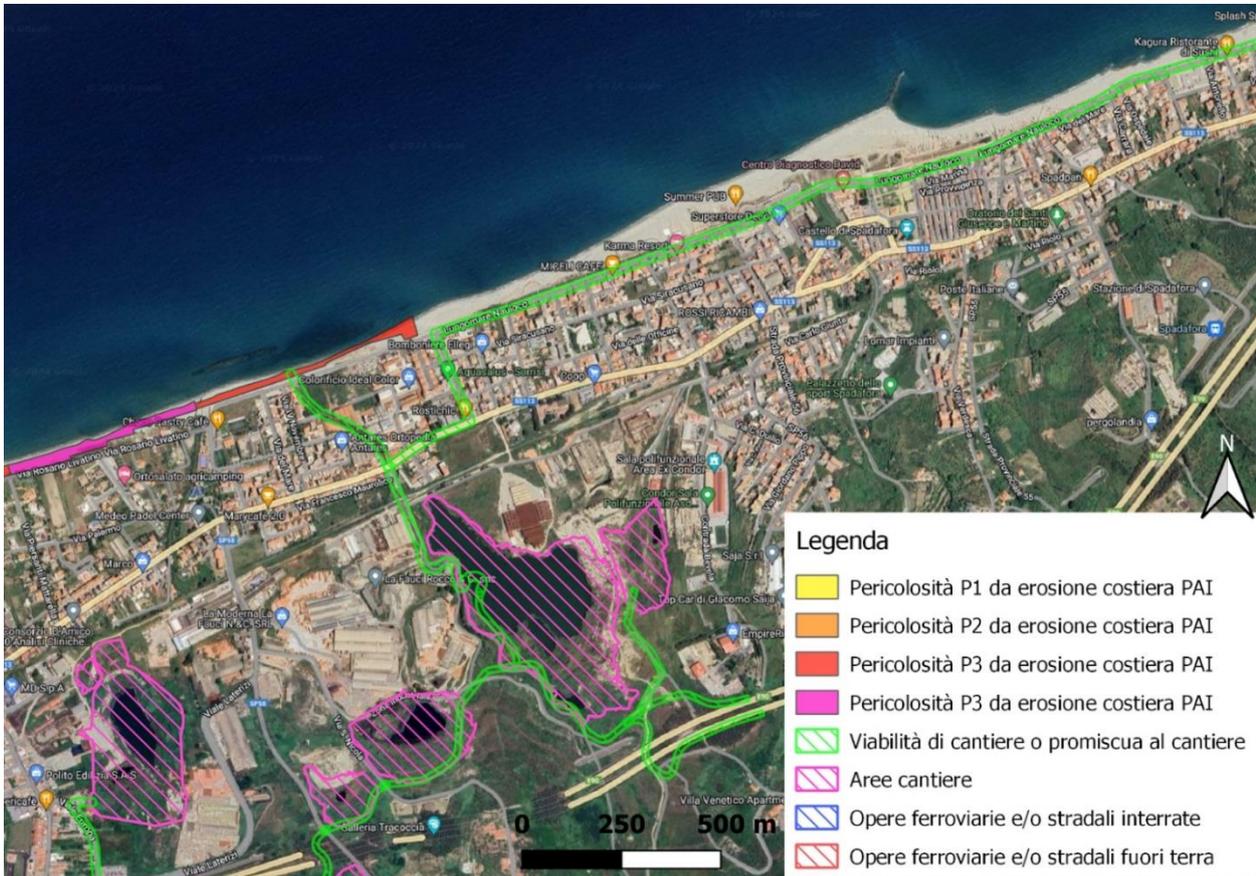


Figura 3.3.2.9 – Intersezioni tra una viabilità esistente promiscua al cantiere SRA4 e limitrofi, e la pericolosità per erosione costiera censita nel PAI Sicilia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

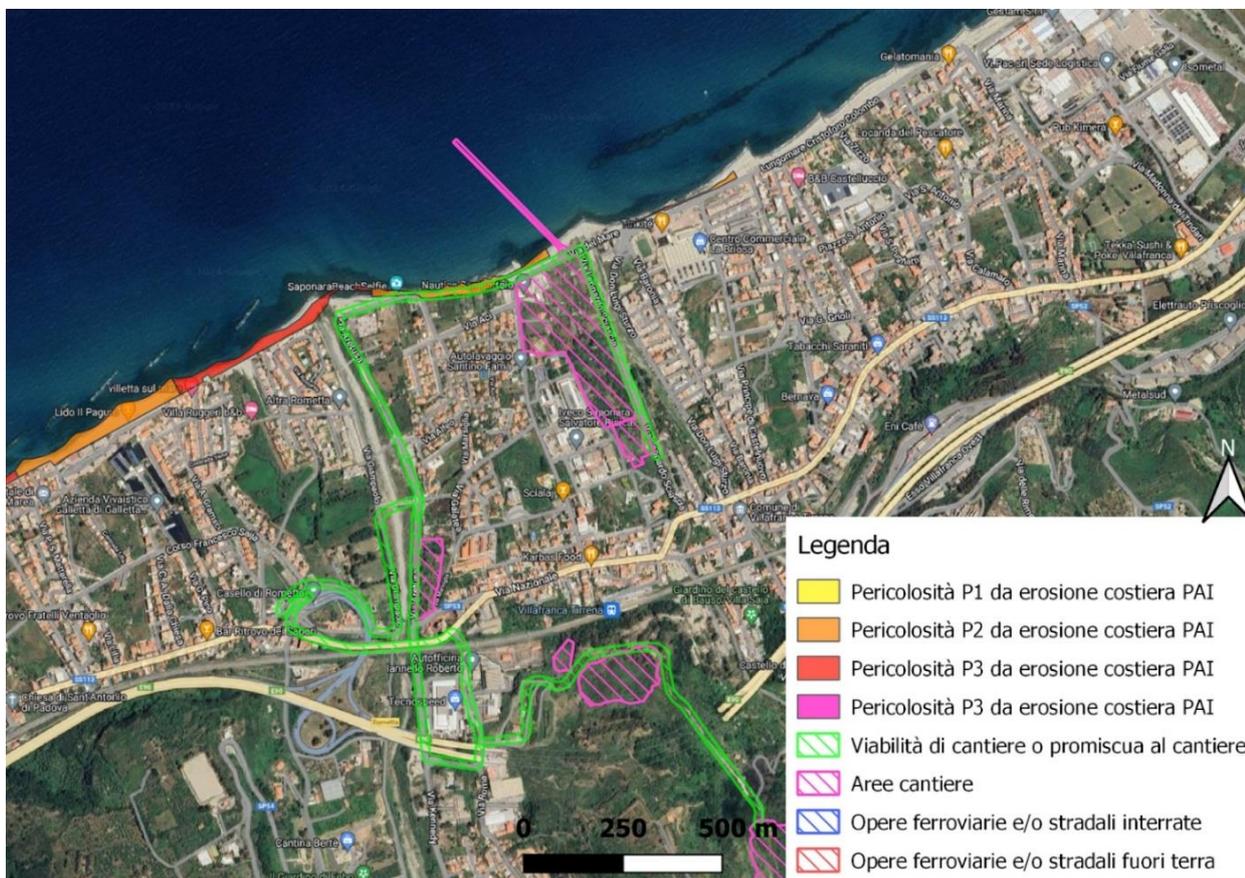


Figura 3.3.2.10 – Intersezioni tra la viabilità di cantiere VR03 e la pericolosità per erosione costiera censita nel PAI Sicilia.

3.4 Informazioni provenienti dalle indagini di microzonazione sismica e dai cataloghi sugli effetti ambientali sismo-indotti

Al fine di soddisfare le richieste d'integrazione nn. VIA83 e VIA84, così come formulate dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, e di rendere esauriente e completa la rassegna sul quadro di conoscenze riportate in questa relazione, nel presente paragrafo sono illustrati e discussi gli aspetti connessi con le informazioni deducibili rispettivamente da:

- indagini di microzonazione sismica realizzate nell'area d'interesse per analisi di possibili fenomeni di amplificazione locale e di instabilità dei terreni;
- cataloghi sugli effetti ambientali sismo-indotti (o fenomeni di instabilità dei terreni), anche in riferimento agli aggiornamenti più recenti. A tale riguardo, si precisa fin d'ora che in questa sede si è utilizzata la seguente terminologia: "effetti ambientali sismo-indotti", ovvero

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

deformazioni permanenti indotte sul suolo e sottosuolo dallo scuotimento sismico; “effetti di sito”, ovvero effetti amplificativi o deamplificativi del moto sismico.

Di conseguenza, le pagine seguenti sono organizzate in due sottoparagrafi concernenti le due tematiche in argomento; la tematica della microzonazione sismica è a sua volta suddivisa in due parti, relative rispettivamente a lato Calabria e lato Sicilia.

3.4.1 Microzonazione sismica

Prima di esaminare in dettaglio le informazioni provenienti dagli studi di microzonazione sismica (MS) nelle aree dei tre comuni di Villa San Giovanni, Campo Calabro e Messina, è opportuno riassumere brevemente in questa sede quali sono i criteri, le finalità, le linee guida relative a fenomeni di instabilità dei terreni, nonché il quadro normativo nazionale entro cui tali studi sono eseguiti.

Criteri: le indagini di microzonazione sismica sono eseguite in accordo con il testo predisposto dal Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (DPC), approvato in sede di Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Commissione Protezione Civile, Sottocommissione 8, Attuazione della normativa sismica), e riportato in “Indirizzi e criteri per la MS” (Gruppo di lavoro MS, 2008), con successivi aggiornamenti relativi agli standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Commissione Tecnica per la MS, 2010).

E’ opportuno ricordare in questa sede che le indagini di MS prevedono tre differenti livelli di approfondimento: il primo livello (a carattere qualitativo), propedeutico ai successivi livelli di approfondimento (secondo e terzo, rispettivamente con indicazioni semiquantitative e quantitative), è basato sulla raccolta e sull’analisi critica di dati tecnico-scientifici pregressi e documentazione bibliografica, ed è finalizzato alla suddivisione di un territorio comunale in aree a comportamento omogeneo in prospettiva sismica, mediante rappresentazioni cartografiche a scala 1:5.000 o 1:10.000. Le categorie di aree a comportamento sismico omogeneo sono tre:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazione del moto sismico;
- zone suscettibili di instabilità (a causa di deformazioni permanenti dovute a frana, liquefazione, fagliazione superficiale, densificazione).

A questo riguardo si evidenzia che in tutti e tre i territori comunali le indagini di MS si riferiscono a un approfondimento di 1° livello, quindi a carattere puramente qualitativo e contenente indicazioni di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

massima sul comportamento atteso in prospettiva sismica da parte dei terreni affioranti in un determinato territorio comunale.

Finalità e campi di applicazione: Le indagini di MS sono state fin dall'inizio concepite come uno strumento di mitigazione del rischio sismico nell'ambito della pianificazione territoriale e urbanistica, ma possono assumere anche un ruolo di supporto nella pianificazione dell'emergenza e nella progettazione di opere. Di seguito si precisa, secondo quanto stabilito da Indirizzi e criteri MS, l'applicabilità delle indagini di MS in ciascuno dei tre ambiti.

- Con riferimento alla pianificazione territoriale e urbanistica, gli studi di MS integrano la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico, nonché forniscono criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione. Gli studi di MS trovano applicazione ai vari livelli territoriali cui corrispondono differenti contesti di pianificazione identificati:
 - pianificazione di area vasta (piani provinciali e altri piani territoriali);
 - pianificazione comunale (nelle diverse componenti: strutturale, operativa e attuativa-esecutiva).
- Nell'ambito della pianificazione dell'emergenza per evento sismico, sia a livello provinciale che comunale, le carte di MS costituiscono il livello di conoscenza di base che contribuisce all'individuazione e alla scelta consapevole di una serie di elementi strategici, quali aree di emergenza, edifici strategici e rilevanti, sistemi infrastrutturali.
- Infine, con riferimento alla progettazione di opere, i citati Indirizzi e Criteri indicano in maniera esplicita, al paragrafo 1.9, per effetto di quanto stabilito dalle NTC e tenuto conto della scala a cui si interviene (*"la progettazione è riferita a uno specifico manufatto e quindi riguarda ambiti territoriali che possono essere estremamente limitati, a differenza di quanto avviene con gli studi di MS"*), qual è il perimetro entro cui le conoscenze tratte dalle indagini di MS possono essere utilizzate. In particolare, è esplicitamente stabilito che *"... per la progettazione di opere strategiche per fini di protezione civile o rilevanti per l'uso è necessario attingere livelli di conoscenza paragonabili a quelli del livello 3 della MS, quanto meno nelle zone a sismicità bassa (zona 3), media (zona 2) o elevata (zona 1). Per le zone a sismicità molto bassa (zona 4) i criteri di utilizzo degli studi di MS sono mutuati da quelli esposti ... per l'edilizia ordinaria di nuova edificazione. Nel caso in cui il sito su cui edificare*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

l'opera sia stato già oggetto di uno studio di MS, le indicazioni da esso fornite sono utilizzabili come orientamento per l'ottimizzazione degli approfondimenti necessari e come elemento di confronto." Pertanto, appare evidente come gli elementi tratti da uno studio di MS di 1° livello possano costituire soltanto uno strumento conoscitivo in termini di larga massima nella progettazione di un'opera di assoluto rilievo quale l'attraversamento stabile Sicilia Calabria e al pari di tutte le opere accessorie.

Linee Guida: il testo "Indirizzi e criteri per la MS" (Gruppo di lavoro MS, 2008), precedentemente menzionato, riportava in apposite schede tecniche indicazioni di massima su metodi di indagine e analisi per lo studio di fenomeni di instabilità dei terreni. Solo a seguito dei terremoti de L'Aquila (2009) e dell'Emilia-Romagna (2012), si ritenne opportuno predisporre vere e proprie Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate dai seguenti fenomeni instabilità sismoindotti:

- Faglie Attive e Capaci (FAC) – (Commissione Tecnica per la MS, 2015)
- Instabilità di versante sismoindotte (FR) – (Commissione Tecnica per la MS, 2017)
- Liquefazioni (LQ) - (Commissione Tecnica per la MS, 2018)
- Densificazione indotta dall'Azione Sismica (DAS) – (Commissione Tecnica per la MS, 2022)

Gli obiettivi generali di queste Linee Guida sono:

- definire una procedura per raccogliere accurate informazioni sul rischio derivante dai fenomeni di instabilità;
- pianificare processi di mitigazione del rischio derivato dalla presenza di instabilità per aree con previsioni di trasformazione e per aree edificate;
- proporre criteri generali e procedure operative, in coordinamento tra lo Stato, le Regioni e gli Enti Locali.

Inoltre, è opportuno citare quanto evidenziato nella premessa in merito ai principi generali seguiti nella stesura delle linee guida (in particolare delle LG per FAC):

- evitare che negli studi di MS si segnalino zone di instabilità quando non siano stati raccolti dati sufficientemente sostenuti dalla letteratura scientifica;
- legare strettamente l'individuazione delle zone di instabilità alla tipologia e alla qualità delle indagini svolte;
- definire il grado di incertezza dei risultati e tenerne conto nella delimitazione delle zone di instabilità;
- cercare di schematizzare la geometria delle aree di rottura e deformazione del suolo;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- legare strettamente il processo di individuazione e descrizione delle zone di instabilità ai livelli di approfondimento degli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Con riferimento a quest'ultimo, punto è di assoluta importanza sottolineare che sono previste 3 "categorie" di zone di instabilità in funzione del livello di approfondimento delle indagini e conseguente grado di incertezza relativo alla perimetrazione e classificazione del fenomeno in termini di pericolosità (che coincidono con il 1°, 2°, e 3° livello di MS):

- ZA: zone di attenzione per cui si rimanda obbligatoriamente a livelli di approfondimento specifici, propri del livello 3;
- ZS: zone di suscettibilità, per cui non è delimitata con certezza l'area interessata dal fenomeno di instabilità anche a seguito di indagini approfondite;
- ZR: zone di rispetto, per cui il perimetro dell'area interessata dall'instabilità è identificata con certezza, sulla base di studi e analisi approfondite.

In relazione a quanto sopra riportato, è opportuno ribadire che, stanti i livelli di approfondimento delle indagini di MS svolte per i territori dei tre comuni in argomento, necessariamente le aree perimetrate come zone di instabilità (FAC, FR, LQ, DAS) sono tutte corrispondenti a ZA, per cui il grado di incertezza è notevole. Di conseguenza per ciascuna di esse non risulta né accertata, né esclusa la reale occorrenza di fenomeni di instabilità dei terreni in coincidenza di terremoti. Inoltre, con specifico riferimento alle Linee Guida per le FAC e al perimetro del loro campo di applicazione, è opportuno ribadire quanto precisato dalle stesse Linee Guida a pag. 17: "... la pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate dalla presenza di faglie attive e capaci è chiamata a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica e i diversi contesti insediativi..." (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015).

Quadro normativo nazionale: le indagini di microzonazione sismica svolte successivamente all'emanazione del D.L. 28 aprile 2009 n. 39 (art. 11), convertito nella Legge n. 77/2009, sono state realizzate perlopiù nell'ambito delle seguenti Ordinanze della Presidenza del Consiglio (Moscatelli et alii, 2020): OPCM n. 3907/10, OPCM n. 4007/12 e successive Ordinanze del Capo DPC (OCDPC) che disciplinavano i contributi economici da parte del DPC e delle regioni per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, così come introdotti dalla citata Legge n. 77. Con specifico riferimento alle indagini di Microzonazione Sismica (per brevità, MS) realizzate nei 3 Comuni di interesse, le tipologie di finanziamento sono state rispettivamente:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- la MS di Messina (Università degli Studi di Messina, maggio 2014) è stata finanziata ai sensi dell’OPCM 3907/10 ed è stata realizzata dall’Università di Messina;
- la MS di Campo Calabro (Carobene L., data non desumibile dalla documentazione) è stata finanziata ai sensi dell’OPCM 3907/10 e della DGR Calabria 263 del 01/06/2012 ed è stata realizzata dal dott. geol. Luigi Carbone;
- la MS di Villa San Giovanni (Pizzonia V. & Pizzonia A., ottobre 2015) non risulta finanziata nell’ambito delle predette OPCM ed è stata realizzata dai dott. geol. Vincenzo e Antonio Pizzonia nell’ambito della redazione del PSC redatto a cura dell’Università Mediterranea di Reggio Calabria.

Di conseguenza, le procedure di approvazione e adozione degli elaborati prodotti sono state differenti. In particolare, la MS di 1° livello di Villa San Giovanni non risulterebbe sottoposta alla procedura di verifica degli standard prima citati e di successiva approvazione da parte del DPC.

Tenuto conto di questo quadro generale, è necessario evidenziare che le indagini di MS svolte nei tre territori comunali sono tutte riferibili al 1° livello e pertanto i risultati e gli elaborati cartografici derivano quasi esclusivamente da studi a carattere bibliografico, ovvero non sono basati su indagini specifiche e originali con nuovi dati appositamente prodotti (ad eccezione del territorio di Messina, per cui è stata prodotta una carta delle frequenze naturali dei depositi). Ciò comporta che la MS di 1° livello fornisce indicazioni di carattere meramente qualitativo riguardo al comportamento in prospettiva sismica delle diverse categorie di zone in cui il territorio comunale è suddiviso. Inoltre, le aree instabili, che in questa sede assumono ricadute significative ai fini dell’eventuale sovrapposizione con le opere in progetto, sono anch’esse individuate e perimetrate su base puramente bibliografica e conducono alla istituzione delle richiamate Zone di Attenzione (ZA), denominate anche zone suscettibili di instabilità nelle carte di MS prese in considerazione, per le quali valgono le sopra citate Linee Guida introdotte dal DPC per i fenomeni di instabilità (Faglie attive e capaci, Liquefazione, Instabilità di versante, Densificazioni o cedimenti differenziali).

A questo punto è opportuno ricordare che, relativamente alle zone delimitate quali ZA (o suscettibili di instabilità) per la presenza di faglie attive e capaci e ZA (o suscettibili di instabilità) per la presenza di instabilità di versante, è già stata svolta un’approfondita e dettagliata discussione nei paragrafi 2.2 e 3.2; pertanto nei prossimi sotto-paragrafi sono elencati tutti i casi di sovrapposizione tra opere in progetto e le varie microzone perimetrate nelle carte di MS, ma la discussione sarà prevalentemente riservata alle altre categorie di zone, ovvero alle zone stabili suscettibili di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

amplificazione sismica (ZSA) e a quelle riferite a specifiche condizioni del territorio in prospettiva sismica.

3.4.1.1 Lato Calabria (Villa San Giovanni – Campo Calabro)

Sono illustrati e discussi gli elementi tratti dalla MS di 1 livello per i due comuni della Calabria di rilievo ai fini della sovrapposizione con le opere in progetto. Riguardo all'elaborato relativo a Villa San Giovanni (AMW 3010), va precisato che lo stesso risulta ruotato di 20° in senso antiorario rispetto alla originaria Carta delle Microzone Sismiche, affinché fosse orientato correttamente rispetto ai punti cardinali.

Villa San Giovanni:

Secondo le indicazioni riportate in legenda, che costituisce parte integrante della Carta delle Microzone Sismiche (denominazione che differisce da quella standard di Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), nell'elaborato cartografico AMW 3010 il territorio comunale è suddiviso in zone stabili suscettibili di amplificazione sismica e in zone suscettibili di instabilità. A queste due categorie se ne aggiunge un'altra, non specificamente contemplata in ICMS 2008 e corrispondente alle aree potenzialmente soggette a maremoto.

Di seguito sono riassunte le varie zone in cui è suddiviso il territorio (non risultano presenti "zone stabili").

- Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (ZSA): a questa categoria appartengono 10 zone (da zona 1 a zona 10) che differiscono in funzione dei diversi assetti litostratigrafici; in legenda è altresì riportata la litologia affiorante per ciascuna di queste zone.
- Zone suscettibili di instabilità: in accordo con Indirizzi e Criteri, nel 1° livello di MS costituiscono le cosiddette Zone di Attenzione su cui effettuare indagini e analisi specifiche nei successivi livelli di approfondimento (ovvero secondo e terzo livello). Le categorie di aree individuate sono di seguito elencate:
 - Aree interessate da instabilità di versante (sigla FR) per le quali sono previsti differenti stati di attività e tipologie di movimento; a questa categoria si aggiungono anche aree caratterizzate dalla presenza di "deposito colluviale attivo" e "deposito di versante attivo", nonché due categorie di aree potenzialmente franose per acclività rispettivamente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- comprese negli intervalli 30-50% e 50-80%. Si evidenzia il fatto che nella carta in esame sarebbero recepiti i poligoni PAI (carta inventario e carta pericolosità) della Regione Calabria, ma a questi non sarebbe associata simbologia; mentre risultano recepiti, e correttamente cartografati, i poligoni relativi alla carta dei dissesti scala 1:5.000 da PD
- Aree suscettibili di liquefazione (LI)
 - Aree suscettibili di cedimenti differenziali (CD)
 - Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci (FA); nella carta sono riportate le tracce - e relativi buffer - sia delle faglie estratte dal Catalogo ITHACA sia di quelle presenti nel PD (2011) del Ponte, le quali derivano da studi e indagini ben più approfondite rispetto a ITHACA (assimilabili a un livello 3° di approfondimento di MS);
 - Aree corrispondenti alla sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità: FA/LI, FA/LI/MR (con MR è indicata la categoria di zone riportata di seguito).
 - Aree potenzialmente soggette a maremoto (MR).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

1. Ampliamento viadotto Gibia (L=143m) - L'opera interseca:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- b. solo parzialmente sulla spalla Est, una zona di deposito di versante attivo.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione è tenuta in debito conto; inoltre, lo spessore del deposito di versante, data l'acclività dell'area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità della porzione di versante in relazione alla realizzazione dell'opera.

2. Ampliamento viadotto Laticogna (L=66m) - L'opera interseca:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 50 e 80%;
- b. solo parzialmente sulla spalla Est, una zona di deposito di versante attivo.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione di progettazione è tenuta in debito conto; inoltre, lo spessore del deposito di versante, data l'acclività dell'area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità della porzione di versante in relazione alla realizzazione dell'opera.

3. Ampliamento viadotto Prestianni (L=30m) - L'opera interseca:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 50 e 80%.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione di progettazione è tenuta in debito conto.

4. Ampliamento viadotto Piria (L=100m) - L'opera interseca:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- b. molto limitatamente sulle due spalle, zone di deposito di versante attivo.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione di progettazione è tenuta in debito conto; mentre lo spessore del deposito di versante, data l'acclività dell'area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità della porzione di versante in relazione alla realizzazione dell'opera.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

5. Viadotto Zagarella 1 (L=50m) - L'opera si sovrappone a:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- b. solo parzialmente sulla spalla Est una zona di deposito di versante attivo.
- c. Una porzione di zona ZA-FA tratta da PD.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione è tenuta in debito conto. Lo spessore del deposito di versante, data l'acclività dell'area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità dell'area in relazione alla realizzazione dell'opera. In merito a valutazioni su significato e implicazioni relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

6. Viadotto Zagarella 2 (L=40m) - L'opera interseca:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- b. una zona limitata di deposito di versante attivo sulla spalla Est;
- c. una piccola porzione di zona ZA-FA tratta da PD.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali condizioni di instabilità del versante, pertanto in sede di progettazione è tenuta in debito conto; mentre lo spessore del deposito di versante, data l'acclività dell'area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità della porzione di versante in relazione alla realizzazione dell'opera; per valutazioni sul significato e implicazioni relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

7. Area di sosta e controllo Zagarella - L'area è situata a cavallo di 3 zone:

- a. una porzione di zona stabile suscettibile di amplificazione (ZSA n.3)
- b. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%
- c. una porzione di ZA-FA tratta dal PD (peraltro, il buffer relativo alla faglia cartografata è mancante in un settore posto subito a valle dell'area di sosta in esame).

Premesso che la per la ZSA n.3 non sussiste alcuna problematica, anche in questo caso la valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione è tenuta in debito conto; infine, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

8. Viadotto Polistena (L=60m) - L'opera è situata a cavallo di piccoli settori delle seguenti 3 zone:

- a. una porzione di zona stabile suscettibile di amplificazione (ZSA n.3)
- b. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- c. una porzione molto limitata di ZA-FA tratta dal PD.

Analogamente al caso precedente, premesso che la per la ZS n.3 non sussiste alcuna problematica, la valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto in sede di progettazione è tenuta in debito conto; infine, per valutazioni su significato e conseguenti ricadute connesse con zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

9. Prolungamento sottovia Enrico Cosenza (L=25m) – L'opera si sovrappone a due piccole aree appartenenti alle seguenti zone:

- a. una zona limitata di deposito di versante attivo;
- b. una porzione molto limitata di ZA-FA tratta dal PD.

Lo spessore del deposito di versante può raggiungere lo spessore di qualche metro, ma ciò non inficia le condizioni di stabilità della porzione di versante in relazione alla realizzazione dell'opera. Questo deposito risulta sovrapposto alla ZA-FA; per valutazioni su significato e conseguenti ricadute relative a zone classificate ZA-FA si rimanda al paragrafo xxxxx dove la questione è trattata in dettaglio.

10. Torre lato Calabria – L'opera si sovrappone a una ZA dovuta all'intersezione di FA (tratta da DB ITHACA), LI e MR (ovvero Fagliazione, Liquefazione e Maremoto); per le valutazioni su ZA-FA si rimanda all'apposito 2.2 e relativi sottoparagrafo, per possibili fenomeni di liquefazione il progetto prevede approfondimenti e interventi di trattamento dei terreni interessati (cfr. CB 0057 "Caratterizzazione geotecnica - Relazione geotecnica generale"),

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

mentre il fenomeno maremoto è trattato nell'apposita relazione specialistica allegata alla documentazione progettuale (AMR3250).

11. Galleria naturale Minasi, Ramo C (L=633m) – L'opera attraversa le seguenti zone:

- a. una porzione di zona stabile suscettibile di amplificazione (ZSA n.10);
- b. una zona di deposito di versante attivo;
- c. una porzione limitata di ZA-FA tratta dal DB ITHACA.

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.10, i litotipi attraversati afferiscono a Depositi Terrazzati marini, Ghiaie di Messina, Calcareniti e Trubi fino profondità comprese tra 8 e 25m dal p.c.; a loro volta questi litotipi poggiano sul Conglomerato di Pezzo (con spessore presunto maggiore di 50m); il deposito di versante attivo è presumibilmente appoggiato sui litotipi riferibili alla ZSA n.10, con spessore di pochi metri; infine, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

12. Viadotto di accesso (L=42m) – L'opera si sovrappone alle seguenti zone:

- a. una zona riferita a ZSA n.5;
- b. una zona di detrito di versante attivo;
- c. una porzione limitata di ZA-FA tratta dal PD.

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.5, sono presenti Depositi Terrazzati marini (spessore circa 10m) al disopra de Conglomerato di Pezzo (con spessore superiore a 50m); a questo si sovrappone parzialmente del detrito di versante attivo, avente pochi metri di spessore; infine, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

13. Piazzale di scambio – L'opera si sovrappone alle seguenti zone:

- a. una zona riferita a ZSA n.6
- b. una zona ZA-CD (area suscettibile di cedimenti differenziali)

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.6, sono presenti Calcareniti (spessore circa 10m) al disopra del Conglomerato di Pezzo; riguardo a possibili cedimenti differenziali nella zona ZA-CD, il progetto prevede approfondimenti e interventi di consolidamento dei terreni interessati (cfr. CB 0057 "Caratterizzazione geotecnica - Relazione geotecnica generale").

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

14. Ponticello (L=20m) – L’opera si sovrappone alle seguenti zone:

- a. una zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;
- b. una zona di detrito di versante attivo.

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione è tenuta in debito conto; inoltre, lo spessore del deposito di versante, data l’acclività dell’area, è verosimilmente di pochissimi metri, non rilevanti ai fini della stabilità della porzione di versante in conseguenza della realizzazione dell’opera.

15. Galleria naturale Piaie, Ramo A (L=1620m) - L’opera, attraversa le seguenti zone in base a quanto desumibile dalla cartografia:

- a. alcune porzioni di zone riferibili a ZSA n.10;
- b. alcune porzioni di zone riferite a ZSA n.8;
- c. cinque zone a diversa orientazione riferite a ZA-FA, di cui 4 tratte dal PD e una da DB (ITHACA).

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.10, i litotipi attraversati afferiscono a Depositi Terrazzati marini, Ghiaie di Messina, Calcareniti e Trubi fino profondità comprese tra 8 e 25m dal p.c.; a loro volta questi litotipi poggiano sul Conglomerato di Pezzo (con spessore presunto maggiore di 50m); riguardo alla ZSA n.8, la sezione litostratigrafica indica la presenza di Ghiaie di Messina (GM) senza tuttavia definirne lo spessore. Per quanto concerne le ZA-FA, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

16. Galleria Naturale Pian di Lastrico Ramo B (L=520m) - L’opera attraversa le seguenti zone in base a quanto desumibile dalla cartografia:

- a. una porzione di zona riferibile a ZSA n.10;
- b. una zona riferita a ZA-FA tratta dal PD.

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.10, i litotipi attraversati appartengono a Depositi Terrazzati marini, Ghiaie di Messina, Calcareniti e Trubi fino profondità comprese tra 8 e 25m dal p.c.; a loro volta questi litotipi poggiano sul Conglomerato di Pezzo (con spessore presunto maggiore di 50m). Per quanto concerne la ZA-FA, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

questione è trattata in dettaglio.

17. **Cavalcavia Via Campidoglio (L=20m)** – L’opera impegna una porzione molto limitata della seguente zona.

- a. una porzione di zona riferibile a ZSA n.8.

Secondo lo schema litostratigrafico rappresentativo della ZSA n.8, sono presenti Ghiaie di Messina (GM), con spessore non precisato.

18. **Galleria artificiale (L=43m)** – L’opera impegna le seguenti zone:

- a. una porzione di zona riferibile a ZSA n.8;
- b. una limitata porzione di zona riferita a ZA-FA desunta dal PD.

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.8, i litotipi interessati sono le Ghiaie di Messina (GM). Per quanto concerne le ZA-FA, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

19. **Viadotto Campanella (L=65m)** – L’opera, posta al confine col territorio del Comune di Campo Calabro, interessa le seguenti zone:

- a. una porzione di zona riferita a ZA-FA tratta dal PD;
- b. una porzione di zona riferibile a ZSA n.8.

Per quanto concerne la ZA-FA, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio; riguardo alla ZSA n.8, la sezione litostratigrafica indica la presenza di Ghiaie di Messina (GM) senza tuttavia definirne lo spessore.

20. **Viadotto Solaro (L=192m)** - L’opera interessa la seguente zona:

- a. porzione di zona riferibile a ZSA n.8

Per la ZSA n.8 la sezione litostratigrafica indica la presenza delle sole Ghiaie di Messina (GM), senza tuttavia definirne lo spessore.

21. **Prolungamento tombino scatolare (6x4m)** – L’opera impegna la seguente area:

- a. zona potenzialmente franosa per acclività compresa tra 30 e 50%;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

La valutazione di zona potenzialmente franosa è automaticamente associata al valore di acclività indicato, ma non è supportato da reali e accertate condizioni di instabilità del versante, pertanto, in sede di progettazione è tenuta in debito conto.

22. Blocchi di ancoraggio - L'opera impegna le seguenti zone:

- a. zona riferibile a ZSA n.10;
- b. zona di intersezione tra alcune ZA-FA tratta dal PD.

Come da sezione litostratigrafica della ZSA n.10, i litotipi attraversati appartengono a Depositi Terrazzati marini, Ghiaie di Messina, Calcareniti e Trubi fino profondità comprese tra 8 e 25m dal p.c.; a loro volta questi litotipi poggiano su Conglomerato di Pezzo (con spessore presunto maggiore di 50m); per quanto concerne la ZA-FA, per valutazioni sul significato e conseguenti ricadute relative a zone ZA-FA si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

Oltre a quanto descritto in dettaglio per le opere d'arte sopra citate, in relazione a un esame di carattere generale dell'intera area si rileva che le altre opere e le aree di cantiere impegnano le seguenti zone:

- zone stabili (Zona 1, Zona 5, Zona 6, Zona 8, Zona 9, Zona10)
- alcune aree afferenti alla zona suscettibile di instabilità a causa di acclività tra 35 e 80%
- alcune limitate porzioni di area afferenti alla zona suscettibile di instabilità per il supposto affioramento di deposito di versante attivo
- una limitata porzione di area relativa alla zona suscettibile di instabilità per ipotizzati cedimenti differenziali
- alcune fasce appartenenti alla zona suscettibile di instabilità per deformazioni dovute a potenziali faglie attive e capaci.

Campo Calabro:

Prima di passare all'esame della sovrapposizione tra le aree impegnate dall'ingombro delle opere e le zone della MS nel territorio di Campo Calabro, si evidenzia che in questo caso, al contrario di Villa San Giovanni, il prodotto cartografico finale della MS (Carta delle MOPS) è coerente con quanto stabilito dagli indirizzi e criteri di MS e con quanto indicato dagli standard di rappresentazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

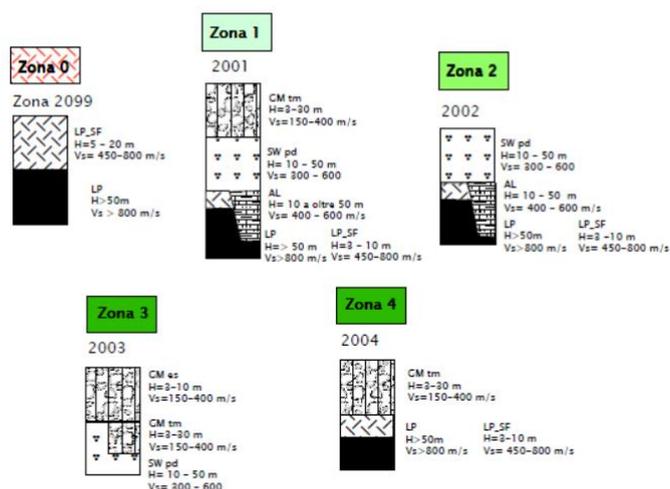
Ciò premesso, con riferimento alla relazione illustrativa della MS e alla legenda dell'elaborato AMW 3011, il territorio di Campo Calabro risulta suddiviso in zone stabili suscettibili di amplificazione e in zone di attenzione per instabilità; a queste zone si aggiungono elementi lineari quali faglie e attive e capaci, forme di superficie e sepolte.

Di seguito sono riassunte le varie zone in cui è suddiviso il territorio (non sono presenti "zone stabili").

- Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (ZSA): a questa categoria appartengono 5 zone (da zona 0 a zona 4) che differiscono in funzione dei diversi assetti litostratigrafici; in legenda sono riportati gli schemi litostratigrafici rappresentativi di ciascuna di queste zone.
- Zone di attenzione per instabilità, in accordo con quanto previsto da Indirizzi e Criteri e sulle quali effettuare indagini e analisi specifiche nei successivi livelli di approfondimento (secondo e terzo):
 - zone interessate da instabilità di versante; in questo caso, a differenza di Villa San Giovanni, la carta delle MOPS riporta integralmente i poligoni PAI relativi alle instabilità di versante, classificate tutte come quiescenti in relazione allo stato di attività (poligoni indicati con la sigla ZAFR_A);
 - zone di Attenzione per Faglia Attiva e/o Capace (poligoni indicati con la sigla ZAFAC); in questo caso non è specificato in legenda se esse siano tratte dal PD, dal DB ITHACA o da altre fonti; è comunque da evidenziare che la fascia a cavallo (buffer zone) della traccia delle faglie è molto ampia (fino a 700m), ben più di quanto stabilito nelle Linee Guida (Comm. Tecnica, 2015).
 - zone relative alla sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti (ZAFR_A/ZAFAC).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali



Faglie attive e capaci

- ==== Faglia con cinematismo non definito presunta
- +++ Faglia diretta presunta
- === Faglia con cinematismo non definito

Zone di attenzione per instabilità

- ZAFR_A - Zona di attenzione per instabilità di versante quiescente
- ZAFAC - Zona di attenzione per faglia attiva e capace
- Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Figura 3.4.1.1.2 – Stralcio della originale legenda della carta di microzonazione sismica di primo livello del Comune di Campo Calabro, riversata integralmente nell’elaborato cartografico AMW3011.

Tenuto conto delle predette suddivisioni, sono di seguito elencate e commentate le sovrapposizioni tra le opere in progetto - con particolare attenzione alle opere d’arte - come da cartografia del PD scala 1:5.000, e le zone perimetrate nella Carta delle MOPS, procedendo rispettivamente da Nord a Sud.

1. Galleria naturale Campanella, Ramo D (L=1097m) – L’opera si sovrappone alle seguenti zone:
 - a. una minima porzione di zona stabile suscettibile di amplificazione locale (Zona 4);
 - b. zona ZAFAC;
 - c. zona caratterizzata dalla intersezione di zone suscettibili di instabilità differenti (ZAFAC

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

e ZFR_A).

Per la zona 4, la sezione litostratigrafica rappresentativa indica dall'alto verso il basso: depositi continentali con spessore compreso tra 3 e 30m poggianti su substrato fratturato e alterato (spessore 3-10m) di rocce cristalline a sua volta su substrato rigido non fratturato. Riguardo alla ZA-FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio..

2. Viadotto Immacolata (L=62m) – L'opera impegna le seguenti due zone:

- a. una zona stabile suscettibile di amplificazione locale (Zona 3);
- b. una zona ZAFAC.

Con riferimento alla zona 3, la sezione litostratigrafica rappresentativa indica dall'alto verso il basso: GMes (depositi alluvionali con spessori tra 3 e 10m) sopra GMtm (depositi continentali con spessore tra 3 e 30m) poggianti su Ghiaie di Messina con spessori tra 10 e 50m. Riguardo alla ZAFAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

3. Viadotto Campanella 2 (L=20m) – L'opera si sovrappone alla seguente zona:

- a. zona ZAFAC.

Riguardo alla ZAFAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

Oltre a quanto descritto in dettaglio per le opere d'arte sopra citate, le altre opere e le aree di cantiere impegnano le seguenti zone:

- zone stabili (Zona 1, Zona 2 e Zona 4)
- una limitata porzione di zona caratterizzata dall'intersezione di zone suscettibili di instabilità differenti (ZAFAC e ZFR_A)
- una porzione di zona suscettibile di instabilità (ZAFAC).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

3.4.1.2 Lato Sicilia (Messina)

Per quanto riguarda la MS di Messina, prima esaminare in dettaglio la sovrapposizione tra le aree impegnate dall'ingombro delle opere e le zone della MS del territorio comunale, è opportuno premettere che il prodotto cartografico finale della MS (Carta delle MOPS) è coerente (ad eccezione della denominazione delle Zone di Attenzione) con quanto stabilito dagli indirizzi e criteri di MS e con quanto indicato dagli standard di rappresentazione e che, stante l'estensione del territorio comunale, la carta è suddivisa in 4 tavole.

Ciò premesso, con riferimento alla relazione illustrativa della MS e alla legenda degli elaborati cartografici relativi alle quattro tavole, aventi ciascuno le sigle AMW 2612, AMW 2613, AMW 2614, AMW 2615, il territorio di Messina risulta suddiviso in zone stabili suscettibili di amplificazioni e in zone suscettibili di instabilità; a queste zone, in legenda si aggiungono i simboli relativi alle cosiddette Aree di studio, ai punti di misura di rumore ambientale, alle forme di superficie e sepolte e infine alle faglie attive e capaci (queste ultime distinte in "certe" e "presunte"). Con il termine Aree di studio sono da intendersi quelle aree in cui sono presenti insediamenti abitativi e per cui sono state svolte indagini mediante registrazioni di rumore ambientale (con la tecnica HVSR) da cui poter dedurre i valori delle frequenze fondamentali dei depositi (cfr. Relazione Illustrativa a pag. 121, fig. 25).

Di seguito sono riassunte le varie zone in cui è suddiviso il territorio (anche in questo caso non sono presenti "zone stabili").

- Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (ZSA): a questa categoria appartengono 6 zone (da zona 0 a zona 5) che differiscono in funzione dei diversi assetti litostratigrafici;
- zone suscettibili di instabilità; a queste appartengono le seguenti 6 zone:
 - zona interessate da instabilità di versante - Attiva;
 - zona interessate da instabilità di versante - Quiescenti;
 - zona interessate da instabilità di versante - Inattiva;
 - zona interessate da instabilità di versante – Non definita;

N.B.: Le indagini di MS di 1° livello sono state svolte precedentemente all'aggiornamento del PAI (ultima versione 2024); ne segue che la carta delle MOPS non riporta integralmente i poligoni PAI relativi alle instabilità di versante; ad es. non sono riportati i poligoni relativi ai dissesti per erosione accelerata, mentre, solo parzialmente, sono cartografati i poligoni dei colamenti rapidi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

- aree interessate da deformazione per Faglia Attiva e/o Capace; in questo caso non è specificato in legenda se esse siano tratte dal PD, dal DB ITHACA o da altre fonti (si rimanda alla relazione illustrativa), inoltre è stata assunta una fascia di “rispetto” (o “salvaguardia”) di 100m a cavallo della traccia di ciascuna faglia cartografata;
- sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti.

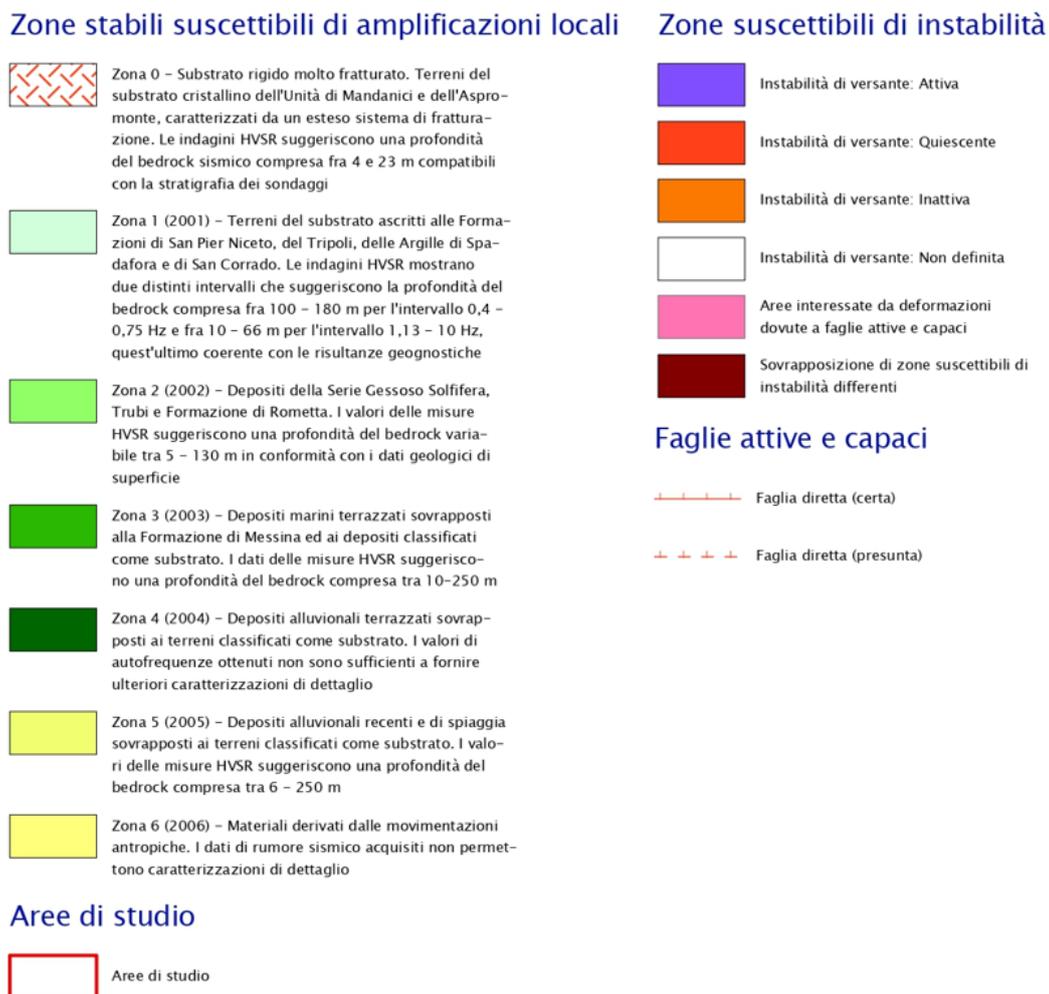


Figura 3.4.1.2.1 – Stralcio della originale legenda della carta di microzonazione sismica di primo livello del Comune di Messina, riversata integralmente negli elaborati cartografici AMW 2612, AMW 2613, AMW 2614, AMW 2615.

Tenuto conto delle predette suddivisioni, sono di seguito elencate e commentate le sovrapposizioni tra le opere in progetto - con particolare attenzione alle opere d'arte - come da cartografia del PD

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

scala 1:5.000, e le zone perimetrare nella Carta delle MOPS, procedendo da Capo Peloro verso Ovest e successivamente verso Sud.

1. Torre lato Sicilia – L’opera si sovrappone alla seguente zona:
 - a. Zona 5, caratterizzata da depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.

2. Viadotti Pantano (L=433m dir. RC e 449m dir. ME) – Le opere si sovrappongono entrambe alla seguente zona:
 - a. Zona 5 – Trattasi di depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.

3. Blocchi di ancoraggio – L’opera si sovrappone alla seguente zona:
 - a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione (delle Ghiaie, NdR) di Messina e ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.

Si evidenzia, riguardo alla topografia, che l’opera ricade in parte su zona all’incirca pianeggiante e in parte su versante acclive che, secondo la cartografia PAI pericolosità da frana, corrisponde ad un’area del poligono SA-102-5MS-007 “siti di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità a colate rapide”. Per valutazioni approfondite e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 3.2.2 dove la questione è discussa in dettaglio.

4. Sottovia RFI – L’opera si sovrappone alla seguente zona:
 - a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.

5. Galleria Sant’Agata (L=4389m per entrambe le canne) – La proiezione in pianta delle due opere si sovrappone alle seguenti zone:
 - a. Zona 3 (per quasi tutta la lunghezza della galleria) – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- b. Due aree riferibili a zona interessata da deformazioni per faglie attive e capaci (in prossimità dell'imbocco Ovest). Le due fasce a cavallo delle faglie ipotizzate come FAC sono ortogonali tra loro e orientate rispettivamente NW-SE e NE-SW. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.
6. Tombino scatolare (L=7m) – L'opera si sovrappone alla seguente zona:
- a. Zona 3 – Trattasi di depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
7. All'incirca alla progressiva dir. Messina PK 1+150 è da segnalare che la carreggiata dir. ME è adiacente a un poligono perimetrato come Area instabile per frana attiva. Tale poligono è coincidente con un poligono perimetrato nel PAI (001-5MS-116) corrispondente ad un'area classificata come soggetta a deformazione lenta superficiale. Per valutazioni approfondite e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 3.2.2 dove la questione è discussa in dettaglio.
8. Asse barriera di esazione (dir. ME e dir. RC) – L'opera si sovrappone alla seguente zona:
- a. Zona 3 – Depositati marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
9. Galleria Naturale Faro superiore (L=3443m dir. ME; L=3421m dir. RC) – La proiezione in pianta delle due opere in sotterraneo si sovrappone alle seguenti zone:
- a. Zona 3 – Depositati marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
- b. Un'area riferibile a zona interessata da deformazioni per faglie attive e capaci (in prossimità degli imbocchi Ovest). La fascia a cavallo della faglia ipotizzata come FAC è orientata NW-SE. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

10. Fermata Papardo della ferrovia – La proiezione dell’opera si sovrappone alla seguente zona:
- a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina e ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
11. Cavalcavia Curcuraci (L=110m dir. ME; L=108m dir. RC) – L’opera si sovrappone alle seguenti zone:
- a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato;
 - b. Zona 5 - Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m (riportati al centro della vallecola alluvionale).
12. Posto di Manutenzione – L’opera si sovrappone alle seguenti zone:
- a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato;
 - b. Un’area riferibile a zona interessata da deformazioni per faglie attive e capaci. La fascia a cavallo della faglia ipotizzata come FAC è orientata SW-NE. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.
13. Tombamento Fiumara Curcuraci (L=230m) – L’opera impegna la seguente zona:
- a. Zona 5 - Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.
14. Galleria Naturale Balena II (L=1165m dir. ME; L=1210m dir. RC) – La proiezione in pianta delle due opere in sotterraneo si sovrappone alle seguenti zone:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
- b. Due aree riferibili a zone interessate da deformazioni per faglie attive e capaci. Le fasce a cavallo delle faglie ipotizzate come FAC sono parallele e orientate NE-SW. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

15. Galleria Santa Cecilia (L=11869m) – La proiezione in pianta di quest’opera si sovrappone alle seguenti zone più volte lungo il suo tracciato:

- a. Zona 1 - Terreni del substrato ascritti alle Formazioni di San Pier Niceto, del Tripoli, delle Argille di Spadafora e di San Corrado. Le indagini HVSR mostrano due distinti intervalli che suggeriscono la profondità del bedrock compresa fra 100 e 180m per l'intervallo 0,4 - 0,75Hz e fra 10 e 66m per l'intervallo 1,13 - 10Hz, quest'ultimo coerente con le risultanze geognostiche.
- b. Zona 2 - Depositi della Serie Gessoso Solifera, Trubi e Formazioni di Rometta. I valori delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock variabile tra 5 e 130m, in conformità con i dati geologici di superficie.
- c. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
- d. Zona 5 – Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m; nel tratto verso l’imbocco Sud anche questi terreni saranno interessati dallo scavo della galleria.
- e. A queste si aggiungono due aree riferibili a zone interessate da deformazioni per faglie attive e capaci. Le fasce a cavallo delle faglie ipotizzate come FAC sono parallele e orientate circa NE-SW. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

16. Viadotto Pace (L=60m) – L’opera si sovrappone su piccole porzioni delle seguenti tre zone:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- a. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
- b. Zona 5 – Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.
- c. Un'area riferibile a zona interessata da deformazioni per faglie attive e capaci. La fascia a cavallo della faglia ipotizzata come FAC è orientate SW-NE. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è trattata in dettaglio.

17. Galleria naturale Le Fosse (L=2802m dir. ME; L=2748m dir. RC) – La proiezione in pianta dell'opera si sovrappone alle seguenti zone:

- a. Zona 1 - Terreni del substrato ascritti alle Formazioni di San Pier Niceto, del Tripoli, delle Argille di Spadafora e di San Corrado. Le indagini HVSR mostrano due distinti intervalli che suggeriscono la profondità del bedrock compresa fra 100 e 180m per l'intervallo 0,4 - 0,75Hz e fra 10 e 66m per l'intervallo 1,13 - 10Hz, quest'ultimo coerente con le risultanze geognostiche.
- b. Zona 2 - Depositi della Serie Gessoso Solfifera, Trubi e Formazioni di Rometta. I valori delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock variabile tra 5 e 130m, in conformità con i dati geologici di superficie.
- c. Zona 3 – Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
- d. Inoltre, anche la Zona 5 si sovrappone alla proiezione dell'opera sebbene trattasi di terreni non direttamente coinvolti nello scavo ma come ricoprimento – Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.
- e. Un'area riferibile a zona interessata da deformazioni per faglie attive e capaci. La fascia a cavallo della faglia ipotizzata come FAC è orientata SW-NE. Riguardo alle zone instabili per la presenza di FAC, per valutazioni sul loro significato e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 2.2 e relativi sottoparagrafi dove la questione è

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

trattata in dettaglio

18. Svincolo Annunziata, con due ponti (L=14m dir. ME; L=15 dir. RC) – L’opera si sovrappone, in corrispondenza della stretta valle del T. Annunziata alle seguenti zone:

- a. Zona 1 - Terreni del substrato ascritti alle Formazioni di San Pier Niceto, del Tripoli, delle Argille di Spadafora e di San Corrado. Le indagini HVSR mostrano due distinti intervalli che suggeriscono la profondità del bedrock compresa fra 100 e 180m per l'intervallo 0,4 - 0,75Hz e fra 10 e 66m per l'intervallo 1,13 - 10Hz, quest'ultimo coerente con le risultanze geognostiche.
- b. Zona 2 - Depositi della Serie Gessoso Solfifera, Trubi e Formazioni di Rometta. I valori delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock variabile tra 5 e 130m, in conformità con i dati geologici di superficie.
- c. Zona 5 - Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.
- d. Infine, vi è una piccola porzione adiacente alla rampa Nord dello svincolo che lambisce un poligono perimetrato come Area instabile per frana attiva. Tale poligono comprende al suo interno 2 poligoni PAI (102-5MS-0026 e 102-5MS-1422) rispettivamente corrispondenti ad un’area classificata come soggetta a deformazione lenta superficiale e ad una soggetta a scorrimento. Per valutazioni approfondite e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 3.2.2 dove la questione è discussa in dettaglio.

19. Fermata Annunziata - L’opera si sovrappone alle seguenti due zone:

- a. Zona 1 - Terreni del substrato ascritti alle Formazioni di San Pier Niceto, del Tripoli, delle Argille di Spadafora e di San Corrado. Le indagini HVSR mostrano due distinti intervalli che suggeriscono la profondità del bedrock compresa fra 100 e 180m per l'intervallo 0,4 - 0,75Hz e fra 10 e 66m per l'intervallo 1,13 - 10Hz, quest'ultimo coerente con le risultanze geognostiche.
- b. Zona 5 - Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.

20. Galleria naturale Serrazzo (L=869m dir. ME; L=991m dir. RC) - La proiezione in pianta dell’opera si sovrappone alle seguenti zone:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- a. Gli imbocchi Est delle due canne sono situati in corrispondenza di un poligono perimetrato come Area instabile per frana attiva (Il medesimo impegnato dalla rampa Nord dello svincolo Annunziata). Per valutazioni approfondite e conseguenti implicazioni, si rimanda al paragrafo 3.2.2 dove la questione è discussa in dettaglio.
 - b. I due portali Ovest sono situati in corrispondenza della Zona 0, ovvero substrato rigido molto fratturato. Trattasi di terreni del substrato cristallino dell'Unità di Mandanici e dell'Aspromonte, caratterizzati da un esteso sistema di fratturazione. Le indagini HVSR suggeriscono una profondità del bedrock sismico compresa fra 4 e 23m.
 - c. Zona 1 - Terreni del substrato ascritti alle Formazioni di San Pier Niceto, del Tripoli, delle Argille di Spadafora e di San Corrado. Le indagini HVSR mostrano due distinti intervalli che suggeriscono la profondità del bedrock compresa fra 100 e 180m per l'intervallo 0,4 - 0,75Hz e fra 10 e 66m per l'intervallo 1,13 - 10Hz, quest'ultimo coerente con le risultanze geognostiche.
 - d. Zona 2 - Depositi della Serie Gessoso Solifera, Trubi e Formazioni di Rometta. I valori delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock variabile tra 5 e 130m, in conformità con i dati geologici di superficie.
 - e. Zona 3 (solo in minima parte e solo verso la superficie) - Depositi marini terrazzati sovrapposti alla Formazione di Messina ed ai depositi classificati come substrato. I dati delle misure HVSR suggeriscono una profondità del bedrock compresa tra 10 e 250m.
21. Fermata Europa - La proiezione in pianta dell'opera si sovrappone alle seguenti zone:
- a. Zona 5 - Depositi alluvionali recenti e di spiaggia sovrapposti ai terreni classificati come substrato con spessori compresi tra 6 e 250m.
 - b. Presumibilmente risulta impegnata anche la Zona 0 - Substrato rigido molto fratturato. Trattasi di terreni del substrato cristallino dell'Unità di Mandanici e dell'Aspromonte, caratterizzati da un esteso sistema di fratturazione. Le indagini HVSR suggeriscono una profondità del bedrock sismico compresa fra 4 e 23m.

Premesso che gran parte dei tracciati sia ferroviario sia autostradale si svolge in galleria o viadotto, per quanto attiene ai brevi tratti relativi alle altre opere e alle aree di cantiere questi si sovrappongono alle zone stabili (Zona 0, Zona 1, Zona 2, Zona 3 e Zona 5)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

3.4.2 Inventario degli effetti ambientali sismoindotti da cataloghi ufficiali

Gli effetti ambientali sismoindotti, denominati anche fenomeni di instabilità dei terreni in ICMS 2008, sono fenomeni naturali causati dallo scuotimento sismico che includono frane, liquefazioni, tsunami, fratture nel terreno e altre deformazioni permanenti della superficie topografica. Questi fenomeni sono documentati in vari cataloghi che, utilizzando anche fonti storiche molto antiche, presentano talora un'accuratezza geospaziale non sempre elevata, fornendo spesso indicazioni geografiche di massima che diventano sempre più precise per eventi via via più recenti.

I principali cataloghi presenti a livello nazionale sono il CEDIT, il CFTI5Med e il CFTIlandslide.

Il CEDIT (Catalogo Italiano degli Effetti Deformativi al suolo Indotti da Terremoti), gestito dal Centro di Ricerca CERi dell'Università "La Sapienza", è disponibile dal 1997. Esso documenta effetti ambientali sismoindotti come frane, fratture nel terreno, liquefazioni e modificazioni della superficie topografica. Il CEDIT è consultabile online tramite una piattaforma (link: <https://gdb.ceri.uniroma1.it/index.php/view/map/?repository=cedit&project=Cedit>) ed è continuamente aggiornato. Il catalogo utilizza una varietà di fonti storiche, tecniche e scientifiche per costruire una base di dati dettagliata sugli effetti cosismici in Italia dal 1000 d.C. fino ai giorni nostri (Caprari et alii, 2018).

Il CFTI5Med (Catalogo dei Forti Terremoti in Italia e nell'area Mediterranea), curato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), copre eventi dal 461 a.C. al 1997 ed è consultabile online (link: <https://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>). Il catalogo documenta effetti ambientali sismoindotti come frane, tsunami, liquefazioni, fratture del terreno, e variazioni delle acque superficiali e sotterranee, comprese variazioni delle portate, intorbidimenti, comparsa o scomparsa di sorgenti, variazioni della quota piezometrica ed esalazioni gassose. La base dati del CFTI5med è costruita su fonti storiche, studi geologici e tecnici, fornendo informazioni dettagliate sugli effetti dei forti terremoti nell'area Mediterranea.

Il CFTIlandslide (Catalogo delle Frane Cosismiche in Italia), pubblicato recentemente e gestito dall'INGV, è stato sviluppato nell'ambito del progetto "FRASI" finanziato dal Ministero dell'Ambiente e completato nel 2022. Il catalogo è parte delle attività del CFTI Working Group e documenta le frane indotte dai terremoti in Italia. Consultabile tramite piattaforma online (link: <https://cfti.ingv.it/landslides/>), esso integra dati provenienti da fonti storiche, studi scientifici e tecnici, e georeferenzia le frane sulla base di descrizioni storiche e dataset geografici come fotografie aeree e carte geomorfologiche. Il livello di accuratezza delle informazioni varia in funzione del livello di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

dettaglio fornito dalle fonti stesse. Il progetto ha avviato un'indagine-pilota nell'Appennino centrale per localizzare con precisione tutte le frane note, associando le descrizioni storiche alle frane presenti nel database IFFI attraverso i rispettivi codici identificativi.

3.4.2.1 Quadro d'insieme degli effetti censiti nell'area di interesse

Con riferimento alla richiesta di integrazione della VIA n.83, nelle tabelle che seguono sono elencati i record estratti dai ciascuno dei tre cataloghi sopra citati per l'intera area dello Stretto di Messina, sia lato Calabria che lato Sicilia. La Tabella 3.4.2.1.1 riporta 58 record del CEDIT, in gran parte costituiti da frane, fratture e cambiamenti della superficie topografica. In Tabella 3.4.2.1.2 sono elencati 44 record del CFTI5Med, distribuiti tra tsunami, liquefazioni, fratture, frane, subsidenze del terreno. Infine, in Tabella 3.4.2.1.3 sono riportati i 18 record estratti dal catalogo CFTIlandslide e riferiti a fenomeni di frana, quasi tutti osservati sulla sponda siciliana.

Ciascun record nell'intorno delle principali opere di interesse nello stretto di Messina, è ubicato (georiferito) negli elaborati cartografici AMW 3009, AMW 3032, AMW 3033, AMW 3034 e AMW 3035 in cui sono riportati, in funzione del catalogo di appartenenza, l'ID o la descrizione del fenomeno secondo la simbologia presente in legenda. Si è ritenuto opportuno non limitarsi al tatto di costa compreso tra Capo Peloro e Tremestieri, bensì di considerare tutti gli effetti di cui si ha memoria storica e per cui le fonti consentono una geolocalizzazione sufficientemente accurata. Per i "siti di deposito e recupero ambientale" (sia lato Sicilia che lato Calabria) non sono stati prodotti elaborati cartografici in merito, in quanto solo nel lato Calabria sito "CRAS", e solo nel catalogo CFTI5Med, viene riportato un punto facente riferimento a una "Fuoriuscita di acqua o fanghi dal terreno (liquefazione)" e una "Rottura del terreno, fratturazione, fessure, spaccature" durante il terremoto del 08/09/1905 (di seguito riportato in Figura 3.4.2.1.1).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

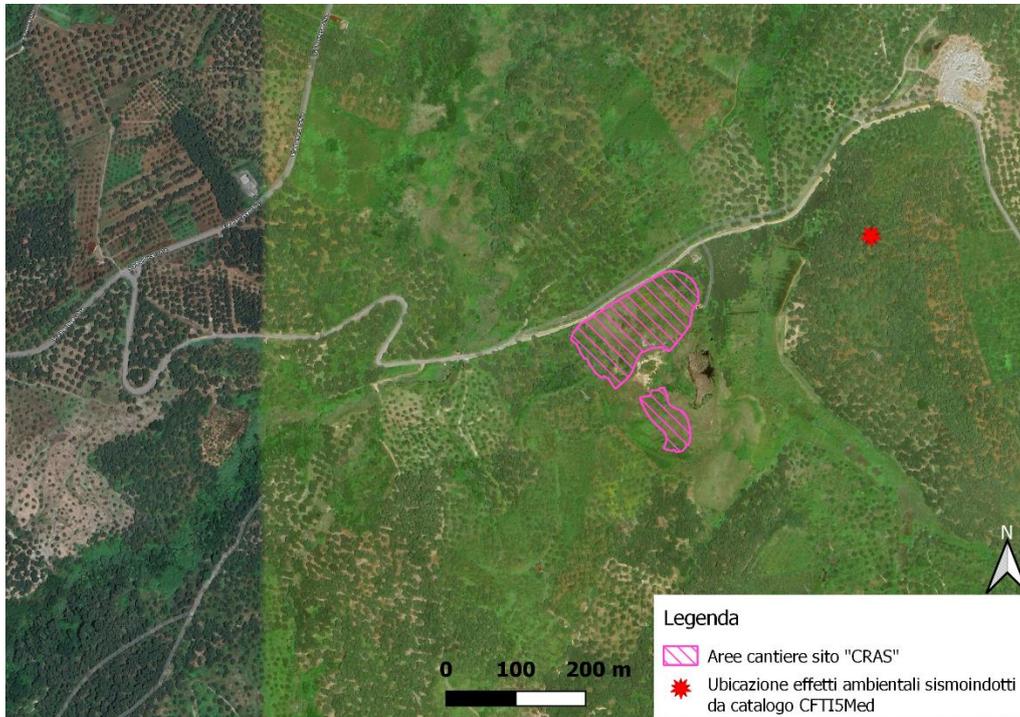


Figura 3.4.2.1.1 – Ubicazione, in zone prossime a quelle del sito “CRAS”, dell’effetto ambientale sismoindotto censito nel catalogo CFTI5Med

È importante sottolineare che l'accuratezza con cui sono georiferiti i punti nei cataloghi, dipende spesso dall'epoca in cui si è verificato il terremoto; eventi più recenti solitamente dispongono di fonti dettagliate e precise, mentre per terremoti antichi le informazioni geospaziali possono risultare meno accurate a causa delle limitazioni delle documentazioni storiche disponibili. A tal proposito va segnalato che l'unico terremoto per il quale si hanno dati significativi è quello del 1908: per gli altri eventi, molto antichi o non particolarmente forti, la documentazione disponibile è molto limitata.

Un'ultima annotazione, prima di passare ad esaminare in dettaglio le interferenze tra questi effetti e le opere e cantieri previsti, è quella relativa ai fenomeni di liquefazione; i record storici relativi a questo tipo di effetto ambientale sismo-indotto si concentrano quasi interamente nella zona del porto di Messina e sono pari al 13% di tutti gli effetti censiti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

ID Effetto	Terremoto di riferimento	Effetti	Regione
2073	05/02/1783	liquefazione; cambiamenti topografici	Sicilia
258	16/11/1894	fratture; liquefazione; cambiamenti topografici	Sicilia
261	16/11/1894	fratture; cambiamenti topografici	Sicilia
264	16/11/1894	fratture; cambiamenti topografici	Calabria
270	16/11/1894	fratture	Calabria
3945	28/12/1908	fratture	Sicilia
3946	28/12/1908	fratture	Sicilia
3947	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
3950	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
3953	28/12/1908	fratture	Sicilia
3954	28/12/1908	fratture	Sicilia
409	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
410	28/12/1908	fratture	Sicilia
479	28/12/1908	frana/e	Sicilia
481	28/12/1908	fratture; liquefazione; cambiamenti topografici	Sicilia
482	28/12/1908	fratture	Calabria
5140	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5141	28/12/1908	fratture	Sicilia
5143	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5144	28/12/1908	fratture	Sicilia
5146	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5147	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5148	28/12/1908	fratture	Sicilia
5150	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5152	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5153	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5157	28/12/1908	fratture	Sicilia
5160	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5161	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5162	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

5163	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5164	28/12/1908	fratture	Sicilia
5169	28/12/1908	frana/e	Calabria
5179	28/12/1908	fratture	Calabria
5204	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5209	28/12/1908	liquefazione	Sicilia
5210	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5211	28/12/1908	liquefazione	Sicilia
5212	28/12/1908	liquefazione	Sicilia
5213	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5214	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5215	28/12/1908	liquefazione	Sicilia
5216	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5217	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5218	28/12/1908	fratture	Sicilia
5219	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5220	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5221	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5222	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5223	28/12/1908	frana/e	Sicilia
5224	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5225	28/12/1908	liquefazione	Sicilia
5226	28/12/1908	cambiamenti topografici	Sicilia
5229	28/12/1908	cambiamenti topografici	Calabria
634	05/02/1783	liquefazione; cambiamenti topografici	Sicilia
636	05/02/1783	fratture; liquefazione	Sicilia
73	11/01/1693	liquefazione	Sicilia
5149	28/12/1908	frana/e	Calabria

Tabella 3.4.2.1.1 - Effetti ambientali sismo-indotti censiti nel catalogo CEDIT nell'area di interesse.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

Effetto
Tsunami - Villa San Giovanni (RC)
Tsunami - Torre Faro (ME)
Tsunami - Porticatello (ME)
Tsunami - Pezzo Inferiore (RC)
Tsunami - Paradiso (ME)
Tsunami - Pace (ME)
Tsunami - Messina (ME)
Tsunami - Messina (ME)
Tsunami - Messina (ME)
Tsunami - Messina (ME)
Tsunami - Grotta (ME)
Tsunami - Cannitello (RC)
Tsunami - Cannitello (RC)
Sulphur emission - Messina (ME)
Subsidence, landslip - Villa San Giovanni (RC)
Subsidence, landslip - Torre Faro (ME)
Subsidence, landslip - Messina (ME)
Subsidence, landslip - Messina (ME)
Subsidence, landslip - Messina (ME)
Subsidence, landslip - Ganzirri (ME)
Subsidence, landslip - Acciarello (RC)
Outflow of water or mud from the ground (soil liquefaction) - Torre Faro (ME)
Outflow of water or mud from the ground (soil liquefaction) - Messina (ME)
Outflow of water or mud from the ground (soil liquefaction) - Messina (ME)
Outflow of water or mud from the ground (soil liquefaction) - Ganzirri (ME)
Outflow of water or mud from the ground (soil liquefaction) - Ganzirri (ME)
Mortality of fish and other organisms - Ganzirri (ME)
Landslide, earth flow, mud flow - Sant'Agata (ME)
Landslide, earth flow, mud flow - Messina (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Villa San Giovanni (RC)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Villa San Giovanni (RC)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Torre Faro (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Messina (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Messina (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Messina (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Messina (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Ganzirri (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Ganzirri (ME)
Ground breakage, fractures, fissures, splitting - Acciarello (RC)
Gas emission and mud cone eruption - Messina (ME)
Gas emission and mud cone eruption - Ganzirri (ME)
Changes of coastline - Messina (ME)
Changes in spring discharge - Villa San Giovanni (RC)
Changes in lakes and other basins (generic) - Ganzirri (ME)

Tabella 3.4.2.1.2 - Effetti ambientali sismo-indotti censiti nel catalogo CFTI5Med nell'area di interesse.

ID effetto	Località	Descrizione effetto
17	Ganzirri	Dirimpetto al paese, avvennero ripetuti movimenti di terreno lungo il Pantano Grande.
18	Faro Superiore	Lungo la strada che conduce a Sant'Agata furono rilevati numerosi scoscendimenti superficiali del suolo sabbioso.
13	Pace	Nel rilievo sovrastante l'edificio della stazione fotoelettrica della Marina si verificò uno scoscendimento, i cui materiali franati investirono violentemente un muro lungo 25 m e alto circa 5.50 m abbattendolo.
14	Messina	Il terremoto generò nei terreni del porto di natura melmosa un generale slittamento verso il mare.
11	Messina	La banchina antistante la Dogana franò per una lunghezza di 50 m andando a coinvolgere anche la banchina dell'imbarco dei ferryboat.
12	Messina	La costa di Messina, interessata da un lento franamento di sponda, continuò a progredire verso il mare nell'area retrostante il Mercato anche a 6 mesi dal terremoto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

9	Messina	Il sifone Linata, che attraversava uno degli affluenti del torrente Santo Stefano, fu spezzato in una zona già in precedenza interessata da una frana.
10	Messina	Allo sbocco della Fiumara Portalegni avvennero dei franamenti.
7	Messina	Nel tratto ferroviario Messina-Cefalù, della linea verso Palermo, dopo circa un chilometro e mezzo, la linea risultò franata non permettendo di avanzare.
8	Messina	Il tratto ferroviario Messina-Nizza di Sicilia risultò interrotto per movimenti di terreno.
15	Villa San Giovanni	Per effetto del maremoto, che accentuò il regresso della linea di costa dovuto a scoscendimenti e scivolamenti già in atto dei lembi superficiali del suolo, tutte le costruzioni situate nelle vicinanze della spiaggia subirono danni più o meno gravi pe
16	Sant'Agata	Lungo la strada che conduce a Faro Superiore furono rilevati numerosi scoscendimenti superficiali del suolo sabbioso.
5	Messina	Il tratto ferroviario Messina-Rometta risultò interrotto per movimenti di terreno tra cui un cedimento lungo la Galleria Peloritana.
6	Messina	Scendendo verso Contrada San Corrado non solo i fabbricati, ma lo stesso terreno fu fortemente lesionato e si formarono molte aperture e franamenti di terreno.
3	Messina	Nella zona retrostante il Forte Gonzaga, lungo la strada che gli gira intorno sopra al tunnel ferroviario, franò un dosso sabbioso in cui si aprì anche una lunga frattura verticale.
4	Messina	In varie zone delle colline che circondano a ovest la parte bassa della città si verificarono piccole frane in sabbie e ghiaie.
1	Grotta	Lungo la fiumara della Guardia furono rilevati alcuni notevoli scoscendimenti.
2	Gazzi	A poca distanza dall'abitato, in direzione E, fu rilevato uno scivolamento del terreno del litorale che causò il cedimento di alcuni speroni del muro che proteggeva la linea ferroviaria.

Tabella 3.4.2.1.3 - Effetti ambientali sismo-indotti censiti nel catalogo CFTIlandislide nell'area di interesse.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

3.4.2.2 Ubicazione e tipo di effetti ambientali sismo-indotti e loro sovrapposizione con le opere

Nell'elaborato cartografico AMW 3009 sono riportati e ubicati gli effetti ambientali sismo-indotti estratti dai cataloghi citati riguardo al versante calabrese. Gli unici che risultano prossimi alle opere e alle previste aree di cantiere sono i due seguenti:

- presso galleria Piale, ID 5169 da CEDIT (frana/e);
- presso area di cantiere Torre lato Calabria, tsunami da CFTI5Med segnalato in località Pezzo inferiore.

Gli effetti ambientali sismoindotti registrati dai tre cataloghi sul versante siciliano e riportati negli elaborati cartografici con le sigle AMW 3032, AMW 3033, AMW 3034 e AMW 3035, sono ubicati in prevalenza in prossimità della linea di costa.

Nell'elaborato AMW 3032 si riscontrano i seguenti effetti censiti:

- in coincidenza con l'asse della Galleria Naturale Faro Superiore (Dir ME) (progressiva 4 km circa), sovrapposizione in pianta con ID 479 da CEDIT (trattasi di frana/e quindi con interferenza nulla o limitata sull'opera);
- in prossimità dell'asse della Galleria Sant'Agata (circa tra le progressive 4 e 5 km), ID 16 e 18 da CFTIlandslide (trattasi di frane superficiali quindi con interferenza nulla con l'opera)
- presso il limite Est del Posto manutenzione, ID 5153 da CEDIT (frana/e);
- poco a sud-est del punto precedentemente citato, all'intersezione con la viabilità di cantiere V-SA2 è presente il punto ID:1 da catalogo CFTIlandslide facente riferimento a processi di frana (tale punto compare anche nella tavola AMW 3033).

Nell'elaborato AMW 3033 si riscontrano i seguenti effetti censiti:

- nei pressi di una pista di cantiere in località Grotta, tsunami da CFTI5Med;
- nei pressi di una pista di cantiere in località Pace, tsunami da CFTI5Med; seppur vicini, la quota topografica della pista è di 30m superiore.

Nell'elaborato AMW 3034 si riscontrano i seguenti effetti censiti:

- nei pressi dell'asse della Galleria Santa Cecilia (progressiva 13.5 km circa), ID 5144 da CEDIT (fratture);
- nei pressi dell'asse della Galleria Santa Cecilia (progressiva 13.5 km circa) ID 5143 da CEDIT (frana).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE		<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024

Nell'elaborato AMW 3035 si riscontra un solo effetto censito:

- nei pressi della Galleria Santa Cecilia – poco a Sud della Fermata Europa, ID 5141 da CEDIT (fratture).

3.5 Conclusioni

Nella parte II della presente relazione, con particolare riguardo alla richiesta VIA n. 83, di cui alla nota prot. 0070949 del 16/04/2024, si sono proposti aggiornamenti e confronti dei contenuti degli elaborati proposti nel PD aventi come tematismo la geologia e la geomorfologia (cfr. elenco elaborati al capitolo 1). L'aggiornamento si avvale di quanto emerso nella letteratura scientifica e tecnica tra il 2010 ed il 2024 (cfr. studi di microzonazione sismica), oltre che in data-base ufficiali (cfr. CEDIT, CFTI5Med, CFTIlandslide) e nei piani di assetto idrogeologico (PAI) e di gestione rischio alluvioni (PGRA).

In particolare, l'aggiornamento riguarda le seguenti tematiche, riportate nell'ordine in cui sono presentate nella citata VIA n. 83:

1. i dissesti e la pericolosità da frana;
2. la perimetrazione delle aree esondabili;
3. la perimetrazione delle aree soggette ad erosione costiera;
4. gli studi di microzonazione sismica e gli effetti di sito;

La trattazione del punto 1 è accompagnata da elaborati cartografici di nuova produzione, che combinano le informazioni provenienti dai rispettivi piani di assetto idrogeologico (PAI) di Sicilia e Calabria ad oggi disponibili, con le rispettive carte dei dissesti in scala 1:5.000 del PD per le aree principali di intervento e con le carte geomorfologiche in scala 1:10.000 per i "siti di deposito e recupero ambientale". Sono stati individuati i poligoni PAI che intersecano le aree di progetto (9 poligoni lato Calabria e 11 lato Sicilia): inoltre, rispetto a quanto già discusso nel PD, sono stati aggiunti alcuni poligoni oggetto di aggiornamento dei rispettivi PAI.

L'informazione fondamentale che è emersa dal punto 1 con riferimento al lato Sicilia è relativa al poligono SA-102-5MS-007, che rappresenta un "*sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide*". Esso include un'area molto vasta, pari a circa il 60% dell'intero territorio comunale di Messina, comprendendo le "*zone di innesco e l'areale di propagazione del probabile fenomeno di dissesto*".

Le eventuali trasformazioni d'uso, e quindi anche le opere da realizzare, dovranno garantire la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

compatibilità con le condizioni di pericolosità da colata rapida potenziale che potrebbe coinvolgere l'area. Ne deriva che l'eventuale intersezione delle opere con tale sito di attenzione, determina la necessità che in fase di Progetto Esecutivo vengano eseguiti studi approfonditi sulle caratteristiche dei versanti sottesi dal sito che sarà oggetto di trasformazione di uso del suolo; studi propedeutici a valutare la compatibilità delle opere o degli usi territoriali così come previsti dal Progetto Definitivo con la colata attesa, le cui caratteristiche saranno determinate in base a un dettagliato studio territoriale e alle informazioni derivate dallo studio ENEA citato nella presente relazione al paragrafo 3.2.2. Sulla base di tali studi, si potrà puntualmente passare da una stima di alta suscettibilità, così come acclarata dal PAI rispetto a tale tipologia di fenomeni, ad una rigorosa valutazione di pericolosità e su questa base, potranno eventualmente essere messi in campo interventi di mitigazione sito-specifici rispetto a questa categoria di processi e contestualmente apportate modifiche al Progetto Esecutivo delle singole opere d'arte.

La trattazione dei punti 2 e 3 è stata accompagnata dalla sovrapposizione sulle opere in progetto dei poligoni da PGRA riguardanti la pericolosità da inondazione fluviale e l'erosione costiera (da PGRA e PAI). Questo consente di individuare univocamente le diverse fonti di pericolosità idraulica gravanti sulle opere da PD e indirizzare eventuali modifiche progettuali nella fase esecutiva.

Nella trattazione del punto 4, per quanto attiene alla microzonazione sismica, le indagini disponibili nei tre territori comunali interessati (Villa San Giovanni, Campo Calabro, Messina), riportate in apposita cartografia di nuova produzione sovrapposte alle opere di progetto, sono tutte riferibili al 1° livello di MS. Pertanto, i risultati e gli elaborati cartografici derivano quasi esclusivamente da studi a carattere bibliografico e di conseguenza sono fornite indicazioni di carattere meramente qualitativo riguardo al comportamento dei terreni in prospettiva sismica. Di fatto, le informazioni provenienti dalle cartografie proposte, discusse dettagliatamente con riferimento all'intersezione tra opere e zone perimetrate da MS, aggiungono assai limitato dettaglio a quanto già preso in considerazione nel PD. Per quanto attiene agli effetti di sito (in questa sede denominati "effetti ambientali sismoindotti") sono stati estratti tutti i record di interesse per l'area dai cataloghi CEDIT, CFTI5Med e CFTIlandslide. Questi record sono stati riportati su apposita cartografia di nuova produzione, esaminando l'eventuale intersezione con le opere. Fermo restando quanto specificato circa l'accuratezza geospaziale dei punti censiti nei suddetti cataloghi (cfr. paragrafo 3.4.2.1), sono stati rilevati effetti in zone adiacenti alle opere in progetto soltanto in 12 casi su 120; si nota, tuttavia, che rispetto ad altre porzioni dei territori calabresi e siciliani, nell'area dello stretto è censito un numero di effetti ambientali sismoindotti relativamente più alto, per lo più ascrivibili al terremoto del 1908.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

4 BIBLIOGRAFIA

- Achilli, V., Broccio, F. (1982). Vertical crustal movements in the Messina area. *Il Nuovo Cimento*, 50, 477-486.
- Achilli V., Baldi P., Zerbini S., Broccio F., Cagnetti V., Marsan P., Gubellini A., Unguendoli M. (1988). Comparison between GPS and ground based distance measurements in the Messina Straits area. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 30, 119-120.
- Achilli V., Anzidei M., Baldi P., Gasparini C., Marsella M. e Riguzzi F. (1993). TYRGEONET: a global positioning geodetic network for the geodynamical survey of the Italian peninsula. *Ann. Geofis.*, 36 (2), 191-200.
- Anzidei M., Baldi P., Bonini C., Casula G., Gandolfi S., Riguzzi F., 1998. Geodetic surveys across the Messina Straits (Southern Italy) seismogenetic area. *J. Geodyn.*, 25 (2), 85-97.
- Atzori, P., Ghisetti, F., Pezzino, A., Vezzani L. (1983). Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte", Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze.
- Baldi, P., V. Achilli, F. Mulargia, F. Broccio (1983). Geodetic surveys in Messina straits area. *Bull. Geod.*, 57, 283-293.
- Barreca, G., Gross, F., Scarfi, L., Aloisi, M., Monaco, C., Krastel, S. (2021). The Strait of Messina: Seismotectonics and the source of the 1908 earthquake. *Earth-Sci. Rev.* 103685 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103685>.
- Bonini, L., Di Bucci, D., Toscani, G., Seno, S., Valensise, G. (2011) Reconciling deep seismogenic and shallow active faults through analogue modelling: the case of the Messina Straits (southern Italy). *J. Geol. Soc. London*, 168(1), 191-199.
- Boschi, E., D. Pantosti, G. Valensise (1989). Modello di sorgente per il terremoto di Messina del 1908 ed evoluzione recente dell'area dello Stretto, *Atti VIII Convegno G.N.G.T.S.*, Roma, 1989, 245-258.
- Burbank, D.W., Anderson, R.S. (2001). *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Scientific, Oxford, ISBN 978-0-632-04386-6, 274 p.
- Caprari P., Della Seta M., Martino S., Fantini A., Fiorucci M., Priore T. (2018) - Upgrade of the CEDIT Database of earthquake-induced ground effects in Italy. *It. J. Eng. Geol Env.*, n. 2, 23-39.
- Capuano, P., De Natale, G., Gasparini, P., Pingue, F., Scarpa, R. (1988). A model for the 1908 Messina Straits (Italy) earthquake by inversion of levelling data. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78 (6), 1930-1947, doi:10.1785/BSSA0780061930.
- Caputo, M., Folloni, G., Pieri, L., Unguendoli, M. (1974). Geometric control across of Messina. *J. R. Astron. Soc.*, 38, 1-8.
- Caputo, M., Pieri, L., Barbarella, M., Gubellini, A., Russo, P., Console, R. (1981). Geophysical and geodetic observations in the Messina Straits. *Tectonophysics*, 74, 147-154.
- Carbonel, D., Gutiérrez, F., Linares, R., Roqué, C., Zarroca, M., McCalpin, J., Guerrero, J., Rodríguez, V. (2013). Differentiating between gravitational and tectonic faults by means of

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

geomorphological mapping, trenching and geophysical surveys. The case of the Zenzano Fault (Iberian Chain, N Spain). *Geomorphology*, 189, 93–108.

Carobene L. (data non specificata sulla documentazione) – Microzonazione sismica di Campo Calabro. Relazione illustrativa, 53 pp.

Catalano, S., De Guidi, G., Monaco, C., Tortorici, G., Tortorici, L. (2003). Long-term behaviour of the late Quaternary normal faults in the Straits of Messina area (Calabrian arc): structural and morphological constraints. *Quat. Int.*, 101-102, 81-91.

Ciaranfi, N., Ghisetti, F., Guida, M., Iaccarino, G., Lambiase, S., Pieri, P., Rapisardi, L., Ricchetti, G., Torre, M., Tortorici, L., Vezzani, L. (1983). Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale, Foglio 2, Intervallo IV-V, C.N.R. Publ. #515 of Progetto Finalizzato Geodinamica.

Comerci V., Vittori E., Blumetti A.M., Brustia E., Di Manna P., Guerrieri L., Lucarini M., Serva L. (2015). Environmental effects of the December 28, 1908, Southern Calabria-Messina (Southern Italy) earthquake. *Natural Hazards*, 76, 1849-1891.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2010) – Ex articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2015) - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da fagliazione attiva e capace (FAC). Versione 1.0, Roma.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2017) - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0, Roma.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2018) - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ). Versione 1.0, Roma.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (2022) - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da densificazione indotta dall'azione sismica (DAS). Versione 1.0, Roma.

Cortese, E. (1895). Descrizione geologica della Calabria. Mem. Desc. della Carta Geol. d'It. 3, IX, pp. 310.

Cotecchia, V., Guerricchio, A., Melidoro, G. (1986). The geomorphogenetic crisis triggered by the 1783 earthquake in Calabria (Southern Italy). *Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology Problems in seismic areas*, 1986, vol. 6.

Crosetto, M., Solari, L., Balasis-Levinsen, J., Bateson, L., Casagli, N., Frei, M., Oyen, A., Moldestad, D. A., Mróz, M. (2021). Deformation monitoring at European scale: the Copernicus ground motion service. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2021, 141–146, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-141-2021>.

D'Agostino, N., Selvaggi, G. (2004). Crustal motion along the Eurasia-Nubia plate boundary in the Calabrian Arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements. *J. Geophys. Res.*, 109, B11 402, doi:10.1029/2004JB002998.

De Natale, G., Pingue, A. (1991). A variable slip fault model for the 1908 Messina Straits (Italy) earthquake, by inversion of levelling data. *Geop. J. Int.*, 104 (1), 73-84, doi: 10.1111/j.1365-

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

246X.1991.tb02494.x

- DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), doi: 10.13127/diss3.3.0.
- Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale. Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia. AdB Regione Calabria (2015) – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Relazione per Competent Authority.
- Dumas, B., Raffy, J. (2004). Late Pleistocene tectonic activity deduced from uplifted marine terraces in Calabria, facing the Strait of Messina. *Quaternaria Nuova*, VIII, 79-99.
- Dumas, B. (2008): Geomorphic evolution of the Messina Straits. In: Dumas B. e Valensise G. (eds.), *Field trip guide: "Recent geomorphic evolution and seismogenic processes in the Messina Straits"*, Calabrian Arc project, Summer School 2008, Università della Calabria, Arcavacata (Cosenza), 1-12 September 2008, 5-24.
- Ferranti, L., C. Monaco, F. Antonioli, L. Maschio, S. Kershaw, and V. Verrubbi (2007), The contribution of regional uplift and coseismic slip to the vertical crustal motion in the Messina Straits, southern Italy: Evidence from raised Late Holocene shorelines, *J. Geophys. Res.*, 112, B06401, doi:10.1029/2006JB004473.
- Ferranti, L., Monaco, C., Morelli, D., Antonioli, F., Maschio, L. (2008). Holocene activity of the Scilla Fault, Southern Calabria: Insights from coastal morphological and structural investigations. *Tectonophysics*, 453 (1-4), 74-93, doi: 10.1016/j.tecto.2007.05.006.
- Fortunato C., Martino S., Prestininzi A., Romeo R.W. (2012) - New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures (CEDIT). *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 2, 63-74. <http://www.ceri.uniroma1.it/index.php/web-gis/cedit/>.
- Ghisetti, F. (1984). Recent deformations and the seismogenic source in the Messina Strait (Southern Italy). *Tectonophysics*, 109, 191-208.
- Ghisetti, F. (1992). Fault parameters in the Messina Strait (southern Italy) and relations with the seismogenic source. *Tectonophysics*, 210, 117-133.
- Gruppo di lavoro MS (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 voll. e DVD.
- Guarnieri, P., Di Stefano, A., Carbone, S., Lentini, F., Del Ben, A. (2004). A multidisciplinary approach to the reconstruction of the Quaternary evolution of the Messina Strait area. In: G. Pasquarè, C. Venturini e G. Gropelli (a cura di), *Mapping geology in Italy*, 4, 43-50.
- Guarnieri, P. (2006). Plio-Quaternary segmentation of the south Tyrrhenian forearc basin. *Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rundsch.)*, 95, 107–118.
- Guarnieri, P., Pirrotta, C. (2008). The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95, 260-273.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) -

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> <i>AMW3000</i>	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.itcfti5>.

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, *Scientific Data* 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>.

ISPRA (2022) - ITHACA: Italy hazard from capable faults. Inventario delle faglie capaci in Italia. Guida alla consultazione e all'utilizzo, 32 pp.

Loperfido, A. (1909) Livellazione geometrica di precisione eseguita dall'IGMI sulla costa orientale della Sicilia, da Messina a Catania, a Gesso ed a Faro Peloro e sulla costa occidentale della Calabria da Gioia Tauro a Melito di Porto Salvo. *C. R. Accademia Naz. Lincei*, 35, 131-155.

Mattia M., et al. (2006). Monitoraggio geodetico delle deformazioni del suolo in area sismogenetica: la rete GPS dello Stretto di Messina. *Quaderni di Geofisica*, Vol. 42, 20 pp.

Miyauchi, T., Dai Pra, G., Sylos Labini, S. (1994). Geochronology of Pleistocene marine terraces and regional tectonics in Tyrrhenian coast of South Calabria, Italy. *Il Quaternario* 7, 17-34.

Moscatelli M., Albarello D., Scarascia Mugnozza G., Dolce M. (2020) - The Italian approach to seismic microzonation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 5425-5440.

Pedoja, K., Husson, L., Johnson, M., Melnick, D., Witt, C., et al. (2014). Coastal staircase sequences reflecting sea-level oscillations and tectonic uplift during the Quaternary and Neogene. *Earth-Science Reviews*, 2014, 132, pp.13-38. [10.1016/J.EARSCIREV.2014.01.007](https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2014.01.007)

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), Distretto dell'Appennino Meridionale. Aggiornamento e revisione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione. Relazione metodologica.

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), Distretto Sicilia. Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del rischio di alluvione redatto ai sensi dell'art. 7 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione. Relazione metodologica.

Pino, N. A., Piatanesi, A., Valensise, G., Boschi E. (2009). The 28 December 1908 Messina Straits Earthquake (Mw 7.1): A Great Earthquake throughout a Century of Seismology. *Seism. Res. Lett.*, 80 (2), 243-259.

Pizzonia V. & Pizzonia A. (2015) – Villa San Giovanni, Carta delle microzone sismiche, scala 1:5.000.

Regione Calabria, Assessorato ai Lavori Pubblici, Autorità di Bacino Regionale (2001) – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico Regione Calabria, Relazione Generale.

Regione Calabria, Assessorato ai Lavori Pubblici, Autorità di Bacino Regionale (2002) – Linee Guida - studi relativi alla valutazione ed alla zonazione della pericolosità e del rischio di frana; studio di compatibilità geomorfologica relativo agli interventi per la mitigazione del rischio di frana.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
SUOLO E SOTTOSUOLO: AGGIORNAMENTI SULLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	<i>Codice Documento</i> AMW3000	<i>Rev</i> A	<i>Data</i> 06/09/2024	

- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente (2004) – Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, Relazione Generale.
- Regione Siciliana, Presidenza della Regione Siciliana, Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (Conferenza Operativa del 22-02-2023, Delibera n. 119 del 10-03-2023) – Relazione: COMUNE DI MESSINA (ME), Aggiornamento del sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide.
- Regione Siciliana, Presidenza della Regione Siciliana, Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (Conferenza Operativa del 27/03/2024, Delibera n. 182 del 09/04/2024) – Relazione: COMUNE DI MESSINA (ME), Aggiornamento del sito di attenzione per elevata e molto elevata suscettibilità alle colate rapide.
- Ricchetti, E., Ricchetti, G. (1991). Aspetti della morfogenesi pleistocenico-olocenica sul versante tirrenico della Calabria. *Mem. Soc. Geol. It.*, 47, 655-663, 1 f., 2 tavv.
- Serpelloni, E., Cavaliere, A., Martelli, L., Pintori, F., Anderlini, L., Borghi, A., Randazzo, D., Bruni, S., Devoti, R., Perfetti, P., Cacciaguerra, S. (2022). Surface velocities and strain-rates in the Euro-Mediterranean region from massive GPS data processing, *Front. Earth Sci.* 10:907897, doi: 10.3389/feart.2022.907897
- Tortorici, G., Bianca, M., Monaco, C., Tortorici, L., Tansi, C., De Guidi, G., Catalano S. (2002). Faglie normali quaternarie e terrazzi marini nell’area di Capo Vaticano e della Piana di S. Eufemia (Calabria Meridionale). *Studi Geologici Camerti* 1. 155-171.
- Università degli Studi di Messina (2014) - Microzonazione sismica di Messina di 1° Livello; Relazione illustrativa, 207 pp.
- Valensise, G. (1988). Low Angle Normal Faulting During the 1908, Messina, Italy, earthquake revealed by geodetic data analysis. *EOS Trans. AGU (Abstract)*, Vol. 69, 1433.
- Valensise, G., e D. Pantosti (1992). A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake ($M_S 7_{1/2}$), *Terra Nova*, 4, 472-483.
- Valensise, G. (2004). Ponte sullo Stretto di Messina - Specifiche tecniche di progettazione – Doc. GC.F.05.03-3.3.3 “Riesame della fagliazione superficiale nell’area dell’attraversamento”, 2 aprile 2004, 33 pp.
- Valensise, G. (2021). Navigando tra Geologia, Storia, Sismologia e Archeologia: i terremoti del 1783 e 1908 come chiavi di lettura dell’evoluzione recente dello Stretto di Messina. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia*, 108, 395-410.
- Zei C., Tarabusi G., Ciuccarelli C., Burrato P., Sgattoni G., Taccone R.C., Mariotti D. (2024) - CFTIlandslides, Italian database of historical earthquake-induced landslides. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/cfti/landslides>
- Zei C., Tarabusi G., Ciuccarelli C., Burrato P., Sgattoni G., Taccone R.C., Mariotti D. (2024) - CFTIlandslides, Italian database of historical earthquake-induced landslides. *Sci Data* 11, 834. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03692-4>