

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampileri (e)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV

RS2S 02 D 69 RG GE0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Emissione esecutiva	S. Romano	Ott. 2017	F. Romano	Ott. 2017	P. Carlesimo	Ott. 2017	
B	Consegna al CSSLPP	S. Romano	Gen. 2018	F. Romano	Gen. 2018	P. Carlesimo	Gen. 2018	
C	Recezione prescrizioni CSSLPP	S. Romano	Lug. 2018	F. Romano	Lug. 2018	P. Carlesimo	Lug. 2018	

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESE
U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 710/ES

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
4	ALLEGATI	7
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	8
6	CAMPAGNA DI INDAGINE.....	10
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	10
6.1.1	<i>Sondaggi geognostici.....</i>	<i>10</i>
6.1.2	<i>Prospezioni sismiche</i>	<i>16</i>
6.2	RILIEVI DI CAMPO.....	19
6.2.1	<i>Rilievi geologici.....</i>	<i>19</i>
6.2.2	<i>Rilievi geostrutturali.....</i>	<i>23</i>
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	25
7.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	29
7.2	APPARATO VULCANICO DEL MONTE ETNA.....	32
7.3	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	37
7.4	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	44
8	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	48
8.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	48
8.1.1	<i>Unità Appenninico-Maghrebidi.....</i>	<i>49</i>
8.1.2	<i>Unità Kabilo-Calabridi</i>	<i>53</i>
8.1.3	<i>Successioni clastiche oligo-mioceniche.....</i>	<i>73</i>
8.1.4	<i>Successioni clastiche quaternarie</i>	<i>79</i>
8.2	ASSETTO STRUTTURALE	88
8.2.1	<i>Strutture compressive</i>	<i>89</i>

8.2.2	<i>Strutture trascorrenti</i>	90
8.2.3	<i>Strutture distensive</i>	91
8.2.4	<i>Strutture plicative e assetto giaciturale</i>	91
9	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE.....	92
9.1	MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DELLA ZONA COSTIERA	94
9.2	DEPOSITI MARINI TERRAZZATI E SPIANATE DI ABRASIONE.....	94
9.3	MORFOLOGIA DEI PRINCIPALI SISTEMI FLUVIALI	95
9.4	PROCESSI DI VERSANTE E DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI	97
10	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	98
10.1	ELEMENTI IDROGRAFICI.....	98
10.2	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI	100
10.3	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI	100
10.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	102
10.5	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA	104
10.6	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	105
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	105
11.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	106
11.2	STRUTTURE IDROGEOLOGICHE E IDRODINAMICA DEGLI ACQUIFERI.....	107
11.3	SORGENTI E OPERE DI CAPTAZIONE.....	110
11.4	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO	111
12	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	112
12.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	112
12.1.1	<i>Complessi delle unità del substrato</i>	113
12.1.2	<i>Complessi dei depositi di copertura</i>	115
12.2	PROVE DI PERMEABILITÀ	116
12.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	122

12.4	OPERE DI CAPTAZIONE ED EMERGENZE SORGENTIZIE	160
12.5	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	160
13	SISMICITÀ DELL'AREA	166
13.1	SISMICITÀ STORICA	172
13.2	SISMICITÀ ATTUALE	196
13.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	200
13.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	203
14	CRITICITÀ GEOLOGICHE.....	205
14.1	CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE.....	205
14.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	206
14.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	218
14.4	CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEGLI AMMASSI	219
14.5	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	227
14.6	PRESENZA DI GAS NATURALI	229
14.7	CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE ACQUE DI ALÌ TERME	229
	14.7.1 Caratteristiche fisiche	232
	14.7.2 Caratteristiche chimiche	234
	14.7.3 Interpretazione dei risultati.....	238
15	DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO.....	239
15.1	LOTTO 2: TAORMINA (E) – GIAMPILIERI (E).....	239
	15.1.1 Tracciato	239
16	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	253

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello "Studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la progettazione definitiva della Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo, Raddoppio della Tratta Giampilieri - Fiumefreddo", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. La tratta in oggetto è stata a sua volta suddivisa in due lotti:

- Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni;
- Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e).

In particolare il presente studio è relativo al Lotto 2, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2008) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli *standard* metodologici più diffusi in ambito scientifico.

Per completezza di trattazione e per consentire una chiara comprensione del contesto geologico di riferimento, nelle pagine seguenti vengono descritti i caratteri generali di tutto il settore di territorio impegnato dalla progettazione della tratta Fiumefreddo-Giampilieri. Al contrario, gli aspetti geologico-stratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici peculiari sono contestualizzati e riferiti allo specifico lotto in oggetto, Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e).

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai documenti di seguito elencati, relativi ai progetti:

“Raddoppio della Linea Messina-Catania, Tratta Fiumefreddo - Giampilieri”
PROGETTO PRELIMINARE

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
L431 00 R69 RG GE0001 001B	Relazione geologica ed idrogeologica	-
L431 00 R69 G4 GE0001 001-4B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:10000
L431 00 R69 G4 GE0002 001-4B	Carta idrogeologica con elementi di geomorfologia e profilo idrogeologico	1:10000
L181 00 R69 RG4 GE0005 001A	Relazione indagini geognostiche	-
LRS6 00 R 07 LZ GE0000 001A	Carta geologica con curve isofreatiche e sezioni geologiche - scala	1:10000/1000
	Stratigrafie dei sondaggi	-
	Rilievi geostrutturali	-
	Risultati prove di laboratorio	-
	Schede dei punti d'acqua	-
	Carta delle isofreatiche	-
	Lecture piezometriche	-

“Raddoppio della Linea Messina-Catania, Tratta Fiumefreddo - Giampilieri”
PROGETTO DEFINITIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
LRS6 00 D 07 IG GE0000 001A	Relazione sulle indagini geosismiche	-
LRS6 00 D 07 IG GE0000 002-17A	Indagini geosismiche	-
	Relazione sulle indagini geognostiche e prove in sito	-
	Risultati prove di laboratorio	-
	Rilievo geomeccanico	-
	Carta dei punti d'acqua	-
	Relazioni monitoraggio piezometrico	-
	Prove di permeabilità	-

“Linea Messina-Catania, Raddoppio Giampilieri – Fiumefreddo”
PROGETTO PRELIMINARE

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS0B 00 R69 RG GE0001 001A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
RS0B 00 R69 RH GE0001 001A	Rapporto di campagna	-
RS0B 02 R69 G4 GE0001 001-4A	Carta geologica e profilo geologico	1:10000/1000
RS0B 02 R69 G4 GE0002 001-4A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:10000/1000

“Linea Messina-Catania, Raddoppio Giampileri – Fiumefreddo”
PROGETTO PRELIMINARE

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS0B 02 R69 G4 GE0003 001-2A	Carta geomorfologica	1:10000
RS0B 02 R69 G4 GE0005 001-2A	Planimetria ubicazione indagini geognostiche	1:10000

“Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo – Nuovo collegamento Catania-Messina – Raddoppio della tratta Fiumefreddo-Giampileri”
PROGETTO DEFINITIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS2S 00 D69 RH GE0002 001 A	Monitoraggio piezometrico 2014-2017	-
RS2S 00 D69 SG GE0005 001-5 A	Indagini geognostiche	-
RS2S 00 D69 IG GE0005 001-8 A	Indagini geofisiche	-
RS2S 00 D69 PR GE0005 001-4 A	Prove geotecniche di laboratorio	-
RS2S 02 D69 SG GE0005 001 A	Indagini geognostiche campagna 2017 Lotto 2	-

4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS2S 02 D69 RH GE0001 001 B	Rapporto di campagna - stop geologici	-
RS2S 02 D69 RH GE0001 002 B	Rilievo geomeccanico	-
RS2S 02 D69 G5 GE0001 001-4 B/C	Carta geologica	1:5000
RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8 B/C	Profilo geologico	1:5000/500
RS2S 02 D69 G5 GE0002 001-4 B/C	Carta idrogeologica	1:5000
RS2S 02 D69 F5 GE0002 001-8 B/C	Profilo idrogeologico	1:5000/500
RS2S 02 D69 G5 GE0003 001-4 C	Carta geomorfologica	1:5000
RS2S 02 D69 G5 GE0005 001-4 B	Planimetria ubicazione indagini geognostiche	1:5000
RS2S 02 D69 G6 GE0001 001 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Taormina - Imbocco lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 002 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Letojanni - Imbocco lato CT	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 003 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Letojanni - Imbocco lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 004 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Forza d'Agrò - Imbocco lato CT	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 005 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Forza d'Agrò - Imbocco lato ME	1:2000/200

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS2S 02 D69 G6 GE0001 006 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Sciglio - Imbocco lato CT	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 007 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Sciglio - Imbocco lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 008 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Nizza - Imbocco lato CT e lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 009 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Ali - Imbocchi lato CT e lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 010 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Quali - Imbocco lato CT e condotto di ventilazione al km 39+904	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 011 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Quali - Imbocco lato ME	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 012 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Scaletta - Imbocco lato CT	1:2000/200
RS2S 02 D69 G6 GE0001 013 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Scaletta - Imbocco lato ME	1:2000/200

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca a ridosso della costa nord-orientale ionica della Sicilia in corrispondenza del tracciato ferroviario della linea Messina-Catania e si sviluppa per una lunghezza di circa 42.3 km nella tratta Fiumefreddo - Giampilieri. La tratta di progetto corrispondente al Lotto 2 (dal km 13+900 al km 42+393) tra Taormina e Giampilieri interessa il territorio dei comuni di Alì terme, Forza d'Agrò, Furci Siculo, Gallodoro, Itala, Letojanni, Messina, Nizza di Sicilia, Pagliara, Roccalumera, Sant'Alessio Siculo, Santa Teresa di Riva, Savoca, Scaletta Zanclea e Taormina, in provincia di Messina (ME).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 253 (Castroreale), del Foglio 254 (Messina-Reggio di Calabria) e del Foglio 262 (Monte Etna) in scala 1:100000, nelle Tavole 262-I-NE (S. Teresa di Riva), 262-I-SE (Forza d'Agrò), 262-I-SO (Taormina), 262-III-NE (Piedimonte Etneo), 254-III-SO (Scaletta Zanclea) e 253-II-SE (Alì Terme), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia, negli elementi 601100, 601140, 601130, 614010, 614050, 613080 e 613120, in scala 1:10000.

Dal punto di vista orografico il tracciato di progetto impegna settori di territorio con variazioni altimetriche comprese tra 13 m s.l.m. e 415 m s.l.m. circa in corrispondenza dei ripidi versanti orientali della catena peloritana che, con andamento NE-SO, degradano fino alla costa Jonica mentre le quote progettuali variano da 16 m s.l.m. a 50 m s.l.m. circa.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio si caratterizza per la presenza dei Monti Peloritani rappresentati da rilievi dai versanti ripidi che raggiungono altitudini di poco superiori ai 1200 metri; quindi la morfologia si presenta aspra ed accidentata con i rilievi più costieri incisi profondamente dai corsi d'acqua, ad andamento all'incirca NO-SE, colmi di depositi alluvionali e con elevate pendenze fino quasi al mare. La costa, nel tratto più a nord, si presenta generalmente con strette e dritte spiagge che tendono ad allargarsi procedendo verso sud a partire dalla foce del Fiume Alcantara; inoltre, a partire da Taormina, è caratterizzata dalla presenza di diversi ordini di terrazzi

marini pleistocenici dovuti alle interazioni tra le variazioni eustatiche e i movimenti di sollevamento tettonico quaternario e presenta caratteristiche insenature e baie.



Figura 1 – Corografia in scala 1:400000 dell'area di studio geologico con individuazione della tratta ferroviaria in progetto. In rosso è riportato il tracciato del Lotto 2, in nero quello del Lotto 1.

I principali corsi d'acqua sono rappresentati da torrenti, in quest'area chiamati fiumare, a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, che intersecano in diversi punti il tracciato ferroviario nel settore della tratta in studio. Da Nord a Sud, i principali elementi idrografici sono rappresentati, quindi, dal Torrente Giampilieri, Vallone Motte, Torrente Divieto, Torrente Racinazzo, Torrente Itala, Vallone Calamaci, Rio Schiavo, Rio Impisi, Torrente ai Bagni, Torrente Alì, Torrente Fiumedinisi, Torrente Landro, Torrente Allume, Torrente Sciglio, Torrente San Nicola, Torrente Salici, Torrente Pagliara, Torrente Misserio, Torrente Porto Salvo, Fiumara d'Agrò, Torrente Salice, Torrente Fondaco Parrino, Torrente Pietrabianca, Torrente Granita, Torrente Salemi, Torrente Gallabrò, Torrente Letojanni e Torrente Mazzeo.

6 CAMPAGNA DI INDAGINE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- **n. 132 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 13 non attrezzati, 103 strumentati con piezometro e 16 attrezzati per sismica in foro;**
- **n. 50 stendimenti sismici a rifrazione;**
- **n. 3 tomografie elettriche;**
- **n. 20 prove MASW;**
- **n. 3 stendimenti sismici MASW/Re.Mi.**

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno analizzati in laboratorio è di 274, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 417.

6.1 Indagini geognostiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi delle indagini relative al lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e), tra i km 13+900 e 42+182.

6.1.1 Sondaggi geognostici

Si seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero di campioni prelevati e analizzati in laboratorio, Indisturbati, Rimaneggiati e Litoidi, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon, numero prove Dilatometriche e numero prove Pressiometriche).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
T2	13+249	2545474	4190119	120.0	piezometro	100	0	0	0	0	2	0	2
T3	13+561	2545691	4190359	64.3	piezometro	50	0	0	0	2	1	0	1
T4	13+845	2545809	4190617	105.9	piezometro	90	0	0	0	2	2	0	2

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
T5	22+725	2549582	4198085	76.4	piezometro	50	0	0	0	2	1	0	1
T6	23+848	2550290	4199081	60.5	non attrezzato	10	0	0	0	0	0	0	0
T6bis	24+204	2550388	4199408	78.0	piezometro	45	0	0	0	4	1	0	1
T7	35+746	2557797	4207805	146.0	piezometro	120	0	6	0	3	2	0	2
T8	41+613	2561665	4212099	70.0	piezometro	65	0	4	0	2	2	0	2
Totale							0	10	0	15	11	0	11

Tabella 1 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Geomerid 2003, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S18g	13+672	2545726	4190464	36.8	piezometro	35	0	3	0	0	2	0	0
S19g	13+760	2545815	4190523	62.0	piezometro	50	0	4	0	7	3	0	0
S21g	14+251	2546025	4190999	40.0	piezometro	60	0	3	0	2	1	0	0
S22g	15+673	2546023	4192412	130.0	piezometro	95	0	2	0	0	3	0	0
S23g	15+821	2546151	4192513	97.0	piezometro	50	0	4	0	4	3	0	0
Totale							0	16	0	13	12	0	0

Tabella 2 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Geomerid 2005, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
LE01	16+085	2546148	4192769	21.7	piezometro	33	0	2	0	4	2	0	0
LE02	16+111	2546186	4192776	19.6	sismica in foro	40	0	3	0	3	2	0	0
LE03	16+165	2546176	4192840	30.0	piezometro	40	0	3	0	2	2	0	0
LE04	16+202	2546175	4192884	22.8	piezometro	40	1	3	0	2	0	0	0

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
FP01	20+211	2548929	4195782	41.8	piezometro	30	1	0	0	6	1	0	0
FP02	20+251	2548931	4195837	38.8	sismica in foro	40	3	1	0	2	2	0	0
FP03	20+271	2548933	4195863	48.4	piezometro	30	2	1	0	3	1	0	0
ST01	22+958	2550071	4198206	31.0	sismica in foro	25	2	2	0	5	1	0	0
ST02	23+035	2550099	4198278	29.1	piezometro	40	1	2	0	3	1	0	0
ST03	23+165	2550087	4198415	25.2	sismica in foro	30	0	1	0	9	0	0	0
ST04	23+248	2550113	4198494	27.8	piezometro	40	0	4	0	8	1	0	0
ST05	23+315	2550140	4198556	22.1	sismica in foro	50	0	2	0	7	1	0	0
ST07	23+623	2550203	4198859	46.2	non attrezzato	33	0	2	0	4	1	0	0
SA01	26+608	2551402	4201491	63.5	piezometro	30	1	1	0	7	1	0	0
SA02	26+670	2551457	4201533	56.0	piezometro	30	0	1	0	7	1	0	0
SA03	26+782	2551565	4201610	60.9	sismica in foro	40	0	1	0	8	1	0	0
SA04	26+883	2551575	4201716	61.7	piezometro	40	1	1	0	8	1	0	0
SA06	27+095	2551670	4201906	68.8	sismica in foro	25	0	0	0	5	1	0	0
NZ01	32+819	2555654	4205868	37.4	piezometro	30	2	1	0	5	1	0	0
NZ02	32+902	2555747	4205878	33.8	sismica in foro	40	0	1	0	7	1	0	0
NZ03	32+974	2555796	4205934	32.5	piezometro	40	0	1	0	8	2	0	0
NZ04	33+109	2555914	4206000	33.4	sismica in foro	40	0	1	0	8	2	0	0
NZ05	33+193	2556007	4206010	27.7	piezometro	40	2	1	0	6	1	0	0
NZ07	33+374	2556189	4206058	29.1	piezometro	30	2	0	0	5	1	0	0
SN01	33+966	2556628	4206471	38.0	non attrezzato	30	0	0	0	5	1	0	0
SN02	34+004	2556664	4206486	33.0	piezometro	40	0	0	0	5	2	0	0
SN03	34+121	2556768	4206544	28.2	piezometro	38	0	0	0	4	1	0	0
SN04	34+216	2556831	4206617	26.5	sismica in foro	40	0	0	0	6	1	0	0
SN05	34+342	2556959	4206678	40.0	piezometro	23	0	0	0	5	1	0	0
AT01	34+572	2557100	4206860	30.0	sismica in foro	29	0	2	0	6	1	0	0
AT03	34+660	2557168	4206918	23.5	sismica in foro	40	0	2	0	7	1	0	0
AT04	34+733	2557209	4206979	30.0	piezometro	30	0	2	0	6	1	0	0
IT01	39+044	2559859	4210331	22.2	piezometro	20	1	2	0	3	1	0	0
IT02	39+127	2559914	4210395	17.4	sismica in foro	30	0	3	0	5	1	0	0
IT03	39+160	2559943	4210412	16.2	piezometro	40	0	4	0	5	1	0	0
IT04	39+203	2559971	4210446	28.0	sismica in foro	30	0	2	0	2	2	0	0

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
Totale							19	52	0	191	42	0	0

Tabella 3 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Sidercem 2005, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S1s	16+295	2546213	4192969	59.3	piezometro	30	0	3	0	0	2	0	0
S2s	16+676	2546386	4193325	158.5	piezometro	130	0	2	0	0	2	0	0
S4s	18+317	2547926	4194116	46.5	piezometro	40	0	0	0	0	1	0	0
S5s	20+121	2548870	4195715	72.3	piezometro	30	0	0	0	7	3	0	0
S6s	20+288	2548942	4195878	48.4	piezometro	40	0	0	0	7	3	0	0
S7s	20+386	2549010	4195948	85.7	piezometro	50	0	1	0	2	2	0	0
S8s	21+511	2549708	4196823	167.0	piezometro	140	0	4	0	0	2	0	0
S9s	22+134	2549879	4197456	56.3	piezometro	50	0	0	0	8	2	0	0
S10s	22+751	2550000	4198010	57.0	piezometro	30	0	0	0	3	2	0	0
S11s	23+629	2550245	4198855	43.5	piezometro	40	0	0	0	3	2	0	0
S14s	24+220	2550365	4199429	80.0	piezometro	50	0	0	0	7	2	0	0
S15s	25+037	2550608	4200128	150.0	piezometro	30	0	0	0	0	0	0	0
S16s	25+217	2550635	4200329	130.0	piezometro	80	0	0	0	0	0	0	0
S17s	25+663	2550885	4200699	240.0	piezometro	150	0	2	0	0	2	0	0
S18biss	26+350	2551286	4201258	130.0	piezometro	45	0	0	0	4	0	0	0
S18s	26+521	2551364	4201413	82.5	piezometro	30	0	0	0	0	2	0	0
S19s	27+181	2551731	4201973	80.7	piezometro	39	0	1	0	2	1	0	0
S20s	27+403	2551776	4202192	132.0	piezometro	91	0	0	0	0	2	0	0
S21s	28+728	2552542	4203256	90.9	piezometro	40	0	1	0	8	2	0	0
S22s	30+501	2553797	4204501	85.0	piezometro	60	0	2	0	2	2	0	0
S23s	31+141	2554289	4204911	103.0	piezometro	60	0	2	0	4	2	0	0
S24s	31+833	2554790	4205394	112.3	piezometro	90	0	0	0	2	2	0	0
S25s	32+387	2555292	4205632	175.0	piezometro	95	0	4	0	15	2	0	0

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S26s	32+655	2555542	4205739	81.5	piezometro	30	0	0	0	0	2	0	0
S27s	33+400	2556162	4206153	37.0	piezometro	30	0	1	0	0	2	0	0
S28s	33+965	2556644	4206448	39.0	piezometro	30	0	3	0	6	3	0	0
S29s	34+336	2556946	4206680	40.0	piezometro	30	0	3	0	5	3	0	0
S30s	34+479	2557004	4206817	50.0	piezometro	30	0	1	0	3	2	0	0
S31s	34+876	2557272	4207111	107.8	piezometro	70	0	4	0	1	4	0	0
S33s	36+776	2558352	4208674	105.8	piezometro	90	0	0	0	0	2	0	0
S34s	37+174	2558601	4208989	63.8	piezometro	45	0	3	0	0	3	0	0
S35s	38+598	2559489	4210077	107.3	piezometro	70	0	3	0	0	3	0	0
S36s	38+944	2559772	4210280	32.0	piezometro	30	0	3	0	5	3	0	0
S37s	39+212	2559964	4210464	28.0	piezometro	30	0	2	0	4	3	0	0
S38s	39+996	2560430	4211095	31.5	piezometro	30	0	0	0	5	2	0	0
S39s	40+954	2561101	4211744	35.0	piezometro	30	0	1	0	1	2	0	0
S41s	41+367	2561406	4212029	123.0	piezometro	110	0	0	0	0	2	0	0
S40s	41+835	2561746	4212340	75.0	piezometro	60	1	0	0	0	2	0	0
Totale							1	46	0	104	78	0	0

Tabella 4 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Sorige 2005, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S4i(NS5)	20+081	2548886	4195643	69.4	piezometro	30	0	0	0	3	1	0	0
S5i(NS8)	21+742	2549979	4197035	114.5	piezometro	60	0	4	0	0	1	0	0
S6i(NS11)	23+631	2550085	4198895	90.9	piezometro	55	0	0	0	3	1	0	1
S7i(NS14)	24+517	2550191	4199784	106.9	piezometro	30	0	0	0	3	1	0	1
S9i(NS19)	26+920	2551663	4201718	55.2	piezometro	25	0	0	0	3	1	0	0
S8i(NS18)	27+013	2551141	4202043	77.2	piezometro	30	0	0	0	3	1	0	0
S10i(NS26)	32+709	2555494	4205921	59.8	piezometro	25	0	0	0	1	1	0	0
S11i(NS31)	34+918	2556954	4207410	51.3	piezometro	25	0	0	0	3	2	0	0
S12i(NS32)	35+283	2557421	4207516	155.2	piezometro	120	0	5	0	0	0	0	0

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S13i(NS38)	40+578	2560848	4211473	44.2	piezometro	30	0	2	0	3	2	0	0
Totale							0	11	0	22	11	0	2

Tabella 5 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Imprefond 2006, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S5app	33+781	2556475	4206370	100.0	piezometro	80	1	6	0	5	0	0	0
S1aPz	33+957	2556612	4206477	38.1	piezometro	50	0	0	0	0	0	0	0
S2aPz	34+452	2556933	4206837	72.5	piezometro	50	0	0	0	0	0	0	0
S3aPz	34+624	2557075	4206945	28.0	piezometro	30	0	0	0	0	0	0	0
S4aPz	34+776	2557121	4207102	50.0	piezometro	50	0	0	0	0	0	0	0
S6app	42+167	2561926	4212617	14.5	piezometro	30	0	3	0	4	0	0	0
Totale							1	9	0	9	0	0	0

Tabella 6 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Geomerid 2013-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S14D	13+135	2545526	4189957	158.9	piezometro	145	0	2	10	0	3	3	0
S13DCH	13+613	2545710	4190405	55.1	sismica in foro	50	0	0	4	0	0	0	3
S13D	13+615	2545709	4190407	55.1	sismica in foro	50	0	3	2	0	2	3	0
S15D	14+391	2546049	4191153	71.7	non attrezzato	70	1	3	1	0	2	0	3
S18D	15+878	2546006	4192621	89.7	piezometro	65	0	3	2	0	2	3	2
S17D	16+281	2546151	4192999	32.3	non attrezzato	40	0	1	4	6	2	0	0
S19D	19+964	2548814	4195554	87.2	non attrezzato	55	0	3	0	0	2	3	0
S20D	20+416	2548934	4196063	106.7	piezometro	70	0	4	0	3	2	1	3

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S21D	22+180	2549695	4197495	71.1	piezometro	40	0	3	1	3	2	0	2
S22D	22+768	2549808	4198075	51.1	piezometro	30	1	1	1	6	1	0	2
S23D	23+229	2549933	4198518	29.2	piezometro	40	0	3	0	9	2	0	0
S24D	23+463	2549987	4198745	40.0	piezometro	40	0	3	1	8	1	0	0
S26D	24+483	2550195	4199746	106.6	piezometro	75	0	2	7	3	3	0	3
S27D	27+109	2551618	4201943	96.9	piezometro	73	0	0	6	0	2	3	0
S28D	27+637	2551822	4202434	181.1	piezometro	150	0	0	3	0	2	3	0
S29D	28+700	2552531	4203228	89.6	piezometro	70	0	2	1	8	2	0	3
S30D	31+892	2554861	4205393	105.1	non attrezzato	22	0	0	0	1	0	0	0
S31D	32+584	2555474	4205713	119.1	piezometro	94	0	0	5	0	2	3	3
S33D	33+567	2556295	4206254	58.0	piezometro	40	1	1	1	7	2	0	1
S34D	36+115	2557998	4208117	149.5	piezometro	125	0	0	5	0	3	0	0
S35D	37+600	2558845	4209328	146.4	piezometro	128	0	0	2	0	2	3	0
S36D	40+848	2561010	4211690	123.7	piezometro	110	0	2	0	0	2	3	0
S37D	41+687	2561678	4212203	81.5	piezometro	65	0	3	0	0	2	3	0
S38D	42+064	2561848	4212539	15.0	non attrezzato	40	0	4	0	9	2	0	0
Totale							3	43	56	63	45	31	25

Tabella 7 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2017-2018, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.1.2 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
td_01	16+057	2546136	4192747	sismica a rifrazione	120
td_02	16+152	2546156	4192839	sismica a rifrazione	119
tc_02	20+199	2548913	4195782	sismica a rifrazione	236
tc_01	20+280	2548980	4195829	sismica a rifrazione	112
tf_101	23+037	2550068	4198288	tomografia elettrica	527

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
tf_02	23+655	2550234	4198885	tomografia elettrica	405
tg_03	26+671	2551437	4201543	sismica a rifrazione	245
tg_02	26+858	2551520	4201712	sismica a rifrazione	113
tg_01	27+027	2551565	4201876	sismica a rifrazione	97
te_01	33+089	2555891	4206000	tomografia elettrica	559
ti_01	34+050	2556711	4206502	sismica a rifrazione	118
ti_02	34+146	2556789	4206559	sismica a rifrazione	117
ti_03	34+256	2556882	4206627	sismica a rifrazione	108
tl_02	34+551	2557088	4206843	sismica a rifrazione	256
tl_01	34+660	2557179	4206910	sismica a rifrazione	119
th_02	39+181	2559936	4210446	sismica a rifrazione	120
th_01	39+241	2559961	4210503	sismica a rifrazione	119

Tabella 8 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini Progeo 2005, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
19	15+511	2546021	4192262	sismica a rifrazione	193
22	15+913	2546147	4192599	sismica a rifrazione	226
27	20+120	2548878	4195706	sismica a rifrazione	219
25	20+211	2548920	4195792	sismica a rifrazione	325
26	20+323	2549021	4195850	sismica a rifrazione	225
29	22+656	2550025	4197906	sismica a rifrazione	228
30	23+642	2550262	4198864	sismica a rifrazione	221
32	23+847	2550295	4199080	sismica a rifrazione	225
31	23+871	2550290	4199105	sismica a rifrazione	412
33	24+427	2550502	4199574	sismica a rifrazione	294
35	26+357	2551292	4201263	sismica a rifrazione	219
36	26+519	2551409	4201398	sismica a rifrazione	229
34	26+531	2551334	4201428	sismica a rifrazione	202
37	27+033	2551616	4201861	sismica a rifrazione	225
38	27+106	2551644	4201929	sismica a rifrazione	115
41	28+580	2552498	4203097	sismica a rifrazione	224
39	28+664	2552511	4203198	sismica a rifrazione	332
40	28+709	2552544	4203228	sismica a rifrazione	347
43	30+513	2553836	4204487	sismica a rifrazione	209

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
42	30+522	2553806	4204508	sismica a rifrazione	224
44	32+653	2555541	4205741	sismica a rifrazione	206
45	32+655	2555518	4205773	sismica a rifrazione	223
48	38+766	2559634	4210167	sismica a rifrazione	163
47	38+911	2559743	4210266	sismica a rifrazione	199
46	38+913	2559721	4210288	sismica a rifrazione	219
49	39+990	2560415	4211097	sismica a rifrazione	213
50	40+021	2560419	4211130	sismica a rifrazione	227
52	40+565	2560816	4211498	sismica a rifrazione	225
51	40+570	2560751	4211562	sismica a rifrazione	162
53	40+949	2561086	4211764	sismica a rifrazione	139
54	40+952	2561081	4211764	sismica a rifrazione	225
55	41+886	2561799	4212364	sismica a rifrazione	147
56	41+923	2561786	4212417	sismica a rifrazione	186

Tabella 9 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini Progeo 2006, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
MASW3	14+838	2546387	4191616	MASW	57
MASW4	23+226	2549927	4198516	MASW	57
MASW5	34+645	2557128	4206930	MASW	58
MASW6	42+245	2561937	4212697	MASW	57

Tabella 10 - Sintesi delle indagini sismiche MASW realizzate nell'ambito della campagna indagini S.G.G. 2013-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
R1	22+811	2549836	4198112	MASW/Re.Mi.	-
L5c	22+841	2549844	4198141	sismica a rifrazione	114
L5a	22+994	2549868	4198293	sismica a rifrazione	115
R2	23+072	2549907	4198363	MASW/Re.Mi.	-
L5b	23+105	2549916	4198394	sismica a rifrazione	235
R3	23+136	2549925	4198424	MASW/Re.Mi.	-
M5	14+714	2546290	4191480	MASW	56
M7	13+538	2545690	4190334	MASW	56
M8	13+195	2545424	4190089	MASW	56
M9	13+258	2545515	4190106	MASW	56

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M10	16+054	2546050	4192792	MASW	56
M11	16+283	2546226	4192944	MASW	56
M12	20+109	2548841	4195726	MASW	56
M13	22+778	2549805	4198085	MASW	56
M14	23+515	2549971	4198803	MASW	56
M15	27+109	2551697	4201910	MASW	56
M16	39+079	2559788	4210453	MASW	56
M17	33+927	2556583	4206469	MASW	56
M18	34+384	2556957	4206733	MASW	56
M19	34+760	2557094	4207103	MASW	56
M20	32+653	2555516	4205778	MASW	56
M21	41+953	2561838	4212420	MASW	56

Tabella 11 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017-2018, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.2 Rilievi di campo

Nell'ambito del presente studio sono stati effettuati appositi rilievi di campo volti alla definizione delle principali caratteristiche geologiche e geomeccaniche dei termini litologici presenti nella zona di intervento.

6.2.1 Rilievi geologici

Per poter definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche proprie dei settori di intervento, nell'ambito della presente fase di approfondimento progettuale sono stati effettuati appositi rilievi di campo, opportunamente distribuiti su tutta la zona di interesse. Per il presente lotto funzionale sono stati condotti n. 113 stop geologici, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento (RS2S 02 D69 G4 GE0001 001-4, RS2S 02 D69 G5 GE0005 001-4 e RS2S 02 D69 G6 GE0001 001-14).

Per ogni stop geologico è stata realizzata una apposita scheda di sintesi, contenente le principali informazioni geologiche e spaziali (comune di riferimento, località, stralcio cartografico, coordinate, unità geologica, descrizione geologica, condizione del fronte, foto). Le schede di sintesi sono identificate da un codice numerico univoco e sono riportate del relativo rapporto di campagna (RS2S 00 D69 RH GE0001 001).

n° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G40	13+120	2545561	4189915	DOA
G41	13+159	2545389	4190069	SCA2
G42	13+199	2545456	4190074	GCM
G43	13+269	2545471	4190143	GCM
G44	13+770	2545990	4190464	GCM
G45	13+874	2545695	4190695	GLD

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	20 di 268

n° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G46	13+941	2545740	4190748	GLD
G47	13+950	2545716	4190766	SCA2a/GLD
G48	14+050	2545987	4190779	GLD
G49	14+495	2545762	4191262	GCM
G50	14+611	2545890	4191379	DOA
G51	14+696	2546219	4191462	TAM
G52	14+747	2546456	4191514	g2
G53	14+859	2545726	4191622	TAM
G54	15+162	2545921	4191931	TAM
G55	15+643	2545683	4192454	GLD
G56	15+690	2545698	4192506	GLD
G57	16+058	2546122	4192756	CODb
G58	16+050	2546083	4192769	CODb
G59	16+041	2546026	4192790	CODb
G60	16+235	2546244	4192873	CODb
G61	16+280	2546172	4192983	CODb
G62	16+353	2546159	4193087	CODb
G63	18+349	2547961	4194128	CODa
G64	20+122	2548890	4195698	b2
G65	20+094	2548839	4195708	TAM
G66	21+122	2549778	4196307	GLO
G67	21+207	2549767	4196436	GLOa
G68	21+323	2549787	4196578	GLO
G69	22+190	2549840	4197508	FDN
G70	22+608	2549949	4197876	FDN
G71	22+697	2550187	4197910	FDN
G72	23+490	2550031	4198763	b2
G73	23+487	2549890	4198795	FDN
G74	24+334	2550038	4199638	FDN
G75	25+145	2550780	4200127	PMAb
G76	25+169	2550675	4200238	PMAb
G77	25+293	2550779	4200315	PMAb
G78	25+211	2550514	4200414	PMAb
G79	25+355	2550614	4200519	PMAb
G80	26+915	2551285	4201876	ba
G81	27+145	2551686	4201954	DOA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	21 di 268

n° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G82	27+064	2551427	4201977	FDN/DOA
G83	27+186	2551708	4201988	DOA
G84	27+162	2551335	4202123	DOA
G85	27+180	2551300	4202157	FDN
G86	27+678	2551974	4202381	LLM
G87	28+821	2552801	4203152	FDN
G88	28+796	2552724	4203187	FDN
G89	28+782	2552680	4203206	TAM
G90	28+818	2552614	4203314	FDN/TAM
G91	28+846	2552611	4203353	TAM
G92	28+856	2552612	4203365	FDN
G93	28+858	2552609	4203370	FDN
G94	30+440	2553696	4204525	FDN
G95	31+031	2554410	4204601	LLM
G96	31+009	2554117	4204909	LLM
G97	32+350	2555258	4205619	MSS
G98	32+508	2555394	4205700	MSS
G99	32+096	2554877	4205757	PCTb
G100	32+007	2554769	4205763	PCTb
G101	32+062	2554813	4205796	PCTb
G102	31+991	2554685	4205869	CFL
G103	31+987	2554648	4205922	CFL
G104	32+034	2554681	4205958	CFL
G105	33+076	2555894	4205970	ba
G106	32+803	2555505	4206083	FDN
G107	33+535	2556323	4206150	VEP1
G108	33+519	2556277	4206192	FDN
G109	33+705	2556382	4206378	VEP1
G110	33+689	2556291	4206497	MLE
G111	34+248	2556836	4206657	b2
G112	34+471	2556978	4206827	VEP1
G113	34+491	2556946	4206877	b2/VEP1
G114	34+967	2557614	4206962	LLM
G115	34+885	2557412	4207015	LLM/VEP1
G116	34+735	2557149	4207029	b2
G117	34+894	2557391	4207042	VEP1

n° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G118	34+968	2557510	4207045	LLM/ALD
G119	34+964	2557493	4207053	VEP1
G120	35+186	2557810	4207082	ALD
G121	34+975	2557461	4207090	VEP1
G122	34+899	2557316	4207108	VEP1
G123	35+291	2557867	4207140	ALD
G124	36+238	2558537	4207928	ALO
G125	36+680	2558628	4208392	ACS
G126	36+724	2558628	4208444	ACS
G127	36+801	2558622	4208538	VEP1/ALD
G128	36+737	2558353	4208628	VEP1/MMF
G129	36+794	2558372	4208685	VEP1
G130	36+822	2558422	4208685	MMF
G131	37+113	2558728	4208838	VEP1
G132	37+135	2558677	4208896	MMF
G133	37+203	2558791	4208906	MMF
G134	37+180	2558658	4208961	MMF
G135	38+457	2559404	4209961	VEP1
G136	38+911	2559810	4210183	VEP1
G137	39+181	2559959	4210427	ba/bb
G138	39+446	2559886	4210793	FDN
G139	39+990	2560416	4211097	FDN
G140	40+049	2560377	4211192	FDN
G141	40+811	2561158	4211420	PMAa
G142	40+521	2560783	4211465	PMAa
G143	40+826	2561100	4211527	PMAa
G144	40+791	2561042	4211549	PMAa
G145	40+970	2561230	4211592	PMAa
G146	41+606	2561779	4211947	gn/PMAa
G147	41+632	2561753	4212030	PMAc
G148	41+670	2561800	4212046	PMAa
G149	41+658	2561745	4212085	PMAa/PMAc
G150	41+735	2561837	4212120	PMAa
G151	41+913	2561804	4212395	b2/PMAa/PMAc
G152	41+952	2561582	4212566	PMAa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS2S	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. C

Tabella 12 – Sintesi gli stop geologici effettuati nella presente fase progettuale nel lotto in esame, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.2.2 Rilievi geostrutturali

Al fine di definire le caratteristiche geomeccaniche e il relativo stato di fratturazione dei termini litologici presenti lungo il tracciato ferroviario in oggetto, nell'ambito dello studio sono stati analizzati i risultati di numerosi rilievi geostrutturali appositamente condotti in tutto il settore di intervento. I suddetti rilievi sono stati eseguiti secondo gli *standard* della International Society for Rock Mechanics (ISRM 1978, 1993).

Inizialmente sono stati acquisiti i dati relativi agli stop geo-strutturali effettuati nelle precedenti fasi progettuali e riportati nelle cartografie geologiche in allegato (cfr. RS2S 02 D69 G5 GE0001 001-4 e RS2S 02 D69 G6 GE0001 001-13). Nella tabella seguente è riportata una sintesi di ogni singola stazione, con indicazione dei principali dati tecnici (n° stazione, latitudine e longitudine, unità geologica, RMR e GSI).

N° stazione	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
8	13+350	2546274	4189836	TAMa
9	16+402	2546617	4192768	CODb
10	18+103	2547597	4194138	CODb
11	20+306	2548973	4195872	TAM
12	22+194	2549830	4197511	FDN
13	23+516	2549848	4198834	FDN
14	25+186	2550485	4200404	PMAb
15	35+091	2557343	4207328	VEP1
16	35+857	2558251	4207655	ALO
17	40+381	2560614	4211437	PMAa
18	40+833	2561100	4211537	PMAa

Tabella 13 – Sintesi degli stop geo-strutturali realizzati nelle fasi progettuali precedenti, nel lotto in esame, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Inoltre, durante la presente fase di approfondimento progettuale sono stati condotti n. 39 stop geostrutturali, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento (cfr. RS2S 02 D69 G5 GE0001 001-4, RS2S 02 D69 G5 GE0005 001-3 e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6). I punti di rilievo sono stati analizzati distintamente nel caso degli ammassi rocciosi e nel caso degli ammassi eterogenei.

Per quanto concerne gli ammassi rocciosi, sono state determinate le principali caratteristiche dei giunti (spaziatura, apertura, persistenza, rugosità, riempimento), della roccia intatta (resistenza a compressione, grado di alterazione) e dell'ammasso (struttura, forma dei blocchi, condizioni idrauliche). Per quanto riguarda gli ammassi eterogenei, invece, sono state determinate le proprietà degli orizzonti litologici (% roccia, % pelite, spessore strati roccia, spessore strati pelite) oltre che le principali caratteristiche dei giunti (rugosità), della roccia intatta (resistenza a compressione, grado di alterazione) e dell'ammasso (struttura, forma dei blocchi, condizioni idrauliche).

Tutti i dati raccolti hanno così permesso di caratterizzare gli ammassi rocciosi investigati e di definire, per ogni singolo punto di rilievo, il *range* di variazione del Geological Strength Index (GSI). Le schede di sintesi sono identificate da un codice numerico univoco e sono riportate del relativo rapporto di campagna (RS2S 01 D69 RH

GE0001 002). Nella tabella seguente, invece, è riportata una sintesi di ogni singola stazione, con indicazione dei principali dati tecnici (n° stazione, latitudine e longitudine, unità geologica).

n° stazione geologica	n° stazione geo-strutturale	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G42	S15	13+199	2545456	4190074	GCM
G45	S16	13+875	2545695	4190695	GLD
G46	S17	13+941	2545740	4190748	GLD
G51	S18	14+696	2546219	4191462	TAM
G59	S20	16+041	2546026	4192790	CODb
G58	S19	16+050	2546083	4192769	CODb
G60	S21	16+236	2546244	4192873	CODb
G63	S22	18+350	2547961	4194128	CODa
G65	S23	20+095	2548839	4195708	TAM
G67	S24	21+208	2549767	4196436	GLOa
G69	S25	22+191	2549840	4197508	FDN
G71	S26	22+697	2550187	4197910	FDN
G73	S27	23+488	2549890	4198795	FDN
G76	S28	25+170	2550675	4200238	PMAb
G78	S29	25+212	2550514	4200414	PMAb
G81	S30	27+145	2551686	4201954	DOA
G84	S31	27+162	2551335	4202123	DOA
G85	S32	27+180	2551300	4202157	FDN
G91	S33	28+847	2552611	4203353	TAM
G92	S34	28+857	2552612	4203365	FDN
G94	S35	30+440	2553696	4204525	FDN
G100	S36	32+008	2554769	4205763	PCTb
G104	S37	32+034	2554681	4205958	CFL
G106	S38	32+804	2555505	4206083	FDN
G107	S39	33+536	2556323	4206150	VEP1
G117	S40	34+895	2557391	4207042	VEP1
G119	S41	34+965	2557493	4207053	VEP1
G120	S42	35+187	2557810	4207082	ALD
G124	S44	36+239	2558537	4207928	ALO
G126	S43	36+725	2558628	4208444	ALD
G129	S46	36+795	2558372	4208685	VEP1
G127	S45	36+802	2558622	4208538	ALD
G134	S47	37+181	2558658	4208961	MMF

n° stazione geologica	n° stazione geo-strutturale	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G135	S48	38+458	2559404	4209961	VEP1
G138	S49	39+446	2559886	4210793	FDN
G142	S50	40+522	2560783	4211465	PMAa
G147	S51	41+633	2561753	4212030	PMAc
G150	S52	41+735	2561837	4212120	PMAa
G152	S53	41+952	2561582	4212566	PMAc

Tabella 14 – Sintesi gli stop geo-strutturali effettuati nella presente fase progettuale nel lotto in esame, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio siciliano presenta una conformazione geologica *s.l.* piuttosto articolata e complessa, strettamente legata ai differenti processi geodinamici e morfoevolutivi che si sono verificati nell'area durante il Quaternario (Lentini et al. 1991; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000, 2002), quali l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

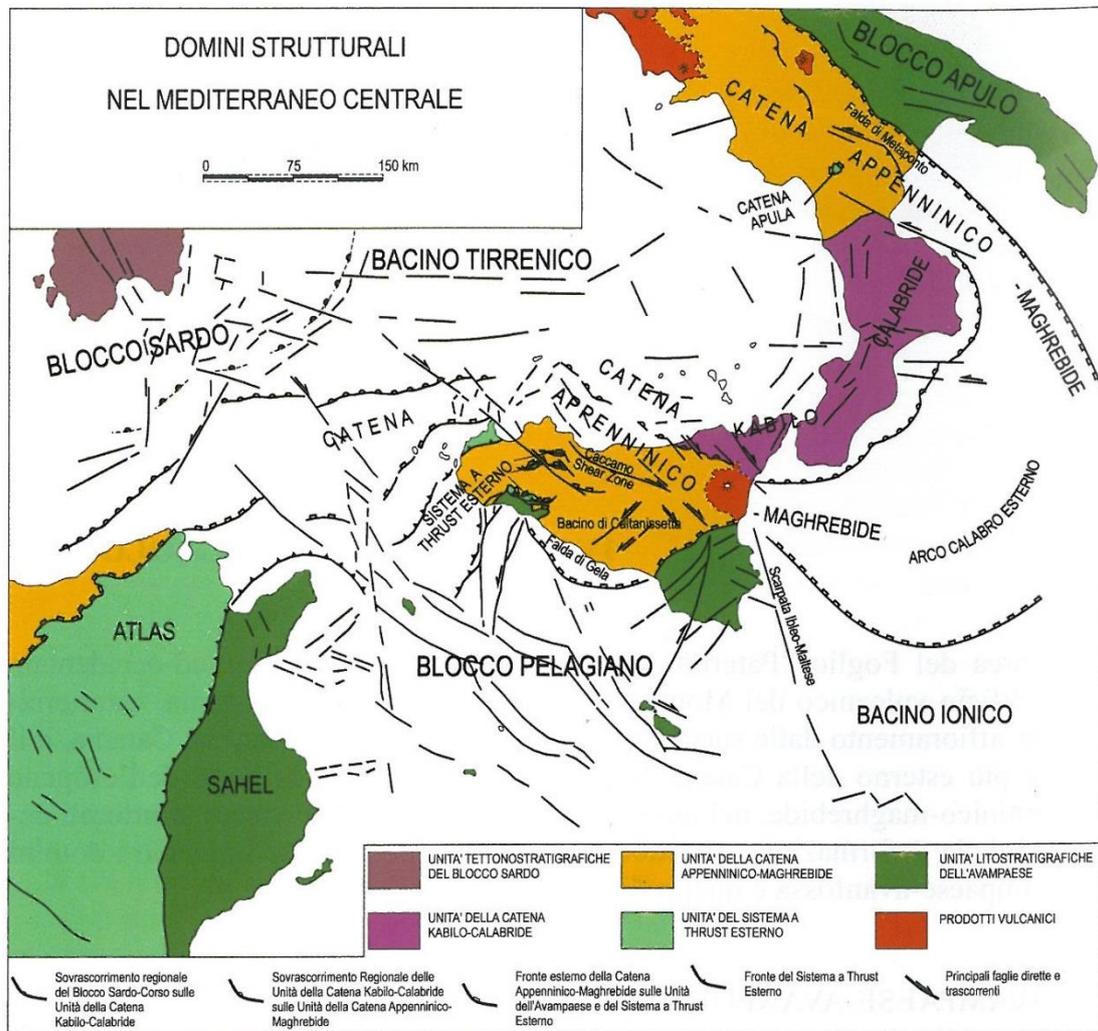


Figura 2 – Domini strutturali ed elementi tettonici nel Mediterraneo centrale (da Lentini et al. 1995, modificato).

Dal punto di vista geologico, le principali strutture che caratterizzano la Sicilia sono (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000):

- l'**Avampaese Ibleo**, affiorante nei settori Sud-orientali dell'isola e caratterizzato da una potente successione carbonatica meso-cenozoica, con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche (Patacca et al. 1979; Lentini et al. 1984);
- l'**Avanfossa Gela-Catania**, affiorante nella porzione orientale della Sicilia e costituita da una spessa successione sedimentaria tardo-cenozoica, parzialmente sepolta sotto le coltri alloctone del sistema frontale della catena (Ogniben 1969; Di Geronimo et al. 1978; Lentini 1982; Torelli et al. 1998);
- la **Catena Appenninico-Maghrebide**, affiorante nella porzione settentrionale dell'isola e costituita da sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Cello et al. 1989; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998);

- la **Catena Kabilo-Calabride**, affiorante nei settori Nord-orientali della Sicilia e caratterizzata da un basamento metamorfico di vario grado con le relative coperture sedimentarie meso-cenozoiche, cui si associano le unità ofiolitifere del Complesso Liguride (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Tansi et al. 2007).

Nella sua complessità, il paesaggio fisico della Sicilia è quindi il risultato di una complessa interazione di diversi fattori geologici, tettonici, geomorfologici e climatici che, nel corso del tempo, hanno interessato l'area in esame in maniera differente (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000). Nello specifico, l'area di studio ricade nella porzione Nord-orientale dell'isola siciliana, in corrispondenza del punto di snodo tra il margine della Catena Appenninico-Maghrebide, la Catena Kabilo-Calabride in avanzamento differenziale e il Bacino Tirrenico in apertura (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009; Broquet 2016). La parte più meridionale di tale settore risulta caratterizzata dalla presenza del Monte Etna, un imponente vulcano composito quaternario derivante dall'accumulo di lave e depositi piroclastici (Monaco et al. 2010) eruttati durante gli ultimi 200 ka (Gillot et al. 1994).

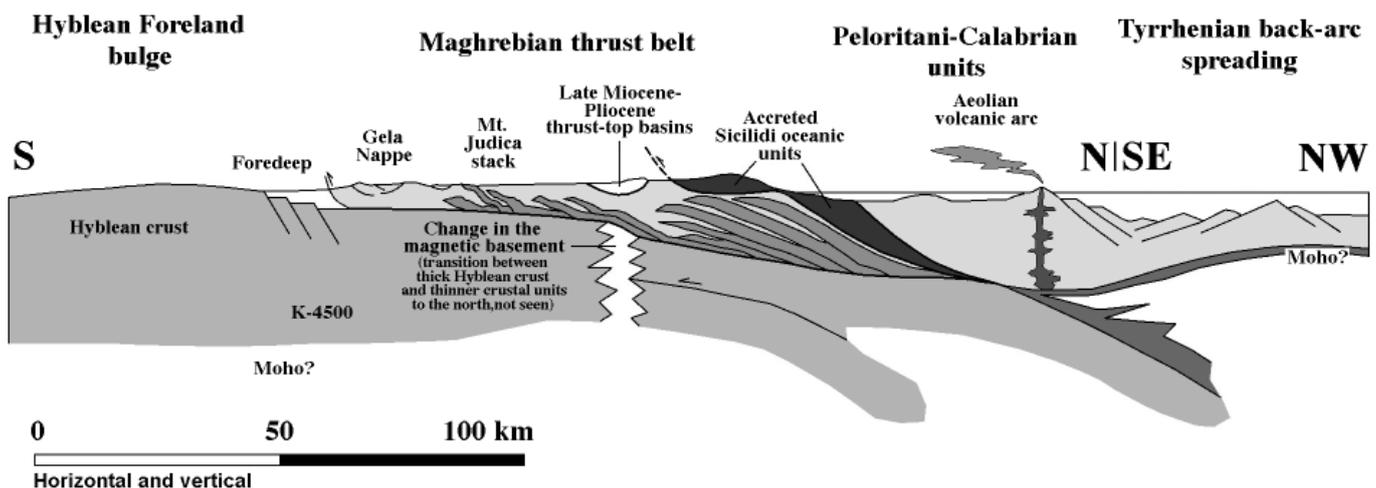


Figura 3 – Sezione semplificata della Sicilia orientale, lungo una sezione estesa dal promontorio Ibleo alla zona antistante al bacino di retro-arco tirrenico più meridionale (da Elter et al. 2003).

La Catena Appenninico-Maghrebide è costituita da un sistema a *thrust* pellicolare con vergenza verso SE nel tratto siculo-maghrebide e ENE in quello appenninico (Monaco et al. 2000; Carbone et al. 2010). Il sistema comprende sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con spesse coperture flyschoidi mioceniche probabilmente appartenenti ad un paleomargine afro-adriatico (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998; Catalano et al. 2009). Queste ultime formano differenti orizzonti tettonici sovrapposti e sono interpretabili, essenzialmente, come il prodotto della deposizione di detrito quarzoso sia all'interno del dominio di avanfossa che all'interno di bacini di avampaese di età oligocenica-inframiocenica (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Tale catena è quindi costituita da una serie di falde più o meno alloctone, totalmente sovrapposte sul Sistema a *Thrust* Esterno (Carbone et al. 2010). Al suo interno, le Unità Sicilidi che ricoprono la porzione sommitale della pila risultano derivanti dal Bacino Alpino-Tetideo che separava il margine europeo dal blocco panormide (Finetti et al. 2005; Carbone et al. 2010), e sono interpretabili come i resti di un cuneo d'accrezione oceanico sovrascorso fino al raggiungimento dell'attuale fronte della catena (Catalano et al. 2009). Ulteriori sequenze oceaniche, riconoscibili nelle unità tettoniche più esterne, invece, sono riferibili ad un dominio di crosta oceanica, che rappresenta la porzione subdotta dell'originario bacino ionico (Finetti 2005).

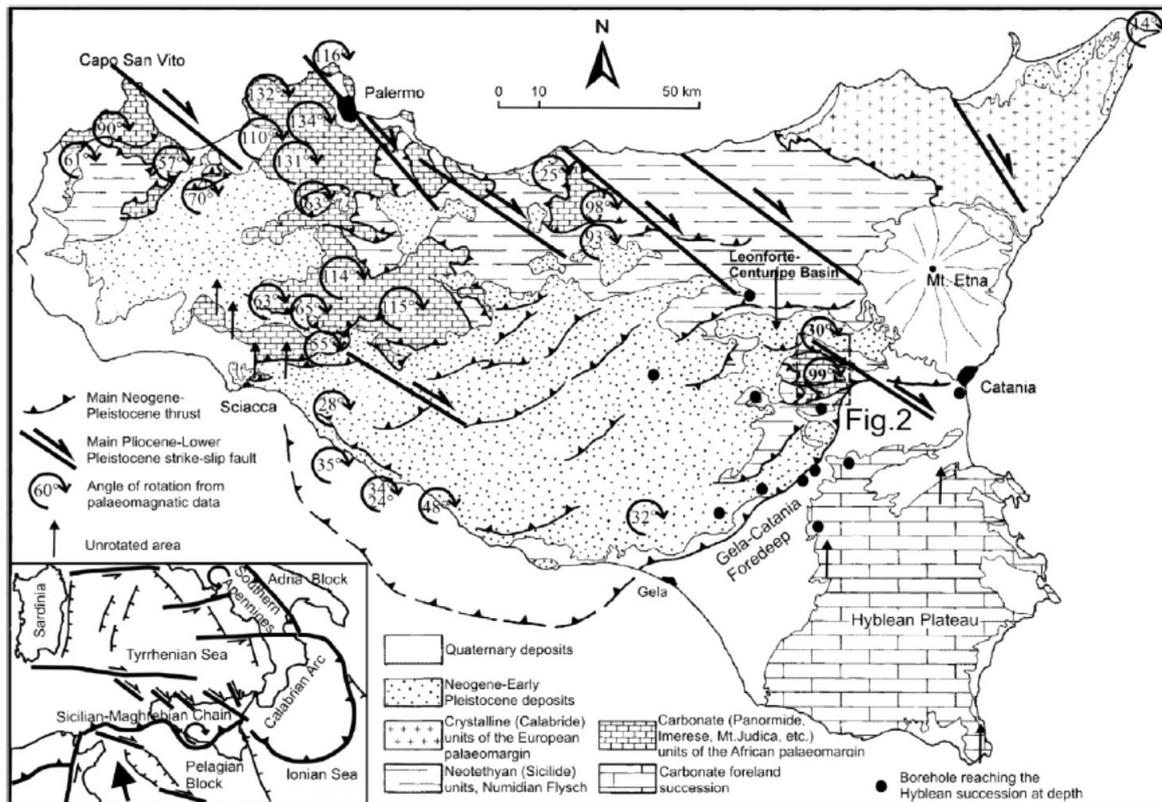


Figura 4 – Carta geologico-strutturale della Sicilia, con evidenze delle rotazioni neogeniche connesse allo sviluppo dell'orogene (da Monaco & De Guidi 2006).

La Catena Kabilo-Calabride rappresenta un cuneo d'accrezione causato dalla collisione tra Africa ed Europa (Amodio-Morelli et al. 1976; Tortorici 1982), nonché l'elemento di raccordo tra gli assi NW-SE della Catena Appenninica con quelli E-W della Catena Maghrebide (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1980; Vai 1992; Catalano et al. 2009; Carbone et al. 2010). La struttura fortemente arcuata dell'orogene e la differente orientazione delle strutture è legata ai processi d'indentazione del Blocco Pelagiano (Tapponier 1977; Boccaletti et al. 1990), che hanno causato i processi di *rifting* del Bacino Tirrenico lungo la sutura tra il Blocco Sardo-Corso e quello Apulo. La conseguente estrusione della Catena Kabilo-Calabride verso il Dominio Ionico è stata favorita dalla rotazione antioraria del settore appenninico e oraria di quello siciliano (Channel & Tarling 1975; Channel et al. 1980, 1990; Sagnotti 1992; Scheepers et al. 1993).

Il segmento calabro è costituito da una serie di falde che presentano analogie più o meno marcate con la Catena Austro-Alpina (Bonardi et al. 2001), ma che non trovano riscontro con le sequenze della Catena Appenninico-Maghrebide (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Le falde della Catena Kabilo-Calabride, infatti, sono costituite da una serie di unità tettoniche in cui sono rappresentate diverse porzioni di un'originaria crosta continentale con le relative coperture meso-cenozoiche (Ogniben 1969; Lentini & Vezzani 1975; Elter et al. 2003; Catalano et al. 2009). In particolare nel settore siciliano, al tetto delle unità tettoniche del basamento poggiano in discordanza depositi terrigeni da molassici a flyschoidi, relativi a differenti cicli di deposizione oligo-miocenica (Lentini & Vezzani 1975; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

I limiti tra la Catena Kabilo-Calabride e quella Appenninico-Maghrebide sono rappresentati da due estese fasce tettoniche di importanza regionale, generalmente identificate con la Linea di Sangineto a Nord e la Linea di Taormina a Sud (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Parotto & Praturlon 2004; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009). Quest'ultima, in particolare, è stata a lungo interpretata come uno svincolo trascorrente destro posto alla terminazione meridionale del segmento calabro, che taglia l'isola siciliana dal Tirreno al Mar Ionio (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Parotto & Praturlon 2004). In realtà, la Linea di Taormina rappresenta un *thrust* a basso angolo di età oligo-miocenica, successivamente ritagliato da strutture trascorrenti ad alto angolo di età più recente (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009).

7.1 Evoluzione geologica

Ad esclusione del settore peloritano Nord-orientale, la tettonogenesi che ha interessato la Sicilia durante il Cenozoico ha portato le principali unità tettoniche dell'area accavallarsi dalle zone Nord-occidentali verso quelle Sud-orientali, dando vita ad un sistema a *thrust and fold* vergente verso SE (Catalano et al. 1996; Bello et al. 2000; Monaco et al. 2000; Lavecchia et al. 2007; Carbone et al. 2010; Broquet 2016). Le falde della Catena Appenninico-Maghrebide si accavallano, quindi, sull'Avampaese Ibleo con modalità simili a quelle che determinano la messa in posto delle coltri appenniniche sul Dominio Apulo (Lentini et al. 1995; Bello et al. 2000).

A partire dal Miocene superiore, la sovrapposizione frontale della catena sulle successioni iblee è stata accompagnata dall'attivazione di *thrust* fuori sequenza e dalla formazione di bacini sedimentari sintettonici nelle depressioni al retro (Di Grande et al. 1976), mentre si individuava il bacino di avanfossa al fronte (Lentini et al. 1990; Butler & Grasso 1993; Bello et al. 2000). Durante la migrazione della catena le unità sovrascorse hanno subito rotazioni orarie di notevole entità (Channell et al. 1980, 1990; Speranza et al. 1999; Monaco & De Guidi 2006), mentre l'attivazione di sistemi di faglie trascorrenti destre, disposte *en-echelon* ed orientate NW-SE e WNW-ESE, ha caratterizzato le fasi post-tortoniane dell'orogenesi (Lentini et al. 1991).

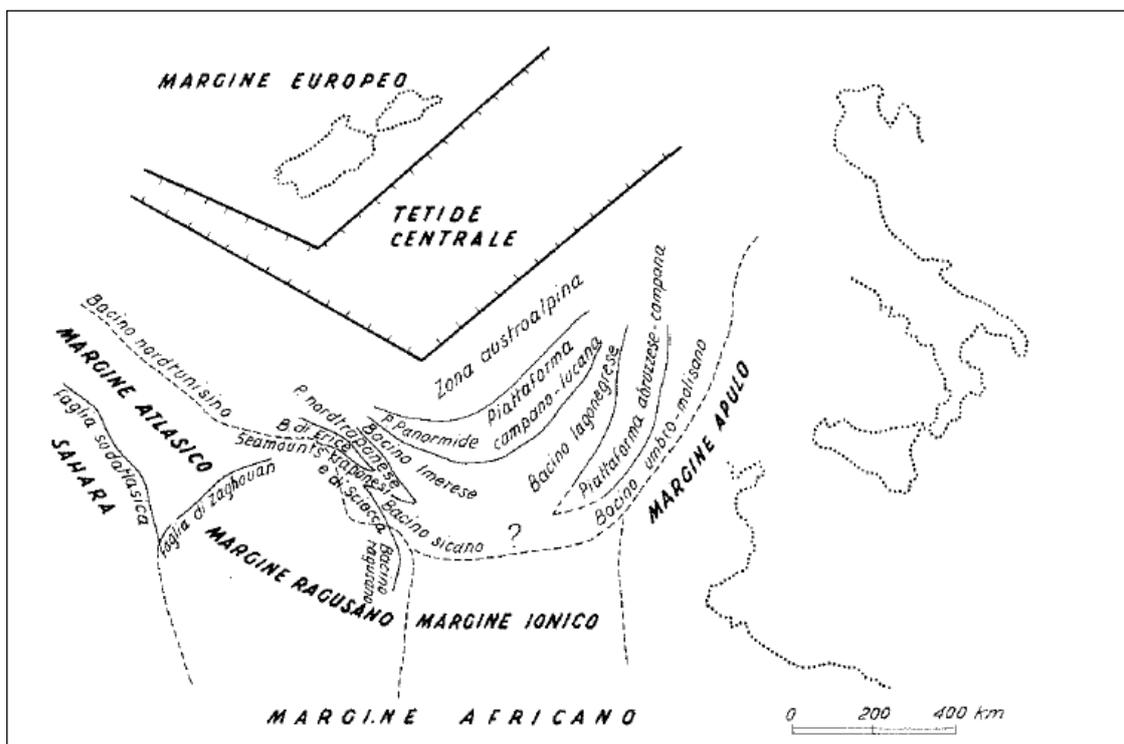


Figura 5 – Ricostruzione palinspastica della Tetide centrale nel Giurassico (da Scandone et al. 1974).

La Catena Kabilo-Calabride rappresenta una delle zone di massima distorsione dell'orogene che circonda il Mediterraneo e costituisce, ovviamente, l'elemento di raccordo tra la Catena Appenninica a Nord e la Catena Maghrebide a Sud (Amodio-Morelli et al. 1976, Bonardi et al. 1980; Vai 1992; Catalano et al. 2009; Carbone et al. 2010). Questa struttura, che risulta essere l'elemento più interno di tutto l'orogene, è costituita da una serie di unità tettoniche in cui sono rappresentate diverse porzioni dell'originaria crosta continentale con le relative coperture meso-cenozoiche (Ogniben 1969; Lentini & Vezzani 1975; Elter et al. 2003; Catalano et al. 2009). Ad esse si associano unità ofiolitifere caratterizzate da gradi di metamorfismo variabile e derivanti dalla deformazione di un originario dominio oceanico (Ogniben 1969; Tansi et al. 2007).

L'evoluzione ed il significato di tale elemento in relazione alle unità ofiolitifere ad ai domini della Catena Appenninico-Maghrebide sono state oggetto di diverse e contrastanti interpretazioni, riconducibili a tre ipotesi principali. La prima considera le falde cristalline calabridi come frammenti derivanti dal margine europeo (Ogniben 1969, 1973), mentre la seconda considera la Catena Kabilo-Calabride come un frammento di catena alpina Europa-vergente, di tipo austroalpino, sovrascorsa internamente sui domini appenninici durante il Neogene (Alvarez 1976, Amodio-Morelli et al. 1976, Bonardi et al. 1982). La terza ipotesi, infine, considera il dominio calabride come una microplacca continentale meso-mediterranea interposta tra i due margini principali (Alvarez 1976, Ogniben 1985), coinvolta in processi collisionali prima a vergenza europea (fase eo-alpina) e successivamente a vergenza africana.

Nel Cretacico superiore-Eocene, i processi di convergenza sarebbero stati marcati prima da una subduzione di litosfera oceanica tetideica al di sotto della placca africana o di una placca meso-mediterranea, con conseguente formazione di una catena eo-alpina Europa-vergente (Haccard et al. 1972; Amodio-Morelli et al. 1976; Boccaletti et al. 1977; Scandone et al. 1977; Tortorici 1982). Successivamente, nel Paleocene-Miocene inferiore, si sarebbe verificata una seconda subduzione di litosfera assottigliata di pertinenza africana al di sotto del margine europeo e/o

calabride, seguita da processi collisionali con conseguente formazione della Catena Appenninico-Maghrebide a vergenza africana (Alvarez et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Catalano et al. 2004). Quest'ultima fase avrebbe portato, nel Neogene-Quaternario, all'apertura del Bacino Tirrenico al retro dell'orogene in formazione (Mostardini & Merlini 1986; Cello et al. 1989; Roure et al. 1991; Catalano et al. 2004).

La posizione strutturale della Catena Kabilo-Calabride è da correlare, quindi, a processi d'estrusione causati dalla collisione tra Africa ed Europa nel settore dove il Bacino Ionico ha continuato il processo di subduzione nel Plio-Pleistocene, accompagnato dall'apertura del Bacino Tirrenico nelle aree di retroarco (Tapponier 1977; Faccenna et al. 1996; Catalano et al. 2004). Il settore kabilo-calabride è stato così espulso lateralmente verso il Mar Ionio grazie all'attivazione di due importanti fasce tettoniche, classicamente identificate nella Linea di Sanginetto a Nord e nella Linea di Taormina a Sud (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Parotto & Praturlon 2004; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009). Le suddette fasce presentano cinematismi particolarmente complessi, che potrebbero comprendere anche la Zona di taglio del Pollino (Moussat et al. 1986; Dewey et al. 1989; Ben-Avraham et al. 1990; Cinque et al. 1993; Catalano et al. 2004) e il Sistema Sud-Tirrenico (Finetti et al. 1996; Lentini et al. 2006).

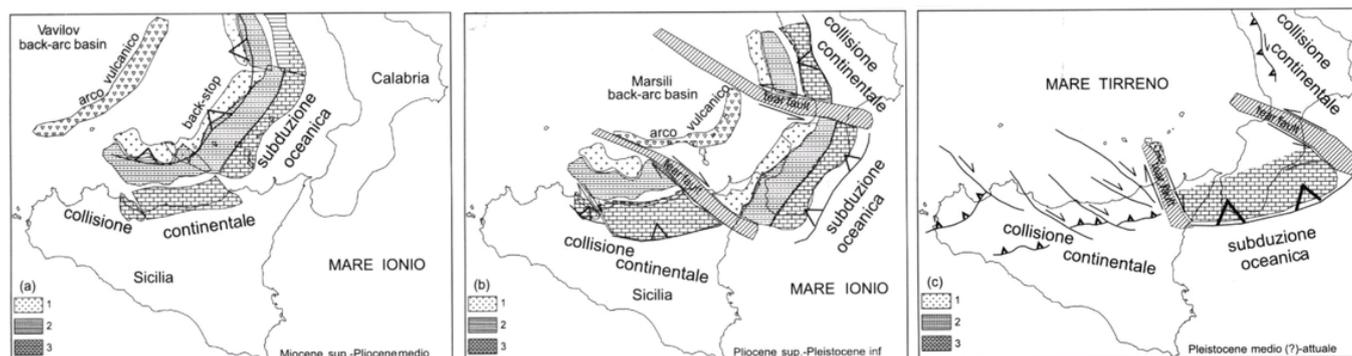


Figura 6 – Ricostruzione paleogeografica del forearc system tra il Miocene superiore e l'attuale (da Guarnieri & Carbone 2003)

Al tetto delle unità appenninico-maghrebidi e kabilo-calabridi affiorano i depositi terrigeni sin- e tardorogeni, organizzati in successioni sovrapposte e delimitate da discordanze angolari che attestano i diversi stadi della deformazione (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009). Tali terreni sanciscono, quindi, la progressiva saldatura tra la Catena Appenninico-Maghrebide e quella Kabilo-Calabride, avvenuta nelle fasi precoci della collisione continentale (Lentini et al. 1995; Critelli et al. 2017). I rapporti geometrici dei depositi terrigeni col substrato testimoniano che la loro deposizione è avvenuta all'interno di depocentri controllati da scaglie tettoniche embriciate, posteriori ai contatti di ricoprimento tra le unità cristalline e impostatesi nelle fasi finali della tettonica di *breaching* dell'edificio kabilo-calabride (Catalano & Di Stefano 1996, Catalano et al. 1996; Carbone et al. 2007).

Un primo ciclo di deposizione è rappresentato dalla Formazione di Piedimonte e dal Conglomerato Rosso, che ricoprono rispettivamente le unità appenninico-maghrebidi e quelle kabilo-calabridi (Truillet 1968; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Un secondo ciclo di deposizione è invece rappresentato dal Flysch di Capo d'Orlando, che si estende sia sul dominio appenninico-maghrebide che su quello kabilo-calabride (Lentini & Vezzani 1975). In particolare, i livelli conglomeratici supraoligocenici di quest'ultima successione risultano diffusi principalmente lungo la Linea di Taormina, al contatto tra i due domini, e all'interno di ristrette aree di depressione strutturale (Lentini et al. 1995; Catalano & Di Stefano 1996).

La sedimentazione tardogena è stata interrotta dall'arrivo delle Argille Scagliose Antisicilidi sui livelli burdigaliani del Flysch di Capo d'Orlando (Lentini & Vezzani 1978; Carbone et al. 2007), che coincide con la definitiva



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO
Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	32 di 268

saldatura tra la Catena Kabilo-Calabride e la Catena Appenninico-Maghrebide. Su tali terreni poggia, quindi, la successione inframiocenica delle Calcareniti di Floresta, correlabile con la formazione dei cunei clastici del Flysch di Reitano nei settori interni dei domini appenninico-maghrebidi (Ogniben 1969; Carbone et al. 1993; Catalano et al. 2009).

A partire dal Miocene medio una radicale trasformazione del regime tettono-sedimentario investe i settori occupati dalla Catena Kabilo-Calabride, quale risposta all’inizio dell’apertura del Bacino Tirrenico (Carbone et al. 2007). Questo evento, che è contraddistinto da una generale inversione delle direzioni di drenaggio e di trasporto del materiale detritico, determina la deposizione di altre unità sedimentarie che affiorano prevalentemente lungo il bordo tirrenico ed alto ionico, in un intervallo cronologico compreso tra il Miocene medio e il Pleistocene (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). In questo contesto geodinamico, la crescita del Monte Etna avviene nelle aree frontali dell’orogene a partire dal Pleistocene medio, al letto delle faglie normali sismogenetiche (Lentini 1982; Catalano et al. 2009; Monaco et al. 2010).

7.2 Apparato vulcanico del Monte Etna

Il Monte Etna è un complesso vulcanico quaternario derivante dall’accumulo di ingenti quantitativi di lave e depositi piroclastici (Monaco et al. 2010), eruttati durante gli ultimi 200 ka (Gillot et al. 1994). Con una copertura areale di circa 1260 km² ed una quota di ben 3350 m s.l.m., esso rappresenta uno dei maggiori vulcani attivi di tutta l’area mediterranea, nonché il più grande d’Europa (Carbone et al. 2009).

Dal punto di vista geologico, il M. Etna si colloca lungo il margine meridionale della Catena Appenninico-Maghrebide, al di sopra di una successione pelitica del Pleistocene inferiore-medio deposta sul bordo deformato del Blocco Pelagiano (Lentini 1982; Monaco et al. 2010). In particolare, l’area dell’apparato vulcanico rappresenta una parte del *footwall* del sistema di faglie normali che, nel tardo Quaternario (Monaco et al. 1997; Nicolich et al. 2000; Argnani & Bonazzi 2005), ha parzialmente riattivato la Scarpata Maltese (Monaco et al. 2010).

La tettonica estensionale è stata, quindi, il principale fattore di controllo dell’evoluzione spazio-temporale del magmatismo del M. Etna (Monaco et al. 2010). Infatti, la presenza di un sistema di faglie normali a carattere regionale, insieme a condizioni favorevoli per la fusione del mantello (Tanguy et al. 1997; Clocchiatti et al. 1998) e alle specifiche caratteristiche sismo-tettoniche dell’area (Monaco et al. 1995, 1997, 2005; Azzaro 1999; Patanè et al. 2004), suggeriscono che il vulcanismo del M. Etna è probabilmente una diretta conseguenza dell’estensione regionale dovuta a processi di *rifting* incipienti (Ellis & King 1991; Monaco et al. 1997, 2010). In alternativa, i processi estensionali potrebbero essere collegati al movimento verticale di materiale astenosferico lungo il bordo Sud-occidentale dello *slab* Ionico, subdotto al di sotto della litosfera Tirrenica (Doglioni et al. 2001).

I primi studi sulle caratteristiche geologiche del M. Etna risalgono alla seconda metà del XIX secolo, quando alcuni studiosi diedero inizio alle ricerche sistematiche sul vulcano e sulla sua storia recente (Gemmellaro 1858; Lyell 1859; Waltershausen 1880). In particolare, è proprio in questo periodo che viene redatta la prima carta geologica del M. Etna (Waltershausen 1880), in cui si evidenzia la presenza di due distinti edifici vulcanici sovrapposti, il Trifoglietto ed il Mongibello.

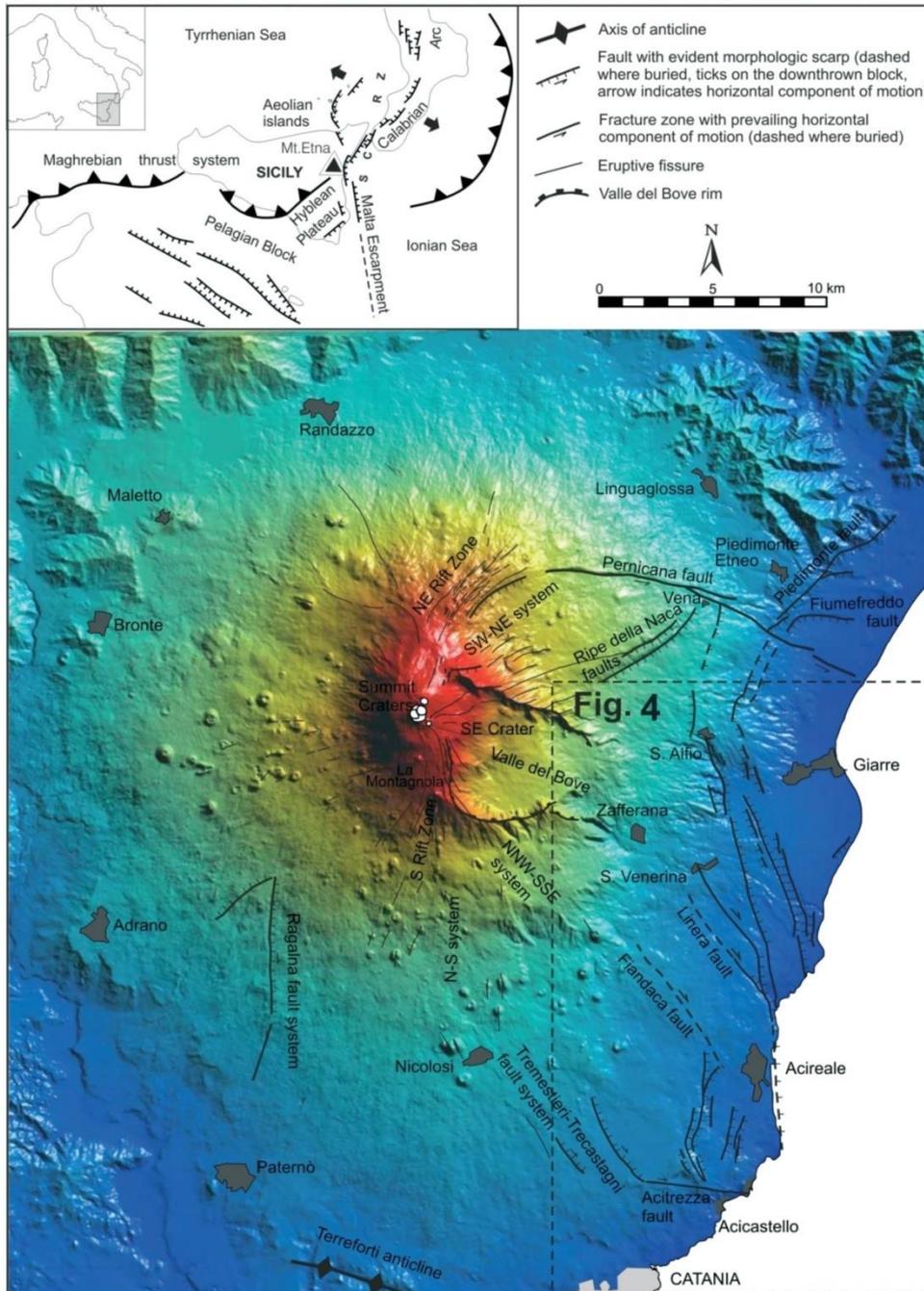


Figura 7 – Mappa delle strutture tettoniche attive del M. Etna. Il riquadro mostra l'area del Mediterraneo centrale e l'ubicazione del M. Etna lungo la *Siculo-Calabrian Rift Zone* (Monaco & Tortorici 2000); le frecce indicano la direzione di estensione regionale media, le linee con i tratti corrispondono alle principali faglie normali quaternarie, le linee con i triangoli il fronte del sistema a *thrust* Siculo-Maghebide (da Monaco et al. 2010).

A distanza di circa un secolo, sulla scorta di alcuni rilievi di dettaglio nella Valle del Bove (Klerkx 1968), viene quindi proposta una suddivisione dell'evoluzione geologica dell'Etna in cinque fasi (Rittmann 1973),

successivamente utilizzate per la stesura della Carta Geologica del Monte Etna (AA.VV. 1979). La prima fase è definita “Attività vulcanica pre-Etna” e corrisponde ad un lungo periodo di attività fissurale ad affinità tholeiitico-transizionale (Tanguy et al. 1997), i cui prodotti affiorano in maniera discontinua lungo la periferia meridionale del vulcano. Le quattro fasi successive sono collegate, invece, alla crescita ed allo sviluppo dell’edificio centrale, formato dalla sovrapposizione di quattro stratovulcani (Rittmann 1973): “Calanna”, “Trifoglietto I”, “Trifoglietto II” e “Mongibello”. I primi tre sono situati nella zona attualmente occupata dalla Valle del Bove e rappresentano, quindi, l’ossatura dell’attuale edificio vulcanico del Mongibello.

Negli anni seguenti, viene proposta una suddivisione dell’attività vulcanica etnea in quattro fasi (Romano 1982), successivamente vincolate temporalmente da una serie di datazioni radiometriche col metodo K/Ar (Gillot et al. 1994). La prima fase, detta delle “Lave subalcaline di base”, è caratterizzata da vulcaniti ad affinità tholeiitica e transizionale (Tanguy et al. 1997). Tale fase raggruppa le prime manifestazioni eruttive sottomarine (*pillows* e ialoclastiti) localizzate lungo la costa ionica tra Aci Castello e Aci Trezza, con un’età compresa tra 580 e 460 ka, e le lave subaeree del basso versante SW del vulcano, con un’età compresa tra 320 e 250 ka. Durante la seconda fase, quella dei “Centri eruttivi alcalini antichi”, si assiste al passaggio ad un’attività di tipo centrale, con prodotti ad affinità alcalino-Na. In questa fase, che presenta un’età compresa tra 170 e 100 ka, si forma inizialmente un vasto vulcano a scudo esteso dal F. Alcantara al F. Simeto, e quindi tre piccoli stratovulcani denominati Monte Po, Calanna e Trifoglietto I.

La terza fase, del “Trifoglietto”, ha inizio circa 100 ka fa con la formazione di piccoli edifici vulcanici posti nel settore Sud-occidentale della Valle del Bove, caratterizzati dall’emissione di prodotti a composizione da intermedia a differenziata (Cristofolini & Romano 1982). La quarta fase, detta del “Mongibello”, si identifica con la strutturazione dell’attuale edificio vulcanico e ha inizio circa 35 ka fa nel settore posto a NW del complesso vulcanico del Trifoglietto. L’attività eruttiva di questa fase viene suddivisa in due distinti periodi (Romano 1982): il “Mongibello Antico”, formato dai vulcani Ellittico e Leone, e il “Mongibello Recente”, che comprende tutti i prodotti messi in posto negli ultimi 15 ka.

Nell’ultimo decennio del XX secolo, le attività di rilevamento per la stesura della nuova carta geologica in scala 1:50000 hanno portato alla ricostruzione dell’assetto geologico del versante orientale del M. Etna mediante l’utilizzo di unità stratigrafiche a limiti inconformi (Pasquarè et al. 1992). Sulla scorta di tali dati, è stato quindi sviluppato un nuovo modello evolutivo per la storia geologica del M. Etna (Branca et al. 2004), basato su quattro fasi principali che evidenziano lo sviluppo spazio-temporale dell’attività eruttiva del vulcano (Carbone et al. 2010).

La prima fase, denominata “Tholeiiti di Base” (Branca et al. 2004), presenta uno stile eruttivo molto simile a quello del vulcanismo infra-pleistocenico del margine settentrionale del *Plateau* Ibleo (Schmincke et al. 1997). Le manifestazioni vulcaniche più antiche di questa fase, rinvenibili in una ristretta area compresa tra Aci Castello e Aci Trezza, sono rappresentate sia da intrusioni superficiali che da effusioni laviche sottomarine ad affinità tholeiitica, verificatesi in acque poco profonde mentre era ancora in atto la sedimentazione delle argille grigio-azzurre del Pleistocene inferiore-medio (Carbone et al. 2010). Le datazioni radiometriche condotte col metodo Ar^{40}/Ar^{39} hanno evidenziato che tale fase è iniziata circa 500 ka fa (De Beni et al. 2005), mentre uno *hiatus* di circa 200 ka separa i primi prodotti sottomarini dall’attività successiva, che diviene subaerea a causa del graduale sollevamento dell’area (Di Stefano & Branca 2002). Durante questo periodo, le eruzioni a carattere fissurale determinano la formazione di un *plateau* lavico esteso per circa 18 km in direzione NW-SE, posto nel settore Sud-occidentale della zona etnea tra i centri abitati di Adrano e Paternò (Carbone et al. 2010).

La seconda fase, detta delle “Timpe” (Branca et al. 2004), inizia circa 225 ka fa ed è caratterizzata da un graduale cambiamento nel chimismo dei prodotti, da sub-alcalino ad alcalino-Na. L’attività eruttiva è di tipo fissurale e risulta concentrata nella zona Sud-orientale del vulcano in corrispondenza del sistema di faglie delle Timpe, che

costituisce la prosecuzione settentrionale della Scarpata Maltese (Scandone et al. 1981; Torelli et al. 1998). Proprio la tettonica distensiva di questo sistema di faglie ha permesso una risalita più efficiente del magma dal mantello, portando alla formazione di un vulcano a scudo esteso per circa 15 km lungo la costa fino al Simeto di Moscarello. Inoltre, durante questa fase si assiste anche a sporadiche eruzioni monogeniche lungo la periferia meridionale dell'edificio vulcanico, i cui prodotti sono attualmente rappresentati da limitati affioramenti di lave e coni di scorie.

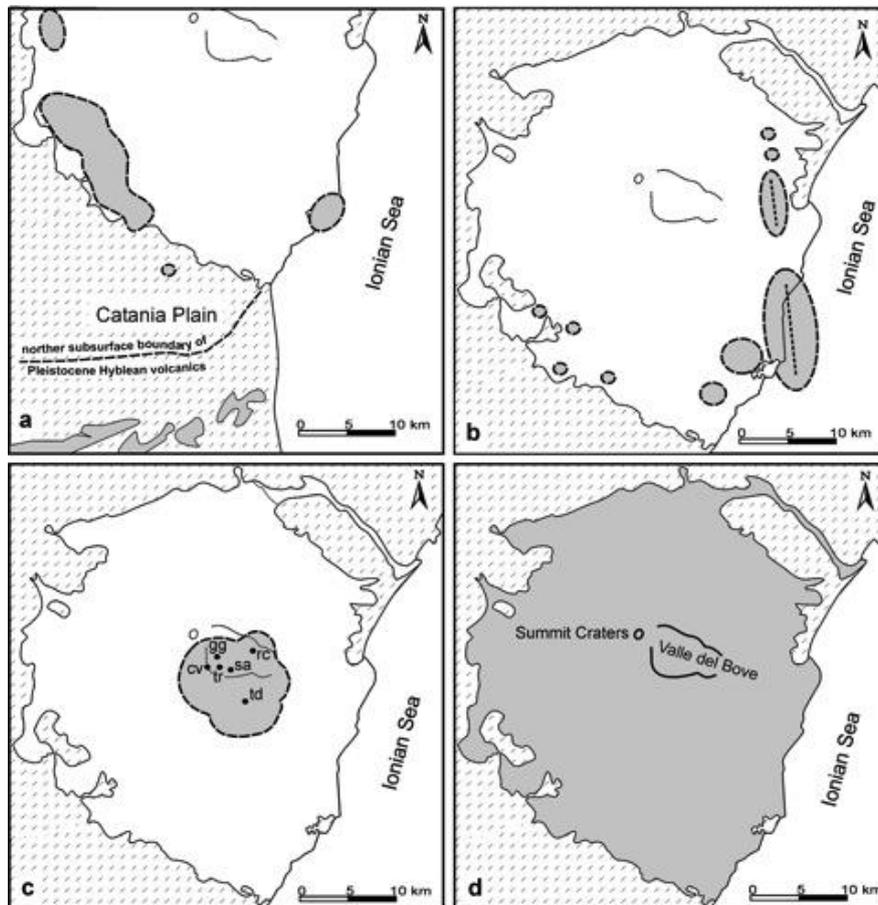


Figura 8 – Rappresentazione schematica delle fasi evolutive del M. Etna sulla scorta dei rilievi geologici condotti alla fine del XX secolo: a) Fase delle Tholeiiti di Base; b) Fase delle Timpe; c) Fase dei Centri della Valle del Bove, td=Tarderia, rc=Rocche, tr=Trifoglietto, gg=Giannicola, sa=Salifizio, cv=Cuvigliuni; d) Fase Stratovolcano (da Branca et al. 2004).

Con la terza fase, denominata “Centri della Valle del Bove” (Branca et al. 2004), si assiste al cambiamento dell'attività eruttiva, che diviene di tipo centrale. Le datazioni radiometriche col metodo Ar^{40}/Ar^{39} hanno evidenziato che il passaggio tra la fase delle Timpe e quella dei Centri della Valle del Bove si è verificato tra i 130 ed i 120 ka fa, praticamente senza *hiatus* temporali (De Beni et al. 2005). In questa fase si verifica, quindi, la migrazione del sistema di alimentazione dei magmi etnei nell'area occupata dalla Valle del Bove, probabilmente a causa dello spostamento del regime distensivo del sistema di faglie delle Timpe (Carbone et al. 2010). Si verifica così un marcato incremento del tasso di emissione di magma, che favorisce la stabilizzazione del sistema di alimentazione e porta alla formazione di una serie di piccoli centri vulcanici compositi. I primi edifici centrali riconosciuti sono rappresentati dai vulcani di Tarderia, Rocche e Trifoglietto, posti rispettivamente a Sud della

Valle del Bove e nei settori NE e SW della stessa. La successiva attività eruttiva porta, invece, alla formazione degli apparati vulcanici di Giannicola Grande, Salifizio e Cuvigghiuni, sovrapposti ai prodotti del Trifoglietto e situati nel settore SW della Valle del Bove (Carbone et al. 2010).

La quarta ed ultima fase, detta dello “Stratovulcano” (Branca et al. 2004), è caratterizzata dallo spostamento verso NW del sistema di alimentazione dell’apparato vulcanico rispetto all’asse eruttivo del Trifoglietto. Si assiste, quindi, alla definitiva stabilizzazione del sistema di alimentazione dei magmi etnei ed alla conseguente formazione del centro eruttivo dell’Ellittico, che rappresenta la struttura principale dell’attuale edificio vulcanico (Carbone et al. 2010). Le vulcaniti dell’Ellittico, la cui attività inizia tra gli 80 ed i 60 ka fa (Tric et al. 1994), sono caratterizzate da un ampio spettro di variazione e comprendono prodotti variabili da hawaiiiti a trachiti (D’Orazio et al. 1997). Tali vulcaniti poggiano in discordanza angolare su una superficie di erosione formatasi a spese dei prodotti del vulcano Rocche, nella parete Nord della Valle del Bove, e del vulcano Cuvigghiuni, nella parete Sud-occidentale. L’attività eruttiva dell’Ellittico termina circa 15 ka fa con l’emissione di un magma trachitico (D’Orazio et al. 1997), messo in posto durante un’intensa fase esplosiva contraddistinta da eruzioni Pliniane (Coltelli et al. 2000) che hanno causato la formazione di una caldera di forma ellittica di circa 3.5x2.5 km (Cratere Ellittico di Waltershausen 1880). I prodotti della fase esplosiva si rinvergono in *facies* prossimale lungo la parete occidentale della Valle del Bove, presso Punta Lucia e Pizzi Deneri, e in *facies* distale lungo il fianco orientale del vulcano, dove sono costituiti da depositi pomicei di caduta (Coltelli et al. 2000), e sul versante Sud-occidentale dello stesso, dove sono rappresentati da un deposito piroclastico di flusso denominato Ignimbrite di Biancavilla-Montalto (De Rita et al. 1991).

I prodotti vulcanici messi in posto successivamente alla formazione della caldera dell’Ellittico ricoprono gran parte dell’attuale M. Etna e hanno portato alla formazione dell’attuale edificio vulcanico, il Mongibello (Carbone et al. 2010). Le vulcaniti relative a questa attività eruttiva sono rappresentate, essenzialmente, da colate laviche a composizione hawaiiitica (Corsaro & Pompilio 2004), emesse sia dalle bocche sommitali che dai numerosi apparati eruttivi parassiti presenti sui fianchi del vulcano (Villari et al. 1988; Del Carlo & Branca 1998). Questi ultimi, in particolare, seguono alcuni allineamenti principali dettati dalla tettonica, come i *Rift* di NE e di S che rappresentano i maggiori sistemi di intrusione magmatica dell’edificio vulcanico etneo (Mc Guire & Pullen 1989). Nelle prime fasi di crescita del Mongibello, intorno ai 10 ka fa, si è verificato il collasso gravitativo di una estesa porzione del fianco orientale del vulcano (Calvari et al. 1998, 2004), che attraverso una serie di frane coalescenti ha portato alla formazione della nota Valle del Bove (Carbone et al. 2010). I depositi derivanti tale fenomeno di collasso si rinvergono tra gli abitati di Milo e Pozzillo, a Est della Valle del Bove (Calvari et al. 1998), dove vanno a formare un esteso deposito detritico-alluvionale denominato “Chiancone” (Romano 1982; Calvari & Gropelli 1996).

L’attività eruttiva del Mongibello è prevalentemente di tipo effusivo, anche se non mancano le evidenze di numerose eruzioni esplosive, talora di notevole intensità, dovute prevalentemente all’attività vulcanica dei crateri sommitali. Tra i 12 ka fa ed il presente, infatti, si è formata una importante successione piroclastica costituita da depositi di caduti di origine sub-Pliniana (Del Carlo et al. 2004), ampiamente affioranti sul versante orientale dell’apparato vulcanico. La maggiore eruzione esplosiva, di intensità Pliniana, è avvenuta nel 122 a.C. (Coltelli et al. 1998) e ha prodotto uno spesso accumulo di depositi di caduta che hanno ricoperto buona parte del versante Sud-orientale del M. Etna, causando gravi danni all’antica città di Catania. È proprio a questa eruzione che può essere riferita la formazione della Caldera del Piano, una estesa struttura di collasso sommitale di circa 2 km di diametro, all’interno della quale i prodotti dell’attività eruttiva recente hanno formato l’attuale cono del Mongibello.

Per quanto concerne la successione stratigrafica, gli studi effettuati hanno evidenziato che il substrato dell’apparato vulcanico è rappresentato, nei settori settentrionali e occidentali, dalle unità tettoniche frontali della Catena Appenninico-Maghrebide e dalle relative coperture neogeniche (Monaco et al. 2010). Nei settori meridionali e

orientali, invece, il substrato della struttura vulcanica è costituito da una spessa successione regressiva pleistocenica (Ogniben 1966; Kieffer 1971; Lanzafame et al. 1999; Di Stefano & Branca 2002), contenente livelli di vulcaniti tholeiitiche (Monaco et al. 2010).

In particolare, la successione pleistocenica è costituita dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre, dalle Sabbie e ghiaie di Villaggio S. Giorgio e dalle Ghiaie di M. Tiriti (Carbone et al. 2009). La deposizione delle Argille grigio-azzurre, iniziata prima dell'attività vulcanica del M. Etna, è proseguita anche durante le fasi delle Tholeiiti di Base, come evidenziato dall'età radiometrica delle lave sottomarine intercalate ai depositi argillosi nell'area di Acì Castello (Gillot et al. 1994; De Beni 2004; De Beni et al. 2005). Le Ghiaie di M. Tiriti, invece, contengono clasti vulcanici riferibili alle prime lave subaeree del M. Etna, a composizione tholeiitica (Chester & Duncan 1982). Infine, la successione pleistocenica è ricoperta in discordanza dai depositi alluvionali della parte terminale del Pleistocene medio (Lanzafame et al. 1997), che testimoniano una fase erosiva connessa al sollevamento dell'area.

7.3 Caratteristiche stratigrafiche

Il settore Nord-orientale dell'isola siciliana è caratterizzato dalla presenza di due differenti domini stratigrafico-strutturali, rispettivamente riconducibili alla Catena Appenninico-Maghrebide e alla Catena Kabilo-Calabride (Ogniben 1969; Lentini & Vezzani 1975; Amodio-Morelli et al. 1976; Monaco et al. 1998; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Su tali successioni poggiano, in discordanza stratigrafica, spesse coperture sintettoniche oligo-mioceniche, depositi tardorogeni miocenici e terreni gessoso-solfiferi messiniani (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009; Critelli et al. 2017). Le suddette sequenze sono ricoperte da estesi depositi quaternari di origine vulcanica, marina, continentale e transizionale, particolarmente diffusi in corrispondenza della costa ionica e lungo i principali fondovalle dell'area (Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009; Monaco et al. 2010).

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009), le successioni stratigrafiche presenti nell'intera tratta ferroviaria oggetto di approfondimenti possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in:

- **Unità Appenninico-Maghrebidi:** depositi marini mesozoici su cui giacciono, in discordanza stratigrafica, coperture sintettoniche oligoceniche di natura essenzialmente terrigena (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998; Catalano et al. 2009).
- **Unità tettonica Sicilide:** terreni appartenenti all'originario cuneo di accrezione neo-tetideo, in posizione alloctona sulle unità esterne dell'Orogene Appenninico-Maghrebide (Catalano et al. 2009).
 - **Formazione delle argille scagliose superiori** (Cretacico): argille scagliose da grigiastre a varicolori, a giacitura caotica, contenenti blocchi esotici costituiti da un'alternanza di argille grigiastre e quarzareniti fini di colore giallo-rossastro. Le argille contengono scarse microfaune dell'intervallo compreso tra la Zona a *Hedbergella similis* e la Zona a *Schackoina cabri* e nannoflore delle Zone a *Lithraphidites bollii* e a *Chiastozygus litterarius*. Localmente i livelli marnosi presentano nannoflore a *Stradneria crenulata*, *Micrantholithus obtusus*, *Watznaueria ovata* e *Cruciellipsis cuvillieri*, del Cretacico inferiore. Gli orizzonti sommitali mostrano nannofossili a *Micula* spp., *Prediscosphaera* cretacea, *Quadrum sissinghii* che estendono l'età al Campaniano. Lo spessore massimo non è valutabile.
- **Coperture sintettoniche paleogeniche:** depositi flyschoidi sintettonici discordanti sulle unità del cuneo neo-tetideo, alimentati dal detrito arcosico proveniente dai massicci cristallini interni e depositatisi prima della definitiva messa in posto delle unità kabilo-calabridi (Lentini et al. 2000; Catalano et al. 2009).

- **Formazione di Piedimonte** (Oligocene inferiore): successione terrigena costituita da tre principali litofacies, rappresentate da un’alternanza basale di argille grigiastre con livelli decimetrici di arenarie arcose grigio-giallastre. Lateralmente e verso l’alto passano ad un’alternanza di arenarie in strati da decimetrico a metrico, con sottili interstrati argillosi, evolventi verso l’alto con passaggio parzialmente laterale a conglomerati poligenici a clasti di natura metamorfica, cui si intercalano livelli arenacei grossolani. Gli orizzonti pelitici contengono nanoflore a *Dictyococcites bisectus*, *Helicosphaera resta*, *Sphenolithus predistentus* e *Zygrhablitus bijugatus*. Gli orizzonti inferiori sono caratterizzati da *Ericsonia formosa*, *E. obruta* e *Reticulofenestra umbilica*. Lo spessore massimo è di circa 600 m.
- **Unità Kabilo-Calabridi**: successioni metamorfiche paleozoiche e mesozoiche, su cui giacciono sequenze marine meso-cenozoiche e spesse coperture sintettoniche oligo-mioceniche di natura prevalentemente terrigena (Ogniben 1969; Lentini & Vezzani 1975; Bonardi et al. 2001; Elter et al. 2003; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
 - **Unità tettonica di Gallodoro**: scaglia di basamento ercinico più profonda dell’edificio kabilo-calabride, affiorante esclusivamente lungo il versante ionico (Catalano et al. 2009).
 - **Epimetamorfiti del Vallone Letojanni** (Paleozoico): prevalenti argilloscisti a cui si intercalano corpi di metareniti, metasiltiti e metavulcaniti in livelli non cartografabili. I termini metapelitici sono caratterizzati da una scistosità principale marcata da paragenesi tipiche della *sub-greenschist facies*, in particolare della zona a prehnite-pumpellyite. Lo spessore massimo è di circa 300 m.
 - **Verrucano Peloritano** (Hettangiano): arenarie quarzose rosse o giallastre in grossi banchi, alternate a sottili intercalazioni di siltiti rosse, talora grossolane fino a passare a conglomerati ad elementi centimetrici quarzosi e litici ben arrotondati, in livelli estremamente tettonizzati e discontinui lateralmente. Lo spessore massimo è di circa 20 m.
 - **Calcari di Mazzarò** (Sinemuriano – Berriasiano): calcari micritici a peloidi massicci grigi, passanti verso l’alto ad una successione condensata costituita da orizzonti sovrapposti discontinui e di spessore esiguo di calcari grigi e rosa a crinoidi, calcari a Brachiopodi, lumachelle a crinoidi, Brachiopodi e Gasteropodi, encriniti rosse, calcari micritici a *Nucleata aspasia*, lumachelle a *Bositra buchi*, calcari marnosi rossi a “*Protoglobigerina*”, calcari marnosi rosa a *Saccocoma* sp. e *Lamellaphycus* sp., calcari micritici a Calpionelle. Tutti i termini appartenenti alla serie condensata si ritrovano anche all’interno di filoni sedimentari e comunque costituiscono intervalli litostratigrafici non differenziabili in carta. Lo spessore massimo è di circa 100 m.
 - **Scaglia** (Cretacico superiore – Eocene medio): marne calcaree e marne rosate in *facies* di scaglia, fortemente tettonizzate. Localmente la formazione poggia direttamente sul substrato epimetamorfico con contatto tettonico e mostra i caratteri di una *broken-formation* ospitante ripetuti lembi, potenti da pochi centimetri alle decine di metri, di calcari analoghi a quelli che costituiscono la successione calcarea mesozoica dei Calcari di Mazzarò. All’interno dei calcari marnosi è stata ritrovata una ricca associazione a *Globigerinidae* e *Globorotalidae*, caratterizzata dalla presenza di *Subbotina* sp., *Globigerinatheka* sp., *Catapsidrax* sp., *Acarinina* cfr. *bullbrooki*, *Morozovella* cfr. *aragonensis*, dell’Eocene medio, cui si aggiungono negli intervalli più alti i *Morozovella* cfr. *crassata* e “*Orbulinoides*” *beckamanni*, che individuano la Zona *Orbulinoides beckmanni* dell’Eocene medio. Lo spessore massimo è di circa 100 m, localmente raddoppiano tettonicamente.
 - **Unità tettonica di Longi-Taormina**: scaglia di basamento anchimetamorfico ercinico, strutturalmente sottostante alle unità filladiche di derivazione più interna e direttamente coinvolta dalle deformazioni connesse alla loro messa in posto (Catalano et al. 2009).

- **Epimetamorfiti di Longi-Taormina** (Paleozoico): prevalenti argilloscisti a cui si intercalano corpi di metareniti e metasiltiti in livelli non cartografabili, metavulcaniti e porfiroidi. I termini metapelitici sono caratterizzati da una scistosità principale marcata da paragenesi tipiche della *sub-greenschist facies* in particolare della zona a prehnite-pumpellyite. Le metavulcaniti mostrano tessitura magmatica relitta ben preservata, con paragenesi a plagioclasio albitico, clorite, calcite, quarzo, epidoto, titanite ed ossidi, attribuibile alla *transitional facies*, con microdomini con associazioni a pumpellyite-prehnite o actinolite-prehnite. I porfiroidi si presentano di colore variabile dal verde chiaro al grigio e sono caratterizzati da una struttura da massiva a variamente foliata. Nei termini scarsamente foliati sono riconoscibili, anche all’osservazione mesoscopica, relitti dell’originaria struttura porfirica, con fenocristalli di plagioclasio, di quarzo e k-feldspato. Lo spessore massimo è di circa 250 m.
- **Verrucano Peloritano** (Hettangiano): arenarie quarzose rosse o giallastre in grossi banchi, alternate a sottili intercalazioni di siltiti rosse, talora grossolane fino a passare a conglomerati ad elementi centimetrici quarzosi e litici ben arrotondati, in livelli estremamente tettonizzati e discontinui lateralmente. Lo spessore massimo è di circa 20 m.
- **Calcari e dolomie di Taormina** (Sinemuriano): calcari detritici grigiastri, biocalcareni algali ed oospatiti grigio biancastre talora dolomitizzate, da massive a stratificate in grossi banchi, passanti lateralmente e superiormente a “Calcari neri” costituiti da biopelmicriti grigio nerastre con rare lenti di selce, in strati di 10-30 cm. Il calcare bianco mostra al suo interno principalmente Gasteropodi, lumachelle a Brachiopodi e Crinoidi. I calcari neri si presentano ricchi di elementi vegetali carboniosi e di una fauna costiera rappresentata da Ostreidi, Brachiopodi e Coralli solitari. Lo spessore massimo è di circa 100 m.
- **Medolo** (Pliensbachiano – Toarciano?): alternanza di calcari marnosi e marne a radiolari e spicole di spugna, di colore grigio-verde o grigio-bluastro, a patina grigio chiaro o avana, talora con una frazione quarzosa, contenenti lenti e liste di selce, frequenti noduli limonitici e rare Ammoniti piritizzate o limonitizzate. La stratificazione è netta e a strati di 30-40 cm. La formazione presenta una fauna costituita da *Eodactylites* gr. *Polymorphum-simplex*, *Fieldingiceras* sp., *Juraphilites* sp. *Neolionceratoides* sp. Nel loro insieme queste forme indicherebbero la Biozona a *Eodactylites mirabilis*, attribuita al Toarciano inferiore. A queste forme si aggiungono esemplari di *Arietites* sp., *Dactylioceras* sp. e *Canavaria* sp., anch’essi attribuiti alla fine del Pliensbachiano o inizio del Toarciano. Segnalati livelli a “*Harpoceras boscense*”, ad “*Hildoceras serpentinum*” e a “*Coeloceras desplacei*”. Lo spessore massimo è di circa 250 m.
- **Rosso Ammonitico** (Toarciano – Titonico): marne argillose grigio-verdastre, calcari marnosi verdi a *Cancellophycus* sp., calcari marnosi rossi talora nodulari a Lamellibranchi pelagici, Ammoniti ed Aptici, in *facies* di “Rosso Ammonitico”. La formazione comprende anche livelli di spessore esiguo e non distinguibili in carta di Radiolariti, calcari silicei e diaspri. I livelli basali contengono *Hildoceras bifrons* e *Posidonomya bronni*, mentre i livelli più alti presentano *Harpoceras* cfr. *opalinum* e *Posidonomya* cfr. *opalina*”, rappresentativi della deposizione durante il Toarciano e l’Aaleniano. Al tetto della formazione si riconosce un passaggio di calcari marnosi verdastri al cui interno sono presenti microbreccie calcaree ed un *debris* di filladi, Crinoidi, Radiolari e *Trocholina* sp.. Lo spessore massimo è di circa 60m.
- **Maiolica** (Titonico – Neocomiano): calcari micritici grigio-biancastri a frattura concoide, ad Aptici, Belemniti e Calpionelle. Verso l’alto passano ad un’alternanza di calcari marnosi e marne calcaree bianche in strati centimetrico-decimetrici, contenenti noduli e liste di selce nera e alcuni esemplari di *Lamellaphycus beyrichi* Oppell, nannofossili calcarei ed un’associazione a Calpionelle e Cadosine di età Berriasiana. Lo spessore massimo è di circa 200.

- **Scaglia** (Cretacico superiore – Eocene medio): biomicriti più o meno marnose da rosate a bianco-grigiastre, estremamente tettonizzate e scagliettate, alternate a marne rosse, verdi e giallastre. All'interno dei calcari marnosi è stata ritrovata una ricca associazione a *Globigerinatheka* sp., *Catapsidrax* sp., *Acarinina* cfr. *bullbrookii*, *Morozovella* cfr. *aragonensis* dell'Eocene medio, cui si aggiungono, negli intervalli più alti, i *Morozovella* cfr. *crassata* e “*Orbulinoides*” *beckmanni*, che individuano la Zona *Orbulinoides beckmanni* dell'Eocene medio. Frequenti sono i ritrovamenti di elementi rimaneggiati di età Cretacico superiore all'interno della scaglia stessa. Lo spessore massimo è di circa 100 m.
- **Unità tettonica di Mandanici:** metamorfiti a grana essenzialmente fine, dal basso al medio grado metamorfico, affioranti nell'area dei Monti Peloritani (Cirrincione & Pezzino 1991; Catalano et al. 2009).
 - **Metamorfiti di Mandanici** (Paleozoico): prevalenti filladi passanti a subordinate metareniti, entrambe di colore grigio-scuro, grigio-verde, grigio-argenteo e plumbeo, a tessitura scistosa definita da una foliazione principale, con minuti porfiroblasti di clorite e/o biotite e/o cloritoide e/o granato, secondo la zoneografia. Comuni lenti e noduli di quarzo. Diffusi gli effetti cataclastico-milonitici e i piani di taglio della tettonica alpina, responsabili di processi retrocessivi e di depositi di ossidi ed idrossidi. Abbondanti fratture tardive rinsaldate da quarzo e/o calcite. Diffusi i processi idrotermali. Sono presenti mineralizzazioni metalliche. Le filladi inglobano tettonicamente litoni di metasedimenti mesozoici derivanti da successioni omologabili alle sequenze delle unità peloritane più esterne. Nell'insieme i terreni metamorfici presentano paragenesi tipiche della *greenschist facies* con un debole gradiente metamorfico verso Nord, mentre una sovrainpronta metamorfica alpina di grado variabile dalla *sub-greenschist* alla *greenschist facies* è riconosciuta anche all'interno dei litoni metasedimentari. A luoghi sono presenti marmi a muscovite a bande grigio-chiaro e scuro, a grana fine, con quarzo, clorite e albite. Lo spessore massimo è di circa 800 m.
- **Unità tettonica di Ali:** scaglie tettoniche a vergenza meridionale, comprendenti una successione paleozoica affetta da un metamorfismo varisco di basso grado e una copertura mesozoica, entrambi interessati da metamorfismo alpino di anchizona (Cirrincione & Pezzino 1991; Giunta & Somma 1996; Carbone et al. 2007).
 - **Metamorfiti di Ali** (Devoniano? – Carbonifero inferiore): metasiltiti e metareniti grafitose di colore grigio-scuro, a tessitura scistosa, con lenti e noduli di quarzo. Localmente si intercalano metalutiti. Sono presenti frustoli mal conservati ed impronte di piante attribuite a probabili *Lepidodendron*, *Sigillaria* e *Bothrodendron*. Lo spessore massimo è di circa 150 m.
 - **Verrucano Peloritano** (Triassico medio? – Hettangiano): metareniti e metapeliti da rosso vinaccia a giallastro in *facies* di Verrucano e argilloscisti rosso-vinaccia. Scistosità principale inclinata rispetto alla stratificazione ed associata a pieghe isoclinali. Lo spessore massimo è di circa 200 m.
 - **Dolomie evaporitiche e cargneules** (Lias inferiore): alternanza di calcari, areniti giallastre o rosso vinaccia, dolomie evaporitiche rosate vaculari, calcari nerastri, cargneules di color giallastro e/o grigiastro, talora gessifere, fortemente cataclastiche ed attraversate da fitti sistemi di fratture riempite da carbonati. Lo spessore massimo è di circa 80 m
 - **Calcilutiti, calcisiltiti e marne calcaree** (Lias medio – Lias superiore): alternanza di calcilutiti, calcisiltiti e marne calcaree di colore grigio-bluastro, in *facies* di Medolo, con noduli di selce scura. Lo spessore massimo è di circa 80 m.
 - **Argilliti silicee e radiolariti** (Lias superiore – Cretacico inferiore?): argilliti silicee e radiolariti da rosso vinaccia a verde, sottilmente stratificate, con intercalazioni decimetriche di calcareniti e brecciole grigiastre, silicizzate e con noduli di selce. Lo spessore massimo è di circa 30 m.

- **Unità tettonica del Mela:** unità tettonica alpina dell'edificio peloritano, costituenti un piccolo *klippe* di mesometamorfiti (Messina et al. 1992, 1997; Carbone et al. 2007).
 - **Metamorfiti del Mela** (Paleozoico): paragneiss grigi a grana minuta, passanti a micascisti argentei ricchi in muscovite, entrambi con una foliazione principale fortemente crenulata, sulla quale crescono blastesi statiche centimetriche. È presente un granato relitto, destabilizzato, e diffuse fratture centimetriche tardive saldate da zeoliti. Lo spessore massimo è di circa 600 m.
- **Unità tettonica dell'Aspromonte:** elemento strutturale più elevato dell'edificio peloritano, privo di una copertura meso-cenozoica, costituito da metamorfiti e plutoniti pre-varisiche interessate da un evento varisico in *facies* anfibolitica (Messina et al. 1992; Messina 2002; Carbone et al. 2007).
 - **Complesso metamorfico varisico** (Pre-Paleozoico): paragneiss grigi a grana da medio-grossa a minuta e tessitura da massiva a foliata, passanti a micascisti grigio-scuro a grana medio-grossa, tessitura scistosa e struttura porfiroblastica. Si associano corpi di gneiss occhiadini, lenti metriche di anfiboliti, banchi di quarziti e marmi, non cartografabili. Lateralmente passano a gneiss occhiadini da grigi a rosati, a grana medio-grossa e tessitura orientata, con porfiroblasti centimetrici di k-feldspato in una matrice di biotite, quarzo e feldspati. Spesso si associano corpi di metagranitoidi a due miche, a grana media e medio-fine, e filoni decimetrici di metapegmatiti e metapliti. Talora sono presenti marmi a silicati biancastri, a grana media e tessitura massiva, con abbondante flogopite, quarzo e feldspati, e subordinati fels a Ca-silicatici. Lo spessore massimo non è valutabile.
- **Coperture sintettoniche paleogeniche:** terreni conglomeratici e arenaceo-argillosi attribuiti al Conglomerato rosso, presenti sia al letto delle filladi che in appoggio stratigrafico sulle filladi stesse (Catalano et al. 2009).
 - **Conglomerato rosso** (Oligocene inferiore?): conglomerati poligenici a clasti eterometrici ben arrotondati di natura prevalentemente cristallina, immersi in una matrice sabbioso-microconglomeratica prevalente di colore rossastro. I livelli conglomeratici inglobano numerosi olistoliti da dimensioni metriche ad ettometriche di derivazione da successioni carbonatiche mesozoiche. A diversi livelli s'intercalano lenti di conglomerati poligenici a prevalenti elementi arrotondati di derivazione da rocce carbonati che. Localmente la formazione presenta al tetto livelli torbiditici in banchi metrici, composti da arenarie arcose alternate a livelli decimetrici di argille grigiastre. Lo spessore massimo non è valutabile.
- **Successioni clastiche oligo-mioceniche:** successioni marine infra-cenozoiche sia carbonatiche che terrigene, in appoggio stratigrafico discordante sulle unità tettoniche kabilo-calabridi e appenninico-maghrebidi (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
- **Coperture sintettoniche oligo-mioceniche:** ciclo terrigeno sintettonico depositato contemporaneamente al piegamento delle unità kabilo-calabridi già impilate, durante la loro messa in posto al tetto delle unità appenninico-maghrebidi (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
 - **Flysh di Capo D'Orlando** (Chattiano – Burdigaliano inferiore): sequenza terrigena costituita da litofacies conglomeratiche basali, rappresentate da livelli metrici di conglomerati poligenici a clasti arrotondati di natura sia cristallina che carbonatica, sostenuti in matrice sabbiosa grossolana o microconglomeratica di natura silicoclastica. L'intervallo basale mostra chiari appoggi di tipo *on-lap* sulle unità del substrato. Verso l'alto i conglomerati passano in concordanza e con parziali eteropie ad una alternanza arenaceo-pelitica con strati da decimetrici a metrici di arcosi grigio-giallastre intercalate a argille grigiastre in livelli sottili. Questo intervallo localmente è sostituito da un'alternanza tra litofacies arenaceo-argillosa e conglomeratica. La formazione mostra nei suoi livelli mediani, contraddistinti alla base da una discordanza intraformazionale, un intervallo di prevalenti

peliti con sottili intercalazioni di torbiditi arenacee fini, passante lateralmente e verso l'alto ad un'alternanza arenaceo-pelitica a torbiditi sottili. Nella parte bassa della formazione sono state rinvenute nannoflore a *Helicosphaera recta*, *Sphenolithus predistentus*, *S. distentus*, *S. ciperoensis* che indicano un'età Chattiana, mentre nei livelli superiori è stata rinvenuta un'associazione attribuibile all'Aquitano per la presenza di *Helicosphaera carteri* e *Sphenolithus delphix*. I livelli sommitali contengono *Helicosphaera carteri* e rara *H. ampliata* che permettono di estendere l'età della formazione al Burdigaliano inferiore. Lo spessore massimo è di circa 150 m

- **Coperture tardogene mioceniche:** depositi terrigeni discordanti riferibili a bacini deposizionali impostati sulla sutura orogenica già strutturata, sedimentati in età successiva alle fasi principali di accavallamento tettonico (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
 - **Calcareni di Floresta** (Burdigaliano superiore – Langhiano): biocalcareni bianco-grigiastre a frammenti di Alghe, Briozoi ed Amphistegina, e arcosi glauconitiche a cemento spatico in strati da 20 cm a 2 metri di spessore, alternate a livelli argilloso-marnosi. Localmente la parte alta della formazione è caratterizzata da strati arenaci fino a decametrici. Sono presenti associazioni a foraminiferi con *Globigerinoides trilobus*, *Paragloborotalia siakensis*, *P. acrostoma* nei livelli basali e con *Globigerinoides irregularis*, *Praeorbulina glomerata glomerata* e *P. glomerata circularis* nei livelli sommitali. Lo spessore massimo è di circa 150 m.
 - **Formazione di San Pier Niceto** (Miocene medio – Miocene superiore): marne argillose grigie con sottili intercalazioni di arenarie fini arcose presenti alla base della successione, passanti verso l'alto a conglomerati ad elementi eterometrici prevalentemente cristallini, a supporto di matrice. Nelle marne basali sono presenti foraminiferi delle sottozone a *Orbulina universa*, *Globorotalia praemenardii*, *G. peripheroronda* e *Dentoglobigerina attispira* del Langhiano superiore – Serravalliano inferiore. Nei livelli più alti si rinvengono associazioni a foraminiferi molto scarse, con rari individui di *Neogloboquadrina acostaensis*. Nei livelli argillosi sommitali sono presenti associazioni a nannofossili con *Amaurolithus delicatus*, *Discoaster asymmetricus*, *D. quinquaramus* e a foraminiferi bentonici quali *Oolina squamosa*, *Bulimina aculeata* e *B. echinata* del Tortonian superiore – Messiniano inferiore. Lo spessore massimo è di circa 260 m.
- **Gruppo gessoso-solfifera:** unità litostratigrafica costituita prevalentemente da due litofacies evaporitico-clastiche in alternanza o ampiamente eteropiche, con limite inferiore netto sulle diverse litofacies della Formazione di San Pier Niceto (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
 - **Calcere di base** (Messiniano): calcare microcristallino di colore biancastro e a struttura massiva, generalmente brecciato e vacuolare per processi di dissoluzione, talora con intercalazioni di laminite carbonatiche. Lo spessore massimo è di circa 60 m.
 - **Gessi e argille gessose** (Messiniano): gesso selenitico meso- e macro-cristallino, in banchi o in lenti discontinue, solitamente sovrapposto ad argille bruno-grigiastre cui si intercalano lenti decimetriche di gesso geminato in grossi cristalli. Lo spessore massimo è di circa 20 m.
- **Successioni clastiche quaternarie:** depositi di origine vulcanica, marina, continentale e transizionale, posti a copertura di tutte le unità geologiche di substrato (Catalano & De Guidi 2003; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009; Monaco et al. 2010).
 - **Depositi marini e transizionali:** successioni calcarenitico-argillose e conglomeratico-sabbiose del Pleistocene inferiore e medio, depositi marini terrazzati del Pleistocene medio e superiore e depositi di spiaggia e piana litorale dell'Olocene (Catalano & De Guidi 2003; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009).

- **Calcareniti di Fiumefreddo** (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio): alternanza di calcareniti bioclastiche, argille-sabbiose fossilifere fittamente laminate e sabbie grossolane di colore giallastro, localmente cementate e talora a stratificazione incrociata. La frazione organica è costituita da plancton prevalentemente rimaneggiato e da poche specie bentoniche delle famiglie *Asterigerinidae*, *Rotalidae* e *Elphididae*. Gli sporadici livelli argillosi presenti nella successione calcarenitica presentano microfaune caratterizzate da *Hyalinea baltica* e associazioni a nannofossili attribuibili al Pleistocene inferiore–Pleistocene medio. La presenza di numerosi frammenti di gusci di macrofossili, la scarsa fauna bentonica e la struttura del deposito indicano un ambiente di sedimentazione da infra a circolitorale. Lo spessore massimo è di circa 70 m.
- **Formazione delle argille grigio-azzurre** (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio): argille marnose di colore grigio-azzurro, a stratificazione indistinta. Sono caratterizzate da ricche associazioni a nannofossili e da una microfauna in prevalenza planctonica, tra cui significativa la presenza di *Truncorotalia truncatulinoidea excelsa*. L’associazione bentonica, con individui di *Hyalinea baltica*, consente di individuare una profondità di sedimentazione compresa fra i 200 ed i 300 m. Lo spessore massimo non è valutabile.
- **Conglomerati di Allume** (Pleistocene medio): conglomerati poligenici a clasti eterometrici subarrotondati, filladico-quarzitici e subordinatamente arenitici e carbonatici, in matrice sabbiosa e variamente diagenizzati. Localmente affiorano alla base di paleoscarpate di faglia. Lo spessore massimo è di circa 150 m.
- **Ghiaie e sabbie di Messina** (Pleistocene medio): sabbie e ghiaie grigio-giallastre o rossastre, con abbondante matrice. I ciottoli sono prevalentemente cristallini, da sub-arrotondati ad appiattiti, spesso embriicati, e hanno diametro da 2 cm fino a blocchi di 1 m. Localmente sono presenti livelli e lembi di sabbie fini e limi quarzosi. Tra i ciottoli sono presenti resti ossei o molari fluitati di mammiferi. La formazione è caratterizzata da clinostratificazione ad alto angolo via via più bassa nella parte alta. Si tratta di *facies* di tipo deltizio e/o di conoide sottomarina, legate agli apporti di paleo fiume. Lo spessore massimo è di circa 250 m.
- **Depositi marini terrazzati** (Pleistocene medio – Pleistocene superiore): ghiaie, sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-limosa e limi di colore bruno o grigiastro, in assetto massivo o leggermente stratoide, spesso ricoperti da terre rosse. Costituiscono diversi ordini di terrazzi debolmente inclinati verso l’attuale costa. Lo spessore massimo è di circa 5 m.
- **Depositi di piana litorale** (Olocene): limi, sabbie e ghiaie talora terrazzati.
- **Depositi di spiaggia** (Olocene): ghiaie a clasti eterometrici e poligenici, prevalentemente metamorfici di vario grado, e sabbie a grana da media a grossolana.
- **Depositi vulcanici del Monte Etna:** successioni vulcaniche di età compresa tra il Pleistocene superiore e l’Olocene, connesse all’attività del Vulcano Ellittico e del Vulcano Mongibello (Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009; Monaco et al. 2010).
 - **Formazione di Piano Provenzana** (Pleistocene superiore): colate laviche a struttura da sub-afirica a porfirica e coni di scorie costituiti da bombe e lapilli scoriacei. Lave di composizione variabile da hawaiiiti a benmoreiti, con prevalenti fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina.
 - **Formazione Torre del Filosofo** (Pleistocene superiore – Olocene): colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi, e depositi piroclastici di caduta distale. Le lave costituiscono prevalentemente colate scoriacee con morfologia *aa* o a blocchi, e raramente *pahoehoe*. Composizione variabile da basalto a benmoreite, con tessiture

da afiriche a fortemente porfiriche, con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e rapporti molto variabili.

- **Depositi continentali:** depositi alluvionali terrazzati su vari ordini, sedimenti fluviali delle piane attuali e recenti dei principali corsi d'acqua e coltri detritico-colluviali ampiamente affioranti alla base dei maggiori rilievi collinari (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).
 - **Depositi alluvionali terrazzati** (Pleistocene medio – Pleistocene superiore): ghiaie, sabbie ciottolose a supporto di matrice argilloso-limosa e limi di colore bruno o grigiastro, in assetto massivo o leggermente stratoide, spesso ricoperti da terre rosse. Costituiscono diversi ordini di terrazzi debolmente inclinati verso l'attuale costa. Lo spessore massimo è di circa 5 m.
 - **Depositi alluvionali recenti** (Olocene): limi, sabbie e ghiaie incise dagli alvei attuali, talora terrazzate lungo i principali corsi d'acqua dell'area.
 - **Depositi alluvionali attuali** (Olocene): ghiaie eterometriche a clasti metamorfici di vario grado appiattiti e/o arrotondati e sedimentari spigolosi, oltre a sabbie limose, in formazione in alveo. Nei greti delle principali aste fluviali lo spessore può superare i 10 m.
 - **Depositi di versante** (Olocene): depositi incoerenti massimi, costituiti da materiale spigoloso, poligenico ed eterometrico in matrice argillosa e metaclastica, localmente a grossi blocchi alle pendici di pareti rocciose costituite da terreni cristallini e da coperture sedimentarie terrigene.
 - **Depositi detritico-colluviali** (Olocene): limi, ghiaie e sabbie a supporto di matrice limoso-argillosa, a clasti metamorfici prevalenti, da spigolosi a sub arrotondati di diametro tra 1 e 10 cm. Localmente sono presenti coperture detritiche incoerenti e terre rosse di alterazione *in situ*.

7.4 Caratteristiche strutturali

La Sicilia Nord-orientale è caratterizzata dalla presenza di numerosi lineamenti tettonici riferibili alla complessa evoluzione polifasica dell'area, essenzialmente riferibili alla tettonica recente e alla diverse fasi deformative connesse allo sviluppo dell'orogene (Lentini et al. 1995; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). La permanente mobilità tettonica dell'area durante tutto l'evento collisionale tra Africa ed Europa è dovuta in gran parte alla sua particolare posizione geologica, che la colloca al confine tra la Catena Appenninico-Maghrebide e quella Kabilo-Calabride (Catalano et al. 2009). Tale collocazione ha determinato lo sviluppo di strutture neogeniche prevalentemente trascorrenti, che si sono sovrapposte alle associazioni paleogeniche relative all'originaria zona di sutura orogenica. Quest'ultima è caratterizzata dall'esumazione sintettonica dei settori di basamento, che nelle fasi precoci dell'orogenesi alpina sono stati interessati da effetti di metamorfismo di basso grado (Ogniben 1969; Catalano et al. 2009)

In particolare, gli elementi tettonici che caratterizzano i settori Nord-orientali dell'isola siciliana possono essere raggruppati in quattro differenti associazioni strutturali, distinte sulla base della loro età e del contesto geodinamico in cui si sono sviluppate (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009):

- i **lineamenti tettonici paleogenici** raggruppano le strutture direttamente riferibili alle fasi dei ricoprimenti tettonici a scala regionale, coincisi con le fasi precoci della collisione continente-continente (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009); tali elementi hanno portato alla progressiva messa in posto ed esumazione delle falde di basamento con sovrainpronta metamorfica alpina, determinando quindi l'inizio delle deposizione terrigena sintettonica (Catalano et al. 2009);
- i **lineamenti tettonici paleogenico-neogenici:** comprendono sistemi di faglie trascorrenti destre ad orientazione circa NW-SE e sistemi di pieghe e *thrust* ad orientazione NE-SW e E-W, prodottesi durante la

deposizione del Flysch di Capo d'Orlando (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009); in concomitanza lo sviluppo di questi elementi si realizza gran parte del movimento lungo la Linea di Taormina, corrispondente alla *sole-thrust* delle unità kabilo-calabridi (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009);

- i **lineamenti tettonici neogenici**: si riferiscono a faglie trascorrenti e strutture minori coniugate, sviluppatasi in età almeno posteriore alle Calcareniti di Floresta (Carbone et al. 1993; Lentini et al. 2000; Catalano et al. 2009); i suddetti lineamenti sono direttamente riconducibili allo sviluppo ed evoluzione del margine meridionale della Catena Kabilo-Calabride, ben distinta dalla più antica Linea di Taormina (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Catalano et al. 2009);
- le **strutture recenti e attive** comprendono i sistemi di faglie che influenzano i rilievi attuali e che mostrano, in molti casi, effetti di riattivazioni recenti (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009); in questa associazione rientrano le faglie trascorrenti e le relative strutture minori che controllano la valle del Fiume Alcantara, le faglie normali che si sviluppano lungo il margine ionico e i lineamenti tettonici che interessano l'edificio etneo (Lentini et al. 1995; Catalano & De Guidi 2003; Catalano et al. 2009);

L'inizio della fase collisionale si verifica durante il Paleogene, mediante l'attivazione di tagli crostali profondi (Catalano et al. 2009). Questi tagli determinano l'accavallamento delle unità del margine europeo sui terreni del cuneo di accrezione neo-Tetideo, nonché la concomitante sovrapposizione tra i diversi settori crostali dello stesso margine (Lentini & Vezzani 1975; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Il maggiore contatto di ricoprimento tettonico è rappresentato dal contatto basale dell'Unità tettonica di Mandanici, che risulta responsabile della risalita delle unità più interne del margine europeo, interessato da metamorfismo alpino, sulle falde del basamento più esterne, caratterizzate dal solo evento ercinico (Ogniben 1969; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Tale elemento è marcato da una mega-zona di taglio, potente anche alcune centinaia di metri, che delimita litoni costituiti sia da lembi di filladi dell'unità in sovrascorrimento che da elementi delle unità sottostanti (Catalano et al. 2009).

Ulteriori zone di taglio, caratterizzate da litoni costituiti sia da resti di successioni mesozoiche di natura carbonatica che di sequenze terrigene paleogeniche, delimitano le differenti scaglie del basamento riferibili alle unità peloritane più esterne (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Tali contatti tettonici suddividono differenti unità del basamento anchimetamorfico e mostrano, in generale, indicatori cinematici che suggeriscono movimenti prevalentemente verso il quadrante Sud-occidentale (Catalano et al. 2009). All'interno delle unità esterne si riconoscono, comunque, anche strutture contrazionali tardive con vergenza Sud-orientale, come sovrascorrimenti minori che duplicano le serie mesozoiche dell'Unità tettonica di Longi-Taormina (Catalano et al. 2009).

I rapporti tra le unità del basamento e i depositi terrigeni sintettonici porta ad attribuire all'associazione paleogenica solo le strutture che, coinvolgendo direttamente livelli databili fino all'Oligocene inferiore, hanno determinato una culminazione orientata NW-SE (Catalano et al. 2009). Quest'ultima è dovuta al *duplexing* al di sotto delle filladi dell'Unità di Mandanici ed è suturata, in particolare, dal contatto di tipo *on-lap* degli orizzonti discordanti dell'Oligocene superiore (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). L'inversione degli assi della deformazione potrebbe essere riferibile, invece, all'attivazione delle strutture paleogenico-neogeniche che hanno prodotto culminazioni orientate NE-SE e sature dai termini flyschoidi del Miocene inferiore (Lentini & Vezzani 1975; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). A questi lineamenti vanno associati i *thrusts* che duplicano la successione della Formazione di Piedimonte, al letto della Linea di Taormina (Catalano et al. 2009).

I lineamenti tettonici paleogenico-neogenici dislocano i livelli sintettonici del Flysch di Capo d'Orlando e sono particolarmente sviluppati al tetto della Linea di Taormina e nella zona della dorsale di Forza d'Agrò (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). In entrambe le zone, essi rappresentano segmenti di allineamenti tettonici estesi a livello regionale, sviluppatasi in un generale contesto di deformazione prevalentemente trascorrente (Lentini et al. 1995). Come detto, tali strutture sono rappresentate da faglie trascorrenti destre ad orientazione circa NW-SE, cui si

associano sovrascorrimenti obliqui destri ad orientazione circa E-W e sistemi di pieghe con assi circa NE-SW (Catalano et al. 2009).

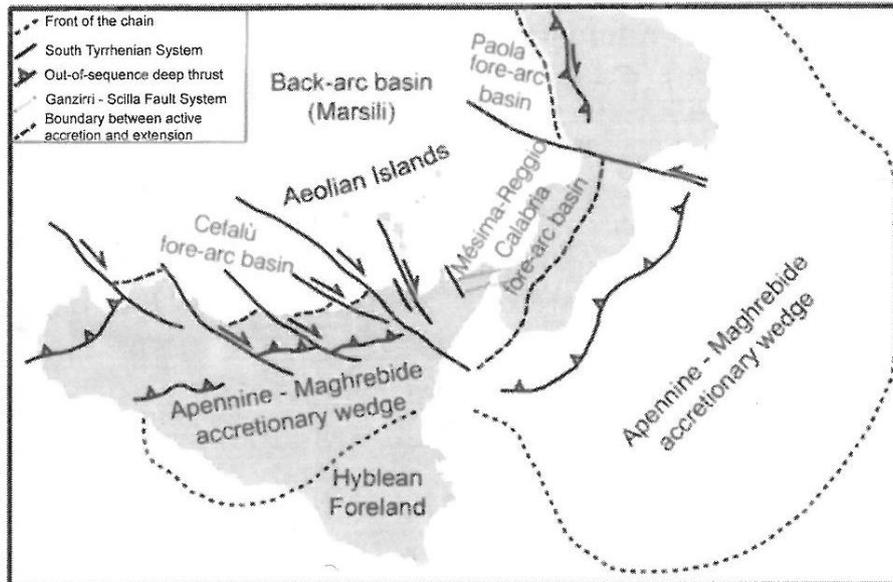


Figura 9 – Schema neo-tettonico della Sicilia e della Calabria, con indicazione dei principali elementi strutturali trascorrenti e compressivi (da Parotto & Praturlon 2004).

La struttura principale può essere individuata nella Linea di Taormina, una zona di taglio crostale ereditata della subduzione neo-Tetidea e responsabile dell'accavallamento delle unità kabilo-calabridi su quelle appenninico-maghrebidi (Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Lentini et al. 1995; Parotto & Praturlon 2004). La superficie di accavallamento oggi mostra una generale immersione di poche gradi verso NE e evidenze di una cinematica prevalente verso SE. Per alcuni tratti, la superficie di *thrust* a basso angolo è sostituita da segmenti di faglie ad alto angolo, con prevalente cinematica trascorrente e direzione sostanzialmente parallela al vettore movimento (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009). In alcuni tratti del fronte di accavallamento è possibile riconoscere fenomeni di ripartizione dei movimenti lungo superfici a basso angolo, caratterizzati da movimenti di *dip-slip*, che si raccordano in profondità a segmenti ad alto angolo con cinematica trascorrente pura (Catalano et al. 2009).

Allo stadio di migrazione del fronte collisionale è collegata anche l'attivazione delle strutture del Sistema Sud-Tirrenico, che comprende un insieme delle faglie destre ad orientazione circa NW-SE (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996). Tali faglie hanno cumulato rigetti derivanti dalla differente velocità di avanzamento delle unità alloctone tra aree in collisione e le aree indeformate, ancora libere di migrare su settori di avampaese a crosta sottile come il Bacino Ionico (Finetti et al. 1996; Carbone et al. 2007). Attualmente tali faglie si collegano verso Sud al fronte di collisione principale e rappresentano, quindi, una zona di taglio originata dallo svincolo tra le aree nebrodiche in collisione con le aree continentali dell'Avampaese Africano e le aree peloritane in avanzamento sui settori in flessurazione del Bacino Ionico (Carbone et al. 2007).

Lineamenti trascorrenti antichi, riferibili alle deformazioni paleogenico-neogeniche, sono distribuiti anche in sinistra orografica del Fiume Alcantara e nella zona della dorsale di Forza d'Agrò (Catalano et al. 2009). La fase paleogenico-neogenica presenta tutti i caratteri tipici di un ambiente di collisione continentale e termina, quindi, con il retroscorrimento delle Argille scagliose dei Monti Peloritani sui domini kabilo-calabridi (Carbone et al.

2007; Catalano et al. 2009). Queste ultime sono comunemente interpretate come un ricoprimento a vergenza opposta rispetto ai terreni appenninico-maghebidi, che presentano contatti col substrato flyschoidi suturati Calcareniti di Floresta (Carbone et al. 2007).

Le strutture trascorrenti neogeniche si sono sviluppate lungo il margine meridionale della Catena Kabilo-Calabride durante la sua migrazione verso i quadranti orientali (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). È possibile riconoscere faglie trascorrenti destre ad alto grado con orientazioni da NW-SE a WNW-ESE, disposte con geometria *en-echelon*, cui si associano *thrust* ad orientazione E-W con movimenti di *dip-slip* puri, sia verso Sud che verso Nord (Catalano et al. 2009). Queste strutture contrazionali, marcate da evidenti anticlinali di rampa, si sviluppano nelle aree di sovrapposizione tra le strutture trascorrenti congiungendo il *tip* di una faglia trascorrente al segmento di faglia adiacente (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Lo sviluppo delle strutture trascorrenti avviene secondo due fasce discrete, corrispondenti ad altrettanti tagli principali (Catalano et al. 2009). Una prima fascia si sviluppa da Rocca Novara verso la dorsale di Forza d’Agrò e si sovrappone al fascio trascorrente pre-esistente. Questa zona di taglio trascorrente ha accumulato rigetti destri pari a circa 40 km e corrisponde al segmento terminale della più estesa zona di taglio Capo d’Orlando-Capo S. Alessio (Catalano et al. 1996). Un’ulteriore fascia trascorrente neogenica si sovrappone e spesso riattiva i lineamenti trascorrenti pre-esistenti collegati ai movimenti lungo la Linea di Taormina, che proprio per questo è stata spesso erroneamente interpretata come una struttura essenzialmente trascorrente (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009).

Le strutture recenti e attive comprendono tutti quegli elementi che hanno avuto un effetto diretto nel modellamento del paesaggio, sia lungo i settori di catena che in corrispondenza del rilievo vulcanico del Monte Etna (Catalano et al. 2009). Il principale sistema di strutture recenti si sviluppa nelle aree costiere ed è composto, quindi, da faglie normali orientate NNE-SSW, che tagliano l’insieme degli elementi tettonici più antichi. Queste strutture, riferite al Sistema Messina-Fiumefreddo (Ghisetti & Vezzani 1982) e al Sistema Messina-Etna (Lentini et al. 1995), sono state descritte come parte del più importante *Rift* Siculo-Calabro (Monaco & Tortorici 2000; Catalano et al. 2009).

Il Sistema Messina-Etna è stato interpretato come un ramo della zona *drifting* cinematicamente collegato alle strutture della Scarpata Maltese, un sistema di faglie trassensive a direzione prevalente NNW-SSE che delimita *offshore* la zona ionica (Carbone et al. 1982; Bianca et al. 1999; Catalano et al. 2009). Le faglie del Sistema Messina-Fiumefreddo controllano la struttura a *Graben* dello stretto di Messina e ribassano le formazioni sedimentarie mioceniche, plioceniche e quaternarie rispetto ai termini del substrato metamorfico (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 2009).

Un segmento principale di faglia interessa l’abitato di Taormina ed è marcato da una scarpata che delimita, verso monte, un terrazzo marino su cui è ubicato il centro storico del paese. Un ulteriore segmento di faglia normale si sviluppa a monte dell’abitato di Calatabiano e prosegue verso Sud in direzione dell’Etna, dove si raccorda alla Faglia di Piedimonte (Monaco et al. 1997). La faglia di Calatabiano, in particolare, si collegherebbe alla faglia posta nell’*offshore* di Taormina tramite una *synthetic relay ramp* evidenziata dal basculamento dei terrazzi tardo-quaternari posti tra Taormina e la Valle dell’Alcantara (Catalano & De Guidi 2003; Catalano et al. 2009).

Nel settore meridionale della tratta Fiumefreddo-Giampilieri, sono presenti due ulteriori gruppi di faglie recenti e attive, generalmente attribuite al Sistema della Pernicana e al Sistema di Fiumefreddo (Monaco et al. 1995; Azzaro et al. 1998; Barbagallo 2006). In particolare, al secondo sistema appartiene la cosiddetta Faglia di Fiumefreddo, la cui attività è ben testimoniata da una serie di fenomeni di fagliazione superficiale e da interferenze dirette con alcune delle infrastrutture che attraversano l’area. Tale elemento presenta spostamenti obliquo-destri di *creep* asismico, con deformazioni a lungo termine inferiori a 1 mm/anno, e condiziona in maniera evidente il contatto tra le lave del Monte Etna e i depositi alluvionali di età Olocenica (Monaco et al. 1995; Barbagallo 2006). In generale,

non si segnalano terremoti associabili al presente elemento strutturale che risulta, pertanto, chiaramente non sismico (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006).

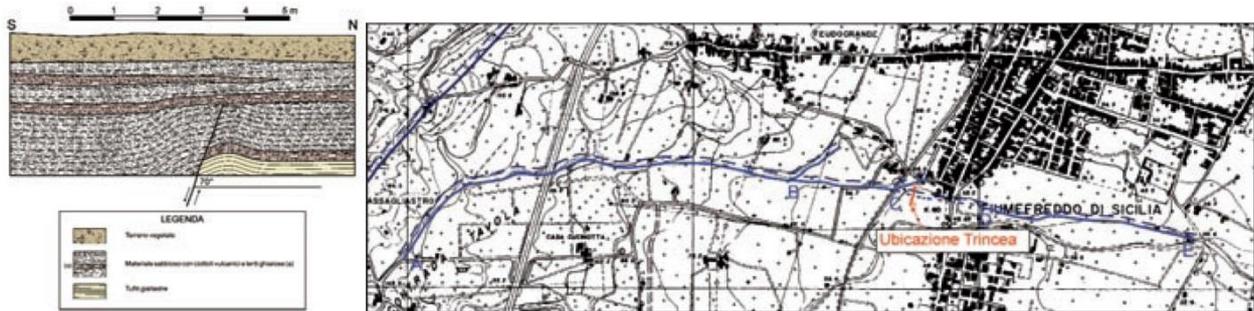


Figura 10 – Faghi di Fiumefreddo: a) ricostruzione stratigrafica, b) schema planimetrico del piano principale e dei due *splays* individuati (da Barbagallo 2006).

La Faglia di Fiumefreddo, partendo dalla sua estremità più occidentale, assume prima un andamento NE-SW e quindi procede in direzione circa E-W con una scarpata di altezza variabile che raggiunge un massimo di circa 10 m (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006). Oltre al piano di taglio principale, sono presenti due *splays* divergenti che si sviluppano per qualche centinaio di metri sul bordo rialzato della faglia, in direzione circa NE-SW (Barbagallo 2006). In generale, il rigetto del piano principale diminuisce progressivamente dopo l'intersezione con ognuna delle due *splays*, a dimostrazione di un probabile trasferimento della deformazione alle strutture secondarie (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006).

Infine, le principali strutture che caratterizzano il versante Nord-orientale del Monte Etna sono rappresentate dalla Faglia Provenzana e dalla Faglia Pernicana. Questi elementi, unitamente al sistema di fessure eruttive del *Rift* Nord-orientale, delimitano un ampio settore del vulcano caratterizzato da deformazioni estensionali accomodate lateralmente da movimenti di tipo sinistro (Monaco et al. 1997; Branca et al. 2009). La faglia Provenzana è costituita da una scarpata rivolta a SE con un'altezza di circa 200 m, che delimita il sistema di fessure eruttive del *Rift* Nord-orientale (Branca et al. 2009). La Faglia Pernicana, invece, è costituita da un segmento occidentale orientato E-W e da un segmento orientale orientato WNW-ESE (Branca et al. 2009).

8 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

8.1 Assetto litostratigrafico

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

SCHEMA DEI RAPPORTI GEOMETRICI TRA UNITÀ KABILO-CALABRIDI, UNITÀ APPENNINICO-MAGHREBIDI E COPERTURE SINTETTONICHE

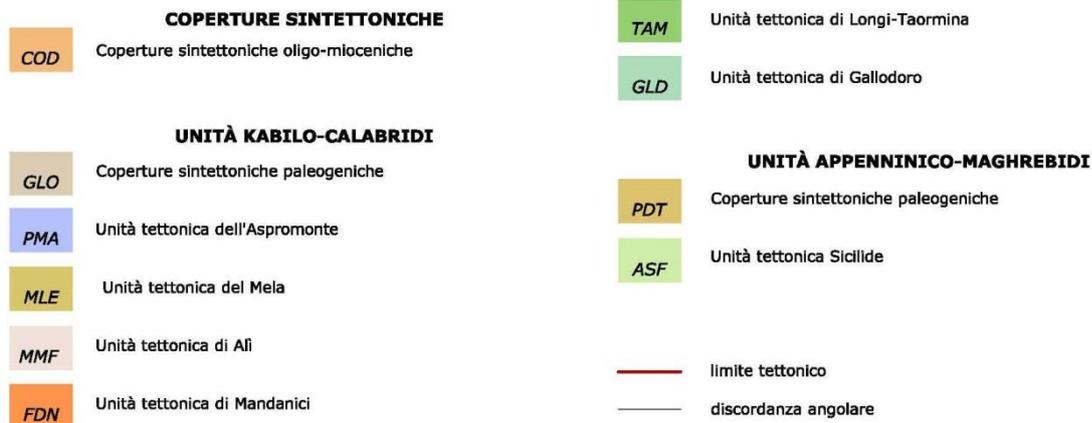
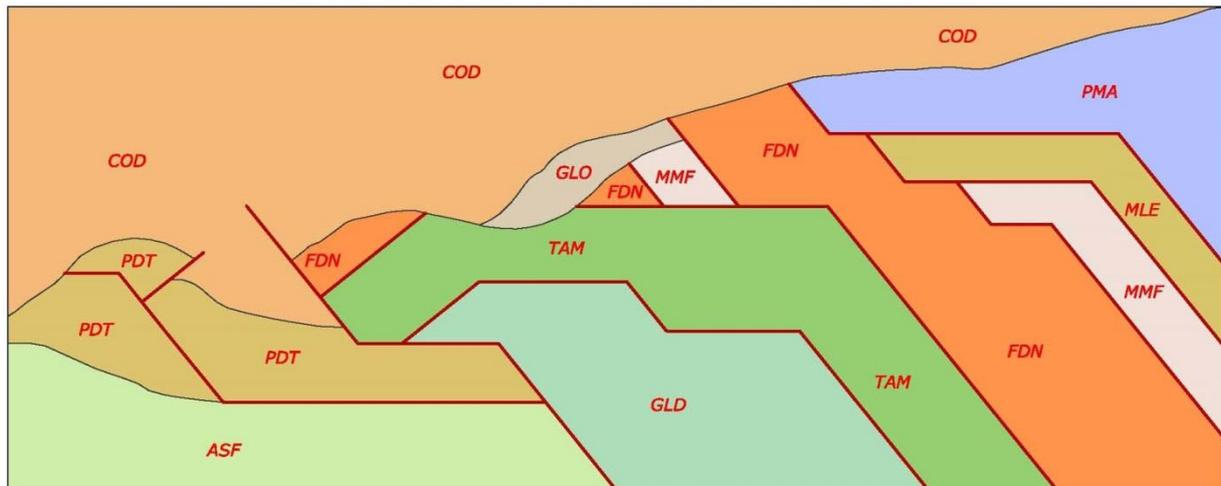


Figura 11 – Schema dei rapporti geometrici tra le Unità Kabilo-Calabridi, Unità Appenninico-Maghebidi e Coperture sintettoniche oligo-mioceniche; le sigle ed i colori fanno riferimento alla codifica delle unità riportate nella legenda al di sotto dello schema.

Nei settori relativi all'intera tratta ferroviaria Fiumefreddo-Giampilieri (lotto 1 e lotto 2), quindi, sono state individuate e perimetrare quaranta unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

8.1.1 Unità Appenninico-Maghrebidi

Le sequenze sedimentarie della Catena Appenninico-Maghrebide sono formate da due unità stratigrafico-strutturali, ampiamente affioranti nei settori al di fuori dell'area di intervento del lotto in esame, nei pressi del Fiume Alcantara.

8.1.1.1 Unità tettonica Sicilide

La presente unità stratigrafico-strutturale è formata da una sola successione marina mesozoica, non affiorante nell'area di intervento del lotto in esame. A scala regionale l'unità è in contatto stratigrafico con le Coperture sintettoniche paleogeniche, mentre è ricoperta tettonicamente dalle sequenze dell'Unità tettonica di Gallodoro e dalle Coperture sintettoniche paleogeniche.

8.1.1.1.1 Formazione delle argille scagliose superiori

Questa unità affiora al di fuori dell'area di interesse del lotto 2. È costituita da argille limose e argille marnose grigie e varicolori (**ASF**), caotiche o a struttura scagliosa, con rari clasti poligenici di dimensioni centimetriche, da angolosi ad arrotondati, e sporadiche intercalazioni di radiolariti policrome; localmente si rinvencono passaggi di marne argillose, marne e calcari marnosi di colore grigio e biancastro, in strati da 5 a 30 cm. Inglobati nella massa argillosa si rinvencono blocchi esotici fortemente eterometrici (**ASFa**), prevalentemente costituiti da un'alternanza di argille grigiastre e quarzareniti fini di colore giallo-rossastro.



Foto 1– Affioramento della Formazione delle argille scagliose superiori in Contrada Marauli, poche centinaia di metri a Nord del Torrente Bluinetto, nel lotto 1.

La presente unità è ricoperta in discordanza stratigrafica dalla Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**), dalla porzione prevalentemente pelitica della Formazione di San Pier Niceto (**PCTa**) e dalla porzione arenaceo-marnosa della Formazione di Piedimonte (**PDTa**). La successione presenta uno spessore massimo non valutabile per tettonizzazione ed è ascrivibile al Cretacico.

8.1.1.2 Coperture sintettoniche paleogeniche

Tali terreni sono formati da una singola successione marina tardo-paleogenica, estesamente affiorante nei settori meridionali dell'area di intervento. A livello regionale i suddetti depositi poggiano sia stratigraficamente che tettonicamente sui litotipi dell'Unità tettonica Sicilide, mentre sono ricoperti per sovrascorrimento dai terreni dell'Unità tettonica di Gallodoro e dell'Unità tettonica di Longi-Taormina e in discordanza angolare dai depositi delle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche.

8.1.1.2.1 Formazione di Piedimonte

Tale unità affiora diffusamente fuori dall'area di interesse del lotto in esame. Si tratta di argille limose, argille marnose, marne argillose e limo argilloso sabbioso di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro (**PDTa**), massive o debolmente stratificate, in alternanza con arenarie arcose da fini a grossolane di colore grigio e grigio-giallastro, in strati da 10 a 40 cm, a prevalente laminazione parallela, da mediamente a ben cementate; localmente si rinvengono intercalazioni di siltiti, sabbie limose e limi di colore grigio scuro, bruno e verdastro; a luoghi sono presenti livelli lentiformi di conglomerati e microconglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-angolosi a sub-arrotondati, in matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa di colore grigio scuro, generalmente abbondante, da mediamente a ben cementata.

Lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie arcose e feldspatiche da fini a grossolane di colore grigio e giallastro (**PDTb**), in strati da 30 a 50 cm, da poco a ben cementate, con sottili intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne di colore grigio e grigio-verdastro; localmente si rinvengono passaggi decimetrici di sabbie limose di colore grigio e intercalazioni lentiformi di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e marrone, generalmente abbondante, da mediamente a ben cementata. Verso l'alto passano a livelli metrici e decimetrici di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro (**PDTc**), generalmente abbondante, da mediamente a ben cementata; a luoghi si rinvengono intercalazioni di arenarie arcose grossolane di colore grigio e giallastro, in strati da 10 a 40 cm, localmente passanti a microconglomerati.



Foto 2 –Affioramento dell’alternanza arenaceo-marnosa della Formazione di Piedimonte nel settore meridionale dell’area di studio, a NNW di Calatabiano in contrada Caterina, nel lotto 1.

La formazione in esame poggia in contatto stratigrafico sulla Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**) e in sovrascorrimento sui conglomerati del Flysch di Capo d’Orlando (**CODa**), mentre è localmente ricoperta in discordanza dalle lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTF**). La successione è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 600 m ed è riferibile all’Oligocene inferiore.

8.1.2 Unità Kabilo-Calabridi

Le sequenze metamorfiche e sedimentarie della Catena Kabilo-Calabride sono rappresentate da sette unità stratigrafico-strutturali, estesamente affioranti in tutta l’area di studio, tra Taormina e rilievi collinari a Ovest del centro abitato di Giampilieri Marina.

8.1.2.1 Unità tettonica di Gallodoro

La presente unità stratigrafico-strutturale è composta da una formazione metamorfica paleozoica e da due successioni marine meso-cenozoiche, affioranti nei settori centro-meridionali dell'area di studio. A scala regionale, questi terreni poggiano in sovrascorrimento sui depositi dell'Unità tettonica sicilide e delle Coperture sintettoniche paleogeniche, mentre sono ricoperti tettonicamente dai litotipi dell'Unità tettonica di Longi-Taormina.

8.1.2.1.1 Epimetamorfiti del Vallone Letojanni

Tale formazione affiora localmente nel settore meridionale dell'aria di studio, tra il centro abitato di Taormina e i rilievi collinari presenti immediatamente a Nord del Torrente Letojanni. È costituita da argilloscisti di colore grigio scuro, verde e rossastro (**GLD**), a tessitura da scistosa a sottilmente stratificata, con diffuse intercalazioni di scisti, metareniti, metasiltiti e metavulcaniti di colore grigio; sono presenti comuni lenti e livelli di quarzo; rari livelli di sabbie quarzose, di colore grigio, da poco addensate a sciolte. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 3– Affioramento delle Epimetamorfiti del Vallone Letojanni in Contrada Ziretto, a Nord di Taormina.

I termini litologici in esame sono ricoperti in sovrascorrimento dalle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), dai Calcari di Mazzarò (**GCM**) e dalla Scaglia di Gallodoro (**SCA2** e **SCA2a**). L'unità presenta uno spessore massimo di circa 300 m ed è ascrivibile al Paleozoico.

8.1.2.1.2 Calcari di Mazzarò

La presente unità affiora in lembi di limitata estensione nel settore meridionale della zona di studio, a Nord del centro abitato di Taormina. Si tratta di calcari micritici di colore grigio (**GCM**), massivi o non stratificati, con clasti di quarzo a spigoli vivi e frequenti esemplari di Gasteropodi e Brachiopodi; lateralmente e verso l'alto passano ad una successione condensata costituita da calcari a Crinoidi di colore grigio e rosa, con livelli discontinui di calcari e calcari marnosi a Crinoidi, Brachiopodi, Gasteropodi e Calpionelle. A luoghi sono presenti cavità carsiche e orizzonti di terre rosse con spessore fino ad alcuni metri.



Foto 4 – Affioramento dei Calcari di Mazzarò a nord del centro abitato di Taormina, a Est di Contrada Zaccani.

L'unità poggia in sovrascorrimento sulle Epimetamorfiti del Vallone Letojanni (**GCM**) e su lembi residui della Scaglia di Gallodoro (**SCA2**), mentre è ricoperta in sovrascorrimento dalle Epimetamorfiti di Longi-Taormina

(**TAM**) e in contatto stratigrafico dalla Scaglia di Gallodoro (**SCA2**). La successione possiede uno spessore massimo di circa 100 m ed è riferibile al Sinemuriano – Berriasiano.

8.1.2.1.3 Scaglia di Gallodoro

Tale unità si rinviene in lembi di limitata estensione nei settori meridionali della zona di intervento, tra il centro abitato di Taormina e i rilievi collinari a Sud del Vallone Letojanni. È costituita da marne e marne calcaree di colore rosa e rossastro (**SCA2**), in strati da 5 a 20 cm, spesso fortemente tettonizzate, progressivamente passanti a marne argillose di colore avana. Localmente l'unità assume i caratteri di una *broken-formation* ospitante ripetuti lembi (**SCA2a**), potenti da pochi centimetri a diverse decine di metri, di calcari analoghi a quelli della successione mesozoica dei Calcari di Mazzarò.

I termini litologici in esame poggiano in sovrascorrimento sulle Epimetamorfite del Vallone Letojanni (**GLD**) e in contatto stratigrafico sui Calcari di Mazzarò (**GCM**), mentre risultano sempre ricoperte con *thrust* a basso angolo dai litotipi delle Epimetamorfite di Longi-Taormina (**TAM**). L'unità presenta uno spessore massimo di circa 100 m ed è ascrivibile al Cretacico superiore – Eocene medio.

8.1.2.2 Unità tettonica di Longi-Taormina

La presente unità stratigrafico-strutturale è formata da una formazione metamorfica paleozoica e da sei successioni marine meso-cenozoiche, estesamente affioranti nei settori centrali dell'area di studio. A scala regionale l'unità poggia in sovrascorrimento sull'Unità tettonica di Gallodoro, sulle Coperture sintettoniche paleogeniche e sulle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche, mentre è ricoperta tettonicamente dall'Unità tettonica di Mandanici e dall'Unità tettonica di Ali. Localmente, inoltre, essa è ricoperta in discordanza stratigrafica dalle Coperture sintettoniche paleogeniche e dalle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche.

8.1.2.2.1 Epimetamorfite di Longi-Taormina

Questa unità si rinviene estesamente nei settori meridionali dell'area di intervento, tra il centro abitato di Taormina e il Torrente Fondaco Parrino, e in lembi poco estesi nella parte centrale dei settori di interesse, a Nord del Torrente Pagliara. Si tratta di argiloscisti di colore grigio, grigio-azzurro e verdastro (**TAM**), a tessitura scistosa, con diffusi passaggi di scisti, metareniti e metasiltiti di colore grigio; sono presenti sporadiche lenti e livelli di quarzo. Localmente si rinvengono porfiroidi di colore grigio e verdastro (**TAMa**), a tessitura massiva o foliata, con sporadici relitti dell'originaria struttura porfirica con fenocristalli di plagioclasio, quarzo e k-feldspato. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 5– Affioramento delle Epimetamorfiti di Longi Taormina a Sud di Forza D’Agrò, tra i Torrenti Fondaco Parrino, Boschetto e Selleia.

La formazione in questione poggia in sovrascorrimento sulle Epimetamorfiti di Vallone Letojanni (**GLD**), sui calcari di Mazzarò (**GCM**) e sulla Scaglia di Gallodoro (**SCA2** e **SCA2a**). Verso l’alto passa in discordanza stratigrafica al Verrucano peloritano di Taormina (**VEP2**), ai Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**), al Conglomerato Rosso (**GLO**) e alla porzione conglomeratica del Flysch di Capo d’Orlando (**CODa**), mentre è ricoperto tettonicamente dalle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), dai Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**) e dal Medolo (**MED**). L’unità mostra uno spessore massimo di circa 250 m ed è riferibile al Paleozoico.

8.1.2.2.2 Verrucano peloritano di Taormina

Tale unità affiora in lembi di limitata estensione nei settori meridionali della zona di intervento, a Nord del centro abitato di Taormina. È rappresentato da arenarie quarzose medio-fini di colore rosso, ocre e giallastro (**VEP2**), massive o in grossi banchi, in alternanza con siltiti e argilliti di colore rosso, grigio e giallo-verdastro, laminate o sottilmente stratificate; localmente si rinvengono livelli discontinui e tettonizzati di conglomerati e microconglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbioso-limosa

di colore rosso e ocra, da poco a mediamente cementata. L'unità risulta spesso molto alterata nella porzione più superficiale e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.

I depositi di questa unità poggiano in discordanza sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), mentre verso l'alto passano stratigraficamente ai Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**). L'unità presenta uno spessore massimo di circa 50 m ed è ascrivibile all'Hettangiano.

8.1.2.2.3 Calcari e dolomie di Taormina

Quest'unità affiora nei settori meridionali della zona di intervento, tra Taormina e il Torrente Letojanni, e in un'area di limitata estensione poco a Nord del Torrente Savoca. Si tratta di biocalcareni algali e calcari detritici di colore grigio e grigio-biancastro (**DOA**), massivi o in strati da 10 a 60 cm, con frequenti esemplari di Gasteropodi, Lumachelle, Brachiopodi e Crinoidi; lateralmente e verso l'alto passano a dolomie saccaroidi di colore grigio-biancastro e rosa-giallastro, massive o mal stratificate; localmente l'intervallo è sormontato da pochi strati di calcari micritici nerastri, in strati da 10 a 30 cm, con rare lenti di selce scura, diffusi elementi vegetali carboniosi e frequenti esemplari di Ostreidi, Brachiopodi e Coralli solitari, a luoghi con intercalazioni di siltiti e arenarie fini di colore ocra e rossastro.



Foto 6 - Affioramento dei Calcari e dolomie di Taormina lungo i versanti in sinistra idrografica del Torrente Savoca.

L'unità in questione poggia stratigraficamente o per sovrascorrimento sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) e sul Verrucano peloritano di Taormina (**VEP2**), mentre è ricoperta stratigraficamente dal Medolo (**MED**) e tettonicamente dalle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Tale sequenza sedimentaria mostra uno spessore massimo di circa 100 m ed è riferibile al Sinemuriano.

8.1.2.2.4 Medolo

La presente unità si rinviene unicamente nel settore meridionale della zona di studio, principalmente in corrispondenza della dorsale su cui sorge il centro abitato di Taormina e secondariamente poco a Sud del Torrente Letojanni. È formata da un'alternanza di calcari marnosi e marne bioturbate di colore grigio, grigio-bluastro, avana e grigio-verdastro (**MED**), in strati da 3 a 30 cm, con liste di selce scura, rare Ammoniti piritizzate o limonitizzate e frequenti resti di radiolari e spicole di spugna; verso l'alto passano ad un intervallo prevalentemente costituito da marne argillose di colore grigio-verdastro, in strati da 2 a 10 cm.

La presente formazione poggia stratigraficamente sui Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**) e in sovrascorrimento sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), mentre verso l'alto passa progressivamente ai litotipi del Rosso

ammonitico (**RSA**) o è ricoperta tettonicamente dai porfiroidi delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAMa**). L'unità presenta uno spessore massimo di circa 250 m ed è ascrivibile al periodo Pliensbachiano – Toarciano?.



Foto 7 - Vista panoramica del Medolo in affioramento lungo i versanti che bordano ad Ovest il centro abitato di Taormina, a Sud di Castelmola. Sono chiaramente visibili le strutture plicative ad ampio e medio raggio di curvatura che interessano la sequenza sedimentaria, localmente tagliate da faglie dirette e trascorrenti ad alto angolo.

8.1.2.2.5 Rosso Ammonitico

La presente formazione affiora in lembi poco estesi unicamente nel settore meridionale dell'area di interesse, poco a Sud del centro abitato di Taormina. È costituito da marne argillose di colore rosso e grigio-verdastro (**RSA**), in strati da 1 a 3 cm, in alternanza con calcari marnosi verdastri a *Cancellophycus* sp. e marne calcaree rossastre a Lamellibranchi, Ammoniti ed Aptici, talora nodulari, in strati da 2 a 8 cm; localmente si rinvengono sottili livelli di radiolariti, calcari silicei e diaspri di colore rosso e verdastro; al tetto della successione sono presenti alcuni metri di calcari marnosi verdastri con intercalazioni di breccie calcaree e un *debris* di filladi, Crinoidi, Radiolari e *Trocholina* sp..

Verso il basso l'unità è in contatto stratigrafico con i litotipi del Medolo (**MED**), mentre verso l'alto passa alla successione carbonatica della Maiolica (**MAI**). Tale sequenza presenta uno spessore massimo di circa 60 m ed è riferibile al Toarciano – Titonico.



Foto 8 – Affioramento del Rosso Ammonitico localizzato a SW di Taormina, poco a Nord di Monte Crocifisso, lotto1.

8.1.2.2.6 Maiolica

Questa formazione si rinviene nei settori centro-meridionali della zona di studio, poco a Sud del centro abitato di Taormina, lungo una fascia estesa in direzione NW-SE. Si tratta di calcari micritici di colore biancastro (**MAI**), massivi e a frattura concoide, con frammenti di natura metamorfica e frequenti esemplari di Aptici, Belemniti e Calpionelle; verso l'alto passano ad un'alternanza di calcari marnosi e marne calcaree di colore biancastro, in strati da 5 a 30 cm, con liste e noduli di selce nera.



Foto 9 – Affioramento della Maiolica a SW di Taormina, in contrada Ciccone, a SE di Monte Petraro.

Verso il basso questa formazione poggia stratigraficamente sui litotipi argilloso-marnosi del Rosso Ammonitico (**RSA**), mentre verso l'alto passa progressivamente ai depositi calcareo-marnosi della Scaglia di Taormina (**SCA1**) o è ricoperta tettonicamente dai terreni delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). La successione mostra uno spessore massimo di circa 200 m ed è ascrivibile al Titonico – Neocomiano.

8.1.2.2.7 Scaglia di Taormina

Tale unità affiora in lembi di limitata estensione nel settore meridionale dell'area di intervento, a Sud del centro abitato di Taormina. È formata da calcari, calcari marnosi e marne calcaree di colore rosa e bianco-grigiastro (**SCA1**), in strati da 5 a 20 cm, in alternanza con marne e marne argillose di colore rosso, verde e giallastro, estremamente tettonizzate e scagliettate.

La presente unità poggia in contatto stratigrafico sui termini litologici della Maiolica (**MAI**) ed è ricoperta in sovrascorrimento dai litotipi delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). La sequenza sedimentaria in esame possiede uno spessore massimo di circa 100 m ed è riferibile Cretacico superiore – Eocene medio.

8.1.2.3 Unità tettonica di Mandanici

Questa unità stratigrafico-strutturale è composta da una sola unità metamorfica paleozoica, affiorante diffusamente nella parte centro-settentrionale dell'area di studio e, localmente, nel settore centro-meridionale. A scala regionale, l'Unità tettonica di Mandanici poggia in sovrascorrimento sui terreni dell'Unità tettonica di Longi-Taormina, dell'Unità tettonica di Alì, delle Coperture sintettoniche paleogeniche e delle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche. Verso l'alto tale unità è ricoperta in discordanza stratigrafica dai depositi delle Coperture sintettoniche paleogeniche e delle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche e in sovrascorrimento dai litotipi dell'Unità tettonica di Alì, dell'Unità tettonica del Mela e dell'Unità tettonica dell'Aspromonte

8.1.2.3.1 **Metamorfiti di Mandanici**

La formazione in esame affiora diffusamente nel settore centro-settentrionale dell'area di intervento, a Nord della dorsale di Forza d'Agrò. Si tratta di filladi di colore grigio, nerastro, grigio-azzurro e verdastro (**FDN**), a tessitura scistosa, progressivamente passanti a metareniti, metasiltiti e micascisti di colore grigio, verde e nerastro, a tessitura scistosa; localmente si rinvengono corpi metrici di metabasiti, porfiroidi e quarziti, oltre a litoni tettonicamente inglobati di sedimenti mesozoici; sono presenti comuni vene di quarzo, processi idrotermali e mineralizzazioni metalliche. A luoghi si rinvengono marmi a muscovite di colore grigio (**FDNa**), generalmente foliati, con quarzo, clorite, sericite e albite. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.

Verso il basso l'unità poggia in contatto tettonico sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), sui Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**), sulla Maiolica (**MAI**), sulla Scaglia di Taormina (**SCA1**), sul Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**), sulle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**) e sul Conglomerato rosso (**GLO**). Verso l'alto, invece, l'unità è ricoperta tettonicamente dalle Metamorfiti del Mela (**MLE**) e dal Complesso metamorfico varisico (**PMAa** e **PMAb**) o in discordanza stratigrafica dal Conglomerato rosso (**GLO**), dal Flysch di Capo d'Orlando (**CODa** e **CODb**), dalle Calcareniti di Floresta (**CFL**), dai Conglomerati di Allume (**LLM**) e dalle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**). La formazione in questione presenta uno spessore massimo di circa 800 m ed è ascrivibile al Paleozoico.



Foto 10 – Affioramento della porzione filladica delle Metamorfiti di Mandanici in sinistra idrografica del Torrente Salice, in Contrada Serro Spalassa.

8.1.2.4 Unità tettonica di Ali

La presente unità stratigrafico-strutturale è costituita da due formazioni metamorfiche paleo-mesozoiche e da tre successioni marine infra-mesozoiche, estesamente affioranti nei settori settentrionali della zona di intervento. A livello regionale l'unità ricopre in sovrascorrimento l'Unità tettonica di Longi-Taormina e l'Unità tettonica di Mandanici, mentre è ricoperta tettonicamente dall'Unità tettonica di Mandanici e dall'Unità tettonica del Mela. Localmente, essa è inoltre ricoperta in discordanza stratigrafica dai terreni delle Coperture sintettoniche paleogeniche e delle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche.

8.1.2.4.1 **Metamorfiti di Ali**

Tale unità affiora nella porzione settentrionale dell'area di studio, a NW di Capo d'Ali, lungo una stretta fascia allungata in direzione circa SW-NE. È formata da metareniti e metasiltiti di colore grigio scuro (**MMF**), a tessitura scistosa, con locali passaggi di micascisti di colore grigio-verdastro; a luoghi si rinvengono intercalazioni di

metalutiti di colore grigio scuro, a tessitura scistosa, con abbondanti frustoli mal conservati e locali impronte di piante attribuite a *Lepidodendron*, *Sigillaria* e *Bothrodendron*; sono presenti comuni lenti e noduli di quarzo. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 11– Affioramento delle Metamorfiti di Alì in località Praci, tra il Vallone Calamci e Rio Schiavo.

Verso l'alto l'unità passa ai termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**). L'unità ha uno spessore massimo di circa 150 m ed è riferibile al Devoniano? – Carbonifero inferiore.

8.1.2.4.2 Verrucano peloritano di Alì

Questa unità si rinviene diffusamente nei settori settentrionali dell'area di studio, tra il Torrente Fiumedinisi a sud e Torrente Itala a nord. Si tratta da metareniti di colore rosso, giallastro, grigio e rosso-vinaccia (**VEP1**), a tessitura scistosa, in alternanza con metasiltiti e metalutiti di colore rosso, grigio-verdastro e giallastro, a tessitura scistosa spesso associata a pieghe isoclinali; localmente si rinvencono intercalazioni di argilloscisti di colore grigio e rosso-vinaccia, a tessitura scistosa, e livelli di metaconglomerati di colore nocciola, grigio e rosato; sono presenti comuni

lenti e noduli di quarzo. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 12– Affioramento del Verrucano peloritano di Alì in sinistra idrografica del Torrente Fiumedinisi, a NW di Monte Mastro Guglielmo.

La presente unità poggia stratigraficamente sulle Metamorfiti di Alì (**MMF**) e in sovrascorrimento sulle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**), sulle Calcilutiti di Casello (**ACS**) e sul Complesso metamorfico varisico (**PMAa**), mentre è ricoperta in discordanza stratigrafica dalle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**) e dai Conglomerati di Allume (**LLM**) e tettonicamente dalle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) e dal Complesso metamorfico varisico (**PMAa**). L'unità presenta uno spessore massimo di circa 200 m ed è ascrivibile al Triassico medio? – Hettangiano.

8.1.2.4.3 Dolomie evaporitiche di Casello

L'unità in esame affiora nel settore settentrionale della zona di studio, prevalentemente a Nord del Torrente Alì. È formata da un'alternanza di dolomie evaporitiche vacuolari di colore grigio e rosato (**ALD**), calcari nerastri, calcari e arenarie medio-fini di colore giallastro e rosso-vinaccia, carnioli grigie e giallastre talora gessifere, in strati da 20 a 50 cm. L'unità risulta spesso fortemente cataclasata e attraversata da fitti sistemi di fratture riempite da carbonati.



Foto 13– Affioramento delle Dolomie evaporitiche di Casello a Nord di Alì Terme, in prossimità del Torrente dei Bagni.

Verso il basso la formazione poggia stratigraficamente sul Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**) e in sovrascorrimento sulle Calcilutiti di Casello (**ACS**) e sulle Argilliti silicee di Impromi (**ALO**), mentre verso l'alto è ricoperta tettonicamente dal Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**) o passa progressivamente alle Calcilutiti di Casello (**ACS**). La successione mostra uno spessore massimo di circa 80 m ed è riferibile al Lias inferiore.

8.1.2.4.4 Calcilutiti di Casello

Tale unità affiora in un lembo di limitata estensione nel settore settentrionale dell'area di studio, a Nord di Capo di Alì. Si tratta di un'alternanza di calcilutiti, calcisiltiti e calcari marnosi di colore grigio e nocciola (**ACS**), in strati da 10 a 30 cm, con frequenti intercalazioni di marne e marne calcaree di colore grigio e grigio-bluastrò, in strati da 5 a 40 cm, con noduli di selce scura.



Foto 14– Affioramento delle Calcilutiti di Casello a Nord di Capo d’Alì, tra Rio Schiavo e Vallone Calamaci.

L’unità poggia in contatto stratigrafico sulle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**), mentre verso l’alto passa progressivamente alle Argilliti silicee di Impromi (**ALO**) o è ricoperta in sovrascorrimento dal Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**) e dalle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**). La sequenza sedimentaria presenta uno spessore massimo di circa 80 m ed è ascrivibile al Lias medio – Lias superiore.

8.1.2.4.5 Argilliti silicee di Impromi

La formazione affiora in lembi di limitata estensione nel settore settentrionale della zona di studio, in corrispondenza del promontorio di Capo di Alì. È costituita da argilliti silicee e radiolariti di colore verde e rosso-rossinaccia (**ALO**), in strati da 3 a 15 cm, con frequenti intercalazioni decimetriche di calcareniti e brecciole calcaree di colore grigio, silicizzate e con noduli di selce grigia.



Foto 15 – Affioramento delle Argilliti silicee di Impromi tra Capo d’Ali e il Rio Impisi, in località Impromi.

I litotipi in esame poggiano stratigraficamente sulle Calcilutiti di Casello (**ACS**) mentre sono ricoperti in sovrascorrimento dalle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**). L’unità presenta uno spessore massimo di circa 30 m ed è riferibile al Lias superiore – Cretacico inferiore?.

8.1.2.5 Unità tettonica del Mela

Questa unità stratigrafico-strutturale è formata da una sola formazione metamorfica paleozoica, affiorante nel settore centrale delle area di intervento, a Nord del Torrente Fiumedinisi. A livello regionale, l’unità poggia in sovrascorrimento sull’Unità tettonica di Mandanici e sull’Unità tettonica di Ali, mentre risulta tettonicamente ricoperta dall’Unità tettonica dell’Aspromonte.

8.1.2.5.1 **Metamorfiti del Mela**

Questa formazione si rinviene in lembi di limitata estensione nei settori centrali della zona di studio, unicamente a Nord del Torrente Fiumedinisi. Si tratta di paragneiss di colore grigio (**MLE**), a tessitura orientata, passanti lateralmente a micascisti di colore grigio-argenteo, a tessitura scistosa; sono presenti fratture tardive rinsaldate da

zeoliti e comuni lenti di quarzo. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 16– Affioramento delle Metamorfiti del Mela a NW di Ali Terme, poco a Nord di Monte Mastro Guglielmo.

I termini litologici in questione poggiano in sovrascorrimento sui litotipi prevalentemente filladici delle Metamorfiti di Mandanici (FDN). L'unità mostra uno spessore massimo di circa 600 m ed è ascrivibile al Paleozoico.

8.1.2.6 Unità tettonica dell'Aspromonte

La presente unità stratigrafico-strutturale è formata da una singola formazione metamorfica pre-paleozoica, affiorante prevalentemente nel settore centrale e settentrionale dell'area di studio, a Nord della Fiumara d'Agro. A scala regionale, l'unità in questione poggia in sovrascorrimento sull'Unità tettonica di Mandanici e sull'Unità tettonica del Mela, mentre è ricoperta in discordanza stratigrafica dalle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche.

8.1.2.6.1 Complesso metamorfico varisico

L'unità affiora abbastanza diffusamente nei settori centrali e settentrionali dell'area di studio, prevalentemente a Nord del Torrente Itala e nella zona compresa tra la Fiumara d'Agrò ed il Torrente Savoca. È formata da paragneiss di colore grigio (**PMAa**), a tessitura massiva o orientata, progressivamente passanti a micascisti di colore grigio scuro, a tessitura scistosa; a luoghi sono presenti corpi di gneiss occhiadini, lenti metriche di anfiboliti, marmi e banchi di quarziti. Lateralmente passano a gneiss occhiadini di colore grigio e rosato (**PMAb**), a tessitura orientata, cui si associano corpi di metagranitoidi, inclusi magmatici e filoni decimetrici di metapegmatiti e metapeliti. Talora sono presenti marmi a silicati di colore grigio e biancastro (**PMAc**), a tessitura massiva, con subordinati fels Ca-silicatici e lenti metriche di anfiboliti; sono presenti comuni lenti e noduli di quarzo. L'unità risulta generalmente molto alterata nella porzione più superficiale, spesso completamente argillificata e a luoghi fortemente cataclasata e/o milonitizzata.



Foto 17– Affioramento del Complesso metamorfico varisico a NW di Scaletta Marina, poco a Sud del Torrente Racinazzi.

La successione in esame poggia in contatto tettonico sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) e sul Verrucano peloritano di Ali (**VEP1**), mentre è ricoperta in discordanza stratigrafica dalle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**). L'unità presenta uno spessore massimo non valutabile ed è ascrivibile al Pre-Paleozoico.

8.1.2.7 Coperture sintettoniche paleogeniche

Questi terreni sono formati da una sola successione marina infra-cenozoica, affiorante nei settori centro-meridionali dell'area di studio. A livello regionale, i suddetti litotipi poggiano in discordanza stratigrafica sui termini litologici dell'Unità tettonica di Longi-Taormina, dell'Unità tettonica di Mandanici e dell'Unità tettonica di Ali, mentre sono stratigraficamente ricoperti dai depositi delle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche.

8.1.2.7.1 **Conglomerato rosso**

Questa formazione affiora unicamente nel settore centro-meridionale della zona di studio, tra il Fondaco Parrino e la Fiumara d'Agrò. È composta da conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici (**GLO**), da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa e microconglomeratica di colore rosso, nocciola e verdastro, generalmente abbondante, da poco a mediamente cementata; a diverse altezze stratigrafiche si rinvencono passaggi di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice argilloso-limosa e argilloso-sabbiosa di colore grigio e rossastro, generalmente abbondante; localmente sono presenti lenti di conglomerati a prevalenti clasti arrotondati di natura carbonatica. Inglobati nella massa conglomeratica si rinvencono numerosi olistoliti fortemente eterometrici (**GLOa**) derivanti da successioni carbonatiche mesozoiche, prevalentemente costituiti da calcari biancastri, dolomie grigio-biancastre e breccie calcaree cataclasate.



Foto 18 – Affioramento del Conglomerato rosso lungo i versanti immergenti a NE della dorsale di Forza d’Agrò.

L’unità poggia in sovrascorrimento sul Flysch di Capo d’Orlando (**CODb**) e discordanza sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) e sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), mentre è ricoperta stratigraficamente dai depositi conglomeratici e arenacei del Flysch di Capo d’Orlando (**CODa** e **CODb**) e tettonicamente dai terreni delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Questa successione presenta uno spessore massimo non valutabile per tettonizzazione ed è riferibile all’Oligocene inferiore?.

8.1.3 Successioni clastiche oligo-mioceniche

Le successioni clastiche oligo-mioceniche sono rappresentate da tre sequenze sedimentarie di ambiente marino estesamente affioranti nei settori centro-meridionali dell’area di studio, tra Taormina e la Fiumara d’Agrò, e localmente presenti nella zona centro-settentrionale dell’area di intervento, in corrispondenza dei rilievi collinari immediatamente a Sud del Torrente Fiumedinisi.

8.1.3.1 Coperture sintettoniche oligo-mioceniche

Questi depositi sono costituiti da una sola successione marina infra-cenozoica, ampiamente affiorante nel settore meridionale dell'area di intervento. A scala regionale, tali litotipi poggiano in discordanza sui terreni dell'Unità tettonica di Longi-Taormina, dell'Unità tettonica di Mandanici, dell'Unità tettonica dell'Aspromonte e delle Coperture sintettoniche paleogeniche, sia della Catena Appenninico-Maghrebide che della Catena Kabilo-Calabride. Talora, in corrispondenza del Fiume Alcantara, i suddetti depositi risultano ricoperti tettonicamente dai termini litologici delle Coperture sintettoniche paleogeniche della Catena Appenninico-Maghrebide.

8.1.3.1.1 **Flysh di Capo D'Orlando**

Tale unità è ampiamente affiorante nei settori meridionali dell'area di studio, tra Taormina e la Fiumara d'Agrò. Si tratta di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici (**CODa**), da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e microconglomeratica di colore grigio e grigio-giallastro, generalmente abbondante, da poco a ben cementata; spesso si rinvencono blocchi poligenici da sub-arrotondati ad arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche. Lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie arcosiche da fini a grossolane di colore grigio, avana e giallastro (**CODb**), in strati da 30 cm a 3 m, da poco a ben cementate, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose di colore grigio, fogliettate o finemente stratificate; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, talora debolmente cementate; a luoghi sono presenti lenti e livelli discontinui di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa di colore giallastro, generalmente abbondante, da poco a mediamente cementata.



Foto 19 – Affioramento delle arenarie del Flysch di Capo d’Orlando lungo il versante sud-occidentale di Monte Franella, in sinistra idrografica del Torrente Letojanni.

Al di sopra di una discordanza intraformazionale, si passa ad argille limose, argille limoso-sabbiose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e marrone (**CODEc**), massive o a struttura scagliosa, con sottili intercalazioni di arenarie arcose fini di colore grigio e giallastro, da poco a mediamente cementate. Lateralmente e verso l’alto passano ad arenarie arcose fini di colore grigio e giallastro (**CODd**), in strati da 20 a 80 cm, da poco a mediamente cementate, con sottili intercalazioni di argille marnose grigie e locali passaggi di sabbie limose giallastre.

I terreni in esame poggiano in discordanza stratigrafica sulle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) e sul Conglomerato rosso (**GLO** e **GLOa**), mentre sono ricoperti stratigraficamente dalla Formazione di San Pier Niceto (**PCTa** e **PCTb**) e tettonicamente dalla Formazione di Piedimonte (**PDTc**) e dal Conglomerato rosso (**GLOa**). Il flysch presenta uno spessore massimo di circa 150 m ed è ascrivibile al Chattiano – Burdigaliano inferiore.

8.1.3.2 Coperture tardorogene mioceniche

I presenti terreni sono costituiti da due unità marine tardo-cenozoiche, localmente affioranti nei settori centrali dell'area di intervento. A scala regionale tali coperture poggiano in discordanza sui termini sia metamorfici che sedimentari della Catena Kabilo-Calabride e della Catena Appenninico-Maghrebide.

8.1.3.2.1 **Calcareniti di Floresta**

Questa unità si rinviene esclusivamente nel settore centrale dell'area di studio, in corrispondenza dei rilievi collinari immediatamente a Sud del Torrente Fiumedinisi. Sono formate da calcareniti organogene di colore bianco-grigiastro (**CFL**), in banchi da 2 a 4 m, talora a stratificazione incrociata, in genere poco cementate, con numerosi frammenti di Alghe, Briozoi e *Amphistegina*; verso l'alto passano ad arenarie arcose fini di colore grigio-biancastro, in strati da 20 cm a 2 m, con diffusa glauconite, abbondanti resti organogeni e sottili intercalazioni di argille marnose grigiastre; alla base si rinviene un intervallo di alcuni metri costituito da argille marnose di colore bruno e grigio-azzurro, sottilmente laminate, progressivamente passanti a microconglomerati gradati di colore bruno, con clasti arrotondati di dimensione centimetrica in cui sono immersi elementi a spigoli vivi di dimensioni maggiori.



Foto 20 – Affioramento delle calcareniti di Floresta nel settore centro settentrionale dell’area in esame, a Sud del Torrente Fiumedinisi.

L’unità poggia in discordanza sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) ed è ricoperta stratigraficamente dalla Formazione di San Pier Niceto (**PCTb**). La successione in questione presenta uno spessore massimo di circa 150 m ed è riferibile al Burdigaliano superiore – Langhiano.

8.1.3.2.2 Formazione di S. Pier Niceto

Quest’unità affiora in lembi di limitata estensione nei settori centro-meridionali e centro-settentrionali dell’area di studio a Sud della Fiumara d’Agrò e ad Ovest di Monte Carcara. Si tratta di argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-bruno (**PCTa**), a stratificazione indistinta, con sottili intercalazioni di marne argillose, sabbie limose e arenarie arcosiche fini di colore grigio e giallastro. Verso l’alto passano conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici (**PCTb**), da sub-arrotondati ad arrotondati e spesso appiattiti, in matrice sabbioso-limosa di colore bruno, generalmente abbondante, da poco a mediamente cementata.



Foto 21 – Affioramento dei conglomerati della Formazione di S. Pier Niceto a Nord del Torrente Landro, a NW di Costone Landro.

I termini litologici in esame poggiano in continuità stratigrafica sulle Calcareniti di Floresta (**CFL**) e in discordanza sulla Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**) e sui terreni del Flysch di Capo d’Orlando (**CODa** e **CODb**). La formazione è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 260 m ed è ascrivibile al Miocene medio – Miocene superiore.

8.1.3.3 Gruppo gessoso-solfifera

Questo gruppo è formato da due successioni evaporitiche tardo-mioceniche, affioranti in lembi poco estesi unicamente nel settore meridionale dell’area di intervento. A livello regionale, i suddetti depositi poggiano stratigraficamente sia sui terreni della Catena Appenninico-Maghrebide che sulle Coperture tardorogene mioceniche.

8.1.3.3.1 Calcare di base

La formazione in esame si rinviene unicamente al di fuori dell'area di stretto intervento del lotto in esame. È formata da calcari cristallini di colore bianco-grigiastro (**GSb**), vacuolari per processi di dissoluzione, spesso brecciatati e pulverulenti, con locali intercalazioni di laminati carbonatiche e brecce calcaree.

Verso il basso l'unità poggia in discordanza sulla Formazione di Piedimonte (**PDTe**), mentre lateralmente e verso l'alto passa progressivamente ai Gessi e argille gessose (**Gsa**). Questa successione mostra uno spessore massimo di circa 60 m ed è riferibile al Messiniano.

8.1.3.3.2 Gessi e argille gessose

Tale unità affiora esclusivamente fuori dal settore di intervento del lotto in esame. Si tratta di gessi selenitici di colore biancastro (**Gsa**), massivi o in grossi banchi, con locali intercalazioni di argille gessose bruno-grigiastre e sporadiche lenti di gessi geminati o a laminazione mm-ritmica.

Lateralmente e verso il basso, i suddetti depositi risultano eteropici con i termini litologici del Calcare di base (**GSb**). Tale successione presenta uno spessore massimo di circa 20 m ed è ascrivibile al Messiniano.

8.1.4 Successioni clastiche quaternarie

Le successioni clastiche quaternarie sono rappresentate da ben quattordici unità di genesi marina, vulcanica e continentale, ampiamente affioranti in tutta la zona di studio come copertura delle unità geologiche di substrato.

8.1.4.1 Depositi marini e transizionali

Questi terreni sono rappresentati da sette unità marine e transizionali quaternarie, estesamente affioranti in tutta l'area di studio in prossimità della costa ionica. A grande scala, tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche e risultano localmente eteropici con le coeve successioni sedimentarie di genesi continentale.

8.1.4.1.1 Calcareniti di Fiumefreddo

La presente formazione non affiora nel settore della zona di studio. Sono formate da un'alternanza di calcareniti bioclastiche e sabbie grossolane di colore giallastro (**CFF**), in banchi da 1 a 3 m, talora a stratificazione incrociata, da poco a mediamente cementate, con numerosi frammenti di gusci di Bivalvi; verso l'alto si rinvengono livelli di argille limose e argille sabbiose fossilifere di colore grigio, fittamente laminate, con microfaune a *Hyalinea baltica*.

Tale unità è costituita da depositi di ambiente da infra a circalitorale, in appoggio stratigrafico discordante sui termini litologici più antichi e progressivamente passante verso l'alto alla Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**). La successione presenta uno spessore massimo di circa 70 m ed è riferibile al Pleistocene inferiore – Pleistocene medio.

8.1.4.1.2 Formazione delle argille grigio-azzurre

Tale formazione si rinviene in lembi di limitata estensione fuori dal lotto in esame. È formata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-azzurro (**FAG**), massive o debolmente stratificate, con sottili livelli di sabbie e sabbie limose di colore giallastro e grigio; sono caratterizzate da microfaune planctoniche e bentoniche, con frequenti esemplari di *Globorotalia inflata* e *Hyalinea baltica*.

La successione in questione è composta da depositi di piattaforma continentale e piana fluvio-deltizia, in appoggio stratigrafico sulle Calcareniti di Fiumefreddo (**CFF**) e in discordanza sulla Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**). Verso l'alto risulta ricoperta in discordanza stratigrafica dalla Formazione di Piano Provenzana (**UPPa** e **UPPb**) e dalla Formazione di Torre del Filosofo (**UTFa** e **UTFb**). L'unità presenta uno spessore massimo non valutabile ed è ascrivibile al Pleistocene inferiore – Pleistocene medio.

8.1.4.1.3 Conglomerati di Allume

La formazione in esame affiora abbastanza diffusamente nel settore centro-settentrionale dell'area di studio, a Nord del Torrente Soglio e nei pressi del Torrente Ali. Si tratta di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa di colore marrone, grigio e giallastro (**LLM**), generalmente abbondante, da poco a mediamente cementata; si rinvencono frequenti passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone e giallastro, generalmente abbondante, da sciolta a poco cementata; a luoghi sono presenti livelli decimetrici di sabbie rosse e giallastre, talora debolmente cementate, e sottili intercalazioni di limi e limi argillosi di colore grigio chiaro.

L'unità è costituita da depositi di ambiente deltizio e/o di conoide sottomarina, localmente connessi alle paleoscarpate di faglia. Verso il basso poggia in discordanza sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), sul Verrucano peloritano di Ali (**VEPI**) e sulle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**), mentre verso l'alto passa stratigraficamente alle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**). Tale successione presenta uno spessore massimo di circa 150 m ed è riferibile al Pleistocene medio.

8.1.4.1.4 Ghiaie e sabbie di Messina

Questa unità si rinviene diffusamente nel settore centrale dell'area di studio, tra la Fiumara d'Agro e il Torrente Fiumedinisi. È composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**MSS**), da sub-arrotondate ad arrotondate e localmente appiattite, spesso embriciate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone, grigio e giallastro, generalmente abbondante, da sciolta a poco cementata; a luoghi sono presenti blocchi poligenici da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; si rinvencono frequenti passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio-giallastro e rossastro, a luoghi debolmente cementate, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; nelle porzioni più grossolane sono presenti resti ossei e molari fluitati di mammiferi.



Foto 22 – Affioramento delle Ghiaie e sabbie di Messina lungo il versante Sud orientale di Costone Landro, il tra Torrente Landro ed il Torrente Fiumedinisi.

La sequenza sedimentaria è costituita da depositi di ambiente deltizio e/o di conoide sottomarina, in appoggio stratigrafico sui litotipi del Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), sulle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), sul Complesso metamorfico varisico (**PMAb**) e sui Conglomerati di Allume (**LLM**). Tali depositi mostrano uno spessore massimo di circa 250 m e sono ascrivibili al Pleistocene medio.

8.1.4.1.5 Depositi marini terrazzati

I presenti terreni si rinvencono in tutta l'area di intervento, in corrispondenza di superfici terrazzate poco estese poste a breve distanza dalla costa ionica. Sono generalmente composti da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**gn**), da sub-arrotondate ad arrotondate e generalmente appiattite, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti sottili coperture di paleosuoli e cineriti rossastre.

Tali terreni sono formati da depositi di spiaggia e cordone litoraneo, in appoggio stratigrafico discordante sulle diverse unità del substrato. L'unità presenta uno spessore imprecisato ed è interamente riferibile all'intervallo Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

8.1.4.1.6 Depositi di piana litorale

Questi depositi si rinvencono nei settori meridionale e settentrionale dell'area di studio, in corrispondenza del litorale ionico. Sono composti da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**g1**), da sub-arrotondate ad arrotondate e generalmente appiattite, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi poligenici da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate.

I terreni in questione sono formati da depositi di spiaggia e cordone litoraneo, in appoggio discordante sulle diverse unità del substrato. La successione è localmente eteropica con i depositi alluvionali recenti (**bb**) ed è interamente ascrivibile all'Olocene.

8.1.4.1.7 Depositi di spiaggia

Tali terreni affiorano nei settori meridionale e settentrionale della zona di intervento, in corrispondenza di fasce poco estese poste immediatamente a ridosso della costa ionica. Sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**g2**), da sub-arrotondate ad arrotondate e generalmente appiattite, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore grigio, generalmente scarsa; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate.



Foto 23 – Vista panoramica dei relativi depositi marini attuali presenti lungo la costa di località Mazzeo, poco a Nord del centro abitato di Taormina.

Si tratta di depositi di spiaggia attuali, in appoggio discordante sulle diverse unità del substrato e sui terreni di copertura recenti. L'unità è localmente eteropica con i depositi alluvionali attuali (**ba**) ed è interamente ascrivibile all'Olocene.

8.1.4.2 Prodotti vulcanici del Monte Etna

I litotipi in questione sono costituiti da due unità vulcaniche quaternarie, ampiamente affioranti nei settori più meridionali dell'area di intervento. In generale, i prodotti vulcanici del Monte Etna poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche e risultano localmente eteropici con le coeve successioni sedimentarie di genesi continentale.

8.1.4.2.1 Formazione di Piano Provenzana

Tale formazione non affiora nel settore di intervento del lotto in esame. È costituita da lave basaltiche di colore grigio, rossastro, marrone e nerastro (**UPPa**), localmente scoriee e a struttura da compatta a vacuolare, con

morfologia *aa* o *pahoehoe*; i litotipi presentano diffusi fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina, in quantità e rapporti variabili, e risultano in genere piuttosto fratturati, con locali vuoti e cavità di dimensioni da decimetriche a millimetriche. Talora si rinvencono orizzonti di vulcanoclastiti massive o debolmente stratificate (**UPPb**), da sciolte a mediamente cementate, costituite da bombe e lapilli in matrice cineritica di colore marrone, rossastro, grigio scuro e giallastro, da scarsa ad abbondante; localmente si rinvencono orizzonti decimetrici di depositi epiclastici e paleosuoli di colore bruno e giallastro.



Foto 24 – Affioramento delle lave della Formazione di Piano Provenzana, in località Bardelle inferiore a NW di Fiumefreddo di Sicilia, nel lotto 1.

Si tratta dei prodotti vulcanici ed epiclastici del Vulcano Ellittico, in appoggio discordante sulle Calcareniti di Fiumefreddo (**CFF**) e sulla Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**). L'Unità è localmente ricoperta dai depositi vulcanici della Formazione di Torre del Filosofo (**UTF**) ed è riferibile al Pleistocene superiore.

8.1.4.2.2 Formazione Torre del Filosofo

La presente unità si rinviene unicamente al di fuori del lotto in esame. Si tratta di lave basaltiche di colore grigio, nocciola e giallastro (**UTFa**), localmente scoriacee e a struttura da compatta a vacuolare, con morfologia *aa* o a blocchi, raramente *pahoehoe*; i litotipi presentano diffusi fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina, in quantità e rapporti variabili, e risultano in genere piuttosto fratturati, con locali vuoti e cavità di dimensioni decimetriche. (**UTFb**) Spesso risultano intercalate a orizzonti di vulcanoclastiti massive o debolmente stratificate, da sciolte a mediamente cementate, costituite da bombe e lapilli in matrice cineritica di colore grigio scuro e rossastro, da scarsa ad abbondante.



Foto 25 – Affioramento delle lave della Formazione Torre del Filosofo in località Maimone, in sinistra idrografica del Torrente Fogliarino, nel lotto 1.

La successione è costituita dai prodotti vulcanici del Vulcano Mongibello, in appoggio stratigrafico discordante sui terreni della Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**), della Formazione di Piedimonte (**PDTb** e **PDTc**), del Flysch di Capo d'Orlando (**CODa** e **CODE**), della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e della

Formazione di Piano Provenzana (**UPP**). L'unità è localmente eteropica con i depositi alluvionali recenti (**bb**) ed è ascrivibile al Pleistocene superiore – Olocene.

8.1.4.3 Depositi continentali

Questi terreni sono rappresentati da cinque unità alluvionali e detritiche quaternarie, estesamente affioranti in tutto il settore di studio alla base dei versanti o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area. A grande scala, tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche e risultano localmente eteropici con le coeve successioni sedimentarie di genesi marina, transizionale e vulcanica.

8.1.4.3.1 Depositi alluvionali terrazzati

I terreni in questione affiorano in tutta l'area di intervento, essenzialmente in corrispondenza di superfici terrazzate poste ai margini dei fondovalle più importanti ed estesi. Sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e marrone-brunastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate.

Si tratta di depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, in contatto stratigrafico discordante sulle diverse unità del substrato e riferibili all'intervallo Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

8.1.4.3.2 Depositi alluvionali recenti

La presente unità si rinviene diffusamente in tutta la zona di intervento, in corrispondenza dei fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e dei loro affluenti maggiori. È rappresentata da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi poligenici da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate.

Tale unità è formata da depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, in appoggio discordante sulle diverse unità del substrato. La successione è localmente eteropica con i depositi di piana litorale (**g1**) ed è interamente ascrivibile all'Olocene.

8.1.4.3.3 Depositi alluvionali attuali

Tali depositi si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti maggiori. Sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba**), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi poligenici da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate.

Si tratta di depositi di canale fluviale e argine, in appoggio discordante sulle unità del substrato e sui terreni di copertura recenti. L'unità è localmente eteropica con i depositi di spiaggia (**g2**) ed è interamente riferibile all'Olocene.



Foto 26 – Depositi alluvionali attuali presenti lungo l’alveo del Torrente Savoca, nei pressi di località Fornace.

8.1.4.3.4 Depositi di versante

Questi depositi affiorano localmente in corrispondenza dei rilievi più acclivi ed estesi o, secondariamente, alla base scarpate morfologiche in erosione. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**a**), da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e marrone-brunastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi poligenici prevalentemente angolosi, di dimensioni da decimetriche a metriche.

I presenti accumuli sono formati da depositi di versante e di falda detritica, in contatto stratigrafico discordante sulle diverse unità del substrato e genericamente riferibili all’Olocene.

8.1.4.3.5 Depositi detritico-colluviali

Tali terreni si rinvencono diffusamente in tutta l’area di studio, in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**b2**), da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e marrone-brunastro, generalmente

abbondante; localmente si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-angolose.



Foto 27– Depositi detritico-colluviali in affioramento a Nord del centro abitato di Calatabiano, in Contrada Caterina, tra il Fiume Alcantara e il Vallone di S. Beatrice, nel lotto 1.

Si tratta di depositi di versante e di alterazione del substrato, posti in copertura su tutte le unità geologiche più antiche e genericamente riferibili all'Olocene.

8.2 Assetto strutturale

La strutturazione geometrica dei corpi geologici presenti nell'area e il loro assetto giaciturale derivano, essenzialmente, dalla complessa evoluzione tettonica che ha interessato questo settore dell'orogene Appenninico-Maghrebide e Kabilo-Calabride a partire dal Paleogene. In generale, le principali strutture tettoniche appaiono parzialmente sepolte al di sotto dei depositi continentali quaternari e, pertanto, l'esatta definizione dei rapporti geometrici tra le varie unità geologiche è generalmente complessa e di non facile lettura.

8.2.1 Strutture compressive

L'intero settore Nord-orientale dell'isola siciliana è caratterizzato dalla presenza di numerosi ed importanti sovrascorrimenti tettonici, responsabili della strutturazione dei settori più esterni della Catena Appenninico-Maghrebide e di quella Kabilo-Calabride. Detti elementi tettonici determinano il contatto tra i differenti settori di catena e portano, molto spesso, alla sovrapposizione delle varie unità stratigrafico-strutturali affioranti nell'area. Sulla scorta dei rilievi di campo condotti e degli studi bibliografici disponibili, è possibile suddividere i fronti di sovrascorrimenti in quattro gruppi principali, con andamento e caratteristiche sensibilmente differenti.

Un primo gruppo di strutture compressive ad andamento circa E-W si rinviene unicamente nei settori più meridionali al di fuori dell'area di intervento del lotto in esame, in corrispondenza del Torrente Bluinetto. Tale struttura a basso angolo, completamente sepolta al di sotto delle coperture vulcaniche e alluvionali recenti, presenta una vergenza chiaramente meridionale ed è responsabile della sovrapposizione dei terreni della Catena Appenninico-Maghrebide al di sopra della successione argilloso. marnosa infra-pleistocenica.

I *thrust* con andamento NW-SE e WNW-ESE si rinvengono nei settori meridionali dell'area di studio, tra il centro abitato di Calatabiano, nel lotto 1, e la dorsale di Forza d'Agrò. I suddetti elementi risultano particolarmente importanti fuori dal lotto in esame, in corrispondenza del fondovalle del Fiume Alcantara, dove determinano la sovrapposizione tra i terreni della Catena Appenninico-Maghrebide sulle Coperture sintettoniche oligo-mioceniche. Questi ultimi sono a loro volta interessati da ulteriori *thrust* secondari, associati ai precedenti e responsabili del raddoppio tettonico della sequenza sedimentaria. Tali strutture a basso angolo sono comunemente associate alla ben nota Linea di Taormina e, pertanto, sono responsabili della giustapposizione tra le unità della Catena Appenninico-Maghrebide e quelle della Catena Kabilo-Calabride.

Poco a Sud di Taormina, questo gruppo di strutture porta alla sovrapposizione, verso NE, dell'Unità tettonica di Mandanici sui terreni carbonatici dell'Unità tettonica di Longi-Taormina. Nel settore centrale dell'area di studio, lungo la dorsale di Forza d'Agrò, i suddetti *thrust* determinano la sovrapposizione dell'Unità tettonica di Mandanici sulle Coperture sintettoniche paleogeniche e oligo-mioceniche, oltre che al raddoppio tettonico di tali sequenze verso SE.

I *thrust* con andamento N-S e NNE-SSW, a vergenza generalmente orientale, sono particolarmente diffusi nei settori di territorio a Nord di Taormina. Questo gruppo di sovrascorrimenti porta alla sovrapposizione di terreni dell'Unità tettonica di Longi-Taormina sui litotipi dell'Unità tettonica di Gallodoro, duplicando localmente entrambe le sequenze metamorfico-sedimentarie lungo piani di taglio di secondaria importanza. Il principale fronte di sovrascorrimento è quello che porta termini metamorfici dell'Unità tettonica di Longi-Taormina al di sopra delle successioni carbonatiche dell'Unità tettonica di Gallodoro, visibile sia in prossimità della costa ionica che nella parte alta dei versanti che bordano il fondovalle del Torrente Sant'Antonio, nei settori interessati dalle opere del lotto 1.



Foto 28 – Contatto tettonico tra le Metamorfiti di Mandanici (FDN) e i Calcari e dolomie di Taormina (DOA), a Nord del Torrente Savoca.

Un ulteriore gruppo di *thrust* con andamento circa NE-SW o ENE-WSE si rinviene nei settori centrali e settentrionali della zona di intervento, tra la Fiumara d’Agrò e Giampilieri marina. Tali elementi determinano la sovrapposizione di differenti unità stratigrafico-strutturali e sono localmente associati a faglie inverse ad asse circa N-S e E-W. I principali *thrust* di questo gruppo sono responsabili del ricoprimento dei terreni dell’Unità tettonica dell’Aspromonte su quelli dell’Unità tettonica di Mandanici e di quest’ultima sull’Unità tettonica di Alì. Ulteriori sovrascorrimenti di secondaria importanza duplicano tettonicamente le successioni suddette o le mettono al contatto con i terreni dell’Unità tettonica di Longi-Taormina o con quelli dell’Unità tettonica del Mela.

8.2.2 Strutture trascorrenti

Le strutture a carattere puramente trascorrente sono piuttosto rare e localizzate essenzialmente nei settori meridionali del lotto in questione, tra la dorsale di Forza d’Agrò e il centro abitato di Furci Siculo. Si tratta di faglie ad angolo a direzione NW-SE e WNW-ESE, che dislocano con cinematica destra i terreni del substrato metamorfico paleozoico e quelli delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

In corrispondenza del rilievo di Forza d’Agrò tali elementi interessano i litotipi delle Coperture sintettoniche paleogeniche e oligo-mioceniche, ma sono tagliati sia da faglie ad alto angolo che da strutture compressive a basso angolo. Tra la Fiumara d’Agrò e l’abitato di Furci Siculo, invece, tali strutture interessano i terreni dell’Unità tettonica di Mandanici, dell’Aspromonte e di Longi-Taormina, e fungono da svincolo cinematico laterale per i diversi fronti di sovrascorrimento presenti.

8.2.3 Strutture distensive

Le strutture distensive sono senza dubbio le più diffuse nei settori di studio, in quanto interessano buona parte dei termini litologici del substrato influenzando direttamente l’assetto morfologico superficiale dell’intera area di intervento. Tali elementi tagliano gran parte delle strutture tettoniche più antiche e, localmente, sono caratterizzati da una parte di movimento trascorrente destro. I piani di taglio sono generalmente ad alto angolo e talora praticamente verticali, con cinematica sconosciuta.

Il principale sistema di strutture distensive presenta un andamento circa NE-SW e si rinviene in tutta la zona di studio, in particolare nei settori di Taormina, Forza d’Agrò e Ali Terme. Questi elementi ribassano i litotipi del substrato verso il litorale ionico e sono direttamente associabili all’evoluzione recente delle superfici terrazzate di origine marina e continentale. Nei settori centro-settentrionali, questo gruppo di strutture è connesso alla formazione dei depositi clastici dei Conglomerati di Allume (**LLM**) mentre è suturato dai terreni più recenti delle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**).

Un secondo gruppo di faglie normali è caratterizzato da un andamento circa NW-SE e si rinviene ancora una volta in tutto il settore di intervento, anche se risulta più frequente nella parte centrale e settentrionale della zona di studio. Questi elementi dislocano buona parte dei litotipi del substrato e, ancora una volta, risultano direttamente influenti sulle caratteristiche geomorfologiche del territorio. In particolare, questo gruppo di faglie dirette controlla in maniera evidente l’andamento dei principali corsi d’acqua dell’area, che si sviluppano quindi in corrispondenza dei piani di faglia o delle fasce di deformazione ad essi associati.

Infine, sono localmente presenti ulteriori sistemi di faglie dirette ad orientazione circa N-S, E-W e WNW-ESE, in particolare nella zona di Taormina e nella porzione più settentrionale dell’area di studio. Tali elementi presentano estensione ed importanza sensibilmente inferiore ai precedenti e, pertanto, raramente risultano chiaramente influenti sugli elementi geomorfologici superficiali. Tra le strutture di questo gruppo va comunque citata la nota Faglia di Fiumefreddo, situata nei settori meridionali dell’area di intervento tra il Torrente delle Forche e il centro abitato di Fiumefreddo di Sicilia. Si tratta di una faglia trastensiva destra ad orientamento circa E-W, attualmente attiva e con chiari indizi di fagliazione superficiale, anche se chiaramente asismica in quanto caratterizzata unicamente da deformazioni per *creep*.

8.2.4 Strutture plicative e assetto giaciturale

Per quanto riguarda l’assetto giaciturale, i termini litologici del substrato sedimentario e metamorfico sono caratterizzati da un andamento estremamente irregolare ed eterogeneo, fortemente influenzato dai numerosi elementi tettonici presenti nell’area. Solo i depositi conglomeratici infra-pleistocenici, poco interessati dalla tettonica, sono caratterizzati da un assetto giaciturale piuttosto regolare e omogeneo, con strati generalmente immergenti verso la costa ionica a basso angolo.



Foto 29 – Asse della piega anticlinalica che interessa le Metamorfiti di Alì (MMF), nei pressi del Vallone Calamaci.

In relazione ai numerosi elementi da tettonica compressiva presenti nell'area, le strutture plicative sono estremamente diffuse e interessano sia i litotipi del substrato metamorfico che i termini delle successioni sedimentarie carbonatiche e silicoclastiche. In generale, le pieghe si sviluppano con raggi di curvatura a piccola e media scala e sono comunque più frequenti in corrispondenza dei terreni metapelitici o delle alternanze calcareo-marnose del substrato. L'unica struttura plicativa degna di nota è quella presente lungo la costa ionica a Nord di Capo d'Alì, sviluppata per circa 1.6 km in direzione SW-NE. Si tratta di un'anticlinale coricata a vergenza Sud-orientale, che interessa sia i termini litologici delle Metamorfiti di Alì (**MMF**) che i litotipi del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**).

9 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

L'assetto morfologico dell'area di studio è chiaramente connesso ai differenti caratteri litologici delle successioni affioranti e all'evoluzione geomorfologica a cui sono stati soggetti i diversi settori di territorio. In particolare, in tutta l'area è possibile riconoscere i segni di un'intensa attività tettonica di sollevamento che ha interessato la

Sicilia Nord-orientale durante il Quaternario, essenzialmente a causa di movimenti lungo i principali sistemi di faglie connesse all'apertura del Bacino Tirrenico (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). L'aspetto più evidente che contraddistingue il territorio è lo sviluppo di un reticolo fluviale molto approfondito, che ha disseccato gli elementi morfologici più antichi (Catalano & De Guidi 2003; De Guidi et al. 2003).

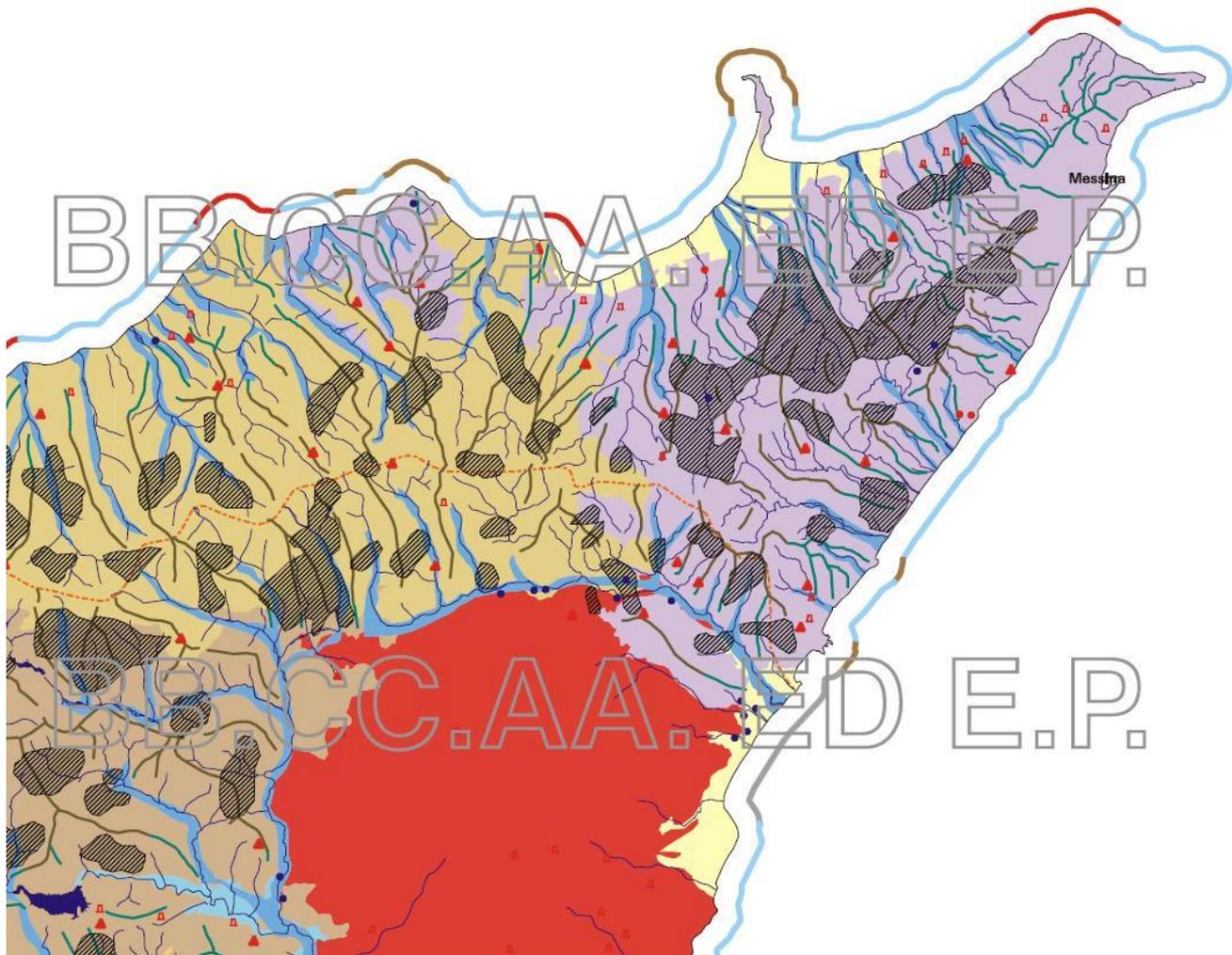


Figura 12 – Stralcio della Carta Geomorfológica in scala 1:250000 della zona di studio (da Regione Sicilia 2005).

Legenda: pianura costiera (colore giallo chiaro), rilievi collinari del complesso argilloso-marnoso (colore marrone scuro), rilievi arenacei (colore marrone chiaro), fondovalle (colore azzurro scuro), pianura alluvionale (colore azzurro chiaro), cono vulcanico (colore rosso), laghi (colore blu), rilievi cristallini (viola chiaro), aree con dissesti diffusi (colore grigio a tratteggio), crinali collinari (linee di colore verde), crinali montani (linee di colore marrone), coste a pianura di fumarata (linee di colore azzurro chiaro), spiagge strette limitate da scarpata di terrazzi (linee di colore grigio chiaro), spiagge strette ampie pochi metri limitate da rilievi montuosi o collinari (linee di colore rosso), falsie e rilievi montuosi che raggiungono direttamente il mare (linee di colore marrone).

Il carattere policiclico del paesaggio è contrassegnato, inoltre, dalle differenti caratteristiche delle superfici terrazzate che si rinvengono rispettivamente nei settori costieri o alla sommità dei rilievi (Catalano et al. 2009). Le superfici in prossimità della costa sono infatti rappresentate da lembi di terrazzi marini di abrasione, separati da

relitti di paleofalesie (Lentini et al. 1996; Catalano & De Guidi 2003). Le superfici alla sommità dei rilievi, invece, rappresentano lembi di paesaggi fluvio-denudazionali a bassissima energia, caratteristici di una prolungata fase di modellamento con livello di base costante (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Le principali aste fluviali scorrono all'interno di valli molto profonde, generalmente caratterizzate da versanti ripidi e molto estesi. In corrispondenza dei pendii e nelle aree di testata dei bacini idrografici secondari si sviluppano numerose incisioni lineari di ordine minore, essenzialmente dovute ai processi di erosione regressiva che interessano l'area (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009). Lungo le valli fluviali più importanti, le fasi di reincisione dei corsi d'acqua sono testimoniata dalla presenza di ripiani morfologici e corpi detritici sospesi (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009). Tali elementi sono delimitati da scarpate di erosione piuttosto evidenti, che si raccordano verso mare ai bordi esterni dei terrazzi marini e verso monte alle scarpate di incisione fluviale (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

In generale i processi erosivi e gli elevati gradienti topografici, dovuti ai fenomeni di sollevamento recente e all'alta erodibilità dei litotipi affioranti, generano condizioni di elevata instabilità dei rilievi (Catalano et al. 2009). I fenomeni di dissesto si manifestano diffusamente nei settori di affioramento di termini metapelitici e argillosi, mentre risultano meno sviluppati nelle zone di affioramento di litotipi più competenti a comportamento essenzialmente lapideo o pseudo-lapideo (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

9.1 Morfologia e sedimentologia della zona costiera

Il litorale ionico è caratterizzato da estesi tratti di costa a spiaggia, generalmente piuttosto stretta ed allungata, localmente interrotta da alte scogliere e piccole insenature (Carbone et al. 2007). L'andamento NNE-SSW della linea di riva, pressoché rettilineo con sporgenze appena accennate in corrispondenza delle foci dei corsi d'acqua, è vistosamente controllato dagli elementi strutturali che ne hanno condizionato l'evoluzione morfologica recente (Ghisetti & Vezzani 1982; Lentini et al. 1995; Carbone et al. 2007).

La fascia litoranea è generalmente poco estesa e posta immediatamente a ridosso della falesia, a meno delle zone antistanti ai principali sistemi fluviali. Le coste a spiaggia sono costituite da sedimenti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e corrispondono, grossomodo, a piane costiere formate essenzialmente da apporti fluviali rimaneggiati dall'azione marina (Carbone et al. 2007). La forma e la costituzione dei fondali antistanti la fascia litoranea, almeno fino all'isobata -100, si correla molto bene con le morfologie che caratterizzano i rispettivi tratti a terra (Carbone et al. 2007).

Le spiagge ghiaioso-sabbiose sono caratterizzate da vistosi processi di arretramento, riscontrabili sia mediante una comparazione dei rilievi cartografici storici che attraverso gli effetti diretti sui manufatti più prossimi alla linea di riva (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Le principali cause di tale fenomeno sono connesse ai processi naturali in atto e, soprattutto, alle modificazioni indotte dall'attività antropica. Le variazioni dell'equilibrio delle zone litorali sono infatti da imputare alla diminuzione degli apporti fluviali a causa delle opere di regimazione dei corsi d'acqua, volte in particolare alla salvaguardia dei versanti ed alla mitigazione degli effetti di piena (Carbone et al. 2007).

9.2 Depositi marini terrazzati e spianate di abrasione

Il carattere policiclico del paesaggio è ben evidenziato dalle differenti caratteristiche delle superfici terrazzate che si rinvengono, rispettivamente, nei settori costieri o alla sommità dei rilievi (Catalano et al. 2009). Le superfici in prossimità della costa sono infatti rappresentate da lembi di terrazzi marini di abrasione, separati da relitti di paleofalesie (Lentini et al. 1996; Catalano & De Guidi 2003). Le superfici alla sommità dei rilievi, invece,

rappresentano lembi di paesaggi fluvio-denudazionali a bassissima energia, caratteristici di una prolungata fase di modellamento con livello di base costante (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Le superfici d'origine marina e gli altri elementi morfologici costieri, conservati lungo il versante ionico, sono la testimonianza di almeno 11 distinti livelli di stazionamento del mare, a partire da quota 250 m s.l.m. (Catalano et al. 2009). Tali elementi sono stati riferiti, utilizzando differenti metodi di datazione sia assoluta che relativa, ad un intervallo di tempo compreso tra 240 ka e i 3 ka (Stewart et al. 1997; De Guidi et al. 2002; Catalano & De Guidi 2003; Monaco et al. 2002; De Guidi et al. 2003). Alla base del versante costiero, le paleolinee di costa più recenti sono rappresentate da solchi di battente olocenici (Stewart et al. 1997), ben riconoscibili in corrispondenza dei promontori di Capo Taormina e Mazzarò.

Le paleolinee di costa più basse, poste a quote variabili tra 9 e 18 m s.l.m., sono rispettivamente riferibili all'Olocene e allo stadio isotopico 3 (Catalano et al. 2009). A tali linee di costa sono associate piattaforme di abrasione di limitata estensione, prive di depositi o con esili coperture continentali. Depositari marini terrazzati più antichi, riferibili agli stadi isotopici dal 5.1 al 7, sono chiaramente individuabili nella zona di Taormina e risultano caratterizzati da sedimenti sabbioso-ghiaiosi con spessore massimo di circa 10 m (Catalano et al. 2009). In tutti i casi, i depositi marini sono ricoperti da livelli ghiaiosi e breccie carbonatiche di genesi continentale.

Nel tratto di costa a Nord di Taormina, è possibile riconoscere solo lembi ridotti dei terrazzi morfologici individuabili più a Sud (Catalano & De Guidi 2003; Catalano et al. 2009). La riduzione dell'ampiezza delle piattaforme di abrasione è in gran parte dovuta alla scarsa conservatività delle litologie affioranti, che ha prodotto l'arretramento parallelo del versante costiero e la formazione di una costa rettilinea e ad alta acclività (Catalano et al. 2009). Relitti delle morfologie marine terrazzate si iniziano a riconoscere a Nord dell'abitato di Letojanni, dove sono presenti lembi di superfici di abrasione riferibili a 5 distinti ordini con apici generalmente mascherati da coperture detritiche più recenti (Catalano et al. 2009).

Lungo le valli incise di questo segmento costiero, sono comunque ben conservati gli elementi fluviali sospesi, direttamente ricollegabili ai differenti ordini di terrazzi individuabili lungo il promontorio di Taormina. In corrispondenza dei fondovalle dei Torrenti Letojanni e San Filippo, infatti, è possibile riconoscere rotture di pendio corrispondenti ai bordi degli originari fondovalle oggi conservati come ripiani orografici (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009). A tali elementi morfologici si associano ovviamente sedimenti alluvionali terrazzati e detriti di versante sospesi lungo gli orli di reincisione dei corsi d'acqua. In generale, la disposizione di tali elementi sospesi sembrerebbe indicare una tendenza alla divergenza dei profili longitudinali verso la costa, in accordo con l'evidenza dei notevoli tassi di sollevamento che hanno caratterizzato l'area (Catalano et al. 2009).

A quote più elevate, le spianate di erosione interrompono il profilo del versante andando a formare lembi di paesaggi fluvio-denudazionali a bassa energia (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009), caratterizzati da un reticolo idrografico debolmente inciso e con assi di drenaggio orientati prevalentemente in direzione N-S. Le superfici sospese sono invece assenti nelle aree di affioramento delle rocce metapelitiche più distanti dalla costa, dove le spianate di erosione sono state cancellate e rimpiazzate da creste sottili (Catalano et al. 2009). Nei settori dove non si è ancora realizzata la degradazione delle dorsali, è comunque possibile riconoscere lembi poco estesi delle antiche superfici di erosione.

9.3 Morfologia dei principali sistemi fluviali

Il reticolo idrografico locale presenta caratteristiche tipiche delle aree di recente sollevamento, con presenza di corsi d'acqua a regime torrentizio denominati "fiumare" (Carbone et al. 2007). Le incisioni fluviali presentano un andamento pressoché rettilineo e all'incirca ortogonale alla linea di costa, *thalweg* ad elevata pendenza per gran

parte del loro sviluppo, alvei stretti e incassati tra alte pareti rocciose nei tratti montani, che diventano ampi e sovralluvionati nei tratti terminali (Catalano & De Guidi 2003; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). I bacini imbriferi presentano generalmente un'estensione piuttosto limitata, con ampiezza maggiore nella parte medio-alta e minore in quella terminale.

I deflussi sono modesti o mancano del tutto per diversi mesi dell'anno in cui le precipitazioni sono scarse o assenti, mentre sono decisamente consistenti per brevi periodi della stagione piovosa, durante i quali si possono verificare forti piene in concomitanza con eventi meteorici intensi e concentrati (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009). Tali deflussi in alveo sono alimentati, inoltre, dalle acque di un gran numero di manifestazioni sorgentizie localizzate a differenti quote lungo i versanti che bordano i bacini (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Il contributo delle suddette emergenze risulta più o meno significativo in relazione alla portata delle singole manifestazioni ed alla loro variabilità nel tempo.

L'idrografia dell'area è definita quindi da numerose incisioni torrentizie a andamento generalmente ortogonale alla dorsale peloritana, defluenti prevalentemente in direzione NW-SE. Gli alvei presentano profili trasversali piuttosto acclivi, caratterizzati da strette valli a V e da gradini morfologici connessi alla forte incisione verticale subita in epoca recente per via dell'accentuato sollevamento regionale (Sabato & Tropeano 2004; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). I fondovalle risultano pertanto estremamente ristretti e spesso caratterizzati da meandri incassati. I reticoli idrografici sono ben gerarchizzati nelle aree di testata dei bacini, mentre presentano forti anomalie nelle aree di valle soggette a recente emersione o nelle zone interessate da elementi tettonici di una certa rilevanza (Carbone et al. 2007).

Nelle incisioni torrentizie sono quindi riconoscibili ampi tratti influenzati dalla tettonica, ciascuno dei quali è orientato secondo le tre direttrici tettoniche principali: NW-SE, ENE-WSW e N-S (Sabato & Tropeano 2004; Carbone et al. 2007). Tipologia e granulometria delle coltri alluvionali indicano un trasporto ad alta energia nei periodi di piena, come dimostrato dall'organizzazione a canali anastomizzati delle principali incisioni (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007). La rottura di pendenza fra le valli minori e i fondovalle principali da localmente luogo a coni detritici e conoidi alluvionali a volte coalescenti e talora molto estesi arealmente (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Nei settori più meridionali dell'area, i corsi d'acqua che si sviluppano sui prodotti vulcanici riferibili all'attività eruttiva recente del M. Etna sono limitati a incisioni di scarso rilievo, il cui andamento è localmente condizionato dalla morfologia delle colate laviche (Branca et al. 2009). Brusche variazioni di direzione degli alvei si registrano, frequentemente, in corrispondenza dell'intersezione con i principali lineamenti strutturali. Il carattere tipicamente torrentizio, caratterizzato da deflusso breve e direttamente connesso con l'entità delle precipitazioni, è da mettere in relazione alla notevole permeabilità della successione vulcanica, che causa una rapida infiltrazione delle acque meteoriche limitandone il deflusso superficiale (Ferrara 1994; Ferrara & Pappalardo 2004; Branca et al. 2009).

Nel corso degli ultimi 15 ka, man mano che i prodotti vulcanici si accumulavano su superfici sempre più ampie, i corsi d'acqua posti a Nord dell'edificio vulcanico venivano progressivamente deviati e fusi in un unico bacino fluviale (Branca et al. 2009). Infatti, al di sotto della copertura vulcanica, la ricostruzione della morfologia del substrato sedimentario ha evidenziato la presenza di una estesa e profonda depressione identificata come l'antica valle del Fiume Alcantara (Branca 2000; Branca & Ferrara 2001). In questa area la successione vulcanica è quindi il risultato dell'interazione tra processi di natura vulcanica e locali fenomeni erosionali connessi a temporanee inibizioni delle invasioni laviche (Catalano et al. 2009).

Il paleo-reticolo di drenaggio del Fiume Alcantara risulta costituito da un'asse principale, sviluppato in direzione E-W e NW-SE, e da una serie di assi secondari che formano un reticolo a spina di pesce (Branca & Ferrara 2001; Catalano et al. 2009). La copertura della paleo-valle è costituita da una spessa successione di colate lavica, cui si

intercalano potenti corpi sedimentari di tipo alluvionale, detritico e lacustre (Catalano et al. 2009). La graduale crescita del fianco settentrionale del Vulcano Ellittico ha causato lo spostamento verso Nord del paleo-asse di drenaggio del Fiume Alcantara, con conseguente tracimazione dello stesso corso d'acqua nel bacino idrografico adiacente. Intorno al 3000 a.C. la valle è stata invasa da un'imponente colata lavica che ha sconvolto il profilo di equilibrio del Fiume Alcantara, accentuando l'azione erosiva dello stesso e portando alla formazione di profonde incisioni nelle colate laviche presenti (Branca et al. 2009; Catalano et al. 2009).

9.4 Processi di versante e depositi continentali quaternari

Un aspetto caratteristico dei settori Nord-orientali della Sicilia è rappresentato dallo sviluppo di un reticolo idrografico molto approfondito, che ha disseccato gli elementi morfologici più antichi (Catalano & De Guidi 2003; De Guidi et al. 2003). La forte tendenza all'incisione dei corsi d'acqua ha chiaramente influenzato anche la forma e l'evoluzione dei versanti (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). Infatti, a seguito ai continui processi di ringiovanimento, i pendii conservano una permanente forte acclività, a cui corrisponde una chiara predominanza dei fenomeni di erosione lineare, a rivoli e a solchi, associata a processi di movimenti di massa (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009).

Le porzioni montuose dell'area in esame sono soggette ad una intensa degradazione chimico-fisica, sia ad opera degli agenti esogeni che a causa dell'alterabilità intrinseca dei litotipi affioranti. Ciò ha portato ad una intensa fratturazione delle rocce del substrato e alla conseguente formazione lungo i versanti, di una fascia detritico-colluviale di spessore non uniforme (Regione Sicilia 2005). I processi di alterazione del substrato, unitamente agli alti gradienti topografici e ai fenomeni di erosione lineare, portano quindi allo sviluppo di movimenti franosi di differente intensità e importanza (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

L'erosione regressiva lungo i corsi d'acqua ha controllato l'arretramento dei gradini fluviali, che a loro volta hanno fatto migrare progressivamente verso monte gli orli di erosione fluviale che sospendono le forme del fondovalle (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009). Tale evoluzione è chiaramente riscontrabile nella morfologia dei versanti, che al piede mostrano sempre una maggiore acclività rispetto alle porzioni più elevate e in continuo ringiovanimento. Questi processi portano allo sviluppo di processi di dissezione dei pendii e delle eventuali forme di accumulo che li ricoprivano prima del ringiovanimento (Catalano et al. 2009). I terreni di copertura risultano costituiti, generalmente, da lembi abbandonati di depositi alluvionali a clasti centimetrici e decimetrici, interdigerati a livelli detritici ad elementi eterometrici con locali blocchi di dimensioni fino a metriche (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Le forme di erosione accelerata si concentrano nei ventagli di testata dei principali corsi d'acqua dell'area, mentre solo raramente i processi erosivi si manifestano sotto forma di dilavamento dei versanti (Catalano et al. 2009). Il ringiovanimento alla base dei pendii, piuttosto, porta ad una rottura del profilo di equilibrio lungo le sponde, determinando l'aumento complessivo delle pendenze ed il conseguente innesco dei movimenti di massa (Regione Sicilia 2005; Catalano et al. 2009). L'elevata capacità erosiva dell'acqua, è dimostrata dalla quasi totale assenza di forme di accumulo a dispetto di frequenti forme di svuotamento, uniformemente distribuite nei settori di affioramento di litotipi pelitici e metapelitici. A ciò corrispondono fenomeni di sovralluvionamento dei fondovalle, che ospitano numerose conoidi di deiezione sviluppate prevalentemente in corrispondenza delle confluenze con i corsi d'acqua di ordine gerarchico superiore (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

In generale, i fenomeni franosi più diffusi sono rappresentati da crolli, ribaltamenti e scivolamenti in roccia, che interessano in maniera pressoché uniforme sia i termini del basamento metamorfico che le successioni carbonatiche mesozoiche e i terreni clastici cenozoici (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). I relativi

depositi si rinvencono alla base dei versanti, dove sono spesso frammisti a detriti di versante connessi ai fenomeni di dilavamento (Catalano et al. 2009).

Le colate di detrito si sviluppano al contatto tra litologie coerenti e permeabili, come le successioni flyschoidi arenaceo-sabbiose, con litologie pseudocoerenti ed impermeabili, come peliti e metapeliti (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009). In questo caso, la differenza di resistenza e permeabilità induce fenomeni di cedimento dei terreni del substrato con conseguente collasso delle litologie sovrastanti. Tali processi danno origine ad un detrito misto, costituito da una prevalente matrice argillosa all'interno della quale sono immersi grossi blocchi derivanti dalle successioni più coerenti (Catalano et al. 2009). Alle colate di detrito sono attribuiti, quindi, gran parte degli estesi accumuli di materiale detritico a grossi blocchi che ricoprono i versanti costituiti dalla sovrapposizione di successioni terziarie su terreni metapelitici del basamento metamorfico (Carbone et al. 2007; Catalano et al. 2009).

Localmente, soprattutto nel tratto più settentrionale della dorsale peloritana, si rinvencono estesi scivolamenti rotazionali, spesso caratterizzati da superfici di rottura profonde che coinvolgono sia la coltre detritica che le porzioni più alterate del substrato geologico dell'area (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Bucci et al. 2016). Nei settori più meridionali, invece, sono molto diffusi i colamenti lenti e le frane complesse in terra, essenzialmente nelle aree di affioramento delle porzioni a dominante pelitica della Formazione delle argille scagliose superiori e del Flysch di Capo d'Orlando (Catalano et al. 2009).

Il 1 ottobre 2009, più di 1000 frane superficiali hanno colpito parte del settore più orientale dei Monti Peloritani a seguito di un eccezionale evento meteorico (Agnesi et al. 2009; Maugeri & Motta 2010; Giaini 2017). I dissesti hanno interessato la fascia costiera e, in particolare, 14 piccoli bacini idrografici direttamente prospicienti al Mar Ionio. L'evento scatenante ha avuto una forte intensità, ma sul verificarsi dei movimenti di massa hanno influito anche le precipitazioni delle settimane precedenti (Maugeri & Motta 2010; Giaini 2017). Le frane hanno causato 35 vittime e la devastazione quasi totale di numerosi centri abitati del messinese, tra cui Altolia, Giampilieri, Guidomandri, Molino e Scaletta Marina (Agnesi et al. 2009; Del Ventisette et al. 2012).

10 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

In relazione alla complessa evoluzione geologica subita, l'area di studio risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico-strutturale delle unità affioranti, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

L'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali ed ai fenomeni gravitativi e/o erosivi agenti lungo i versanti. Ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale e marina, nonché forme e depositi connessi con l'attività antropica.

Di seguito vengono descritti, nel dettaglio, i principali elementi geomorfologici presenti nell'area ed i relativi fattori morfoevolutivi, con esplicito riferimento a quanto riportato nelle cartografie tematiche in allegato alle presenti note.

10.1 Elementi idrografici

In generale, il reticolo idrografico presenta uno sviluppo piuttosto articolato ed un *pattern* sub-dendritico o sub-angolato, che segue le principali direttrici tettoniche dell'area. La struttura della rete idrografica, pertanto, risulta fortemente condizionata sia dalla natura litologica del substrato che dagli elementi strutturali che lo hanno

interessato. Il reticolo idrografico infatti si presenta più esteso ed articolato nei settori di affioramento dei litotipi a dominante pelitica o metapelitica e meno articolato, con andamento sub-rettilineo, nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento litoide o pseudo-litoide.

I maggiori corsi d'acqua dell'area presentano un andamento grossomodo rettilineo e ortogonale alla costa, mentre l'unico recapito delle acque superficiali è rappresentato dal Mar Ionio. Le aree impluviali sono generalmente strette ed incassate nella parte montana, ampie e sovralluvionate nei settori di valle. Buona parte dei corsi d'acqua dell'area presentano un regime marcatamente torrentizio, con deflussi modesti o assenti per buona parte dell'anno ed importanti eventi di piena in concomitanza con gli eventi meteorici più intensi.



Foto 30 – Vista panoramica dell'alveo del Torrente Fiumedinisi e dalla sua foce, riprese da località Costone Landro.

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio, comunemente denominati "fiumare", e diffusi canali e/o solchi di erosione concentrata di limitata estensione. Da Nord a Sud, i principali elementi idrografici sono rappresentati dal Torrente Giampilieri, Vallone Motte, Torrente Divieto, Torrente Racinazzo, Torrente Itala, Vallone Calamaci, Rio Schiavo, Rio Impisi, Torrente ai Bagni, Torrente Alì, Torrente Fiumedinisi, Torrente Landro, Torrente Allume, Torrente Sciglio, Torrente San Nicola, Torrente Salici,

Torrente Pagliara, Torrente Misserio, Torrente Porto Salvo, Fiumara d'Agrò, Torrente Salice, Torrente Fondaco Parrino, Torrente Pietrabanca, Torrente Granita, Torrente Salemi, Torrente Gallabrò, Torrente Letojanni e Torrente Mazzeo.

10.2 Elementi strutturali e tettonici

Un'importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità, legato essenzialmente alla natura litologica e sedimentologica dei depositi. Ad essi si aggiungono i numerosi elementi tettonici presenti nell'area, connessi alla complessa evoluzione tettonica che ha interessato i settori in questione a partire dal Paleogene.

La morfogenesi selettiva ha portato, infatti, allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici, caratterizzati da ampie vallate e pendii poco acclivi privi di bruschi stacchi morfologici. Nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, al contrario, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate, caratterizzate da strette vallate e versanti molto acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi ad importanti elementi tettonici o con le superfici di strato dei livelli più competenti.

Infine i principali elementi strutturali presenti nell'area, connessi alla tettonica compressiva, trascorrente ed estensionale, risultano particolarmente evidenti in tutto il settore di interesse e, in modo particolare, nelle aree di affioramento dei termini litologici più competenti. I suddetti elementi, comunque, tagliano almeno in parte anche i depositi di copertura più antichi, anche se non risultano direttamente rilevabili sul terreno a causa della particolare conformazione geologica del territorio.

10.3 Forme, processi e depositi gravitativi

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfo-climatico, rappresentano uno dei principali fattori morfoevolativi dell'area, in quanto direttamente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione morfologica generale dell'interno territorio in esame. L'area di studio è caratterizzata, infatti, da un elevato numero di movimenti di versante (deformazioni gravitative e frane s.s.) originatisi dall'azione congiunta di vari fattori quali elementi tettonici, caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali, dinamica delle acque superficiali e sotterranee e attuale utilizzo del territorio. In un tale contesto geologico-strutturale, pertanto, le fenomenologie di dissesto seguono canali e orientazioni preferenziali dettate, in massima parte, dalla tettonica e dai fenomeni erosivi connessi al deflusso delle acque correnti superficiali.

I settori di affioramento dei depositi silicoclastici sono caratterizzati, in generale, da un discreto numero di movimenti franosi, essenzialmente riconducibili a colamenti e frane complesse in terra (*sensu* Varnes 1978). Lo stato è generalmente attivo o quiescente, mentre la distribuzione di attività è per lo più retrogressiva o multidirezionale, raramente costante. Le velocità dei fenomeni sono mediamente piuttosto basse, mentre le superfici di rottura si attestano, nella maggioranza dei casi, a profondità comprese tra 2 e 6 m circa dal p.c..



Foto 31 – Vista panoramica delle frane superficiali e fenomeni di deformazione viscosa delle coltri che interessano il versante Sud-occidentale della dorsale di Forza d’Agrò, a NE del Torrente Fondaco Parrino.

Spesso, in corrispondenza delle aree impluviali più estese o lungo solchi di erosione più importanti, si rinvencono intere porzioni di versante interessate da movimenti gravitativi superficiali, che nel complesso vanno a costituire veri e propri bacini di frana. Le scarpate morfologiche impostate sulle porzioni arenacee e conglomeratiche di tali successioni, invece, sono contraddistinte da locali crolli e scivolamenti in roccia con dimensioni generalmente inferiori a 1 m³. Infine, in associazione ai movimenti franosi *s.s.*, sono presenti estesi fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) che interessano per lo più le coltri di copertura e le porzioni più superficiali ed alterate del substrato geologico dell’area.

Nelle aree di affioramento dei termini metamorfici e calcareo-dolomitici, invece, sono presenti diffusi fenomeni di dissesto riconducibili a crolli e scivolamenti in roccia (*sensu* Varnes 1978), essenzialmente distribuiti in corrispondenza delle scarpate morfologiche più acclivi ed estese. Tali fenomeni, generalmente attivi, presentano dimensioni variabili da pochi decimetri a diversi m³ e velocità sempre molto elevate. Localmente, nelle zone in cui si verifica la sovrapposizione tra litologie a comportamento differente, tali fenomeni possono dar luogo a vere e proprie colate di detrito, generalmente di modesta dimensione.

Ai margini delle principali aree impluviali, i termini metamorfici e calcareo-dolomitici sono interessati da scivolamenti, colamenti e frane complesse in roccia e detrito (*sensu* Varnes 1978), spesso di notevole estensione. Lo stato è variabile dall'attivo all'inattivo, mentre la distribuzione di attività è per lo più costante, e solo raramente retrogressiva o multidirezionale. Le velocità dei fenomeni sono mediamente piuttosto elevate, mentre le superfici di rottura risultano estremamente variabili in relazione al locale assetto geologico-strutturale. Infine, anche in questo caso, in associazione ai movimenti franosi *s.s.* si rinvergono fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) prevalentemente in corrispondenza delle coltri di alterazione del substrato metamorfico.

I fenomeni gravitativi di maggior interesse per tutto il settore costiero dei Monti Peloritani sono le colate di detrito (*debris flow*) e valanghe di detrito (*debris avalanche*), che si sviluppano lungo i versanti che bordano i principali fondovalle dell'area (*sensu* Hungr et al. 2014). Tali fenomeni, a cinematismo rapido o molto rapido, sono formati dal trasporto di materiali detritici e fortemente eterometrici lungo i versanti, essenzialmente ad opera delle acque correnti superficiali connesse con eventi meteorici eccezionali e di elevata intensità. I movimenti sono prevalentemente di tipo incanalato (*debris flow*), anche se non mancano colate rapide non incanalate (*debris avalanche*) lungo versanti particolarmente acclivi ed estesi.

In generale, le colate rapide tendono a formarsi su versanti con pendenze maggiori di 20°, unicamente in presenza di suoli saturi e con abbondante deflusso idrico in corrispondenza dei canali (Hungr et al. 2014). Proprio la quantità di detrito all'interno del flusso è uno dei parametri discriminanti per questo tipo di fenomeni, che devono possedere una concentrazione volumetrica di solidi maggiore del 60% del totale (Hungr et al. 2014). Il principale fattore predisponente sono ovviamente le coperture detritiche lungo i rilievi e la presenza di un substrato rigido e poco permeabile che sia in grado di favorire la saturazione dei terreni superficiali e lo scivolamento degli stessi lungo il pendio (Hungr et al. 2014).

Spesso, nella parte bassa del rilievo, tali fenomeni tendono a unirsi alle piene delle principali aste fluviali e a formare dei flussi di detrito (Hungr et al. 2014). Gli accumuli di questi fenomeni tendono a ricoprire la base dei rilievi e a formare conoidi di deiezione con pendenze comprese tra 5 e 20° (Hungr et al. 2014). Lungo i versanti, la presenza di materiali detritici sciolti e fortemente eterometrici è favorita dalla presenza di scarpate morfologiche in evoluzione e dalla sovrapposizione di litologie coerenti e permeabili con litologie pseudocoerenti ed impermeabili.

Le colate rapide sono ben note in tutta la Sicilia nord-orientale soprattutto per i catastrofici eventi del 1 ottobre 2009, quando più di 1000 frane superficiali hanno colpito parte del settore più orientale dei Monti Peloritani a seguito di un eccezionale evento meteorico (Agnesi et al. 2009; Maugeri & Motta 2010; Giaini 2017). Allo stato attuale, tali fenomeni risultano completamente o parzialmente esauriti e difficilmente cartografabili a causa della forte evoluzione morfologica subita dai versanti negli ultimi 8-9 anni. Sia le aree di distacco che le zone di transito ed accumulo delle precedenti colate rapide, infatti, sono attualmente rivegetate e rimodellate da successivi fenomeni di erosione ed accumulo. Pertanto, nelle cartografie geomorfologiche allegate alle presenti note, non sono riportati gli interi corpi di frana (non distinguibili e pertanto non cartografabili) ma solo i principali canali in roccia potenzialmente suscettibili di tali tipologie di dissesti (individuati secondo osservazioni geomorfologiche e sulla scorta dei dati storici e cartografici di precedenti fenomeni di *debris flow* e *debris avalanche*).

10.4 Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Nell'intera area esaminata le forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti. In corrispondenza di tali elementi, infatti, i meccanismi deposizionali risultano preponderanti sugli altri processi morfologici e conferiscono quindi, a tutto il territorio, una morfologia sub-pianeggiante e piuttosto regolare, caratterizzata da diverse superfici terrazzate e aree impluviali poco accentuate.

I depositi alluvionali si distribuiscono generalmente su superfici sub-pianeggianti blandamente ondulate, spesso strutturate secondo diversi ordini di terrazzi posti a differenti quote sui fondovalle attuali. Tali depositi presentano una granulometria piuttosto grossolana, ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, anche se mostrano al loro interno vistose variazioni sedimentologiche e tessiturali dovute alle frequenti intercalazioni sabbioso-limose. Allo sbocco delle principali aste torrentizie nelle aree di fondovalle, si rinvergono inoltre, frequenti conoidi alluvionali, di estensione ed importanza variabile. Verso la costa, questi sistemi deposizionali sono riferiti a due differenti cicli sedimentari e risultano interdigitati, almeno localmente, ai depositi marini recenti e attuali.



Foto 32 – Canaloni e solchi di erosione concentrata presenti in località Costa Ogliasto, a Nord di Taormina.

In corrispondenza dei principali corsi d'acqua, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvergono vistose scarpate di genesi fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre gli alvei più importanti sono caratterizzati da prevalenti meccanismi deposizionali. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi alluvionali più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

Lungo i versanti e in corrispondenza delle parti alte dei bacini imbriferi, si rinvengono inoltre diffusi fenomeni erosivi sia areali che lineari, connessi al deflusso non regimato delle acque correnti superficiali. Tali fenomeni generano, ovviamente, forme caratteristiche quali solchi di erosione concentrata e vallecicole a V o a fondo concavo, particolarmente evidenti nei settori di affioramento di litotipi a dominante pelitica o metapelitica.

10.5 Forme, processi e depositi di origine marina

Gli elementi connessi all'azione delle acque marine risultano particolarmente diffusi lungo tutta la costa ionica, tra Taormina e Giampilieri marina. La spiaggia, essenzialmente ghiaioso-sabbiosa, presenta una modesta estensione areale ed è caratterizzata da prevalenti fenomeni erosivi dovuti, in buona sostanza, alle opere di regimazione idraulica realizzate lungo i principali sistemi fluviali. Localmente, in corrispondenza dei settori di affioramento dei termini litologici più competenti, sono inoltre presenti scogliere e piccole insenature che conferiscono alla zona costiera un andamento eterogeneo e piuttosto articolato.



Foto 33 – Vista panoramica del litorale ionico a Nord di Taormina. Nella foto è chiaramente visibile il complesso andamento della linea di costa, costituita da tratti di spiaggia ghiaioso-sabbiosa e alte scogliere in corrispondenza dei settori di affioramento dei litotipi più competenti.



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO
Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	105 di 268

Verso l'interno, invece, sono presenti ampie superfici terrazzate distribuite su almeno 11 ordini di differente età ed importanza. Ogni terrazzo è costituito da un corpo sedimentario, generalmente conglomeratico o ghiaioso-sabbioso, delimitato al tetto da una superficie sub-pianeggiante blandamente immergente verso mare. Tale successione di terrazzi marini quaternari rappresenta, naturalmente, il risultato sia morfologico che stratigrafico dell'interazione tra il sollevamento tettonico regionale e le oscillazioni eustatiche del livello del mare.

Le scarpate marine che delimitano le differenti superfici terrazzate presentano, generalmente, una modesta estensione planimetrica e risultano spesso aggredite da evidenti fenomeni erosivi e di alterazione. Questi elementi sono quindi la testimonianza di antiche linee di costa sollevate, ognuna delle quali corrisponde a delle fasi di alto stazionamento eustatico.

10.6 Forme antropiche e manufatti

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai numerosi manufatti realizzati in corrispondenza delle maggiori aree urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete. Ad essi si aggiungono, localmente, importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali lapidei naturali.

Nei settori più antropizzati si rinvencono, inoltre, estesi materiali di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali e marini. La maggior parte delle zone di riporto corrispondono, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più estese.

Ai suddetti elementi si aggiungono inoltre numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati ed abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

Infine, lungo gli alvei dei maggiori corsi d'acqua dell'area, sono presenti numerose opere di regimazione idraulica, rappresentate da briglie e argini artificiali. In corrispondenza del litorale ionico, invece, sono presenti locali scogliere in pietra per la difesa della linea di costa dall'erosione.

11 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

In relazione alle complesse condizioni stratigrafico-strutturali, il territorio in esame risulta caratterizzato da particolari condizioni idrogeologiche che si traducono in una distribuzione estremamente disomogenea delle risorse idriche sotterranee (Carbone et al. 2007). Infatti, i terreni affioranti presentano sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno essenzialmente in funzione delle litologie affioranti e delle caratteristiche strutturali (Coltro et al. 1980; Ferrara 1987; Barbagallo et al. 1993; Amantia et al. 1993).

La zona compresa tra il Fiume Alcantara e Giampilieri marina, rientra nel bacino idrogeologico dei Monti Peloritani. Nelle zone a più alta quota, dove affiorano prevalentemente metamorfiti e depositi terrigeni, la permeabilità è estremamente discontinua in quanto dipende principalmente da frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità, oltre che dal grado di alterazione superficiale degli ammassi rocciosi (Ferrara 1990; Carbone et al. 2007). Lungo le fasce collinari, caratterizzate da notevole eterogeneità litologica, le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la presenza di termini con differenti caratteristiche di permeabilità (Carbone et al. 2007). Nelle pianure costiere e lungo i fondovalle, dove si rinvencono spessi ed estesi depositi alluvionali, si

riscontrano condizioni di alta permeabilità per porosità che favoriscono l'esistenza di importanti falde sotterranee e di apprezzabili risorse idriche (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007).

I settori a Sud del Fiume Alcantara, invece, ricadono nel bacino idrografico del Monte Etna. La successione di prodotti vulcanici, che costituisce il versante orientale del suddetto rilievo, rappresenta la principale struttura idrogeologica dell'intero edificio vulcanico per l'importanza delle riserve idriche oggetto di sfruttamento (Ferrara 2001; Branca et al. 2009). Essa è infatti sede di una complessa rete acquifera profonda, caratterizzata da una certa variabilità dovuta alla presenza a diverse profondità di livelli vulcanoclastici a bassa permeabilità, che permettono lo sviluppo di una rete locale di acquiferi sospesi (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2004; Branca et al. 2009). L'elevata permeabilità della maggior parte dei prodotti vulcanici determina un'alta percentuale di infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e quindi l'esistenza di falde idriche di potenzialità significativa che defluiscono verso le zone periferiche del vulcano, sostenute dai terreni sedimentari del basamento (Regione Sicilia 2007).

11.1 Complessi idrogeologici

Sulla base delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei terreni e in relazione allo stato di alterazione e fratturazione degli ammassi rocciosi, lungo l'intera tratta Fiumefreddo-Giampilieri sono individuabili differenti complessi idrogeologici, caratterizzati da un diverso tipo e grado di permeabilità relativa (Ferrara 1999, 2001; Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2005):

- **Complesso dei terreni a permeabilità alta:** a questo complesso sono riferiti i depositi ghiaioso-sabbiosi delle coperture alluvionali, marine e detritico-colluviali, nonché le successioni carbonatiche dell'Unità di Longi-Taormina (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009). I depositi alluvionali rappresentano gli acquiferi di maggiore importanza e sono sede di apprezzabili risorse idriche, talora anche di interesse antropico (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2008). Le successioni carbonatiche costituiscono acquiferi di discreto interesse pratico ma generalmente poco sfruttati a causa della relativa profondità delle falde (Regione Sicilia 2007).
- **Complesso dei terreni a permeabilità medio-alta:** rientrano in tale complesso le successioni vulcaniche del Monte Etna, nonché i termini prettamente sabbiosi delle sequenze oligoceniche, la porzione conglomeratica delle coperture oligo-mioceniche e i corpi cristallini di alto grado metamorfico (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009). Le rocce vulcaniche costituiscono acquiferi di particolare importanza e sono sede di falde idriche di un certo interesse pratico, localmente captate per usi antropici (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2008; Branca et al. 2009). I corpi cristallini e i termini conglomeratico-sabbiosi del substrato infine, nonostante la permeabilità relativa piuttosto alta, non sono sede di falde sotterranee di particolare rilevanza a causa della ridotta estensione verticale dei terreni (Ferrara 1990; 1999; Carbone et al. 2007).
- **Complesso dei terreni a permeabilità media:** al suddetto complesso sono attribuiti i termini ghiaioso-sabbiosi del substrato, le alternanze arenaceo-marnose infra-cenozoiche, le rocce carbonatiche massive mesozoiche, le successioni calcareo-marnose meso-cenozoiche e i depositi evaporitici messiniani (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007). Tutti i termini litologici suddetti costituiscono acquiferi di scarso interesse antropico, con circolazione idrica sotterranea generalmente frazionata e discontinua, contenuta nelle porzioni più grossolane o fratturate della successione (Ferrara 1990; Ferrara et al. 1995; Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007).
- **Complesso dei terreni a permeabilità medio-bassa:** in questo complesso rientrano le rocce metamorfiche poco alterate e le alternanze argilloso-arenacee del substrato, oltre ai depositi quaternari terrazzati e alle sequenze marnoso-calcaree meso-cenozoiche (Ferrara 1999; Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007). I

suddetti termini litologici sono caratterizzati da prevalente permeabilità secondaria e presentano una circolazione idrica sotterranea frazionata e discontinua, e pertanto non costituiscono acquiferi di importanza ai fini antropici (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007).

- **Complesso dei terreni a permeabilità molto bassa:** rientrano in questo complesso le porzioni più profonde e meno alterate delle unità metamorfiche di substrato, nonché le successioni pelitiche della Catena Appenninico-Maghrebide e le sequenze argilloso-marnose delle coperture sin- e post-orogene (Ferrara 1990, 1999; Regione Sicilia 2005; Carbone 2007). In questi terreni non si riscontra alcuna circolazione idrica significativa (Regione Sicilia 2005).

11.2 Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi

In relazione alle caratteristiche stratigrafiche e geologico-strutturali dell'area, nei settori di interesse si riconoscono acquiferi di differente potenzialità, le cui risorse sono oggetto di sfruttamento per fini sia agricoli che idropotabili (Ferrara 2001; Carbone et al. 2007). Le falde di maggiore interesse sono contenute nei terreni vulcanoclastici e nei depositi alluvionali di fondovalle, sotto forma di corpi idrici indipendenti che si unificano in corrispondenza delle pianure costiere (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009).

Le aree di alimentazione dei corpi idrici sotterranei sono rappresentate, essenzialmente, dai bacini imbriferi dei diversi corpi d'acqua che sfociano nel Mar Ionio (Carbone et al. 2007). La ricarica delle falde è essenzialmente dovuta alle precipitazioni dirette, ai deflussi superficiali lungo gli alvei e alla restituzione delle acque infiltrate nei terreni in corrispondenza delle numerose manifestazioni sorgentizie (Ferrara 1990; Regione Sicilia 2007). Un ulteriore contributo è rappresentato, alle quote più basse, dalla infiltrazione delle acque utilizzate per irrigazione e quelle di rifiuto dei centri abitati (Regione Sicilia 2007).

Nei terreni metamorfici la circolazione idrica sotterranea è discontinua e frazionata, per cui non sono presenti falde estese e di significativa potenzialità (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). Le acque di infiltrazione negli ammassi rocciosi metamorfici, qualora non captate e derivate, sono restituite dopo breve tempo al deflusso idrico superficiale, concorrendo così all'alimentazione degli acquiferi alluvionali di fondovalle (Ferrara 1990; Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2007). Questo comportamento si riscontra, oltre che nelle parti alterate, fessurate e decomprese degli ammassi rocciosi, anche nelle consistenti coperture detritiche, eluviali e colluviali, presenti con alta frequenza lungo i versanti (Carbone et al. 2007).

Negli acquiferi carbonatici e nelle alternanze calcareo-marnose la circolazione idrica è fortemente condizionata dal grado di fratturazione e carsificazione dell'ammasso (Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007). Le direzioni di deflusso sono regolate dalla giacitura del contatto di base sulle metamorfite, con frequente immersione di questi verso Nord e NE in strutture di tipo monoclinale (Regione Sicilia 2007). Nei calcari cristallini incorporati nelle quartziti filladiche si instaurano acquiferi isolati, mentre nei termini dell'Unità dell'Aspromonte gli acquiferi sono variamente collegati (Regione Sicilia 2005). Gli ammassi più permeabili consentono l'accumulo di falde idriche anche di particolare rilevanza, mentre nelle successioni più eterogenee di rinvergono essenzialmente falde poco importanti e a carattere stagionale (Regione Sicilia 2005).

Per i depositi terrigeni infra-cenozoici, la permeabilità è localizzata nei livelli o banchi arenacei fessurati che si alternano a strati argillosi praticamente impermeabili e, pertanto, la circolazione idrica è limitata agli orizzonti lapidei (Ferrara 1990; Ferrara et al. 1995; Regione Sicilia 2005; Carbone et al. 2007). Ognuno di questi orizzonti ha spesso un comportamento indipendente rispetto agli altri corpi arenacei, essendo essi compresi fra strati impermeabili. Per motivi tettonici si registrano locali interconnessioni fra orizzonti permeabili, che aumentano quindi il volume del serbatoio e la sua capacità di immagazzinamento (Carbone et al. 2007). Anche in questo caso,

le acque di infiltrazione sono restituite sotto forma di sorgenti a regime estremamente variabile, localizzate lungo i pendii (Ferrara et al. 1995; Carbone et al. 2007).

I depositi clastici neogenici sono sede di acquiferi complessi per la spiccata variabilità litologica che li caratterizza e, quindi, presentano una circolazione sotterranea discontinua e fortemente eterogenea (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). La struttura è data da livelli permeabili per porosità e/o per fessurazione, parzialmente separati da livelli semipermeabili di limitata estensione (Ferrara 1990; Ferrara et al. 1995; Regione Sicilia 2005). Gli acquiferi arenaceo-argillosi presentano una apprezzabile continuità e una permeabilità generalmente media, ma localmente variabile in relazione alla frequenza delle discontinuità e del grado di tettonizzazione (Ferrara et al. 1995; Carbone et al. 2007). Gli acquiferi calcarenitici, invece, presentano una discreta potenzialità e sono sede di falde sia libere che confinate, spesso a carattere stagionale (Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2007).

I depositi vulcanici del Monte Etna presentano una permeabilità generalmente molto elevata, che determina un'alta percentuale di infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e, quindi, l'esistenza di falde idriche di potenzialità significativa (Branca et al. 2009). Tali falde defluiscono verso le zone periferiche del vulcano e sono sostenute dai terreni sedimentari impermeabili del basamento, che condizionano la direzione dei deflussi idrici sotterranei (Lentini 1982; Regione Sicilia 2007; Branca et al. 2009). Pertanto, in corrispondenza della porzione medio-bassa del versante si sviluppano spartiacque sotterranei che delimitano una serie di falde primarie e secondarie, mentre nella parte alta si passa ad una condizione di alimentazione indifferenziata con deflusso circa radiale (Ferrara 1975, 1991).

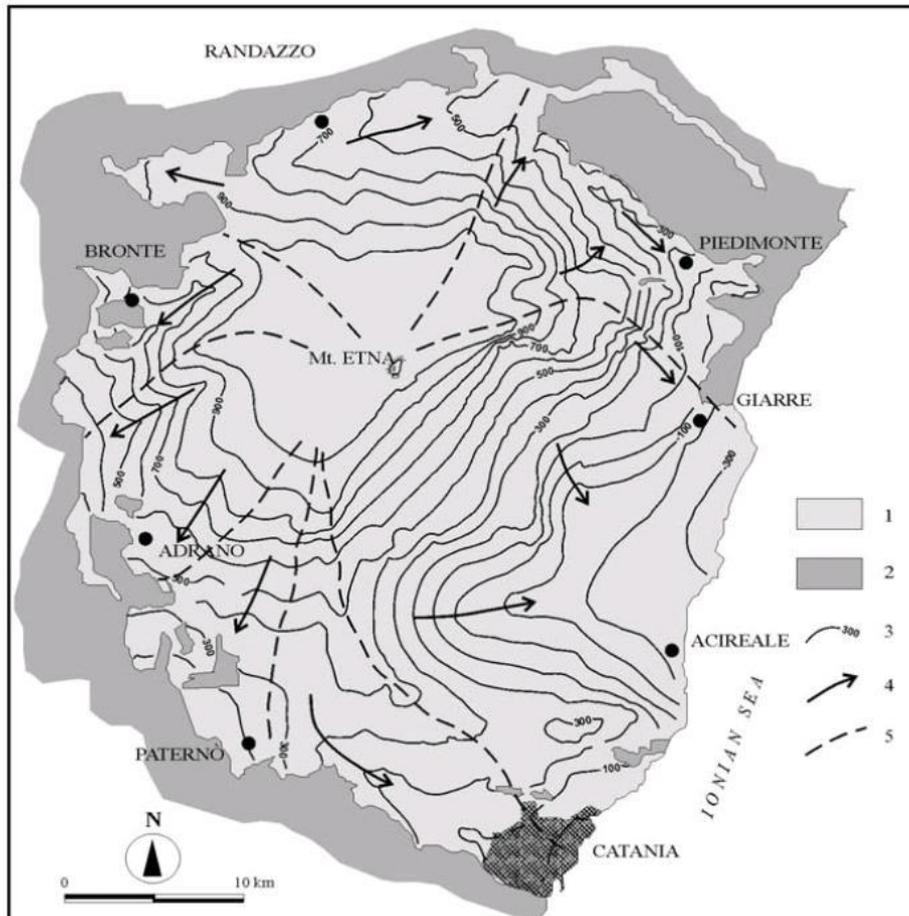


Figura 13 - Carta schematica delle principali idrostrutture del Monte Etna: 1) prodotti vulcanici; 2) terreni sedimentari; 3) isolinee del tetto del basamento impermeabile (m s.l.m.); 4) principali assi di drenaggio delle acque sotterranee; 5) limiti delle idrostrutture (da Ferrara & Pappalardo 2008).

L'edificio vulcanico è quindi costituito da una successione estremamente eterogenea di orizzonti lavici molto permeabili, che ospitano gli acquiferi alimentati dalle precipitazioni invernali e dalla fusione della neve, intercalati a livelli di piroclastiti scarsamente permeabili (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2004; Branca et al. 2009). A volte, l'impermeabilizzazione della roccia è di natura secondaria, a causa dell'occlusione dei pori degli strati semi-permeabili da parte dei materiali fini trasportati dalle acque di percolazione (Regione Sicilia 2007). Possono così formarsi falde sospese che, localmente, danno luogo a sorgenti di bassa portata emergenti a quote relativamente alte (Ferrara 1991; Regione Sicilia 2007).

In particolare, nel settore orientale del Monte Etna, i deflussi sono diretti verso NE ed hanno recapito nel litorale ionico tra Fiumefreddo e Catania, differenziandosi secondo assi di drenaggio preferenziale coincidenti con le maggiori depressioni del basamento impermeabile (Ferrara 1994; Ferrara & Pappalardo 2008). Qui l'acquifero presenta maggiore potenzialità e, pertanto, si riscontra la più alta produttività dei pozzi (Regione Sicilia 2007; Branca et al. 2007). Verso Nord, la dorsale Vena-Fermata S. Venera delimita una importante area di drenaggio, rappresentata dalla paleovalle del Fiume Alcantara (Branca & Ferrara 2001), le cui emergenze dei deflussi sotterranei generano il Torrente Fiumefreddo in prossimità della costa (Branca et al. 2009).

I depositi alluvionali presenti lungo i fondovalle ed in corrispondenza della fascia costiera rappresentano gli acquiferi di maggiore interesse, essendo sede di apprezzabili risorse idriche sotterranee (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). Essi sono infatti caratterizzati da elevata permeabilità per porosità, seppure variabile in relazione alla granulometria, che favorisce un'alta percentuale di infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica e di deflusso superficiale. Sono pertanto sede di un'attiva circolazione idrica che comporta un rapido trasferimento di queste acque verso la costa, dove depositi i più consistenti contengono falde oggetto di sfruttamento (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2008; Carbone et al. 2007).

L'importanza delle risorse idriche contenute in questi acquiferi dipende, oltre che dal regime delle precipitazioni meteoriche, dall'estensione dei bacini idrografici e dal volume dei depositi alluvionali di fondovalle (Carbone et al. 2007). Questi corpi idrici rappresentano pertanto le principali idrostrutture dell'area, essendo costituiti da depositi spessi e a permeabilità molto elevata (Regione Sicilia 2007). I prelievi dagli acquiferi alluvionali per scopi irrigui e idropotabili sono effettuati mediante numerose opere di captazione, rappresentate da pozzi e gallerie drenanti localizzate nel subalveo dei maggiori corsi d'acqua e lungo la fascia costiera (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007).

11.3 Sorgenti e opere di captazione

Le numerose sorgenti che scaturiscono a diversa quota lungo i rilievi e nei bacini idrografici sono espressione di una circolazione idrica sotterranea molto discontinua e frazionata (Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2007). Le loro acque, in gran parte non captate per la modestia delle portate e la grande dispersione dei punti di emergenza, defluiscono pertanto lungo i pendii raggiungendo i depositi alluvionali di fondovalle (Ferrara 1990; Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2007). Pertanto, le suddette emergenze contribuiscono all'alimentazione dei deflussi di subalveo in un intervallo di tempo molto più esteso rispetto al periodo dell'anno in cui si verificano le precipitazioni meteoriche (Carbone et al. 2007).

La circolazione idrica negli ammassi rocciosi metamorfici determina l'esistenza di un elevato numero di manifestazioni sorgentizie, la cui portata presenta generalmente un'elevata variabilità in un ristretto arco di tempo ed è direttamente condizionata dalle precipitazioni meteoriche (Carbone et al. 2007). Il maggior numero di sorgenti ricade sugli affioramenti di terreni cristallini, mentre quelle con portata più significativa si collocano sulle metamorfiti di alto grado (gneiss occhiadini, paragneiss biotitici con lenti di apliti e pegmatiti), che costituiscono le parti sommitali dei rilievi montuosi (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). Le sorgenti più importanti e a carattere perenne sono localmente captate mediante opere semplici e rudimentali, mentre alcune emergenze temporanee sono interessate da semplici sistemi di derivazione per uso agricolo (Carbone et al. 2007).

Le sorgenti che scaturiscono da terreni cristallini presentano generalmente portate iniziali non trascurabili, ma hanno una tendenza all'esaurimento in tempi relativamente brevi per le ridotte dimensioni dei serbatoi che le alimentano (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007; Regione Sicilia 2007). Le sorgenti collegate a depositi terrigeni alle alternanze flyschoidi hanno in prevalenza portate modeste e poco persistenti, essendo alimentate da orizzonti acquiferi costituiti da singoli livelli o banchi arenacei più o meno fessurati, generalmente di scarsa estensione (Ferrara et al. 1995; Carbone et al. 2007).

Le coperture detritiche ed eluvio-colluviali danno generalmente luogo a manifestazioni sorgentizie spesso effimere, col conseguente sviluppo una diffusa circolazione di acque in superficie subito dopo eventi piovosi (Carbone et al. 2007). Infine le successioni vulcaniche del Monte Etna danno luogo a diverse centinaia di sorgenti (Ferrara & Pappalardo 2008), pochissime delle quali hanno portate dell'ordine di qualche l/s. Lungo l'alveo del Fiume Alcantara si registra un importante e progressivo aumento delle portate sorgentizie, essenzialmente alimentate dalle rocce laviche altamente permeabili (Ferrara 1994, 2001; Ferrara & Pappalardo 2008).

Nel settore centrale dei Monti Peloritani, nella zona di Ali Terme, sono presenti importanti manifestazioni termali di acque solfuree (Carapezza et al. 1977; Alaimo et al. 1978). Si tratta di sorgenti con chiare e inequivocabili relazioni con le acque marine, come evidenziato dall'elevato contenuto salino e dalla prevalenza di Na e Cl (Alaimo et al. 1978). Le manifestazioni idrotermali, infatti, sono raggruppate in un'area posta a circa 400 m a valle del tracciato molto prossima al mare e sono prelevate da pozzi così come segnalato nella carta idrogeologica.

In tutta l'area di studio, sono presenti numerose opere di captazione che prelevano le acque di falda degli acquiferi alluvionali per scopi sia irrigui che idropotabili (Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009). Tali opere sono rappresentate essenzialmente da pozzi, sia scavati che perforati, e da gallerie drenanti localizzate nel subalveo dei maggiori corsi d'acqua e lungo la fascia costiera. In alcuni settori questi prelievi determinano forti depressioni del livello delle falde, con conseguente richiamo di acque marine e locali fenomeni di insalinamento (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). Infine, in corrispondenza del versante Nord-orientale del Monte Etna, sono presenti numerose opere di captazione per lo sfruttamento dell'acquifero vulcanico (Ferrara 1975; Branca et al. 2009, Federico et al. 2017), tra cui assumono particolare rilevanza quelle poste a monte del centro abitato di Fiumefreddo di Sicilia.

11.4 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

La notevole variabilità litologica e strutturale che caratterizza il territorio di studio determina sostanziali differenze nella distribuzione delle risorse idriche sotterranee, in quanto diverso è il ruolo rivestito dagli acquiferi in relazione alla loro capacità di immagazzinare e trasmettere le acque di infiltrazione (Carbone et al. 2007). La definizione della vulnerabilità naturale o intrinseca degli acquiferi, basata su dati geologici ed idrogeologici, permette quindi di distinguere differenti condizioni (Ferrara 1996; 1999).

La falda libera dei depositi alluvionali presenta una vulnerabilità sempre molto elevata, in quanto condizionata dall'alta permeabilità dei terreni e dalla limitata soggiacenza delle falde in corrispondenza sia dei fondovalle che della zona costiera (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007). Le calcareniti organogene e i calcari evaporitici, permeabili sia per fessurazione che per porosità, presentano una vulnerabilità piuttosto elevata a causa della limitata soggiacenza delle falde, localmente attenuata dove gli acquiferi soggiacciono a terreni scarsamente permeabili (Ferrara 1996; 1999).

I prodotti eruttivi dell'edificio vulcanico etneo sono caratterizzati da una permeabilità generalmente piuttosto elevata e, pertanto, la vulnerabilità dei corpi idrici sotterranei è strettamente connessa alle locali caratteristiche litologiche e strutturali (Ferrara 1990, 1994; Carbone et al. 2009). In generale, il maggior grado di fessurazione delle rocce laviche e la presenza di orizzonti vulcanoclastici o cavità di svuotamento lavico, determinano un marcato aumento della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, soprattutto nei settori dove la superficie piezometrica è posta a ridotta profondità dal piano campagna (Ferrara 1975; 1990). Le caratteristiche generali dell'area etnea evidenziano come il rischio di inquinamento delle falde sia decisamente maggiore in prossimità della costa ionica, dove si riscontra un insieme di fattori che possono determinare un brusco innalzamento dei valori di vulnerabilità (Ferrara 1990; Carbone et al. 2009).

Nelle alternanze arenaceo-sabbiose le modalità di circolazione idrica limitano il grado di vulnerabilità dell'acquifero, anche se non mancano zone a vulnerabilità più elevata per la presenza di orizzonti più fessurati e permeabili, che consentono una più rapida diffusione degli inquinanti (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007). I complessi marnosi e argilloso-limosi, per le loro caratteristiche di permeabilità, sono invece privi di una circolazione idrica sotterranea e pertanto gli inquinanti interessano esclusivamente le acque di deflusso superficiale (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007).

Nei corpi idrici multifalda, il tipo di circolazione idrica discontinua e variabile comporta un grado di vulnerabilità generalmente medio-basso, a causa della protezione esercitata dagli strati impermeabili nei confronti dei livelli acquiferi contenuti negli orizzonti più permeabili (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007). La limitata circolazione in seno al complesso metamorfico di grado medio-basso comporta, invece, una condizione di bassa vulnerabilità dei modesti e discontinui livelli acquiferi presenti (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007).

La vulnerabilità degli acquiferi nelle metamorfiti di medio-alto grado, al contrario, è più alta per la presenza di una maggiore fratturazione della roccia e di coperture detritiche e di alterazione. A maggiore profondità dal piano campagna, l'esistenza nell'ammasso roccioso di fratture serrate e poco alterate riduce notevolmente la circolazione idrica e abbassa il grado di vulnerabilità, che nell'insieme può quindi definirsi medio (Ferrara 1996; 1999; Carbone et al. 2007).

In generale, risulta evidente come lungo la fascia costiera siano concentrati gli insediamenti abitativi e le attività produttive da cui deriva la maggiore produzione di inquinanti. In queste aree si hanno condizioni di vulnerabilità particolarmente elevate, connesse alla presenza di acquiferi privi di protezione superficiale e con modesta soggiacenza delle falde (Ferrara 1994; Carbone et al. 2007; Branca et al. 2009). Per quanto riguarda l'influenza dei fattori antropici su tali acquiferi, essa è determinata dalle aree urbanizzate in cui si hanno alti consumi idrici e la conseguente produzione di consistenti volumi di acque reflue, che sono immesse nell'ambiente spesso senza preventivo trattamento. Un altro fenomeno connesso alla presenza antropica è rappresentato dall'ingressione di acqua marina negli acquiferi, principalmente quelli alluvionali, dovuto agli eccessivi prelievi delle falde (Carbone et al. 2007).

12 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione/carsismo degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

12.1 Complessi idrogeologici

Nei settori relativi all'intera tratta ferroviaria Fiumefreddo-Giampilieri (lotto 1 e lotto 2) sono stati individuati undici complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione delle numerose prove di permeabilità (Lefranc e Lugeon) realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine. Nel paragrafo 12.2 "Prove di permeabilità" si riporta una sintesi di tali prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

Si sottolinea, infine, che la stima del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

12.1.1 *Complessi delle unità del substrato*

Questo gruppo è rappresentato da otto distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni sedimentarie mesozoiche e da terreni metamorfici paleozoici e mesozoici.

12.1.1.1 Complesso metamorfico

Al presente complesso sono associate le rocce metamorfiche delle unità **FDN, FDNa, GLD, MLE, MMF, PMAa, PMAb, PMAc, TAM, TAMa** e **VEP1**. È costituito da argilloscisti, filladi, metareniti e paragneiss a tessitura scistosa (**CMT**), con diffusi passaggi di micascisti, metasiltiti, metavulcaniti e metaconglomerati; si rinvencono diffuse vene di quarzo e locali livelli marmi, quarziti, anfiboliti e gneiss occhiadini, massivi o tessitura scistosa. Le porzioni più superficiali risultano molto alterate e spesso completamente argillificate, a luoghi fortemente cataclasate e/o milonitizzate.

Costituiscono acquiferi fessurati di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di scarsa rilevanza, generalmente discontinue e frazionate, contenute nelle porzioni più alterate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, principalmente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

12.1.1.2 Complesso calcareo-dolomitico

A tale complesso sono riferite le successioni calcareo-dolomitiche delle unità **ALD, DOA, GCM** e **GLOa**. Si tratta essenzialmente di dolomie massive o in strati decimetrici (**CDO**), talora vacuolari, in alternanza con calcari, calcareniti e calcari detritici, massivi o ben stratificati; localmente si rinvencono passaggi di calcari micritici, breccie calcaree, siltiti e arenarie, in strati prevalentemente decimetrici. Alcune porzioni risultano fortemente cataclasate e attraversate da fitti sistemi di fratture riempite da carbonati.

Costituiscono acquiferi fessurati di modesta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, per fessurazione e carsismo, è variabile da bassa a media. A questo complesso è possibile attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

12.1.1.3 Complesso calcareo-marnoso

Al presente complesso sono associati i terreni calcareo-marnosi delle unità **ACS, ALO, MAI, MED, RSA, SCA1, SCA2** e **SCA2a**. È formato da calcari, calcari marnosi e marne calcaree in strati centimetrici e decimetrici (**CCM**), talora con liste e noduli di selce, in alternanza con marne e marne argillose, scagliettate o ben stratificate; localmente si rinvencono intercalazioni di calcilutiti, calcareniti, breccie calcaree, radiolariti e diaspri, in strati centimetrici e decimetrici. A luoghi sono presenti cavità carsiche e orizzonti di terre rosse.

Costituiscono acquiferi fessurati di modesta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di modesta rilevanza, generalmente discontinue e frazionate, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, per fessurazione e carsismo, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

12.1.1.4 Complesso argilloso-marnoso

Questo complesso è costituito dai termini essenzialmente pelitici delle unità **ASF**, **FAG** e **PCTa**. Si tratta di argille limose e argille marnose massive o debolmente stratificate (**CAM**), con rari clasti poligenici e sottili intercalazioni di marne argillose, sabbie limose e arenarie; localmente si rinvengono passaggi di radiolariti, sabbie, marne e calcari marnosi in strati da sottili a medi.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da impermeabile a molto bassa. Al presente complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

12.1.1.5 Complesso arenaceo-marnoso

Al presente complesso sono associati i litotipi prevalentemente arenaceo-marnosi delle unità **CODb**, **CODc**, **PDTa** e **VEP2**. È formato da arenarie in strati prevalentemente decimetrici (**CRM**), talora massive o in grossi banchi, da poco a ben cementate, in alternanza con argille limose, argille marnose e marne argillose da massive a sottilmente stratificate; localmente si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose, talora debolmente cementate, e intercalazioni di conglomerati e microconglomerati a clasti poligenici ed eterometrici da sub-angolosi ad arrotondati, in abbondante matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa, da poco a ben cementata.

Costituiscono acquiferi misti di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, generalmente frazionate e a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

12.1.1.6 Complesso arenaceo-sabbioso

A tale complesso sono riferite le successioni arenaceo-sabbiose delle unità **CODd** e **PDTb**. Si tratta essenzialmente di arenarie in strati prevalentemente decimetrici (**CSA**), da poco a ben cementate, con sottili intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne; localmente si rinvengono passaggi decimetrici di sabbie limose e intercalazioni lentiformi di conglomerati a clasti eterometrici da sub-arrotondati ad arrotondati, in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da mediamente a ben cementata.

Costituiscono acquiferi misti di modesta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. A questo complesso è possibile attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

12.1.1.7 Complesso conglomeratico-ghiaioso

Al complesso in questione sono associati i terreni conglomeratico-ghiaiosi delle unità **CODa**, **GLO**, **LLM**, **MSS**, **PCTb** e **PDTc**. È formato da conglomerati a clasti eterometrici da sub-angolosi ad arrotondati (**CCO**), in abbondante matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e microconglomeratica, da poco a ben cementata; a luoghi sono

presenti blocchi da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; si rinvencono frequenti passaggi di ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, da sciolte a poco cementate, e locali intercalazioni di sabbie, sabbie limose e arenarie.

Costituiscono acquiferi misti di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di modesta rilevanza, sia frazionate che a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

12.1.1.8 Complesso calcarenitico-gessoso

Questo complesso è costituito dai termini essenzialmente calcarenitico-gessosi delle unità **CFF**, **CFL**, **GSa** e **GSb**. Si tratta di calcareniti e sabbie in grossi banchi talora a stratificazione incrociata (**CGE**), da poco a mediamente cementate, con locali intercalazioni di argille limose, argille marnose e arenarie, da laminate a ben stratificate; localmente si rinvencono passaggi di calcari cristallini, breccie calcaree, gessi e argille gessose, massive o debolmente stratificate.

Costituiscono acquiferi misti di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, generalmente frazionate e a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. Al presente complesso è quindi possibile attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

12.1.2 Complessi dei depositi di copertura

Tale gruppo è rappresentato da tre differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura vulcanica, alluvionale, marina e detritico-colluviale.

12.1.2.1 Complesso vulcanico

Il presente complesso è rappresentato dai depositi vulcanici ed epiclastici delle unità **UPPa**, **UPPb**, **UTFa** e **UTFb**. È formato quindi da lave basaltiche, localmente scoriacee e a struttura da compatta a vacuolare (**CVL**), con morfologia *aa*, a blocchi o *pahoehoe*; si rinvencono intercalazioni da decimetriche a metriche di vulcanoclastiti massive o debolmente stratificate, da sciolte a mediamente cementate; localmente sono presenti orizzonti decimetrici di depositi epiclastici e paleosuoli. Le porzioni litoidi si presentano piuttosto fratturate, con locali vuoti e cavità di dimensioni decimetriche.

Costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di una falda di base di notevole rilevanza e, localmente, di piccole falde superficiali a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

12.1.2.2 Complesso fluvio-marino

A tale complesso sono associati i terreni marini e alluvionali delle unità geologiche di copertura **ba**, **bb**, **bn**, **g1**, **g2** e **gn**. Si tratta di ghiaie eterometriche da sub-angolose ad arrotondate e localmente appiattite (**CFM**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie eterometriche da sub-angolose ad arrotondate.

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di particolare rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta. Al presente complesso può essere attribuito un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

12.1.2.3 Complesso detritico-colluviale

Tale complesso è costituito dai terreni di copertura delle unità **a** e **b2**. È formato quindi da ghiaie eterometriche da angolose a sub-angolose (**CDC**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi prevalentemente angolosi, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie eterometriche da angolose a sub-angolose.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

12.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine relative al Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e).

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
T5	LE1	Lefranc	30.0 – 34.0	4.20E-08	CMT
T6bis	LE1	Lefranc	35.6 – 38.0	4.20E-08	CMT
T7	LU1	Lugeon	100.0 – 101.0	1.30E-06	CDO
	LU2	Lugeon	109.0 – 110.0	1.34E-06	CDO
T8	LE1	Lefranc	45.0 - 46.5	4.30E-08	CMT
	LU1	Lugeon	41.0 – 42.0	3.36E-06	CMT

Tabella 15 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica “Geomerid 2003”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S21g	LE1	Lefranc	30.0 - 32.0	1.44E-08	CMT
S22g	LU1	Lugeon	55.0 - 58.0	4.93E-07	CRM
	LU2	Lugeon	70.0 - 73.0	4.68E-07	CRM
	LU3	Lugeon	82.0 - 85.0	3.83E-07	CRM
S23g	LU1	Lugeon	33.0 - 35.0	2.45E-07	CRM
	LU2	Lugeon	38.0 - 40.0	3.16E-07	CRM

LU3

Lugeon

46.0 - 48.0

2.11E-07

CRM

Tabella 16 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostiche “Geomerid 2005”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S1s	LU1	Lugeon	12.0 - 13.0	5.48E-06	CRM
	LU2	Lugeon	18.0 - 19.0	5.36E-06	CRM
S2s	LU1	Lugeon	110.0 - 113.0	1.49E-06	CRM
	LU2	Lugeon	115.0 - 123.3	6.54E-08	CRM
S4s	LE1	Lefranc	32.5 - 34.0	-	CCO
	LE1	Lefranc	13.0 - 14.0	2.60E-05	CDC
S5s	LE2	Lefranc	18.0 - 20.0	9.19E-08	CMT
	LE3	Lefranc	23.0 - 25.0	1.03E-07	CMT
	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	1.59E-07	CMT
S6s	LE2	Lefranc	13.0 - 14.0	1.19E-07	CMT
	LE3	Lefranc	18.0 - 19.0	8.58E-08	CMT
	LE1	Lefranc	12.0 - 14.0	1.60E-05	CCO
S7s	LE2	Lefranc	16.5 - 18.0	1.40E-05	CCO
	LE1	Lefranc	121.5 - 123.0	-	CDO
S8s	LE2	Lefranc	129.5 - 130.5	-	CDO
	LE1	Lefranc	29.0 - 30.0	9.74E-07	CMT
S9s	LE2	Lefranc	38.5 - 39.0	6.40E-07	CMT
	LE1	Lefranc	1.5 - 3.0	6.70E-05	CDC
S10s	LE2	Lefranc	7.0 - 8.0	7.00E-05	CMT
	LE1	Lefranc	3.5 - 4.5	4.30E-05	CDC
S11s	LE2	Lefranc	6.0 - 7.0	4.80E-05	CMT
	LE1	Lefranc	28.0 - 29.0	6.79E-08	CMT
S14s	LE2	Lefranc	35.0 - 37.0	9.39E-08	CMT
	LE1	Lefranc	131.0 - 134.0	2.00E-06	CMT
S17s	LE2	Lefranc	147.0 - 150.0	1.00E-06	CMT
	LE1	Lefranc	15.0 - 17.0	1.72E-07	CMT
S18s	LE2	Lefranc	25.0 - 27.0	2.23E-07	CMT
	LE1	Lefranc	17.3 - 19.3	3.00E-06	CRM
S19s	LE1	Lefranc	73.0 - 75.0	-	CDO
	LE2	Lefranc	84.0 - 85.5	7.00E-06	CDO
S20s	LE1	Lefranc	26.0 - 27.0	1.90E-05	CFM
	LE2	Lefranc	36.0 - 37.0	1.30E-05	CFM
S21s	LE1	Lefranc	26.0 - 27.0	1.90E-05	CFM
	LE2	Lefranc	36.0 - 37.0	1.30E-05	CFM

S22s	LU1	Lugeon	47.0 - 48.8	4.12E-06	CMT
	LU2	Lugeon	56.0 - 58.0	6.74E-07	CMT
S23s	LE1	Lefranc	40.8 - 42.5	2.19E-07	CMT
	LE2	Lefranc	45.3 - 48.5	-	CMT
S24s	LE1	Lefranc	59.2 - 64.0	9.68E-08	CMT
	LE2	Lefranc	72.2 - 75.7	8.49E-08	CMT
S25s	LE1	Lefranc	75.0 - 77.0	-	CCO
	LE2	Lefranc	85 - 87	-	CCO
S26s	LE1	Lefranc	17.0 - 21.0	2.47E-07	CMT
	LE2	Lefranc	24.0 - 28.0	2.47E-07	CMT
S27s	LE1	Lefranc	12.3 - 14.3	2.32E-07	CMT
	LE2	Lefranc	20.0 - 22.0	1.45E-07	CMT
S28s	LE1	Lefranc	5.0 - 6.0	6.76E-07	CCO
	LE2	Lefranc	12.0 - 13.0	3.20E-05	CCO
	LE3	Lefranc	17.0 - 18.0	3.40E-05	CCO
S29s	LE1	Lefranc	6.0 - 7.0	6.20E-05	CCO
	LE2	Lefranc	13.0 - 14.0	4.70E-05	CCO
	LE3	Lefranc	19.0 - 20.0	3.40E-05	CCO
S30s	LE1	Lefranc	6.9 - 8.0	1.85E-07	CDC
	LE2	Lefranc	13.9 - 15.5	1.61E-07	CMT
S31s	LE1	Lefranc	18.0 - 21.0	1.45E-07	CMT
	LE2	Lefranc	50.0 - 52.0	8.88E-08	CMT
S33s	LU1	Lugeon	60.5 - 62.5	2.36E-06	CMT
	LU2	Lugeon	68.5 - 70.0	3.36E-06	CMT
S33s	LE1	Lefranc	61.1 - 62.6	8.89E-07	CMT
	LE2	Lefranc	77.8 - 79.3	2.30E-07	CMT
S34s	LU1	Lugeon	11.0 - 12.0	3.09E-06	CMT
	LU2	Lugeon	20.0 - 21.0	3.55E-06	CMT
	LU3	Lugeon	27.0 - 28.0	1.27E-06	CMT
S35s	LU1	Lugeon	44.5 - 46.5	7.09E-07	CMT
	LU2	Lugeon	52.0 - 54.0	7.45E-07	CMT
	LU3	Lugeon	59.0 - 61.0	8.69E-07	CMT
S36s	LE1	Lefranc	5.9 - 7.0	7.51E-06	CDC
	LE2	Lefranc	10.9 - 12.0	6.33E-07	CMT
	LE3	Lefranc	17.9 - 19.0	2.10E-07	CMT
S37s	LE1	Lefranc	2.8 - 5.0	4.76E-08	CMT
	LE2	Lefranc	9.8 - 11.0	4.18E-08	CMT

	LE3	Lefranc	24.8 - 27.0	3.20E-08	CMT
S38s	LE1	Lefranc	4.0 - 5.0	3.18E-07	CMT
	LE2	Lefranc	9.0 - 10.0	1.74E-07	CMT
	LE1	Lefranc	13.0 - 14.5	-	CMT
S39s	LE2	Lefranc	27.0 - 30.0	8.90E-07	CMT
	LE1	Lefranc	89.5 - 90.0	1.39E-06	CMT
S41s	LE2	Lefranc	99.5 - 100.0	1.22E-06	CMT
	LE1	Lefranc	28.8 - 30.3	1.77E-06	CMT
S40s	LE2	Lefranc	48.8 - 50.9	3.80E-06	CMT

Tabella 17 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica “Sorige 2005”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
AT01	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	1.80E-05	CFM
AT03	LE1	Lefranc	17.0 - 18.0	3.33E-06	CFM
AT04	LE1	Lefranc	8.0 - 9.0	8.67E-05	CFM
FP01	LE1	Lefranc	6.0 - 7.0	8.81E-05	CFM
FP02	LE1	Lefranc	5.0 - 6.0	9.80E-05	CFM
	LE2	Lefranc	9.0 - 10.0	1.12E-07	CFM
FP03	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	7.13E-05	CFM
IT01	LE1	Lefranc	11.2 - 12.2	4.43E-08	CFM
IT02	LE2	Lefranc	11.0 - 12.0	2.50E-07	CFM
IT03	LE3	Lefranc	11.5 - 12.5	5.76E-08	CFM
IT04	LU1	Lugeon	11.0 - 14.0	1.58E-06	CMT
LE01	LE1	Lefranc	8.5 - 9.5	6.32E-06	CFM
	LE2	Lefranc	24.8 - 25.8	9.31E-06	CFM
LE02	LE1	Lefranc	7.5 - 8.5	7.06E-05	CFM
	LE2	Lefranc	13.5 - 14.5	8.28E-06	CFM
LE03	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	1.50E-05	CFM
	LE2	Lefranc	19.5 - 20.5	2.93E-06	CFM
NZ01	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	7.80E-05	CFM
NZ02	LE1	Lefranc	13.0 - 14.0	4.16E-05	CFM
NZ03	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	7.95E-05	CFM
NZ04	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	3.66E-05	CFM
	LE2	Lefranc	4.0 - 5.0	8.76E-05	CFM
NZ05	LE1	Lefranc	6.0 - 7.0	7.72E-05	CFM
	LE2	Lefranc	29.0 - 30.0	6.15E-08	CFM

NZ07	LE1	Lefranc	10.0 - 11.0	3.71E-05	CFM
SA01	LE1	Lefranc	8.5 - 9.5	2.53E-06	CFM
SA02	LE1	Lefranc	5.5 - 6.5	2.77E-05	CFM
SA03	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	2.16E-05	CFM
SA04	LE1	Lefranc	11.0 - 12.0	1.90E-05	CFM
SA06	LE1	Lefranc	16.0 - 17.0	2.12E-05	CRM
SN01	LE1	Lefranc	6.5 - 7.5	1.04E-04	CCO
SN02	LE1	Lefranc	11.5 - 12.5	1.10E-05	CCO
SN03	LE1	Lefranc	8.5 - 9.5	3.79E-06	CFM
	LE2	Lefranc	21.0 - 22.0	5.46E-06	CFM
SN04	LE1	Lefranc	13.0 - 14.0	9.00E-06	CFM
SN05	LE1	Lefranc	13.5 - 14.5	1.28E-05	CCO
ST01	LE1	Lefranc	13.0 - 14.0	5.00E-08	CFM
ST02	LE1	Lefranc	5.5 - 6.5	3.88E-06	CFM
ST04	LE1	Lefranc	6.0 - 7.0	1.12E-05	CFM
ST05	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	1.01E-05	CFM
ST07	LE1	Lefranc	4.5 - 5.5	1.42E-05	CCO

Tabella 18 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica “Sidercem 2005”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S5i(NS8)	LE1	Lefranc	54.0 - 55.0	2.13E-07	CMT
S6i(NS11)	LE1	Lefranc	36.0 - 37.0	3.83E-07	CMT
S7i(NS14)	LE1	Lefranc	11.0 - 11.7	9.89E-08	CFM
S9i(NS19)	LE1	Lefranc	10.3 - 11.3	1.34E-05	CFM
S8i(NS18)	LE1	Lefranc	19.0 - 20.0	2.55E-06	CFM
S10i(NS26)	LE1	Lefranc	5.0 - 6.1	9.05E-07	CMT
S11i(NS31)	LE1	Lefranc	6.95 - 7.5	6.54E-05	CFM
	LE2	Lefranc	10.1 - 11.0	1.95E-07	CFM
S13i(NS38)	LE1	Lefranc	8.6 - 9.6	2.34E-06	CMT
	LE2	Lefranc	18.0 - 19.5	1.69E-04	CMT

Tabella 19 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica “Imprefond 2006”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S3fPz	LU1	Lugeon	29.0 - 30.0	5.11E-06	CVL
	LE1	Lefranc	69.0 - 70.0	7.20E-06	CVL

S5fPz	LU1	Lugeon	24.0 - 25.0	2.86E-06	CVL
	LU2	Lugeon	39.0 - 40.0	2.05E-06	CVL
S4fPz	LU1	Lugeon	50.0 - 52.0	5.47E-07	CRM
	LU2	Lugeon	58.0 - 60.0	4.63E-07	CRM

Tabella 20 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica “Geomerid 2013-2014”, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S13D	LU1	Lugeon	30.0 - 35.0	1.37E-08	CMT
	LU2	Lugeon	40.0 - 45.0	9.37E-09	CMT
S14D	LU1	Lugeon	118.0 - 123.0	1.95E-07	CMT
	LU2	Lugeon	128.0 - 133.0	8.54E-08	CMT
	LU3	Lugeon	138.0 - 143.0	1.31E-07	CMT
S15D	LE1	Lefranc	44.0 - 44.5	7.17E-08	CMT
	LE2	Lefranc	69.5 - 70.0	5.43E-07	CMT
S17D	LE1	Lefranc	8.0 - 9.0	2.24E-03	CRM
	LU1	Lugeon	33.0 - 36.0	5.63E-09	CRM
S18D	LU1	Lugeon	43.8 - 46.8	5.27E-09	CRM
	LU2	Lugeon	49.5 - 52.5	5.27E-09	CRM
S19D	LE1	Lefranc	40.0 - 41.0	8.92E-07	CMT
	LU1	Lugeon	46.0 - 49.0	7.31E-09	CMT
S20D	LE1	Lefranc	49.5 - 50.5	1.21E-06	CCO
	LE2	Lefranc	61.0 - 62.0	1.06E-06	CCO
S21D	LE1	Lefranc	11.5 - 12.0	4.94E-06	CMT/CFM
	LE2	Lefranc	21.5 - 22.0	1.99E-06	CMT/CFM
S22D	LE1	Lefranc	6.5 - 7.0	7.90E-07	CMT
S23D	LE1	Lefranc	11.5 - 12.0	2.01E-05	CFM
	LE2	Lefranc	32.5 - 33.0	6.14E-06	CFM
S24D	LE1	Lefranc	18.4 - 18.9	1.80E-07	CMT
S26D	LE1	Lefranc	53.5 - 54.0	5.60E-05	CMT
	LU1	Lugeon	43.0 - 46.0	2.51E-08	CMT
	LU2	Lugeon	55.0 - 58.0	2.39E-09	CMT
S27D	LU1	Lugeon	52.0 - 55.0	2.39E-06	CRM
	LU2	Lugeon	62.0 - 65.0	2.29E-06	CRM
S28D	LU1	Lugeon	130.0 - 135.0	5.79E-09	CMT
	LU2	Lugeon	138.0 - 143.0	4.30E-09	CMT
S29D	LE1	Lefranc	46.0 - 46.5	5.60E-05	CFM

	LU1	Lugeon	55.0 - 58.0	2.67E-06	CFM
S31D	LU1	Lugeon	74.5 - 77.5	4.93E-07	CMT
	LU2	Lugeon	83.5 - 86.5	3.11E-07	CMT
	LE1	Lefranc	11.5 - 12.0	2.35E-08	CMT
S33D	LE2	Lefranc	21.0 - 21.5	1.46E-07	CMT
	LU1	Lugeon	60.0 - 65.0	4.71E-07	CMT
S34D	LU2	Lugeon	90.0 - 95.0	1.20E-07	CMT
	LU3	Lugeon	108.0 - 113.0	2.00E-08	CMT
	LU1	Lugeon	110.0 - 115.0	1.03E-07	CMT
S35D	LU2	Lugeon	120.0 - 125.0	9.42E-08	CMT
	LE1	Lefranc	62.0 - 62.5	7.05E-04	CMT
S36D	LE2	Lefranc	94.5 - 95.0	6.37E-05	CMT
	LE1	Lefranc	44.0 - 44.5	2.95E-07	CMT
S37D	LE2	Lefranc	54.0 - 54.5	3.18E-07	CMT
	LE1	Lefranc	10.0 - 10.5	3.86E-05	CFM
S38D	LE2	Lefranc	29.5 - 30.0	1.62E-07	CFM

Tabella 21 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica 2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

12.3 Monitoraggio piezometrico

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, nel corso delle studio sono state eseguite apposite campagne di monitoraggio consistenti nella misura del livello di falda nei tubi piezometrici precedentemente installati nei fori di sondaggio. In particolare, durante le varie campagne indagine eseguite sono stati attrezzati con piezometri 103 fori di sondaggio di cui n. 88 a tubo aperto, n. 13 con una cella di Casagrande e n. 2 a tubo aperto più una cella di Casagrande.

Le diverse campagne di monitoraggio del livello della falda sono iniziate a giugno 2003 e sono terminate ad novembre 2017. Più in dettaglio il primo monitoraggio dei livelli piezometrici è stato condotto da Geomerid nel periodo che va da giugno 2003 a luglio 2004, mentre una seconda campagna di letture è stata condotta da Sidercem da gennaio 2007 a novembre 2007. Una ulteriore serie di misure del livello piezometrico è stata condotta da Enser S.r.l. nel periodo che va dal 25/11/2013 fino al 20/05/2014. Mentre, l'ultima serie di misure è stata condotta da gennaio 2017 ad novembre 2017.

Di seguito si riportano i principali dati di monitoraggio relativi alle diverse campagne di indagini disponibili (Sigla, Piezometro, Data, Quota e Note).

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
T2	Tubo aperto cieco: 0.00 - 10.00	06/2003	13.10	106.90	-	-
		07/2003	13.50	106.50	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
	<i>finestrato: 10.00 - 100.00</i>	10/2003	12.90	107.10	-	-
		11/2003	13.37	106.63	-	-
		12/2003	13.29	106.71	-	-
		01/2004	13.51	106.49	-	-
		02/2004	13.51	106.49	-	-
		03/2004	13.38	106.62	-	-
		04/2004	13.39	106.61	-	-
		05/2004	13.42	106.58	-	-
		06/2004	13.48	106.52	-	-
		07/2004	14.11	105.89	-	-
T3	1 cella Casagrande <i>1a cella: 33.00</i> Tubo aperto <i>finestrato: 3.00 - 90.00</i>	06/2003	5.10	59.20	-	-
		07/2003	5.15	59.15	-	-
		10/2003	4.70	59.60	-	-
		11/2003	7.60	56.70	-	-
		12/2003	7.23	57.07	-	-
		01/2004	7.46	56.84	-	-
		02/2004	7.46	56.84	-	-
		03/2004	7.40	56.90	-	-
		04/2004	7.66	56.64	-	-
		05/2004	7.70	56.60	-	-
T4	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 90.00</i>	06/2003	33.10	72.80	-	-
		07/2003	33.35	72.55	-	-
		10/2003	33.00	72.90	-	-
		11/2003	30.80	75.10	-	-
		12/2003	ND	ND	-	non accessibile
		01/2004	ND	ND	-	non accessibile
		02/2004	ND	ND	-	non accessibile
		03/2004	ND	ND	-	non accessibile
		04/2004	ND	ND	-	non accessibile
		05/2004	ND	ND	-	non accessibile

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		06/2004	ND	ND	-	non accessibile
		07/2004	ND	ND	-	non accessibile
T5	1 cella Casagrande <i>1a cella: 22.00</i>	06/2003	14.00	62.40	-	-
		07/2003	14.65	61.75	-	-
		10/2003	13.85	62.55	-	-
		11/2003	13.90	62.50	-	-
		12/2003	ND	ND	-	non accessibile
		01/2004	ND	ND	-	non accessibile
		02/2004	ND	ND	-	non accessibile
		03/2004	ND	ND	-	non accessibile
		04/2004	14.03	62.37	-	-
		05/2004	14.05	62.35	-	-
		06/2004	ND	ND	-	non accessibile
		07/2004	ND	ND	-	non accessibile
T7	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 9.00</i> <i>finestrato: 9.00 - 20.00</i>	04/2006	ND	ND		nessuna lettura

Tabella 22 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Geomerid 2003, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S18G	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 35.00</i>	11/2006	3.30	33.50	-	-
		02/2007	3.54	33.26	-	-
		03/2007	3.55	33.25	-	-
		04/2007	3.62	33.18	-	-
		05/2007	3.60	33.20	-	-
		06/2007	3.70	33.10	-	-
		07/2007	3.62	33.18	-	-
		08/2007	3.76	33.04	-	-
		09/2007	3.66	33.14	-	-
		10/2007	3.55	33.25	-	-
		11/2007	3.42	33.38	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
S19G	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 50.00</i>	11/2007	3.54	33.26	-	-
		11/2006	9.73	52.27	-	-
		02/2007	7.76	54.24	-	-
		03/2007	7.50	54.50	-	-
		04/2007	6.29	55.71	-	-
		05/2007	7.25	54.75	-	-
		06/2007	8.50	53.50	-	-
		07/2007	8.92	53.08	-	-
		08/2007	9.50	52.50	-	-
		09/2007	9.56	52.44	-	-
		10/2007	9.68	52.32	-	-
		11/2007	9.40	52.60	-	-
		11/2007	8.60	53.40	-	-
S21G	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 60.00</i>	11/2006	9.77	30.23	-	-
		02/2007	8.64	31.36	-	-
		03/2007	8.95	31.05	-	-
		04/2007	8.80	31.20	-	-
		05/2007	8.93	31.07	-	-
		06/2007	9.10	30.90	-	-
		07/2007	9.21	30.79	-	-
		08/2007	9.48	30.52	-	-
		09/2007	9.59	30.41	-	-
		10/2007	9.68	30.32	-	-
		11/2007	7.50	32.50	-	-
		11/2007	7.23	32.77	-	-
		S22g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 7.00</i> <i>finestrato: 7.00 - 95.00</i>	11/2006	72.64	57.36
02/2007	61.36			68.64	-	-
03/2007	62.15			67.85	-	-
04/2007	62.79			67.21	-	-
05/2007	63.27			66.73	-	-
06/2007	64.15			65.85	-	-
07/2007	64.56			65.44	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	126 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S23G	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 50.00</i>	08/2007	65.20	64.80	-	-
		09/2007	65.62	64.38	-	-
		10/2007	66.40	63.60	-	-
		02/2007	46.06	50.94	-	-
		03/2007	43.30	53.70	-	-
		04/2007	44.33	52.67	-	-
		05/2007	46.47	50.53	-	-
		06/2007	46.50	50.50	-	-
		07/2007	46.55	50.45	-	-
		08/2007	46.65	50.35	-	-
		09/2007	46.57	50.43	-	-
		10/2007	45.43	51.57	-	-
11/2007	46.50	50.50	-	-		
11/2007	46.65	50.35	-	-		

Tabella 23 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Geomerid 2005, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
LE01	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 33.00</i>	04/2006	13.57	8.08	-	-
		06/2006	14.63	7.02	-	-
		06/2006	17.95	3.70	-	-
		07/2006	19.09	2.56	-	-
		08/2006	20.56	1.09	-	-
		09/2006	17.81	3.84	-	-
		11/2006	14.10	7.55	-	-
		12/2006	15.30	6.35	-	-
		01/2007	3.70	17.95	-	-
		02/2007	9.45	12.20	-	-
		03/2007	8.90	12.75	-	-
LE03	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	20.59	9.41	-	-
		06/2006	21.89	8.11	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		06/2006	24.85	5.15	-	-
		07/2006	26.35	3.65	-	-
		08/2006	28.24	1.76	-	-
		09/2006	24.94	5.06	-	-
		11/2006	18.80	11.20	-	-
		12/2006	22.30	7.70	-	-
		01/2007	10.90	19.10	-	-
		02/2007	17.10	12.90	-	-
		03/2007	15.40	14.60	-	-
		04/2007	11.23	18.77	-	-
		04/2007	10.58	19.42	-	-
		04/2007	11.70	18.30	-	-
		LE04	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 39.00</i>	04/2006	13.60	9.15
06/2006	14.28			8.47	-	-
06/2006	17.10			5.65	-	-
07/2006	17.63			5.12	-	-
08/2006	18.24			4.51	-	-
09/2006	15.03			7.72	-	-
11/2006	10.80			11.95	-	-
12/2006	14.50			8.25	-	-
01/2007	3.10			19.65	-	-
02/2007	9.65			13.10	-	-
03/2007	8.75			14.00	-	-
04/2007	3.41			19.34	-	-
04/2007	3.35			19.40	-	-
04/2007	3.94	18.81	-	-		
FP01	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 29.00</i>	04/2006	13.00	28.76	-	-
		06/2006	13.15	28.61	-	-
		06/2006	13.80	27.96	-	-
		07/2006	14.07	27.69	-	-
		08/2006	14.38	27.38	-	-
		09/2006	14.00	27.76	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		11/2006	12.64	29.12	-	-
		12/2006	13.09	28.67	-	-
		01/2007	12.60	29.16	-	-
		02/2007	12.42	29.34	-	-
		03/2007	12.48	29.28	-	-
		04/2007	12.51	29.25	-	-
		04/2007	12.52	29.24	-	-
		04/2007	12.59	29.17	-	-
FP03	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 29.00</i>	04/2006	13.25	35.15	-	-
		06/2006	13.30	35.10	-	-
		06/2006	13.33	35.07	-	-
		07/2006	13.46	34.94	-	-
		08/2006	13.57	34.83	-	-
		09/2006	13.55	34.85	-	-
		11/2006	13.34	35.06	-	-
		12/2006	13.46	34.94	-	-
		01/2007	13.17	35.23	-	-
		02/2007	13.23	35.17	-	-
		03/2007	13.46	34.94	-	-
		04/2007	13.54	34.86	-	-
04/2007	13.53	34.87	-	-		
04/2007	13.57	34.83	-	-		
ST02	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	4.90	24.23	-	-
		06/2006	6.65	22.48	-	-
		06/2006	9.90	19.23	-	-
		07/2006	12.90	16.23	-	-
		08/2006	17.50	11.63	-	-
		09/2006	17.15	11.98	-	-
		11/2006	20.55	8.58	-	-
		12/2006	21.43	7.70	-	-
		01/2007	5.10	24.03	-	-
		02/2007	5.07	24.06	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		03/2007	4.27	24.86	-	-
		04/2007	4.08	25.05	-	-
		04/2007	4.04	25.09	-	-
		04/2007	4.17	24.96	-	-
ST04	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	4.05	23.74	-	-
		06/2006	5.25	22.54	-	-
		06/2006	8.50	19.29	-	-
		07/2006	11.30	16.49	-	-
		08/2006	15.73	12.06	-	-
		09/2006	18.90	8.89	-	-
		11/2006	17.78	10.01	-	-
		12/2006	19.70	8.09	-	-
		01/2007	4.16	23.63	-	-
		02/2007	4.10	23.69	-	-
		03/2007	3.78	24.01	-	-
		04/2007	3.69	24.10	-	-
		04/2007	3.73	24.06	-	-
		04/2007	3.81	23.98	-	-
SA01	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 30.00</i>	04/2006	25.00	38.47	-	-
		06/2006	24.95	38.52	-	-
		06/2006	24.60	38.87	-	-
		07/2006	24.78	38.69	-	-
		08/2006	24.78	38.69	-	-
		09/2006	24.80	38.67	-	-
		11/2006	24.83	38.64	-	-
		12/2006	24.82	38.65	-	-
		01/2007	24.80	38.67	-	-
		02/2007	24.90	38.57	-	-
		03/2007	24.90	38.57	-	-
		04/2007	24.67	38.80	-	-
		04/2007	24.96	38.51	-	-
04/2007	24.77	38.70	-	-		

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	130 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
SA02	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 30.00</i>	04/2006	assente	assente	-	-
		06/2006	assente	assente	-	-
		06/2006	assente	assente	-	-
		07/2006	assente	assente	-	-
		08/2006	assente	assente	-	-
		09/2006	assente	assente	-	-
		11/2006	assente	assente	-	-
		12/2006	assente	assente	-	-
		01/2007	assente	assente	-	-
		02/2007	29.90	26.10	-	-
		03/2007	28.10	27.90	-	-
		04/2007	28.72	27.28	-	-
		04/2007	29.97	26.03	-	-
		04/2007	30.00	26.00	-	-
SA04	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	assente	assente	-	-
		06/2006	assente	assente	-	-
		06/2006	assente	assente	-	-
		07/2006	assente	assente	-	-
		08/2006	assente	assente	-	-
		09/2006	assente	assente	-	-
		11/2006	assente	assente	-	-
		12/2006	assente	assente	-	-
		01/2007	assente	assente	-	-
		02/2007	35.60	26.14	-	-
		03/2007	23.10	38.64	-	-
		04/2007	29.20	32.54	-	-
		04/2007	assente	assente	-	-
		04/2007	assente	assente	-	-
NZ01	1 cella Casagrande <i>1a cella: 28.00</i>	04/2006	22.90	14.46	-	-
		06/2006	23.00	14.36	-	-
		06/2006	22.62	14.74	-	-
		07/2006	22.87	14.49	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		08/2006	22.85	14.51	-	-
		09/2006	23.10	14.26	-	-
		11/2006	23.15	14.21	-	-
		12/2006	23.22	14.14	-	-
		01/2007	22.16	15.20	-	-
		02/2007	23.10	14.26	-	-
		03/2007	21.20	16.16	-	-
		04/2007	21.25	16.11	-	-
		04/2007	21.82	15.54	-	-
		04/2007	22.84	14.52	-	-
NZ03	1 cella Casagrande <i>1a cella: 39.00</i>	04/2006	25.30	7.20	-	-
		06/2006	25.82	6.68	-	-
		06/2006	28.90	3.60	-	-
		07/2006	29.34	3.16	-	-
		08/2006	29.78	2.72	-	-
		09/2006	27.20	5.30	-	-
		11/2006	26.89	5.61	-	-
		12/2006	27.95	4.55	-	-
		01/2007	19.32	13.18	-	-
		02/2007	21.95	10.55	-	-
		03/2007	17.56	14.94	-	-
		04/2007	17.70	14.80	-	-
		04/2007	18.38	14.12	-	-
04/2007	21.34	11.16	-	-		
NZ05	1 cella Casagrande <i>1a cella: 39.00</i>	04/2006	22.60	5.08	-	-
		06/2006	23.65	4.03	-	-
		06/2006	24.53	3.15	-	-
		07/2006	24.40	3.28	-	-
		08/2006	24.45	3.23	-	-
		09/2006	23.50	4.18	-	-
		11/2006	23.50	4.18	-	-
		12/2006	24.26	3.42	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		01/2007	18.16	9.52	-	-
		02/2007	20.50	7.18	-	-
		03/2007	16.85	10.83	-	-
		04/2007	16.90	10.78	-	-
		04/2007	17.14	10.54	-	-
		04/2007	20.39	7.29	-	-
NZ07	1 cella Casagrande <i>1a cella: 30.00</i>	04/2006	9.75	19.38	-	-
		06/2006	9.85	19.28	-	-
		06/2006	9.67	19.46	-	-
		07/2006	9.73	19.40	-	-
		08/2006	9.73	19.40	-	-
		09/2006	9.62	19.51	-	-
		11/2006	9.83	19.30	-	-
		12/2006	9.96	19.17	-	-
		01/2007	9.48	19.65	-	-
		02/2007	9.69	19.44	-	-
		03/2007	9.70	19.43	-	-
		04/2007	8.96	20.17	-	-
		04/2007	9.54	19.59	-	-
		04/2007	9.66	19.47	-	-
SN02	1 cella Casagrande <i>1a cella: 39.00</i>	04/2006	27.35	5.65	-	-
		06/2006	27.37	5.63	-	-
		06/2006	27.45	5.55	-	-
		07/2006	27.50	5.50	-	-
		08/2006	27.56	5.44	-	-
		09/2006	27.50	5.50	-	-
		11/2006	27.50	5.50	-	-
		12/2006	27.61	5.39	-	-
		01/2007	27.50	5.50	-	-
		02/2007	27.61	5.39	-	-
		03/2007	27.50	5.50	-	-
04/2007	27.45	5.55	-	-		

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
SN03	1 cella Casagrande <i>1a cella: 38.00</i>	04/2007	27.55	5.45	-	-
		04/2007	27.53	5.47	-	-
		04/2006	20.50	7.72	-	-
		06/2006	20.55	7.67	-	-
		06/2006	20.58	7.64	-	-
		07/2006	20.59	7.63	-	-
		08/2006	20.67	7.55	-	-
		09/2006	20.57	7.65	-	-
		11/2006	20.63	7.59	-	-
		12/2006	20.69	7.53	-	-
		01/2007	20.62	7.60	-	-
		02/2007	20.68	7.54	-	-
		03/2007	20.80	7.42	-	-
		04/2007	20.79	7.43	-	-
		04/2007	20.77	7.45	-	-
		04/2007	20.82	7.40	-	-
SN05	1 cella Casagrande <i>1a cella: 22.00</i>	04/2006	assente	assente	-	-
		06/2006	20.96	19.07	-	-
		06/2006	20.96	19.07	-	-
		07/2006	20.96	19.07	-	-
		08/2006	assente	assente	-	-
		09/2006	assente	assente	-	-
		11/2006	20.90	19.13	-	-
		12/2006	20.93	19.10	-	-
		01/2007	20.90	19.13	-	-
		02/2007	assente	assente	-	-
		03/2007	assente	assente	-	-
		04/2007	20.97	19.06	-	-
		04/2007	21.05	18.98	-	-
04/2007	assente	assente	-	-		
AT04	1 cella Casagrande <i>1a cella: 30.00</i>	04/2006	21.00	9.00	-	-
		06/2006	22.60	7.40	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		06/2006	23.30	6.70	-	-
		07/2006	23.72	6.28	-	-
		08/2006	23.72	6.28	-	-
		09/2006	22.08	7.92	-	-
		11/2006	22.16	7.84	-	-
		12/2006	22.88	7.12	-	-
		01/2007	20.60	9.40	-	-
		02/2007	20.32	9.68	-	-
		03/2007	19.55	10.45	-	-
		04/2007	19.48	10.52	-	-
		04/2007	20.55	9.45	-	-
		04/2007	21.70	8.30	-	-
		IT01	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 20.00</i>	04/2006	18.65	3.50
06/2006	18.65			3.50	-	-
06/2006	18.65			3.50	-	-
07/2006	18.65			3.50	-	-
08/2006	18.58			3.57	-	-
09/2006	18.56			3.59	-	-
11/2006	18.56			3.59	-	-
12/2006	18.54			3.61	-	-
01/2007	18.50			3.65	-	-
02/2007	18.50			3.65	-	-
03/2007	17.85			4.30	-	-
04/2007	17.80			4.35	-	-
04/2007	17.94			4.21	-	-
04/2007	18.45	3.70	-	-		
IT03	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 39.00</i>	04/2006	13.10	3.10	-	-
		06/2006	14.20	2.00	-	-
		06/2006	14.87	1.33	-	-
		07/2006	15.83	0.37	-	-
		08/2006	15.33	0.87	-	-
		09/2006	13.26	2.94	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		11/2006	13.50	2.70	-	-
		12/2006	14.40	1.80	-	-
		01/2007	12.80	3.40	-	-
		02/2007	13.27	2.93	-	-
		03/2007	11.49	4.71	-	-
		04/2007	11.45	4.75	-	-
		04/2007	11.70	4.50	-	-
		04/2007	12.53	3.67	-	-

Tabella 24 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Sidercem 2005, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S1s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 12.00</i> <i>finestrato: 12.00 - 30.00</i>	01/2007	28.40	30.90	-	-
		02/2007	28.65	30.65	-	-
		03/2007	28.24	31.06	-	-
		04/2007	27.49	31.81	-	-
		05/2007	28.57	30.73	-	-
		06/2007	28.46	30.84	-	-
		07/2007	28.71	30.59	-	-
		08/2007	28.78	30.52	-	-
		09/2007	28.78	30.52	-	-
		10/2007	28.52	30.78	-	-
		11/2007	25.65	33.65	-	-
		12/2007	27.78	31.52	-	-
		12/2007	25.47	33.83	-	-
S2s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 85.00</i> <i>finestrato: 85.00 - 127.00</i> <i>cieco: 127.00 - 130.00</i>	02/2007	53.55	104.95	-	-
		03/2007	53.70	104.80	-	-
		04/2007	53.53	104.97	-	-
		05/2007	53.60	104.90	-	-
		06/2007	53.53	104.97	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	136 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		07/2007	53.61	104.89	-	-
		08/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		09/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		10/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		11/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		12/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		12/2007	ND	ND	-	pompa inserita
		01/2008	ND	ND	-	pompa inserita
S4s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 22.00</i> <i>finestrato: 22.00 - 37.00</i> <i>cieco: 37.00 - 40.00</i>	01/2007	0.20	46.30	-	-
		02/2007	2.05	44.45	-	-
		03/2007	2.05	44.45	-	-
		04/2007	1.95	44.55	-	-
		05/2007	1.98	44.52	-	-
		06/2007	2.15	44.35	-	-
		07/2007	2.12	44.38	-	-
		08/2007	2.30	44.20	-	-
		09/2007	2.24	44.26	-	-
		10/2007	2.08	44.42	-	-
		11/2007	1.80	44.70	-	-
		12/2007	1.78	44.72	-	-
		12/2007	1.68	44.82	-	-
		01/2008	1.70	44.80	-	-
S5s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	03/2007	assente	assente	-	-
		05/2007	assente	assente	-	-
		06/2007	assente	assente	-	-
		07/2007	assente	assente	-	-
		08/2007	assente	assente	-	-
		09/2007	assente	assente	-	-
		10/2007	assente	assente	-	-
		11/2007	assente	assente	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	137 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		01/2008	assente	assente	-	-
S6s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 9.00</i> <i>finestrato: 9.00 - 40.00</i>	01/2007	11.00	37.40	-	-
		02/2007	10.95	37.45	-	-
		03/2007	11.05	37.35	-	-
		04/2007	10.95	37.45	-	-
		05/2007	11.00	37.40	-	-
		06/2007	11.13	37.27	-	-
		07/2007	11.11	37.29	-	-
		08/2007	11.25	37.15	-	-
		09/2007	11.28	37.12	-	-
		10/2007	11.22	37.18	-	-
		11/2007	10.95	37.45	-	-
		12/2007	10.95	37.45	-	-
		12/2007	10.94	37.46	-	-
		01/2008	10.86	37.54	-	-
S7s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 24.00</i> <i>finestrato: 24.00 - 50.00</i>	01/2007	9.40	76.30	-	-
		02/2007	9.57	76.13	-	-
		03/2007	9.28	76.42	-	-
		04/2007	8.82	76.88	-	-
		05/2007	9.46	76.24	-	-
		06/2007	9.80	75.90	-	-
		07/2007	10.25	75.45	-	-
		08/2007	10.93	74.77	-	-
		09/2007	11.55	74.15	-	-
		10/2007	12.22	73.48	-	-
		11/2007	11.60	74.10	-	-
		12/2007	8.91	76.79	-	-
		12/2007	8.87	76.83	-	-
		01/2008	8.80	76.90	-	-
S8s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 89.00</i> <i>finestrato: 89.00 - 137.00</i> <i>cieco: 137.00 - 140.00</i>	01/2007	78.90	88.10	-	-
		02/2007	95.15	71.85	-	-
		03/2007	95.43	71.57	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		04/2007	95.40	71.60	-	-
		05/2007	95.40	71.60	-	-
		06/2007	95.40	71.60	-	-
		07/2007	95.45	71.55	-	-
		08/2007	95.45	71.55	-	-
		09/2007	95.45	71.55	-	-
		10/2007	95.95	71.05	-	-
		11/2007	95.68	71.32	-	-
		12/2007	95.72	71.28	-	-
		12/2007	95.45	71.55	-	-
		01/2008	95.45	71.55	-	-
S9s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 50.00</i>	01/2007	3.60	52.70	-	-
		02/2007	4.05	52.25	-	-
		03/2007	2.20	54.10	-	-
		04/2007	2.21	54.09	-	-
		05/2007	3.65	52.65	-	-
		06/2007	4.60	51.70	-	-
		07/2007	4.58	51.72	-	-
		08/2007	5.55	50.75	-	-
		09/2007	5.96	50.34	-	-
		10/2007	4.37	51.93	-	-
		11/2007	3.35	52.95	-	-
		12/2007	2.26	54.04	-	-
		12/2007	0.30	56.00	-	-
		01/2008	0.50	55.80	-	-
S10s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	01/2007	ND	ND	-	non trovato
S11s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 40.00</i>	01/2007	23.10	20.40	-	-
		02/2007	23.15	20.35	-	-
		03/2007	23.05	20.45	-	-
		04/2007	22.75	20.75	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		05/2007	23.02	20.48	-	-
		06/2007	23.20	20.30	-	-
		07/2007	23.50	20.00	-	-
		08/2007	23.80	19.70	-	-
		09/2007	23.95	19.55	-	-
		10/2007	24.15	19.35	-	-
		11/2007	23.85	19.65	-	-
		12/2007	23.59	19.91	-	-
		12/2007	23.26	20.24	-	-
		01/2008	22.90	20.60	-	-
S14s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 18.00</i> <i>finestrato: 18.00 - 50.00</i>	01/2007	31.60	48.40	-	-
		02/2007	32.00	48.00	-	-
		03/2007	32.00	48.00	-	-
		04/2007	30.49	49.51	-	-
		05/2007	31.82	48.18	-	-
		06/2007	32.08	47.92	-	-
		07/2007	32.10	47.90	-	-
		08/2007	32.25	47.75	-	-
		09/2007	32.18	47.82	-	-
		10/2007	32.23	47.77	-	-
		11/2007	31.83	48.17	-	-
		12/2007	31.55	48.45	-	-
		12/2007	31.41	48.59	-	-
		01/2008	30.50	49.50	-	-
S15s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 27.00</i> <i>cieco: 27.00 - 30.00</i>	01/2007	12.70	137.30	-	-
		02/2007	21.70	128.30	-	-
		03/2007	12.85	137.15	-	-
		04/2007	4.92	145.08	-	-
		05/2007	19.20	130.80	-	-
		06/2007	21.10	128.90	-	-
		07/2007	22.92	127.08	-	-
		08/2007	23.26	126.74	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		09/2007	23.62	126.38	-	-
		10/2007	22.38	127.62	-	-
		11/2007	14.80	135.20	-	-
		12/2007	10.00	140.00	-	-
		12/2007	6.50	143.50	-	-
		01/2008	5.60	144.40	-	-
S16s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 50.00</i> <i>finestrato: 50.00 - 77.00</i> <i>cieco: 77.00 - 80.00</i>	01/2007	18.15	111.85	-	-
		02/2007	18.50	111.50	-	-
		03/2007	18.40	111.60	-	-
		04/2007	17.57	112.43	-	-
		05/2007	18.60	111.40	-	-
		06/2007	18.87	111.13	-	-
		07/2007	18.95	111.05	-	-
		08/2007	19.38	110.62	-	-
		09/2007	19.44	110.56	-	-
		10/2007	19.01	110.99	-	-
		11/2007	ND	ND	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		01/2008	13.40	116.60	-	-
S17s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 99.00</i> <i>finestrato: 99.00 - 147.00</i> <i>cieco: 147.00 - 150.00</i>	01/2007	ND	ND	-	sepolto da asfalto
S18biss	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 42.00</i> <i>cieco: 42.00 - 45.00</i>	01/2007	33.25	96.75	-	-
		02/2007	38.25	91.75	-	-
		03/2007	38.23	91.77	-	-
		04/2007	38.26	91.74	-	-
		05/2007	38.30	91.70	-	-
		06/2007	38.35	91.65	-	-
		07/2007	38.32	91.68	-	-
		08/2007	38.30	91.70	-	-
		09/2007	38.33	91.67	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		10/2007	38.35	91.65	-	-
		11/2007	38.35	91.65	-	-
		12/2007	38.40	91.60	-	-
		12/2007	38.40	91.60	-	-
		01/2008	38.45	91.55	-	-
S18s	Tubo aperto cieco: 0.00 - 9.00 finestrato: 9.00 - 24.00 cieco: 24.00 - 30.00	01/2007	29.80	52.70	-	-
		02/2007	21.10	61.40	-	-
		03/2007	16.44	66.06	-	-
		04/2007	18.43	64.07	-	-
		05/2007	19.98	62.52	-	-
		06/2007	20.36	62.14	-	-
		07/2007	20.62	61.88	-	-
		08/2007	20.90	61.60	-	-
		09/2007	21.21	61.29	-	-
		10/2007	22.15	60.35	-	-
		11/2007	22.30	60.20	-	-
		12/2007	21.28	61.22	-	-
		12/2007	18.16	64.34	-	-
		01/2008	18.40	64.10	-	-
S19s	Tubo aperto cieco: 0.00 - 18.00 finestrato: 18.00 - 36.00 cieco: 36.00 - 39.00	01/2007	27.50	53.20	-	-
		02/2007	26.00	54.70	-	-
		03/2007	25.65	55.05	-	-
		04/2007	26.83	53.87	-	-
		05/2007	26.35	54.35	-	-
		06/2007	26.97	53.73	-	-
		07/2007	27.30	53.40	-	-
		08/2007	27.53	53.17	-	-
		09/2007	27.60	53.10	-	-
		10/2007	27.56	53.14	-	-
		11/2007	27.10	53.60	-	-
		12/2007	26.92	53.78	-	-
12/2007	26.88	53.82	-	-		

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
S20s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 61.00</i> <i>finestrato: 61.00 - 88.00</i> <i>cieco: 88.00 - 91.00</i>	01/2008	25.95	54.75	-	-
		01/2007	61.30	70.70	-	-
		02/2007	85.90	46.10	-	-
		03/2007	86.05	45.95	-	-
		04/2007	86.03	45.97	-	-
		05/2007	86.13	45.87	-	-
		06/2007	86.20	45.80	-	-
		07/2007	88.80	43.20	-	-
		08/2007	86.15	45.85	-	-
		09/2007	assente	assente	-	-
		10/2007	assente	assente	-	-
		11/2007	assente	assente	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-
S21s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 37.00</i> <i>cieco: 37.00 - 40.00</i>	01/2008	85.97	46.03	-	-
		01/2007	8.53	82.37	-	-
		02/2007	15.10	75.80	-	-
		03/2007	14.26	76.64	-	-
		04/2007	9.16	81.74	-	-
		05/2007	15.28	75.62	-	-
		06/2007	20.07	70.83	-	-
		07/2007	22.00	68.90	-	-
		08/2007	24.50	66.40	-	-
		09/2007	26.08	64.82	-	-
		10/2007	26.04	64.86	-	-
		11/2007	12.65	78.25	-	-
		12/2007	12.42	78.48	-	-
		12/2007	11.98	78.92	-	-
S22s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 57.00</i> <i>cieco: 57.00 - 60.00</i>	01/2007	32.25	52.75	-	-
		02/2007	32.70	52.30	-	-
		03/2007	32.45	52.55	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		04/2007	32.31	52.69	-	-
		05/2007	32.48	52.52	-	-
		06/2007	32.60	52.40	-	-
		07/2007	32.80	52.20	-	-
		08/2007	33.35	51.65	-	-
		09/2007	33.40	51.60	-	-
		10/2007	33.17	51.83	-	-
		11/2007	31.90	53.10	-	-
		12/2007	30.73	54.27	-	-
		12/2007	30.65	54.35	-	-
		01/2008	29.40	55.60	-	-
S23s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 57.01</i> <i>cieco: 57.00 - 60.00</i>	01/2007	ND	ND	-	sepolto dai detriti
S24s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 47.00</i> <i>finestrato: 47.00 - 87.00</i> <i>cieco: 87.00 - 90.00</i>	01/2007	14.65	97.65	-	-
		02/2007	19.65	92.65	-	-
		03/2007	20.94	91.36	-	-
		04/2007	13.87	98.43	-	-
		05/2007	20.36	91.94	-	-
		06/2007	25.10	87.20	-	-
		07/2007	28.11	84.19	-	-
		08/2007	28.65	83.65	-	-
		09/2007	27.65	84.65	-	-
		10/2007	26.36	85.94	-	-
		11/2007	ND	ND	-	sepolto
		12/2007	ND	ND	-	sepolto
		12/2007	ND	ND	-	sepolto
		01/2008	ND	ND	-	sepolto
S25s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 65.00</i> <i>finestrato: 65.00 - 92.00</i> <i>cieco: 92.00 - 95.00</i>	01/2007	72.30	102.70	-	-
		02/2007	93.30	81.70	-	-
		03/2007	93.57	81.43	-	-
		04/2007	ND	ND	-	ostruito a 74 m

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		05/2007	93.50	81.50	-	-
		06/2007	93.63	81.37	-	-
		07/2007	93.63	81.37	-	-
		08/2007	93.70	81.30	-	-
		09/2007	93.68	81.32	-	-
		10/2007	93.67	81.33	-	-
		11/2007	92.80	82.20	-	-
		12/2007	92.80	82.20	-	-
		12/2007	92.90	82.10	-	-
		01/2008	92.43	82.57	-	-
S26s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 12.00</i> <i>finestrato: 12.00 - 27.00</i> <i>cieco: 27.00 - 30.00</i>	01/2007	23.80	57.70	-	-
		02/2007	23.75	57.75	-	-
		03/2007	23.80	57.70	-	-
		04/2007	23.75	57.75	-	-
		05/2007	23.80	57.70	-	-
		06/2007	23.85	57.65	-	-
		07/2007	23.67	57.83	-	-
		08/2007	23.67	57.83	-	-
		09/2007	23.62	57.88	-	-
		10/2007	23.62	57.88	-	-
		11/2007	23.25	58.25	-	-
		12/2007	23.40	58.10	-	-
		12/2007	23.38	58.12	-	-
		01/2008	23.35	58.15	-	-
S27s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 12.00</i> <i>finestrato: 12.00 - 27.00</i> <i>cieco: 27.00 - 30.00</i>	02/2007	15.70	21.30	-	-
		03/2007	16.92	20.08	-	-
		04/2007	16.45	20.55	-	-
		05/2007	16.65	20.35	-	-
		06/2007	16.83	20.17	-	-
		07/2007	16.82	20.18	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		08/2007	16.90	20.10	-	-
		09/2007	16.82	20.18	-	-
		10/2007	16.80	20.20	-	-
		11/2007	16.30	20.70	-	-
		12/2007	16.38	20.62	-	-
		12/2007	16.39	20.61	-	-
		01/2008	16.35	20.65	-	-
S28s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	02/2007	assente	assente	-	-
		03/2007	assente	assente	-	-
		04/2007	assente	assente	-	-
		05/2007	assente	assente	-	-
		06/2007	assente	assente	-	-
		07/2007	assente	assente	-	-
		08/2007	assente	assente	-	-
		09/2007	assente	assente	-	-
		10/2007	assente	assente	-	-
		11/2007	assente	assente	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-
		01/2008	assente	assente	-	-
		S29s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 27.00</i> <i>cieco: 27.00 - 30.00</i>	02/2007	24.30	15.73
03/2007	24.45			15.58	-	-
04/2007	20.97			19.06	-	-
05/2007	24.76			15.27	-	-
06/2007	24.60			15.43	-	-
07/2007	24.66			15.37	-	-
08/2007	24.80			15.23	-	-
09/2007	24.67			15.36	-	-
10/2007	24.65			15.38	-	-
11/2007	24.61			15.42	-	-
12/2007	24.33			15.70	-	-
12/2007	24.34			15.69	-	-
01/2008	24.25			15.78	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	146 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
S30s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 18.00</i> <i>cieco: 18.00 - 30.00</i>	01/2007	ND	ND	-	sepolto dai detriti
S31s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 50.00</i> <i>finestrato: 50.00 - 70.00</i>	01/2007	57.35	50.45	-	-
		02/2007	64.85	42.95	-	-
		03/2007	54.55	53.25	-	-
		04/2007	63.87	43.93	-	-
		05/2007	31.50	76.30	-	-
		06/2007	32.70	75.10	-	-
		07/2007	33.20	74.60	-	-
		08/2007	32.50	75.30	-	-
		09/2007	32.47	75.33	-	-
		10/2007	32.35	75.45	-	-
		11/2007	32.22	75.58	-	-
		12/2007	37.70	70.10	-	-
		12/2007	38.10	69.70	-	-
		01/2008	39.00	68.80	-	-
S33s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 60.00</i> <i>finestrato: 60.00 - 87.00</i> <i>cieco: 87.00 - 90.00</i>	01/2007	23.45	82.35	-	-
		02/2007	31.05	74.75	-	-
		03/2007	31.33	74.47	-	-
		04/2007	31.10	74.70	-	-
		05/2007	30.53	75.27	-	-
		06/2007	31.00	74.80	-	-
		07/2007	31.03	74.77	-	-
		08/2007	31.20	74.60	-	-
		09/2007	31.33	74.47	-	-
		10/2007	31.43	74.37	-	-
		11/2007	ND	ND	-	sepolto
		12/2007	ND	ND	-	sepolto
		12/2007	ND	ND	-	sepolto
		01/2008	ND	ND	-	sepolto
S34s	Tubo aperto	01/2007	4.50	59.30	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
	<i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 45.00</i>	02/2007	4.34	59.46	-	-
		03/2007	4.27	59.53	-	-
		04/2007	4.70	59.10	-	-
		05/2007	4.95	58.85	-	-
		06/2007	5.45	58.35	-	-
		07/2007	6.30	57.50	-	-
		08/2007	7.70	56.10	-	-
		09/2007	8.07	55.73	-	-
		10/2007	7.30	56.50	-	-
		11/2007	ND	ND	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		01/2008	ND	ND	-	-
S35s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 70.00</i>	01/2007	37.30	70.00	-	-
		02/2007	37.20	70.10	-	-
		03/2007	37.36	69.94	-	-
		04/2007	37.32	69.98	-	-
		05/2007	37.30	70.00	-	-
		06/2007	37.32	69.98	-	-
		07/2007	37.29	70.01	-	-
		08/2007	37.25	70.05	-	-
		09/2007	37.14	70.16	-	-
		10/2007	37.13	70.17	-	-
		11/2007	37.08	70.22	-	-
		12/2007	36.94	70.36	-	-
		12/2007	37.04	70.26	-	-
01/2008	36.95	70.35	-	-		
S36s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	01/2007	15.05	16.95	-	-
		02/2007	15.22	16.78	-	-
		03/2007	15.23	16.77	-	-
		04/2007	15.20	16.80	-	-
		05/2007	14.10	17.90	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		06/2007	14.40	17.60	-	-
		07/2007	14.42	17.58	-	-
		08/2007	14.43	17.57	-	-
		09/2007	14.61	17.39	-	-
		10/2007	14.85	17.15	-	-
		11/2007	14.37	17.63	-	-
		12/2007	14.75	17.25	-	-
		12/2007	14.74	17.26	-	-
		01/2008	13.60	18.40	-	-
S37s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 30.00</i>	01/2007	17.25	10.75	-	-
		02/2007	17.31	10.69	-	-
		03/2007	16.46	11.54	-	-
		04/2007	16.75	11.25	-	-
		05/2007	17.33	10.67	-	-
		06/2007	19.05	8.95	-	-
		07/2007	20.70	7.30	-	-
		08/2007	21.90	6.10	-	-
		09/2007	23.05	4.95	-	-
		10/2007	23.90	4.10	-	-
		11/2007	19.20	8.80	-	-
		12/2007	16.90	11.10	-	-
		12/2007	16.98	11.02	-	-
		01/2008	16.73	11.27	-	-
S38s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 30.00</i>	01/2007	ND	ND	-	sepolto dai detriti
S39s	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 12.00</i> <i>finestrato: 12.00 - 30.00</i>	02/2007	9.70	25.30	-	-
		03/2007	9.82	25.18	-	-
		04/2007	11.05	23.95	-	-
		05/2007	9.70	25.30	-	-
		06/2007	10.35	24.65	-	-
		07/2007	10.52	24.48	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		08/2007	11.30	23.70	-	-
		09/2007	12.10	22.90	-	-
		10/2007	12.15	22.85	-	-
		11/2007	10.20	24.80	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		12/2007	ND	ND	-	-
		01/2008	ND	ND	-	-
S41s	Tubo aperto cieco: 0.00 - 71.00 finestrato: 71.00 - 107.00 cieco: 107.00 - 110.00	01/2007	84.71	38.29	-	-
		02/2007	88.15	34.85	-	-
		03/2007	87.50	35.50	-	-
		04/2007	88.50	34.50	-	-
		05/2007	88.53	34.47	-	-
		06/2007	88.57	34.43	-	-
		07/2007	88.72	34.28	-	-
		08/2007	88.78	34.22	-	-
		09/2007	88.74	34.26	-	-
		10/2007	88.78	34.22	-	-
		11/2007	87.90	35.10	-	-
		12/2007	ND	ND	-	lucchetto inserito
		12/2007	83.30	39.70	-	-
		01/2008	74.12	48.88	-	-
S40s	Tubo aperto cieco: 0.00 - 33.00 finestrato: 33.00 - 60.00	01/2007	43.75	31.25	-	-
		02/2007	43.80	31.20	-	-
		03/2007	43.97	31.03	-	-
		04/2007	43.76	31.24	-	-
		05/2007	43.82	31.18	-	-
		06/2007	43.86	31.14	-	-
		07/2007	43.88	31.12	-	-
		08/2007	43.92	31.08	-	-
		09/2007	45.32	29.68	-	-
		10/2007	49.88	25.12	-	-
		11/2007	43.85	31.15	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D69RG	GE 00 01 001	C	150 di 268

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		12/2007	49.80	25.20	-	-
		12/2007	49.20	25.80	-	-
		01/2008	47.20	27.80	-	-

Tabella 25 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Sorige 2005, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S4i(NS5)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 24.00</i>	01/2007	27.07	42.34	-	-
S6i(NS11)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 55.00</i>	01/2007	40.05	50.84	-	-
S9i(NS19)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 25.00</i>	02/2007	23.82	31.41	-	-
		03/2007	23.85	31.38	-	-
		04/2007	23.92	31.31	-	-
		05/2007	24.00	31.23	-	-
		06/2007	24.00	31.23	-	-
		07/2007	23.90	31.33	-	-
		08/2007	assente	assente	-	-
		09/2007	23.87	31.36	-	-
		10/2007	assente	assente	-	-
		11/2007	23.70	31.53	-	-
		12/2007	assente	assente	-	-
01/2008	assente	assente	-	-		
S8i(NS18)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 27.00</i>	02/2007	19.20	58.04	-	-
		03/2007	8.22	69.02	-	-
		04/2007	9.74	67.50	-	-
		05/2007	19.30	57.94	-	-
		06/2007	27.33	49.91	-	-
		07/2007	assente	assente	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		08/2007	assente	assente	-	-
		09/2007	assente	assente	-	-
		10/2007	assente	assente	-	-
		11/2007	24.25	52.99	-	-
		12/2007	13.63	63.61	-	-
		12/2007	13.84	63.40	-	-
		01/2008	11.70	65.54	-	-
S10i(NS26)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 13.00</i> <i>finestrato: 13.00 - 25.00</i>	03/2007	10.30	49.52	-	-
S11i(NS31)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 13.00</i> <i>finestrato: 13.00 - 25.00</i>	03/2007	4.32	46.95	-	-
		04/2007	3.52	47.75	-	-
		05/2007	3.90	47.37	-	-
		06/2007	4.42	46.85	-	-
		07/2007	4.50	46.77	-	-
		08/2007	7.65	43.62	-	-
		09/2007	7.70	43.57	-	-
		10/2007	5.20	46.07	-	-
		11/2007	3.55	47.72	-	-
		12/2007	3.52	47.75	-	-
		12/2007	3.48	47.79	-	-
		01/2008	3.47	47.80	-	-
S12i(NS32)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 75.00</i> <i>finestrato: 75.00 - 96.00</i> <i>cieco: 96.00 - 120.00</i>	03/2007	87.54	67.70	-	-
		04/2007	ND	ND	-	ostruito a 103 m
		01/2008	115.00	40.24	-	ostruito a 115 m
S13i(NS38)	1 cella Casagrande <i>1a cella: 27.00</i> Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 15.00</i> <i>cieco: 15.00 - 16.00</i>	02/2007	13.60	30.55	tubo aperto	-
			15.28	28.87	1a cella	-
		03/2007	13.72	30.43	tubo aperto	-
			15.25	28.90	1a cella	-
		04/2007	13.78	30.37	tubo aperto	-
			15.24	28.91	1a cella	-
		05/2007	13.78	30.37	tubo aperto	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			m da p.c.	m s.l.m.	
			15.70	28.45	1a cella -
		06/2007	13.92	30.23	tubo aperto -
			15.22	28.93	1a cella -
		07/2007	14.20	29.95	tubo aperto -
			15.59	28.56	1a cella -
		08/2007	14.30	29.85	tubo aperto -
			15.60	28.55	1a cella -
		09/2007	14.33	29.82	tubo aperto -
			15.71	28.44	1a cella -
		10/2007	13.90	30.25	tubo aperto -
			15.47	28.68	1a cella -
		11/2007	13.87	30.28	tubo aperto -
			15.45	28.70	1a cella -
		12/2007	13.77	30.38	tubo aperto -
			15.34	28.81	1a cella -
		12/2007	13.74	30.41	tubo aperto -
			15.39	28.76	1a cella -
		01/2008	13.20	30.95	tubo aperto -
			15.05	29.10	1a cella -

Tabella 26 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Imprefond 2006, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			m da p.c.	m s.l.m.	
S5app	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 80.00</i>	03/2014	70.48	29.52	- è stato prelevato solo 1 bayler d'acqua poi il foro si è presentato asciutto anche se il freatimetro suonava, probabilmente per la presenza di sabbia umida
		04/2014	72.28	27.72	-
		05/2014	72.42	27.58	-
		12/2016	71.80	28.20	-
		01/2017	71.60	28.40	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		02/2017	ND	ND	-	presenza di melma a partire da 59.00 m
		03/2017	assente	assente	-	-
		04/2017	assente	assente	-	-
		05/2017	assente	assente	-	fondo foro 72.0
		06/2017	assente	assente	-	fondo foro 72.0
		07/2017	assente	assente	-	-
		09/2017	assente	assente		asciutto
		10/2017	assente	assente		-
		11/2017	50.9	49.10		f.f. 70.05 m
S1aPz	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 50.00</i>	01/2014	26.71	11.39	-	-
		02/2014	26.52	11.58	-	-
		03/2014	26.70	11.40	-	-
		04/2014	26.65	11.45	-	-
		05/2014	26.61	11.49	-	-
		12/2016	ND	ND	-	non trovato
		01/2017	26.70	11.40	-	-
		02/2017	26.45	11.65	-	-
		03/2017	26.54	11.56	-	-
		04/2017	26.60	11.50	-	-
		05/2017	26.75	11.35	-	-
		06/2017	26.70	11.40	-	-
		07/2017	26.90	11.20	-	-
		08/2017	26.92	11.18	-	-
09/2017	27.10	11.00	-	-		
10/2017	26.95	11.15	-	-		
11/2017	26.8	11.30	-	-		
S2aPz	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 50.00</i>	12/2013	33.90	38.60	-	-
		01/2014	34.67	37.83	-	-
		02/2014	35.03	37.47	-	-
		03/2014	36.43	36.07	-	fondo foro misurato (46.65)
		04/2014	36.80	35.70	-	-
		05/2014	37.16	35.34	-	-
		12/2016	37.03	35.47	-	-
		01/2017	37.20	35.30	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		02/2017	37.38	35.12	-	-
		03/2017	37.40	35.10	-	presenza di fango
		04/2017	37.74	34.76	-	-
		05/2017	37.95	34.55	-	-
		06/2017	40.00	32.50	-	-
		07/2017	37.90	34.60	-	-
		08/2017	37.90	34.60	-	-
		09/2017	37.85	34.65	-	-
		10/2017	37.70	34.80	-	-
		11/2017	35.99	36.51	-	presenza di melma rossa
		S3aPz	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 5.00</i> <i>finestrato: 5.00 - 30.00</i>	11/2013	27.35	0.65
12/2013	27.22			0.78	-	-
01/2014	26.57			1.43	-	-
02/2014	26.60			1.40	-	-
03/2014	26.75			1.25	-	-
04/2014	26.93			1.07	-	-
05/2014	28.74			-0.74	-	-
12/2016	ND			ND	-	non trovato
01/2017	ND			ND	-	perso
S4aPz	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 50.00</i>	12/2013	19.84	30.16	-	-
		01/2014	14.71	35.29	-	-
		02/2014	14.60	35.40	-	-
		03/2014	14.78	35.22	-	-
		04/2014	14.69	35.31	-	-
		05/2014	14.69	35.31	-	-
		12/2016	assente	assente	-	-
		01/2017	ND	ND	-	-
S6app	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	03/2014	13.48	1.02	-	-
		03/2014	13.50	1.00	-	-
		04/2014	13.47	1.03	-	-
		05/2014	13.42	1.08	-	-
		12/2016	12.95	1.55	-	la sonda si ferma a 12.70 m
		02/2017	12.68	1.82	-	-
		03/2017	13.21	1.29	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>	
		04/2017	12.85	1.65	-
		05/2017	13.63	0.87	-
		06/2017	14.40	0.10	-
		07/2017	14.35	0.15	-
		08/2017	14.40	0.10	-
		09/2017	14.30	0.20	-
		10/2017	13.30	1.20	-
		11/2017	12.6	1.90	-

Tabella 27 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine Geomerid 2013-2014, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S14D	1 cella Casagrande <i>1a cella: 133.00</i> Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 42.00</i> <i>finestrato: 42.00 - 54.00</i>	03/2017	4.60	154.25	tubo aperto	-
			57.95	100.90	1a cella	-
		04/2017	ND	ND	-	sospeso per spurgo in corso
			3.50	155.35	tubo aperto	-
		05/2017	57.70	101.15	1a cella	-
			3.40	155.45	tubo aperto	-
		06/2017	54.80	104.05	1a cella	1° tubo: 54,80 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)
			3.40	155.45	tubo aperto	-
		07/2017	53.70	105.15	1a cella	1° tubo: 53.70 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)
			3.50	155.35	tubo aperto	-
		08/2017	54.65	104.20	1a cella	1° tubo: 53.70 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)
			3.50	155.35	tubo aperto	-
		09/2017	58.80	100.05	1a cella	Lettura riferita al ff rilevato dal freatimetro. asciutto; 1° tubo : 58.80 m (f.f.) 2° tubo : 58.00 m (f.f.)
			3.40	155.45	Tubo aperto	-
10/2017	assente	assente	1a cella	1° tubo: 58.80 m (f.f.) 2° tubo: 58.00 m (f.f.)		

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			m da p.c.	m s.l.m.	
		11/2017	3.40	155.45	Tubo aperto
			28.5	130.35	1a cella
					1° tubo: 28.50 m (f.f.) 2° tubo: 58.00 m (f.f.)
S18D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 48.00</i> <i>finestrato: 48.00 - 65.00</i>	04/2017	46.40	43.29	-
		05/2017	47.38	42.31	-
		06/2017	47.95	41.74	-
		07/2017	49.40	40.29	-
		08/2017	49.82	39.87	-
		09/2017	50.00	39.69	-
		10/2017	50.10	39.59	-
		11/2017	50.40	39.29	-
S20D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 41.00</i> <i>finestrato: 41.00 - 59.00</i>	09/2017	29.60	77.06	-
		10/2017	29.60	77.06	-
		11/2017	29.60	77.06	-
S21D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 30.00</i>	02/2017	4.91	66.15	-
		03/2017	5.40	65.66	-
		04/2017	8.70	62.36	-
		05/2017	6.15	64.91	-
		06/2017	6.40	64.66	-
		07/2017	6.70	64.36	-
		08/2017	6.70	64.36	-
		09/2017	6.65	64.41	-
		10/2017	6.20	64.86	-
		11/2017	6.10	64.96	-
S22D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 30.00</i>	04/2017	15.24	35.81	-
		05/2017	16.05	35.00	-
		06/2017	16.40	34.65	-
		07/2017	16.90	34.15	-
		08/2017	17.00	34.05	-
		09/2017	17.15	33.90	-
		10/2017	17.17	33.88	-
		11/2017	17.20	33.85	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
S23D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	04/2017	1.68	27.51	-	-
		05/2017	4.0	24.69	-	-
		06/2017	6.80	22.39	-	-
		07/2017	10.55	18.64	-	-
		08/2017	14.10	15.09	-	-
		09/2017	16.95	12.24	-	-
		10/2017	18.95	10.24	-	-
		11/2017	20.05	9.14	-	-
S24D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 30.00</i>	04/2017	7.80	32.21	-	-
		05/2017	7.90	32.11	-	-
		06/2017	8.47	31.54	-	-
		07/2017	8.80	31.21	-	-
		08/2017	9.20	30.81	-	-
		09/2017	9.50	30.51	-	-
		10/2017	9.70	30.31	-	-
		11/2017	9.85	30.16	-	-
S26D	1 cella Casagrande <i>1a cella: 60.00</i>	02/2017	13.80	92.78	-	-
		03/2017	15.18	91.40	-	-
		04/2017	20.00	86.58	-	-
		05/2017	19.38	87.20	-	-
		06/2017	21.05	85.53	-	1° tubo azzurro: 21.10 m 2° tubo azzurro: 21.05 m
		07/2017	23.65	82.93	-	1° tubo azzurro: 23.65 m 2° tubo azzurro: 23.65 m
		08/2017	26.11	80.47	-	1° tubo azzurro: 26.1 m 2° tubo azzurro: 26.12 m
		09/2017	23.45	83.13	-	1° tubo azzurro: 23.30 m 2° tubo azzurro: 23.60 m
		10/2017	20.30	86.28	-	1° tubo azzurro: 20.10 m 2° tubo azzurro: 20.50 m
		11/2017	18.05	88.53	-	1° tubo azzurro: 18.10 m 2° tubo azzurro: 18.00 m
S27D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i>	04/2017	68.90	28.03	-	-
		05/2017	68.98	27.95	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
	<i>finestrato: 1.00 - 72.00</i>	06/2017	68.90	28.03	-	-
		07/2017	68.90	28.03	-	-
		08/2017	68.00	28.93	-	-
		09/2017	69.20	27.73	-	-
		10/2017	69.23	27.70	-	-
		11/2017	69.20	27.73	-	-
S28D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 120.00</i> <i>finestrato: 120.00 - 150.00</i>	06/2017	80.20	100.93	-	-
		07/2017	81.35	99.78	-	-
		08/2017	82.30	98.83	-	-
		09/2017	98.32	82.81	-	-
		10/2017	93.70	87.43	-	-
		11/2017	97.80	83.33	-	-
S29D	1 cella Casagrande <i>1a cella: 54.00</i>	02/2017	10.35	79.28	-	-
		03/2017	14.62	75.01	-	-
		04/2017	17.85	71.78	-	-
		05/2017	19.99	69.64	-	-
		06/2017	21.70	67.93	-	1° tubo azzurro: 21.70 m 2° tubo azzurro: 21.75 m (melma a 33.00m)
		07/2017	23.70	65.93	-	1° tubo azzurro: 23.70 m 2° tubo azzurro: 23.70 m
		08/2017	24.70	64.93	-	1° tubo azzurro: 24.7 m 2° tubo azzurro : 24.70 m
		09/2017	24.95	64.68	-	1° tubo azzurro: 24.95 m 2° tubo azzurro: 24.95 m
		10/2017	24.95	64.68	-	1° tubo azzurro: 23,45 m 2° tubo azzurro : 23,45 m
		11/2017	24.95	64.68	-	1° tubo azzurro: 21.50 m 2° tubo azzurro : 21.55 m
S31D	Tubo aperto <i>cieco: 87.00 - 90.00</i> <i>finestrato: 69.00 - 87.00</i> <i>cieco: 0.00 - 69.00</i>	04/2017	68.10	51.01	-	-
		05/2017	80.06	39.05	-	-
		06/2017	81.90	37.21	-	-
		07/2017	82.50	36.61	-	-
		08/2017	87.00	32.11	-	f.f. 90.0
		09/2017	ND	ND		Proprietario non disponibile

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		10/2017	ND	ND	-	Proprietario non disponibile
		11/2017	84.80	34.31	-	-
S33D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 25.00</i>	05/2017	23.59	34.37	-	-
		06/2017	23.80	34.16	-	melma a 25.00 m
		07/2017	23.75	34.21	-	melma nerastra da 24.00
		08/2017	23.63	34.33	-	melma nerastra da 24.00
		09/2017	23.55	34.41	-	melma nerastra da 24.00
		10/2017	24.25	33.71	-	-
		11/2017	23.40	34.56	-	melma nerastra da 24.00
S34D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 105.00</i> <i>finestrato: 105.00 - 120.00</i>	05/2017	35.31	114.15	-	-
		06/2017	35.70	113.76	-	-
		07/2017	36.00	113.46	-	-
		08/2017	36.20	113.26	-	-
		09/2017	36.30	113.16	-	-
		10/2017	36.43	113.03	-	-
		11/2017	36.42	113.04	-	-
S35D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 105.00</i> <i>finestrato: 105.00 - 120.00</i>	09/2017	100.93	45.47	-	-
		10/2017	45.08	101.32	-	-
		11/2017	45.43	100.97	-	meno 10 cm da boccaforo
S36D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 83.00</i> <i>finestrato: 83.00 - 104.00</i> <i>cieco: 104.00 - 110.00</i>	05/2017	92.30	31.42	-	-
		06/2017	92.50	31.22	-	-
		07/2017	92.85	30.87	-	-
		08/2017	93.00	30.72	-	-
		09/2017	93.25	30.47	-	-
		10/2017	93.45	30.27	-	-
		11/2017	93.70	30.02	-	-
S37D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 51.00</i> <i>finestrato: 51.00 - 65.00</i>	05/2017	34.40	47.09	-	-
		06/2017	38.10	43.39	-	-
		07/2017	ND	ND	-	proprietario non reperibile
		08/2017	35.93	45.56	-	-
		09/2017	assente	assente	-	asciutto; 48 m (f.f.) 47.20 m probabile melma

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		10/2017	assente	assente	-	-
		11/2017	31.45	50.04	-	-

Tabella 28 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagine 2017, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Nello specifico, nelle cartografie e nei profili idrogeologici sono stati riportati i valori massimi e minimi della falda registrati nel corso delle diverse fasi di monitoraggio. L'analisi dell'intero set di dati disponibili ha reso possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica nelle condizioni più penalizzanti e definire, per ogni punto, la massima variabilità del livello idrico durante l'intero anno idrologico.

12.4 Opere di captazione ed emergenze sorgentizie

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi ed alle sorgenti esistenti nel settore di intervento.

In particolare, nei settori di territorio relativi all'intera tratta ferroviaria Fiumefreddo-Giampilieri (lotto 1 e lotto 2) sono state individuate e censite n. 60 emergenze sorgentizie, tutte con i relativi valori di portata, e n. 63 pozzi, di cui n. 24 con misure di portata e n. 35 con dati relativi al livello piezometrico. Tra i pozzi, n. 4 sono utilizzati per il prelievo di acque termali e risultano ubicati in corrispondenza del centro abitato di Alì Terme, nei settori centrali del presente lotto.

12.5 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

I dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare, nel dettaglio, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Si sottolinea che le ricostruzioni del livello piezometrico in profilo derivano da un'analisi approfondita dei dati di monitoraggio strumentale a disposizione, opportunamente integrati con tutte le informazioni raccolte circa l'assetto idrogeologico e stratigrafico-strutturale dell'area. In particolare, per quanto concerne i dati strumentali, le ricostruzioni sono state effettuate utilizzando il livello piezometrico massimo registrato durante le differenti campagne di monitoraggio, al fine di considerare la condizione idrogeologica più cautelativa per le opere in questione.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e dell'estensione latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che, nello specifico contesto di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.

Dal punto di vista idrogeologico, le metamorfiti costituiscono degli acquiferi di scarsa rilevanza, in quanto caratterizzate da una trasmissività ridotta e molto disomogenea, direttamente condizionata dal locale stato di alterazione e/o fessurazione dell'ammasso. La permeabilità, principalmente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa e risulta tendenzialmente più elevata in prossimità della superficie o degli elementi tettonici più

importanti. I suddetti termini litologici quindi sono caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea estremamente eterogenea, concentrata nelle porzioni più superficiali ed alterate dell'ammasso o in corrispondenza delle fasce cataclastiche più importanti ed estese. Le falde idriche più superficiali alimentano diverse emergenze sorgentizie di scarsa rilevanza, mentre quelle più profonde risultano in comunicazione idraulica con tutti gli acquiferi giustapposti verticalmente e lateralmente.

I litotipi calcareo-dolomitici e calcareo-marnosi rappresentano degli acquiferi di una certa rilevanza dal punto di vista idrogeologico, sia per la discreta trasmissività dei terreni che per la variabile estensione areale e verticale degli stessi. In generale, sono sede di falde sotterranee con carattere prevalentemente stagionale, anche se non mancano corpi idrici di una certa rilevanza in corrispondenza delle successioni carbonatiche più spesse ed estese. Tali acquiferi sono generalmente caratterizzati da un deflusso idrico sotterraneo frazionato e fortemente eterogeneo, contenuto nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso.

I terreni conglomeratico-ghiaiosi, arenaceo-sabbiosi e arenaceo-marnosi del substrato, invece, costituiscono degli acquiferi di scarsa rilevanza dal punto di vista idrogeologico, sia per la modesta trasmissività dei litotipi che per la ridotta estensione degli stessi. In relazione alla notevole eterogeneità e disomogeneità degli acquiferi, le falde idriche sotterranee risultano in parte libere e in parte confinate, con carattere per lo più stagionale. Le direzioni di deflusso sono ovviamente piuttosto variabili, in quanto direttamente influenzate dalla composizione granulometrica dei terreni e dal locale stato di alterazione e/o fessurazione degli stessi.

I litotipi calcarenitico-sabbiosi e calcarenitico-gessosi costituiscono, generalmente, degli acquiferi di modesta rilevanza, sia per la ridotta trasmissività dei terreni che per la variabile estensione areale e verticale dei depositi. La permeabilità, per porosità e per fessurazione, è variabile da bassa a media e risulta direttamente condizionata dalle caratteristiche sedimentologiche e tessiturali dei terreni. La circolazione idrica sotterranea è piuttosto disomogenea ed anisotropa, con carattere generalmente stagionale, e presenta direzioni di deflusso variabili in funzione del locale assetto stratigrafico dei depositi e della presenza di elementi tettonici di discreta rilevanza.

I sedimenti alluvionali e marini, per la loro estensione e trasmissività, rappresentano gli acquiferi di maggiore interesse di tutta l'area di studio. Costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi, in quanto direttamente influenzati dalle forti variazioni granulometriche dei terreni e dalla presenza di importanti passaggi grossolani in corrispondenza delle antiche aste fluviali. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinite. Queste ultime presentano dei gradienti idraulici generalmente piuttosto bassi e, quasi sempre, sono caratterizzate da una superficie libera posta a pochi metri di profondità dal piano campagna. Tali acquiferi risultano alimentati, in buona sostanza, dagli apporti superficiali e profondi dei principali corsi d'acqua dell'area, anche se non sono da escludere possibili scambi idrici sotterranei con gli acquiferi giustapposti lateralmente e verticalmente.

I depositi detritico-colluviali di copertura non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. A tali coperture si collegano numerose manifestazioni sorgentizie effimere, originate da una diffusa circolazione di acque superficiali subito dopo gli eventi piovosi.

Infine, i litotipi argilloso-limosi e argilloso-marnosi del substrato presentano una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da impermeabile a molto bassa e, quindi, sono caratterizzati dall'assenza di falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Tali terreni tamponano lateralmente e verticalmente molti degli acquiferi sotterranei più importanti e quindi, nello schema di circolazione idrica sotterranea della zona di studio, possono essere considerati come degli *acquiclude*.

Mediante l'interpolazione dei numerosi dati piezometrici a disposizione, è stato possibile ricostruire l'andamento plano-altimetrico dei principali corpi idrici sotterranei presenti all'interno dei depositi alluvionali affioranti nella zona di intervento. In particolare, sulla scorta di tutti i dati idrogeologici a disposizione, è stato possibile definire l'andamento plano-altimetrico delle falde freatiche presenti lungo i fondovalle del Torrente Savoca, del Torrente Fiumedinisi e del Torrente Ali.

Lungo l'alveo del Torrente Savoca è presente una falda a superficie libera contenuta all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle e sostenuta dai terreni metamorfici poco permeabili del substrato. In generale la falda è posta a quote variabili tra i 10 ed i 70 m circa s.l.m., mentre in corrispondenza del tracciato la superficie piezometrica è compresa tra i 34 ed i 40 m circa s.l.m.. Il deflusso è caratterizzato da gradienti piuttosto bassi e, in linea di massima, risulta orientato in direzione ESE. Il principale asse di drenaggio mostra un andamento che ricalca fortemente la morfologia della valle alluvionale, anche se risulta posizionato diverse decine di metri a Sud dell'attuale alveo del Torrente Savoca.

In corrispondenza del Torrente Fiumedinisi i dati idrogeologici a disposizione evidenziano la presenza di una estesa falda freatica contenuta all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle e sostenuta dai termini metamorfici del substrato. La falda di colloca a quote variabili tra i 5 ed i 20 m circa s.l.m., mentre la superficie freatica in corrispondenza del tracciato risulta compresa tra i 10 ed i 16 m circa s.l.m.. Il deflusso è caratterizzato da un gradiente piuttosto basso mentre il principale asse di drenaggio ricalca l'andamento del fondovalle, essendo orientato in direzione circa WNW-ESE.

Nei settori di fondovalle del Torrente Ali si rinviene una discreta falda freatica posta all'interno dei depositi alluvionali attuali e recenti, sempre sostenuta dai termini sedimentari e metamorfici del substrato. La falda è posta a quote variabili tra i 1 ed i 50 m circa s.l.m., mentre in corrispondenza della linea il progetto la superficie piezometrica risulta compresa tra i 1 e 2 m circa s.l.m.. Il deflusso è orientato mediamente verso SE, in direzione della costa ionica, mentre il principale asse di drenaggio sotterraneo ricalca vistosamente l'andamento morfologico dell'alveo.

In corrispondenza dei diversi fondovalle presenti nell'area, quindi, la superficie freatica delle acque di falda risulta posta a diversi metri di profondità dal p.c., anche se la profondità risulta estremamente variabile in relazione alle caratteristiche idrogeologiche e stratigrafico-strutturali dei termini litologici affioranti. Tali considerazioni valgono ovviamente in condizioni stazionarie e sono da considerarsi come rappresentative del regime idrogeologico sotterraneo durante gran parte dell'anno solare.

In caso di precipitazioni, invece, le acque meteoriche possono saturare completamente i depositi alluvionali e provocare il temporaneo innalzamento delle falde di sub-alveo in tutti i settori di fondovalle. In tali circostanze, quindi, il livello piezometrico delle falde idriche sotterranee può raggiungere il piano campagna sia in corrispondenza dell'alveo stesso che nei settori di piana alluvionale ad esso limitrofi, con un andamento morfologico dettato sia dalle caratteristiche idrogeologiche del fondovalle che dal regime stesso delle precipitazioni.

I dati a disposizione hanno permesso di constatare la presenza di acque sotterranee in tutti gli ammassi rocciosi interessati dalla realizzazione delle opere in sotterraneo. In Tabella 29 si riporta quindi una sintesi dei carichi piezometrici medi dei diversi settori interessati dalla realizzazione di gallerie, sempre riferiti come altezza rispetto al piano ferro.

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
Galleria Taormina2	13+900	14+329	60	GLD

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
	14+329	14+407	65	TAM
	14+407	15+137	70	TAM
	15+137	15+449	50	TAM
	15+449	15+586	40	GCM
	15+586	15+775	35	CODc
	15+775	15+946	10	CODc
	15+946	16+029	0	CODd
Galleria Letojanni	16+294	16+312	0	CODb
	16+312	16+624	30	CODb
	16+624	17+168	70	CODb
	17+168	17+820	80	CODb
	17+820	18+249	70	CODb
	18+249	18+506	70	CODa
	18+506	18+982	70	TAM
	18+982	19+390	80	TAM
	19+390	19+781	50	TAM
	19781	20+055	20	TAM
20+055	20+160	0	TAM	
Galleria Forza D'Agro	20+294	20+362	15	TAM
	20+362	20+472	30	TAM
	20+472	20+772	45	GLO
	20+772	21+105	55	GLO
	21+105	21+334	50	GLO
	21+334	21+498	45	GLOa
	21+498	21+708	35	GLO
	21+708	22+081	30	FDN
	22+081	22+466	20	FDN
	22+466	22+674	10	FDN
22+674	22+761	0	FDN	
Galleria Sciglio	23+487	23+510	0	MSS
	23+510	23+601	0	FDN
	23+601	23+712	10	FDN
	23+712	23+838	25	FDN
	23+838	23+993	40	FDN
	23+993	24+439	50	FDN

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
	24+439	24+684	55	FDN
	24+684	24+915	60	FDN
	24+915	25+162	70	FDN
	25+162	25+707	80	FDN
	25+707	25+966	75	FDN
	25+966	26+211	70	FDN
	26+211	26+397	60	FDN
	26+397	26+487	45	FDN
	26+487	26+587	25	FDN
	26+587	26+949	20	bb
	26+949	27+012	20	VEP2
	27+012	27+083	20	DOA
	27+083	27+198	20	VEP2
	27+198	27+320	20	VEP2
	27+320	27+432	35	VEP2
	27+432	27+484	45	DOA
	27+484	27+598	60	FDN
	27+598	28+080	70	FDN
	28+080	28+308	60	FDN
	28+308	28+442	55	FDN
	28+442	28+576	45	FDN
	28+576	28+728	55	FDN
	28+728	28+796	40	TAM
	28+796	28+958	45	TAM
	28+958	29+148	50	TAM
	29+148	29+344	60	TAM
	29+344	29+963	65	FDN
	29+963	30+139	50	FDN
	30+139	30+293	35	FDN
	30+293	30+418	20	FDN
	30+418	30+569	10	FDN
	30+569	30+707	20	FDN
	30+707	30+870	30	FDN
	30+870	31+040	45	FDN
	31+040	31+907	50	FDN

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
	31+907	32+032	50	CFL
	32+032	32+416	55	FDN
	32+416	32+522	40	FDN
	32+522	32+624	25	FDN
	32+624	32+725	10	FDN
	32+725	32+743	0	FDN
Galleria Nizza	33+436	33+597	0	FDN
	33+597	33+843	0	VEP1
	33+843	33+928	0	LLM
Galleria Ali	34+337	34+477	0	VEP1
Galleria Quali	34+750	34+794	0	VEP1
	34+794	34+853	15	VEP1
	34+853	35+132	40	VEP1
	35+132	35+221	35	ACS
	35+221	35+356	30	ACS
	35+356	35+437	35	ACS
	35+437	35+651	35	VEP1
	35+651	35+928	45	ALD
	35+928	36+076	55	MMF
	36+076	36+435	75	MMF
	36+435	36+648	65	MMF
	36+648	36+828	50	MMF
	36+828	37+045	40	MMF
	37+045	37+245	25	MMF
	37+245	37+456	40	MMF
	37+456	37+636	70	MMF
	37+636	37+925	65	VEP1
	37+925	38+289	55	VEP1
	38+289	38+632	50	VEP1
	38+632	38+751	30	VEP1
38+751	38+874	10	VEP1	
38+874	38+947	0	VEP1	
Galleria Scaletta	39+207	39+298	0	FDN
	39+298	39+419	10	FDN
	39+419	39+755	20	FDN

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
	39+755	40+027	15	FDN
	40+027	40+564	10	FDN
	40+564	40+754	10	PMAa
	40+754	40+936	15	PMAa
	40+936	41+038	20	FDN
	41+038	41+285	25	PMAa
	41+285	41+709	30	PMAa
	41+709	41+816	20	PMAa
	41+816	41+925	10	PMAa
	41+925	41+942	0	PMAa

Tabella 29 – Sintesi dei carichi idraulici medi lungo le diverse gallerie in progetto, espressi come altezza piezometrica rispetto al piano ferro.

13 SISMICITÀ DELL'AREA

La Sicilia orientale presenta un elevato rischio sismico, connesso alla particolare conformazione geologico-strutturale del territorio ed alle numerose faglie attive presenti nell'area. Nello specifico, il settore compreso tra la Sicilia orientale e la Calabria meridionale rappresenta una delle aree a più alta pericolosità sismica d'Italia (Carbone et al. 2007), essendo stata colpita in passato da diversi terremoti distruttivi, con magnitudo M compresa tra 6.4 e 7.3 (Azzaro et al. 2000; Barbano et al. 2001; Boschi & Guidoboni 2001).

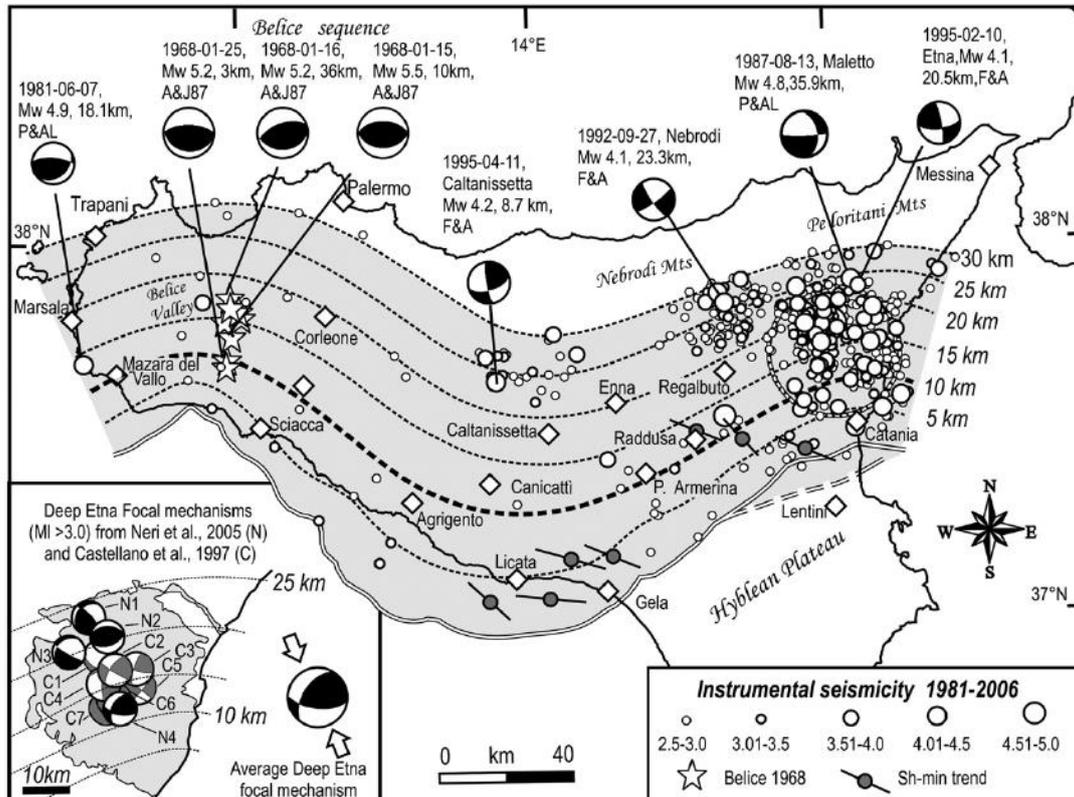


Figura 14 – Distribuzione spaziale dei terremoti storici e strumentali della Regione Sicilia (da Lavecchia et al. 2007).

In particolare, la città di Messina si trova in una zona ad alta pericolosità sismica, come si evince chiaramente dall'elevato numero di terremoti che l'hanno colpita in epoca storica e recente. L'alta esposizione della città è dovuta alla sua specifica posizione geografica, che la colloca in corrispondenza del dominio strutturale dello Stretto di Messina. Infatti la città è stata soggetta a numerosi terremoti catastrofici con intensità fino al X-XI grado MCS, come quello del 28 dicembre 1908 con magnitudo $M = 7.1$ (Ghissetti & Gresta 1990; Carbone et al. 2009).

La città di Catania è uno fra i comuni italiani più esposti alle differenti categorie di rischio geologico (rischio vulcanico, idrogeologico e sismico), a causa della sua prossimità a strutture fisiografiche e tettoniche di importanza regionale. L'alta esposizione della città è dovuta, ovviamente, alla sua particolare posizione geografica, posta a cavallo tra il versante Sud-orientale dell'Etna e il margine settentrionale della piana del F. Simeto. A causa di tali caratteristiche quest'area è stata soggetta a numerosi terremoti catastrofici, con intensità fino al X-XI grado MCS, che nel corso dell'ultimo millennio hanno interessato gran parte della Sicilia orientale (Carbone et al. 2009).

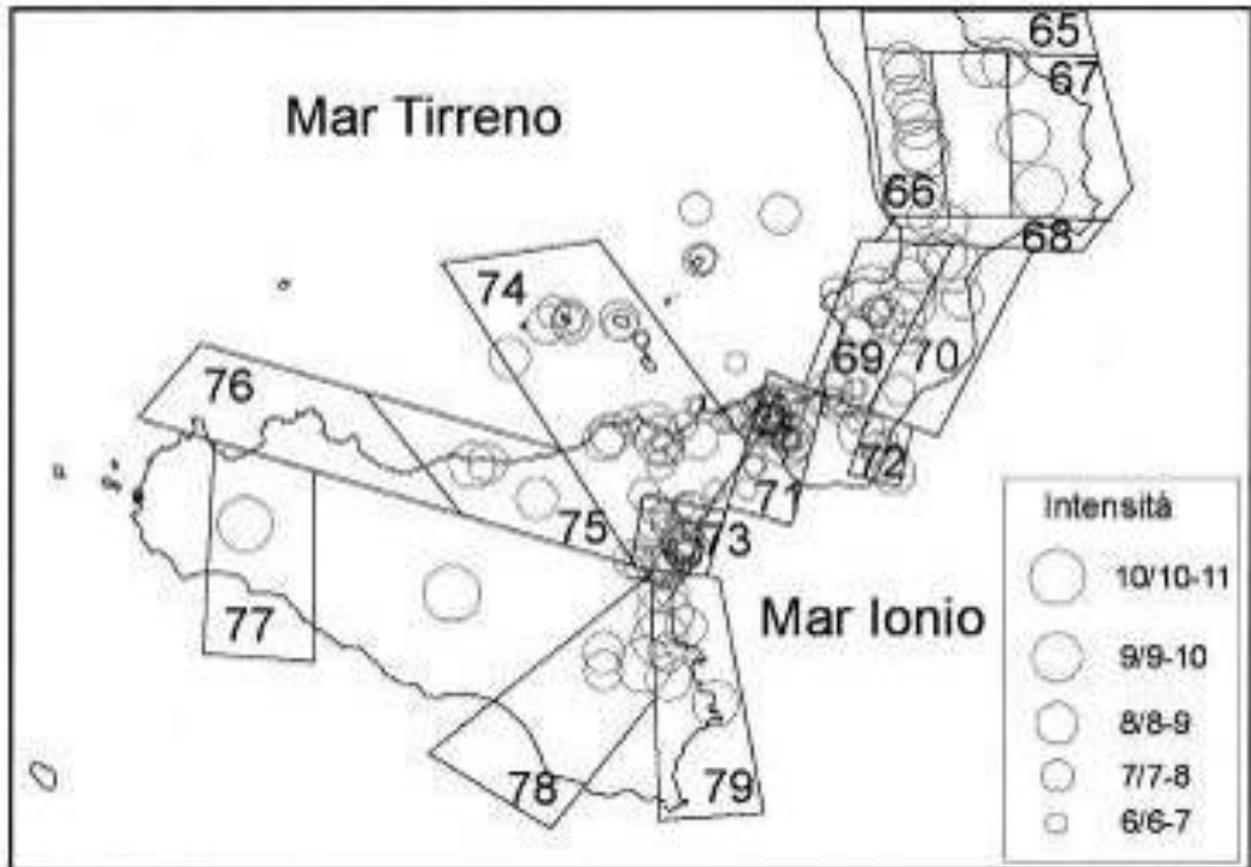


Figura 15 – Epicentri dei principali terremoti della Sicilia e della Calabria nel periodo 1125-1990 dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (da Gruppo di Lavoro CPTI 1999).

Dal punto di vista sismico, i terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica dell'area di studio sono localizzati nella Sicilia orientale e nella Calabria meridionale (Meletti et al. 2000; Carbone et al. 2009). Relativamente alle zone sismogenetiche della Calabria meridionale, le strutture certamente più attive sono quelle del bacino del Mèsima, delle Serre, di Gioia Tauro e di Cittanova, la cui attività si è protratta anche nel Pleistocene superiore e nell'Olocene (Valensise & D'Addezio 1994, Monaco & Tortorici 2000; Jacques et al. 2001). Tali strutture, con direzione circa NE-SW, sono state probabilmente responsabili dei maggiori terremoti calabresi del 5, 6 e 7 febbraio e del 1 marzo del 1783 (Baratta 1901; Carbone et al. 2009).

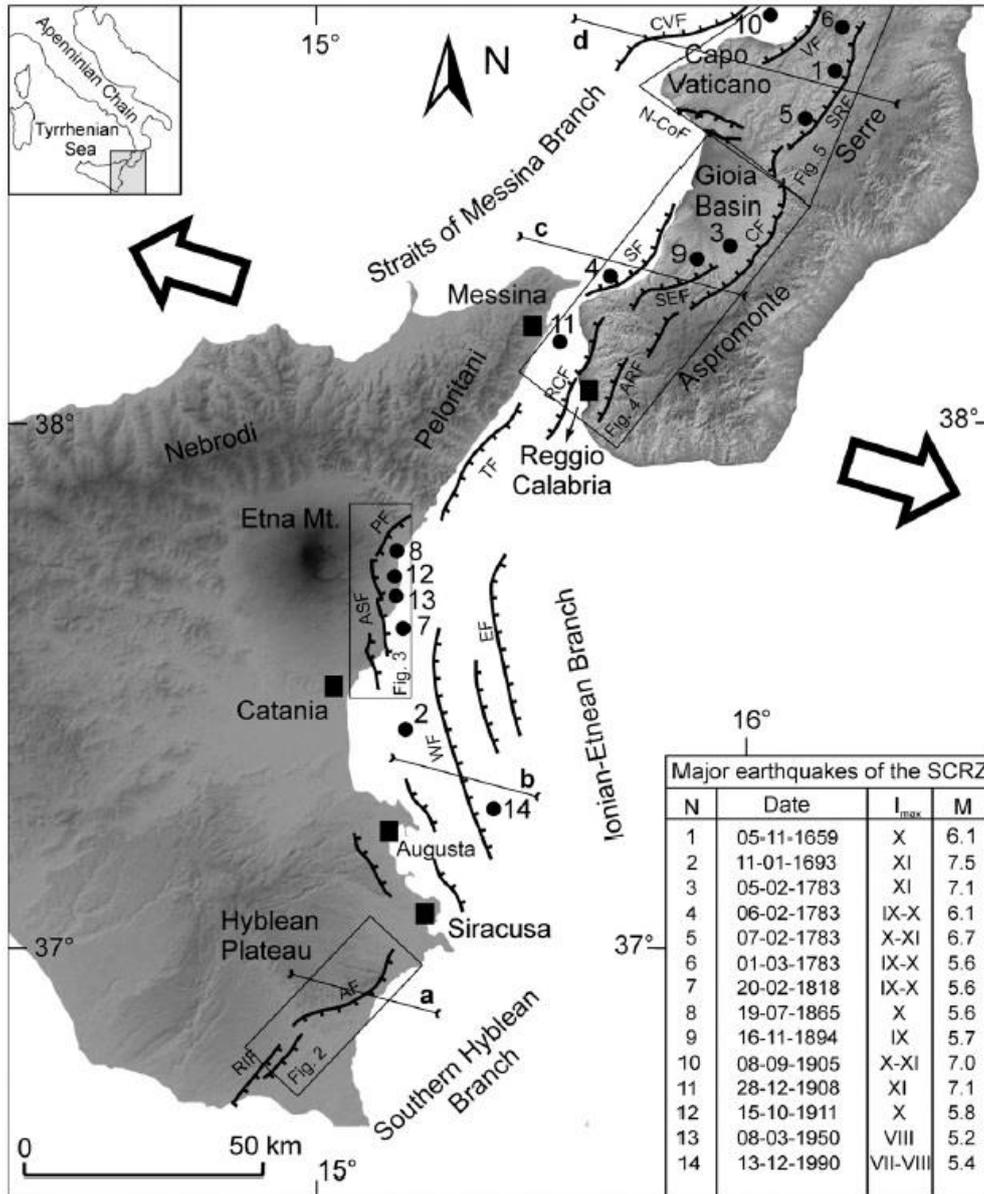


Figura 16 – Mappa sismotettonica della Sicilia orientale e Calabria meridionale con indicazione delle principali faglie (linee nere con trattini in corrispondenza della parte ribassata) e dei terremoti storici e strumentali (punti neri numerati) avvenuti negli ultimi 600 anni (da Catalano et al. 2008).

Nella Sicilia Sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove i principali eventi hanno raggiunto una magnitudo M prossima a 7.0 (Azzaro & Barbano 2000). La struttura responsabile dei maggiori terremoti di quest'area (1169, $I_{max} = X$ MCS; 1693, $I_{max} = XI$ MCS; 1818, $I_{max} = IX/X$ MCS) è probabilmente la Scarpata Maltese, un sistema di faglie transpressive a direzione prevalente NNW-SSE, che delimita *offshore* la zona ionica (Carbone et al. 1982; Bianca et al. 1999). Terremoti di modesta intensità sono localizzati, al contrario, nel settore più interno del Plateau Ibleo (Azzaro & Barbano 2000).

Nella zona etnea la sismicità è contraddistinta da eventi di bassa magnitudo e ridotta profondità ipocentrale (Gresta et al. 1997), capaci di produrre effetti significativi solo all'interno di un'areale piuttosto ristretto (Azzaro et al. 2000; Carbone et al. 2009). Più a Ovest, al confine tra i Nebroidi ed i Peloritani occidentali, i terremoti sono localizzati lungo il versante tirrenico, soprattutto lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (Azzaro et al. 2000). Tale sismicità è quindi associabile alle diverse strutture trascorrenti NW-SE presenti nell'area (Barbano et al. 1979; Carbone et al. 2009), alle quali è connesso il terremoto di Patti del 1978.

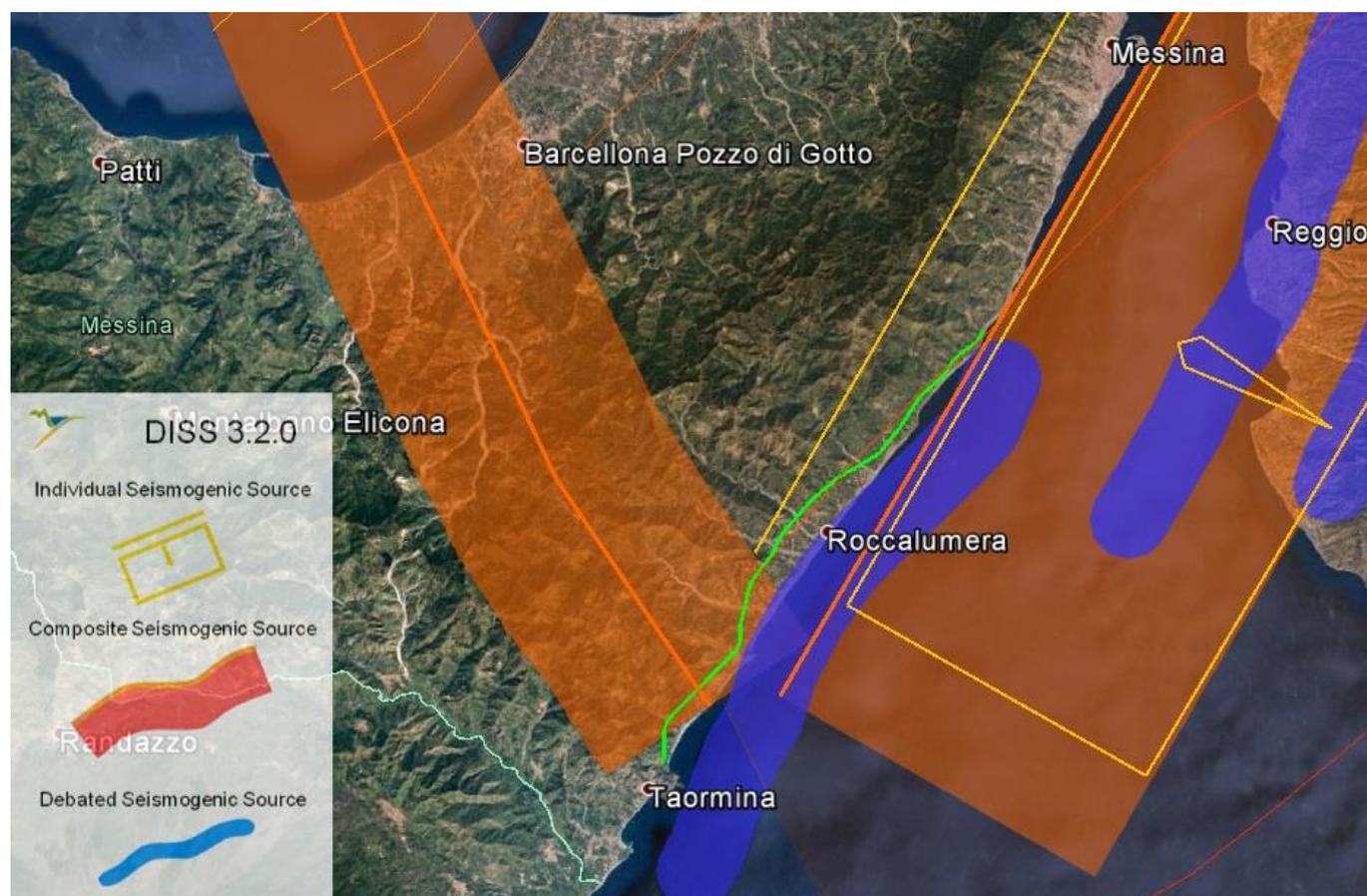


Figura 17 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2015, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.2.0., <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>); in verde è riportato il tracciato di progetto.

Nel settore dei Monti Peloritani e della Sicilia Nord-orientale, infine, l'unico terremoto capace di fornire indicazioni di carattere sismogenetico è quello del 28 dicembre 1908 ($M = 7.1$ e $I_{max} = XI$ MCS), ubicato nella zona dello Stretto di Messina (Ghissetti & Gresta 1990; Carbone et al. 2009). In assenza di evidenze ben documentate di fagliazione superficiale ed in relazione alla scarsa affidabilità dei dati strumentali, sono stati proposti differenti modelli riguardanti la collocazione spaziale, la geometria e le dimensioni della sorgente sismogenetica (Ghissetti 1992; Valensise & Pantosti 2001).

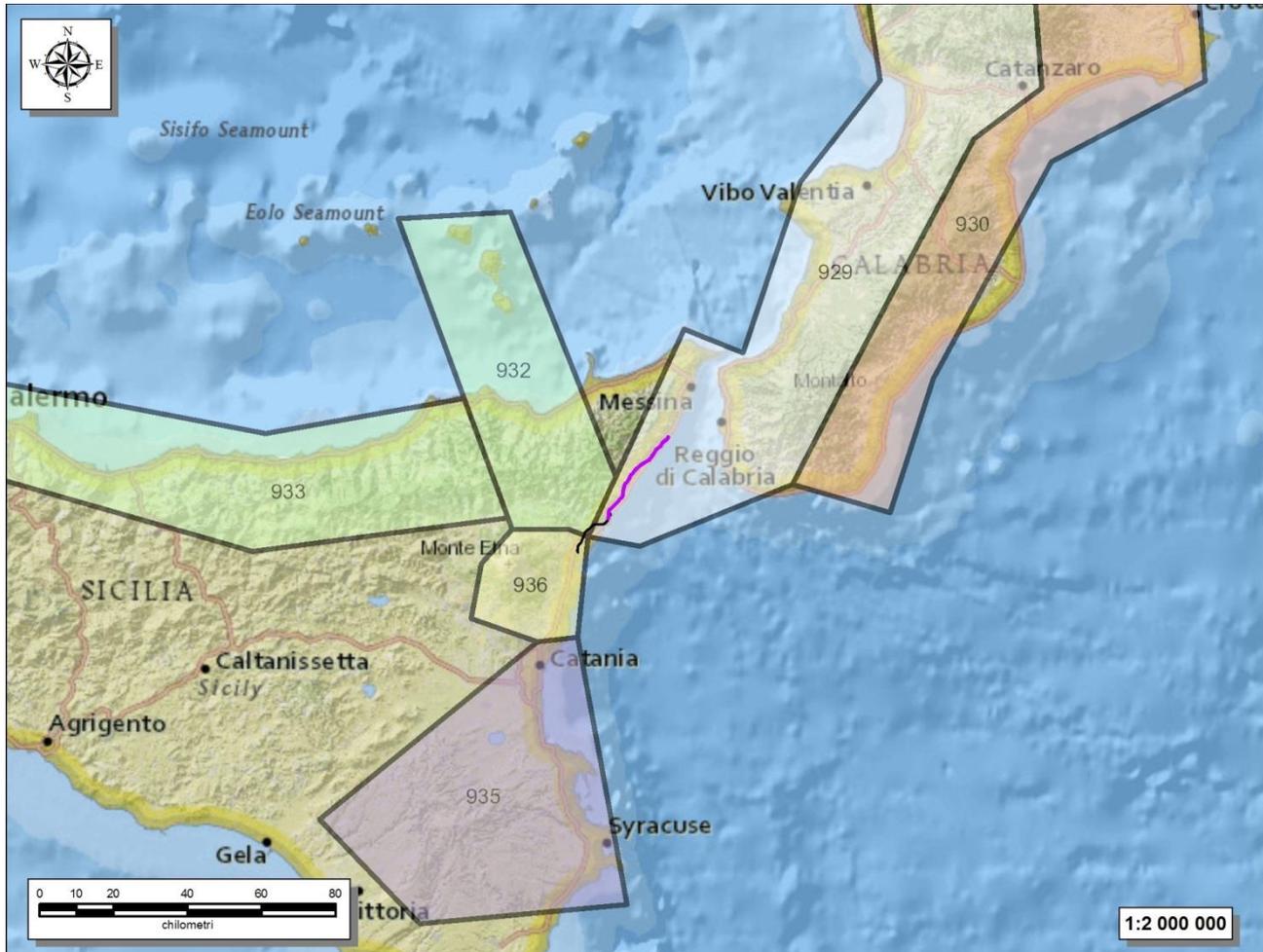


Figura 18 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 nell' area siculo-calabra (http://www.pcn.minambiente.it/arcgis/services/Zone_sismogenetiche_ZS9). In colore magenta è riportata la traccia del lotto 2 e in colore nero l'intera tratta ferroviaria di interesse progettuale.

Per quanto riguarda le cause della sismicità della Sicilia Nord-orientale, la consultazione del database DISS (2015), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che la tratta di progetto risulta direttamente interessata dalla sorgente singola denominata ITIS013 Stretto di Messina-Peloritani (profondità stimata 2-12.7 Km, magnitudo massima Mw 7, Sliprate 0.93-2 mm/anno, ultimo evento 28 dicembre 1908). Tale sorgente ricade all'interno della fascia di sorgenti composite ITCS016 Aspromonte-Peloritani (profondità stimata 2-13 Km, magnitudo massima Mw 7, Sliprate 0.9-2 mm/anno). Da segnalare, infine, la presenza di una dibattuta sorgente sismogenetica parallela alla costa e corrispondente a ITDS008 Taormina.

Per quanto riguarda l'attuale Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), il tracciato di stretto interesse progettuale ricade all'interno di 3 differenti zone sismiche (Azzaro & Barbano 2000; Meletti & Valensise 2004; Carbone et al. 2009). Il tracciato di progetto del lotto in esame si colloca nella **Zona 929 "Calabria Tirrenica"** dove sono attesi terremoti di medio-alta profondità ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 7.29$), ascrivibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente normale. Mentre, ricade a pochi chilometri ad ovest della **Zona 932 "Eolie-Patti"** dove sono attesi terremoti profondi ($P = 12-20$ km) e di alta magnitudo

($M_{max} = 6.14$), ascrivibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti. Inoltre, si colloca a nord della **Zona 936 “Etna”** dove sono attesi terremoti molto superficiali ($P = 1-5$ km) e di media magnitudo ($M_{max} = 5.45$), ascrivibili a meccanismi di fagliazione indeterminati.

13.1 Sismicità storica

Situata nel centro del Mediterraneo, la Sicilia è stata sempre considerata in una posizione strategica per il controllo delle vie del commercio con l’Asia minore e, per tale motivo, fu teatro di numerose guerre che resero l’isola soggetta alle dominazioni bizantina, araba, normanna e spagnola. In un simile contesto, i documenti storici con riferimenti agli eventi sismici succedutisi nel tempo risultano scarsi e lacunosi, anche se non mancano alcuni manoscritti che permettono di datare i terremoti più violenti e di avere un quadro, almeno parziale, degli effetti indotti sui centri urbani e sull’ambiente.

La città di Messina risulta essere il centro abitato con la storia sismica più completa dei settori Nord-orientali della Sicilia. Nonostante i numerosi terremoti storici verificatisi nell’area durante l’ultimo millennio, l’evento che provocò gli effetti più distruttivi alla città di Messina fu il sisma del 28 dicembre 1908 ($I_{max}=X-XI$ MCS). Fu il terremoto più grave del Novecento in Italia e il più forte degli ultimi 200 anni. Il terremoto rase completamente al suolo Messina e Reggio Calabria, provocando gravissimi anche a Ganzirri, Pace e Villa San Giovanni. Il numero di morti non fu mai accertato, anche se probabilmente fu prossimo alle 80mila vittime. L’esatta collocazione dell’epicentro è ancora oggi molto dibattuta, in quanto non c’è unanimità sul suo posizionamento a terra tra Archi e Gallico, o nello Stretto davanti a Reggio Calabria. Associato al sisma ci fu un violento tsunami, con *run-up* fino a 12 metri, dovuto principalmente ad una frana sottomarina originatasi davanti Giardini Naxos. Lo Tsunami colpì sia la costa siciliana che quella calabrese, con danni ingenti ma numero di vittime limitato.

L’analisi della sismicità storica per la città di Messina mostra un periodo di ritorno medio di 28 anni per sismi con valori di intensità pari al VII grado MCS, un periodo di ritorno medio di 75 anni per sismi con valori di intensità pari al VIII grado MCS, un periodo di ritorno compreso tra 360 e 380 anni per sismi con valori di intensità pari al IX grado MCS e un periodo di ritorno compreso tra 650 e 840 anni per terremoti catastrofici di intensità pari al X grado MCS, simili all’evento del 1908. Confrontando la storia sismica di tale comune con i dati relativi ad alcune località della Sicilia Sud-orientale, è evidente che la città di Messina presenta una pericolosità sismica maggiore a causa della notevole frequenza di eventi di media intensità.

Per quanto riguarda Catania, la città fu completamente rasa al suolo da due terremoti catastrofici ($I_{max}=X-XI$ MCS), mentre subì danni più o meno gravi in occasione di una decina di altri eventi sismici. Recentemente il sisma del 13 dicembre del 1990, noto con il nome di “Terremoto di Santa Lucia”, nonostante i valori di magnitudo registrati relativamente modesti ($M=5.4$ e $I=VII-VIII$ MCS), fu avvertito su una vasta area provocando 19 vittime e gravi danni a strutture ed edifici. Le ricostruzioni delle aree epicentrali basate sui dati storici e sul grado di intensità dei sismi, hanno mostrato come la sismicità sia distribuita prevalentemente in due settori. Terremoti dalle caratteristiche distruttive vengono attribuiti alla Scarpata Maltese, mentre eventi con effetti meno drammatici sono riferibili, in generale, alla zona dello Stretto di Messina o all’interno della regione degli Iblei.

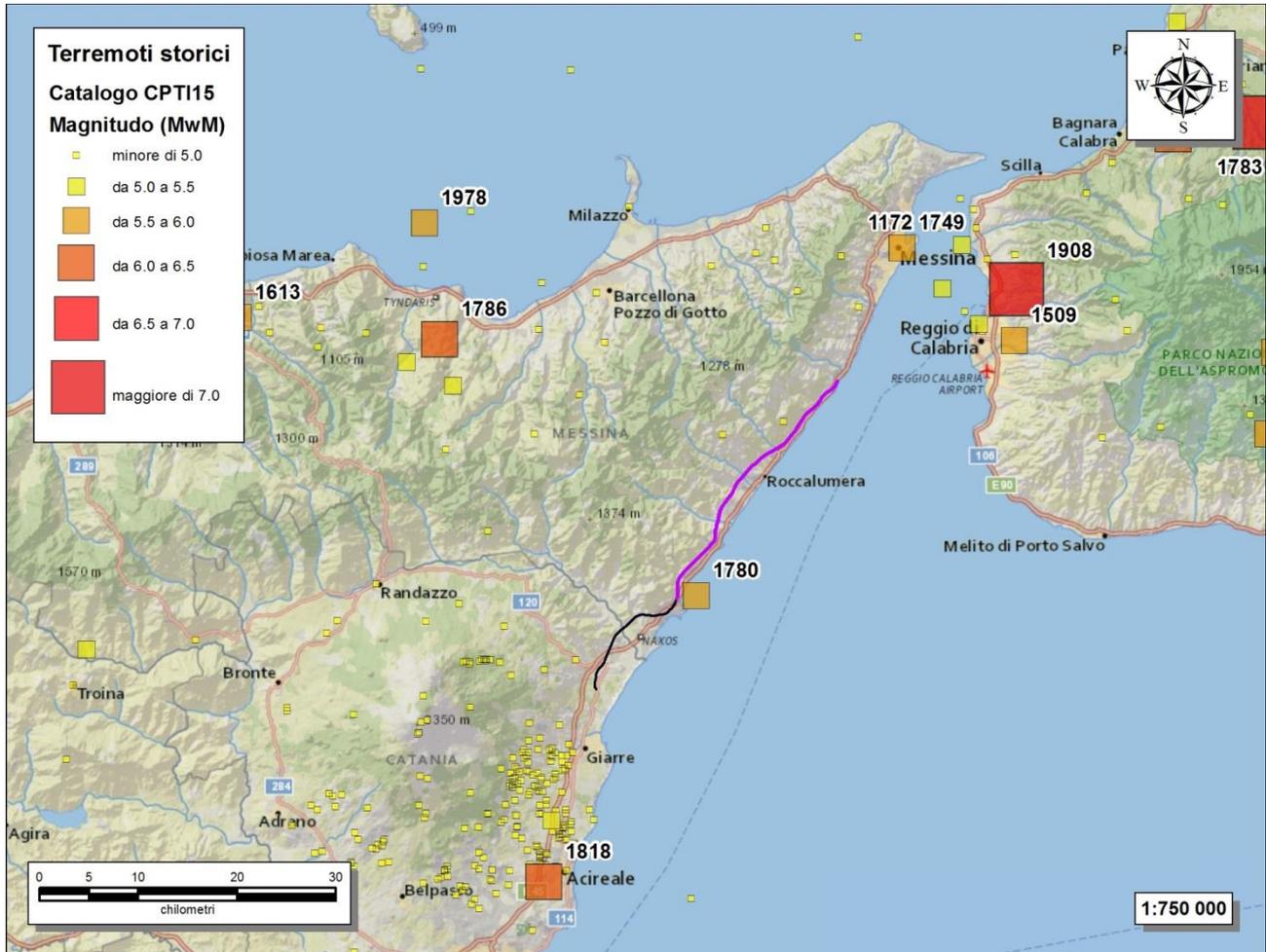


Figura 19 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato la Sicilia Nord-orientale. In magenta è riportata la tratta relativa al lotto in esame e in colore nero è riportata la traccia del lotto 1.

Per la città di Catania, è ragionevole ipotizzare come massimo evento atteso un terremoto dalle caratteristiche analoghe ai sismi degli anni 1169 e 1693, con intensità pari a X-XI MCS e magnitudo variabile tra 7.0 e 7.4. Uno studio finalizzato ad individuare i tempi di ritorno di eventi sismici indica, per terremoti catastrofici simili all'evento verificatosi nel 1693, periodi medi di ritorno variabili tra i 250 e i 500 anni. Per sismi con valori di intensità pari al VII grado MCS come quello che si verificò nel 1818, sono invece stimati tempi di ritorno variabili tra i 40 e i 90 anni.

Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Ali Terme, Forza d'Agrò, Furci Siculo, Gallodoro, Itala, Letojanni, Messina, Nizza di Sicilia, Pagliara, Roccalumera, Sant'Alessio Siculo, Santa Teresa di Riva, Savoca, Scaletta Zanclea e Taormina (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Alì Terme
[38.004, 15.423]

Numero eventi: 17

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF		1882 03 10	Stretto di Messina	3	4	3.7
6-7		1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
4-5		1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	64	7	5.11
8		1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
2		1967 08 15 07 06 30.30	Tirreno meridionale	7		4.57
NF		1968 05 19 09 37 32.00	Tirreno meridionale	11		4.9
6-7		1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF		1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4		1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
5		1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
3		1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5		1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
4		1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
4		2002 09 06 01 21 27.25	Tirreno meridionale	132	6	5.92
3		2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF		2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56
4		2006 02 27 04 34 01.83	Monti Peloritani	55	5	4.38

Tabella 30 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Alì Terme (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

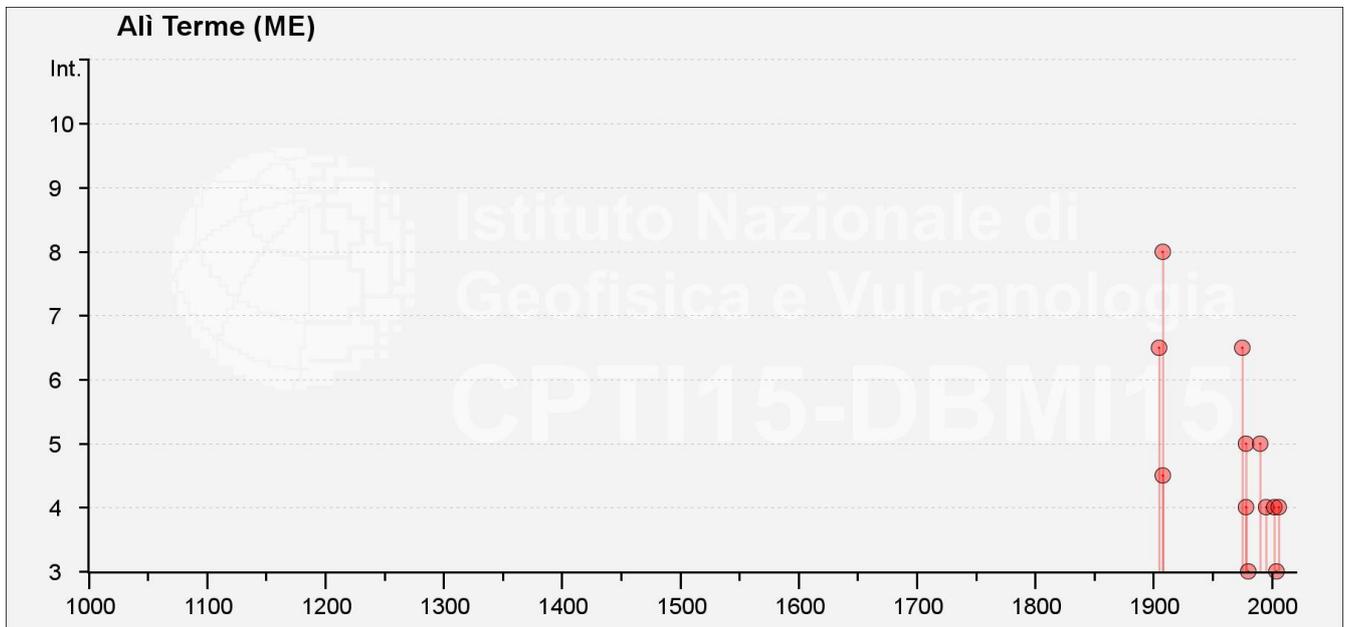


Figura 20 – Grafico illustrante la storia sismica di Ali Terme. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Forza d’Agrò

[37.915, 15.333]

Numero eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
5-6	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
7-8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
4-5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
3	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
3	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 31 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Forza d’Agrò (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

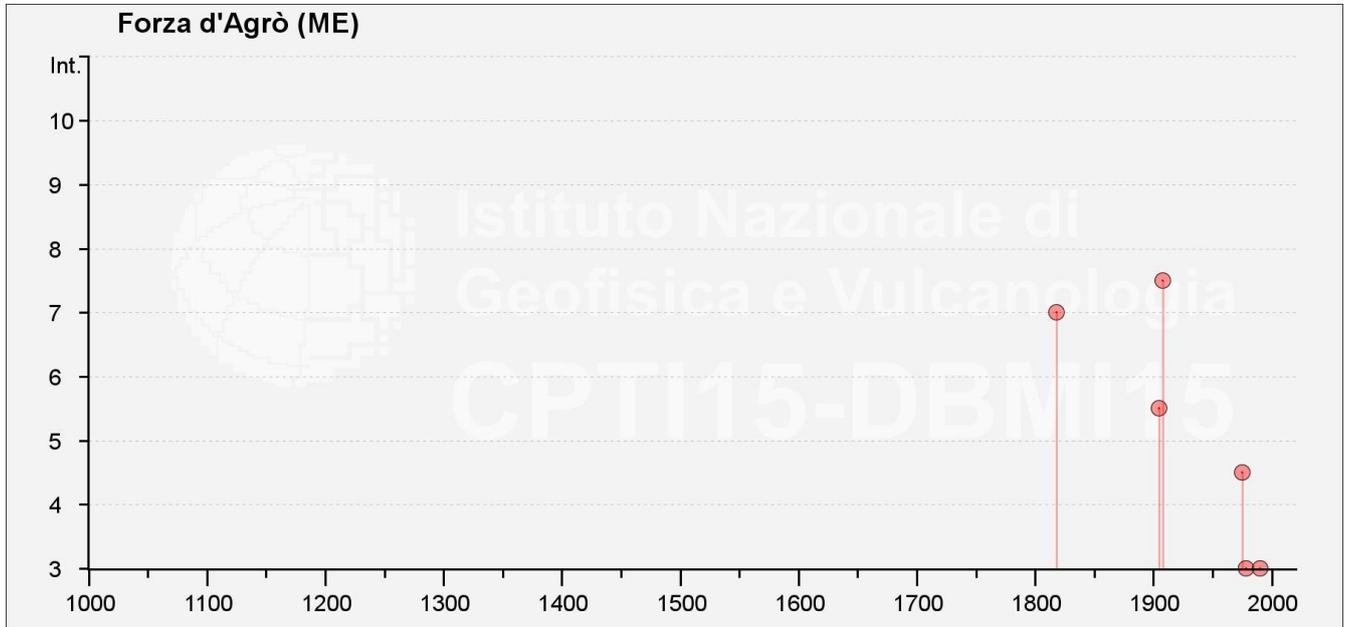


Figura 21– Grafico illustrante la storia sismica di Forza d'Agrò. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Furci Siculo

[37.961, 15.381]

Numero eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
3	1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale	254	8	5.7
5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 32 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Furci Siculo (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

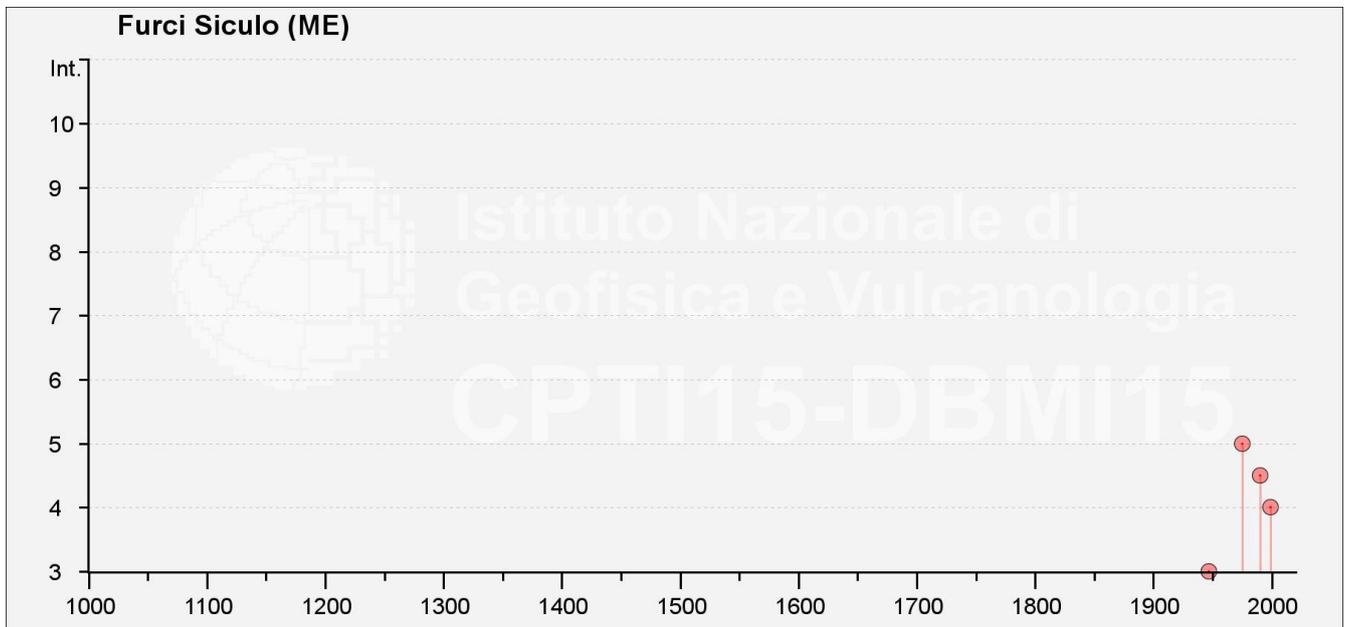


Figura 22– Grafico illustrante la storia sismica di Furci Siculo. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Gallodoro

[37.902, 15.294]

Numero eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7		1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
8		1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
3		1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
5-6		1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF		1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
4		1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF		2001 01 09 02 51 58.31	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73
NF		2001 05 17 11 43 57.90	Tirreno meridionale	206	4	4.97

Tabella 33 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Gallodoro (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

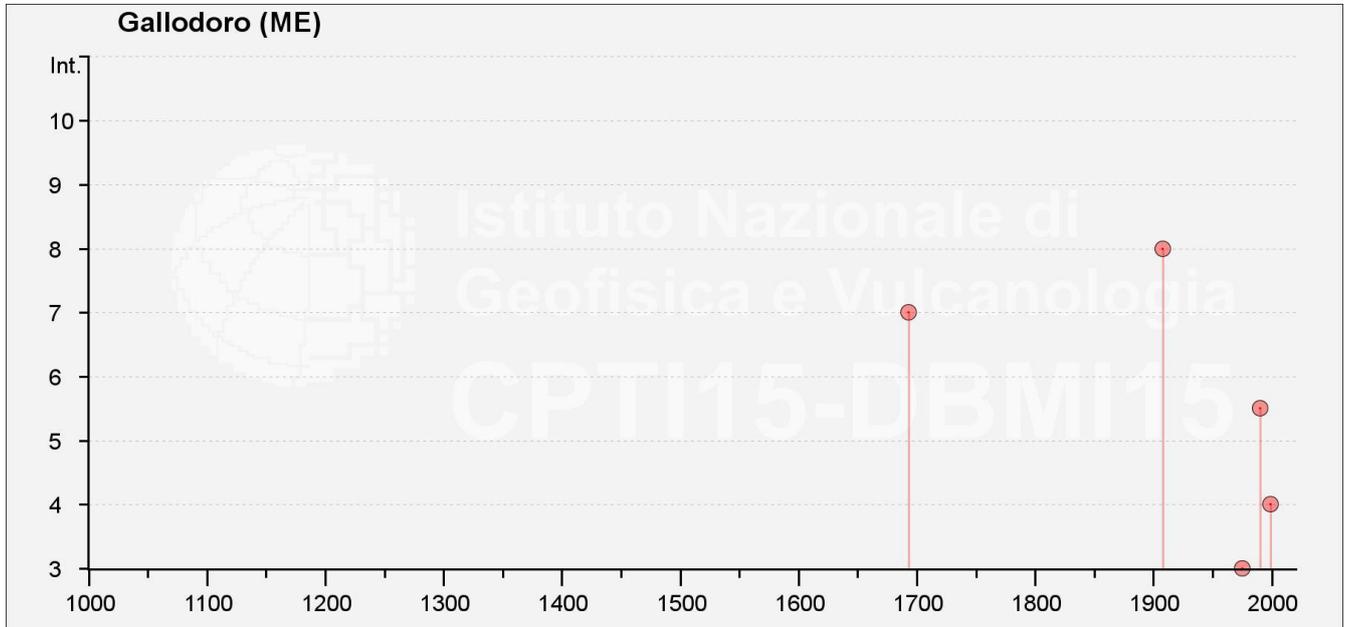


Figura 23– Grafico illustrante la storia sismica di Gallodoro. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Itala

[38.050, 15.437]

Numero eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1898 08 12	Sicilia nord-orientale	69	6-7	4.82
NF	1906 03 22 19 40	Novara di Sicilia	8	5	4.16
7	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
7	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
5-6	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
3-4	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42

Tabella 34 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Itala (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

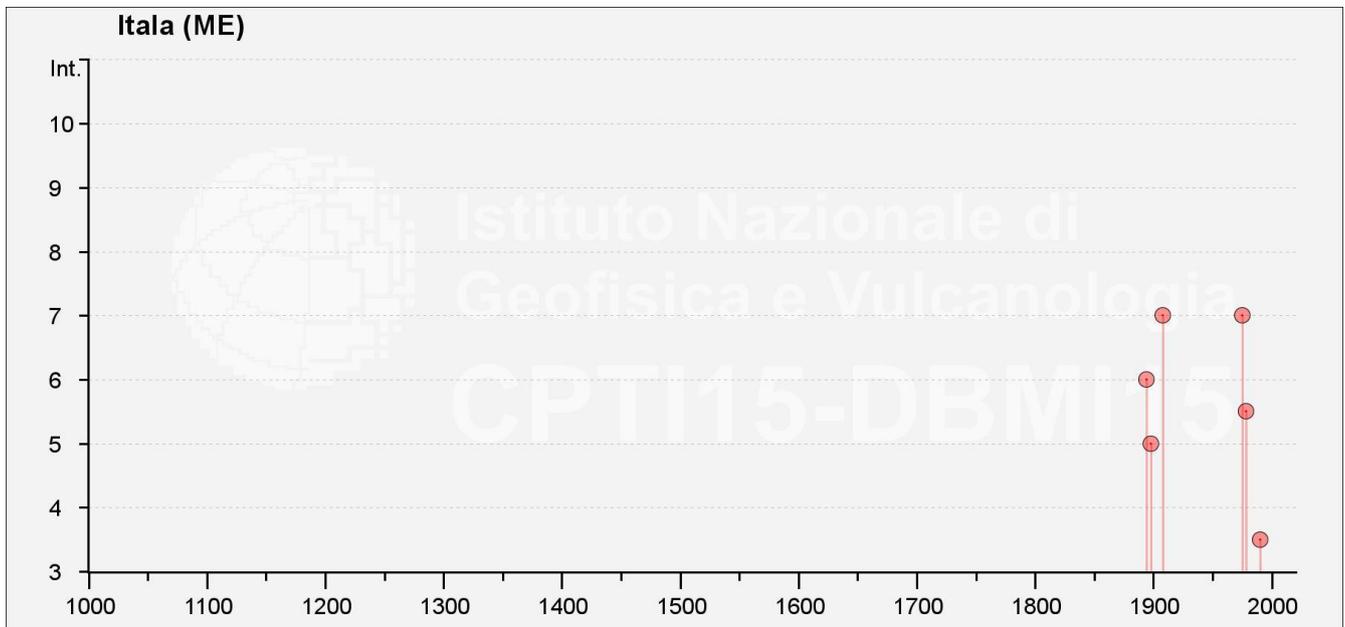


Figura 24– Grafico illustrante la storia sismica di Itala. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Letojanni

[37.880, 15.306]

Numero eventi: 13

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7-8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
4-5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
4	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
5-6	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	2000 11 05 17 26 27.04	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85
4	2001 01 09 02 51 58.31	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73
NF	2001 04 22 13 56 34.32	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
NF	2001 10 28 09 03 58.52	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	67	6	3.3
2-3	2002 04 05 04 52 20.52	Isole Eolie	21	5-6	4.49
NF	2002 09 06 01 21 27.25	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 35 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Letojanni (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

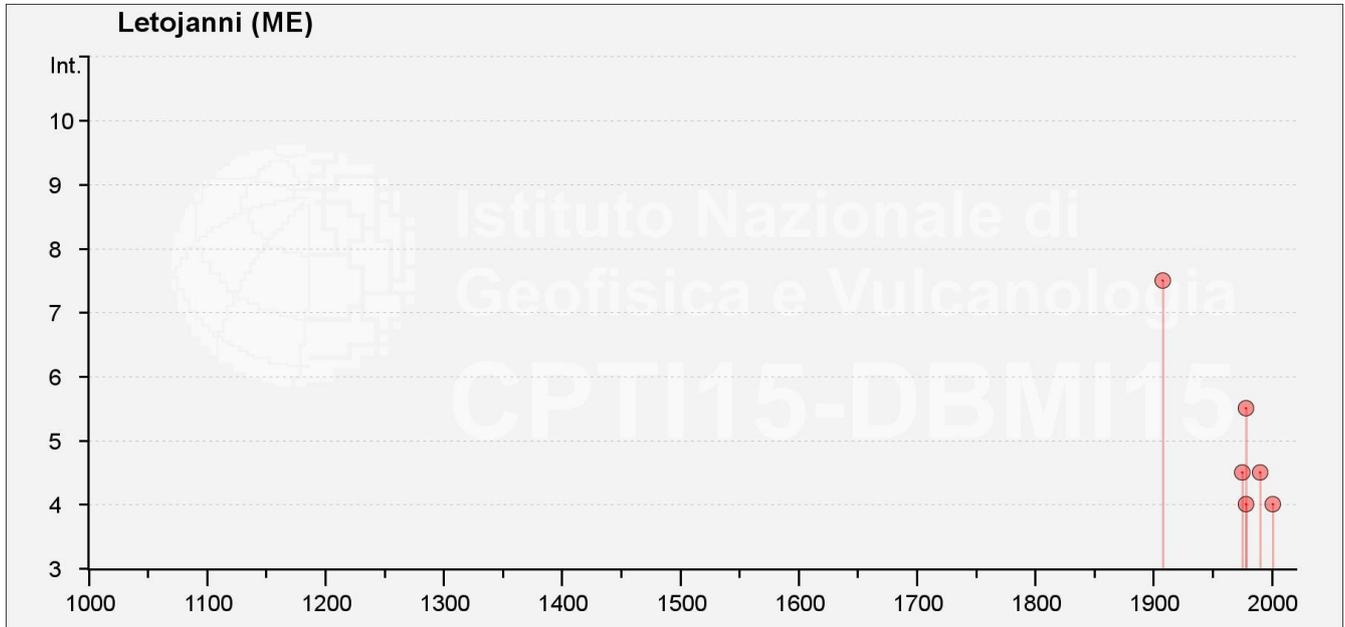


Figura 25– Grafico illustrante la storia sismica di Letojanni. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Messina

[38.185, 15.555]

Numero eventi: 175

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
	7	1169 02 04 07	Sicilia sud-orientale	8	10	6.5
	8	1172 09 26 13 40	Messina	1	8	5.56
	6-7	1255 11 17 10	Messina	1	6-7	4.86
	6-7	1429 11 10 16 20	Messina	1	6-7	4.86
	5	1448	Messina	1	5	4.16
	7-8	1494 05 29 02 15	Messina	1	7-8	5.33
	7-8	1499 11 09	Messina	1	7-8	5.33
	7	1509 02 25 22 20	Stretto di Messina	4	8	5.56
	5	1513 08 25	Messina	1	5	4.16
	5	1542 12 10 15 15	Sicilia sud-orientale	32	10	6.68
	5	1549 04	Messina	1	5	4.16
	3-4	1566 11 30	Etna - Versante settentrionale	2	6-7	3.47
	7	1599 08	Stretto di Messina	2	7	5.1
	5	1601	Messina	1	5	4.16
	F	1609 07 20	Calabria centrale	5	8-9	5.8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io
6	1613 08 25 05	Monti Nebrodi	2	8	5.56
6-7	1635 08 12	Messina	3	5-6	4.4
7	1638 03 27 15 05	Calabria centrale	213	11	7.09
6-7	1649 01	Stretto di Messina	2	5-6	4.4
5	1659 11 05 22 15	Calabria centrale	126	10	6.57
5	1693 01 09 21	Sicilia sud-orientale	30	8-9	6.07
8	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6	1693 04 01 07 50	Ionio meridionale	4	6	4.63
3	1694 05 16	Sicilia orientale	7	5-6	4.4
3	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
5-6	1706 03 19	Stretto di Messina	4	5-6	4.76
5	1711 02 21	Stretto di Messina	2	5	4.16
5	1711 03 14	Stretto di Messina	2	5	4.16
6	1715 03	Sicilia nord-orientale	2	6	4.63
5	1716 12 01	Catania	2	6	4.63
5	1717 04 22	Monti Peloritani	7	6-7	4.91
5-6	1717 06 15	Ionio meridionale	2		
5-6	1720 09 12	Calabria meridionale	2	5-6	4.4
NF	1726 09 01 21 55	Tirreno meridionale	8	7-8	5.48
3-4	1727 01 07	Val di Noto	14	6-7	4.64
F	1729 06 29 13	Golfo di Patti	4	6-7	4.86
5	1732 03 28	Monti Peloritani	3	5	4.16
4	1735 09 06	Vibonese	5	6	4.82
7	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
5	1743 12 07 07 45	Calabria centrale	27	8-9	5.88
8-9	1749 08	Messina	1	8-9	5.8
F	1770 06 08	Stretto di Messina	2	5-6	4.4
5	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9		
6-7	1780 03 28	Sicilia nord-orientale	10	7-8	5.52
7-8	1780 04 09	Stretto di Messina	3	6-7	4.86
8	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11	7.1
8-9	1783 02 06 00 20	Stretto di Messina	8		
6-7	1783 02 07 13 10	Calabria centrale	191	10-11	6.74
6	1783 03 01 01 40	Calabria centrale	18		
7-8	1783 03 28 18 55	Calabria centrale	323	11	7.03

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	1783 04 26 02 10	Sicilia nord-orientale	2	5-6	4.4
7-8	1785 03 17 03 33	Stretto di Messina	4	6-7	4.86
7	1786 03 10 14 10	Golfo di Patti	10	9	6.14
5	1787 09 20 04	Messina	1	5	4.16
4	1789 02 07	Calabria meridionale	3	7	5.1
5-6	1817 10 19 02 30	Messina	1	5-6	4.4
5	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
NF	1818 09 08 09 50	Monti Madonie	24	7-8	5.34
NF	1819 02 24 23 20	Monti Madonie	24	7-8	5.37
5-6	1823 03 05 16 37	Sicilia settentrionale	107	8	5.81
F	1830 07 13 15	Reggio di Calabria	3	5-6	4.4
4	1831 01 28	Milazzo	4	5-6	4.4
5	1839 08 27	Stretto di Messina	2	5	4.16
5	1841 01 03 22	Stretto di Messina	3	6-7	4.86
5	1841 08 15 02	Stretto di Messina	2	5	4.16
4-5	1848 01 11 12	Golfo di Catania	41	7-8	5.51
6	1851 04 11 06	Stretto di Messina	2	5	4.16
3	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10	6.34
3	1869 11 28	Vibonese	21	5-6	4.6
2-3	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10	6.24
4-5	1876 09 12 23 08	Reggio di Calabria	5	5	4.16
3	1884 01 10 20 35	Etna - Versante settentrionale	14	6	3.19
F	1884 05 04 20 13	Calabria centrale	8	4	4.29
2-3	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
4-5	1889 10 05 13 52	Calabria meridionale	10	5	4.53
3	1892 01 22 23 47	Monti Iblei	26	5	4.41
3	1892 03 16 12 38	Alicudi	28	7	5.24
3	1893 04 22 03 20	Monti Nebrodi	33	6-7	4.83
3	1894 02 20	Monti Peloritani ?	16	5	4.33
7	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
3	1894 12 27	Filicudi	12	6	4.99
5	1895 03 09 22 04	Tirreno meridionale	7	5	4.67
5	1895 07 26 17 44	Calabria meridionale	14	5	4.32
4-5	1895 11 18 16 32	Oppido Mamertina	17	5	4.61
4-5	1896 04 01 07 18 34.00	Calabria meridionale	11	5	4.27

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
F		1896 09 17 14 51	Calabria meridionale	11	5	4.38
5		1897 02 11 23 33 07.00	Ionio meridionale	96	5	5.03
5		1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
6-7		1898 08 12	Sicilia nord-orientale	69	6-7	4.82
2-3		1898 09 17 14 26	Monforte San Giorgio	9	5-6	4.01
3		1898 11 03 05 59	Calatino	48	5-6	4.51
4-5		1901 12 13 00 10 22.00	Calabria	46	5	4.81
NF		1903 07 13 08 19	Calatino	46	5	4.14
7		1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
5		1907 10 23 20 28 19.00	Aspromonte	274	8-9	5.96
3		1908 11 05 16 50	Calabria meridionale	24	6	4.58
3		1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	64	7	5.11
10-11		1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
7-8		1909 01 23 18 28	Stretto di Messina	21	7	5.15
8		1909 07 01 06 24	Stretto di Messina	35	8	5.49
3		1909 11 20 12 51	Stretto di Messina	2	3-4	3.46
3-4		1909 11 20 20 50	Stretto di Messina	2	4	3.7
2		1910 03 31 18 38	Catanzarese	3	4-5	3.93
3		1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
3		1910 06 13 23 43	Calabria meridionale	14	5	4.36
6		1910 11 18 02 42	Tirreno meridionale	4	5	4.16
2		1910 12 12 06 07	Calabria centrale	5	4	3.7
5		1911 03 11 03 29	Calabria meridionale	8	5	4.42
5-6		1912 12 22 08 05	Stretto di Messina	56	5-6	4.68
3-4		1913 06 28 08 53 02.00	Calabria settentrionale	151	8	5.64
NF		1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
NF		1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
NF		1915 01 18 23 30	Cosentino	15	6-7	4.97
5		1915 09 11 08 25	Stretto di Messina	3	5	4.16
F		1916 07 03 23 21	Isola di Stromboli	18	5-6	4.66
5-6		1919 03 18 14 17	Messina	2	5	4.16
4		1921 06 19 12 52 40.00	Calabria meridionale	13	5	4.43
5-6		1923 08 16 12 50	Stretto di Messina	4	4-5	3.93
3		1926 08 17 01 42	Isole Eolie	35	7-8	5.28
6-7		1928 03 07 10 55	Calabria centro-meridionale	30	7-8	5.87

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io
4-5	1929 02 22 08 17	Stretto di Messina	2	4	3.7
3	1930 03 26 10 52	Tirreno meridionale	11	6-7	4.92
2	1930 10 09 04 33 40.00	Ionio settentrionale	10	5	4.78
5	1932 05 22 17 01	Sicilia nord-orientale	11	4	4.99
3	1934 09 11 01 19	Sicilia centro-settentrionale	28	5-6	4.84
2-3	1936 04 07 05 41	Calabria centrale	17	5-6	4.72
4	1936 10 08 08 04	Patti	16	5-6	4.61
4	1939 01 27 20 10 13.00	Isole Eolie	33	7	5.1
2	1940 01 15 13 19 24.00	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
NF	1941 05 22 06 16	Isola di Stromboli	7	7-8	5.33
6	1946 03 15 07 02	Stretto di Messina	2	5	4.16
3-4	1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale	254	8	5.7
4	1947 10 17	Messina	4	4	3.7
NF	1949 10 08 03 08	Sicilia sud-orientale	32	7	5.1
4	1950 04 10 03 55	Stretto di Messina	2	4-5	3.93
5	1950 07 18 23 52 41.00	Sicilia nord-orientale	27	5-6	4.71
5	1950 12 09 14 45 38.00	Stretto di Messina	6	5-6	4.4
4-5	1953 02 25 00 07 46.00	Vibonese	56	5-6	4.88
4	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7	5.11
5	1961 03 24 10 36	Calabria meridionale	59	5-6	4.62
3	1963 06 13 08 37 40.00	Isole Eolie	9	6	4.67
3	1967 08 15 07 06 30.30	Tirreno meridionale	7		4.57
4	1967 10 31 21 08 07.00	Monti Nebrodi	60	8	5.33
NF	1967 12 09 03 09 56.00	Adriatico centrale	22		4.36
2-3	1968 01 15 02 01 09.00	Valle del Belice	162	10	6.41
3	1968 05 19 09 37 32.00	Tirreno meridionale	11		4.9
2	1970 08 16 10 45 22.10	Ionio meridionale	5		4.36
4	1971 02 19 18 50 21.00	Monti Peloritani	17	5	4.54
6	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF	1976 09 17 01 23 55.00	Monti Nebrodi	40	5-6	4.55
2	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4	1977 08 15 21 10 32.51	Calabria centrale	37		5.21
5	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
6	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
F	1979 01 16 19 27 10.13	Golfo di Patti	11	5	4.35

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	1980 02 20 02 34 01.00	Cosentino	34	6-7	4.42
4-5	1980 05 28 19 51 20.04	Tirreno meridionale	44	5-6	5.66
3-4	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1980 12 09 05 50 11.00	Golfo di Sant'Eufemia	15	6-7	4.67
5	1985 05 14 05 44 36.14	Stretto di Messina	3	4-5	3.84
3-4	1987 02 02 16 08 44.20	Sicilia centro-orientale	22		4.44
4	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1995 07 23 18 44 22.95	Isole Eolie	58	6	4.63
2	1998 02 08 01 12 35.63	Aspromonte	39	5	3.91
4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
3-4	2000 03 17 03 52 44.05	Calabria meridionale	52	5	4.05
2	2001 05 17 11 43 57.90	Tirreno meridionale	206	4	4.97
3-4	2002 04 05 04 52 20.52	Isole Eolie	21	5-6	4.49
4	2002 09 06 01 21 27.25	Tirreno meridionale	132	6	5.92
3	2002 10 29 10 02 20.12	Etna - Bongiaro (S. Venerina)	38	8	4.75
4	2006 02 27 04 34 01.83	Monti Peloritani	55	5	4.38
NF	2009 12 19 09 01 14.58	Etna - Maletto	64	6	4.39
3	2011 06 23 22 02 46.71	Monti Nebrodi	54	5-6	4.7
3	2013 01 04 07 50 06.00	Monti Nebrodi	38	5	4.37
3	2013 08 15 23 06 51.20	Monti Peloritani	49	5-6	4.38

Tabella 36 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Messina (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

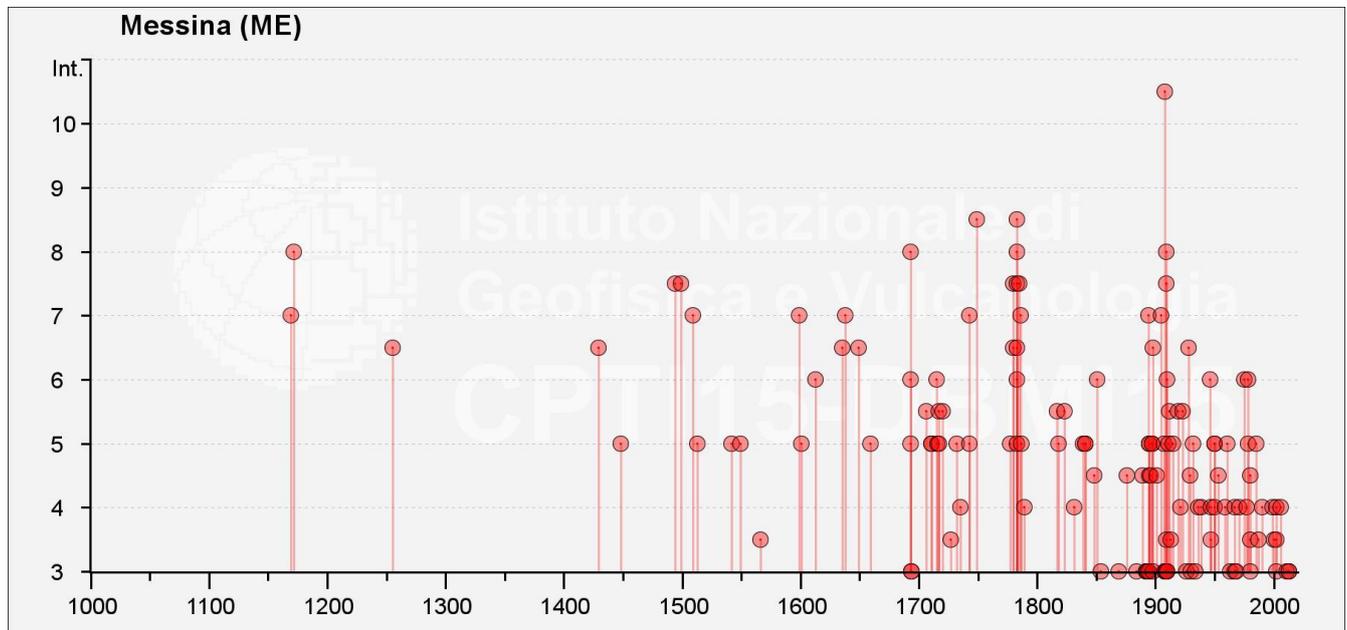


Figura 26– Grafico illustrante la storia sismica di Messina. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Nizza di Sicilia

[37.989, 15.410]

Numero eventi: 12

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
3-4	1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	64	7	5.11
7-8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
6	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
4	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
6	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
2	1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
NF	2001 05 17 11 43 57.90	Tirreno meridionale	206	4	4.97
3	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 37 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Nizza di Sicilia (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

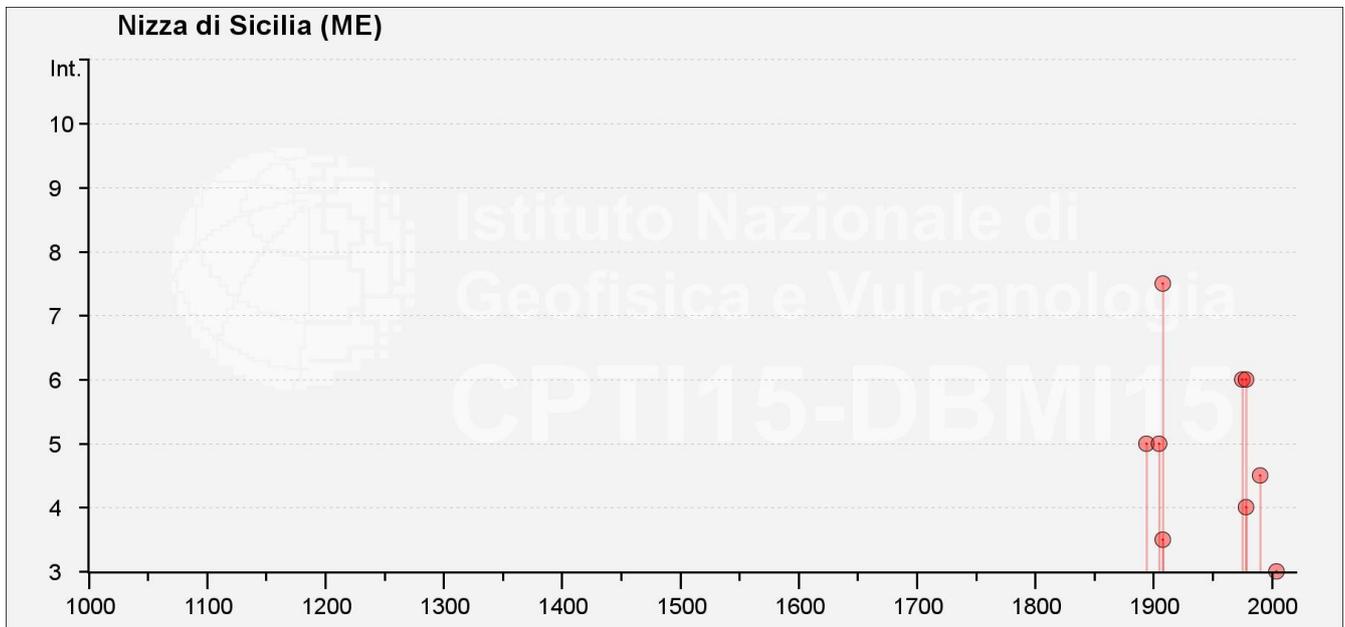


Figura 27– Grafico illustrante la storia sismica di Nizza di Sicilia. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Pagliara

[37.985, 15.360]

Numero eventi: 7

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
4-5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1990 12 16 13 50 28.68	Ionio meridionale	105		4.38
NF	1994 01 05 13 24 11.37	Tirreno meridionale	148		5.82
3-4	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 38 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Pagliara (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

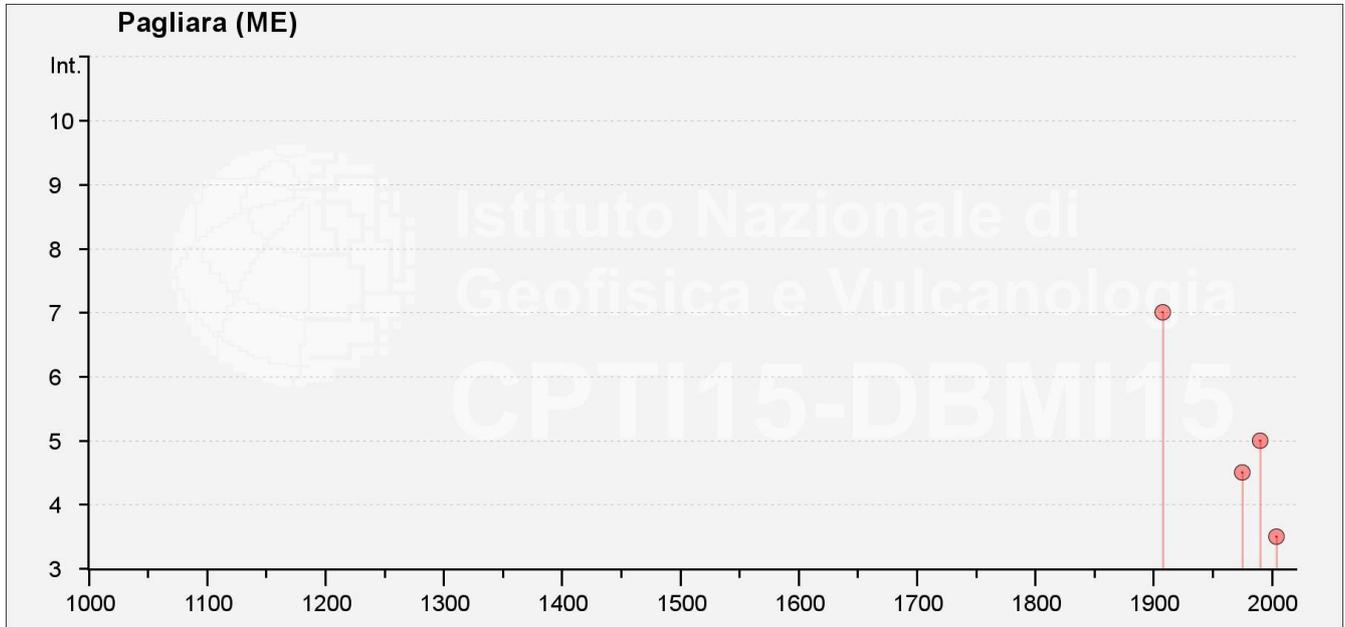


Figura 28– Grafico illustrante la storia sismica di Pagliara. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Roccalumena

[37.974, 15.395]

Numero eventi: 15

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7-8	1780 03 28	Sicilia nord-orientale	10	7-8	5.52
6-7	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
7-8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
NF	1968 05 19 09 37 32.00	Tirreno meridionale	11		4.9
5-6	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
5	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
5	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
4	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
3	1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
2	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56
NF	2009 12 19 09 01 14.58	Etna - Maletto	64	6	4.39

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	2013 01 04 07 50 06.00	Monti Nebrodi	38	5	4.37
4	2013 08 15 23 06 51.20	Monti Peloritani	49	5-6	4.38

Tabella 39 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Roccalumena (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

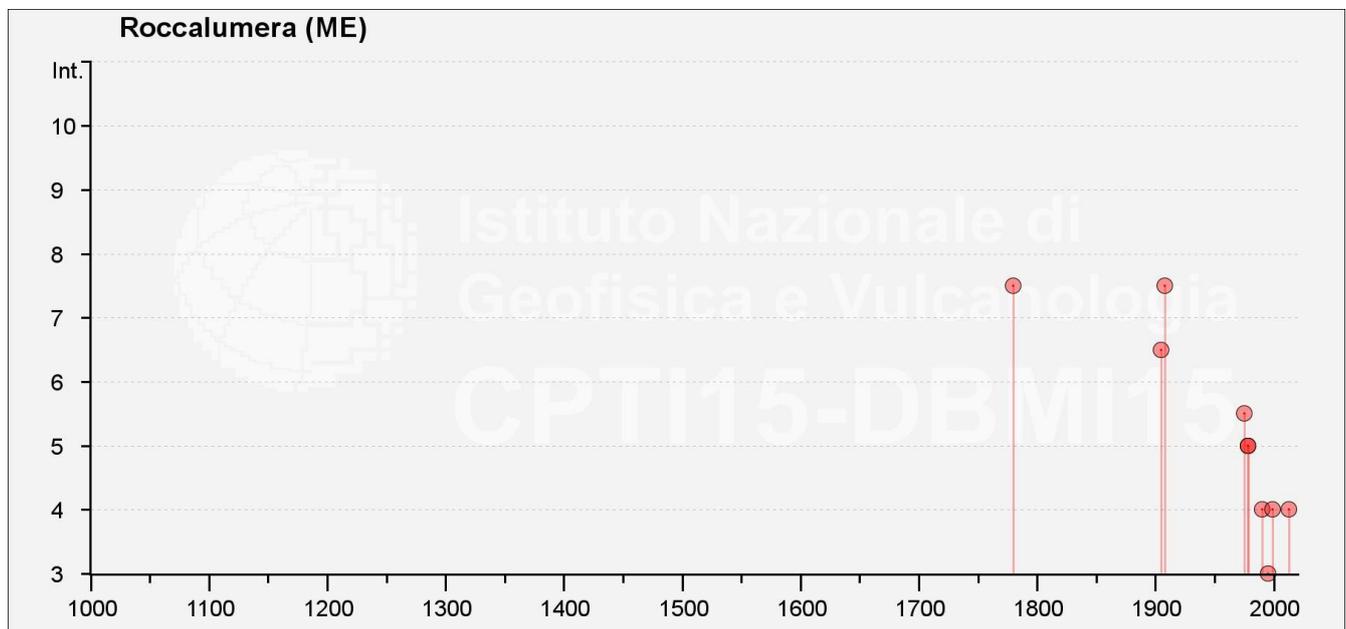


Figura 29– Grafico illustrante la storia sismica di Roccalumera. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Santa Teresa di Riva

[37.945, 15.367]

Numero eventi: 14

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4	1894 02 20	Monti Peloritani ?	16	5	4.33
6	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
4-5	1907 10 23 20 28 19.00	Aspromonte	274	8-9	5.96
NF	1910 06 13 23 43	Calabria meridionale	14	5	4.36
5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4-5	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
5	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
4	2006 02 27 04 34 01.83	Monti Peloritani	55	5	4.38
4	2010 08 16 12 54 47.89	Isole Eolie	29	5-6	4.68

Tabella 40 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Santa Teresa Riva (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

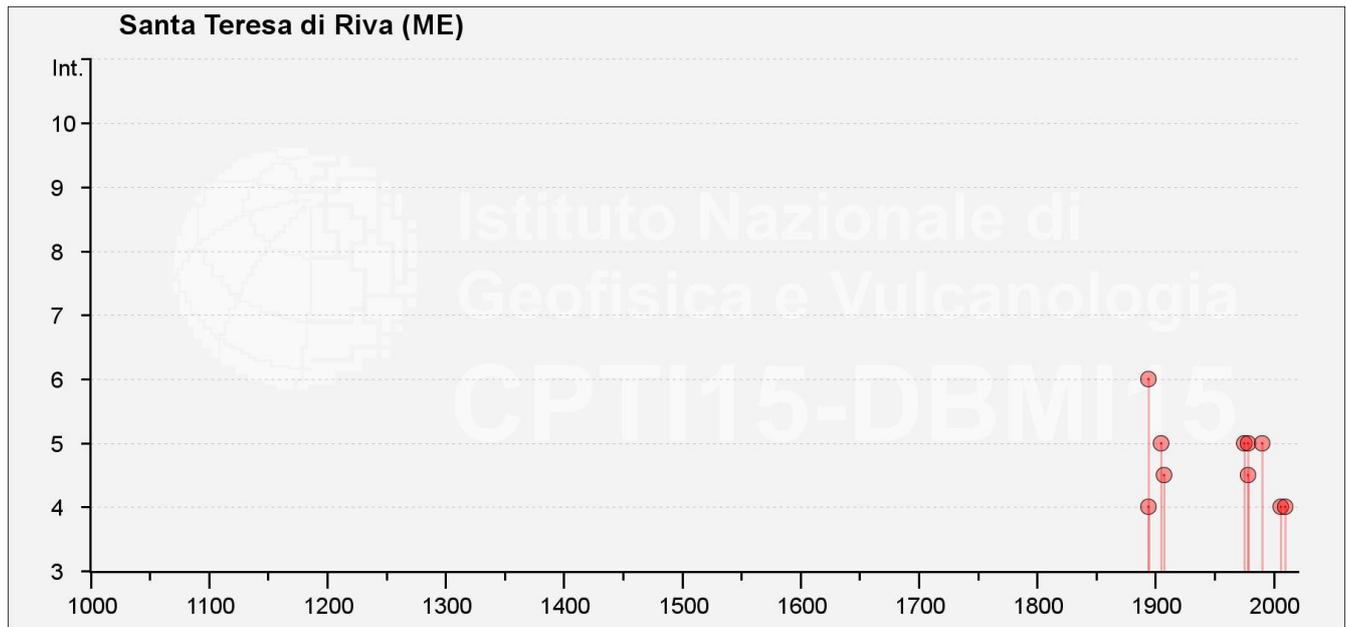


Figura 30 – Grafico illustrante la storia sismica di Santa Teresa di Riva. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Sant'Alessio Siculo

[37.924, 15.349]

Numero eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
3-4	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
3-4	1990 12 16 13 50 28.68	Ionio meridionale	105		4.38

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF	2001 04 22 13 56 34.32	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
3	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 41 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Sant'Alessio Siculo (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

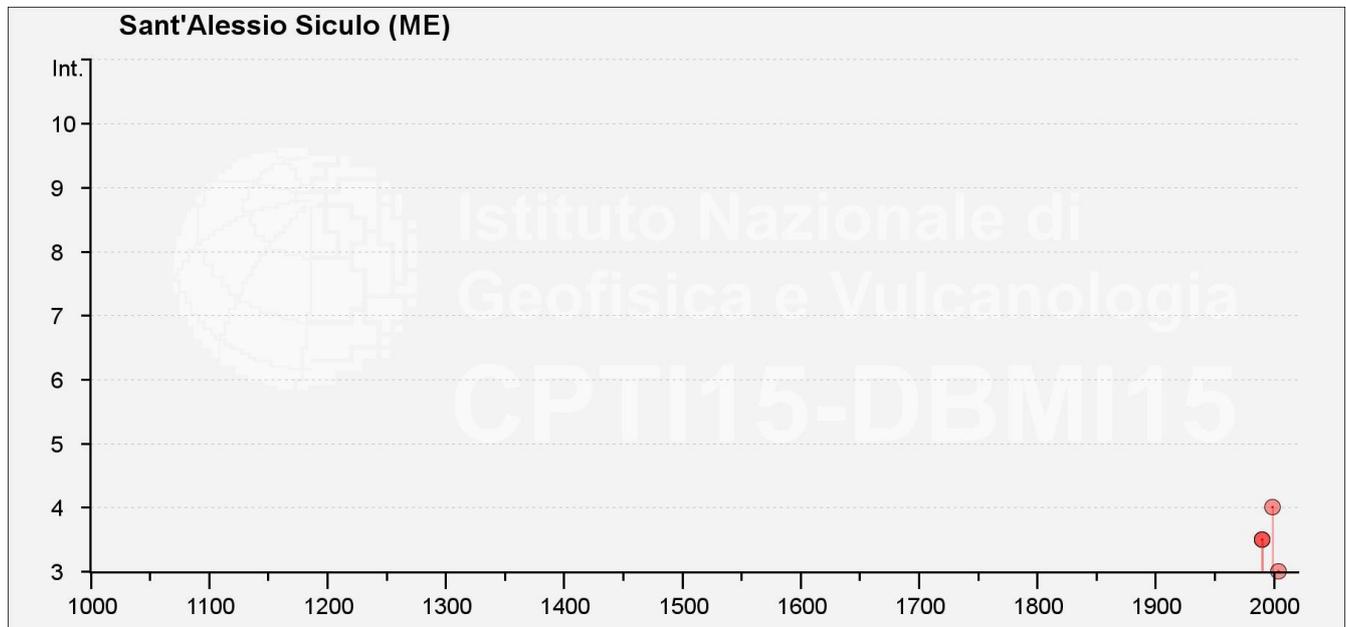


Figura 31– Grafico illustrante la storia sismica di Sant'Alessio Siculo. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Savoca

[37.924, 15.349]

Numero eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
7-8	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
6	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
4-5	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale	255		4.56

Tabella 42 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Savoca (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

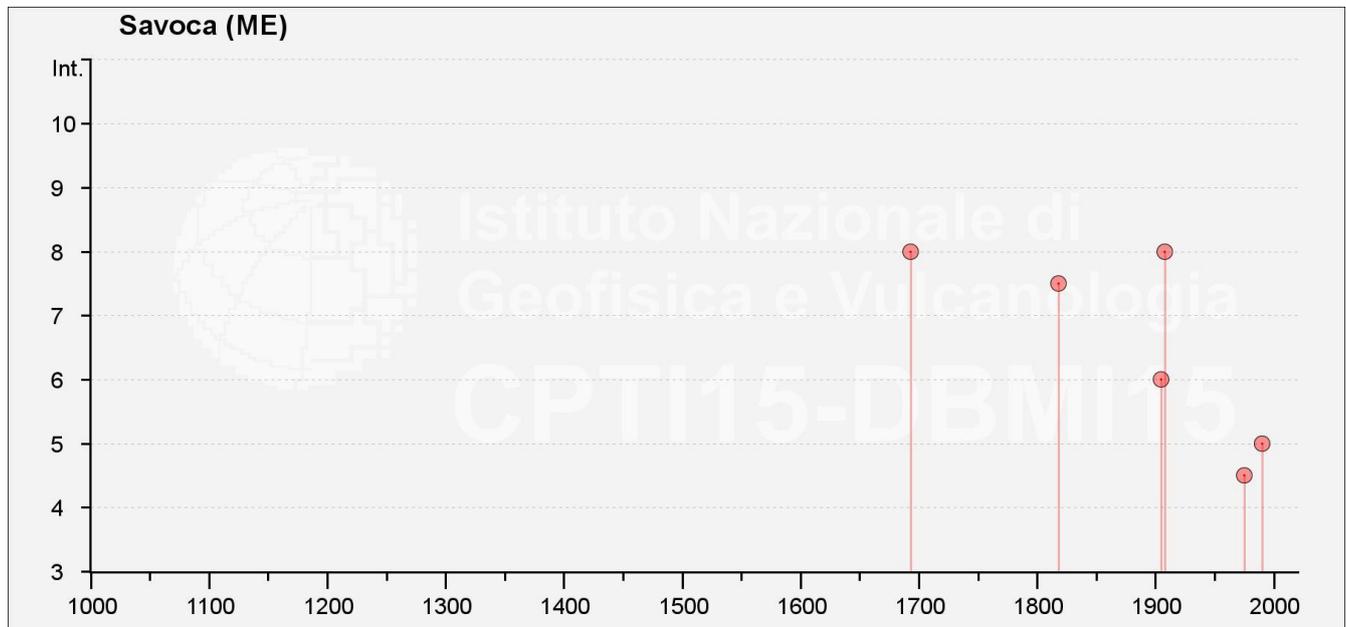


Figura 32– Grafico illustrante la storia sismica di Savoca. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Scaletta Zanclea

[38.042, 15.460]

Numero eventi: 10

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1907 10 23 20 28 19.00	Aspromonte	274	8-9	5.96
8	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
5-6	1950 12 09 14 45 38.00	Stretto di Messina	6	5-6	4.4
5	1961 03 24 10 36	Calabria meridionale	59	5-6	4.62
7	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
5	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
3	1995 08 27 19 42 13.49	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie	641		5.42

Tabella 43 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Scaletta Zanclea (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

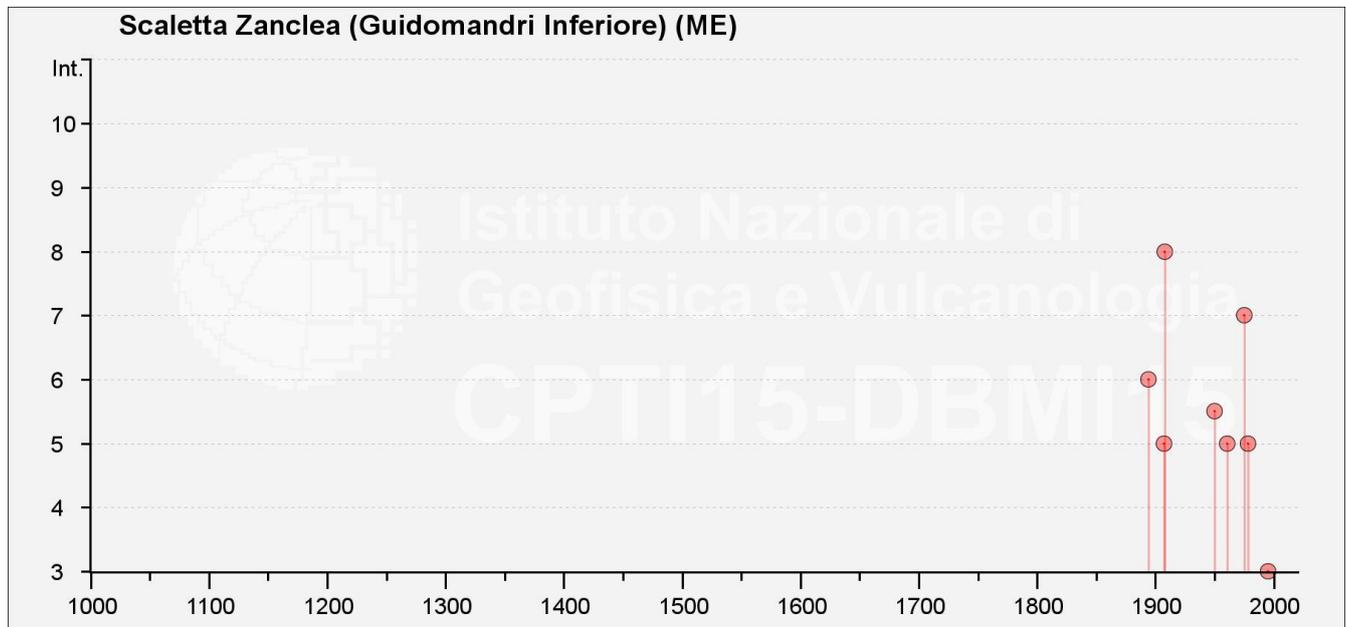


Figura 33– Grafico illustrante la storia sismica di Scaletta Zanclea. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Taormina

[37.852, 15.286]

Numero eventi: 36

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
7-8	1780 03 28	Sicilia nord-orientale	10	7-8	5.52
7-8	1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
4	1823 03 05 16 37	Sicilia settentrionale	107	8	5.81
4	1893 04 22 03 20	Monti Nebrodi	33	6-7	4.83

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	1897 02 11 23 33 07.00	Ionio meridionale	96	5	5.03
NF	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
2	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
4	1907 10 23 20 28 19.00	Aspromonte	274	8-9	5.96
NF	1907 12 07 21 28	Etna - Fiandaca (Acireale)	24	7-8	4.03
3-4	1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	64	7	5.11
6-7	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
NF	1911 10 15 08 52	Etna - Fondo Macchia (Giarre)	48	8-9	4.59
3	1912 12 22 08 05	Stretto di Messina	56	5-6	4.68
3	1914 05 08 18 01	Etna - Linera (S. Venerina)	82	9-10	5.15
4	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7	5.11
4	1961 03 24 10 36	Calabria meridionale	59	5-6	4.62
3	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4	1978 03 11 19 20 48.41	Aspromonte	126	8	5.22
NF	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	330	8	6.03
NF	1983 07 20 22 03 30.04	Etna - Viagrande	106	7-8	4.3
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1991 12 15 20 00 50.00	Etna - Versante meridionale	38	5-6	4.3
4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF	2000 11 05 17 26 27.04	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85
NF	2001 01 09 02 51 58.31	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73
NF	2001 04 22 13 56 34.32	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
NF	2001 05 17 11 43 57.90	Tirreno meridionale	206	4	4.97
NF	2001 10 28 09 03 58.52	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	67	6	3.3
4	2002 09 06 01 21 27.25	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2002 09 22 16 01 50.22	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)	35	6	3.85
NF	2005 10 31 00 02 41.21	Etna - Trecastagni	32	6-7	3.8
NF	2006 02 27 04 34 01.83	Monti Peloritani	55	5	4.38
3-4	2009 12 19 09 01 14.58	Etna - Maletto	64	6	4.39
3	2010 04 02 20 04 44.28	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	25	6-7	4.19

Tabella 44 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Taormina (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

fu enorme: durante il sisma perirono più di 12000 persone, pari al 63% della popolazione allora residente. Un'intensa attività dell'Etna accompagnò il periodo sismico; in vaste aree si aprirono fratture nel terreno da cui esalavano gas sulfurei e fuoriuscivano fango ed acqua calda. In tutta l'area colpita dal terremoto scomparvero molte sorgenti; altre comparvero o variarono portata, salinità e colorazione delle acque. Effetti di maremoto in occasione della seconda scossa furono segnalati in molte località costiere della Sicilia orientale.

- Terremoto del 20 febbraio 1818: il sisma del 20 febbraio 1818 ebbe il suo epicentro a Nord di Catania. Distrusse numerosi villaggi sul versante orientale dell'Etna, causando danni su una vasta area compresa tra Catania e la Sicilia settentrionale e fu avvertito a Malta e in Calabria. Le vittime furono 72 e i feriti circa 100. A Catania l'intensità calcolata fu pari al VII grado MCS, danneggiando più di 1700 abitazioni; di queste, oltre il 35% dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata completamente ricostruita dopo il sisma del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista della conservazione del patrimonio edilizio. Numerose fenditure si aprirono nel terreno in tutta l'area in cui si registrarono i massimi effetti; anche a Catania si aprirono profonde spaccature nel suolo. Effetti di maremoto si verificarono a Messina, dove il mare invase le strade cittadine.
- Terremoto del 28 dicembre 1908: questo sisma, noto anche come terremoto calabro-siculo del 1908, è considerato uno degli eventi più catastrofici del XX secolo. Si verificò alle ore 05:21 del 28 dicembre 1908 e in 37 secondi danneggiò gravemente le città di Messina e Reggio Calabria. Il sisma interruppe tutte le vie di comunicazione (strade, ferrovie per Palermo e Siracusa, tranvie per Giampilieri e Barcellona, telegrafo, telefono) e danneggiò cavi elettrici e tubazioni del gas, provocando numerosi incendi. L'evento devastò particolarmente Messina, causandovi il crollo del 90% degli edifici. Ai danni provocati dalle scosse sismiche e dagli incendi si aggiunsero quelli dovuti a un maremoto di impressionante violenza, che si riversò sulle zone costiere di tutto lo Stretto di Messina con ondate devastanti stimate tra i 6 m e i 12 m di altezza. Il maremoto provocò molte vittime, soprattutto fra i sopravvissuti che si erano ammassati sulla riva del mare alla ricerca di protezione. Nel suo ritirarsi la marea risucchiò barche, cadaveri e feriti, mentre il villaggio del Faro a pochi chilometri da Messina andò quasi integralmente distrutto. A Sant'Alessio si narra di una barca trasportata dalla drammatica ondata dalla sottostante spiaggia fino all'entro terra di Giampilieri. Nell'abitato di Locadi, oggi minuscola frazione di Pagliara, il vecchio borgo fu interamente interessato da crolli e lesioni, tanto che di colpo l'intera popolazione riparò nella spianata soprastante per poi riedificare *ex novo* il borgo più ad Ovest. Secondo alcune stime si raggiunse la cifra impressionante di 120.000 vittime, 80.000 in Sicilia e 40.000 in Calabria. Altissimo fu il numero dei feriti e catastrofici furono i danni materiali. Numerosissime scosse di assestamento si ripeterono nelle giornate successive e fin quasi alla fine di marzo 1909.

13.2 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i territori dei comuni di Alì Terme, Furci Siculo, Itala, Messina, Nizza di Sicilia, Pagliara, Roccalumera, Sant'Alessio Siculo, Santa Teresa di Riva, Savoca e Scaletta Zanclea ricadevano in **Zona sismica 1**, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici molto forti. Al contrario, i comuni di Forza d'Agrò, Gallodoro, Letojanni e Taormina ricadevano in **Zona sismica 2**, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

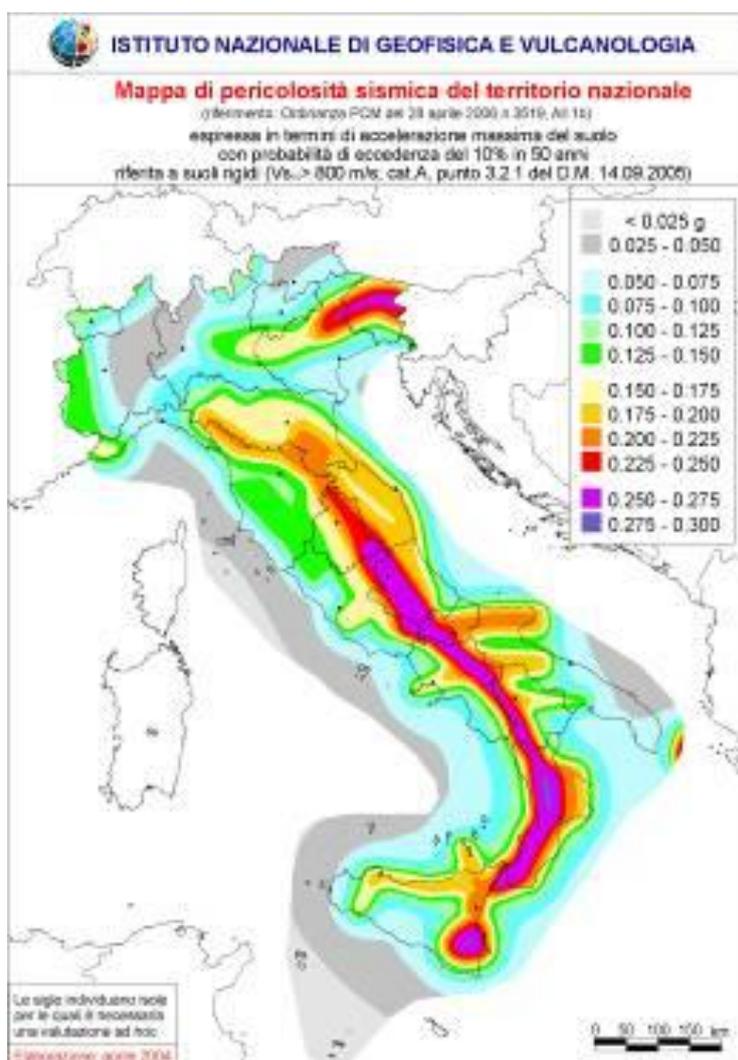


Figura 35 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, sovente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). In particolare, per la zona interessata dalla tratta ferroviaria progettuale, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.200-0.275 a_g (accelerazione massima del suolo).

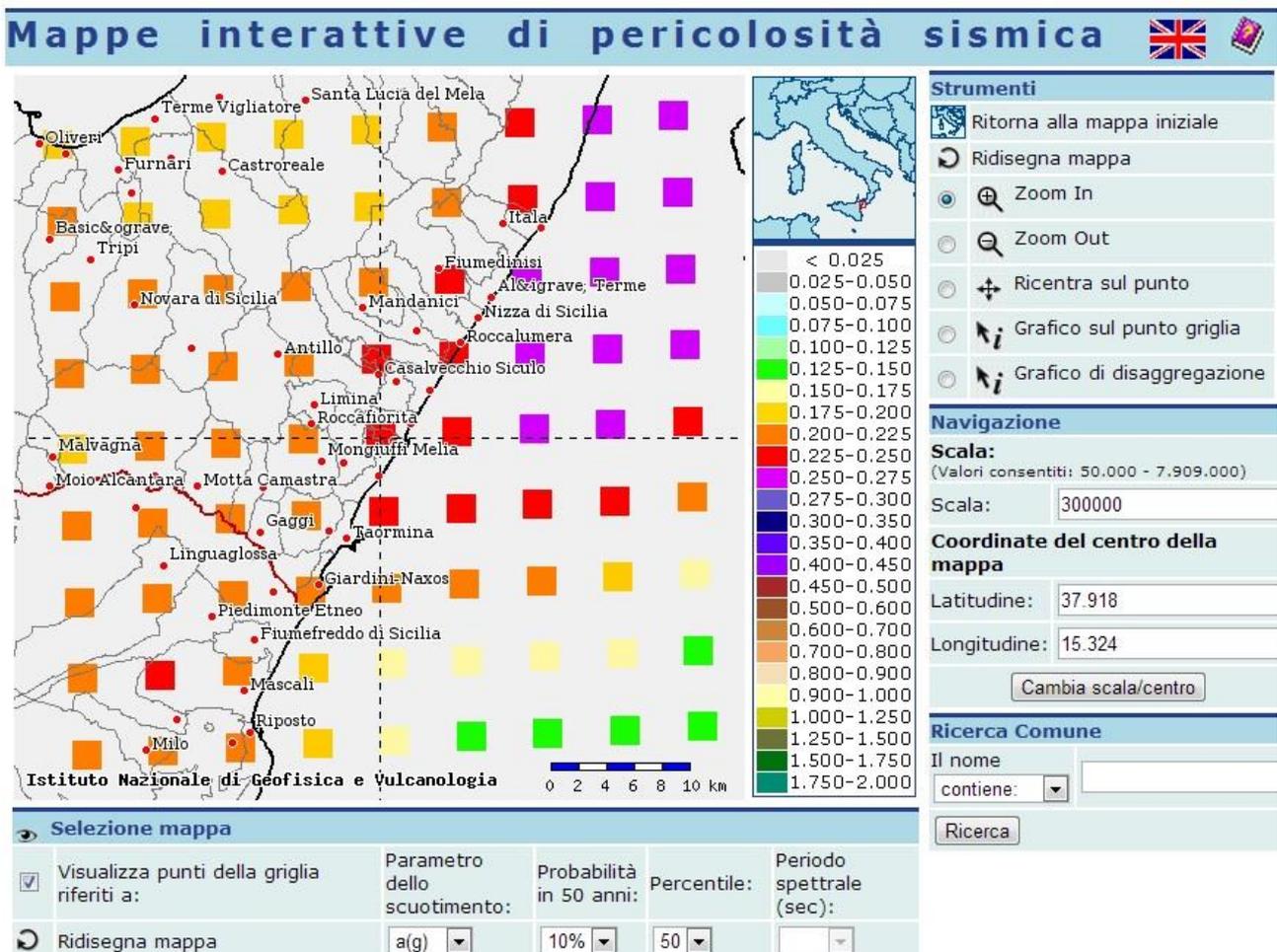


Figura 20 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Inoltre, il database del progetto *ITHACA (Italy Hazard from Capable faults)* mostra, nell'area progettuale, l'esistenza di alcune faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Nella zona centro-settentrionale dell'area di studio, il principale sistema di strutture recenti e attive è composto da numerose faglie normali, facenti parte del Rift Siculo-Calabro e riferibili ai Sistemi Messina-Fiumefreddo e Messina-Etna (Ghisetti

& Vezzani 1982; Lentini et al. 1995; Monaco & Tortorici 2000; Catalano et al. 2009). Nel settore meridionale dell'area di interesse, all'interno del Lotto 1, sono invece presenti due ulteriori gruppi di faglie normali attribuite ai Sistemi della Pernicana e di Fiumefreddo (Monaco et al. 1995; Azzaro et al. 1998; Barbagallo 2006).

In particolare, la Faglia di Fiumefreddo interseca direttamente la parte meridionale del tracciato di progetto, determinando un elevato stato di pericolosità sismica per l'area. Tale elemento, riferibile al Sistema di Fiumefreddo, presenta spostamenti obliquo-destri di *creep* asismico, con deformazioni a lungo termine inferiori a 1 mm/anno, ed è caratterizzato da numerose evidenze di fagliazione superficiale (Monaco et al. 1995; Barbagallo 2006). In generale, non si segnalano terremoti associabili al presente elemento strutturale che risulta, pertanto, chiaramente non sismico (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006).

La Faglia di Fiumefreddo, partendo dalla sua estremità più occidentale, assume prima un andamento NE-SW e quindi procede in direzione circa E-W con una scarpata di altezza variabile che raggiunge un massimo di circa 10 m (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006). Oltre al piano di taglio principale, sono presenti due *splays* divergenti che si sviluppano per qualche centinaio di metri sul bordo rialzato della faglia, in direzione circa NE-SW (Barbagallo 2006). In generale, il rigetto del piano principale diminuisce progressivamente dopo l'intersezione con ognuna delle due *splays*, a dimostrazione di un probabile trasferimento della deformazione alle strutture secondarie (Barbagallo & Barbagallo 2005; Barbagallo 2006).

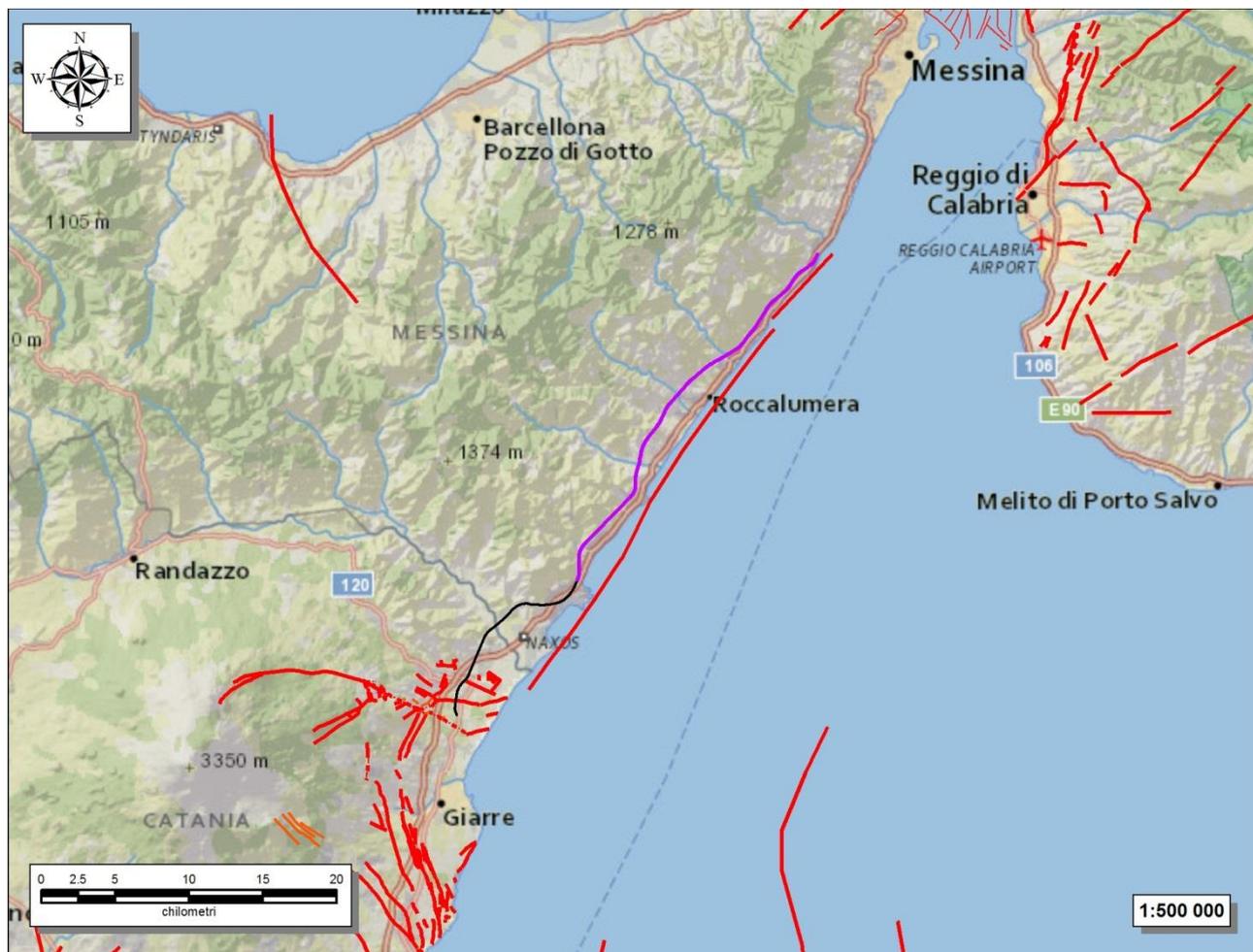


Figura 21 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione schematica del lotto in questione (in magenta), del lotto 1 (in nero) e delle faglie capaci (in rosso)
(<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

Sempre nei settori meridionali al di fuori dell'area di intervento del lotto in esame, è presente un sistema di faglie dirette del Gruppo di Serra San Biagio e verso Sud-Ovest è presente un sistema di faglie normali del Gruppo di Piedimonte. Inoltre tutta la tratta in esame ricade nelle vicinanze delle faglie distensive del Gruppo di Messina-Giardini, noto anche col nome di Faglie di Taormina e situato in mare a poche centinaia di metri dalla costa ionica. Infine, ad una distanza di circa 20 km dalla linea di costa in direzione SE, è presente un'ulteriore faglia capace di tipo distensivo riferibile dal sistema di strutture della Scarpata Maltese (Carbone et al. 1982; Bianca et al. 1999; Catalano et al. 2009).

13.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico.

Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

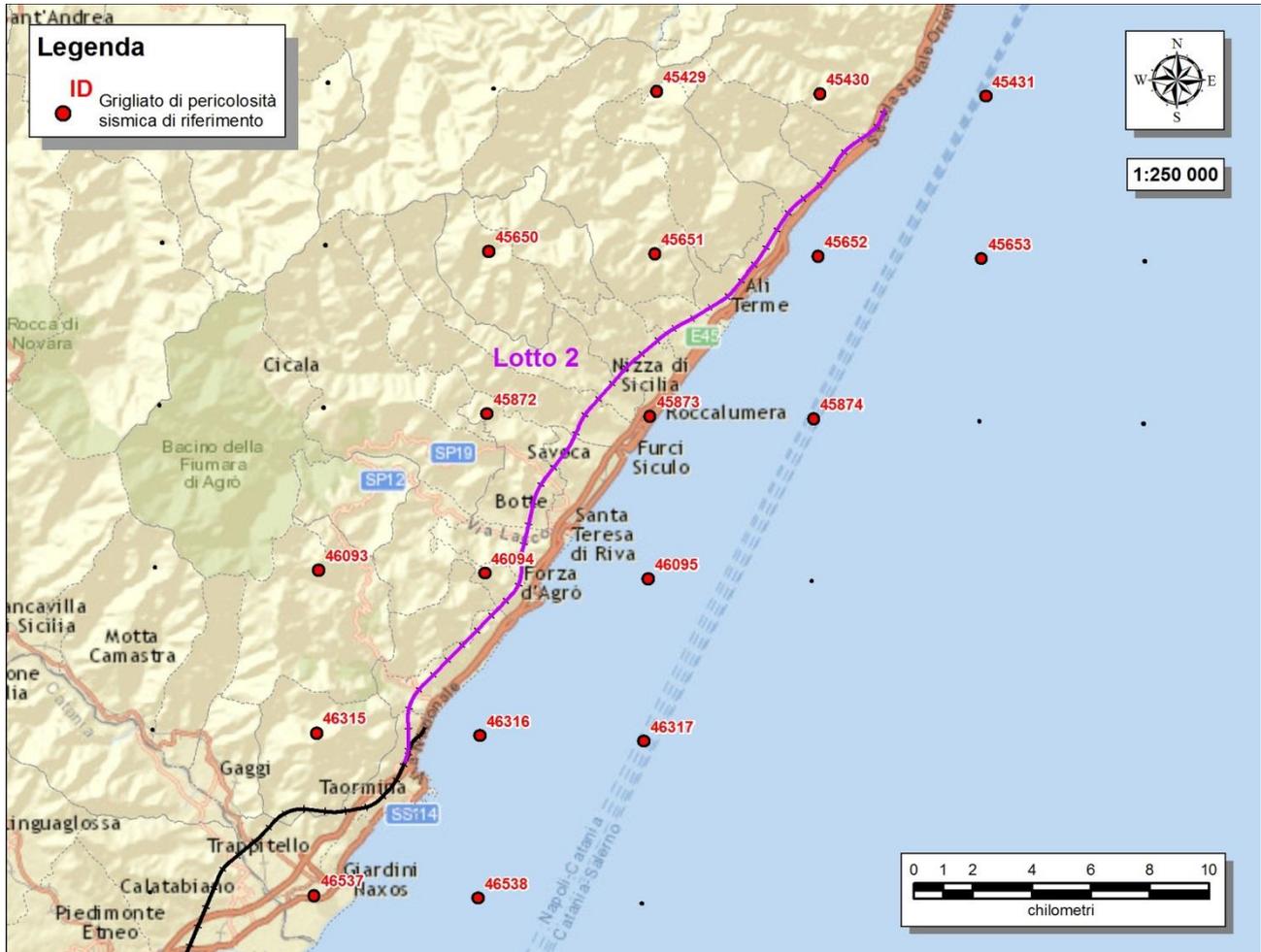


Figura 36 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del lotto in esame (in magenta) del tracciato di progetto del lotto 1 (in nero) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
46537	15.258	37.821	0.2061	2.52	0.34
46315	15.259	37.871	0.2136	2.49	0.34
46093	15.26	37.921	0.2150	2.48	0.34
46538	15.321	37.820	0.2058	2.48	0.35
46316	15.322	37.870	0.2283	2.45	0.34
46094	15.324	37.920	0.2343	2.44	0.34
45872	15.325	37.969	0.2276	2.45	0.35
45650	15.326	38.019	0.2134	2.47	0.35
46317	15.385	37.868	0.2341	2.42	0.34
46095	15.387	37.918	0.2455	2.43	0.35
45873	15.388	37.968	0.2456	2.43	0.35

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
45651	15.390	38.018	0.2375	2.44	0.35
45429	15.391	38.068	0.2231	2.45	0.36
45874	15.451	37.967	0.2558	2.42	0.35
45652	15.453	38.017	0.2546	2.42	0.35
45430	15.454	38.067	0.2486	2.42	0.35
45653	15.516	38.016	0.2632	2.41	0.35
45431	15.518	38.066	0.2622	2.41	0.36

Tabella 45 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

13.4 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), la determinazione del valore $V_{s,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione.

Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,30}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- **B:** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **D:** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- **E:** terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

La norma differenzia altre due categorie di terreni che necessitano di studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

- **S1:** depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- **S2:** depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In particolare, nell'ambito del presente studio le categorie di sottosuolo sono state definite in funzione di n. 4 prove MASW, n. 13 prove *down-hole* e di n. 3 MASW/Re.Mi. appositamente realizzate. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, con indicazione dei valori di $V_{S,30}$ determinati, della categoria di sottosuolo corrispondente e dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
MASW3	MASW	57.5	390	B	b2/g1
MASW4	MASW	57.5	393	B	bb
MASW5	MASW	57.5	435	B	ba/bb
MASW6	MASW	57.5	428	B	ba/bb

Tabella 46 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini Geomerid 2013-2014.

Sigla	Tipologia	Profondità (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
AT01	Sismica in foro	29	429	B	bb
AT03	Sismica in foro	40	490	B	bb
IT02	Sismica in foro	30	537	B	bb
IT04	Sismica in foro	30	791	B	FDN
LE02	Sismica in foro	40	489	B	ba/bb
NZ02	Sismica in foro	40	439	B	bb
NZ04	Sismica in foro	40	466	B	bb
SA03	Sismica in foro	40	361	B	ba/bb
SA06	Sismica in foro	25	491	B	b2/VEP2
SN02	Sismica in foro	30	517	B	b2/bb
ST01	Sismica in foro	25	383	B	bb
ST03	Sismica in foro	30	445	B	bb
ST05	Sismica in foro	50	500	B	ba/bb

Tabella 47 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini Sidercem 2005.

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
R1	MASW/Re.Mi.	-	370	B	b2
R2	MASW/Re.Mi.	-	353	C	bb

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
R3	MASW/Re.Mi.	-	343	C	bb
M5	MASW	56	560	B	b2/GLD
M7	MASW	56	923	A	b2/GCM
M8	MASW	56	818	A	SCA/TAM
M9	MASW	56	597	B	GCM/GLD
M10	MASW	56	839	A	b2/CODb
M11	MASW	56	472	B	CODb
M12	MASW	56	555	B	b2/TAM
M13	MASW	56	472	B	b2/FDN
M14	MASW	56	505	B	MSS/FDN
M15	MASW	56	415	B	b2/DOA
M16	MASW	56	671	B	bb/b2/VEP1
M17	MASW	56	617	B	b2/FDN
M18	MASW	56	467	B	LLM/VEP1
M19	MASW	56	673	B	b2/VEP1
M20	MASW	56	448	B	b2/FDN
M21	MASW	56	399	B	b2/PMA

Tabella 48 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017-2018.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche condotte, tutti i litotipi presenti in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie possono essere caratterizzati con una **categoria di sottosuolo di tipo B** o talora **di tipo A** nel caso di ammassi integri e poco alterati. I terreni presenti in corrispondenza delle opere all'aperto e dei viadotti, invece, sono generalmente riferibili ad una **categoria di sottosuolo di tipo B**, a meno delle zone con depositi alluvionali a dominante sabbioso-limoso che possono essere cautelativamente caratterizzati con una **categoria di sottosuolo di tipo C**.

14 CRITICITÀ GEOLOGICHE

A conclusione delle presenti note, vengono di seguito sintetizzati i principali elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, che risultano direttamente connessi con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che contraddistinguono l'area di studio.

14.1 Criticità geologico-tecniche

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area e con la sismicità attuale della Sicilia orientale. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 13 "Sismicità dell'area", dove sono descritte in maniera dettagliata tutte le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura fortemente eterogenei, sia dal punto di vista litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche. Nei settori di piana alluvionale e costiera, pertanto, sono presenti locali orizzonti di depositi marini, alluvionali e transizionali con caratteristiche geotecniche mediocri o addirittura scadenti.

In particolare, gli orizzonti argilloso-limosi intercalati alle porzioni granulometriche più grossolane dei suddetti terreni sono caratterizzati da una resistenza al taglio variabile, ma generalmente modesta, e da una elevata compressibilità, sia elastica che edometrica. I livelli sabbioso-limosi presenti all'interno dei depositi di copertura, invece, presentano una discreta resistenza al taglio ed una modesta compressibilità elastica.

Inoltre, è opportuno segnalare la diffusa presenza di coltri di copertura di genesi pedologica e detritico-colluviale. Tali terreni, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa delle strutture fondali e dei rilevati ferroviari.

Per quanto detto, i suddetti depositi non garantiscono alcun tipo di tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo e soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Nel caso di opere realizzate in settori di affioramento di spesse coltri di copertura detritico-colluviali, quindi, dovranno essere previste delle specifiche analisi di carattere geotecnico volte alla definizione delle effettive condizioni di stabilità di eventuali tagli o scarpate, in particolare in corrispondenza delle zone di imbocco delle opere in sotterraneo.

Un elemento di potenziale criticità geologica per le opere in progetto è rappresentato dai numerosi allineamenti strutturali e tettonici, che interessano buona parte dei termini litologici presenti lungo il tracciato ferroviario in esame. Tali elementi sono rappresentati, come detto, da *thrust* e faglie dirette o trascorrenti ad alto angolo, localmente responsabili della giustapposizione di litotipi con caratteristiche litotecniche profondamente differenti e spesso associate ad ampie fasce di deformazione tettonica o di cataclasi.

Il complesso assetto strutturale e stratigrafico del settore d'intervento si riflette negativamente anche sulle caratteristiche di resistenza locali dei terreni impegnati dalle opere. Infatti, dal punto di vista litotecnico, un particolare elemento di criticità è rappresentato dalle scadenti caratteristiche fisico-meccaniche degli ammassi rocciosi e dei terreni interessati dalla realizzazione delle gallerie. Infatti, tutti i termini litologici del substrato risultano interessati da evidenti fenomeni di alterazione chimico-fisica e fessurazione, oltre che da elementi tettonici di notevole importanza ed estensione.

Infine, sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili, non sono state individuate faglie attive.

Tale settore è caratterizzato dalla presenza di cavità all'interno dei paragneiss del Complesso metamorfico varisco (**PMAa**), con uno spessore di circa 3 m come evidenziato all'interno del sondaggio S36D, e all'interno delle lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**), con uno spessore di circa 3.8 m come evidenziato all'interno del sondaggio AL02.

14.2 Criticità geomorfologiche

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di numerosi movimenti di versante e di estesi fenomeni di erosione superficiale, essenzialmente connessi all'assetto geologico-strutturale dell'area e all'evoluzione geomorfologica recente di questo settore di catena.

Nelle aree di studio sono presenti, infatti, dissesti riconducibili sia a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) che a movimenti franosi s.s.(crolli, scivolamenti, colamenti e frane complesse). Si tratta,

generalmente, di fenomeni poco estesi e piuttosto superficiali, che coinvolgono generalmente le coltri di copertura eluvio-colluviali o le porzioni più superficiali ed alterate del substrato geologico locale, mentre solo raramente si rinvencono movimenti franosi di particolare spessore ed estensione.

Come noto, i rilievi dei Monti Peloritani sono caratterizzati da numerosi fenomeni franosi a cinematiso rapido, essenzialmente riconducibili a colate di detrito e flussi iperconcentrati. Tali fenomeni sono distribuiti in corrispondenza di tutti i rilievi più acclivi ed estesi, soprattutto lungo le aree impluviali e i canali in roccia con suoli e coperture detritiche.

I dati bibliografici disponibili, le analisi fotointerpretative condotte e i rilievi di campo appositamente eseguiti hanno permesso di individuare i principali settori di territorio caratterizzati dalla presenza di tali fenomeni di dissesto e di definire le principali caratteristiche geomorfologiche degli stessi.

In generale, alcuni dei solchi di erosione e degli alvei secondari che tagliano i rilievi sono interessati da colate rapide e flussi iperconcentrati. Tale condizione è ovviamente più evidente nei settori di territorio con pendenze elevate e coltri di copertura. In corrispondenza degli alvei principali infatti, col progressivo diminuire della pendenza, tali fenomeni lasciano spazio ai normali processi di accumulo di genesi alluvionale, regolati dalle piene e dal regime pluviometrico.

Una importante evidenza dei fenomeni di instabilità a cinematiso rapido è data dalla presenza di accumuli detritici e conoidi detritico-colluviali presenti alla base dei rilievi. Tali elementi risultano più frequenti ed estesi nei settori dove prevalgono i movimenti di versante e, soprattutto, ai margini delle principali zone impluviali presenti nell'area. Gran parte degli accumuli detritici risultano attualmente quiescenti, in quanto i fenomeni di colata detritica si verificano solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi e severi.

I settori d'innescio e di transito corrispondono ai solchi di erosione ed alvei secondari individuati nella carta geomorfologica mentre le aree di accumulo corrispondono ai settori di conoide e alle coperture detritiche. Nella carta geomorfologica tali forme sono state cartografate prevalentemente come elementi connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali, in quanto è stato considerato il meccanismo morfoevolutivo predominante. Infatti tali contesti geomorfologici sono interessati prevalentemente da forme di tipo erosivo lineare e incanalate, mentre solo raramente ed in condizioni straordinarie si sviluppano movimenti di massa quale colate detritiche e flussi iperconcentrati.

Ad ogni modo, in relazione al progetto in oggetto, che si sviluppa prevalentemente in sotterraneo, sono state rilevate condizioni di pericolosità geomorfologica specifica modeste.

Per quanto riguarda i settori in cui il progetto prevede la realizzazione di opere all'aperto e gli imbocchi delle gallerie sono stati individuati elementi morfoevolutivi di genesi ed intensità variabile di seguito sintetizzati:

In particolare, l'imbocco sud-occidentale della Galleria Letojanni, lato Catania, presenta un fenomeno franoso riconducibile ad uno scivolamento, con stato attivo, di ridotte dimensioni. Inoltre, il versante di Monte Franella è interessato da due piccole frane non fedelmente cartografabili. Tali fenomeni rappresentano un elemento di criticità per le opere in progetto. Mentre, l'imbocco nord-orientale della Galleria Letojanni, lato Messina, è caratterizzato dalla presenza di una conoide alluvionale, con stato quiescente, legata ai canali di colata detritica che interessano il Torrente Boschetto. Tale elemento può rappresentare un elemento di particolare criticità per le opere in progetto.

Mentre, l'imbocco sud-occidentale d'imbocco della Galleria Forza d'Agrò, lato Catania, si colloca in corrispondenza della parte bassa di un esteso versante interessato da deformazioni viscosi delle coltri (*creep* e/o soliflusso) e movimenti franosi superficiali con stato attivo. I suddetti fenomeni non interessano direttamente l'imbocco della galleria ma, ad ogni modo, dovrà essere attentamente valutata la possibile interferenza tra le opere

in progetto e l'evoluzione geomorfologica complessiva dell'intero versante in questione. Inoltre, l'imbocco nord-orientale della Galleria Forza d'Agrò, lato Messina, e l'opera all'aperto Fiumara d'Agrò, sono interessati dalla presenza di una conoide di origine mista, con stato attivo, di modeste dimensioni. Tale elemento coinvolgendo solo lo strato più superficiale non rappresenta un elemento di particolare criticità.

Inoltre, l'imbocco nord-orientale della Galleria Sciglio, lato Messina, ricade in corrispondenza di un solco di erosione concentrata che non rappresenta un elemento di potenziale criticità per le opere in progetto.

Infine, l'unico settore in cui si registra un'interferenza diretta tra le opere in progetto e i fenomeni di dissesto è rappresentato dall'imbocco Nord-orientale della Galleria Capo Scaletta, a Sud di Giampilieri marina. In questo settore, infatti, le opere in esame attraversano la porzione a valle di un'area a franosità diffusa con stato attivo, che interessa buona parte della parete rocciosa in cui si colloca l'imbocco delle opere in sotterraneo e un canale di colata detritica. La ridotta intensità dei fenomeni e i modesti volumi delle masse instabili non determinano livelli di criticità ostativi per le opere in progetto, anche se andranno attentamente tenuti in considerazione durante la progettazione degli interventi.

Ad essi si aggiungono dissesti riconducibili sia a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) che a movimenti franosi s.s. (crolli, scivolamenti, colamenti e frane complesse).

Localmente nei settori in cui il progetto prevede la realizzazione di opere in sotterraneo sono stati individuati, analizzati e cartografati fenomeni di dissesto generalmente poco estesi e piuttosto superficiali, che coinvolgono prevalentemente le coltri di copertura eluvio-colluviali o le porzioni più superficiali ed alterate del substrato geologico locale, senza alcuna interferenza diretta o indiretta con le opere in progetto.

Quanto detto trova parziale riscontro nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con ultimo aggiornamento 2017). Nelle didascalie delle figure è riportato l'anno dell'ultimo aggiornamento per ciascun settore e il relativo bacino idrografico.

Nel tratto iniziale del lotto 2, fino all'altezza del km 14+500, sono presenti una serie di fenomeni con pericolosità geomorfologica variabile da elevata (**P3**) a molto elevata (**P4**) (cfr. Figura 37). In particolare il tracciato, che si sviluppa interamente in sotterraneo, solo in superficie intercetta degli areali censiti come dissesto per erosione accelerata con pericolosità definita elevata (**P3**) o molto elevata (**P4**). Tali areali sono legati alle forti pendenze e alla presenza di locali crolli di roccia e scarpate di degradazione. Questo settore è interessato da opere in sotterraneo, Galleria Taormina1 con coperture in calotta piuttosto elevate. Per tali ragioni i fenomeni censiti non presentano inferenze dirette o indirette con le opere in progetto.

Mentre, l'imbocco SW della galleria Letojanni all'altezza del km 16+294 circa, lungo il versante sud-occidentale di Monte Franella, presenta una criticità geomorfologica (cfr. Figura 37). In questo settore è riportata la presenza di areali di pericolosità classificata elevata (**P3**), legati a fenomeni di colata rapida, con una fascia di rispetto di circa 20 metri. Lo studio ha confermato la presenza di elementi di pericolosità geomorfologica, evidenziando in particolare la presenza di un corpo di frana di scivolamento, con stato attivo, e piccole frane non fedelmente cartografabili riportati nelle cartografie del presente studio.

Tali elementi morfoevolutivi, seppur di ridotte dimensioni, presentano interferenza diretta o indiretta con le opere d'imbocco in progetto e pertanto rappresentano una criticità per le stesse. Infine nei settori esterni a quelli dell'area d'imbocco, sui versanti a nord e sud-est dell'opera, sono stati rilevati settori lineari in forte erosione, classificati come canali con scariche di detrito che, ad ogni modo non interferiscono con la nuova linea in progetto ma presentano interferenza con le opere accessorie (viabilità a sud-est dell'area d'imbocco).

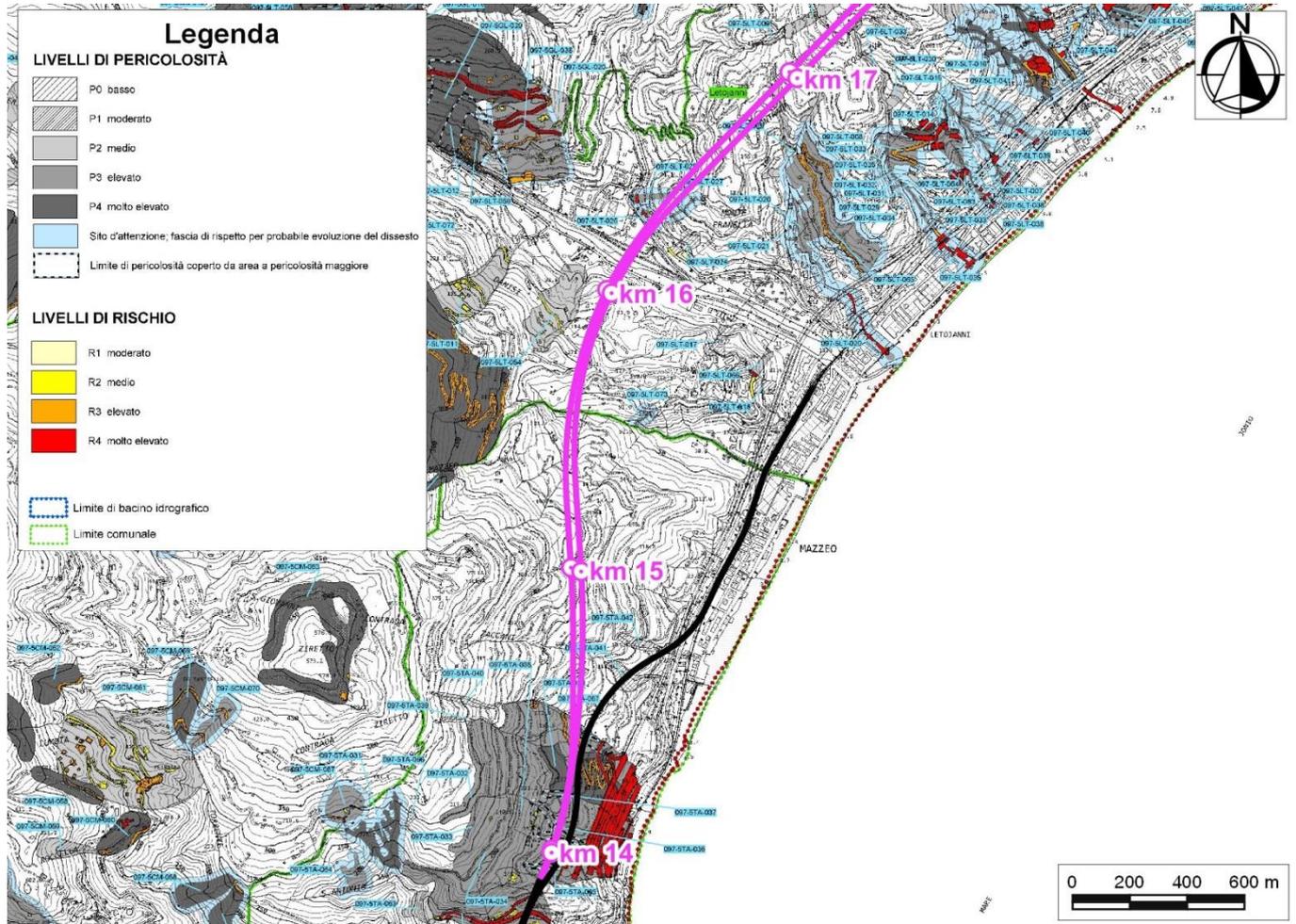


Figura 37 -- Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – Bacino 097 Area tra F. Alcantara e Fiumara Agrò e Bacino 098 F.ra d’Agrò ed Area tra F.ra d’Agrò e T.te Savoca) tratto km 13+900 ÷ 17+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Nel tratto in galleria, tra il km 17+600 e 18+500 circa, il tracciato in superficie intercetta due aree impluviali (Torrente Sillemi e Torrente Lupo) caratterizzate da areali con pericolosità da media (P2) a molto elevata (P4), con fasce di rispetto sui corpi di frana in s.s. di circa 20 m (cfr. Figura 38). Dai rilievi di campo e dagli studi fotointerpretativi tali settori risultano interessati da numerosi canali di colata detritica. Tali areali sono connessi a fenomeni di erosione e dissesto piuttosto superficiali, che comunque in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo delle gallerie non presentano inferenze dirette o indirette con le opere in progetto.

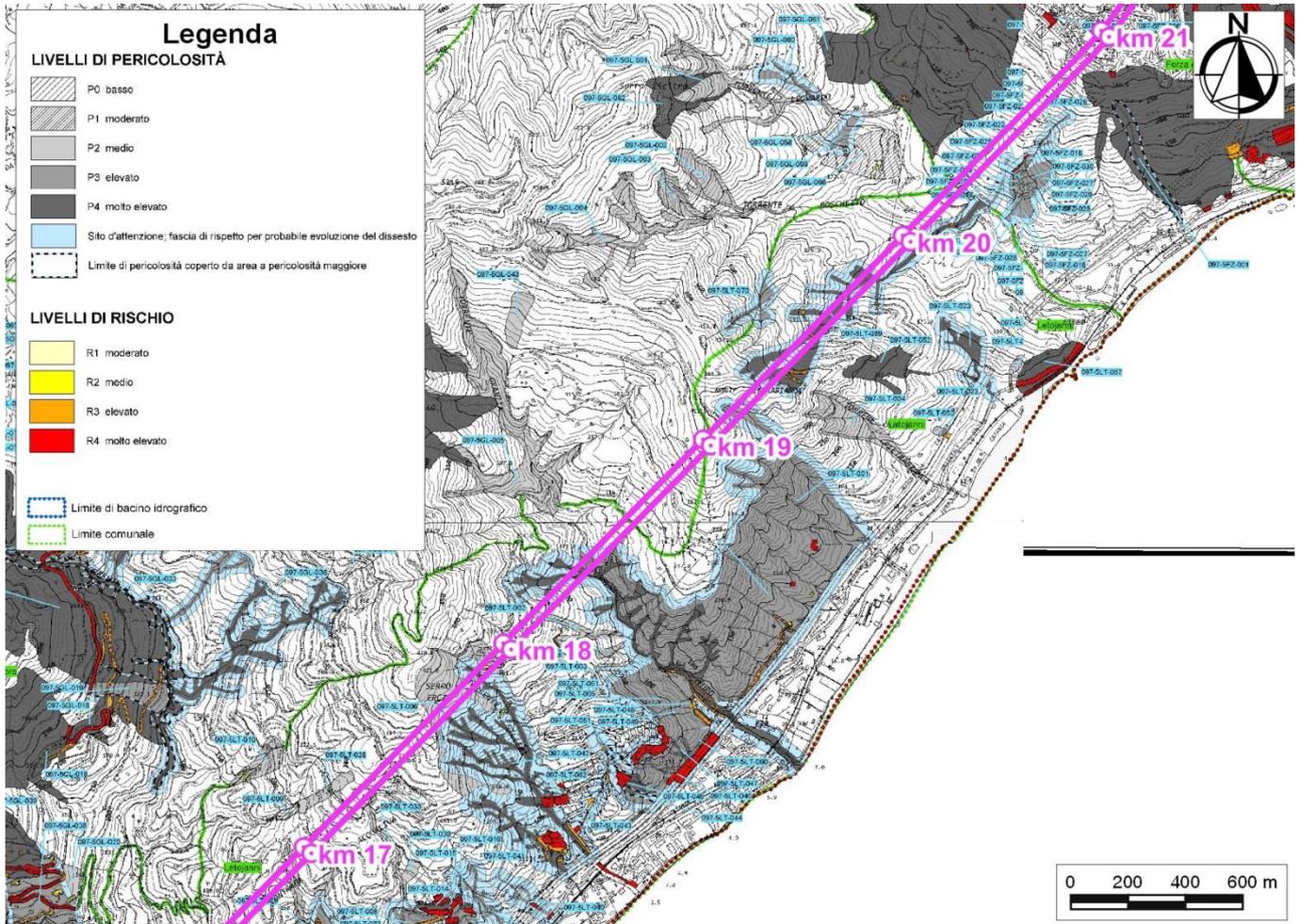


Figura 38 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – Bacino 097 Area tra F. Alcantara e Fiumara Agrò e Bacino 098 F.ra d’Agrò ed Area tra F.ra d’Agrò e T.te Savoca tratto km 17+000 ÷ 21+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Tra le km 19+600 e 20+000 circa il Torrente Boschetto, che si sviluppa nel settore a monte del tracciato, presenta areali di pericolosità elevata (**P3**) connessi con fenomeni di erosione incanalata e colate detritiche. Anche il Torrente Selleia è caratterizzato dalla presenza di areali di pericolosità molto elevata (**P4**), riconducibili a fenomeni di colate rapide (cfr. Figura 38). Il torrente Selleia si dirama in superficie in parziale sovrapposizione con il tracciato di progetto, per poi sfociare nel fondovalle principale del Torrente Fondaco Parrino a sud dell’opera d’imbocco della galleria in progetto.

Lo studio condotto conferma la diffusa presenza di fenomeni di erosione lineare e la presenza di canali con scariche di detrito, sia nei settori posti a monte dell’opera che in quelli a valle. La testata del Torrente Boschetto è caratterizzata dalla presenza di canali con scariche di detrito che, ad ogni modo, non interferiscono con le opere in sotterraneo, mentre la fascia medio bassa del torrente è caratterizzata unicamente da forme e fenomeni di erosione. Anche il Torrente Selleia è caratterizzato dalla presenza di un canale con scariche di detrito e diffusi

fenomeni di erosione e scalzamento laterale che, ad ogni modo, non interferiscono direttamente o indirettamente con le opere in sotterraneo, in quanto queste presentano elevate coperture in calotta, sempre maggiori di 30m.

Tra le km 20+100 e 20+200 circa si imposta l'opera d'imbocco della galleria Letojanni lato Messina e la spalla del viadotto Fodaco Parrino, poste a ridosso del fondovalle medesimo. In questo specifico settore non sono segnalati areali di pericolosità dal PAI. Lo studio specialistico condotto ha evidenziato la presenza di diffuse coltri eluvio colluviali e/o detritiche e la presenza di una conoide alluvionale del Torrente Boschetto. Tali elementi morfoevolutivi denotano la presenza in questo settore di processi attivi sia erosivi che di accumulo che, ad ogni modo, non rappresentano una criticità per le opere ma andranno tenuti opportunamente in considerazione nella progettazione delle stesse.

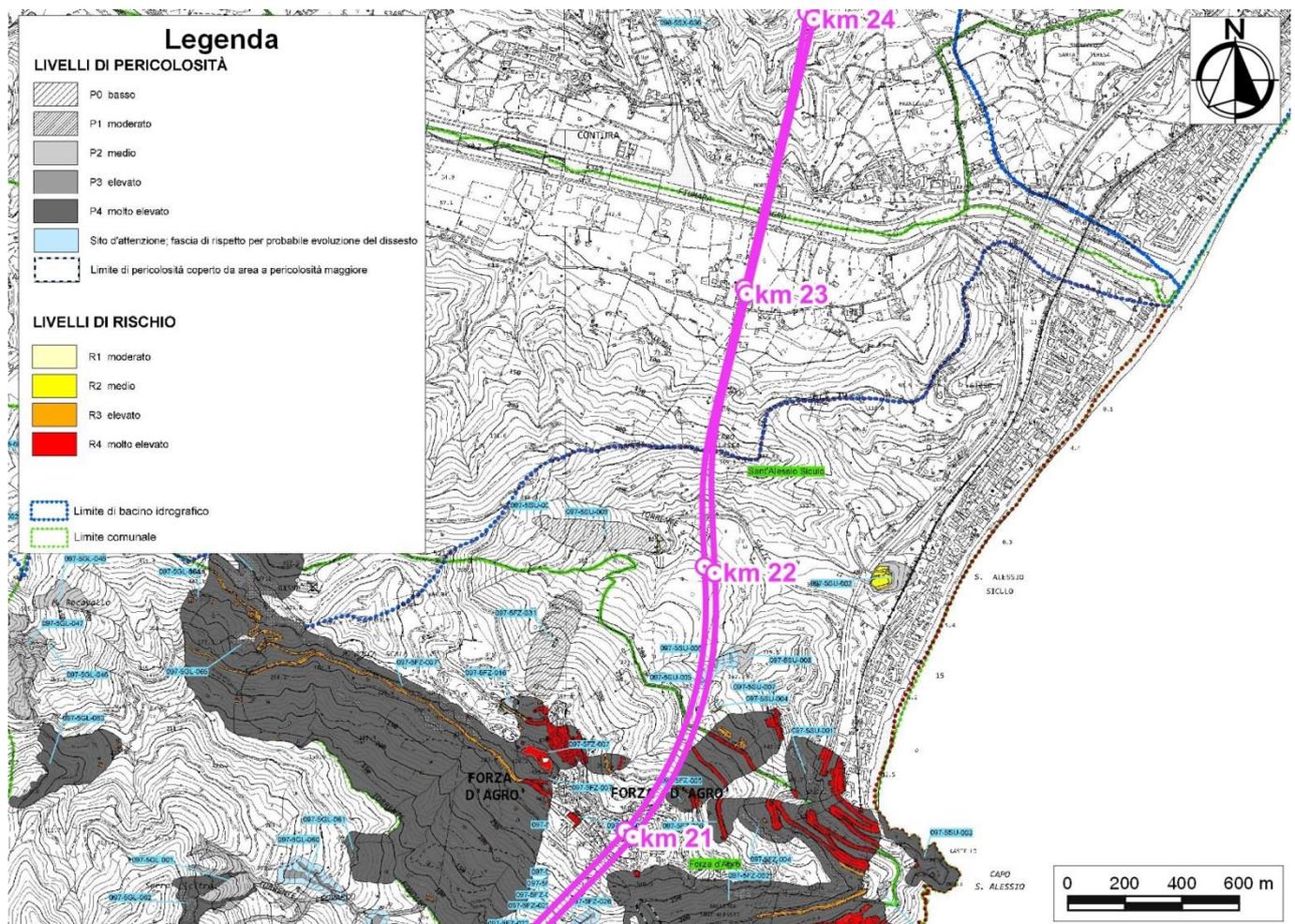


Figura 39 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – Bacino 097 Area tra F. Alcantara e Fiumara Agrò e Bacino 098 F.ra d'Agro ed Area tra F.ra d'Agro e T.te Savoca) tratto km 21+000 ÷ 24+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Tra le km 20+300 e 22+700 circa il tracciato sono presenti alcuni areali classificati nel PAI a pericolosità da moderata a molto elevata (**P2, P3 e P4**), che non interferiscono in maniera diretta o indiretta con le opere, in quanto

il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa in sotterraneo con coperture in calotta sempre di diverse decine di metri. Lo studio specialistico conferma la presenza di locali fenomeni di dissesto superficiali connessi con aree a franosità diffusa, crolli puntuali e diffusi processi erosivi prevalentemente lineari. Tali processi morfoevolutivi, nell'attuale contesto morfoclimatico, non presentano una distribuzione e una tendenza evolutiva tali da poter interferire con le opere in progetto.

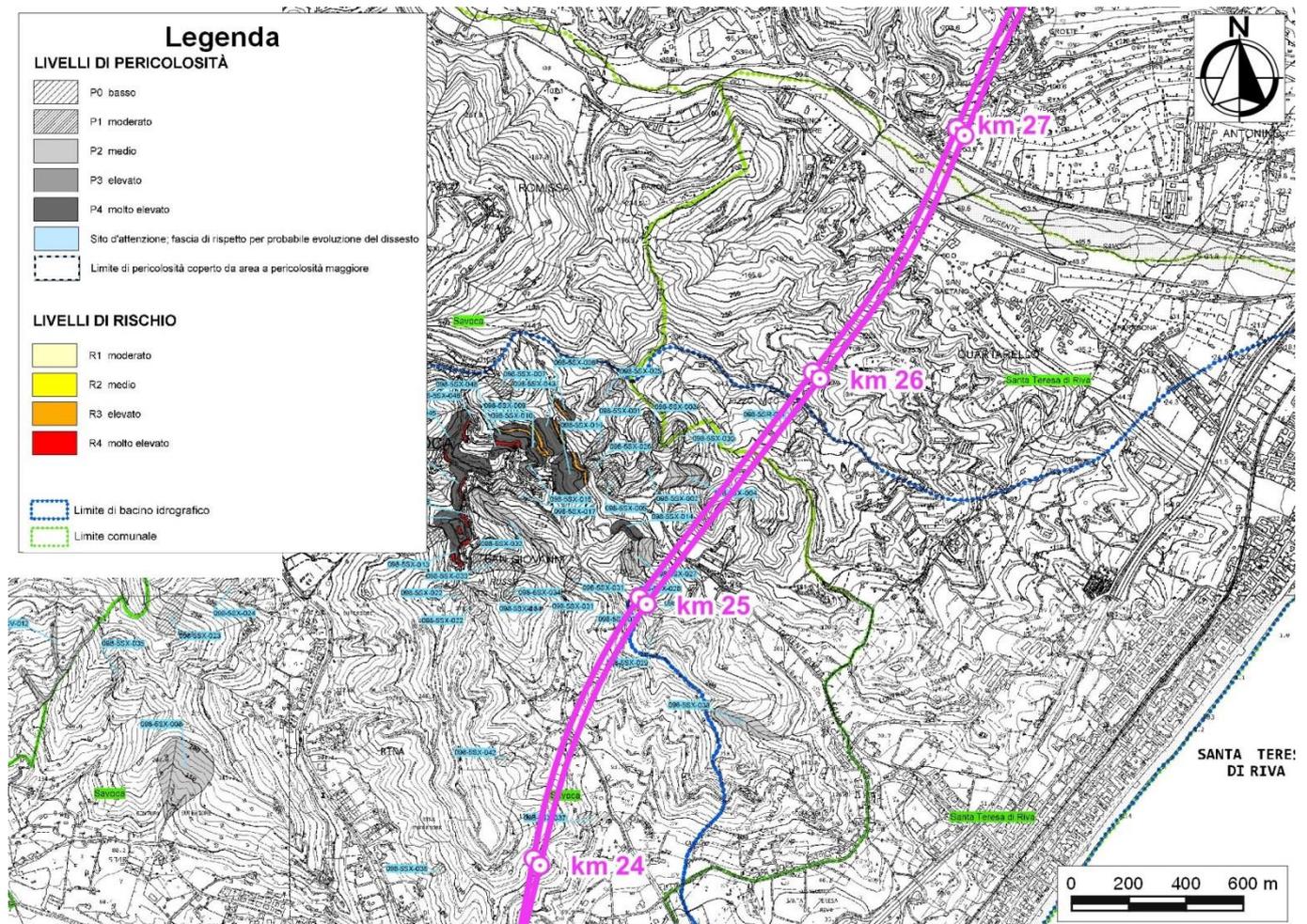


Figura 40 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2015 – Bacino 098 Area tra Fiumara d’Agrò e Torrente Savoca) tratto km 24+000 ÷ 26+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Tra le km 23+450 e 32+750 circa le cartografie del PAI evidenziano la presenza di areali classificati con pericolosità geomorfologica da media (P2) a molto elevata (P4). Tali areali sono connessi a fenomeni di crollo, di erosione piuttosto superficiali e di canali di colata detritica. In questo settore il progetto si sviluppa in sotterraneo, galleria Sciglio, che in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo della galleria non presenta alcuna inferenze diretta o indiretta con gli areali in dissesto.

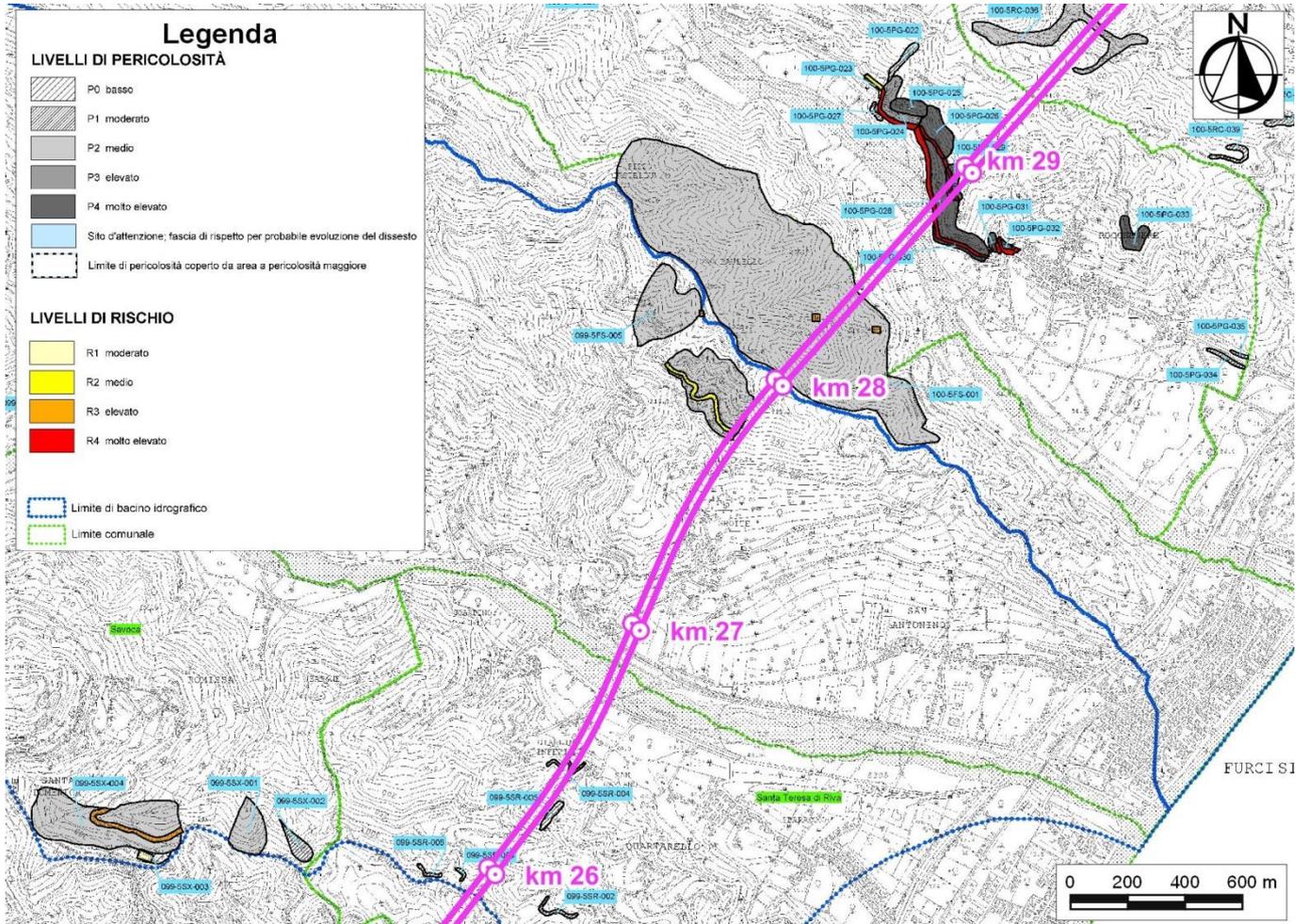


Figura 41 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 – Bacino 099 T.te Savoca e Bacino 100 T.te Pagliara ed Area tra T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi) tratto km 26+000 ÷ 29+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

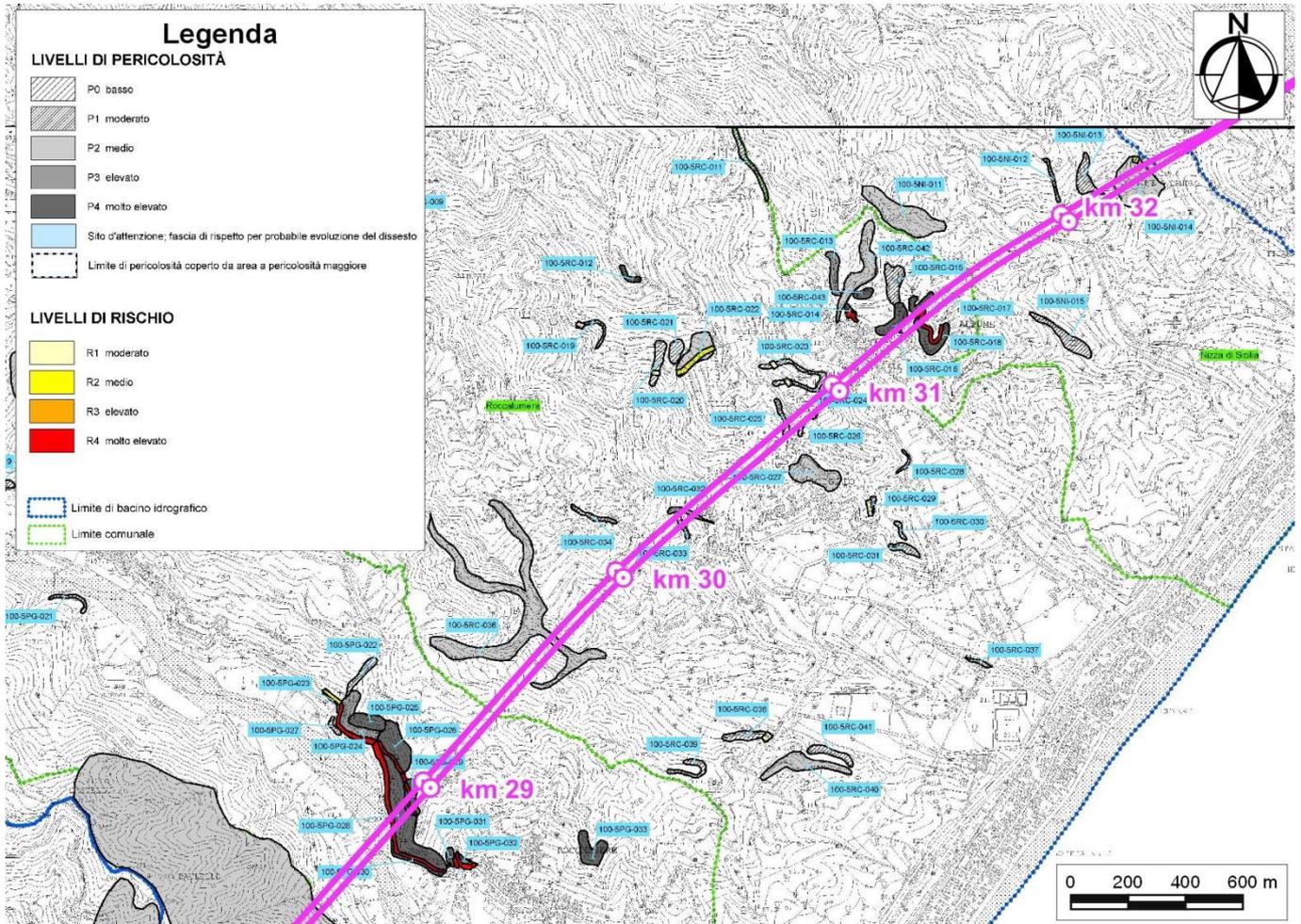


Figura 42 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 - Bacino 100 T.te Pagliara ed Area tra T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi) tratto km 29+000 ÷ 32+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

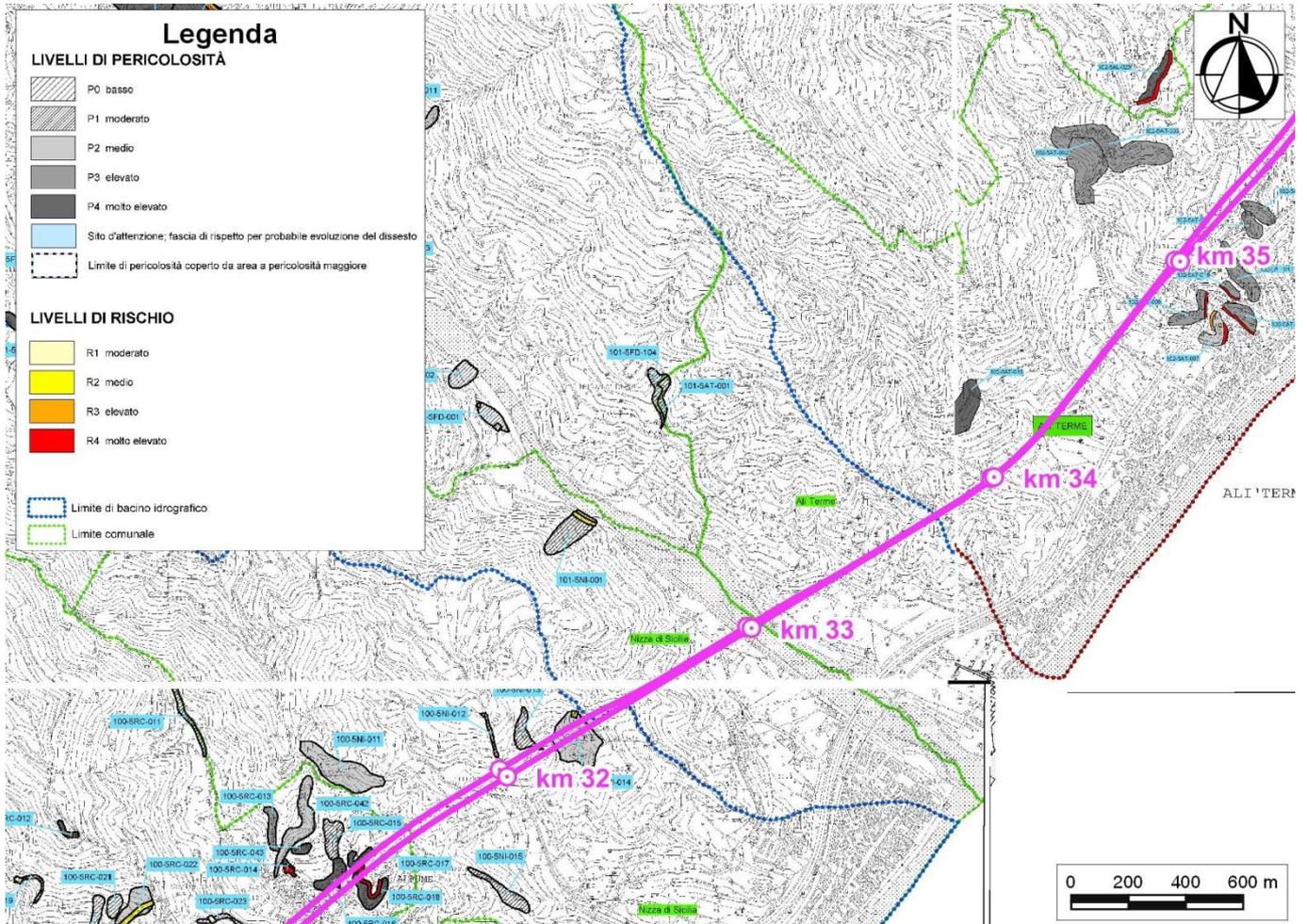


Figura 43 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 – Bacino 101 T.te Fiumedinisi) tratto km 32+500 ÷ 33+800, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

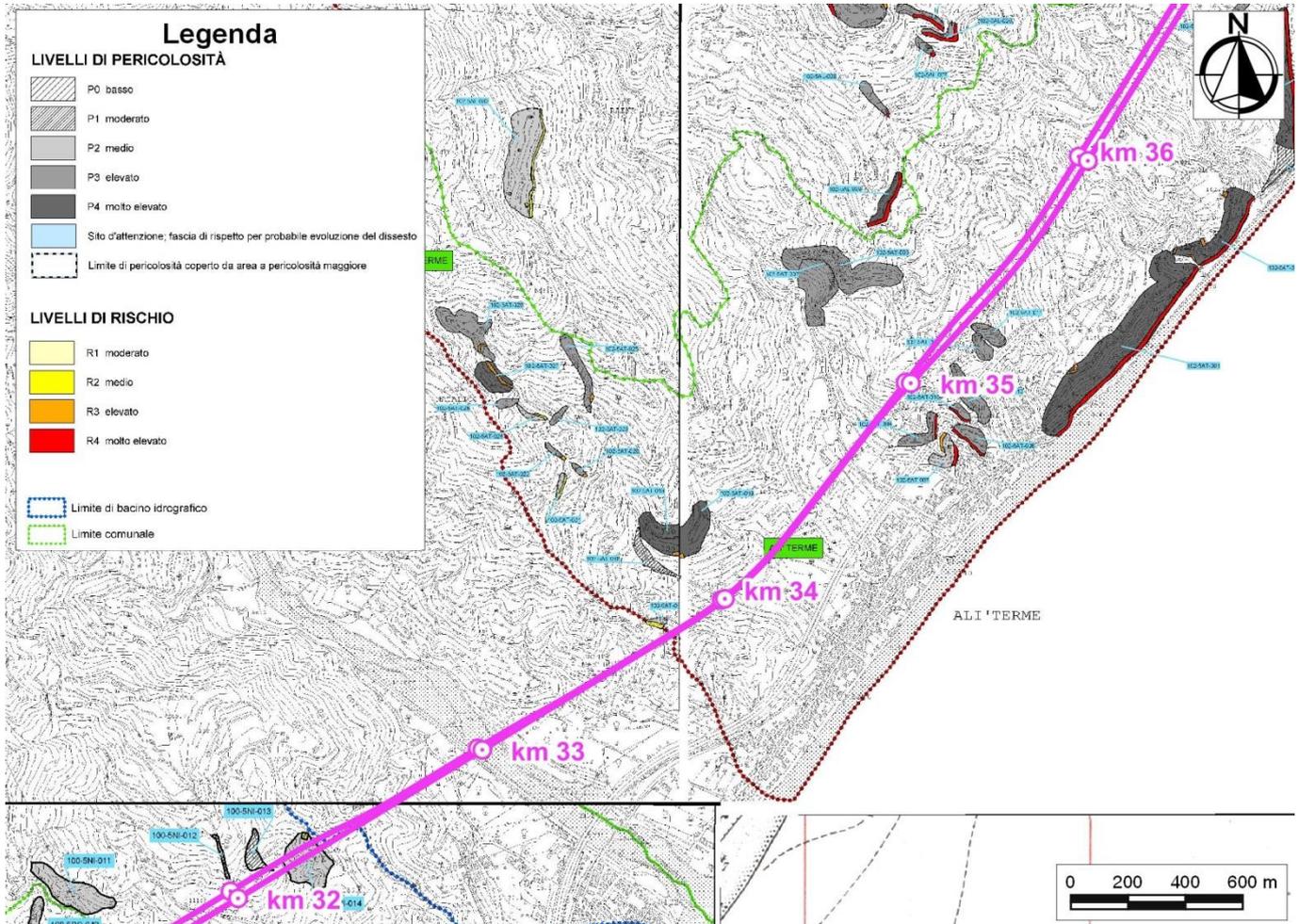


Figura 44 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 – Bacino 102 Area tra Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro) tratto km 33+800 ÷ 36+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

In corrispondenza della galleria Quali, all'altezza del km 36+750 circa, il tracciato intercetta in superficie un areale di pericolosità elevato (**P3**), mentre all'altezza del km 38+300 circa, il tracciato intercetta un areale di pericolosità molto elevata (**P4**) (cfr. Figura 45). Si tratta rispettivamente di un fenomeno franoso riconducibile ad un colamento lento, con stato attivo, con uno spessore modesto, e di un'area soggetta a crolli in roccia. Tali fenomeni comunque in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo della galleria non presentano inferenze dirette o indirette con le opere in progetto.

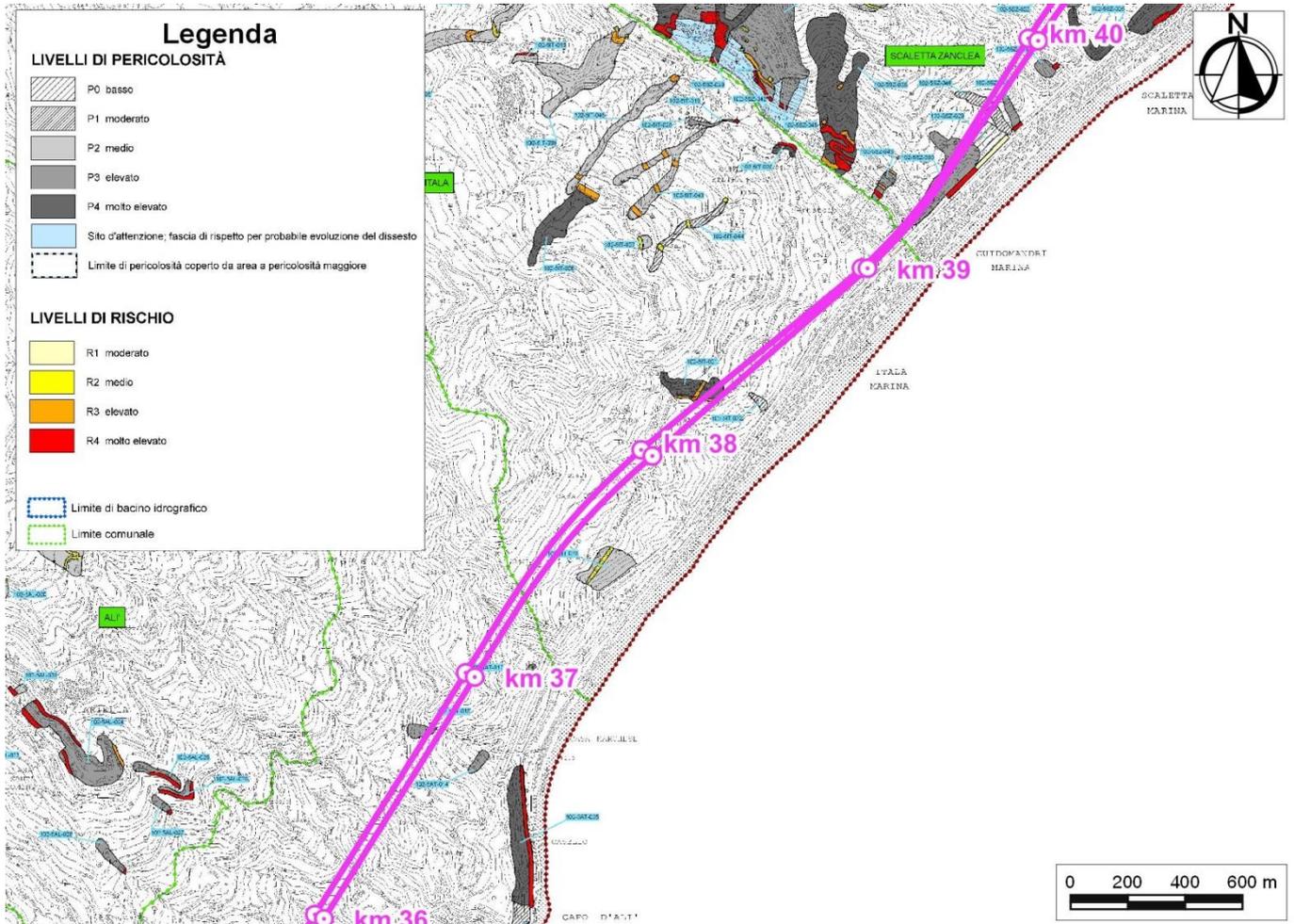


Figura 45 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 - Bacino 102 Area tra Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro) tratto km 36+000 ÷ 40+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Mentre, in corrispondenza della galleria Capo Scaletta (km 39+205 – km 41+942), sono presenti areali di pericolosità geomorfologica variabili tra bassa (**P0**) e molto elevata (**P4**) (cfr. Figura 45-Figura 46). Tali areali sono connessi a fenomeni di erosione e dissesto piuttosto superficiali, crolli in roccia, da colamenti lenti e aree a franosità diffusa, che comunque in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo delle gallerie non presentano inferenze dirette o indirette con le opere in progetto. Inoltre, in corrispondenza dell'imbocco NE della Galleria Capo Scaletta è riportata la presenza di un'area di pericolosità geomorfologica elevata (**P3**), senz'altro da mettere in relazione con i dissesti superficiali evidenziati e cartografati nel presente studio, classificati come franosità diffusa con stato attivo e canali di colata detritica. Tali elementi e processi morfoevolutivi rappresentano una criticità per le opere in progetto.

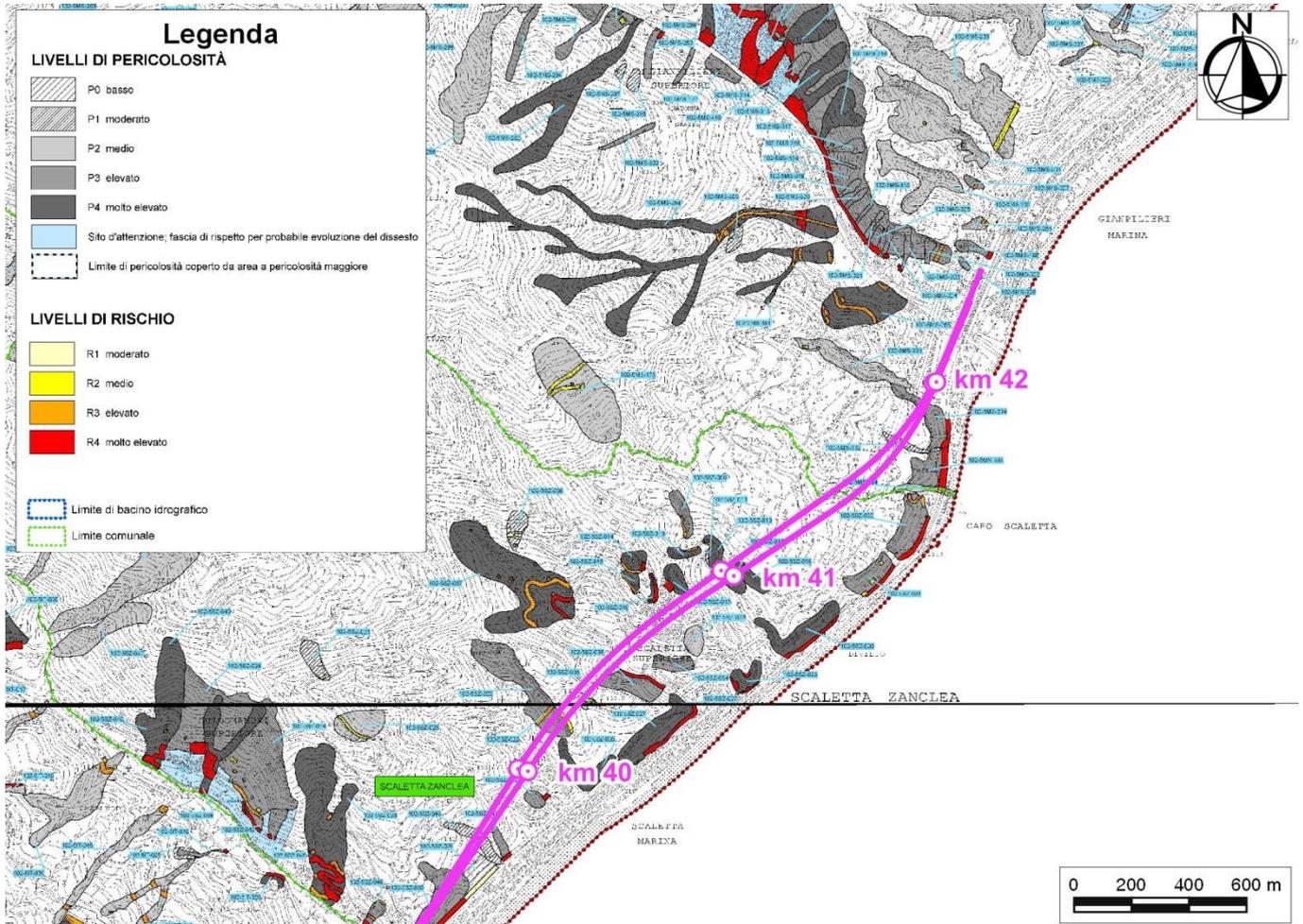


Figura 46 – - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 - Bacino 102 Area tra Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro) tratto km 40+000 ÷ 42+182, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).

Gli studi specialistici condotti, basati sia sul rilevamento di campo, su indagini dirette ed indirette e su analisi fotointerpretative di dettaglio, hanno consentito di definire il contesto geomorfologico e morfoevolutivo è relativo all'attuale contesto antropico e morfo-climatico dell'area. Pertanto, la possibile influenza dei processi morfoevolutivi e, in particolare, dei fenomeni di dissesto sulle opere in progetto, dove segnalato (cfr. Cap. 14 "Criticità geologiche" e 15 "Descrizione dei settori d'intervento"), andrà puntualmente valutata ed analizzata in funzione delle specifiche scelte progettuali e delle indicazioni fornite nel presente studio specialistico.

14.3 Criticità idrogeologiche

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di differenti falde idriche sotterranee all'interno di buona parte dei termini litologici interessati dalla realizzazione del tracciato ferroviario in esame. Tali falde potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità le opere in progetto, sia per le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici attraversati.

Generalmente i corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.

Infatti, i dati piezometrici a disposizione hanno evidenziato la presenza di importanti falde freatiche all'interno dei depositi alluvionali e costieri che colmano i fondovalle e le principali aree depresse dei settori di studio. Tali acquiferi sono rappresentati da terreni fortemente eterogenei dal punto di vista litologico e costituiscono, pertanto, dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi. In tali settori la superficie piezometrica della falda freatica è posta a diversi metri di profondità dal p.c., anche se risulta estremamente variabile in relazione alle caratteristiche idrogeologiche e stratigrafico-strutturali dei termini litologici affioranti. Tali considerazioni valgono ovviamente in condizioni stazionarie e sono da considerarsi come rappresentative del regime idrogeologico sotterraneo durante gran parte dell'anno solare.

In caso di precipitazioni, invece, le acque meteoriche possono saturare completamente i depositi alluvionali e provocare il temporaneo innalzamento delle falde di sub-alveo in tutti i settori di fondovalle. In tali circostanze, quindi, il livello piezometrico delle falde idriche sotterranee può raggiungere il piano campagna sia in corrispondenza dell'alveo stesso che nei settori di piana alluvionale ad esso limitrofi, con un andamento morfologico dettato sia dalle caratteristiche idrogeologiche del fondovalle che dal regime stesso delle precipitazioni.

Per quanto concerne gli ammassi rocciosi e in generale i termini rappresentativi del substrato, interessati dalla realizzazione delle opere in sotterraneo, i dati a disposizione hanno mostrato la presenza di numerosi corpi idrici sotterranei, liberi o parzialmente confinati. In generale, quasi tutte le unità geologiche presenti sono caratterizzate da falde con importanza ed estensione variabili, situate essenzialmente in corrispondenza degli orizzonti più fessurati ed alterati dell'ammasso. Questi ultimi sono generalmente localizzati in prossimità della superficie topografica o in corrispondenza dei maggiori allineamenti tettonici, sia compressivi che distensivi e trascorrenti.

Pertanto, nella progettazione di tutte le opere in sotterraneo sarà necessario considerare sia le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che l'effettiva influenza esercitata dalle pressioni neutre sul comportamento meccanico di terreni e ammassi rocciosi. Per tale ragione, nel Paragrafo 12.5 "Condizioni di deflusso idrico sotterraneo" sono riportati i carichi piezometrici medi dei diversi settori interessati dalla realizzazione delle gallerie in progetto.

Infine, si sottolinea che nella zona di Ali Terme le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate dai piezometri realizzati lungo il tracciato ferroviario (S1aPz, S2aPz, S3aPz e S4aPz) hanno evidenziato la presenza di un elevato contenuto di sostanze aggressive quali CO₂ e SO₄. Pertanto, nei settori di territorio limitrofi alle suddette indagini, è necessario prevedere l'utilizzo di calcestruzzi compatibili con la presenza di acque di falda aggressive.

14.4 Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi

Per poter definire le caratteristiche geomeccaniche e il relativo stato di fratturazione dei termini litologici presenti lungo il tracciato ferroviario in progetto, nell'ambito del presente studio sono stati analizzati i risultati di numerosi rilievi geostrutturali appositamente condotti in tutto il settore di intervento. I suddetti rilievi sono stati eseguiti secondo gli *standard* della International Society for Rock Mechanics (ISRM 1978, 1993).

Inizialmente sono stati acquisiti i dati relativi agli stop geostrutturali effettuati nelle precedenti fasi progettuali e riportati nelle cartografie geologiche in allegato (RS0B 01 R69 G4 GE0001 001-2 B e RS0B 02 R69 G4 GE0001 001-4 B). Inoltre, durante la presente fase di approfondimento progettuale sono stati condotti n. 13 stop geostrutturali, opportunamente suddivisi tra ammassi rocciosi e ammassi eterogenei, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento.

Per quanto concerne gli ammassi rocciosi, sono state determinate le principali caratteristiche dei giunti (spaziatura, apertura, persistenza, rugosità, riempimento), della roccia intatta (resistenza a compressione, grado di alterazione) e dell'ammasso (struttura, forma dei blocchi, condizioni idrauliche). Per quanto riguarda gli ammassi eterogenei, invece, sono state determinate le proprietà degli orizzonti litologici (% roccia, % pelite, spessore strati roccia, spessore strati pelite) oltre che le principali caratteristiche dei giunti (rugosità), della roccia intatta (resistenza a compressione, grado di alterazione) e dell'ammasso (struttura, forma dei blocchi, condizioni idrauliche).

I numerosi dati raccolti durante i rilievi di campo hanno quindi permesso di caratterizzare gli ammassi in oggetto e di definire, per ogni singolo punto di rilievo, il *range* di variazione del Geological Strength Index (GSI). Tali dati, unitamente a quanto desunto dalle stratigrafie di sondaggio, dalle prove in foro e dalle indagini geofisiche, hanno inoltre consentito di definire il complessivo stato di fratturazione e alterazione degli ammassi interessati dalla realizzazione delle opere in progetto.

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)		SURFACE CONDITIONS				
<p>From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced is water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.</p>		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
		Very rough, fresh unweathered surfaces	Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Slackensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	Slackensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
STRUCTURE	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES	DECREASING SURFACE QUALITY →				
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A	
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80					
 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70					
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60					
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50					
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	40					
	30					
	20					
	10					
	N/A	N/A				

Figura 47 – Carta per la determinazione del GSI degli ammassi rocciosi fratturati sulla scorta delle osservazioni di campo (da Marinos et al. 2005).

Per quanto concerne gli stop geologici, il GSI del singolo affioramento è stato determinato sulla scorta delle carte di confronto proposte dai vari autori per gli ammassi rocciosi e gli ammassi eterogenei. In Figura 47 è riportata la

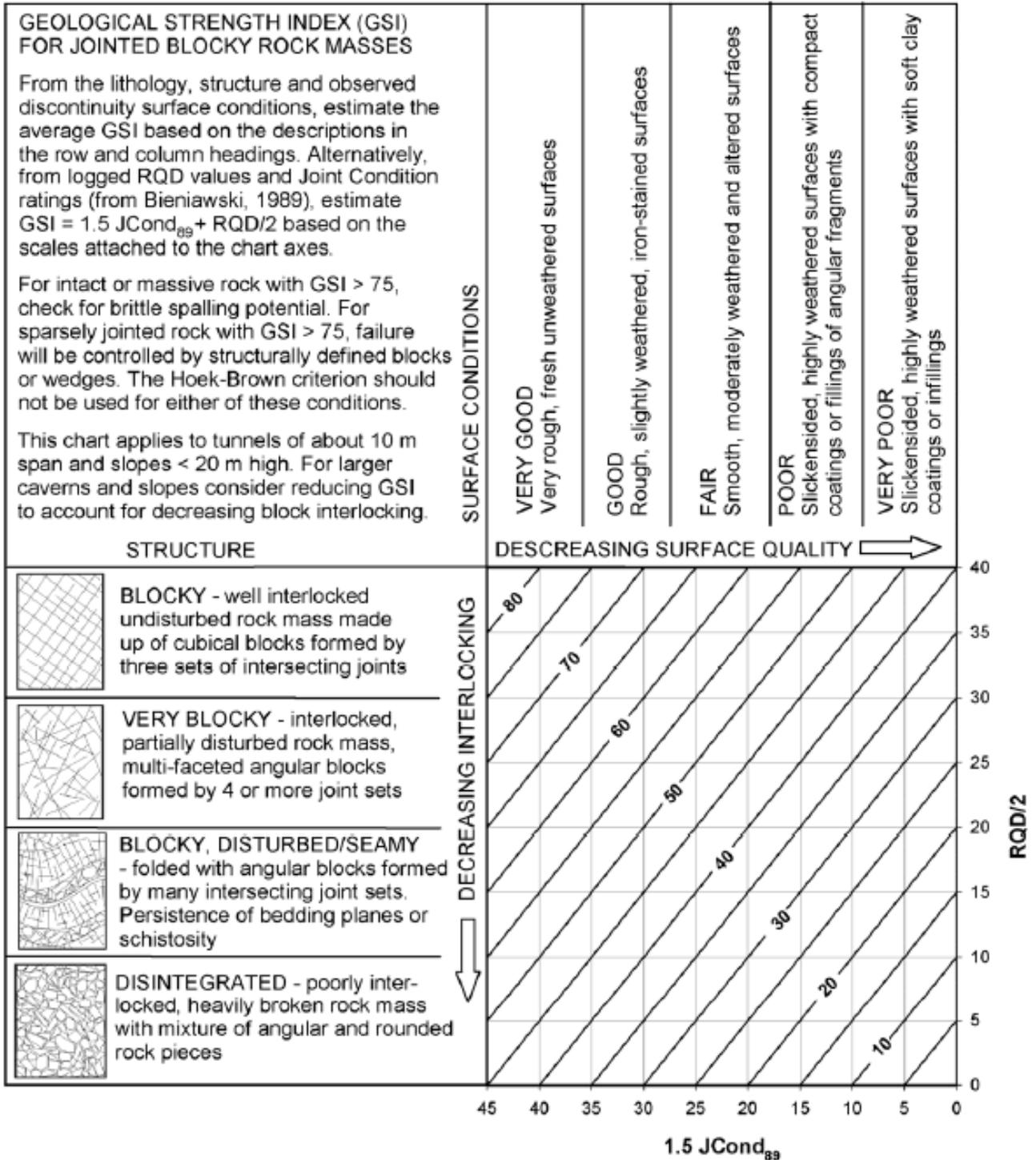


Figura 49 – Carta per la determinazione del GSI degli ammassi rocciosi fratturati sulla scorta dei dati di sondaggio, quali stato di fratturazione (RQD) e condizioni dei giunti (JCond₈₉) (da Hoek et al. 2013).

Attraverso l'integrazione di tutti i dati disponibili, è stato quindi possibile determinare il *range* di variazione del GSI per ognuno dei termini litologici attraversati dalle opere in sotterraneo. La tipologia di ammasso considerato (roccioso o eterogeneo) e i relativi valori di GSI sono riportati per ogni unità intercettata in galleria nella finca dei profili geologici in allegato alle presenti note (RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 001-14).

Per l'estrapolazione dei dati di GSI su tratti omogenei di ammasso, sono state seguite le indicazioni fornite dagli stessi autori (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013; Marinos 2014). Condizioni particolari e non catalogabili nei casi descritti sono state valutate singolarmente sulla scorta di tutti i dati a disposizione e dello specifico assetto stratigrafico-strutturale dell'area. Ovviamente, in prossimità di faglie e elementi tettonici di una certa importanza, è stata considerata una zona tettonizzata e fortemente fratturata nell'ordine di alcune decine di metri.

Per le zone di imbocco dove sono disponibili i dati dei rilievi geostrutturali, il GSI dell'ammasso è stato definito utilizzando direttamente i valori derivanti dalle analisi di campagna (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013). Relativamente alle zone in galleria coperte da indagini geognostiche, invece, il GSI è stato determinato attraverso la precedente carta di correlazione (Hoek et al. 2013), utilizzando il valore medio di RQD del sondaggio e le caratteristiche dei giunti derivanti dai rilievi sulle carote. Per le zone i galleria prive di indagini geognostiche, il GSI è stato definito considerando i sondaggi di zone geologicamente simili e i dati dei rilievi geostrutturali di superficie, che secondo gli autori devono essere incrementati di 10 o 15 punti per giungere al GSI dell'ammasso profondo e meno alterato (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013).

Nel caso di zone tettonizzate o in prossimità di importanti elementi strutturali, quali faglie e sovrascorrimenti, il GSI è stato determinato direttamente dai dati dei rilievi geostrutturali di superficie, mantenendo quindi gli stessi valori degli stop con ammassi visibilmente interessati da tettonica (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013). Infine per le zone completamente tettonizzate e/o cataclate, rinvenute in sondaggio come un detrito caotico di sabbie e ghiaie, il GSI è stato considerato variabile tra 5 e 10, o talora tra 5 e 15, così come suggerito dagli stessi autori (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013; Marinos 2014).

Le elaborazioni condotte nell'ambito del presente studio hanno evidenziato la presenza di ammassi rocciosi estremamente fratturati ed alterati, generalmente ricadenti nelle classi di GSI mediocri, scadente e molto scadente (Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013; Marinos 2014). In Tabella 49 si riporta, per ognuna delle gallerie in progetto, una sintesi delle tipologie di ammasso e dei relativi valori di GSI per le differenti unità geologiche intercettate dal cavo.

Opera	Progressive		Formazione	Tipo di ammasso	GSI
	da	a			
Galleria Taormina Fase2	13+900	14+329	GLD	ammasso roccioso	10/30
	14+329	14+429	TAM	ammasso roccioso	10/30
	14+429	15+369	TAM	ammasso roccioso	30/45
	15+369	15+449	TAM	ammasso roccioso	10/30
	15+449	15+586	GCM	ammasso roccioso	15/30
	15+586	15+626	CODc	ammasso eterogeneo	25/35
	15+626	15+946	CODC	ammasso eterogeneo	35/45
	15+946	16+029	CODb	ammasso roccioso	30/45
Galleria Letojanni	16+294	16+431	CODb	ammasso roccioso	30/45
	16+431	18+249	CODb	ammasso roccioso	45/55

Opera	Progressive		Formazione	Tipo di ammasso	GSI
	da	a			
	18+249	18+506	CODa	ammasso roccioso	30/45
	18+506	18+566	TAM	ammasso roccioso	10/25
	18+566	19+511	TAM	ammasso roccioso	25/40
	19+511	19+631	TAM	ammasso roccioso	10/25
	19+631	20+015	TAM	ammasso roccioso	25/40
	20+015	20+160	TAM	ammasso roccioso	10/25
Galleria Forza d'Agrò	20+294	20+472	TAM	ammasso roccioso	10/20
	20+472	21+334	GLO	ammasso eterogeneo	10/30
	21+334	21+498	GLOa	ammasso roccioso	25/35
	21+498	21+708	GLO	ammasso eterogeneo	10/30
	21+708	21+768	FDN	ammasso roccioso	10/20
	21+768	22+038	FDN	ammasso roccioso	20/35
	22+038	22+288	FDN	ammasso roccioso	10/20
	22+288	22+663	FDN	ammasso roccioso	20/35
Galleria Sciglio	22+663	22+761	FDN	ammasso roccioso	10/20
	23+487	23+510	MSS	terreno granulare	-
	23+510	23+690	FDN	ammasso roccioso	10/20
	23+690	24+388	FDN	ammasso roccioso	20/35
	24+388	24+469	FDN	ammasso roccioso	10/20
	24+469	25+107	FDN	ammasso roccioso	20/35
	25+107	25+287	FDN	ammasso roccioso	10/20
	25+287	26+587	FDN	ammasso roccioso	20/35
	26+587	26+949	bb	terreno granulare	-
	26+949	27+012	VEP2	ammasso roccioso	35/50
	27+012	27+083	DOA	ammasso roccioso	25/40
	27+083	27+432	VEP2	ammasso roccioso	35/50
	27+432	27+484	DOA	ammasso roccioso	25/40
	27+484	27+684	FDN	ammasso roccioso	10/20
	27+684	28+668	FDN	ammasso roccioso	20/35
	28+668	28+728	FDN	ammasso roccioso	10/20
28+728	28+788	TAM	ammasso roccioso	10/20	
28+788	29+194	TAM	ammasso roccioso	20/35	
29+194	29+344	TAM	ammasso roccioso	10/20	

Opera	Progressive		Formazione	Tipo di ammasso	GSI
	da	a			
	29+344	29+544	FDN	ammasso roccioso	10/20
	29+544	30+429	FDN	ammasso roccioso	20/35
	30+429	30+765	FDN	ammasso roccioso	10/20
	30+765	31+787	FDN	ammasso roccioso	20/35
	31+787	31+907	FDN	ammasso roccioso	10/20
	31+907	32+032	CFL	ammasso roccioso	30/40
	32+032	32+092	FDN	ammasso roccioso	10/20
	32+092	32+630	FDN	ammasso roccioso	20/35
	32+630	32+743	FDN	ammasso roccioso	10/20
Galleria Nizza	33+436	33+597	FDN	ammasso roccioso	5/15
	33+597	33+843	VEP1	ammasso roccioso	20/35
	33+843	33+928	LLM	terreno granulare	-
Galleria Ali	34+337	34+477	VEP1	ammasso roccioso	20/35
Galleria Quali	34+750	34+842	VEP1	ammasso roccioso	20/35
	34+842	35+072	VEP1	ammasso roccioso	35/50
	35+072	35+132	VEP1	ammasso roccioso	20/35
	35+132	35+437	ACS	ammasso eterogeneo	20/35
	35+437	35+651	VEP1	ammasso roccioso	20/35
	35+651	35+928	ALD	ammasso roccioso	10/25
	35+928	35+988	MMF	ammasso roccioso	10/20
	35+988	36+991	MMF	ammasso roccioso	30/45
	36+991	37+111	MMF	ammasso roccioso	10/20
	37+111	37+546	MMF	ammasso roccioso	30/45
	37+546	37+636	MMF	ammasso roccioso	10/20
	37+636	38+333	VEP1	ammasso roccioso	20/35
	38+333	38+796	VEP1	ammasso roccioso	35/50
38+796	38+947	VEP1	ammasso roccioso	20/35	
Galleria Scaletta	39+206	39+286	FDN	ammasso roccioso	10/20
	39+286	39+823	FDN	ammasso roccioso	20/35
	39+823	40+564	FDN	ammasso roccioso	5/10
	40+564	40+936	PMAa	ammasso roccioso	5/10
	40+936	41+038	FDN	ammasso roccioso	5/10

Opera	Progressive		Formazione	Tipo di ammasso	GSI
	da	a			
	41+038	41+863	PMAa	ammasso roccioso	5/10
	41+863	41+943	PMAa	ammasso roccioso	15/25

Tabella 49 - Sintesi delle tipologie di ammasso e dei relativi valori di GSI per le diverse unità geologiche intercettate nelle gallerie in progetto.

Le scadenti caratteristiche geomeccaniche degli ammassi sono essenzialmente connesse alla complessa evoluzione tettonica dell'area e alla presenza di numerosi elementi strutturali di una certa rilevanza. Infatti, tutti gli ammassi rocciosi presenti lungo il tracciato sono caratterizzati da un elevato stato di fratturazione e/o fessurazione, soprattutto in corrispondenza di faglie e piani di sovrascorrimento dove spesso è stata rilevata da presenza di estese fasce cataclastiche e/o milonitiche. Le zone tettonizzate presentano una estensione di diverse decine di metri e risultano generalmente più importanti in corrispondenza dei *thrust* a carattere regionale.

In generale, gli ammassi metamorfici e calcareo-marnosi risultano essere i più tettonizzati e fratturati, in quanto posti in corrispondenza dei piani di scollamento dei maggiori fronti di sovrascorrimento. I termini flyschoidi di copertura, al contrario, risultano essere i meno tettonizzati e fessurati, in quanto interessati unicamente dalle strutture tettoniche più recenti.

Ulteriori zone con caratteristiche geomeccaniche particolarmente scadenti si rinvengono, inoltre, in prossimità degli imbocchi o in corrispondenza dei fondovalle più importanti ed estesi. In tali settori, infatti, i fenomeni di alterazione e decompressione dell'ammasso hanno prodotto un marcato ed evidente scadimento delle caratteristiche geomeccaniche dei giunti, soprattutto nel caso dei termini metamorfici meno competenti che risultano localmente fortemente alterati e parzialmente argillificati.

14.5 Suscettività alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2008) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2008, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica condotto hanno evidenziato che, nell'area di intervento, si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 7.29. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate essere generalmente superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.200 e 0.275 a_g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti espresse nei punti 1 e 2 dell'NTC 2008, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 3, 4 e 5 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, i dati piezometrici a disposizione hanno mostrato la presenza di un livello idrico estremamente variabile, posto a profondità comprese tra 1.5 e 26.5 m dal p.c.. La falda è generalmente più profonda nel tratto più settentrionale e localmente assente nei fondovalle secondari e più alti in quota.

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni sempre piuttosto addensati, con valori di resistenza penetrometrica normalizzata generalmente superiori al limite previsto da normativa. Fanno eccezione solo alcuni sporadici orizzonti di limitato spessore, posti al di sopra del livello di falda e caratterizzati dalla presenza di una abbondante frazione pelitica e ghiaiosa.

Dal punto di vista granulometrico e tessiturale, infine, i dati geologici a disposizione evidenziano la presenza di terreni poco o nulla suscettibili di liquefazione. Gran parte dei depositi costieri e alluvionale presenti nei settori di intervento sono infatti caratterizzati dalla presenza di una elevata frazione ghiaiosa o ciottolosa, che li pone ben al di sopra dei fusi granulometrici potenzialmente suscettibili di liquefazione secondo la normativa (NTC 2008). Allo stesso modo, anche i terreni di copertura recenti risultano essere al di fuori dei fusi granulometrici previsti dalla norma (NTC 2008), in quanto caratterizzati dalla presenza di abbondante componente pelitica e di diffusi inclusi ghiaiosi o ciottolosi.

In relazione a quanto esposto in precedenza, quindi, i terreni intercettati dalle opere in progetto risultano chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione. Tale condizione è legata, in particolare, sia all'elevato grado di addensamento dei materiali che a locali fenomeni di cementazione chimica e all'abbondante frazione ghiaiosa, ciottolosa e pelitica presente all'interno di tali terreni.

14.6 Presenza di gas naturali

Nella realizzazione di opere in sotterraneo, assume particolare rilevanza la valutazione del rischio connesso con la presenza di gas naturali nel sottosuolo. Tra questi, il più comune è il metano che, se miscelato con aria e in concentrazioni comprese tra il 4.5% e il 16.0% di volume, risulta altamente esplosivo. Tale miscela aria-metano è più nota con il termine "*grisou*" ed è caratterizzata dall'essere completamente inodore e incolore. Pertanto, lo scavo di gallerie in terreni geologicamente favorevoli alla presenza di metano va condotto con grande cautela e applicando specifiche precauzioni.

Tra quelle note in letteratura (Holton 1999; Granath & Casero 2004), nessuna formazione potenzialmente favorevole alla presenza di gas nel sottosuolo risulta presente nei settori di intervento e, per tali motivi, non si sono rese necessarie specifiche indagini di approfondimento. Le successioni geologiche interessate dalla realizzazione di opere in sotterraneo possono quindi essere considerate prive di gas naturali e non a rischio di fenomeni connessi con la presenza di metano.

A conferma di quanto espresso, si sottolinea che nel corso della complessa campagna di indagini dirette eseguita non sono stati rilevati o riscontrati indizi macroscopici che potessero lasciare ipotizzare la presenza di gas nelle unità attraversate ed investigate. Ad ogni modo i successivi approfondimenti progettuali e le indagini ad essi propedeutiche dovranno consentire di confermare tale condizione.

14.7 Caratteristiche chimico-fisiche delle acque di Ali Terme

La linea in progetto attraversa per alcuni chilometri il Comune di Ali Terme (ME), localizzato lungo la riviera Ionica e caratterizzato dalla presenza di alcuni centri idrotermali a forte valenza turistico-alberghiera. Pertanto, durante la presente fase di approfondimento progettuale sono state condotte una serie di analisi e studi specialistici per la valutazione delle potenziali interferenze tra le opere in progetto e la circolazione idrica profonda che alimenta i circuiti idrotermali.

I centri benessere sono situati lungo il litorale ionico e utilizzano le acque del sottosuolo a fini idrotermali, che attingono le acque da uno o più pozzi di captazioni principali che presentano profondità diverse in funzione della capacità produttiva. I centri termali si sono sviluppati a partire dal diciottesimo secolo, quando accanto a una sorgente attiva già nel 1700 furono scoperte cinque fonti delle Terme Granata Cassibile e due fonti delle Terme Marino, mentre solo successivamente sono state scoperte le fonti delle Terme Acqua Grazia.

Le acque delle Terme Granata Cassibile sono di tipo salso-bromo-iodiche e scaturiscono dalla roccia a temperature comprese tra i 28° ed i 46° C, mentre le acque delle Terme Marino sono di tipo sulfuree salso-bromo-iodiche e scaturiscono a temperature variabili tra i 28° ed i 46°. Le acque delle Terme Acque Grazia, infine, sono sempre sulfuree salso-bromo-iodiche e scaturiscono a temperature comprese tra i 28° ed i 32°.

Al fine di verificare le potenziali interferenze tra le suddette sorgenti e le opere in progetto, è stato quindi condotto uno specifico monitoraggio chimico-fisico delle acque sotterranee presenti nell'area. Le analisi hanno riguardato sia i centri idrotermali precedentemente descritti (Sorgente Marino I, Sorgente Marino II, Sorgente Grazia, Sorgente Granata Cassibile) che n. 5 piezometri appositamente installati nei fori di sondaggio eseguiti nell'area (S1aPz, S2aPz, S3aPz, S4aPz, S34D). In Figura 50 è riportato uno stralcio planimetrico con l'ubicazione delle sorgenti idrotermali e delle strumentazioni piezometriche monitorate.

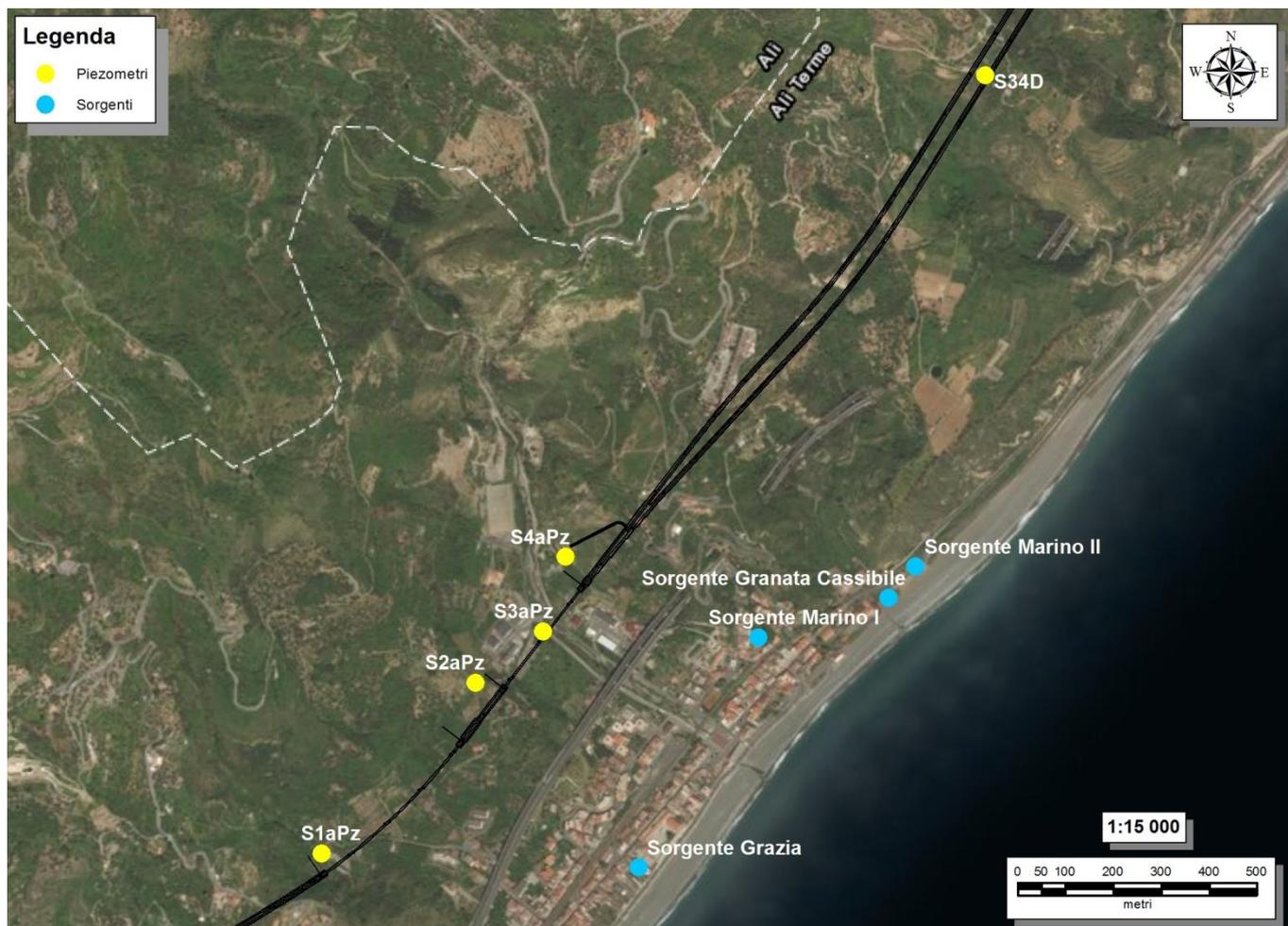


Figura 50 – Stralcio planimetrico della zona di Ali Terme con indicazione del tracciato di progetto e ubicazione delle sorgenti idrotermali e delle strumentazioni piezometriche sottoposte a monitoraggio.

L'attività di monitoraggio ha compreso letture del livello di falda, misure di conducibilità elettrica, torbidità, alcalinità e temperatura delle acque tramite l'utilizzo di strumentazione portatile ed il prelievo di campioni d'acqua successivamente sottoposti ad analisi chimico-fisiche di laboratorio. Per quanto concerne le sorgenti, i dati sono stati raccolti sia tramite il monitoraggio delle acque che attraverso gli studi bibliografici reperiti (Alaimo et al. 1978). Nonostante i dati reperiti riguardino analisi chimico-fisiche e periodi temporali spesso eterogenei tra loro, sono stati opportunamente utilizzati per una classificazione idrochimica delle acque e per la ricostruzione dei circuiti idrogeologici che alimentano i gruppi sorgentizi.

Per quanto riguarda i piezometri, sono state condotte due distinte fasi di monitoraggio chimico-fisico delle acque, nel 2014 e nel 2017, riassunti in Tabella 50. I monitoraggi sono stati condotti direttamente in sito mediante una sonda multi-parametrica (Eutech Instruments - PCTest 35) per quanto riguarda la misura di parametri quali: la temperatura, la conducibilità ed il pH, mentre tutti gli altri parametri chimico-fisici sono stati determinati attraverso specifiche analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

Punto di prelievo	S1aPz		S2aPz		S3aPz	S4aPz	S34D
	2014	2017	2014	2017	2014	2014	2017
T (°C)	19.1	20.8	20.6	22.7	13.8	18.8	20.9
Conducibilità (a 25°C μS/cm)	1330	1565	3400	3750	1245	1982	1147
pH	7.60	7.11	6.60	6.18	7.90	7.00	6.90
Na+ (meq/L)	43.0	3.3	11.0	10.0	17.0	32.0	2.6
K+ (meq/L)	3.30	0.21	3.80	0.26	1.80	1.50	0.13
Ca++ (meq/L)	55.0	7.2	30.0	27.6	54.0	167.0	5.6
Mg++ (meq/L)	39.0	7.2	5.5	9.5	18.0	5.3	4.8
Sr++ (meq/L)	-	0.00930	-	0.00235	-	-	0.00274
Fe++ (meq/L)	-	0.240	-	0.319	-	-	0.118
Li+ (meq/L)	-	0.05040	-	0.00331	-	-	0.00692
NH4+(meq/L)	-	0.003	-	0.010	-	-	0.010
Cl- (meq/L)	32.00	3.61	11.00	10.24	17.00	167.00	1.22
HCO3- (meq/L)	-	6.8	-	2.5	-	-	8.2
SO4-- (meq/L)	49.00	6.72	30.00	35.30	54.00	135.00	3.00
NO3- (meq/L)	1.00	0.14	1.00	0.02	1.00	1.00	-
F- (meq/L)	0.20	0.06	0.10	0.21	0.10	1.70	0.11
Br- (meq/L)	-	0.0047	-	0.0140	-	-	0.0630
δ18O	-5.64	-	-5.45	-	-6.10	-6.66	-
Ossigeno disciolto (meq/L)	-	0.25	-	0.36	-	-	0.06
Alcalinità (meq/L)	24.2	6.8	15.8	2.5	22.1	29.4	8.2

Tabella 50 - Analisi chimico-fisiche sui campioni di acque prelevati dai piezometri di Alì Terme durante le campagne di monitoraggio del 2014 e del 2017.

Relativamente alle sorgenti idrotermali, i dati utilizzati derivano sia da fonti bibliografiche (1978) che da analisi di laboratorio eseguite sui campioni d'acqua prelevati nei pozzi che alimentano le fonti termali, prelevati in periodi temporali diversi (1987, 2013, 2014, 2017). I dati del 1978 sono estratti da uno studio condotto sulle principali sorgenti termali siciliane (Alaimo et al. 1978), mentre i dati del 1987, 2013, 2014 e 2017 derivano da misurazioni in sito con sonda multi-parametrica (Eutech Instruments - PCTest 35) e da analisi chimico-fisiche di laboratorio eseguite su campioni d'acqua appositamente prelevati. In Tabella 51 si riporta una sintesi di tutti i parametri chimico-fisici a disposizione per le acque delle sorgenti idrotermali di Alì Terme.

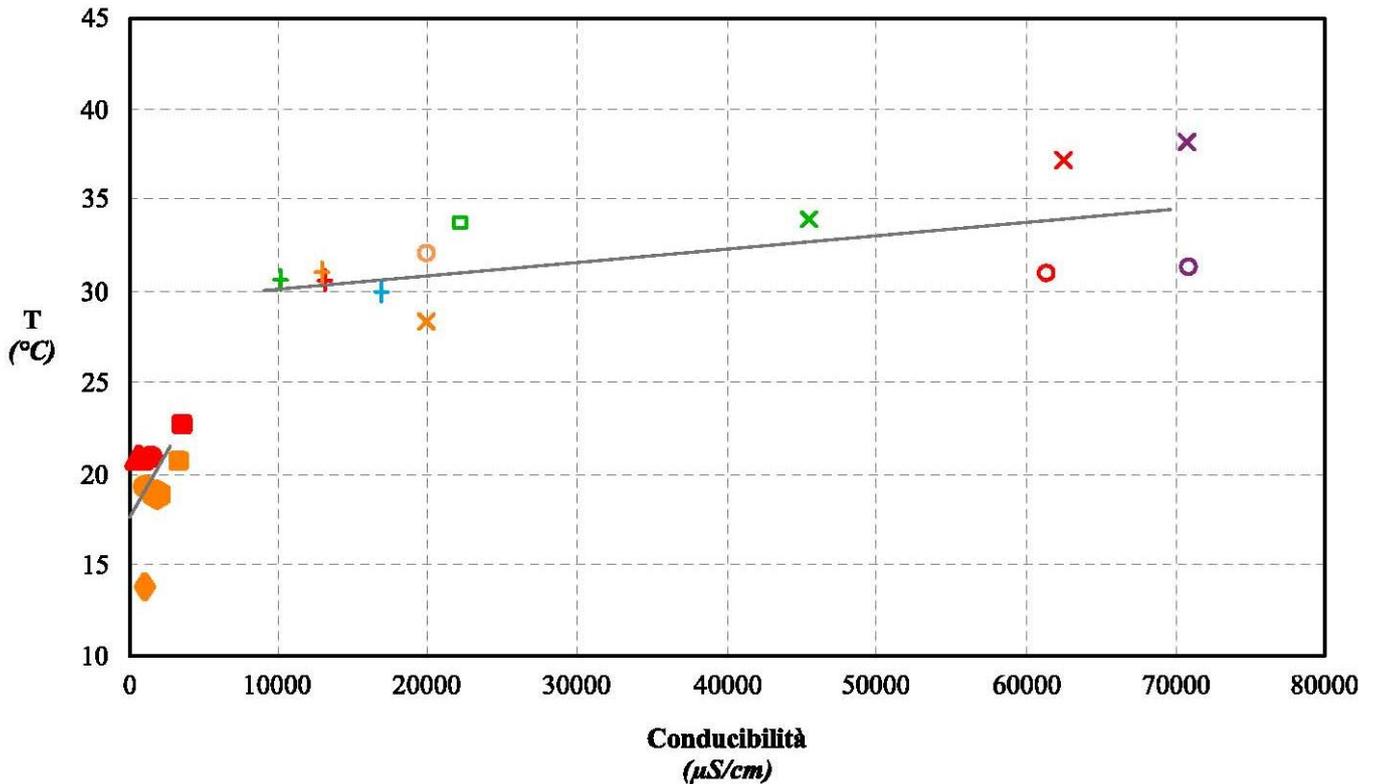
Punto di prelievo	Granata Cassibile	Sorgente Marino I - inattivo					Sorgente Marino II - attivo				Sorgente Grazia		
		Anno	1978	1987	2014	2017	1978	2013	2014	2017	2013	2014	2017
T (°C)	33.7	30.6	30	31.1	30.6	34	38.1	28.4	37.2	31.4	32.1	31.1	
Conducibilità (a 25°C µS/cm)	22160	10160	16977	13000	13240	45500	70664	20000	62500	70902	20000	61400	
pH	6.2	6.0	6.5	6.1	6.2	6.0	6.1	6.0	6.8	6.0	6.1	5.94	
Na+ (meq/L)	165.5	75.1	80.3	14.0	91.6	437.0	423.9	48.8	500.0	358.3	441	492	
K+ (meq/L)	4.2	2.1	23.4	0.5	2.6	10	23.1	0.5	11.5	14.9	0.5	11.3	
Ca++ (meq/L)	32.6	28.0	35.5	0.5	33.9	65.9	73.0	0.5	73.3	61.4	57.0	71.7	
Mg++ (meq/L)	25.6	17.0	26.0	0.2	20.4	59.7	82.0	0.2	71.8	79.4	19.0	78.7	
Sr++ (meq/L)	0.250	0.170	-	-	0.108	0.650	0.200	-	0.361	0.140	-	0.0249	
Fe++ (meq/L)	<1	14.5(*)	0.6	-	0.185	<1.0	-	-	0.0338	-	-	0.00331	
Li+ (meq/L)	-	-	2.700	-	0.244	-	0.300	-	0.953	0.700	-	0.602	
NH4+ (meq/L)	2.80	2.20	1.50	-	0.24	11.00	1.60	-	0.74	1.4	-	0.48	
Cl- (meq/L)	199.0	78.0	150.0	97.0	100.0	501.0	505.8	311.0	561.0	592.3	495.0	550.0	
HCO3- (meq/L)	14.1	18.3	20.0	-	17.2	25.8	27.0	-	27.4	23.0	-	23.5	
SO4-- (meq/L)	24.4	19.4	22.6	27.0	26.7	29.0	40.0	54.0	48.1	49.6	41.0	51.9	
NO3- (meq/L)	-	-	-	1.00	-	-	0.02	1	-	0.02	1.00	1.40	
BO3--- (meq/L)	-	-	-	-	-	-	0.20	-	-	0.02	-	-	
I- (meq/L)	-	-	0.02	-	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	
F- (meq/L)	-	-	-	0.20	0.13	-	0.30	0.70	0.23	0.30	0.60	0.11	
Br- (meq/L)	-	-	0.11	-	0.17	-	0.80	-	0.92	1.30	-	0.89	
HS- (meq/L)	-	-	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S-- (meq/L)	0.4	0.6	-	-	-	1.7	0.6	-	-	0.4	-	-	
δ18O	-1.82	-3.95	-	-3.60	-	1.47	-	-1.56	-	-	1.77	-	
Ossigeno disciolto (meq/L)	-	-	-	-	0.21	-	-	-	0.09	-	-	0.26	
Alcalinità (meq/L)	-	-	-	-	17.2	-	-	-	27.4	-	-	23.5	

Tabella 51 - Analisi chimico-fisiche delle sorgenti idrotermali di Alì Terme derivanti dagli studi bibliografici disponibili (1978) e dalle campagne di monitoraggio appositamente condotte (1987, 2013, 2014, 2017).

14.7.1 Caratteristiche fisiche

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche delle acque, sono stati analizzati due parametri principali, la temperatura e la conducibilità elettrica. L'andamento di quest'ultima (riferita ad una temperatura di 25°C) in

funzione della temperatura delle acque circolanti nei piezometri e nelle sorgenti è stata rappresentata nel diagramma cartesiano di Figura 51.



		Anno				
		1978	1987	2013	2014	2017
Sorgente	Marino I	+	+		+	+
	Marino II	x		x	x	x
	Gratana Cassibile	□				
	Grazia			○	○	○
Piezometro	S1aPz				●	●
	S2aPz				■	■
	S3aPz				◇	
	S4aPz				⬡	
	S34D					▲

Figura 51 – Distribuzione della conducibilità elettrica delle acque dei piezometri e delle sorgenti idrotermali in funzione della temperatura.

Dal diagramma risulta che i valori di temperatura e conducibilità elettrica misurati nelle acque dei piezometri sono nettamente inferiori e differenti rispetto a quelli misurati nelle sorgenti idrotermali. I piezometri mostrano infatti un gradiente di circa 600 $\mu\text{S}/\text{cm}/^\circ\text{C}$ nel caso dei piezometri e di circa 12000 $\mu\text{S}/\text{cm}/^\circ\text{C}$ per le sorgenti.

Relativamente ai piezometri, le temperature più basse sono state misurate nel sondaggio S3aPz, che risulta attestato nei depositi alluvionali di fondovalle, mentre quelle più elevate sono state registrate nei piezometri S1aPz, S2aPz e S34D, che risultano attestati nei termini litologici di substrato. Anche i valori di conducibilità elettrica presentano lo stesso andamento, in quanto più elevati nei piezometri relativi a unità geologiche di substrato.

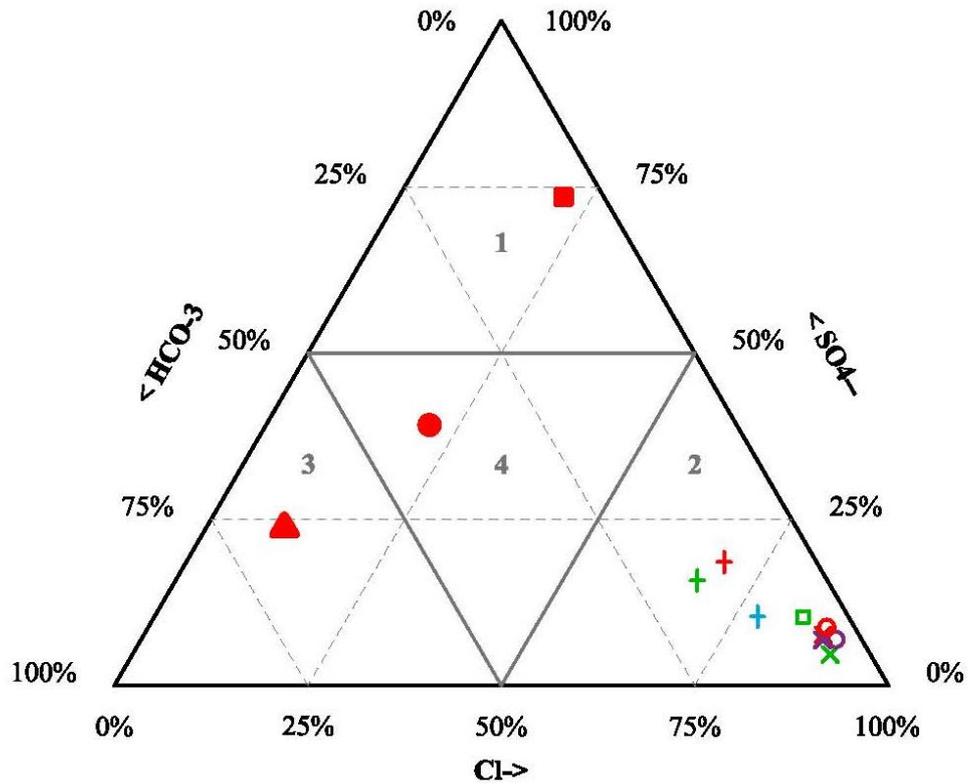
Per quanto riguarda le sorgenti, i valori più bassi di temperatura e conducibilità si registrano in corrispondenza della sorgente Marino I, che risente probabilmente di apporti più superficiali rispetto alle altre emergenze considerate. I valori più elevati sono stati misurati invece nelle sorgenti di Marino II e Grazia, dove le acque risentono prevalentemente degli apporti idrotermali più profondi. Ad ogni modo, va considerata l'influenza del cuneo salino che si mescola alle acque delle falde idrotermali, che tende ad incrementare i valori di conducibilità elettrica nelle sorgenti più vicine al litorale, come nel caso di Marino II e Grazia.

14.7.2 Caratteristiche chimiche

In generale, le acque naturali sono caratterizzate dalla presenza di numerosi elementi chimici, in quantità e rapporti variabili in funzione dell'origine delle acque stesse e delle dinamiche idrogeologiche che ne condizionano la circolazione sotterranea. I principali elementi presenti nelle acque naturali sono:

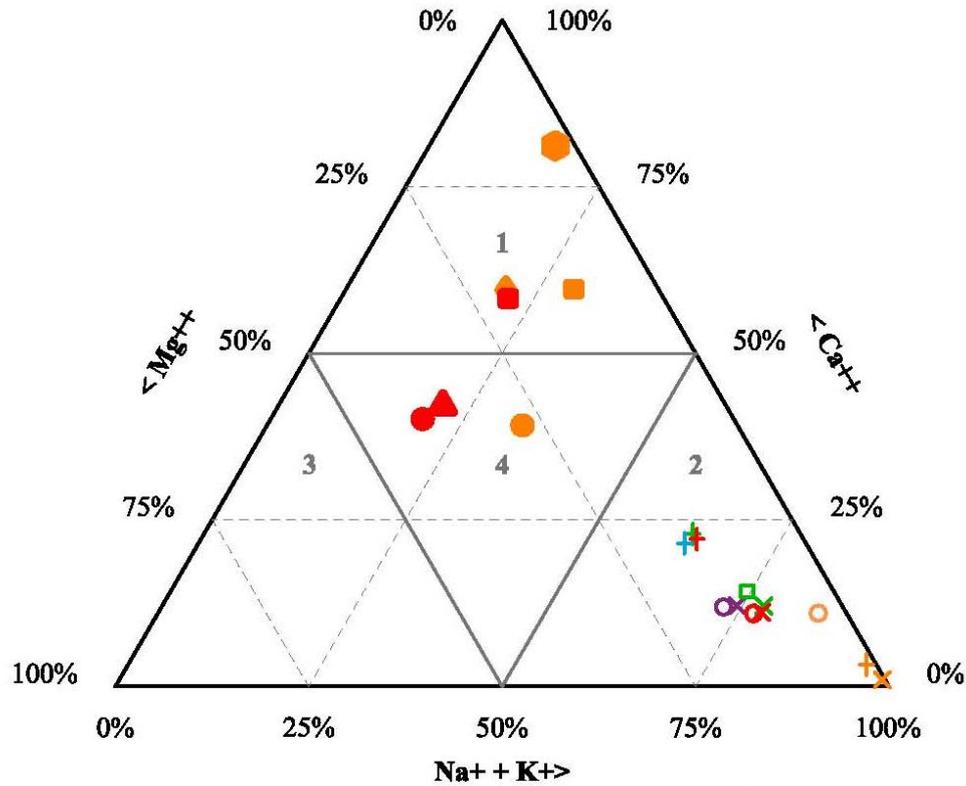
- ioni costituenti maggiori:
 - cationi: calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), sodio (Na^+), potassio (K^+);
 - anioni: cloro (Cl^-), solfato (SO_4^{--}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{--});
- ioni costituenti minori:
 - cationi: stronzio (Sr^{++}), litio (Li^+), ferro ferrico (Fe^{+++}), manganese (Mn^{++});
 - anioni: bromo (Br^-), boro (B^-), iodio (I^-);
- ioni presenti in tracce:
 - metalli;
 - composti organici;
- gas:
 - anidride carbonica (CO_2);
 - ossigeno (O_2);
 - idrogeno solforato (H_2S);
 - anidride solforosa (SO_2);
 - radon (Rn).

Pertanto, per poter analizzare le caratteristiche chimiche delle acque sono stati presi in considerazione gli ioni costituenti maggiori e la loro relativa variabilità in funzione della conducibilità elettrica. In Figura 52 e Figura 53 sono riportati i diagrammi triangolari della composizione anionica e cationica percentuale delle acque dei piezometri e delle sorgenti idrotermali analizzati. In Figura 54, invece, è riportato l'andamento della conducibilità elettrica delle acque in questione in funzione degli anioni cloruri e solfati.



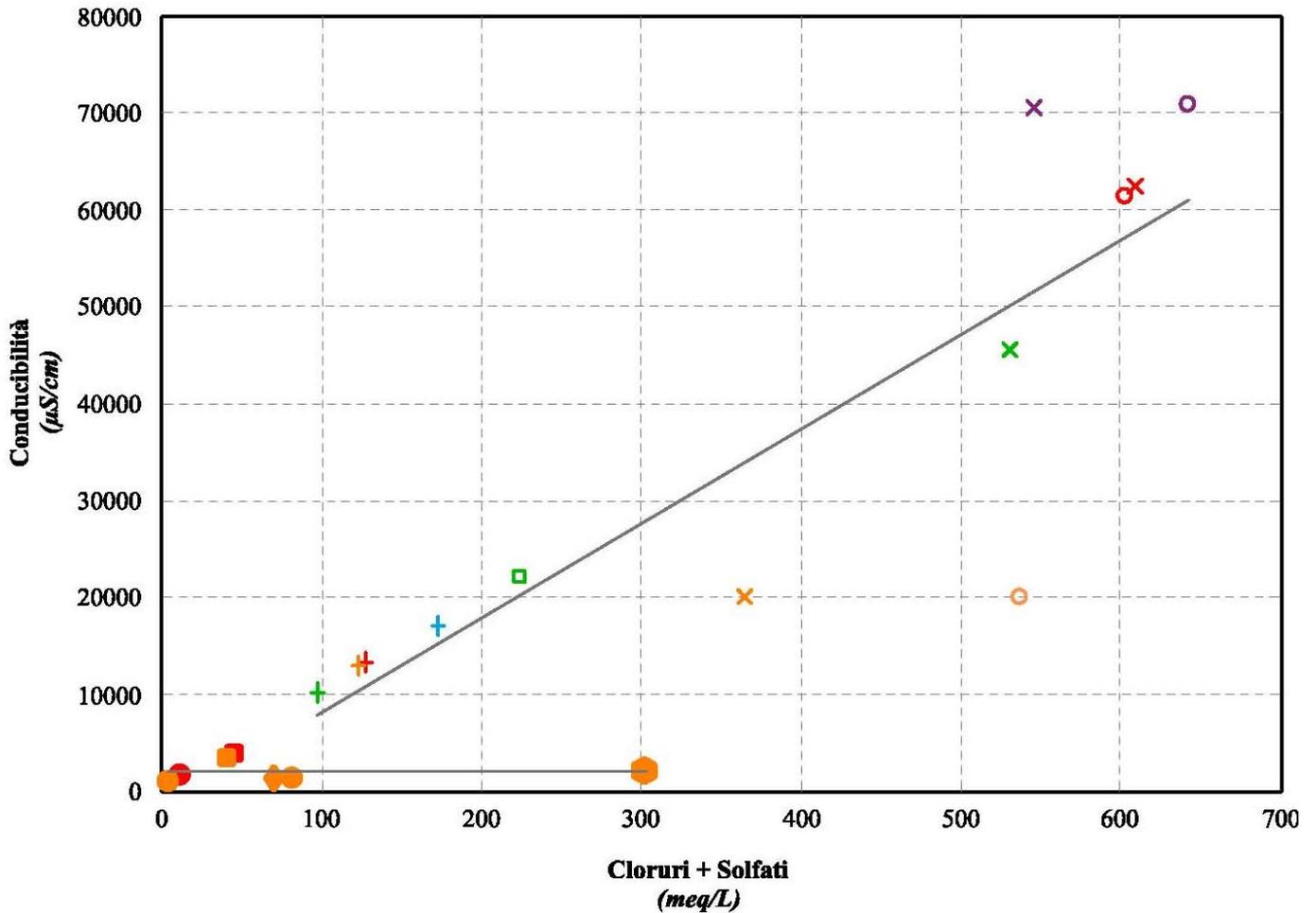
		Anno				
		1978	1987	2013	2014	2017
Sorgente	Marino I	+	+		+	+
	Marino II	x		x	x	x
	Gratana Casibile	□				
	Grazia			○	○	○
Piezometro	S1aPz				●	●
	S2aPz				■	■
	S3aPz				◆	
	S4aPz				⬡	
	S34D					▲

Figura 52 – Diagramma triangolare della composizione anionica percentuale delle acque dei piezometri e delle sorgenti idrotermali.



		Anno				
		1978	1987	2013	2014	2017
Sorgente	Marino I	+	+		+	+
	Marino II	x		x	x	x
	Gratana Caselbble	□				
	Grazia			○	○	○
Piezometro	S1aPz				○	●
	S2aPz				□	■
	S3aPz				◇	
	S4aPz				⬡	
	S34D					▲

Figura 53 – Diagramma triangolare della composizione cationica percentuale delle acque dei piezometri e delle sorgenti idrotermali.



		Anno				
		1978	1987	2013	2014	2017
Sorgente	Marino I	+	+		+	+
	Marino II	x		x	x	x
	Gratana Caselible	□				
	Grazia			○	○	○
Piezometro	S1aPz				●	●
	S2aPz				■	■
	S3aPz				◆	
	S4aPz				●	
	S34D					▲

Figura 54 – Andamento della conducibilità elettrica delle acque di piezometri e sorgenti idrotermali in funzione degli anioni cloruri e solfati.

Per quanto concerne la composizione anionica e cationica, tutti i dati a disposizione mostrano caratteristiche chimiche profondamente differenti tra le acque dei piezometri e quelle delle sorgenti idrotermali. In termini anionici, le acque idrotermali presentano una composizione clorurata, mentre quelle dei piezometri mostrano una composizione solfatica, bicarbonatica o mista. In termini cationici, invece, le acque delle sorgenti presentano una composizione alcalina, mentre quelle dei piezometri mostrano una composizione calcica o mista.

Relativamente alla concentrazione degli ioni cloruri e solfati in funzione della conducibilità elettrica, le analisi chimiche condotte evidenziano ancora una volta due distribuzioni profondamente differenti per le acque delle sorgenti idrotermali e quelle dei piezometri. Queste ultime infatti sono caratterizzate da quantità di cloruri e solfati medio-basse, del tutto indipendenti dalla conducibilità elettrica comunque piuttosto bassa. Le acque delle sorgenti idrotermali, invece, presentano valori estremamente variabili sia di conducibilità elettrica che di ioni cloruri e solfati, chiaramente dipendenti tra loro. In generale, gli ioni Cl⁻ e SO₄⁻⁻ aumentano con un gradiente di circa 0.01 meq/L/μS/cm e risultano comunque più elevati nelle sorgenti Marino II e Grazia, dove si risente almeno in parte del cuneo di ingressione marina.

14.7.3 Interpretazione dei risultati

Il monitoraggio delle acque sotterranee della zona di Ali Terme e le analisi chimico-fisiche appositamente condotte hanno permesso di definire le principali caratteristiche idrogeochimiche delle stesse e di valutare le eventuali possibili interferenze delle opere in progetto con le sorgenti idrotermali presenti nell'area.

In generale, tutti i dati a disposizione mostrano una marcata differenza tra le acque dei piezometri installati lungo il tracciato ferroviario e quelle delle sorgenti idrotermali presenti lungo la costa. Le differenze sono evidenti sia per quanto riguarda le caratteristiche fisiche che relativamente alle caratteristiche chimiche, a dimostrazione di condizioni idrogeologiche e idrogeochimiche profondamente differenti nei due casi.

Le acque delle sorgenti idrotermali presentano dei valori di temperatura e conducibilità elettrica nettamente più elevati di quelle dei piezometri, con gradienti di variabilità degli stessi chiaramente differenti e distinguibili. Anche la composizione anionica e cationica, sia assoluta che in funzione delle conducibilità, risulta differente per i diversi tipi di acque analizzate, con un chimismo prevalentemente clorurato-alcalino per le sorgenti e solfatico-calcico, bicarbonatico o misto per i piezometri.

In relazione a quanto esposto, si può quindi concludere che le acque prelevate nei piezometri e quelle delle sorgenti idrotermali provengono da circuiti idrogeologici chiaramente differenti e non interagenti tra di loro. Le acque dei piezometri presenti lungo il tracciato ferroviario, infatti, provengono da circuiti relativamente superficiali e quindi da falde contenute all'interno dei depositi alluvionali di fondovalle o nelle successioni metamorfico-sedimentarie del substrato. Le acque delle sorgenti idrotermali presenti in prossimità del litorale ionico, al contrario, provengono da circuiti più profondi e non risentono dell'interferenza delle acque meteoriche o delle falde più superficiali, a meno di locali infiltrazioni di acque salmastre di ingressione marina.

In definitiva, le analisi condotte hanno consentito di individuare due diversi circuiti di alimentazione delle acque sotterranee relative alle falde acquifere presenti lungo il tracciato e alle sorgenti idrotermali presenti lungo la costa. La relativa distanza tra la linea ferroviaria e i gruppi sorgentizi analizzati, congiuntamente alle caratteristiche idrogeologiche dell'area e ai circuiti di alimentazione delle stesse, consentono quindi di escludere qualunque tipo di interferenza diretta tra le opere in progetto e le sorgenti idrotermali, sia in termini di inquinamento che in termini di variazione del regime di circolazione idrica sotterranea.

15 DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed al profilo longitudinale ricostruito lungo l'asse del tracciato ferroviario. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne di indagine.

15.1 Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

Al Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) del progetto per il *Raddoppio della tratta Giampilieri - Fiumefreddo* appartengono i diversi tratti di tracciato compresi tra il km 13+900 e il km 42+182.

15.1.1 Tracciato

Di seguito vengono descritti, da Sud a Nord, i diversi tratti relativi al lotto 2 del tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell'area.

15.1.1.1 Galleria Taormina Fase 2 (km 13+900 – km 16+034)

Il presente tratto si colloca nella porzione centro-meridionale dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra 21.1 e 37.8 m circa *s.l.m.*. Nei settori Sud-occidentali, il tracciato intercetta le Epimetamorfite del Vallone Letojanni (**GLD**), che sono tettonicamente interessate da estese faglie dirette ad asse circa NW-SE. Dopo tali elementi, il tracciato intercetta i litotipi delle Epimetamorfite di Longi-Taormina (**TAM**), che verso il basso risultano tettonicamente sovrapposte ai termini litologici dei Calcari di Mazzarò (**GCM**) e delle Epimetamorfite del Vallone Letojanni (**GLD**). In seguito, a due estese faglie dirette ad alto angolo la galleria in questione intercetta i litotipi carbonatici dei Calcari di Mazzarò (**GCM**), sempre in sovrascorrimento sui litotipi delle Epimetamorfite del Vallone Letojanni (**GLD**). Infine nella porzione Nord-orientale del tratto, il tracciato ferroviario attraversa i depositi arenaceo-pelitici del Flysch di Capo d'Orlando (**CODe**) che passano, verso il basso, attraverso un *thrust* ai litotipi arenaceo-marnosi della medesima successione (**COdb**).

Tutti i dati disponibili (cfr. 14.4 “Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi”) hanno evidenziato valori di GSI, per i litotipi delle Epimetamorfite del Vallone Letojanni, compresi tra 10 e 30. In seguito, i litotipi intatti delle Epimetamorfite di Longi-Taormina mostrano un *range* compreso tra 30 e 45, mentre i litotipi alterati e/o fratturati mostrano valori variabili tra 10 e 30. Inoltre, i litotipi dei Calcari di Mazzarò presentano valori di GSI compresi tra 15 e 30. Infine, i litotipi intatti dei depositi arenaceo-pelitici e arenaceo-marnosi del Flysch di Capo d'Orlando mostrano valori di GSI compresi rispettivamente tra 35 e 45 e tra 30 e 45, mentre i litotipi fratturati e/o alterati dei

depositi arenaceo-pelitici presentano valori variabili tra 25 e 35 (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 001).

Dal punto di vista geomorfologico, l'imbocco Nord-orientale risulta privo di elementi morfoevolutivi che rappresentino una potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico per il tratto iniziale non sono presenti dati di monitoraggio piezometrico, anche se è possibile ipotizzare la presenza di una falda a superficie libera all'interno del complesso metamorfico (**GLD**) e in corrispondenza delle porzioni più alterate del complesso calcareo-dolomitico (**GCM**). Infine, si sottolinea la presenza locali falde sospese all'interno delle porzioni arenacee più permeabili del substrato (**CODE**), con superficie piezometrica posta al di sopra della galleria in esame a quote variabili tra i 57.4 e i 68.6 m s.l.m.. Mentre, nel tratto finale i dati piezometrici a disposizione (cfr. S18D) mostrano un livello che interessa direttamente il cavo della galleria in esame, ad una quota di circa 39.9 e 43.3 m s.l.m..



Foto 34 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l'imbocco Nord-orientale della galleria in esame.

15.1.1.2 Opere all'aperto T. Letojanni (km 16+034 – km 16+294)

Il viadotto in progetto si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di studio, a quote mediamente variabili tra 20.1 e 53.6 m s.l.m.. Il tracciato attraversa per buona parte del suo sviluppo i depositi alluvionali recenti del Torrente Letojanni (**bb**) che presentano uno spessore massimo di circa 39.8 m, localmente ricoperti da lembi poco spessi di depositi alluvionali attuali (**ba**), coltri detritico-colluviali (**b2**) e riporto antropico di ridotto spessore. I suddetti terreni si rinvergono generalmente, nel settore in oggetto, in appoggio sui litotipi arenaceo-marnosi del Flysch di Capo d'Orlando (**CODb**), che a loro volta sono presenti in affioramento lungo i margini settentrionale e meridionale del fondovalle.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno degli attraversamenti del Torrente Letojanni al km 16+068 e del Torrente Gallodoro al km 16+224.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si evidenzia la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali recenti del fondovalle (**bb**), posta a quote variabili tra i 17.6 ed i 19.8 m circa s.l.m.. In tale settore è possibile ipotizzare un livello piezometrico massimo, in corrispondenza degli eventi di piena del Torrente Letojanni, a quote prossime al piano campagna e variabili tra i 19.8 e i 21.5 m s.l.m..

15.1.1.3 Galleria Letojanni (km 16+294 – km 20+160)

Il tratto in esame si colloca nel settore centrale dell'aria di studio e presenta quote del piano ferro comprese tra i 38.8 ed i 46.5 m circa s.l.m.. Nel settore meridionale, il tracciato intercetta i terreni arenaceo-marnosi del Flysch di Capo d'Orlando (**CODb**), progressivamente passanti verso Nord ai termini conglomeratico-sabbiosi della medesima formazione (**CODa**). All'altezza del km 18+370, i suddetti litotipi sono dislocati da una importante faglia diretta ad asse NE-SW, che ribassa i settori Sud-occidentali di alcune decine di metri. Intorno al km 18+508, la galleria intercetta un'ulteriore faglia diretta ad asse circa NNE-SSE, che mette a contatto i termini silicoclastici infra-cenozoici coi terreni del basamento metamorfico paleozoico. A Nord di tale elemento, quindi, il tracciato intercetta i litotipi delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), che risultano interessati da una estesa faglia subverticale all'altezza del km 19+573. Infine, alla base dei rilievi e lungo i principali corsi d'acqua si rinvergono locali depositi alluvionali attuali (**ba**) e coltri detritico-colluviali (**b2**), particolarmente importanti in corrispondenza dell'imbocco Nord-orientale della galleria in questione.

Tutti i dati disponibili (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") hanno evidenziato valori di GSI, per i terreni arenaceo-marnosi intatti del Flysch di Capo d'Orlando, compresi tra 45 e 55, mentre i terreni alterati mostrano valori variabili tra 30 e 45. Inoltre, ai termini conglomeratico-sabbiosi del Flysch di Capo d'Orlando sono assegnati valori compresi tra 30 e 45. Infine, i litotipi delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina presentano un *range* di GSI compreso tra 25 e 40 per la porzione intatta e un *range* compreso tra 10 e 25 per la porzione più fratturata (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 002-3).

Dal punto di vista geomorfologico, in corrispondenza dell'imbocco Sud-occidentale i rilievi di campo hanno evidenziato un dissesto gravitativo superficiale di piccole dimensioni. Le osservazioni dirette in sito consentono di classificare il fenomeno come scivolamento superficiale, con stato attivo e distribuzione debolmente retrogressiva. Si tratta di un fenomeno di modeste dimensioni che coinvolge esclusivamente le coltri superficiali, con spessore delle masse mobilizzate stimato nell'ordine di 2 metri. In relazione alle ridotte dimensioni del dissesto, all'intensità specifica e alla tipologia di opere specifiche (imbocco galleria con bonifica litologica e sbancamenti preparatorio del settore d'imbocco), tale fenomeno non rappresenta una criticità per il progetto.

Mentre, l'imbocco Nord-orientale risulta caratterizzato dalla presenza coltri eluvio-colluviali e di una conoide alluvionale quiescente in corrispondenza del Torrente Boschetto. Quest'ultimo verso monte è caratterizzato dalla

presenza di canali di colata detritica, comunque tale elemento non rappresenta un elemento di potenziale pericolosità per le opere.

Sotto l'aspetto idrogeologico, si sottolinea invece la presenza di corpi idrici sotterranei all'interno del complesso arenaceo-marnoso (**CODb**), sul versante lato Taormina, poste a quote di circa 105 m s.l.m. e in corrispondenza delle porzioni più alterate del substrato metamorfico (**TAM**), con quota piezometrica posta di circa 42.3 s.l.m..

15.1.1.4 Opere all'aperto T. Fondaco Parrino (km 20+160 – km 20+294)

Tale tratto di colloca nel settore centrale dell'area di studio, a quote mediamente comprese tra 33.1 e 53.1 m s.l.m.. Il tracciato attraversa, per buona parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti del Torrente Fondaco Parrino (**bb**), con spessori mediamente variabili tra 1.5 e 19.3 m. Tali terreni poggiano in discordanza sui litotipi delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) e sono ricoperti, localmente, da depositi alluvionali attuali (**ba**) e coltri eluvio-colluviali (**b2**) di esiguo spessore. All'altezza del km 20+240, al di sotto delle coperture quaternarie è presente una estesa faglia sub-verticale ad andamento NW-SE, che disloca i litotipi del substrato metamorfico presenti al di sotto dei depositi di copertura che colmano il fondovalle.

Sotto l'aspetto geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Torrente Fondaco Parrino all'altezza del km 20+218. Ad ogni modo, si sottolinea la presenza di una modesta conoide alluvionale quiescente che, comunque, non costituisce un elemento di possibile criticità per le opere in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, invece, si evidenzia la presenza di una falda a superficie libera di scarsa importanza all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle (**bb**), con livello piezometrico posto tra i 29.1 ed i 38.3 m s.l.m.. In tale settore è possibile ipotizzare un livello piezometrico prossimo al piano campagna in corrispondenza degli eventi di piena, con quota piezometrica posta tra i 33.0 e 42.1 m s.l.m..

15.1.1.5 Galleria Forza d'Agrò (km 20+294 – km 22+761)

La galleria in esame si colloca nel settore centrale dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra 45.7 e 49.5 m s.l.m.. Nel tratto Sud-occidentale, il tracciato intercetta inizialmente Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) passanti in contatto stratigrafico ai termini sedimentari (**GLO**) e carbonatici (**GLOa**) del Conglomerato rosso. Questo settore è caratterizzato dalla presenza di almeno tre fronti di sovrascorrimento a vergenza Sud-occidentale, a loro volta variamente dislocati da faglie dirette e trascorrenti ad alto angolo. Nel settore Nord-orientale, invece, la galleria in questione interessa unicamente i termini filladici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), che risultano giustapposti ai litotipi del Conglomerato rosso (**GLO**) mediante una faglia di cinematica sconosciuta sub-verticale ad asse NE-SW. In corrispondenza degli imbocchi, infine, il tracciato intercetta locali lembi di depositi detritico-colluviali (**b2**) di esiguo spessore.

I valori di GSI calcolati per la galleria in esame, grazie ai dati disponibili (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi"), hanno evidenziato, per i terreni delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina, un *range* compreso tra 10 e 20. Mentre, in corrispondenza dei termini sedimentari del Conglomerato rosso i valori di GSI risultano compresi tra 10 e 30, e in corrispondenza dei termini carbonatici della medesima unità, tali valori risultano compresi tra 25 e 35. Nel tratto finale i termini filladici delle Metamorfiti di Mandanici presentano valori di GSI compresi tra 20 e 35 per la porzione intatta, e valori compresi tra 10 e 20 per la porzione fratturata e/o alterata (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 004-5).



Foto 35 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l’imbocco Nord-orientale della galleria in esame.

Dal punto di vista geomorfologico, l’imbocco Sud-occidentale della galleria si colloca in corrispondenza della parte bassa di un esteso versante interessato da deformazioni viscoso delle coltri (*creep* e/o soliflusso) e movimenti franosi superficiali con stato attivo. I suddetti fenomeni non interessano direttamente l’imbocco della galleria ma, ad ogni modo, dovrà essere attentamente valutata la possibile interferenza tra le opere in progetto e l’evoluzione geomorfologica complessiva dell’intero versante in questione. L’imbocco Nord-orientale della galleria, invece, ricade nella parte alta di due conoidi di origine mista che, comunque, non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, infine, si sottolinea la presenza di diverse falde sospese all’interno dei termini sedimentari (**GLO** e **GLOa**) e metamorfici (**FDN**) del substrato, poste al di sopra della calotta della galleria a quote variabili tra i 56.0 e gli 88.1 m s.l.m.. Mentre, in corrispondenza dell’imbocco Nord-orientale i dati di monitoraggio mostrano un livello piezometrico a circa 35.8 m s.l.m., al di sotto della quota della galleria in esame.

15.1.1.6 Opere all’aperto Fiumara d’Agrò (km 22+761– km 23+486)

Il presente tratto ricade nella porzione centrale del settore di interesse, a quote variabili tra i 26.1 ed i 50.3 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti della Fiumara d’Agrò (**bb**), qui caratterizzati da uno spessore medio di circa 35.0 m. Nei settori centrali della piana, tali terreni sono

ricoperti da riporti antropici di ridotto spessore, mentre lungo i margini del fondovalle si rinvencono sottili coperture di coltri detritico-colluviali (**b2**). In corrispondenza, del fondovalle della Fiumara d'Agro si rinvencono depositi alluvionali attuali (**ba**) con uno spessore di circa 9.2 m. Il substrato dell'area è costituito dai litotipi delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Lungo il margine settentrionale della valle, all'altezza del km 23+394, i termini delle filladi del substrato sono interessati da una estesa faglia trascorrente ad alto angolo, ad andamento NW-SE.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento della Fiumara d'Agro tra il km 23+208 e il km 23+288 e di due conoidi di origine mista lungo il fianco meridionale della valle, che comunque non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Relativamente agli aspetti idrogeologici, infine, si evidenzia la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali recenti e attuali del fondovalle (**ba** e **bb**), con superficie piezometrica mediamente compresa tra 27.0 e 33.1 m circa s.l.m..

15.1.1.7 Galleria Sciglio (km 23+486 – km 32+745)

Il tratto in questione si colloca nella porzione centrale del settore di interesse progettuale e presenta quote del piano ferro variabili tra 32.2 e 50.3 m s.l.m.. Nei settori Sud-occidentali del tratto, la galleria intercetta un lembo poco esteso delle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**) e, quindi, i termini prevalentemente filladici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Queste ultime risultano tettonicamente sottoposte ai termini a paragneiss gneiss del Complesso metamorfico varisico (**PMAb**) e localmente interessate da faglie dirette e trascorrenti ad alto angolo, orientate mediamente in direzione NW-SE. Tra il km 26+590 e il km 26+948 circa, quindi, il tracciato attraversa di depositi alluvionali recenti del Torrente Savoca (**bb**), che in questo settore presentano uno spessore massimo di circa 40.0 m. I suddetti terreni risultano estesamente ricoperti da riporti antropici, coltri detritico-colluviali (**b2**) e depositi alluvionali attuali (**ba**), mentre mascherano al centro della piana una importante faglia diretta responsabile della giustapposizione di differenti unità tettoniche. In particolare tale faglia ribassa i settori meridionale e mette in contatto i termini delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), con i termini del Verrucano peloritano di Taormina (**VEP2**). Questi ultimi risultano in contatto stratigrafico verso l'alto con i termini dei Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**) e verso il basso sui termini dell'Unità tettonica di Longi-Taormina, qui rappresentati dalle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**). Le suddette unità sono caratterizzate da contatti stratigrafici a vergenza settentrionale, ma risultano comunque interessate da faglie dirette e trascorrenti ad asse circa NW-SE. All'altezza del km 27+483 circa, attraverso una faglia trascorrente tali unità passano ai termini litologici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), intercettate dalla galleria fino al km 28+729 circa. Verso Nord, a seguito di un'estesa faglia diretta che ribassa i settori Sud-occidentali, il tracciato intercetta nuovamente le Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) e le Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), messe sempre in contatto da un esteso fronte di sovrascorrimento a cui è associata un'ampia fascia cataclastica. In seguito, il tracciato intercetta localmente, i litotipi carbonatici delle Calcareniti di Floresta (**CFL**) in contatto stratigrafico con i litotipi della Formazione di San Pier Niceto (**PCTb**). Tali unità presentano un assetto piuttosto regolare e sono interessate, in più punti, da faglie dirette e subverticali con differenti orientazioni e risultano stratigraficamente ricoperti nella parte alta del rilievo dai terreni conglomeratico-sabbiosi delle Ghiaie e sabbie di Messina (**MSS**) e localmente dai Conglomerati di Allume (**LLM**). Questi ultimi si rinvencono a pochi metri sopra la calotta della galleria nel tratto centro-settentrionale. Solo in corrispondenza dell'imbocco Nord-orientale della galleria in questione, il tracciato intercetta un'estesa fascia di depositi detritico-colluviali (**b2**) di discreto spessore.

Tutti i dati disponibili per la galleria in esame (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") hanno evidenziato valori di GSI, per i termini delle Metamorfiti di Mandanici, variabili tra 20 e 35 per la porzione prevalentemente intatta, e valori variabili tra 10 e 20 per la porzione fratturata e/o alterata. Inoltre, i termini del

Verrucano peloritano di Taormina presentano valori di GSI compresi tra 35 e 50. In seguito, i termini dei Calcari e dolomie di Taormina mostrano valori compresi tra 25 e 40. Inoltre, i valori calcolati per le Epimetamorfiti di Longi-Taormina risultano compresi tra 20 e 35 per la porzione intatta e tra 10 e 20 per la porzione fratturata e/o alterata. Infine, i litotipi carbonatici delle Calcareniti di Floresta presentano valori di GSI compresi tra 30 e 40 (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 006-7).

Sotto l'aspetto geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare rilevanza in corrispondenza di entrambi gli imbocchi della galleria, a meno della presenza di un solco di erosione concentrata immediatamente a valle dell'imbocco Nord-orientale della galleria.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di importanti falde a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali attuali e recenti (**ba** e **bb**) che colmano i principali fondovalle dell'area. In corrispondenza del Torrente Savoca, la falda è posta a quote variabili tra i 34.0 ed i 41.1 m circa s.l.m. e intercetta quindi l'asse della galleria in progetto. In tale settore inoltre, è possibile ipotizzare un livello piezometrico che si stabilizzi circa prossimo al piano campagna, in concomitanza con eventi di piena, quindi posto a quote comprese tra 53.5 e 59.7 m s.l.m.. Lungo il fondovalle del Torrente Pagliara, invece, la falda è posta ben al di sopra della calotta della galleria in questione e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra i 79.2 e i 79.9 m circa s.l.m.. Anche in questo settore è possibile ipotizzare un livello piezometrico prossimo al piano campagna in corrispondenza degli eventi di piena, con una superficie piezometrica posta a circa 91.2 m s.l.m.. Inoltre, all'interno delle porzioni più alterate e fessurate del substrato metamorfico (**FDN**) e ghiaioso-sabbioso (**MSS**), i dati di monitoraggio a disposizione hanno evidenziato la presenza di alcune falde stagionali di ridotta rilevanza, poste a quote variabili tra i 50.8 ed i 102.7 m circa s.l.m.. Infine, si sottolinea la presenza, in corrispondenza dell'imbocco Nord-orientale, di modeste falde idriche a carattere stagionale all'interno delle porzioni più superficiali ed alterate del substrato (**FDN**), con superficie piezometrica posta a 49.5 m circa s.l.m., che interessa direttamente il cavo della galleria.



Foto 36 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l’imbocco Nord-orientale della galleria in esame.

15.1.1.8 Opere all’aperto T. Fiumedinisi (km 32+745 – 33+436)

Il tratto in esame ricade nel settore centro-settentrionale dell’area di intervento, a quote comprese tra 28.1 e 48.8 m s.l.m.. Il tracciato attraversa, per quasi tutto il suo sviluppo, i depositi alluvionali attuali (**ba**) e recenti (**bb**) del Torrente Fiumedinisi, che nell’area in esame risultano caratterizzati da uno spessore massimo mediamente di 40.0 m. Lungo i margini della valle alluvionale, sono presenti locali coperture detritico-colluviali (**b2**) di limitato spessore, oltre a depositi antropici connessi con le principali infrastrutture a rete dell’area. Nel settore Sud-occidentale il substrato geologico dell’area è rappresentato dalle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) dislocato da una faglia diretta ad alto angolo ad asse circa NE-SW. Mentre nel tratto Nord-orientale esso è costituito dai litotipi del Verrucano peloritano di Ali (**VEP1**). Il contratto tra le due formazioni si verifica, in particolare, mediante un *thrust* a basso angolo a vergenza orientale.

Dal punto di vista geomorfologico, l’unico elemento di possibile criticità per le opere in progetto è rappresentato dall’attraversamento del Torrente Fiumedinisi, all’altezza del km 32+948.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera all’interno dei depositi alluvionali del fondovalle (**bb**), con livello piezometrico posto tra i 10.7 ed i 16.2 m circa s.l.m.. In tale settore è possibile ipotizzare un livello piezometrico prossimo al piano campagna in concomitanza con eventi di piena, con quota piezometrica posta tra i 26.8 e 32.9 m s.l.m.. Inoltre è possibile ipotizzare la presenza di piccole falde sospese all’interno delle porzioni più alterate e fessurate dei termini metamorfici del substrato (**FDN**).

15.1.1.9 Galleria Nizza (km 33+436 – km 33+928)

Il tratto in questione si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra 43.4 e 42.5 m s.l.m.. Nel tratto iniziale il tracciato intercetta i depositi delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) sovrascorse sui termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**). Questi ultimi risultano interessati da una importante faglia diretta ad alto angolo all'altezza del km 33+698. Nel tratto finale, invece, la galleria attraversa i sedimenti clastici dei Conglomerati di Allume (**LLM**) e un lembo di coltri eluvio-colluviali (**b2**) di limitato spessore. I depositi pleistocenici poggiano in discordanza sui termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**).

I valori di GSI calcolati per la galleria in esame, grazie ai dati disponibili (cfr. 14.4 “Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi”), hanno evidenziato, per i terreni delle Metamorfiti di Mandanici, un *range* compreso tra 5 e 15. Mentre, in corrispondenza dei termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì, i valori di GSI risultano compresi tra 20 e 35 (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 008-9).



Foto 37 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l'imbocco Sud-occidentale della galleria in esame.

Dal punto di vista geomorfologico, entrambi gli imbocchi della galleria risultano privi di elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda di ridotta estensione e a carattere stagionale, all'interno delle porzioni più superficiali ed alterate del substrato metamorfico dell'area (**FDN** e **VEP1**),

caratterizzata da un livello piezometrico posto ad una quota variabile tra circa 34.6 e 49.1 m s.l.m. che interessa direttamente il cavo della galleria in esame.

Infine si evidenzia che le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate nel piezometro S1aPz hanno evidenziato la presenza di un'elevata concentrazione di agenti aggressivi, quali anidride carbonica disciolta (CO₂), ione magnesio (Mg⁺⁺) e ione solfato (SO₄⁻), pertanto per le opere a diretto contatto con tali acque di falda è necessario considerare un'adeguata classe di esposizione dei calcestruzzi i (UNI-EN 206-2016 / UNI 11104-2016).

15.1.1.10 Opere all'aperto viadotto Satano (km 33+928 – km 34+336)

Questo tratto ricade nella porzione settentrionale dell'area in esame, a quote mediamente comprese tra i 25.8 ed i 47.5 m s.l.m.. Il tracciato attraversa essenzialmente i depositi alluvionali recenti del fondovalle (**bb**), con uno spessore di circa 30 m, e le relative coperture detritico-colluviali (**b2**). Lungo il margine Sud-occidentale della valle il substrato è costituito dai sedimenti grossolani dei Conglomerati di Allume (**LLM**), in contatto stratigrafico discordante sui termini filladici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Sul fianco Nord-orientale del fondovalle, invece, il substrato geologico dell'area è rappresentato dai termini metamorfici del Verrucano peloritano di Ali (**VEP1**), tettonicamente giustapposti alle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) mediante una faglia diretta intercettata all'altezza del km 34+217.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno della presenza di un alveo in approfondimento poco immediatamente a NW del tratto in questione.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una modesta falda freatica all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle (**bb**) e nei terreni conglomeratico-sabbiosi del substrato (**LLM**), con superficie piezometrica posta tra i 5.7 ed gli 8.6 m circa s.l.m.. In tale settore è possibile ipotizzare la presenza di un livello piezometrico prossimo al p.c. in corrispondenza degli eventi di piena, ad una quota variabile tra circa 25.6 e 26.9 m s.l.m..

Infine si evidenzia che le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate nel piezometro S1aPz hanno evidenziato la presenza di un'elevata concentrazione di agenti aggressivi, quali anidride carbonica disciolta (CO₂), ione magnesio (Mg⁺⁺) e ione solfato (SO₄⁻), pertanto per le opere a diretto contatto con tali acque di falda è necessario considerare un'adeguata classe di esposizione dei calcestruzzi i (UNI-EN 206-2016 / UNI 11104-2016).

15.1.1.11 Galleria Ali (km 34+336 – km 34+480)

Tale tratto si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra 41.4 e 41.6 m s.l.m.. Il tracciato intercetta, per tutto il suo sviluppo, i termini metamorfici del Verrucano peloritano di Ali (**VEP1**), stratigraficamente ricoperti nella parte alta del rilievo da un lembo di depositi alluvionali terrazzati (**gn**). Solo in corrispondenza dell'imbocco Nord-orientale della galleria in questione, il tracciato intercetta un'estesa fascia di depositi detritico-colluviali (**b2**) di modesto spessore.

I valori di GSI calcolati per la galleria in esame, grazie ai dati disponibili (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi"), hanno evidenziato, per i termini metamorfici del Verrucano peloritano di Ali, che interessano interamente la galleria in esame, un *range* dei valori di GSI variabile tra 20 e 35 (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 009).

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto per entrambi gli imbocchi della galleria in esame.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di locali falde stagionali all'interno delle porzioni più permeabili del substrato metamorfico dell'area (**VEP1**), evidenziata dai dati di monitoraggio con una quota di 38.6 m circa s.l.m., ovvero poco al di sotto della galleria in esame.

Infine si evidenzia che le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate nei piezometri S2aPz e S3aPz hanno evidenziato la presenza di un'elevata concentrazione di agenti aggressivi, quali anidride carbonica disciolta (CO₂), ione magnesio (Mg⁺⁺) e ione solfato (SO₄⁻), pertanto per le opere a diretto contatto con tali acque di falda è necessario considerare un'adeguata classe di esposizione dei calcestruzzi i (UNI-EN 206-2016 / UNI 11104-2016).

15.1.1.12 Opere all'aperto T. Alì (km 34+480 – km 34+755)

Tale tratto si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio, a quote variabili tra 25.3 e 48.7 m s.l.m.. Il tracciato intercetta, nel tratto iniziale, i termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**), con locali lembi di coltri detritico-colluviali (**b2**) di limitato spessore. Nel settore centrale del tratto, il tracciato attraversa i depositi alluvionali recenti del Torrente Alì (**bb**), con uno spessore massimo di circa 50.0 m, e locali lembi di depositi alluvionali attuali (**ba**) e detritico-colluviali (**b2**) di limitato spessore. Nel settore Nord-orientale, infine, la tratta in questione intercetta nuovamente i litotipi del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**), in sovrascorrimento sui termini carbonatici delle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**). Come evidenziato dai rilievi di campo condotti e dai risultati del sondaggio S4aPz, il contatto tettonico è marcato da una fascia cataclastica con spessore di alcune decine di metri, in corrispondenza della quale i litotipi del substrato carbonatico e metamorfico risultano completamente destrutturati e fortemente alterati.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Torrente Alì all'altezza del km 34+605.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle (**bb**), con livello piezometrico posto tra i 1.4 e 2.0 m circa s.l.m.. Anche nell'area in esame è possibile ipotizzare la presenza di una falda prossima al piano campagna in concomitanza con eventi di piena, con una quota compresa tra 25.1 e 26.6 m s.l.m..

Infine si evidenzia che le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate nel piezometro S3aPz hanno evidenziato la presenza di un'elevata concentrazione di agenti aggressivi, quali anidride carbonica disciolta (CO₂), ione magnesio (Mg⁺⁺) e ione solfato (SO₄⁻), pertanto per le opere a diretto contatto con tali acque di falda è necessario considerare un'adeguata classe di esposizione dei calcestruzzi i (UNI-EN 206-2016 / UNI 11104-2016).

15.1.1.13 Galleria Quali (km 34+755 – km 38+943)

Il presente tratto è ubicato nel settore settentrionale della zona di studio e mostra una quota del piano ferro variabile tra i 26.5 e i 40.8 s.l.m.. Il tracciato interessa, nel settore Sud-occidentale, i termini metarenitici e metaconglomeratici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**). Tali litotipi poggiano, attraverso un sovrascorrimento a basso angolo, sui termini calcareo-dolomitici delle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**). Come descritto in precedenza, il contatto tettonico è marcato da una fascia cataclastica con spessore di alcune decine di metri, in corrispondenza della quale i litotipi del substrato carbonatico e metamorfico risultano completamente destrutturati e fortemente alterati. Il tracciato intercetta diverse formazioni dell'Unità tettonica di Alì, rappresentate dai termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**) e da quelli calcareo-marnosi delle Dolomie evaporitiche di Casello (**ALD**) e Calcilutiti di Casello (**ACS**). Tali unità presentano complessi rapporti stratigrafico-strutturali e, infatti, sono messe a contatto da numerosi sovrascorrimenti e faglie dirette di varia estensione ed importanza. Nel settore Nord-orientale, grazie ad una faglia sub-verticale all'altezza del km 35+928, la galleria impegna per circa 1+700 m i termini metamorfici delle Metamorfiti di Alì (**MMF**), per poi passare nuovamente ai termini del

Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**). Tali litotipi sono variamente dislocati da numerose faglie dirette ad alto angolo e, in generale, costituiscono una estesa anticlinale coricata connessa al sovrascorrimento nella porzione centro-meridionale del tracciato.

Tutti i dati disponibili per la galleria in esame (cfr. 14.4 “Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi”) hanno evidenziato valori di GSI, per i termini metamorfici del Verrucano peloritano di Alì, variabili tra 35 e 50 per la porzione intatta, e tra 20 e 35 per la porzione prevalentemente alterata e/o fratturata. Inoltre, i termini calcareo-marnosi delle Calcilutiti di Casello e delle Dolomie evaporitiche di Casello mostrano valori del GSI compresi rispettivamente tra 20 e 35 e tra 10 e 25. Infine, i termini metamorfici delle Metamorfiti di Alì sono caratterizzati da valori di GSI compresi nel *range* tra 30 e 45 per la porzione intatta e tra 10 e 20 per la porzione alterata e/o fratturata (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 010-11).



Foto 38 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l’imbocco Nord-orientale della galleria in esame.

Dal punto di vista geomorfologico, gli imbocchi della galleria sono privi di elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di locali falde sospese a carattere stagionale poste al di sopra della galleria, contenute nelle porzioni più superficiali ed alterate del substrato metamorfico (**VEP1** e **MMF**) e caratterizzate da un livello piezometrico posto a quote variabili tra i 35.4 m circa s.l.m., nel settore dell'imbocco sud, e tra 59.5 e 114.2 m circa s.l.m., nel settore centrale della galleria, mentre nel settore dell'imbocco nord i dati a disposizione evidenziano la presenza di un livello piezometrico a quote di circa 70.4 m s.l.m. con un marcato gradiente che tende a ricollegarsi con il locale fondovalle presente immediatamente nord-est di Scaletta.

Infine si evidenzia che le analisi chimiche condotte sulle acque prelevate nel piezometro S4aPz hanno evidenziato la presenza di un'elevata concentrazione di agenti aggressivi, quali anidride carbonica disciolta (CO₂), ione magnesio (Mg⁺⁺) e ione solfato (SO₄⁻), pertanto per le opere a diretto contatto con tali acque di falda è necessario considerare un'adeguata classe di esposizione dei calcestruzzi i (UNI-EN 206-2016 / UNI 11104-2016).

15.1.1.14 Opere all'aperto T. Itala (km 38+943 – km 39+205)

Il presente tratto è ubicato nel settore settentrionale della zona di studio, a quote variabili tra i 12.7 ed i 30.6 m circa s.l.m.. Il tracciato intercetta, per buona parte del suo sviluppo, i terreni dei depositi alluvionali recenti (**bb**) e attuali (**ba**) del Torrente Itala. Questi litotipi presentano uno spessore massimo di circa 30.0 m e sono ricoperti, verso Sud, da coltri antropiche e detritico-colluviali (**b2**) di limitato spessore. Lungo il margine meridionale della valle, il substrato geologico è rappresentato dai litotipi del Verrucano peloritano di Alì (**VEP1**), in appoggio stratigrafico sui terreni delle Metamorfiti di Alì (**MMF**). In corrispondenza del bordo settentrionale del fondovalle, invece, il substrato dell'area è costituito da termini filladici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). Il contatto tra i differenti litotipi del substrato si verifica al di sotto delle coperture alluvionali, mediante una faglia diretta ad alto angolo ad asse circa NW-SE, che ribassa i settori Nord-orientali di diverse decine di metri.

Sotto l'aspetto geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Torrente Itala all'altezza del km 39+147.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle (**bb**), con superficie piezometrica posta tra i 4.3 ed i 4.9 m s.l.m.. in tale settore è possibile ipotizzare la presenza di una superficie piezometrica prossima al p.c. in concomitanza con eventi di piena, posta a quote variabili tra 12.8 e 14.2 m s.l.m.. Inoltre, sono presenti locali falde stagionali in corrispondenza delle porzioni più alterate del substrato metamorfico (**FDN** e **VEP1**), con superficie piezometrica variabile tra gli 11.5 ed i 18.4 m circa s.l.m..

15.1.1.15 Galleria Scaletta (km 39+205 – km 41+942)

Tale tratto si colloca nel settore settentrionale dell'area di interesse progettuale e mostra una quota del piano ferro variabile tra 17.1 e 25.3 m s.l.m.. La galleria intercetta, per gran parte del suo sviluppo, i termini litologici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**) e, solo nel tratto Nord-orientale, i litotipi del Complesso metamorfico varisico (**PMAa**), in appoggio tettonico a basso angolo sui litotipi filladici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**). In particolare, le suddette unità risultano sovrapposte da importanti sovrascorrimenti a vergenza Sud-orientale e sono interessate, in più punti, da importanti faglie dirette ad alto angolo ad asse circa NW-SE e WNW-ESE. Mentre nella porzione settentrionale, sovrapposti ai paragneiss del Complesso metamorfico varisico (**PMAa**) sia stratigraficamente che mediante un *thrust* a medio-basso angolo ad asse circa NE-SW si rinvencono i marmi della medesima unità (**PMAc**).

Tutti i dati disponibili (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") hanno evidenziato valori di GSI, per i termini litologici delle Metamorfiti di Mandanici, variabili tra 20 e 35 per la porzione intatta e tra 10 e 20 per

la porzione più alterata e/o fratturata. Inoltre, nel settore centrale tali litotipi risultano particolarmente fratturati e presentano dei valori di GSI compresi tra 5 e 10. Infine, ai paragneiss del Complesso metamorfico varisco sono assegnati valori compresi tra 5 e 10 per la porzione centrale e fratturata, e valori compresi tra 15 e 25 per la porzione più alterata nel settore finale della galleria in esame (cfr. RS2S 02 D69 F5 GE0001 001-8, RS2S 02 D69 G6 GE0001 012-13).



Foto 39 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l’imbocco Sud-occidentale della galleria in esame.

Dal punto di vista geomorfologico, si sottolinea la presenza di una estesa area a franosità diffusa con stato quiescente nelle immediate vicinanze dell’imbocco Sud-occidentale della galleria. Il suddetto fenomeno non interessa direttamente il tracciato in questione e, all’attuale stato dei luoghi, non rappresenta un elemento di potenziale criticità per le opere in progetto. L’imbocco Nord-orientale della galleria, invece, ricade in corrispondenza della parte bassa di un versante interessato da un’area a franosità diffusa con stato attivo. Tale zona è caratterizzata, quindi, da piccoli scivolamenti delle coltri di copertura e da locali crolli di roccia lungo la scarpata presente poco a monte della galleria, che terminano a valle nel Vallone Monte. Quest’ultimo posto poco a valle dell’imbocco è rappresentato da un canale di colata detritica. I suddetti fenomeni presentano volumi delle masse instabili sempre molto ridotti, generalmente inferiori a 1 m³, e in relazione alla loro caratteristiche morfodinamiche

non rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Ad ogni modo, al fine di migliorare le condizioni di stabilità dell'area sia nel breve che nel lungo periodo, si consiglia comunque di prevedere opportune opere di sistemazione e protezione dell'imbocco e dei relativi fronti di scavo.

Dal punto di vista idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di locali falde sospese all'interno delle porzioni più alterate e fratturate del substrato metamorfico (**FDN** e **PMAa**), con superficie piezometrica posta generalmente al di sopra della calotta della galleria a quote variabili tra i 25.3 e 50.0 m circa s.l.m.

15.1.1.16 Opere all'aperto Giampilieri (km 41+942 – km 42+182)

Il tratto in questione si colloca nella porzione più settentrionale dell'area di studio, a quote variabili tra 10.2 e 27.4 m s.l.m.. Il tracciato intercetta, nel tratto più meridionale, i depositi detritico-colluviali (**b2**) di esiguo spessore, posti a copertura del substrato metamorfico dell'area (**PMAa**). Nella porzione centrale e settentrionale del tratto, invece, il tracciato di progetto attraversa spessi depositi alluvionali (**bb**) e di piana litorale (**g1**), localmente ricoperti da coltri detritico-colluviali (**b2**), alluvioni attuali (**ba**) e terreni di riporto antropico. Tali terreni risultano parzialmente eteropici tra loro e presentano uno spessore massimo superiore a 30.0 m. Il substrato geologico dell'area è rappresentato dai paragneiss del Complesso metamorfico varisco (**PMAa**), tettonicamente sovrapposti ai termini litologici delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**).

Sotto l'aspetto geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento di una canalone di colata detritica, all'altezza del km 41+951 circa, e di un corso d'acqua all'altezza del km 42+180.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi alluvionali (**bb**) e di piana litorale (**g1**), con superficie piezometrica posta tra 1.5 e 3.8 m circa s.l.m. Inoltre, in tale settore è possibile ipotizzare un livello piezometrico prossimo al piano campagna in corrispondenza degli eventi di piena, con quota piezometrica posta a circa 10 m s.l.m..

16 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. (1979) – *Carta geologica del Monte Etna (scala 1:50.000)*. L.A.C., Firenze.

AA.VV. (1990) – *Carta geologica della Sicilia centro-orientale (scala 1:50.000)*. S.EL.CA., Firenze.

AA.VV. (2000) – *Carta Geologica della Provincia di Messina (scala 1:50.000)*. S.EL.CA., Firenze.

Agnesi V., Rasà R., Puglisi C., Gioè C., Privitera B., Cappadonia C., Conoscenti C., Pino P. & Rotigliano E. (2009) – *La franosità diffusa del 1 Ottobre 2009 nel territorio ionico-peloritano della Provincia di Messina: stato delle indagini e prime considerazioni sulle dinamiche geomorfiche attivate*. *Geologici di Sicilia*, **4**, 23-30.

Alaimo R., Carapezza M., Donarrà G. & Hauser S. (1978) - *Geochimica delle sorgenti termali siciliane*. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, **34**, 577-590.

Alaimo R., Carapezza M., Dongarrà G. & Hauser S. (1978) – *Geochimica delle sorgenti termali siciliane*. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, **34** (2), 577-590.

Alvarez W. (1976) – *A former continuation of the Alps*. *Bulletin of the Geological Society of America*, **87**, 891-896.

Amantia A., Barbagallo M., Bivona C., Cubito A., Ferrara V., Pappalardo S. & Pennini A. (1993) – *Sintesi delle ricerche e cartografia illustrativa della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento nel settore orientale dei Monti Peloritani (Sicilia Nord-Orientale)*. *Atti del 2° Convegno Internazionale di Geoidrogeologia*, 29 novembre-3 dicembre, Firenze.

Amodio-Morelli L., Bonari G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippoliti F., Liguori V., Lorenzini S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzini E. & Zuppata A. (1976) – *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide*. Memorie della Società Geologica Italiana, **17**, 1-60.

Antonoli F., Ferranti L., Lambeck K., Kershaw S., Verrubbi V. & Dai Pra G. (2006) - *Late Pleistocene to Holocene record of changing uplift-rates in southern Calabria and northeastern Sicily (southern Italy, Central Mediterranean Sea)*. Tectonophysics, **422**, 23–40.

APAT (2007) – *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, **78**, 681 pp.

Argnani A. & Bonazzi C. (2005) – *Malta Escarpment fault zone offshore eastern Sicily: Pliocene-Quaternary tectonic evolution based on new multichannel seismic data*. Tectonics, **24**, doi:10.1029/2004TC001656.

Atkinson J. (1997) – *Geotecnica. Meccanica delle terre e fondazioni*. McGraw-Hill, Milano.

Atzori P. (1968) – *Studio geo-petrografico dell'affioramento mesozoico di Ali Terme (Messima)*. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania, **20**, 163-178.

Azzaro R. & Barbano M.S. (2000) – *Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation*. Annali di Geofisica, **43**, 1-18.

Azzaro R. & Barbano M.S., Moroni A., Mucciarelli M. & Stucchi M. (2000) – *The seismic history of Catania*. Annals of Seismology, **3**, 235-252.

Azzaro R. (1999) – *Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics*. Journal of Geodynamics, **28**, 193-213.

Azzaro R., Ferrel L., Michetti A.M., Serva L. & Vittori E. (1998) – *Environmental hazard of capable faults: The case of Pernicana Fault*. Natural Hazard, **17**, 147-162.

Azzaro R., Lo Giudice E. & Rasà R. (1989) – *Catalogo degli effetti macrosismici e delle fenomenologie da creep nell'area etnea dall'agosto 1980 al dicembre 1989*. Bollettino GNV, **1**, 13-46.

Baratta M. (1901) – *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni, Bologna.

Barbagallo G. & Barbagallo O. (2005) – *Studio geologico a supporto del Piano regolatore Generale di Fiumefreddo di Sicilia (CT)*. Comune di Fiumefreddo di Sicilia.

Barbagallo M., Bivona C., Cubito A., Ferrara V., Pappalardo S. & Pennisi A. (1993) – *Sintesi delle ricerche e cartografia illustrativa della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento nel settore orientale dei Monti Peloritani (Sicilia Nord-Orientale)*. Atti del 2° Convegno Internazionale Geoidrologia, 29 novembre-3 dicembre 1993, Firenze.

Barbagallo O. (2006) – *Approccio metodologico per la mitigazione del rischio di fagliazione superficiale nella pianificazione territoriale: il caso della faglia di Fiumefreddo*. Geologi della Sicilia, **3/2006**, 9-18.

Barbano M.S. & Rigano R. (2001) – *Earthquake sources and seismic hazard in the southeastern Sicily*. Annali di Geofisica, **44**, 723-738.

Barbano M.S., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Federico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G. & Patanè G. (1979) – *Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of NE Sicily*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **98**, 155-174.

Barbano M.S., Rigano R., Cosentino M. & Lombardo G. (2001) – *Seismic history and hazard in some localities of south-eastern Sicily*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, **42**, 107-120.

Bello M., Franchino A. & Merlini S. (2000) – *Structural model of eastern Sicily*. Memorie della Società Geologica Italiana, **55**, 61-70.

Ben-Avraham Z., Boccaletti M., Cello G., Grasso M., Lentini F., Torelli L. & Tortorici L. (1990) – *Principali domini strutturali originatisi dalla collisione continentale neogenico-quadernaria nel Mediterraneo centrale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 453-462.

Bianca M., Monaco C., Tortorici L. & Cernobori L. (1999) - *Quaternary normal faulting in southeastern Sicily (Italy): a seismic source for the 1693 large earthquake*. Geophysical Journal International, **139**, 370-394.

Bieniawski Z.T. (1978) - *Determining rock mass deformability: experience from case history*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanics Abstract, **15**, 237-248.

Bieniawski Z.T. (1989) - *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering*. John Wiley and Sons, New York.

Boccaletti M., Guazzone G. & Manetti P. (1977) – *Evoluzione paleogeografica e geodinamica del Mediterraneo: i bacini marginali*. Memorie della Società Geologica Italiana, **13**, 162-199.

Boccaletti M., Nicolich R. & Tortorici L. (1990) - *New data and hypothesis on the development of the Tyrrhenian basin*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **77**, 15-40.

Bonardi G. & Giunta G. (1982) – *L'estremità nord-orientale della Sicilia nel quadro dell'evoluzione dell'Arco Calabro*. Società Geologica Italiana. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds), Guida alla geologia della Sicilia Occidentale, Palermo.

Bonardi G., Cavazza W., Perrone V. & Rossi S. (2001) - *Calabria-Peloritani Terrane and Northern Ionian Sea*. In: Vai G.B. & Martini I.P., eds, *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean Basins*, Kluwer Academic Publishers, 255-286.

Bonardi G., Cello G., Perrone V., Tortorici L., Turco E. & Zuppetta A. (1982) – *The evolution of the northern sector of the Calabria-Peloritani arc in a semiquantitative palynospastic restoration*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **101**, 259-284.

Bonardi G., Compagnoni R., Messina A., Perrone V., Russo S., De Francesco A. M., Del Moro A. & Platt J. (1992) – *New constraints to the geodynamic evolution of the southern sector of the Calabria-Peloritani Arc (Italy)*. Geodynamics, **334**, 423-430.

Bonardi G., Giunta G., Perrone V., Russo M., Zuppetta A. & Ciampo G. (1980) – *Osservazioni sull'evoluzione dell'arco calabro-peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **99**, 365-393.

Boschi E. & Guidoboni E. (2001) – *Catania: Terremoti e Lave dal mondo antico alla fine del Novecento*. INGV-SGA, Editrice Compositori, Bologna, 207-216.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980*. ING-S.G.A., Bologna, 970 pp., con database su CD-ROM.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) – *Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Annali di Geofisica, **43**, 609-868.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. ING-SGA, Bologna.

Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore, Ferrara.

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Brady B.H.G. & Brown E.T. (2006) - *Rock mechanics for underground mining*. Springer Publisher, Dordrecht.

Branca S. & Ferrara V. (2001) – *An Example of river patten evolution produced during the lateral growth of a central polygenic volcano: the case of the Alcantara river system, Mt. Etna (Italy)*. Catena, **45/2**, 85-102.

Branca S., Coltelli M. & GropPELLI G. (2004) – *Geological evolution of Etna Volcano*. In: Calvari S., Bonaccorso A., Coltelli M., Del Negro C. & Falsaperla S. (eds), Mt Etna Volcano Laboratory, AGU-Geophysical monograph series, **143**, 49-63.

Branca S., Coltelli M., GropPELLI G. & Pasquarè G. (2009) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 625 Acireale*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Branca, S. (2000) – *Rapporti tra l'evoluzione vulvano-tettonica del monte Etna e l'assetto strutturale del basamento lungo il versante nord-orientale del vulcano*. Tesi di dottorato, Università di Catania.

Broquet P. (2016) - *Sicily in its Mediterranean geological frame*. Boletìn Geològico y Minerò, **127**, 547-562.

Bruschi A. & Crippa A. (2012) – *Prove geotecniche di laboratorio. Guida pratica per la soluzione delle problematiche interpretative e di previsione geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Bruschi A. (2004) – *Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Bruschi A. (2010) – *Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Bucci F., Santangelo M., Cardinali M., Fiorucci F. & Guzzetti F. (2016) - *Landslide distribution and size in response to Quaternary fault activity: the Peloritani Range, NE Sicily, Italy*. Earth Surface Processes and Landforms, **41**, 711-720.

Budhu M. (2007) – *Soil mechanics and foundations (2nd edition)*. Wiley, New York.

Butler B.C.M. & Bell J.D. (1996) – *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore, Bologna.

Butler R.W.H. & Grasso M. (1993) – *Tectonic controls on base-level variations and depositional sequences within thrust-top and foredeep basins: examples from the Neogene thrust belt of central Sicily*. Basin Research, **5**, 137-151.

Calvari S. & GropPELLI G. (1996) – *Relevance of the Chiancone volcanoclastic deposits in the recent history of Etna Volcano (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **72**, 239-258.

Calvari S., Tanner L.H. & GropPELLI G. (1998) – *Debris-avalanche deposits of the Milo Lahar sequence and opening of the Valle del Bove on Etna Volcano (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **87**, 193-209.

Calvari S., Tanner L.H., GropPELLI G. & Norini G. (2004) – *Valle del Bove, Eastern flank of Etna Volcano: a comprehensive model for the opening of the depression and implications for future hazards*. In: Calvari S., Bonaccorso A., Coltelli M., Del Negro C. & Falsaperla S. (eds), Mt Etna Volcano Laboratory. AGU-Geophysical monograph series, **143**, 65-75.

Carapezza M., Cusimano G., Liguori V., Alaimo R., Dongarrà G. & Hauser S. (1977) – *Nota introduttiva allo studio delle sorgenti termali dell'isola di Sicilia*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **96**, 813-836.

Carbone S., Grasso M. & Lentini F. (1982) – *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretacico al Quaternario*. Memorie della Società Geologica Italiana, **24**, 362-386.

Carbone S., Grasso M. & Lentini F. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 634 Catania*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Carbone S., Lentini F. & Branca S. (2010) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 633 Paternò*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Carbone S., Messina A. & Lentini F. (2007) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 601 Messina–Reggio Calabria*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Carbone S., Pedley H.M., Grasso M. & Lentini F. (1993) - *Origin of the “Calcareni di Floresta” of NE Sicily: late orogenic sedimentation associated with a Middle Miocene sea-level high stand*. *Giornale di Geologia*, **55**, 105-116.

Casadio M. & Elmi C. (1999) – *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P. (1991) – *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni.

Casero P., Cita M.B., Croce M. & De Micheli A. (1984) – *Tentativo di interpretazione evolutiva della Scarpata di Malta basata su dati geologici e geofisici*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **27**, 233-253.

Cassa per il Mezzogiorno (1982) – *Indagini idrogeologiche e geofisiche per il reperimento di acque sotterranee per l'approvvigionamento del sistema V-Zona centro-orientale della Sicilia (Catanesa)*. C.M.P. S.p.a., Roma

Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. & Amato A. (2006) – *CSI, Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1*. INGV-CNT, Roma. <http://www.ingv.it/CSI/>.

Castiglioni G.B. (1991) – *Geomorfologia (seconda edizione)*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Catalano R. & D'Argenio B. (1982) – *Schema geologico della Sicilia*. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds), *Guida alla geologia della Sicilia Occidentale*, Palermo.

Catalano R., Di Stefano P., Sulli A. & Vitale F.P. (1996) – *Paleogeography and structure of the central Mediterranean: Sicily and its offshore area*. *Tectonophysics*, **260**, 291-323.

Catalano S. & De Guidi G. (2003) – *Late Quaternary uplift of northeastern Sicily: relation with the active normal faulting deformation*. *Journal of Geodynamics*, **36**, 445-467.

Catalano S. & Di Stefano A. (1996) – *Nuovi dati geologici e stratigrafici sul Flysch di Capo d'Orlando nei Monti Peloritani orientali (Sicilia nord-orientale)*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **51**, 149-164.

Catalano S. & Tortorici G. (2010) – *La carta geologica del basso versante orientale dell'Etna: nuovi vincoli geologici e geomorfologici per la ricostruzione del sottosuolo*. In Azzaro R., Carocci C., Maueri M. & Torrisi A. (eds), *Microzonazione Sismica del versante orientale dell'Etna*, Studi di primo livello.

Catalano S. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 613 Taormina*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Catalano S., De Guidi G., Romagnoli G., Torrisi S., Tortorici G. & Tortorici L. (2008) – *Evidence of a late Quaternary tectonic inversion along the Scicli Lince: implication for the sismotectonics of SE Sicily*. *Riassunti estesi del 25° Convegno GNGTS*, 28-29 novembre, Roma.

Catalano S., Torrisi S. & Ferlito C. (2004) – *The relationship between Late Quaternary deformation and volcanism of Mt.Etna (eastern Sicily): new evidence from the sedimentary substratum in the Catania region*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **132**, 311–334.

Celico P. (1986) – *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.

Cello G., Tortorici L., Martini N. & Paltrinieri W. (1989) – *Structural styles in the frontal zones of the Southern Apennines, Italy: an example from the Molise district*. *Tectonics*, **8**, 753-768.

Cestari F. (1996) – *Prove geotecniche in sito*. Italgrafica Segale, Segrate.

Channell J.E.T. & Tarling D.H. (1975) – *Paleomagnetism and the rotation of Italy*. Earth and Planetary Science Letters, **25**, 177-188.

Channell J.E.T., Catalano R. & D'Argenio B. (1980) – *Paleomagnetism and deformation of the Mesozoic continental margin in Sicily*. Tectonophysics, **61**, 391-407.

Channell J.E.T., Oldow J., Catalano R. & D'Argenio B. (1990) - *Paleomagnetically Determined Rotations in the Western Sicilian Fold and Thrust Belt*. Tectonics, **9**, 641-660.

Chester D.K. & Duncan A.M. (1982) – *The interaction of volcanic activity in Quaternary times up on the evolution of the Alcantara and Simeto rivers (Mt. Etna, Sicily)*. Catena, **6**, 293-315.

Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M. (1993) – *Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures*. Annali di Geofisica, **36**, 249-259.

Cirrincone R. & Pezzino A. (1991) – *Caratteri strutturali dell'evento alpino nella Serie Mesozoica di Ali e nell'Unità metamorfica di Mandanaci (Peloritani orientali)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **47**, 263-272.

Cirrincone R. & Pezzino A. (1994) – *Nuovi dati strutturali sulle successioni mesozoiche metamorfiche dei M. Peloritani orientali*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **113**, 195-203.

Cita M.B., Benelli F., Bigioggero B., Chezar H., Colombo A., Fantini Sestini N., Freedman R., Iaccarino S., Jadul F., Legnani E., Malinverno A., Massiotta P., Paggi L. & Premoli Silva I. (1980) – *Contribution to the geological exploration of the Malta Escarpment*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **86**, 317-357.

Civita M. (1972) – *Schematizzazione idrogeologica delle sorgenti normali e delle relative opere di captazione*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, **12**.

Clocchiatti R., Schiano P., Ottolini L. & Bottazzi P. (1998) – *Earlier alkaline and transitional magmatic pulsation of Mt. Etna Volcano*. Earth and Planetary Science Letters, **163**, 399-407.

CNR-PFG (1985) – *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Coltelli M., Del Carlo P. & Vezzoli L. (1998) – *The discovery of a Plinian basaltic eruption of Roman age at Etna volcano (Italy)*. Geology, **26**, 1095-1098.

Coltelli M., Del Carlo P. & Vezzoli L. (2000) – *Stratigraphic constraints for explosive activity in the last 100 ka at Etna volcano, Italy*. Geology, **26**, 1095-1098.

Coltro R., Ferrara V. & Roda C. (1980) – *Relazione tra acque superficiali e falde subalvee nelle fiumare*. Atti del 4° Convegno Internazionale sulle Acque Sotteranee, 17-21 febbraio Acireale.

Cornell C.A. (1968) – *Engineering seismic risk analysis*. Bulletin of Seismological Society of America, **58**, 1583-1606.

Corsaro R.A. & Pompilio M. (2004) – *Dynamics of magmas at Mount Etna*. In: Calvari S., Bonaccorso A., Coltelli M., Del Negro C. & Falsaperla S. (eds), Mt Etna Volcano Laboratory, AGU-Geophysical monograph series, **143**, 91-110.

Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.

Cristofolini R. & Romano R. (1982) – *Petrologic features of the Etnean volcanic rocks*. Memorie della Società Geologica Italiana, **23**, 99-115.

Critelli S., Muto S., Perri F. & Tripodi V. (2017) - *Interpreting provenance relations from sandstone detrital modes, southern Italy foreland region: Stratigraphic record of the Miocene tectonic evolution*. Marine and Petroleum Geology, in press.

Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) – *Landslide types and processes*. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (eds), Landslide investigation and mitigation, Special report 247, National Academy of Sciences. 36-75.

D'Amico C., Innocenti F. & Sassi F.P. (1987) – *Magmatismo e metamorfismo*. Unione Tipografico Editrice Torinese, Torino.

D'Orazio M., Tonarini S., Innocenti F. & Pompilio M. (1997) – *The northern valle del Bove volcanic succession (Mt. Etna, Sicily): petrography, geochemistry and Sr-Nd isotope data*. Acta Vulcanologica, **9**, 69-79.

Dall'Aglio M. & Quattrocchi F. (1991) – *Relazione preliminare sulle misure geochimiche effettuate dopo il terremoto del 13/12/1990 nella Sicilia orientale*. In: Boschi E. & Basili A. (eds), Contributi allo studio del terremoto della Sicilia orientale del 13 Dicembre 1990. I.N.G., Pubbl. n **537**, 127-144, Roma.

De Beni E. (2004) – *Indagine stratigrafico-strutturale del basso versante sud-orientale del Monte Etna ed applicazione del metodo di datazione $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ per la definizione delle principali fasi evolutive del vulcano*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Catania.

De Beni E., Wijbrans J.R., Branca S., Coltelli M. & Groppelli G. (2005) – *New results of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating constrain the timing of transition from fissure-type to central volcanism at Mount Etna (Italy)*. Terra Nova, **17**, 292-298.

De Guidi G., Catalano S., Monaco C. & Tortorici L. (2003) – *Morphological evidence of Holocene coseismic deformation in the Taormina region (NE Sicily)*. Journal of Geodynamics, **36**, 193-211.

De Guidi G., Catalano S., Monaco C., Tortorici L. & Di Stefano A. (2002) - *Long-term effects of Late Quaternary normal faulting in southern Calabria and eastern Sicily*. International Workshop on Large scale vertical movements and related gravitational processes, 21-26 June Camerino-Rome.

De Rita D., Frazzetta G. & Romano R. (1991) – *The Biancavilla-Montalto Ignimbrite (Etna, Sicily)*. Bulletin of Volcanology, **53**, 121-131.

Deere D.U. (1964) - *Technical description of rock cores for engineering purpose*. Rock Mechanics and Rock Engineering, **1**, 17-22.

Del Carlo P. & Branca S. (1998) – *Tephrostratigraphic dating of the pre-1300 A.D. SE flank eruption of Mt. Etna*. Acta Vulcanologica, **10**, 33, 37.

Del Carlo P., Vezzoli L. & Coltelli M. (2004) – *Last 100 ka tephrostratigraphic record of Mount Etna*. In: Calvari S., Bonaccorso A., Coltelli M., Del Negro C. & Falsaperla S. (eds), Mt Etna Volcano Laboratory". AGU-Geophysical monograph series, **143**, 77-89.

Del Ventisette C., Garfagnoli F., Ciampalini A., Battistini A., Gigli G., Moretti S. & Casagli N. (2012) – *An integrated approach to the study of catastrophic debris-flows: geological hazard and human influence*. Natural Hazards and Earth System Sciences, **12**, 2907-2922.

Dewey J.F., Helman M.L., Turco E., Hutton D.H.W. & Knott S.D. (1989) – *Kinematics of the western Mediterranean*. In: Coward M.P., Dietrich D. & Park R.G. (eds), Alpine Tectonics, Geological Society of London Special publication, **45**, 265-283.

Di Geronimo I., Ghisetti F., Lentini F. & Vezzani L. (1978) – *Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **19**, 543-549.

Di Grande A., Grasso M., Lentini F. & Scamarda G. (1976) – *Facies e stratigrafia dei depositi pliocenici tra Leoforte e Centuripe (Sicilia centro-orientale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **95**, 1319-1345.

Di Stefano A. & Branca S. (2002) – *Long-term uplift rate of the Etna volcano basement (southern Italy) based on biochronological data from Pleistocene sediments*. Terra Nova, **14**, 61-68.

DISS Working Groupe (2010) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS)*, version 3.1.1., disponibile in internet all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>.

Dogliani C., Innocenti F. & Mariotti G. (2001) – *Why Mt Etna?*. Terra Nova, **13**, 25-31.

Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica. Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna.

Ellis M. & King G. (1991) – *Structural control of flank volcanism in continental rifts*. Science, **254**, 839-842.

Elter P., Grasso M., Parotto M. & Vezzani L. (2003) – *Structural setting of the Apennine-Maghrebian thrust belt*. Episodes, **26**, 205-211.

Faccenna C., Davy P., Brun J.P., Funicello R., Giardini D., Mattei M. & Nalpas T. (1996) – *The dynamics of back-arc extension: an experimental approach to the opening of the Tyrrhenian Sea*. Geophysical Journal International, **126**, 781-795.

Faccenna, C., Becker T.W., Lucente F.P., Jolivet L. & Rossetti F. (2001) - *History of subduction and back-arc extension in the central Mediterranean*. Geophysical Journal International, **145**, 809–820.

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) – *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice, Bologna.

Federico C., Longo M., D'Alessandro W., Bellomo S., Bonfanti P. & Brusca L. (2017) - *Hydrological versus volcanic processes affecting fluid circulation at Mt. Etna: Inferences from 10 years of observation at the volcanic aquifer*. Chemical Geology, **452**, 71-84.

Ferrara F. (1991) – *Evoluzione vulcanologica e strutturale del Monte Etna e suoi rapporti con il vulcanismo ibleo*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Milano.

Ferrara F. (1994) – *Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero vulcanico dell'Etna. Scala 1:50.000*. S.EL.CA., Firenze.

Ferrara V. & Pappalardo G. (2004) – *Intensive exploitation effects on the alluvial aquifer of the Catania plain (Eastern Sicily, Italy)*. Geophysical International, **43**, 671-681.

Ferrara V. & Pappalardo G. (2008) – *La carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna come utile strumento per la gestione razionale delle risorse idriche sotterranee*. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, spec. issue **1**, 77-89.

Ferrara V. (1975) – *Idrogeologia del versante orientale dell'Etna*. Atti del 3° Convegno Internazionale sulle Acque Sotterranee, Palermo, 91-144.

Ferrara V. (1987) – *Aspetti connessi alla vulnerabilità degli acquiferi alluvionali nei bacini dei corsi d'acqua minori della Sicilia nord-orientale*. Atti del Convegno su I corsi d'acqua minori dell'Italia Appenninica – Aspetti ecologici e gestionali, 22-24 giugno Aulla.

Ferrara V. (1990) - *The optional management of groundwater resources in the Peloritani Mountains area (North-East Sicily)*. Memories of the 22nd Congress of IAH – International Conference on Water Resources in Mountainous Regions, Lausanne.

Ferrara V. (1993) – *Modificazioni indotte dallo sfruttamento delle acque sotterranee nell'equilibrio idrodinamico e idrochimico dell'acquifero vulcanico dell'Etna*. Memorie della Società Geologica Italiana, **47**, 619-630.

Ferrara V. (1996) – *Carta della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi dell'area peloritana (Sicilia NE), alla scala 1:50.000*. C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, S.EL.CA., Firenze.

Ferrara V. (1999) – *Presentazione della carta di vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE)*. Atti 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio, **1**, 1.99-1.104, CNR-GNDICI, Parma.

Ferrara V. (2001) – *Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna*. S.EL.C.A., Firenze.

Ferrara V., Pappalardo G. & Rapisarda F. (2007) – *Salinization factors affecting the coastal aquifers in eastern Sicily*. In: Pulido Bosch A., Lopez Getay J.A. & Ramos Gonzalez G. (eds), *Los acuíferos costeros: retos y soluciones*. Instituto Geológico y Minero de España, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, **23**, 105-116, Madrid.

Ferrara V., Pennisi A. & Sciacca A.S. (1995) – *Criteri per mitigare il rischio dell'area peloritana (Sicilia nord-orientale) – Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi*, **14**, 119. 1 carta Pubbl. CNR-GNDICI n.1946 Pitagora Editrice, Bologna.

Finetti I., Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Del Ben A. (1996) – *Il Sistema Appennino Meridionale-Arco Calabro-Sicilia nel Mediterraneo centrale: studio geologico-geofisico*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **115**, 529-559.

Finetti I., Lentini F., Carbone S., Del Ben A., Di Stefano A., Forlin E., Guarnieri P., Pipan M. & Prizzon A. (2005) – *Geological outline of Sicily and lithospheric tectono-dynamics of its Tyrrhenian Margin from new CROP seismic data*. In: Finetti I.R. (ed), *CROP Deep Seismic exploration of the Mediterranean Region*, Spec. Vol. Elsevier, chapter **15**, 319-376.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2. "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*, CNE Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1-30.

Gasparini P. & Mantovani M.S.M (1984) – *Fisica della terra solida*. Liguori Editore, Napoli.

Gemmellaro C. (1858) – *La vulcanologia dell'Etna*. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania, **14-16**, 266 pp.

Ghissetti F. & Gresta S. (1990) – *Parametri geologici e sismologici a confronto nell'area dello stretto di Messina*. Atti del 9° Convegno GNGTS., 39-43, Roma.

Ghissetti F. (1992) – *Fault parameters in the Messina Straits (southern Italy) and relations with the seismogenetic sources*. Tectonophysics, **210**, 117-133.

Giaimi G. (2017) - *The secondo calamity of Messina. The disastrous recurring floods and attempts to remedy them*. Italian Journal of Forest and Mountain Environments, **71**, 357-369.

Gillot P.-Y., Kieffer G. & Romano R. (1994) – *The evolution of Mount Etna in the light of Potassium-argon dating*. Acta Vulcanologica, **5**, 81-87.

Giunta G. & Somma R. (1996) – *Nuove osservazioni sulla struttura dell'Unità di Ali (M.ti Peloritani, Sicilia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **115**, 489-500.

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geoingegneria*. Pearson Education Italia, Milano.

Goodman R.E. (1989) – *Introduction to rock mechanics*. John Wiley & Sons.

Goodman R.E., Moye D., Schalkwyk A. & Javandel I. (1965) - *Groundwater inflows during tunnel driving*. Geological Society of America Publication on Engineering Geology, **2**, 39-56.

Granath J.W. & Casero P. (2004) – *Tectonic setting of the petroleum system of Sicily*. In: Swenner R., Roure F. & Granath J.W. (Eds): *Deformation, fluid flow, and reservoir appraisal in foreland and thrust belts*. AAPG Hedberg Series, **1**, 391-411.

Gresta S., Bella D., Musumeci C. & Carveni P. (1997) – *Some efforts on active faulting processes (earthquake and aseismic creep) acting on the eastern flank of Mt. Etna (Sicily)*. Acta Vulcanologica, **9**, 101-107.

Gruppo di Lavoro CPTI (1999) – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. ING, GNDT, SGA, SSN. 92 pp.

Gruppo di Lavoro CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*. INGV, Bologna.

Guarnieri P. & Carbone S. (2003) – *Assetto geologico e lineamenti morfostrutturali dei bacini plio-quadernari del Tirreno meridionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **122**, 377-386.

Haccard D., Lorenz C. & Grandjaquet C. (1972) – *Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Apennines (de la Ligurie à Calabre)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **11**, 309-381.

Hallam A. (1985) – *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice, Bologna.

Hoek E. & Brown E.T. (1997) - *Practical estimates of rock mass strength*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **34**, 1165-1186.

Hoek E. & Marinos P. (2000) - *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. In M.C. Ervin (ed), Proceedings of International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne 2000.

Hoek E. & Marinos P. (2000) - *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. In M.C. Ervin (ed), Proceedings of International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne 2000. GeoEng2000, Melbourne.

Hoek E. (1983) - *Strength of jointed rock masses*. Géotechnique, **33**, 187-223.

Hoek E., Carranza-Torres C.T. & Corkum B. (2002) - *Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition*. In H.R.W. Bawden, J. Curran, M. Telsenicki (eds), Mining Innovation and Technology; Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto 2002.

Hoek E., Carter T.G. & Diederichs M.S. (2013) - *Quantification of the Geological Strength Index chart*. American Rock Mechanics Association, 13-672.

Holton J. (1999) - *Southern Apennines success bodes well for potential off southern Italy*. Oil and Gas Journal, **29**, 65-68.

Hudson J.A. & Harrison J.P. (2000) - *Engineering rock mechanics. An introduction to the principles*. Elsevier, Amsterdam.

Hungr O., Leroueil S. & Picarelli L. (2014) - *The Varnes classification of landslide types, an update*. Landslides, **11**, 167-194.

Hutchinson J.N. (1985) – *Mass movements*. In: Fair Bridge R.W. (ed), Encyclopaedia of geomorphology, 688-695.

Hutchinson J.N. (1988) – *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, 10-15.

ISPRA (2007) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 601 (Messina–Reggio di Calabria)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2009) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 625(Acireale)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2009) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 613 (Taormina)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISRM (1978) – *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **15**, 319-368.

ISRM (1979) – *Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **16**, 135-140.

ISRM (1993) – *Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose*. Rivista Italiana di Geotecnica, **2**, 151-197.

Jacques E., Monaco C., Tapponier P., Tortorici L. & Winter T. (2001) – *Faulting and earthquake triggering during the 1783 Calabria seismic sequence*. Geophysical Journal International, **147**, 499-516.

Kieffer G. (1971) – *Dépôts et niveaux marines et fluviatiles de la région de Catanae (Sicile)*. Mediterranee, **5-6**, 591-626.

Klerkx J. (1968) – *Etude géologique et pétrologique de la Valle del Bove (Etna)*. Phd thesis, Université de Liège.

Lambe T.W. & Whitman R.V. (1997) – *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Lancellotta R. (2004) – *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore, Bologna.

Lanzafame G. & Bousquet J.C. (1997) – *The Maltese escarpment and its extension from Mt Etna to the Aeolian Islands (Sicily): importance and evolution of a lithosphere discontinuity*. Acta Vulcanologica, **9**, 121-133.

Lanzafame G., Leonardi A. & Neri M. (1999) – *Retroricoprimento medio-pleistocenico di Argille Scagliose a Serra San Biagio (Sicilia orientale): evidenze stratigrafiche e tettoniche*. Rendiconti Lincei, **10**, 63-80.

Lanzafame G., Neri M., Coltelli M., Lodato L. & Rust D. (1997) – *North-South compression in the Mt. Etna region (Sicily): spatial and temporal distribution*. Acta Vulcanologica, **9**, 121-133.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta sismica locale*. Teoria ed esperienze. Hevelius Edizioni, Benevento.

Lavecchia G., Ferrarini F., De Nardis R., Visini F. & Barbano M.S. (2007) – *Active thrusting as a possible seismogenic source in Sicily (Southern Italy): Some insights from integrated structural-kinematic and seismological data*. Tectonophysics, **445**, 145-167.

Lentini F. & Vezzani L. (1975) – *Le unità meso-cenozoiche della copertura sedimentaria del basamento cristallino peloritano (Sicilia nord-orientale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **94**, 537-554.

Lentini F. & Vezzani L. (1978) – *Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **19**, 495-500.

Lentini F. (1982) – *The geology of the Mt. Etna basement*. Memorie della Società Geologica Italiana, **23**, 7-25.

Lentini F., Carbone S. & Grasso M. (1984) – *Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100.000*. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Carbone S. & Guarnieri P. (2006) – *Collisional and postcollisional tectonics of the Apenninic-Maghrebian orogen (southern Italy)*. Geological Society of America Special Paper, **409**, 57-81.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Grasso M. (1996) – *Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia Orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 179-195.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C. (1990) – *Tettonica a thrust neogenica nella Catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1990**, 19-26.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., & Grasso M. (1995) – *Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1995/2**, 319-329.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Grasso M. & Monaco C. (1991) – *Presentazione della carta geologica della Sicilia centro-orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **47**, 145-156.

Lentini F., Catalano S. & Carbone S. (2000) – *Note illustrative della carta geologica della Provincia di Messina, in scala 1:50.000*. S.EL.CA., Firenze.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Longhitano S. & Zanini A. (2006) – *Coastal models and beach types in NE Sicily: How does coastal uplift influence beach morphology?* Il Quaternario, **19**, 103-117.

Lyell C. (1859) – *On the structures of lavas which have consolidated on steep slopes with remarks in the mode of origin of Mt. Etna and on the theory of Craters of Elevation*. Phil. Trans. Roy. Soc. London, **148**, 703-786.

Makris J., Nicolich R. & Weigel W. (1986) – *A seismic study in the western Ionian Sea*. Annals of Geophysics, **6**, 665-678.

Marinos V. (2014) - *Tunnel behaviour and support associated with the weak rock masses of flysch*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, **6**, 227-239.

Marinos V., Marinos P. & Hoek E. (2005) - *The geological strength index: applications and limitations*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, **64**, 55-65.

Maugeri M. & Motta E. (2010) – *Effects of heavy rainfalls on slope behavior: The October 1 2009 disaster of Messina (Italy)*. Geotechnics/Earthquake Geotechnics towards Global Sustainability, 12-14 January Kyoto.

Mc Guire W.J. & Pullen A.D. (1989) – *Location and orientation of eruptive fissures and feeder-dykes at Mount Etna; influence of gravitation and regional tectonic stress regimes*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **38**, 325-344.

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P. (2000) – *Construction of a seismo-tectonic model: The case of Italy*. Pure and Applied Geophysics, **157**, 11-35.

Messina A. (1998) – *Variscan tectono-metamorphic evolution of the Peloritani Mts. (Calabria-Peloritani Arc)*. Atti del 79° Congresso Nazionale Società Geologica Italiana, 21-23 settembre Palermo.

Messina A. (2002) – *The Southern Sector of the Calabria-Peloritani Arc*. Congresso S.I.M.P., Cosenza. Plinius, **28**, 210-213.

Messina A., Compagnoni R., De Francesco A.M. & Russo S. (1992) – *Alpine metamorphic overprinting in the Aspromonte Unit (Calabrian-Peloritan Arc, Southern Italy)*. Newsletter, **5**, 353-380.

Messina A., Compagnoni R., Russo S., De Francesco A.M. & Giacobbe A. (1990) – *Alpine metamorphic overprint in the Aspromonte nappe of Northeastern Peloritani Mts. (Calabria-Peloritani Arc, Southern Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **109**, 655-673.

Messina A., Giunta G., Russo S. & Semilia B. (1996) – *Preliminary data on metamorphism and deformative relationships in the Peloritani tectonic unit basements (Calabria-Peloritani Arc)*. Congresso S.I.M.P., Bologna. Plinius, **16**, 154-156.

Messina A., Perrone V., Giacobbe A. & De Francesco A.M. (1997) – *The Mela Unit: a medium grade metamorphic unit in the Peloritani mountains (Calabria-Peloritani Arc, Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **116**, 237-252.

Monaco C. & De Guidi G. (2006) – *Structural evidence for Neogene rotations in the eastern Sicilian fold and thrust belt*. Journal of Structural Geology, **28**, 561-574.

Monaco C. & Tortorici L. (2000) – *Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily*. Journal of Geodynamics, **29**, 407-424.

Monaco C. (1997) – *Tettonica pleistocenica nell'area a sud dell'Etna (Sicilia orientale)*. Il Quaternario, **10**, 393-398.

Monaco C., Bianca M., Catalano S., De Guidi G. & Tortorici L. (2002) – *Sudden change in the Late Quaternary tectonic regime in eastern Sicily: evidences from geological and geomorphological features*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. **1**, 901-913.

Monaco C., Catalano S., Cocina O., De Guidi G., Ferlito C., Gresta S., Musumeci C. & Tortorici L. (2005) – *Tectonic control on the eruptive dynamics at Mt. Etna volcano (eastern Sicily during the 2001 and 2002-2003 eruptions)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **144**, 221-233.

Monaco C., Catalano S., De Guidi G., Gresta S., Langer H. & Tortorici L. (2000) – *The geological map of the urban area of Catania (Eastern Sicily): morphotectonic and seismotectonic implications*. Memorie della Società Geologica Italiana, **55**, 425-438.

Monaco C., De Guidi G. & Ferlito C. (2010) – *The Morphotectonic map of Mt. Etna*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **129**, 408-428.

Monaco C., Mazzoli S. & Tortorici L. (1996) – *Active thrust tectonics in western Sicily (southern Italy): the 1968 Belice earthquake sequence*. Terra Nova, **8**, 372-381.

Monaco C., Petronio L. & Romanelli M. (1995) - *Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1995/2**, 363-374.

Monaco C., Tapponier P., Tortorici L. & Gillot P.Y. (1997) – *Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily)*. Earth and Planetary Science Letters, **147**, 125-139.

Monaco C., Tortorici L. & Paltrinieri W. (1998) – *Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy*. Journal of Structural Geology, **20**, 617-638.

Montenat C., Barrier P., Ott d'Estevou P. (1991) – *Some aspects of the recent tectonics in the Strait of Messina, Italy*. Tectonophysics, **194**, 203-215.

Morbidelli (2003) – *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore, Roma.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) – *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 177-202.

Moussat E., Angelier J., Mascle G. & Rehault J. (1986) – *L'ouverture de la Mer Tyrrhénienne et la tectonique de faille néogène quaternaire en Calabre*. Giorn. Geol., **48**, 63-75.

Nicolich R., Laigle M., Hirn A., Cernobori L. & Gallart J. (2000) – *Crustal structure of the Ionian margin of Sicily: Etna volcano in the frame of regional evolution*. Tectonophysics, **329**, 121-139.

Ogniben L. (1966) – *Lineamenti idrogeologici dell'Etna*. Rivista Mineraria Siciliana, **17**, 100-102.

Ogniben L. (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.

Ogniben L. (1973) – *Schema geologico della Calabria, in base ai dati odierni*. Geologica Romana, **12**, 243-585.

Ogniben L. (1985) – *Relazione sul modello geodinamico "conservativo" della regione italiana*. ENEA, Roma, 357 pp.

Oldow J.S., Channel J.E.T., Catalano R. & D'Argenio B. (1990) – *Contemporaneous thrusting and large-scale rotations in the western Sicilian fold and thrust belt*. Tectonics, **9**, 661-681.

Pande G.N., Beer G. & Williams J.R. (1990) - *Numerical methods in rock mechanics*. John Wiley and Sons, Chichester.

Panizza M. (1993) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d’Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Parotto M. & Praturlon A. (2004) – *The southern Apennine arc*. Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC, **32**, 33-58.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R. & Sassi F.P. (1992) – *Carta geologica d’Italia 1:50.000, Guida al Rilevamento*. Quaderni serie III, **1**, 203 pp.

Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori V. (1979) – *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southern Sicily)*. *Geologica Romana*, **18**, 331-369.

Patanè D., Cocina O., Falsaperla S., Privitera E. & Spampinato S. (2004) – *Mt. Etna volcano: a seismological framework*. In: Calvari S., Bonaccorso A., Coltelli M., Del Negro C. & Falsaperla S. (eds), *Mt Etna Volcano Laboratory*. AGU-Geophysical monograph series, **143**, 147-165.

Peng S. & Zhang J. (2007) - *Engineering geology for underground rocks*. Springer Publisher, Dordrecht.

Postpischl D. (1985) – *Catalogo dei forti terremoti italiani dall’anno 1000 al 1980*. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica.

Regione Sicilia (2005) – *Piano stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana* Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente.

Regione Sicilia (2007) – *Piano di tutela delle acque della Sicilia*.

Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Edi-trice, Bologna.

Riga G. (2007) - *La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Rittmann A. (1973) – *Structure and evolution of Mount Etna*. *Phil Trans. Roy. Soc. London*, **274**, 5-16.

Romano R. (1982) – *Succession of the volcanic activity in the Etnean area*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **23**, 75-97.

Roure F., Casero P. & Vially R. (1991) – *Growth processes and mélange formation in the southern Apennines accretionary wedge*. *Earth Planetary Science Letters*, **102**, 395-412.

Rowland S.K. & Walker G.P.L. (1987) – *Toothpaste lava: characteristics and origin of a lava structural type transitional between pahoehoe and aa*. *Bulletin of Volcanology*, **49**, 631-641.

Rust D. & Kershaw S. (2000) - *Holocene tectonic uplift patterns in northeastern Sicily: evidence from marine notches in coastal outcrops*. *Marine Geology*, **167**, 105-126.

Sabato L. & Tropeano M. (2004) - *Fiumara: a kind of high hazard river*. *Physics and Chemistry of the Earth*, **29**, 707-715.

Sagnotti L. (1992) – *Paleomagnetic evidence for a Pleistocene counterclockwise rotation of the Sant’Arcangelo basin, southern Italy*. *Geophysical Research Letters*, **19**, 135-138.

Scandone P., Giunta G. & Liguori V. (1974) – *The connection between the Apulia and Sahara continental margins in the Southern Apennines and in Sicily*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **13**, 317-323.

Scandone P., Patacca E., Rodoicic R., Ryan W.B.F., Cita M.B., Rawason M., Cherzar H., Miller E., Mckenzie J. & Rossi S. (1981) – *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (Central Mediterranean)*. *A.A.P.G. Bulletin*, **65**, 1299-1319.

Scesi L., Papini M. & Gattinoni P. (2003) – *Geologia applicata*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

- Scheepers P.J.J., Langereis C.G., & Hilgen F. (1993) – *Counterclockwise rotations in the southern Apennines during the Pleistocene: paleomagnetic evidence from the Matera area*. *Tectonophysics*, **225**, 379-410.
- Schmincke H.U., Behencke B., Grasso M. & Raffi S. (1997) – *Evolution of the northwestern Iblean Mountains, Sicily: uplift, Pliocene-Pleistocene sea-level changes, paleoenvironment, and volcanism*. *Geologische Rundschau*, **86**, 637-669.
- Speranza F., Maniscalco R., Mattei M., Di Stefano A., Butler R.W.H. & Funicello R. (1999) – *Timing and magnitude of rotations in the frontal thrust systems of south-western Sicily*. *Tectonics*, **18**, 1178-1197.
- Stewart I., Cundy A., Kerschaw S. & Firth C. (1997) – *Holocene coastal uplift in prolongation of the Calabrian seismogenic belt*. *Journal Geodynamics*, **24**, 37-50.
- Tanguy J.C., Condomines M. & Kieffer G. (1997) – *Evolution of Mount Etna magma: Constraints on the present feeding system and eruptive mechanism*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **75**, 221-250.
- Tansi C., Muto F., Critelli S. & Iovine G. (2007) – *Neogene-Quaternary strike-slip tectonics in the central Calabrian Arc (southern Italy)*. *Journal of Geodynamics*, **43**, 393-414.
- Tanzini M. (2001) – *Gallerie: Aspetti geotecnici nella progettazione e costruzione*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Tanzini M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Tapponnier P. (1977) - *Evolution du système Alpin en Méditerranée: poinçonnement et écrasement rigide-plastique*. *Bulletin de la société géologique de France*, **7**, 437-460.
- Torelli L., Grasso M., Mazzoldi G. & Peis D. (1998) – *Plio-Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean Plateau and the Ionian shelf (SE Sicily)*. *Tectonophysics*, **298**, 209-221.
- Torrisi S., Catalano S., Romagnoli G. & Tortorici G. (2008) – *Tettonica di indennazione ed estrusione laterale in Sicilia Orientale*. *Rendiconti online della Società Geologica Italiana*, **1**, 148-152.
- Tortorici L. (1982) – *Lineamenti geologico-strutturali dell'arco calabro-peloritano*. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, **38** (3), 927-940.
- Tric E., Valet J.P., Gillot P.Y. & Lemeur I. (1994) – *Absolute paleointensities between 60 and 160 kyear from Mount Etna (Sicily)*. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **85**, 113-129.
- Truillet R. (1968) – *Etude géologique des Péloritani Mountains of Sicily*. In: “*Geology and History of Sicily*”. *Petroleum Exploration Society of Libya*, 171-183.
- Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Vai G.B. (1992) – *Il segmento Calabro-Peloritano nell'orogene ercinico. Disaggregazione palinspastica*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **111**, 109-129.
- Valensise G. & D'Addezio G. (1994) – *Il contributo della geologia di superficie all'identificazione delle strutture sismogenetiche della Piana di Gioia Tauro*. *ING Publications*, **559**, 34 pp.
- Valensise G. & Pantosti D. (2001) – *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*. *Journal of Seismology*, **5**, 287-306.
- Vallario A. (1992) – *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore, Napoli.
- Varnes D.J. (1978) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.

Villari L., Rasà R. & Caccamo A. (1988) – *Considerazioni sull’ hazard vulcanico e sul campo di sforzi nella regione etnea attraverso l’analisi morfometrica e la distribuzione plano-altimetrica dei coni avventizi*. Bollettino GNV, **4**, 6000-619.

Walker G.P.L. (1971) – *Compound and simple lava flows and flood basalts*. Bulletin of Volcanology, **35**, 579-590.

Walker G.P.L. (1991) – *Structure and origin by injection of lava under surface crust, of tumuli “lava rises”, “lava-rise pits”, and “lava-inflation clefts” in Hawaii*. Bulletin of Volcanology, **53**, 546-558.

Waltershausen W.S. (1880) – *Der Etna*. Voll. 1 e 2 Engelman, Peipzig, 371 pp.

Westaway R. (1993) - *Quaternary uplift of southern Italy*. Journal of Geophysical Research, **98**, 21741–21772.

Zuppetta A. & Sava A. (1987) – *Nuovi dati sulla geologia nei dintorni di Mandanici (Monti Peloritani – Sicilia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **106**, 347-349.