

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

### RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

SCALA:

-

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

RS2S 01 D 69 RG GE0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore
A	Emissione esecutiva	S. Romano	Ott. 2017	F. Romano	Ott. 2017	P. Carlesimo	Ott. 2017	ITALFERR S.p.A. Dot. Geologo Francesco MARCHESE UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE Ordine Geologi Lazio n. 10165
B	Consegna al CSLPP	S. Romano	Gen. 2018	F. Romano	Gen. 2018	P. Carlesimo	Gen. 2018	
C	Recezione prescrizioni CSLPP	S. Romano	Lug. 2018	F. Romano	Lug. 2018	P. Carlesimo	Lug. 2018	

## 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.....	9
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	10
6.1.1	<i>Sondaggi geognostici</i> .....	10
6.1.2	<i>Prospezioni sismiche</i> .....	15
6.2	RILIEVI DI CAMPO .....	16
6.2.1	<i>Rilievi geologici</i> .....	16
6.2.2	<i>Rilievi geostrutturali</i> .....	18
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	20
7.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA .....	23
7.2	APPARATO VULCANICO DEL MONTE ETNA.....	26
7.3	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE .....	31
7.4	CARATTERISTICHE STRUTTURALI .....	38
8	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	42
8.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	42
8.1.1	<i>Unità Appenninico-Maghrebidi</i> .....	43
8.1.2	<i>Unità Kabilo-Calabridi</i> .....	47
8.1.3	<i>Successioni clastiche oligo-mioceniche</i> .....	67
8.1.4	<i>Successioni clastiche quaternarie</i> .....	73
8.2	ASSETTO STRUTTURALE .....	82
8.2.1	<i>Strutture compressive</i> .....	83

8.2.2	<i>Strutture trascorrenti</i> .....	84
8.2.3	<i>Strutture distensive</i> .....	85
8.2.4	<i>Strutture plicative e assetto giaciturale</i> .....	85
9	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE.....	86
9.1	MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DELLA ZONA COSTIERA .....	88
9.2	DEPOSITI MARINI TERRAZZATI E SPIANATE DI ABRASIONE.....	88
9.3	MORFOLOGIA DEI PRINCIPALI SISTEMI FLUVIALI .....	89
9.4	PROCESSI DI VERSANTE E DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI .....	91
9.5	MORFOLOGIA DEI CAMPI LAVICI.....	92
10	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	93
10.1	ELEMENTI IDROGRAFICI.....	94
10.2	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI .....	95
10.3	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI .....	95
10.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI .....	98
10.5	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA .....	99
10.6	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	101
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE .....	101
11.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	102
11.2	STRUTTURE IDROGEOLOGICHE E IDRODINAMICA DEGLI ACQUIFERI.....	103
11.3	SORGENTI E OPERE DI CAPTAZIONE.....	105
11.4	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO.....	106
12	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	107
12.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	108
12.1.1	<i>Complessi delle unità del substrato</i> .....	108
12.1.2	<i>Complessi dei depositi di copertura</i> .....	110
12.2	PROVE DI PERMEABILITÀ .....	111

12.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO .....	115
12.4	OPERE DI CAPTAZIONE ED EMERGENZE SORGENTIZIE .....	141
12.5	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	141
13	SISMICITÀ DELL'AREA .....	145
13.1	SISMICITÀ STORICA .....	151
13.2	SISMICITÀ ATTUALE .....	160
13.3	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	164
13.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	166
14	CRITICITÀ GEOLOGICHE.....	168
14.1	CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE.....	168
14.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE .....	171
14.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE.....	179
14.4	CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEGLI AMMASSI .....	180
14.5	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	186
14.6	PRESENZA DI GAS NATURALI .....	187
14.7	RIPASCIMENTO .....	188
15	DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO.....	190
15.1	LOTTO 1: FIUMEFREDDO (I) – TAORMINA (I) / LETOJANNI.....	190
15.1.1	<i>Tracciato</i> .....	190
15.1.2	<i>Interconnessione Letojanni</i> .....	196
16	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	198

## 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 1, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione e 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 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 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni.

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

**“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 01 R69 G4 GE0001 001-2A	Carta geologica e profilo geologico	1:10000/1000
RS0B 01 R69 G4 GE0002 001-2A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:10000/1000

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

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS0B 01 R69 G4 GE0003 001A	Carta geomorfologica	1:10000
RS0B 01 R69 G4 GE0005 001A	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 01 D69 SG GE0005 001 A	Indagini geognostiche campagna 2017 Lotto 1	-

#### 4 ALLEGATI

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

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS2S 01 D69 RH GE0001 001 B	Rapporto di campagna - stop geologici	-
RS2S 01 D69 RH GE0001 002 B	Rilievo geomeccanico	-
RS2S 01 D69 G5 GE0001 001-2 B	Carta geologica	1:5000
RS2S 01 D69 G5 GE0001 003 B	Carta geologica e profilo geologico interconnessione Letojanni	1:5000/500
RS2S 01 D69 F5 GE0001 001-4 B	Profilo geologico	1:5000/500
RS2S 01 D69 G5 GE0002 001-2 B	Carta idrogeologica	1:5000
RS2S 01 D69 G5 GE0002 003 B	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico interconnessione Letojanni	1:5000/500
RS2S 01 D69 F5 GE0002 001-4 B	Profilo idrogeologico	1:5000/500
RS2S 01 D69 G5 GE0003 001-2 C	Carta geomorfologica	1:5000
RS2S 01 D69 G5 GE0003 003 C	Carta geomorfologica tav. 3/3 interconnessione Letojanni	1:5000
RS2S 01 D69 G5 GE0005 001-2 B	Planimetria con ubicazione delle indagini	1:5000
RS2S 01 D69 G5 GE0005 003 B	Planimetria con ubicazione delle indagini tav. 3/3 interconnessione Letojanni	1:5000
RS2S 01 D69 G6 GE0001 001 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Calatabiano - Imbocco lato CT	1:2000/200

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
RS2S 01 D69 G6 GE0001 002 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Calatabiano - Imbocco lato ME	1:2000/200
RS2S 01 D69 G6 GE0001 003 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Uscita intermedia Calatabiano	1:2000/200
RS2S 01 D69 G6 GE0001 004 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Galleria Taormina - Imbocco lato CT	1:2000/200
RS2S 01 D69 G6 GE0001 005 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco Galleria Interconnessione	1:2000/200
RS2S 01 D69 G6 GE0001 006 C	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Uscita intermedia Galleria Interconnessione	1:2000/200
RS2S 01 D69 W6 GE0001 001 C	Sezioni geologiche trasversali 1-2-3-4	1:2000/200
RS2S 01 D69 W5 GE0001 001 B	Sezioni geologiche trasversali 5-6	1:5000/500

## 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 - Giampileri. La tratta di progetto corrispondente al Lotto 1 (fino al km 13+900) tra Fiumefreddo e Taormina / Letojanni interessa il territorio dei comuni di Castelmola e Taormina, in provincia di Messina (ME) e Calatabiano e Fiumefreddo di Sicilia, in provincia di Catania (CT).

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 262 (Monte Etna) in scala 1:100000, nelle Tavole 262-I-SO (Taormina), 262-II-NO (Fiumefreddo di Sicilia) e 262-III-NE (Piedimonte Etneo), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia, negli elementi 613120, 613150, 613160 e 625030 in scala 1:10000.

Dal punto di vista orografico il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra 43 m s.l.m. e 317 m s.l.m. circa in corrispondenza delle pendici nord-orientali del M. Etna e dei ripidi versanti orientali della catena peloritana che, con andamento NE-SO, degradano fino alla costa Jonica, mentre le quote progettuali variano da 17 m s.l.m. a 69 m s.l.m. circa.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio si caratterizza per la presenza, verso sud, delle pendici nord-orientali del M. Etna (3348 m) e, verso nord, 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 è caratterizzata dalla presenza di diversi ordini di terrazzi marini pleistocenici dovuti alle interazioni tra le variazioni eustatiche e i movimenti di sollevamento tettonico quaternari e presenta insenature e baie come quella di Giardini Naxos.



**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 1, in nero quello del Lotto 2.**

I principali corsi d’acqua sono rappresentati dal Fiume Alcantara e da altri 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 S. Antonio, Fosso Mortelletto, Torrente San Giovanni, Torrente S. Vanera, Fiume Alcantara, Torrente San Giorgio, Torrente Bluinetto, Vallone Fogliarino, Torrente Minissale, Torrente Fiumefreddo e Vallone Santa Venera-Torrente delle Forche.

## 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. 86 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 27 non attrezzati, 51 strumentati con piezometro e 8 attrezzati per sismica in foro;
- n. 26 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 2 tomografie elettriche;
- n. 12 prove MASW;
- n. 2 prove MASW/Re.Mi.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno analizzati in laboratorio è di 239, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 162.

## 6.1 Indagini geognostiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi delle indagini relative al lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni, tra i km 0+000 e 13+900 e l'interconnessione tra i km 0+000 i.c. e 1+548 i.c..

### 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 dei campioni prelevati e analizzati in laboratorio, Indisturbati, Rimaneggiati e Litoidi, numero prove SPT, numero prove di permeabilità, numero prove dilatometriche e numero prove pressiometriche).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
T1	1+468	2537507	4182838	78.8	piezometro	25	0	2	0	2	1	0	1
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
<b>Totale</b>							<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

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

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	11 di 234

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S1g	1+234	2537550	4182596	77.0	piezometro	70	0	3	0	2	2	0	0
S2g	1+418	2537518	4182786	77.9	piezometro	70	0	3	0	2	3	0	0
S2sg	1+492	2537202	4182909	91.4	piezometro	60	0	4	0	3	2	0	0
S2dg	1+493	2537801	4182819	70.0	piezometro	60	0	2	0	2	2	0	0
PzXg	1+646	2536676	4183230	125.0	piezometro	70	0	2	0	4	1	0	0
S3g	1+756	2537461	4183173	93.7	piezometro	60	0	5	0	2	3	0	0
S3dg	1+825	2537580	4183213	84.0	piezometro	50	0	3	0	2	2	0	0
S3sg	1+858	2537163	4183432	103.5	piezometro	50	0	2	0	1	3	0	0
S4sg	2+004	2536903	4183822	156.7	piezometro	50	0	3	0	3	2	0	0
S4g	2+067	2537433	4183619	99.0	piezometro	60	1	4	0	3	3	0	0
S5g	2+281	2537391	4184037	120.6	piezometro	65	1	3	0	3	3	0	0
S4dg	2+388	2537863	4183768	91.4	piezometro	40	0	1	0	4	2	0	0
S6g	2+536	2537742	4184085	94.0	piezometro	40	0	4	0	4	3	0	0
S7g	3+066	2537466	4184599	133.4	piezometro	80	0	6	0	3	2	0	0
S9g	4+306	2538018	4185678	155.0	piezometro	100	0	4	0	1	2	0	0
S10g	5+648	2539186	4186645	100.0	piezometro	50	0	4	0	0	3	0	0
S11g	6+268	2539729	4187076	81.0	piezometro	40	0	3	0	2	2	0	0
S12g	7+800	2540922	4188041	100.0	piezometro	40	0	4	0	5	3	0	0
S13g	8+958	2541887	4188545	76.0	piezometro	40	0	2	0	5	2	0	0
S15g	11+272	2544027	4188858	95.0	piezometro	65	0	3	0	2	2	0	0
S15bisg	11+570	2544312	4188968	35.0	piezometro	25	0	4	0	2	1	0	0
S16g	11+837	2544543	4189136	125.0	non attrezzato	80	0	3	0	0	2	0	0
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
<b>Totale</b>							<b>2</b>	<b>82</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**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 <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
FF01	0+812	2537357	4182191	59.3	non attrezzato	20	0	2	0	2	1	0	0
FF03	1+009	2537623	4182357	59.9	sismica in foro	20	0	2	0	0	0	0	0
FF02	1+052	2537446	4182426	65.6	sismica in foro	30	0	4	0	3	1	0	0
AL02	6+726	2540075	4187373	47.3	piezometro	40	0	3	0	3	1	0	0
AL03	6+793	2540135	4187405	46.8	piezometro	40	0	3	0	4	2	0	0
AL04	6+993	2540276	4187550	43.6	sismica in foro	40	0	6	0	3	1	0	0
AL05	7+107	2540344	4187646	48.7	sismica in foro	40	0	6	0	4	1	0	0
AL06	7+302	2540508	4187753	53.1	piezometro	40	2	2	0	1	1	0	0
AL07	7+425	2540615	4187817	54.5	sismica in foro	40	4	1	0	4	1	0	0
AL08	7+483	2540644	4187873	56.1	piezometro	40	4	0	0	4	1	0	0
AL09	7+549	2540686	4187925	60.2	sismica in foro	40	4	0	0	5	1	0	0
<b>Totale</b>							<b>14</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**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 <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S1i(NG1)	0+983	2537516	4182346	54.4	piezometro	60	0	2	0	2	2	0	0
S2i(NG4)	2+174	2537414	4183816	120.0	piezometro	60	0	4	0	2	2	0	0
S3i(NG5)	2+273	2537425	4183995	120.8	piezometro	50	0	6	0	3	0	0	0
<b>Totale</b>							<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabella 4 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Imprefond 2006, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	13 di 234

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S1fPz	1+231	2537557	4182591	77.0	piezometro	60	0	0	0	0	2	0	0
S3fPz	1+970	2537432	4183473	93.1	piezometro	75	0	0	0	0	2	0	0
S5fPz	2+147	2538028	4183320	67.1	piezometro	40	0	0	0	0	2	0	0
S4fPz	2+222	2537356	4183956	121.5	piezometro	60	0	0	0	0	2	0	0
S1v	2+921	2538329	4184051	65.0	piezometro	30	2	2	0	4	0	0	0
S2v	3+156	2538465	4184245	90.2	piezometro	30	2	2	0	3	0	0	0
S3v	4+085	2538836	4185097	85.5	piezometro	30	2	3	0	4	0	0	0
S4v	6+438	2539831	4187216	62.5	piezometro	30	1	4	0	4	0	0	0
<b>Totale</b>							<b>7</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabella 5 - 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				
S01D	1+661	2537662	4183008	77.8	piezometro	30	1	1	2	5	2	0	0
S12D	10+860	2543618	4188817	228.5	non attrezzato	80	0	2	10	0	2	2	3
S14D	13+135	2545526	4189957	158.9	piezometro	145	0	2	1	0	3	3	0
S13DCH	13+613	2545695	4190413	62.00	sismica in foro	50	0	3	2	0	0	0	3
S13D	13+615	2545694	4190415	62.0	sismica in foro	50	3	0	0	0	2	3	0
S02D	2+562	2538129	4183757	69.9	piezometro	29	1	1	4	3	1	0	0
S03D	3+526	2538632	4184577	81.0	piezometro	40	3	5	0	5	2	0	2
S03Dbis	3+808	2538714	4184847	84.4	piezometro	33	2	2	5	6	1	0	3
S04D	4+572	2538996	4185556	134.4	piezometro	85	0	0	0	5	2	0	3
S05D	5+487	2539359	4186398	81.9	piezometro	40	0	1	5	3	1	0	2
S06D	6+107	2539710	4186893	130.2	piezometro	80	1	3	1	2	2	0	3
S09D	7+033	2540314	4187577	47.5	non attrezzato	40	0	0	3	5	3	0	0
S10Da	7+174	2540411	4187671	53.2	non attrezzato	22	0	0	0	0	0	0	0
S10Db	7+269	2540486	4187729	52.2	non attrezzato	25	0	0	0	0	0	0	0
S10Dc	7+392	2540585	4187801	55.5	non attrezzato	35	0	0	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				
S11D	8+854	2541642	4188806	88.3	piezometro	50	0	4	4	3	1	0	0
S15D	0+764i.c.	2546049	4191153	71.7	non attrezzato	70	0	2	0	0	2	0	3
S16CAR1	1+211i.c.	2546266	4191496	22.8	non attrezzato	2	0	0	0	0	0	0	0
S16CAR2	1+211i.c.	2546268	4191502	22.8	non attrezzato	2	0	0	0	0	0	0	0
S16Do	1+212i.c.	2546267	4191500	23.5	non attrezzato	15	0	0	2	0	0	0	0
S16Dv	1+212i.c.	2546270	4191506	22.6	non attrezzato	20	0	0	4	0	0	0	0
<b>Totale</b>							<b>11</b>	<b>26</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>22</b>

**Tabella 6 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2017-2018, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).**

In particolare, durante l'esecuzione del sondaggio S03Dbis è stata evidenziata la presenza di gas metano.

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni			SPT	Permeabilità	Dilatometriche	Pressiometriche
							I	R	L				
S26	11+829	2544498	4189225	126.4	non attrezzato	22	0	0	0	0	0	0	0
N2	11+957	2544683	4189117	178.0	non attrezzato	20	0	0	0	0	0	0	0
N1	11+962	2544599	4189286	181.7	non attrezzato	15	0	0	0	0	0	0	0
S2	12+000	2544650	4189265	180.6	non attrezzato	-	0	0	0	0	0	0	0
S23	12+005	2544680	4189222	174.2	non attrezzato	30	0	0	0	0	0	0	0
S27	12+065	2544715	4189273	200.2	non attrezzato	40	0	0	0	1	1	0	0
S5	12+081	2544709	4189308	201.3	non attrezzato	40	0	0	0	0	0	0	0
S8DH	12+500	2545116	4189460	229.3	non attrezzato	70	0	0	0	0	0	0	0
S4	12+911	2545261	4189864	218.0	non attrezzato	23	0	0	0	0	0	0	0
S22	12+929	2545440	4189763	197.9	non attrezzato	60	0	0	0	0	0	0	0
S13	12+977	2545473	4189800	191.8	non attrezzato	60	0	0	0	0	0	0	0
N4	13+039	2545365	4189947	172.3	non attrezzato	15	0	0	0	0	0	0	0
N3	13+095	2545370	4190011	160.4	non attrezzato	15	0	0	0	0	0	0	0
S1	1+280i.c.	2546279	4191579	-	non attrezzato	25	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totale</b>							<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabella 7 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito di altri lavori, 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 <i>m</i>
ta_L01	6+661	2540019	4187340	tomografia elettrica	405
ta_L02	7+300	2540512	4187746	tomografia elettrica	472

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

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
2	1+241	2537611	4182580	sismica a rifrazione	230
1	1+360	2537626	4182822	sismica a rifrazione	229
99	6+252	2539822	4187170	sismica a rifrazione	304
4	6+403	2539919	4187110	sismica a rifrazione	223
3	6+587	2540099	4187367	sismica a rifrazione	308
6	7+673	2540911	4188052	sismica a rifrazione	261
5	7+744	2540937	4187936	sismica a rifrazione	224
7	7+868	2540968	4188027	sismica a rifrazione	226
9	8+122	2541328	4188201	sismica a rifrazione	219
10	8+164	2541305	4188339	sismica a rifrazione	227
8	8+212	2541336	4188190	sismica a rifrazione	218
13	8+866	2541933	4188591	sismica a rifrazione	261
12	8+979	2541910	4188434	sismica a rifrazione	309
11	9+016	2542104	4188574	sismica a rifrazione	360
14	11+577	2544353	4188860	sismica a rifrazione	229
15	11+589	2544399	4189019	sismica a rifrazione	157
16	11+620	2544386	4188833	sismica a rifrazione	214

**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 <i>m</i>
MASW1	0+774	2537488	4182138	MASW	57

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
MASW2	2+946	2538350	4184067	MASW	57
MASW3	14+838	2546387	4191616	MASW	57

**Tabella 10 - Sintesi delle indagini sismiche di superficie 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
L1e	3+305	2538547	4184372	Sismica a rifrazione	265
L2	3+406	2538619	4184452	Sismica a rifrazione	237
L1d	3+521	2538618	4184577	Sismica a rifrazione	178
L1c	3+671	2538681	4184713	Sismica a rifrazione	117
L1b	3+847	2538781	4184862	Sismica a rifrazione	238
L3	3+979	2538759	4185015	Sismica a rifrazione	118
L1a	4+105	2538894	4185094	Sismica a rifrazione	236
R4	6+790	2540140	4187396	MASW/Re.Mi.	-
L4a	6+717	2540034	4187409	Sismica a rifrazione	237
L4b	6+768	2540089	4187423	Sismica a rifrazione	178
R5	6+746	2540056	4187427	MASW/Re.Mi.	-
M1	4+806	2539335	4185670	MASW	56
M2	5+483	2539377	4186386	MASW	56
M3	6+310	2539780	4187082	MASW	56
M4	7+784	2540908	4188031	MASW	56
M5	14+714	2546290	4191480	MASW	56
M6	11+560	2544284	4189068	MASW	56
M7	13+538	2545690	4190334	MASW	56
M8	13+195	2545424	4190089	MASW	56
M9	13+258	2545515	4190106	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 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. 55 stop geologici, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento (RS2S 01 D69 G5 GE0001 001-3 B, RS2S 01 D69 G5 GE0005 001-3 B e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6 B).

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 01 D69 RH GE0001 001 B).

N° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G01	1+011	2537566	4182368	UPPa
G02	1+917	2536811	4183692	UPPa
G03	2+634	2537801	4184157	UTFa
G04	3+069	2538331	4184210	UTFa
G05	2+567	2537604	4184259	UTFa
G06	2+944	2537767	4184400	ba
G07	3+335	2538010	4184630	ASF
G08	4+271	2538597	4185398	PDTa
G09	4+898	2539386	4185750	PDTa
G10	4+912	2539354	4185778	PDTa
G11	5+335	2539514	4186170	PDTa
G12	6+645	2540311	4186962	PDTc
G13	6+035	2539365	4187037	PDTc
G14	6+387	2539805	4187169	b2
G15	7+527	2540671	4187910	b2
G16	7+757	2540945	4187954	CODd
G17	7+759	2540872	4188033	CODd
G18	7+808	2540926	4188049	CODd
G19	7+817	2540899	4188089	CODd
G20	8+316	2541445	4188267	CODc
G21	8+400	2541507	4188324	CODb
G22	8+385	2541463	4188344	CODc
G23	8+800	2541789	4188490	b2/CODb
G24	9+008	2541918	4188563	ba
G25	11+733	2544605	4188597	SCA1
G26	10+894	2543657	4188780	CODa
G27	11+443	2544181	4188978	MAI
G28	11+674	2544404	4189044	MAI
G29	11+470	2544193	4189070	RSA
G30	11+031	2543747	4189084	SCA1

N° stazione geologica	pk	Longitudine	Latitudine	Unità geologica
G31	11+711	2544427	4189098	RSA
G32	11+944	2544667	4189119	RSA
G33	10+766	2543479	4189183	FDN
G34	10+924	2543617	4189214	MAI
G35	12+044	2544709	4189246	DOA
G36	11+873	2544521	4189271	MED
G37	12+058	2544509	4189583	MED
G38	13+006	2545622	4189734	DOA
G39	13+021	2545635	4189743	DOA
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
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

**Tabella 12 – Sintesi gli stop geologici effettuati nella presente fase progettuale nel lotto in esame.**

### 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 01 D69 G5 GE0001 001-3 B e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6 B). 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
3	11+655	2544305	4189370	MED
4	11+991	2544440	4189620	MED
6	12+567	2544831	4189829	DOA

**Tabella 13 – Sintesi degli stop geo-strutturali realizzati nelle fasi progettuali precedenti, nel lotto in esame.**

Inoltre, durante la presente fase di approfondimento progettuale sono stati condotti n. 18 stop geostrutturali, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento (cfr. RS2S 01 D69 G5 GE0001 001-3 B, RS2S 01 D69 G5 GE0005 001-3 B e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6 B). I punti di rilievo sono stati analizzati distintamente nel caso degli ammassi rocciosi e 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
G02	S01	1+918	2536811	4183692	UPPa
G03	S02	2+634	2537801	4184157	UTFa
G10	S03	4+912	2539354	4185778	PDTa
G12	S04	6+646	2540311	4186962	PDTc
G16	S05	7+757	2540945	4187954	CODd
G20	S06	8+317	2541445	4188267	CODc
G21	S07	8+400	2541507	4188324	CODb
G25	S08	11+734	2544605	4188597	SCA1
G27	S09	11+444	2544181	4188978	MAI
G29	S10	11+470	2544193	4189070	RSA
G33	S11	10+766	2543479	4189183	FDN
G36	S12	11+873	2544521	4189271	MED
G38	S13	13+007	2545622	4189734	DOA
G39	S14	13+022	2545635	4189743	DOA
G42	S15	13+199	2545456	4190074	GCM
G45	S16	13+875	2545695	4190695	GLD

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

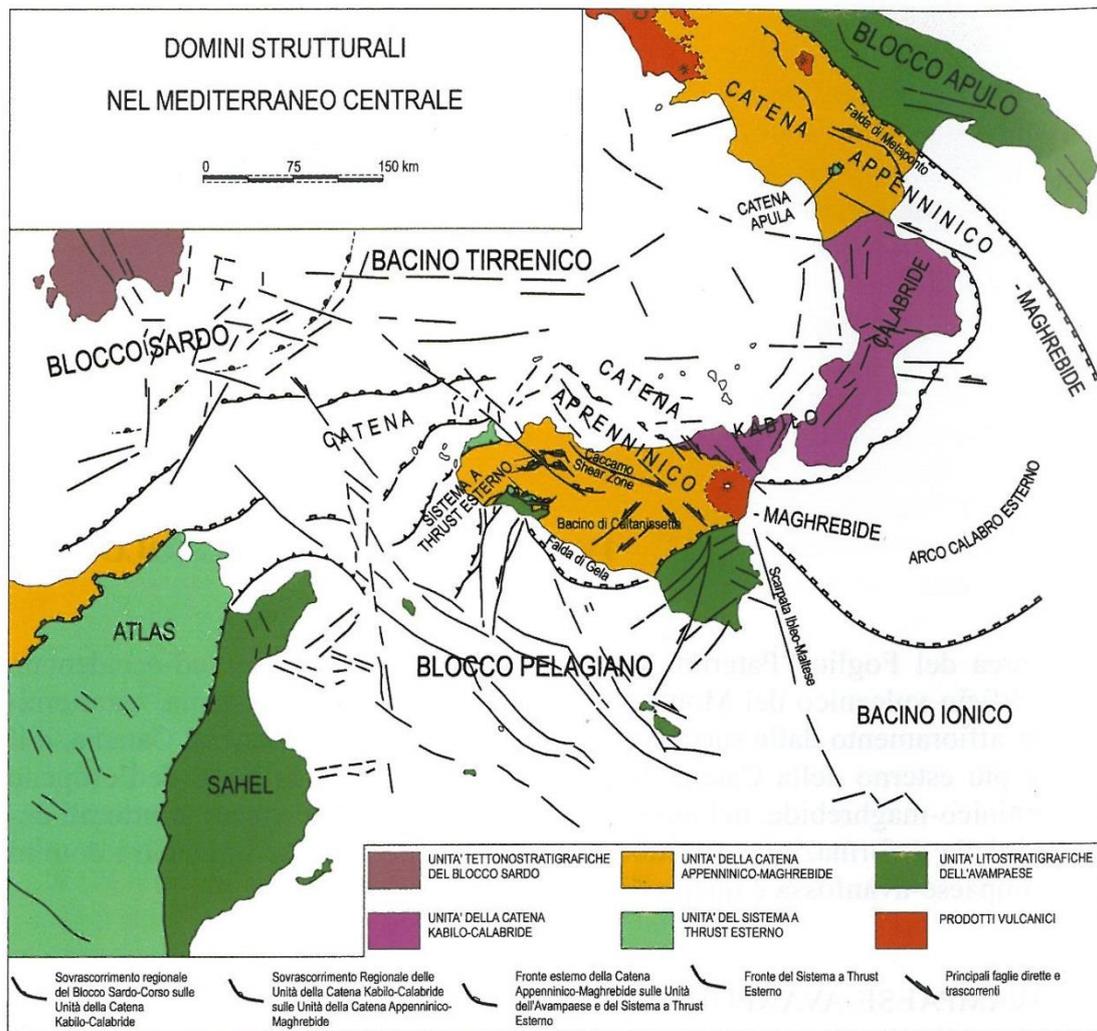
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	20 di 234

G46	S17	13+941	2545740	4190748	GLD
G51	S18	14+696	2546219	4191462	TAM

**Tabella 14 – Sintesi gli stop geo-strutturali effettuati nella presente fase progettuale nel lotto in esame.**

## 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 sia 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).

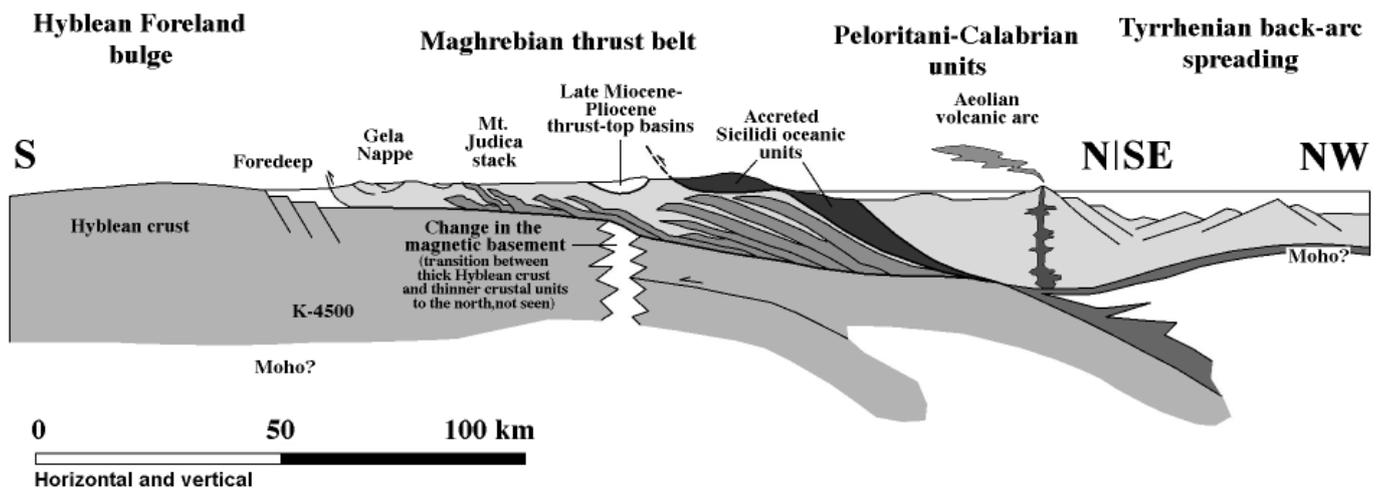
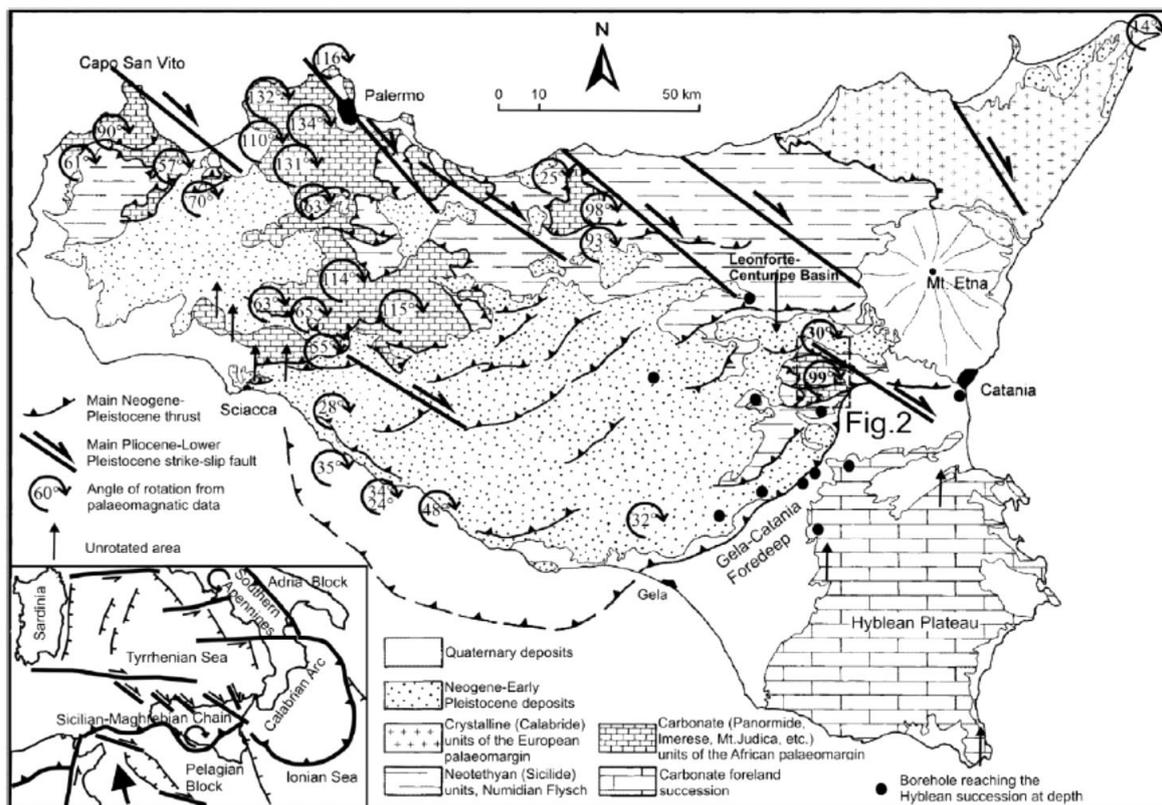


Figura 3 – Sezione semplificata della Sicilia orientale, lungo una sezione estesa dal promontorio Ibleo alla zona antistante al bacino di retro-arco tirrenico più meridionale (da Elter et al. 2003).

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 sia 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 al 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 Sanginetto 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 a 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* e orientate NW-SE e WNW-ESE, ha caratterizzato le fasi post-tortoniane dell'orogenesi (Lentini et al. 1991).

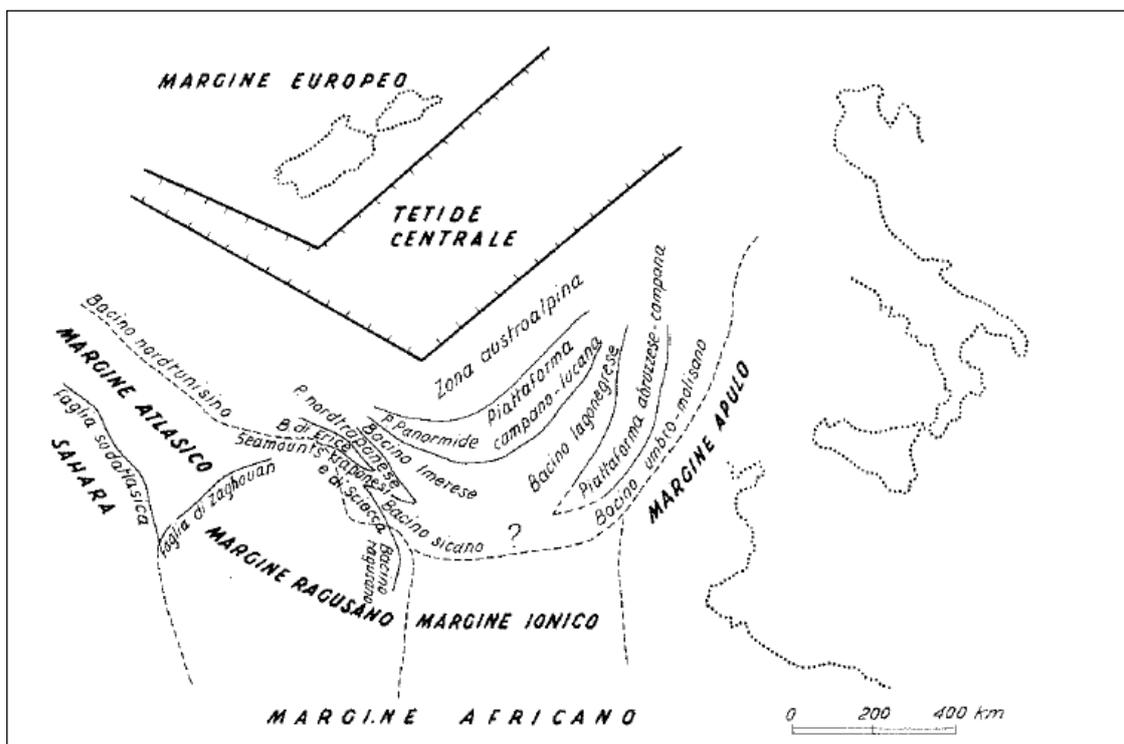


Figura 5 – Ricostruzione palinspastica della Tetide centrale nel Giurassico (da Scandone et al. 1974).

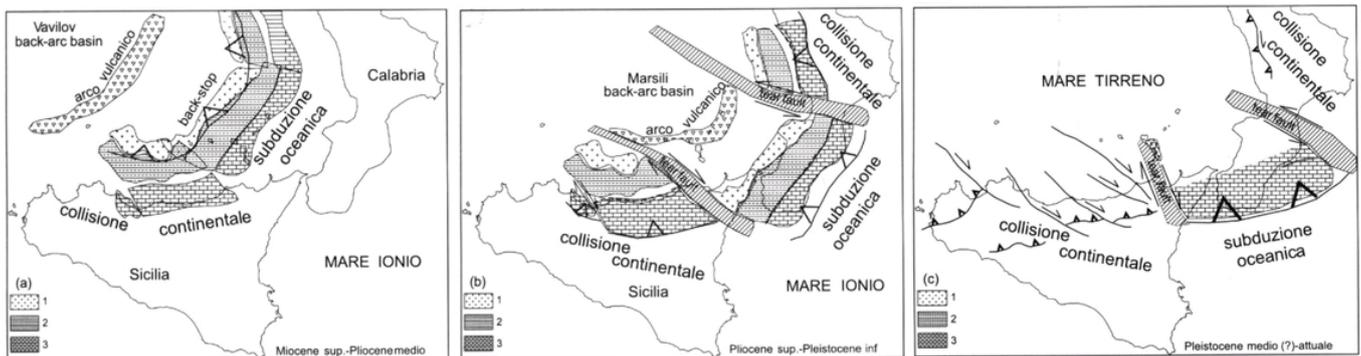
La Catena Kabilo-Calabride rappresenta una delle zone di massima distorsione dell'orogene che circonda il Mediterraneo e costituisce, ovviamente, l'elemento di raccordo tra la Catena Appenninica a Nord e la Catena Maghrebide a Sud (Amodio-Morelli et al. 1976, Bonardi et al. 1980; Vai 1992; Catalano et 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 variabili 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 e 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 tetidea 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 sia 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

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).

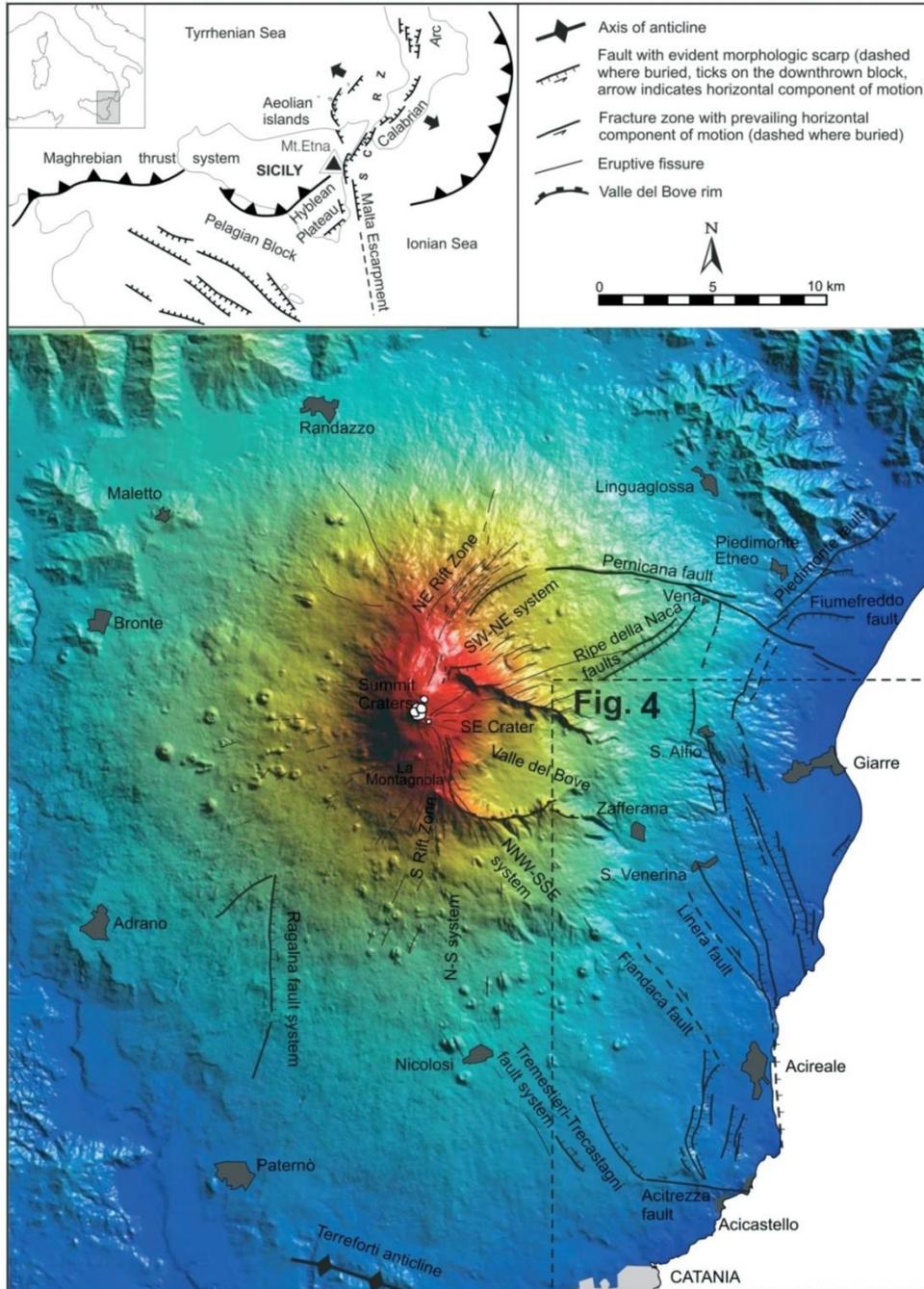
## 7.2 Apparato vulcanico del Monte Etna

Il Monte Etna è un complesso vulcanico quaternario derivante dall'accumulo d'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 km<sup>2</sup> 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 spatio-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.

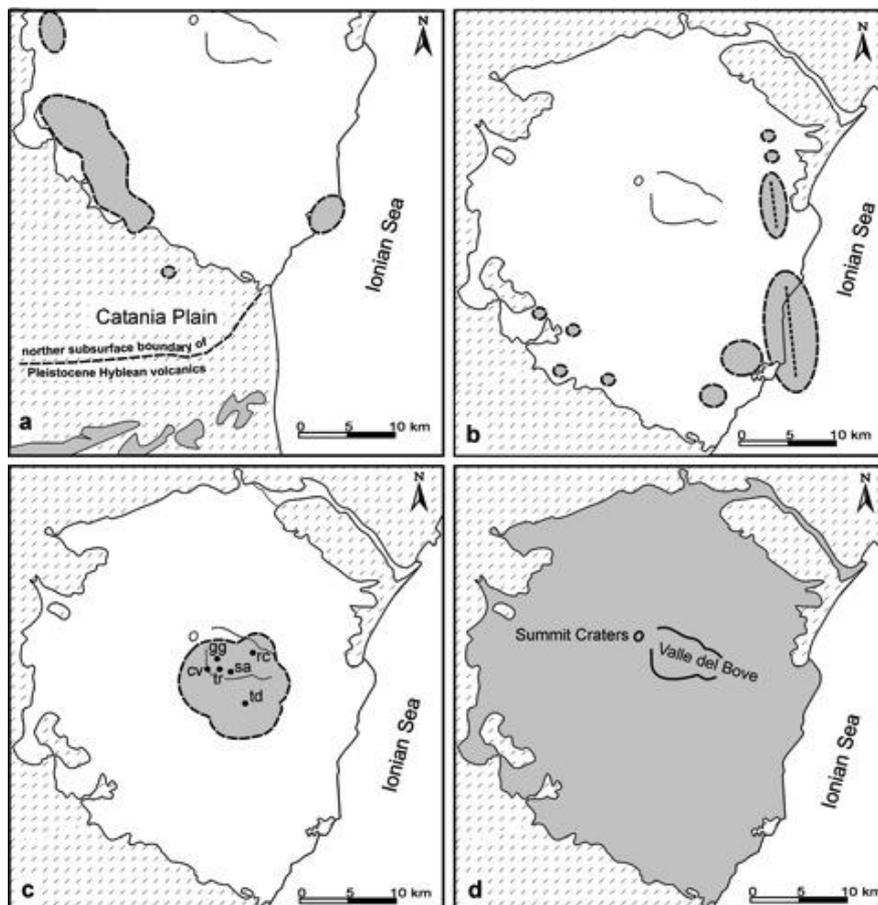
La terza fase, del “Trifoglietto”, ha inizio circa 100 ka fa con la formazione di piccoli edifici vulcanici posti nel settore Sud-occidentale della Valle del Bove, caratterizzati dall’emissione di prodotti a composizione da intermedia a differenziata (Cristofolini & Romano 1982). La quarta fase, detta 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 Stratovolcanico (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 approfondimento 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 liti 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 liti 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 vacuolari, 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).
  - **Calcareniti 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 *Neoglobobulimina acostaensis*. Nei livelli argillosi sommitali sono presenti associazioni a nannofossili con *Amaurolithus delicatus*, *Discoaster asymmetricus*, *D. quinquearmatus* 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);

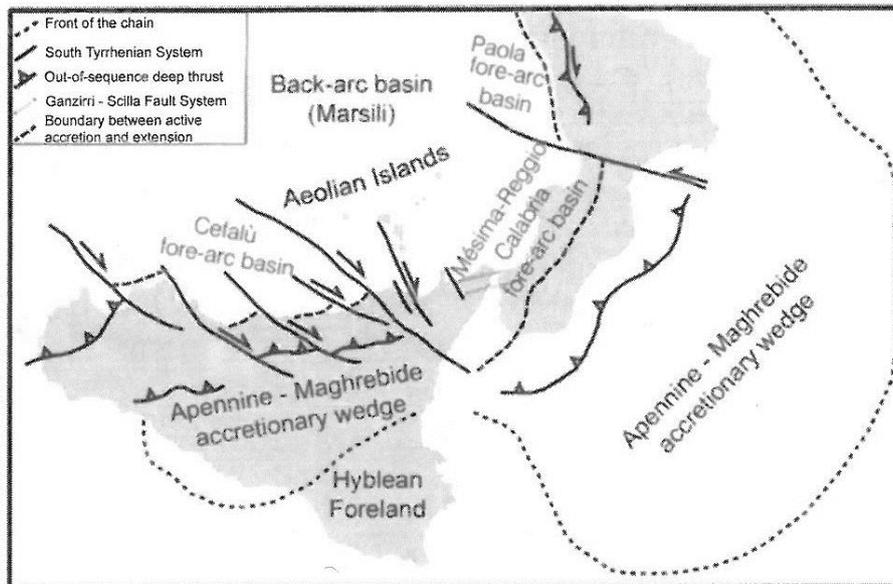
L'inizio della fase collisionale si verifica durante il Paleogene, mediante l'attivazione di tagli crostali profondi (Catalano et al. 2009). Questi tagli determinano l'accavallamento delle unità del margine europeo sui terreni del cuneo di accrezione neo-Tetideo, nonché la concomitante sovrapposizione 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 trasversive 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 – Faglie 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).

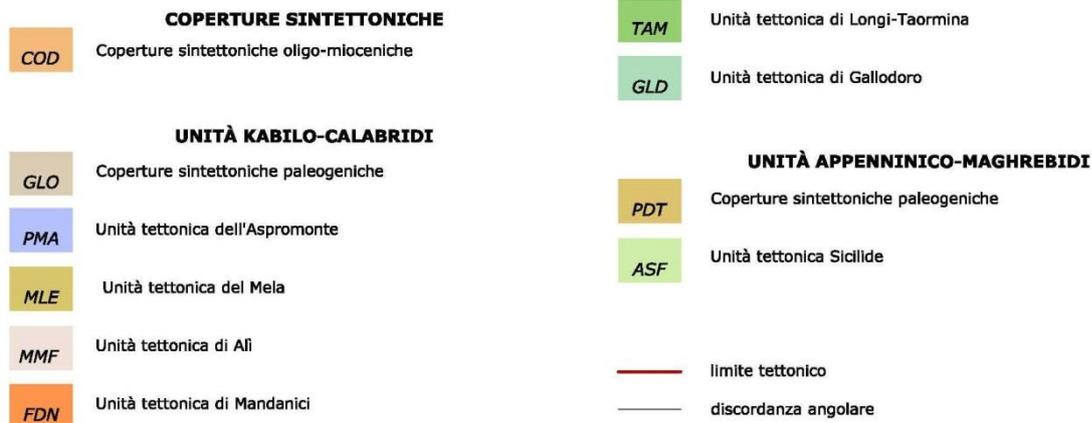
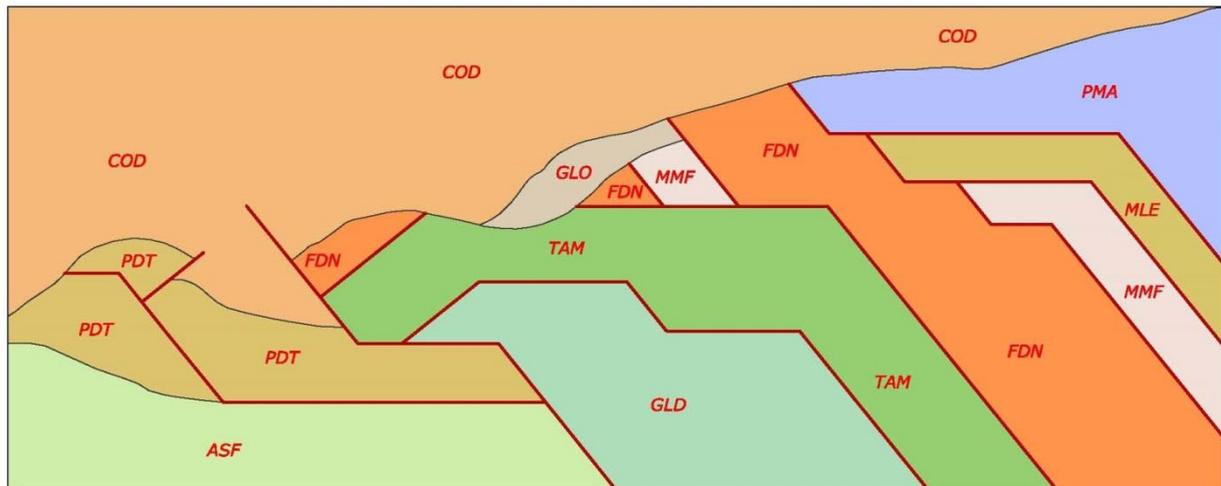
## 8 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

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 meridionali dell'area di studio, 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, localmente affiorante nei settori più meridionali e centrali dell'area di intervento. 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 nei settori meridionali e centrali dell'area di interesse, tra il Vallone Fogliarino e i rilievi collinari presenti lungo il margine settentrionale del Fiume Alcantara. 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 rinvengono 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 rinvengono 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.**

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 nella porzione centro-meridionale dell'area di studio, tra il Torrente Bluinetto e i rilievi collinari presenti a Sud del Fiume Alcantara. 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 rinvencono 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 rinvencono 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 rinvencono 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.**

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 nei settori centrali e settentrionali dell’area di studio, a nord del Fiume Alcantara.

### 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 settentrionali del lotto 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 settentrionale del lotto in esame, a nord del centro abitato di Taormina. 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 settentrionale del lotto in esame, 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 in prossimità del centro abitato di Taormina, a Est di Monte Puretta.**

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 settentrionali del presente lotto, 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 settentrionali del lotto in esame. 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 settentrionali del lotto in esame, a nord del centro abitato di Taormina. Si tratta di argilloscisti 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 Nord di Taormina, a nord-ovest della spiaggia di Mazzeo.**

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 al di fuori del lotto di studio. 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 rinvencono 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 settentrionale della zona di stretto intervento, tra Taormina e il Torrente Letojanni. Si tratta di biocalcarenti 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 a Est di Monte Ziretto, in Contrada Zaccani.

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 settentrionale del lotto in esame, principalmente in corrispondenza della dorsale su cui sorge il centro abitato di Taormina. 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 settentrionale 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 brecce 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.

#### 8.1.2.2.6 Maiolica

Questa formazione si rinviene nei settori settentrionali della zona di studio, poco a Sud del centro abitato di Taormina, lungo una fascia estesa da 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 settentrionale 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 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 nel settore settentrionale dell'area di intervento a NE del Torrente S. Venera. 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 rinvencono 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 rinvencono 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 lungo i versanti orientali di Monte Petraro in sinistra idrografica del Torrente S. Venera.**

#### 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 al di fuori del settori 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 non affiora direttamente nel lotto in esame. 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 Calamaci e Rio Schiavo, lotto 2.**

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 non si rinviene direttamente nel lotto 1. 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 rinvergono 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, nel lotto 2.**

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 non affiora nel settore di studio. 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, carniole 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, nel lotto 2.**

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 non affiora direttamente nell'area di stretto interesse. 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-bluaastro, in strati da 5 a 40 cm, con noduli di selce scura.



**Foto 14– Affioramento delle Calcilutiti di Casello a Nord di Capo d’Ali, tra Rio Schiavo e Vallone Calamaci, nel lotto 2.**

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 Ali (**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 al di fuori della zona di studio. È costituita da argilliti silicee e radiolariti di colore verde e rosso-vinaccia (**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, nel lotto 2.**

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 al di fuori dell’area di intervento del lotto in esame. 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 fuori della zona di studio del lotto in esame. 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, nel lotto 2.**

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, non affiorante nell'area di studio del lotto in esame. 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 non affiora nei settori di stretto interesse. 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 metapliti. 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, nel lotto 2.**

La successione in esame poggia in contatto tettonico sulle Metamorfite 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, non affiorante nella zona di studio del presente lotto. 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 non affiora nella zona di studio. 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, nel lotto 2.**

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-settentrionali dell’area di studio, a Nord del Fiume Alcantara.

#### **8.1.3.1 Coperture sintettoniche oligo-mioceniche**

Questi depositi sono costituiti da una sola successione marina infra-cenozoica, ampiamente affiorante nel settore centro-settentrionale 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 centro-settentrionale dell'area di studio, a Nord del Fiume Alcantara. 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 rinvengono blocchi poligenici da sub-arrotondati ad arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche. Lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie arcose 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 rinvengono 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 contrada Varaggio, in sinistra idrografica del Fiume Alcantara.**

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 centro-settentrionali 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 non si rinviene nel settore di studio. 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 arcosiche 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, nel lotto 2.**

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 nel settore centro-settentrionale dell’area di studio, a Sud di Villagonia. 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 arcose 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, nel lotto 2.**

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 centrale 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 nel settore centrale dell'area di studio, a Sud del Fiume Alcantara. È formata da calcari cristallini di colore bianco-grigiastro (**GSb**), vacuolari per processi di dissoluzione, spesso brecciatati e pulverulenti, con locali intercalazioni di laminiti 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 nel settore centrale dell'area di intervento, a Sud del Fiume Alcantara. 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 affiora unicamente nel settore meridionale della zona di studio, in destra idrografica del Torrente Fogliarino. 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 nel settore meridionale dell'area di studio, sia in destra che in sinistra idrografica del Torrente Fogliarino. 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 non affiora nell'area di studio del lotto 1. 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 (**VEP1**) 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 non si rinviene direttamente nell'area di studio. 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, nel lotto 2.**

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 settentrionali 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 settentrionali 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 centro-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 affiora solamente nel settore più meridionale dell'area di studio, a Sud di Vallone Fogliarino. È costituita da lave basaltiche di colore grigio, rossastro, marrone e nerastro (**UPPa**), localmente scoriacee 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.



A27

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

Si tratta dei prodotti vulcanici ed epiclastici del Vulcano Ellittico, in appoggio discordante sulle Calcareni 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 nei settori meridionale e centrale dell'area di intervento, a Sud del Torrente S. Venera. 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.**

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 nei settori centro-meridionali 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 rinvengono 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 particolare nei settori centrale e meridionale, 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 rinvengono 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 rinvengono 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 rinvengono 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 in corrispondenza dei rilievi più acclivi ed estesi nel settore settentrionale del lotto in esame. 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.**

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 centro-meridionali dell'area di intervento, 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 rinvergono nei settori settentrionali dell'area di studio, tra il centro abitato di Calatabiano e la dorsale di Forza d'Agrò nel lotto 2. I suddetti elementi risultano particolarmente importanti 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 del lotto 2, 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.



**Foto 28 – Contatto tettonico tra le Metamorfiti di Mandanici (FDN) e i Calcari e dolomie di Taormina (DOA), a Nord del Torrente Savoca, nel lotto 2.**

Un ulteriore gruppo di *thrust* con andamento circa NE-SW o ENE-WSE si rinviene fuori dall'area di interesse, tra la Fiumara d'Agrò e Giampileri 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 2, 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 nel settore settentrionale dell’aria di studio, in particolare nei settori di Taormina, e nei settori di interesse del lotto 2 nei pressi di 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 al di fuori dell’area di stretto interesse. 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 del lotto 2. 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.



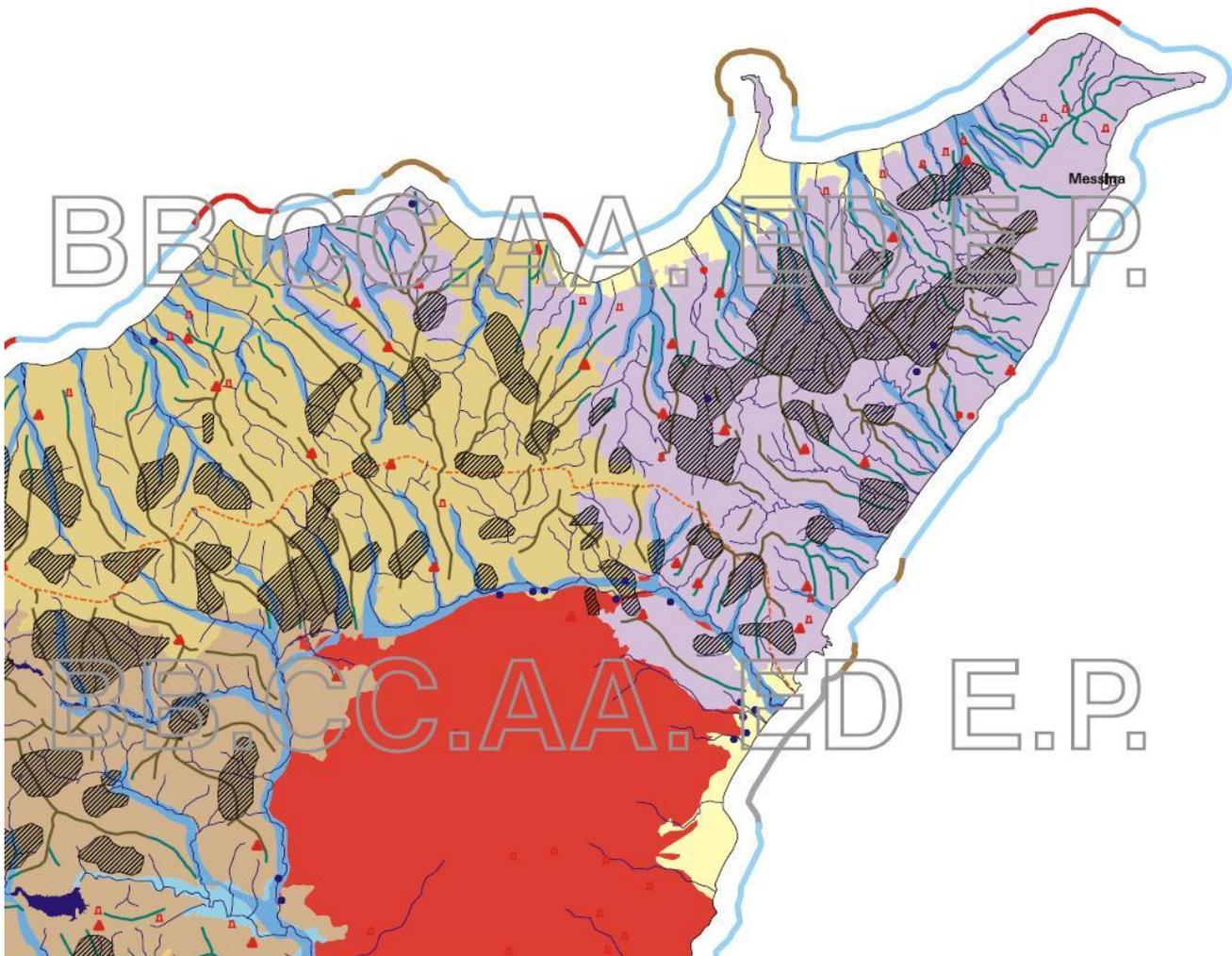
**Foto 29 – Asse della piega anticlinale che interessa le Metamorfiti di Ali (MMF), nei pressi del Vallone Calamaci, nel lotto 2.**

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 nel lotto 2 lungo la costa ionica a Nord di Capo d'Ali, 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 Ali (MMF) che i litotipi del Verrucano peloritano di Ali (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 fiumara (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), falesie 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 formato un reticolo a spina di pesce (Branca & Ferrara 2001;

Catalano et al. 2009). La copertura della paleo-valle è costituita da un 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, interdigitati 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).

## 9.5 Morfologia dei campi lavici

Il versante Nord-orientale del Monte Etna è essenzialmente costituito da estese colate laviche riferibili all'attività eruttiva degli ultimi 15 ka e, in maniera minore, da colate laviche più antiche. Le caratteristiche morfologiche delle lave etnee riflettono in buona sostanza la modalità di sviluppo del campo lavico, che risulta a sua volta controllata da diversi parametri fisici delle lave (tasso effusivo, temperatura, viscosità) e dalla pendenza del rilievo su cui scorrono (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009).

In relazione alle differenti caratteristiche di formazione, i campi lavici possono essere suddivisi in semplici e composti (Walker 1971). I campi lavici semplici, che si formano durante eruzioni di breve durata e con alti tassi effusivi, sono caratterizzati dallo sviluppo di un singolo flusso principale, a cui possono associarsi limitate sovrapposizioni che non modificano la morfologia complessiva. Al contrario i campi lavici composti, che si formano durante eruzioni di lunga durata e con bassi tassi effusivi, sono il risultato della sovrapposizione di numerose unità di flusso, che producono complessivamente una morfologia piuttosto complessa ed articolata.

I campi lavici semplici, come quello relativo all'eruzione del 1928, presentano in genere un notevole sviluppo longitudinale, raggiungendo lunghezze massime di circa 10-12 km ed un'ampiezza di poche centinaia di metri (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009). La morfologia di questi campi è essenzialmente di tipo *aa*, un termine di origine hawaiana utilizzato per descrivere colate con una copertura scoriacea superficiale estremamente aspra ed accidentata, che rappresenta il risultato della rottura in singoli blocchi della spessa crosta rigida superficiale delle

unità di flusso. Questi campi lavici sono spesso caratterizzati da importanti forme positive del rilievo, come gli argini dei canali di scorrimento, che raggiungono altezze decametriche e lunghezze variabili da poche centinaia di metri ad oltre un chilometro (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009).

La colata prodotta dall'eruzione del 1991-1993 rappresenta invece un tipico esempio di campo lavico composto (Branca et al. 2009), formato dall'associazione di diverse tipologie morfologiche, come quelle di tipo *aa* e *toothpaste* (Rowland & Walker 1987). Le morfologie di tipo *toothpaste*, in particolare, sono caratterizzate sia da lingue di lava tabulari, di dimensioni variabili da pochi metri ad oltre cento metri di lunghezza, che da lastroni parzialmente dislocati e disarticolati. Queste unità sono prodotte durante lo sviluppo di bocche effimere, che si originano nel tetto dei tunnel lavici quando il flusso al loro interno rompe la crosta (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009). I campi lavici composti sono caratterizzati, inoltre, da ulteriori morfologie secondarie con dimensioni generalmente inferiori al metro, come canali di scorrimento lavico, tumuli, creste di pressione e piccoli lobi lavici (Branca et al. 2009; Walker 1991).

I campi lavici con morfologia di tipo *pahoehoe*, come quello della colata di Misterbianco, sono invece molto rari sul M. Etna (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009). Queste morfologie, in particolare, sono caratterizzate da una superficie liscia e spesso ondulata, modellata in numerose forme risultanti dalla deformazione complessiva di una sottile crosta superficiale da parte della sottostante lava fluida. Una delle strutture secondarie più caratteristiche di tale morfologia è rappresentata dalla superficie a “corde”, che consiste in una serie di pieghe inarcate a varie scale nel senso nel flusso (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009). Uno dei migliori esempi di campo lavico a morfologia *pahoehoe* è costituito dalla colata del 1614-1624, che ricopre un'area con un'estensione superiore a 20 km<sup>2</sup> (Branca et al. 2009).

In generale, l'originaria morfologia dei campi lavici è stata progressivamente modificata dai processi pedogenetici agenti sulla porzione più superficiale delle colate. Tali processi presentano una intensità decisamente maggiore lungo la fascia pedemontana dell'edificio vulcanico etneo, dove i suoli presentano spessori variabili tra poche decine di centimetri ed alcuni metri (Branca et al. 2009; Carbone et al. 2009). Al contrario, i processi meteorici di alterazione e disgregazione della roccia agiscono prevalentemente ad alta quota, dove modificano l'aspetto superficiale delle colate livellando le irregolarità minori (Carbone et al. 2009). Infine, in aggiunta ai processi pedogenetici e di alterazione, va considerata la forte antropizzazione del territorio nella fascia pedemontana, che ha ulteriormente modificato l'originaria morfologia delle colate laviche.

## 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 Santa Verena, in Località Fiascara.

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, quindi, dal Torrente S. Antonio, Fosso Mortelletto, Torrente San Giovanni, Torrente S. Vanera, Fiume Alcantara, Torrente San Giorgio, Torrente Bluinetto, Vallone Fogliarino, Torrente Minissale, Torrente Fiumefreddo e Vallone Santa Venera-Torrente delle Forche.

Il principale elemento idrografico della zona di studio è rappresentato dal Fiume Alcantara, un importante corso d'acqua a carattere torrentizio sviluppato tra i Monti Nebrodi e il Mar Ionio, lungo il margine settentrionale del Monte Etna. Il suddetto elemento nasce dai rilievi di Serra Baratta, a circa 1400 m s.l.m., e dopo aver percorso 52 km in direzione circa E-W, sfocia nel Mar Ionio all'altezza di Giardini-Naxos. Il bacino idrografico presenta un'estensione di circa 573 km<sup>2</sup> e interessa numerosi comuni delle province di Catania e Messina, tra cui Calatabiano, Taormina e Giardini-Naxos.

## 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 morfoevolutivi 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 dei fenomeni franosi che interessano il versante Nord-orientale della dorsale a NE di Calatabiano, in destra idrografica del Fiume Alcantara**

Spesso, in corrispondenza delle aree impluviali più estese o lungo solchi di erosione più importanti, si rinvennero 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 m<sup>3</sup>. 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 m<sup>3</sup> 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 rinvencono 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; Giaimi 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, come il Fiume Alcantara. 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 rinvencono 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 rinvengono 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 nel lotto 2. 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.**

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 rinvengono, 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 Giampileri 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 rinvengono 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 tessiture 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).

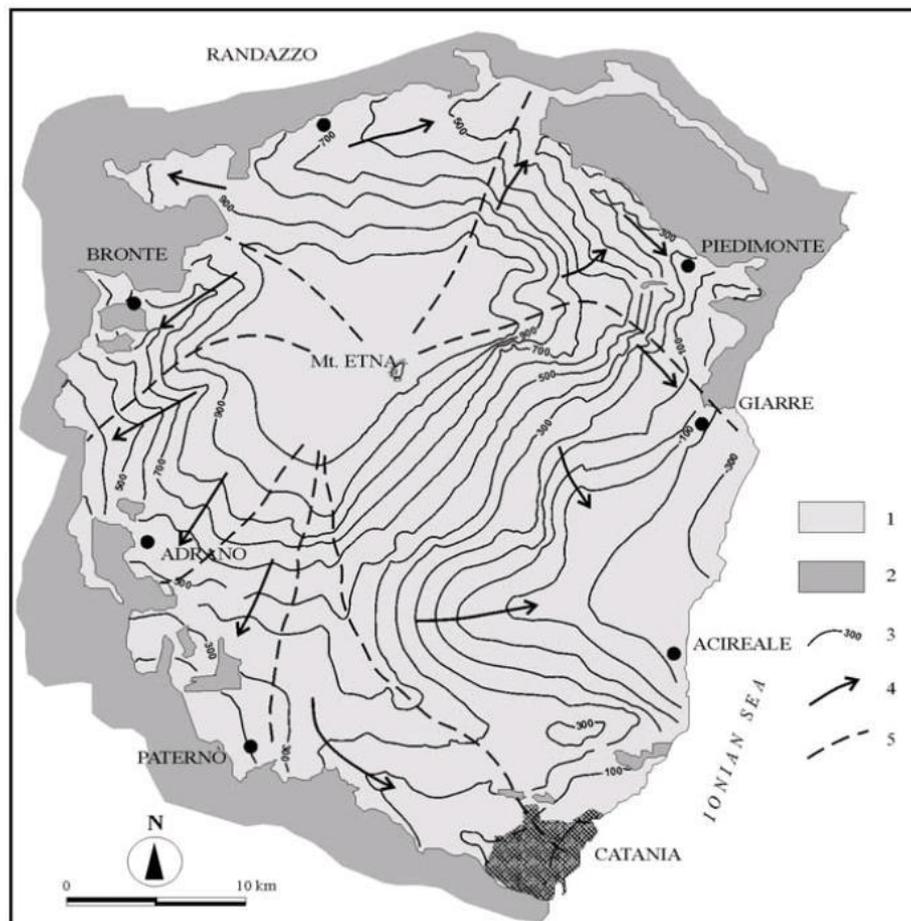
Nei terreni metamorfici la circolazione idrica sotterranea è discontinua e frazionata, per cui non sono presenti falde estese e di significativa potenzialità (Ferrara 1999; Carbone et al. 2007). Le acque di infiltrazione negli ammassi rocciosi metamorfici, qualora non captate e derivate, sono restituite 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 quarziti 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-Giampileri (lotto 1 e lotto 2) 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, brecce 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 rinvengono intercalazioni di calcilutiti, calcareniti, brecciole 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 scoriaee 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 relative al Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
T1	LU1	Lugeon	15.0 – 17.0	4.89E-07	CVL
T2	LE1	Lefranc	80.0 - 81.5	2.50E-09	CMT
	LE2	Lefranc	90.5 – 92.0	5.10E-09	CMT
T3	LE1	Lefranc	33.0 – 35.0	2.80E-08	CMT
T4	LE1	Lefranc	70.5 – 72.0	1.70E-08	CMT
	LE2	Lefranc	80.0 - 81.5	2.60E-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 (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
Pz <sub>xg</sub>	LE1	Lefranc	61.0 - 63.0	2.90E-08	CRM
S1 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	41.0 - 42.0	1.12E-06	CVL
	LE1	Lefranc	47.0 - 49.0	3.50E-06	CVL
S2 <sub>dg</sub>	LE1	Lefranc	25.0 - 27.0	5.90E-06	CVL
	LU1	Lugeon	36.0 - 38.0	5.15E-06	CVL
S2 <sub>g</sub>	LE1	Lefranc	21.0 - 22.5	6.40E-06	CVL
	LU1	Lugeon	29.5 - 30.5	7.83E-06	CVL
	LU2	Lugeon	37.0 - 39.0	3.79E-06	CVL
S2 <sub>sg</sub>	LE1	Lefranc	14.0 - 16.0	7.50E-06	CVL
	LE2	Lefranc	24.0 - 26.0	8.70E-06	CVL
S3 <sub>dg</sub>	LU1	Lugeon	17.0 - 20.0	8.91E-07	CVL
	LE1	Lefranc	27.0 - 29.0	1.30E-05	CVL
S3 <sub>g</sub>	LE1	Lefranc	29.0 - 30.0	6.90E-06	CVL
	LU1	Lugeon	20.0 - 22.0	6.26E-07	CVL
	LU2	Lugeon	34.0 - 36.0	5.89E-07	CVL
S3 <sub>sg</sub>	LU1	Lugeon	16.0 - 18.5	7.46E-07	CVL
	LU2	Lugeon	25.0 - 27.0	1.20E-06	CVL
	LU3	Lugeon	34.0 - 36.0	1.14E-06	CVL
S4 <sub>dg</sub>	LU1	Lugeon	18.0 - 20.0	1.98E-06	CVL
	LE1	Lefranc	27.0 - 29.0	2.10E-06	CVL
S4 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	39.5 - 41.0	2.30E-06	CVL
	LE1	Lefranc	26.0 - 28.0	4.60E-06	CVL
	LE2	Lefranc	43.0 - 45.0	1.40E-06	CVL
S4 <sub>sg</sub>	LE1	Lefranc	31.5 - 33.0	2.90E-06	CVL
	LE2	Lefranc	40.0 - 42.0	1.40E-06	CRM
S5 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	13.0 - 16.0	9.73E-07	CVL
	LE1	Lefranc	34.0 - 36.0	5.10E-06	CRM
	LE2	Lefranc	42.0 - 44.0	7.25E-08	CRM
S6 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	8.0 - 10.0	1.38E-06	CVL
	LE1	Lefranc	15.0 - 16.0	1.10E-05	CVL
	LE2	Lefranc	23.0 - 25.0	1.78E-07	CRM
S7 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	60.0 - 62.0	4.40E-07	CSA
	LU2	Lugeon	68.0 - 70.0	5.51E-07	CSA
S9 <sub>g</sub>	LU1	Lugeon	70.0 - 72.0	1.04E-07	CRM
	LU2	Lugeon	79.0 - 81.0	1.67E-07	CRM

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S10g	LU1	Lugeon	13.0 - 16.0	9.76E-08	CRM
	LU2	Lugeon	23.0 - 26.0	1.05E-07	CRM
	LU3	Lugeon	32.0 - 35.0	1.65E-07	CRM
S11g	LU1	Lugeon	6.0 - 8.0	5.34E-07	CSA
	LU2	Lugeon	14.0 - 16.0	4.35E-07	CSA
S12g	LE1	Lefranc	20.0 - 21.0	2.11E-07	CSA
	LE2	Lefranc	27.0 - 28.0	1.81E-07	CSA
	LE3	Lefranc	34.0 - 36.0	3.80E-06	CSA
S13g	LE1	Lefranc	14.0 - 16.0	2.20E-05	CFM
	LE2	Lefranc	23.0 - 25.0	8.80E-06	CFM
S15bisg	LU1	Lugeon	14.0 - 16.0	1.34E-07	CCM
S15g	LU1	Lugeon	42.0 - 44.0	1.89E-07	CMT
	LU2	Lugeon	50.0 - 52.0	1.49E-07	CMT
S16g	LU1	Lugeon	68.0 - 70.0	3.04E-07	CCM
	LU2	Lugeon	75.0 - 77.0	2.75E-07	CCM
S18g	LE1	Lefranc	10.0 - 12.0	3.57E-08	CMT
	LE2	Lefranc	18.0 - 20.0	1.60E-08	CMT
S19g	LE1	Lefranc	29.0 - 31.0	1.72E-08	CMT
	LE2	Lefranc	38.0 - 40.0	4.96E-08	CMT
	LE3	Lefranc	42.0 - 44.0	4.70E-08	CMT
S21g	LE1	Lefranc	30.0 - 32.0	1.44E-08	CMT

**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 (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
FF01	LE1	Lefranc	11.0 - 12.0	6.00E-06	CVL
FF02	LE1	Lefranc	7.6 - 8.6	9.77E-06	CVL
AL02	LE1	Lefranc	9.0 - 10.0	1.68E-05	CFM
AL03	LE1	Lefranc	8.0 - 9.0	1.33E-05	CFM
	LU1	Lugeon	25.5 - 28.0	1.04E-06	CVL
AL04	LU1	Lugeon	7.0 - 10.0	1.16E-06	CVL
AL05	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	4.50E-05	CFM
AL06	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	2.48E-05	CFM
AL07	LE1	Lefranc	10.0 - 11.0	5.73E-06	CFM
AL08	LE1	Lefranc	14.5 - 15.5	4.26E-06	CFM

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
AL09	LE1	Lefranc	7.0 - 8.0	7.50E-06	CFM

**Tabella 17 - 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 (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S1i(NG1)	LE1	Lefranc	35.0 - 36.8	4.45E-06	CVL
S2i(NG4)	LE1	Lefranc	32.7 - 33.5	2.19E-07	CRM
	LE2	Lefranc	53.5 - 54.2	2.47E-08	CRM
S4i(NS5)	LE1	Lefranc	10.7 - 11.7	2.05E-06	CDC

**Tabella 18 - 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 (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S1fPz	LE1	Lefranc	19.5 - 20.5	8.60E-06	CVL
	LE2	Lefranc	55.0 - 56.0	8.00E-06	CVL

**Tabella 19 - 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 (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S01D	LE1	Lefranc	12.5 - 13.0	1.39E-06	CVL
	LU1	Lugeon	18.0 - 23.0	1.10E-06	CVL
S02D	LE1	Lefranc	6.5 - 7.0	2.69E-03	CVL
S03D	LE1	Lefranc	7.5 - 8.0	1.71E-08	CAM
	LE2	Lefranc	15.5 - 16.0	4.33E-09	CAM
S03Dbis	LE1	Lefranc	21.0 - 22.0	1.28E-09	CAM
S04D	LE1	Lefranc	63.0 - 64.0	6.41E-08	CRM
	LE2	Lefranc	77.8 - 78.8	2.86E-08	CRM
S05D	LE1	Lefranc	19.0 - 20.0	2.13E-07	CRM
S06D	LU1	Lugeon	58.0 - 63.0	9.29E-07	CSA
	LU2	Lugeon	75.0 - 80.0	1.51E-06	CSA
S09D	LE1	Lefranc	8.5 - 9.0	5.56E-07	CFM
	LE2	Lefranc	13.0 - 14.0	5.57E-05	CVL
	LE3	Lefranc	32.5 - 33.0	1.00E-04	CFM
S11D	LE1	Lefranc	27.5 - 28.0	1.03E-03	CCO
S12D	LU1	Lugeon	43.0 - 48.0	2.62E-07	CMT

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S13D	LU2	Lugeon	73.0 - 78.0	1.07E-07	CMT
	LU1	Lugeon	30.0 - 35.0	1.37E-06	CMT
	LU2	Lugeon	40.0 - 45.0	9.37E-07	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

**Tabella 20 - 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 dello 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 n. 51 fori di sondaggio di cui n. 44 a tubo aperto, n. 3 con una cella di Casagrande, n. 2 con due celle di Casagrande, n. 1 con tubo aperto più una cella di Casagrande e n. 1 con tubo aperto più due celle di Casagrande.

Le diverse campagne di monitoraggio del livello della falda sono iniziate a giugno 2003 e sono terminate a 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 dal novembre 2006 al 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 a novembre 2017.

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
T2	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 100.00</i>	06/2003	13.10	106.90	-	-
		07/2003	13.50	106.50	-	-
		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	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		05/2004	13.42	106.58	-	-
		06/2004	13.48	106.52	-	-
		07/2004	14.11	105.89	-	-
T3	I 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	-	-
		06/2004	7.77	56.53	-	-
		07/2004	8.21	56.09	-	-
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
		06/2004	ND	ND	-	non accessibile
		07/2004	ND	ND	-	non accessibile

**Tabella 21 - 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>		

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
S1g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 20.00</i> <i>finestrato: 20.00 - 70.00</i>	11/2006	45.66	31.34	-	-
		02/2007	43.96	33.04	-	-
		03/2007	42.58	34.42	-	-
		04/2007	42.43	34.57	-	-
		05/2007	42.67	34.33	-	-
		06/2007	43.00	34.00	-	-
		07/2007	43.28	33.72	-	-
		08/2007	43.62	33.38	-	-
		09/2007	43.74	33.26	-	-
		10/2007	42.91	34.09	-	-
		11/2007	42.05	34.95	-	-
		11/2007	42.00	35.00	-	-
		12/2013	ND	ND	-	asfaltato
S2g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 20.00</i> <i>finestrato: 20.00 - 70.00</i>	11/2006	46.32	31.58	-	-
		02/2007	44.43	33.47	-	-
		03/2007	44.13	33.77	-	-
		04/2007	43.45	34.45	-	-
		05/2007	43.93	33.97	-	-
		06/2007	44.30	33.60	-	-
		07/2007	44.57	33.33	-	-
		08/2007	44.90	33.00	-	-
		09/2007	44.87	33.03	-	-
		10/2007	43.93	33.97	-	-
		11/2007	42.70	35.20	-	-
		11/2007	42.40	35.50	-	-
S2sg	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 60.00</i>	11/2006	53.74	37.66	-	-
		02/2007	50.74	40.66	-	-
		03/2007	50.07	41.33	-	-
		04/2007	49.73	41.67	-	-
		05/2007	49.80	41.60	-	-
		06/2007	50.15	41.25	-	-
		07/2007	50.50	40.90	-	-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED  
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	118 di 234

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		08/2007	50.78	40.62	-	-
		09/2007	50.86	40.54	-	-
		10/2007	49.90	41.50	-	-
		11/2007	48.70	42.70	-	-
		11/2007	48.85	42.55	-	-
		12/2013	ND	ND	-	non accessibile: roveto
S2dg	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 20.00</i> <i>finestrato: 20.00 - 60.00</i>	11/2006	40.10	29.90	-	-
		02/2007	38.02	31.98	-	-
		03/2007	38.05	31.95	-	-
		04/2007	37.24	32.76	-	-
		05/2007	37.70	32.30	-	-
		06/2007	38.15	31.85	-	-
		07/2007	38.37	31.63	-	-
		08/2007	38.63	31.37	-	-
		09/2007	38.64	31.36	-	-
		10/2007	37.70	32.30	-	-
		11/2007	36.50	33.50	-	-
		11/2007	36.50	33.50	-	-
PzXg	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 70.00</i>	11/2006	49.02	75.98	-	-
		02/2007	48.76	76.24	-	-
		03/2007	48.72	76.28	-	-
		04/2007	48.64	76.36	-	-
		05/2007	48.56	76.44	-	-
		06/2007	48.50	76.50	-	-
		07/2007	48.47	76.53	-	-
		08/2007	48.53	76.47	-	-
		09/2007	48.48	76.52	-	-
		10/2007	47.68	77.32	-	-
		11/2007	47.67	77.33	-	-
		11/2007	47.67	77.33	-	-
		12/2013	53.21	71.79	-	-
		12/2013	53.25	71.75	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		01/2014	49.70	75.30	-	-
		02/2014	49.77	75.23	-	-
		03/2014	49.78	75.22	-	-
		04/2014	49.71	75.29	-	-
		05/2014	50.05	74.95	-	-
		12/2016	49.16	75.84	-	-
		01/2017	44.00	81.00	-	-
		02/2017	43.84	81.16	-	-
		03/2017	42.52	82.48	-	-
		04/2017	42.65	82.35	-	-
		05/2017	43.70	81.30	-	-
		06/2017	44.35	80.65	-	-
		07/2017	46.20	78.80	-	fango a 45 m circa
		08/2017	47.25	77.75	-	fango a 45 m circa
		09/2017	46.75	78.25		
		10/2017	46.45	78.55		
		11/2017	46.40	78.60		fango a 45 m circa
		11/2006	52.25	41.45	-	-
		02/2007	52.65	41.05	-	-
		03/2007	52.17	41.53	-	-
		04/2007	51.76	41.94	-	-
		05/2007	51.88	41.82	-	-
		06/2007	52.18	41.52	-	-
		07/2007	52.39	41.31	-	-
		08/2007	52.65	41.05	-	-
		09/2007	52.76	40.94	-	-
		10/2007	51.85	41.85	-	-
		11/2007	50.89	42.81	-	-
		11/2007	50.85	42.85	-	-
		12/2013	55.20	38.50	-	-
		12/2013	55.24	38.46	-	-
		01/2014	55.52	38.18	-	-
S3g	Tubo aperto cieco: 0.00 - 20.00 finestrato: 20.00 - 60.00					

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		02/2014	55.50	38.20	-	-
		03/2014	55.80	37.90	-	-
		04/2014	55.43	38.27	-	-
		05/2014	57.28	36.42	-	-
		12/2016	53.40	40.30	-	-
		01/2017	51.55	42.15	-	-
		02/2017	50.34	43.36	-	-
		03/2017	49.30	44.40	-	-
		04/2017	49.15	44.55	-	-
		05/2017	50.14	43.56	-	fondo foro 42.50
		06/2017	50.85	42.85	-	fondo foro 59.40
		07/2017	51.70	42.00	-	-
		08/2017	52.25	41.45	-	-
		09/2017	53.95	39.75	-	-
		10/2017	53.40	40.30	-	-
		11/2017	52.35	41.35	-	-
		02/2007	45.42	38.58	-	-
		03/2007	44.92	39.08	-	-
		04/2007	44.34	39.66	-	-
		05/2007	44.54	39.46	-	-
		06/2007	44.60	39.40	-	-
		07/2007	44.96	39.04	-	-
		08/2007	45.00	39.00	-	-
		09/2007	45.14	38.86	-	-
		10/2007	44.57	39.43	-	-
		11/2007	43.43	40.57	-	-
		11/2007	43.45	40.55	-	-
		11/2006	49.85	53.65	-	-
		02/2007	49.42	54.08	-	-
		03/2007	49.92	53.58	-	-
		04/2007	49.95	53.55	-	-
		05/2007	49.98	53.52	-	-

S3dg

Tubo aperto  
cieco: 0.00 - 9.00  
finestrato: 9.00 - 50.00

S3sg

Tubo aperto  
cieco: 0.00 - 9.00  
finestrato: 9.00 - 50.00

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		06/2007	50.05	53.45	-	-
		07/2007	50.06	53.44	-	-
		08/2007	50.13	53.37	-	-
		09/2007	49.95	53.55	-	-
		10/2007	49.82	53.68	-	-
		11/2007	49.90	53.60	-	-
		11/2007	49.90	53.60	-	-
S4sg	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 20.00</i> <i>finestrato: 20.00 - 50.00</i>	11/2006	39.23	117.47	-	-
		02/2007	39.20	117.50	-	-
		03/2007	39.28	117.42	-	-
		04/2007	39.30	117.40	-	-
		05/2007	39.25	117.45	-	-
		06/2007	39.30	117.40	-	-
		07/2007	39.28	117.42	-	-
		08/2007	39.45	117.25	-	-
		09/2007	39.35	117.35	-	-
		10/2007	39.30	117.40	-	-
		11/2007	39.35	117.35	-	-
		11/2007	39.45	117.25	-	-
		12/2013	ND	ND	-	tubo ostruito
S4g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 30.00</i> <i>finestrato: 30.00 - 60.00</i>	07/2006	45.20	53.80	-	-
		11/2006	44.78	54.22	-	-
		02/2007	44.25	54.75	-	-
		03/2007	44.09	54.91	-	-
		04/2007	44.10	54.90	-	-
		05/2007	43.85	55.15	-	-
		06/2007	44.20	54.80	-	-
		07/2007	44.06	54.94	-	-
		08/2007	44.14	54.86	-	-
		09/2007	44.18	54.82	-	-
		10/2007	43.83	55.17	-	-
		11/2007	42.71	56.29	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		11/2007	43.50	55.50	-	-
		12/2013	44.65	54.35	-	-
		12/2013	44.73	54.27	-	-
		01/2014	assente	assente	-	fondo foro 45.50 m - condensa a 43.8
		01/2014	assente	assente	-	freatimetro suona a 43.80 m, probabile condensa
		02/2014	44.02	54.98	-	prob. condensa fondo foro, freatimetro molto sporco
		03/2014	44.20	54.80	-	prob. condensa fondo foro, freatimetro molto sporco
		04/2014	43.97	55.03	-	condensa
		05/2014	44.28	54.72	-	condensa
		12/2016	assente	assente	-	-
		01/2017	assente	assente	-	-
		02/2017	assente	assente	-	-
		03/2017	assente	assente	-	-
		04/2017	assente	assente	-	-
		05/2017	assente	assente	-	-
		06/2017	assente	assente	-	fondo foro 42.50
		07/2017	assente	assente	-	
		08/2017	assente	assente	-	asciutto, f.f. 42.8
		09/2017	assente	assente		asciutto
		10/2017	assente	assente		
		11/2017	assente	assente		f.f 42.50
S5g	Tubo aperto cieco: 0.00 - 9.00 finestrato: 9.00 - 50.00 cieco: 50.00 - 65.00	07/2006	26.18	94.42	-	-
		11/2006	25.13	95.47	-	-
		02/2007	25.94	94.66	-	-
		03/2007	25.70	94.90	-	-
		04/2007	26.15	94.45	-	-
		05/2007	26.05	94.55	-	-
		06/2007	26.25	94.35	-	-
		07/2007	26.27	94.33	-	-
		08/2007	26.80	93.80	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		09/2007	26.64	93.96	-	-
		10/2007	26.58	94.02	-	-
		11/2007	26.51	94.09	-	-
		11/2007	ND	ND	-	asfaltato
		12/2013	ND	ND	-	pozzetto e tubo distrutti
S4dg	Tubo aperto cieco: 0.00 - 15.00 finestrato: 15.00 - 40.00	07/2006	34.97	56.43	-	23/03/06 fine perforazione
		11/2006	34.78	56.62	-	-
		02/2007	34.85	56.55	-	-
		03/2007	34.87	56.53	-	-
		04/2007	34.93	56.47	-	-
		05/2007	34.80	56.60	-	-
		06/2007	34.74	56.66	-	-
		07/2007	34.59	56.81	-	-
		08/2007	34.80	56.60	-	-
		09/2007	34.87	56.53	-	-
		10/2007	34.91	56.49	-	-
		11/2007	34.71	56.69	-	-
		11/2007	34.90	56.50	-	-
		S6g	Tubo aperto cieco: 0.00 - 9.00 finestrato: 9.00 - 40.00	07/2006	12.75	81.25
11/2006	13.10			80.90	-	-
02/2007	11.86			82.14	-	-
03/2007	10.72			83.28	-	-
04/2007	12.33			81.67	-	-
05/2007	12.38			81.62	-	-
06/2007	12.80			81.20	-	-
07/2007	12.99			81.01	-	-
08/2007	13.10			80.90	-	-
09/2007	13.25			80.75	-	-
10/2007	12.39			81.61	-	-
11/2007	10.57			83.43	-	-
11/2007	10.90			83.10	-	-
12/2013	ND			ND	-	pozzetto e tubo distrutti

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED  
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	124 di 234

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
S7g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 80.00</i>	02/2007	0.00	133.40	-	-
		03/2007	5.20	128.20	-	-
		04/2007	8.52	124.88	-	-
		05/2007	9.30	124.10	-	-
		06/2007	9.95	123.45	-	-
		07/2007	10.70	122.70	-	-
		08/2007	11.15	122.25	-	-
		09/2007	11.17	122.23	-	-
		10/2007	10.10	123.30	-	-
		11/2007	5.18	128.22	-	-
		11/2007	6.57	126.83	-	-
S9g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 100.00</i>	11/2006	2.55	152.45	-	-
		02/2007	2.18	152.82	-	-
		03/2007	2.22	152.78	-	-
		04/2007	2.32	152.68	-	-
		05/2007	2.35	152.65	-	-
		06/2007	2.50	152.50	-	-
		07/2007	2.63	152.37	-	-
		08/2007	2.75	152.25	-	-
		09/2007	2.80	152.20	-	-
		10/2007	2.70	152.30	-	-
		11/2007	2.45	152.55	-	-
11/2007	2.50	152.50	-	-		
S10g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 15.00</i> <i>finestrato: 15.00 - 50.00</i>	11/2006	0.20	99.80	-	-
		02/2007	0.00	100.00	-	-
		03/2007	0.00	100.00	-	-
		04/2007	0.17	99.83	-	-
		05/2007	0.50	99.50	-	-
		06/2007	0.62	99.38	-	-
		07/2007	0.77	99.23	-	-
		08/2007	1.00	99.00	-	-
		09/2007	1.12	98.88	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		10/2007	0.75	99.25	-	-
		11/2007	0.00	100.00	-	-
		11/2007	0.35	99.65	-	-
S11g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 40.00</i>	11/2006	20.26	60.74	-	-
		02/2007	17.45	63.55	-	-
		03/2007	16.90	64.10	-	-
		04/2007	18.10	62.90	-	-
		05/2007	19.00	62.00	-	-
		06/2007	19.30	61.70	-	-
		07/2007	17.20	63.80	-	-
		08/2007	17.60	63.40	-	-
		09/2007	16.32	64.68	-	-
		10/2007	19.66	61.34	-	-
		11/2007	19.11	61.89	-	-
		11/2007	19.72	61.28	-	-
S12g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 40.00</i>	11/2006	29.94	70.06	-	-
		02/2007	29.78	70.22	-	-
		03/2007	29.90	70.10	-	-
		04/2007	29.97	70.03	-	-
		05/2007	29.83	70.17	-	-
		06/2007	29.35	70.65	-	-
		07/2007	29.61	70.39	-	-
		08/2007	29.30	70.70	-	-
		09/2007	29.49	70.51	-	-
		10/2007	29.97	70.03	-	-
		11/2007	29.10	70.90	-	-
		11/2007	29.50	70.50	-	-
S13g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 9.00</i> <i>finestrato: 9.00 - 40.00</i>	11/2006	38.54	37.46	-	-
		02/2007	35.71	40.29	-	-
		03/2007	35.95	40.05	-	-
		04/2007	30.84	45.16	-	-
		05/2007	35.25	40.75	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		06/2007	36.83	39.17	-	-
		07/2007	38.28	37.72	-	-
		08/2007	39.20	36.80	-	-
		09/2007	39.31	36.69	-	-
		10/2007	38.23	37.77	-	-
		11/2007	32.67	43.33	-	-
		11/2007	33.00	43.00	-	-
S15g	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 2.00</i> <i>finestrato: 2.00 - 35.00</i> <i>cieco: 35.00 - 65.00</i>	11/2006	9.93	85.07	-	-
		02/2007	7.83	87.17	-	-
		03/2007	7.44	87.56	-	-
		04/2007	7.15	87.85	-	-
		05/2007	9.53	85.47	-	-
		06/2007	8.10	86.90	-	-
		07/2007	9.03	85.97	-	-
		08/2007	10.17	84.83	-	-
		09/2007	9.67	85.33	-	-
		10/2007	7.85	87.15	-	-
		11/2007	5.15	89.85	-	-
		11/2007	5.75	89.25	-	-
		S15bisG	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 25.00</i>	11/2006	1.55	33.45
02/2007	1.42			33.58	-	-
03/2007	1.43			33.57	-	-
04/2007	1.45			33.55	-	-
05/2007	1.50			33.50	-	-
06/2007	1.60			33.40	-	-
07/2007	1.57			33.43	-	-
08/2007	1.60			33.40	-	-
09/2007	1.63			33.37	-	-
10/2007	1.60			33.40	-	-
11/2007	1.05			33.95	-	-
11/2007	1.16			33.84	-	-
S18G	Tubo aperto			11/2006	3.30	33.50

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
	<i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 35.00</i>	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	-	-
		11/2007	3.54	33.26	-	-
S19G	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 50.00</i>	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	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
		10/2007	9.68	30.32	-	-
		11/2007	7.50	32.50	-	-
		11/2007	7.23	32.77	-	-

**Tabella 22 - 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>		
AL02	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	7.40	39.85	-	-
		06/2006	7.55	39.70	-	-
		06/2006	7.72	39.53	-	-
		07/2006	7.72	39.53	-	-
		08/2006	7.77	39.48	-	-
		09/2006	8.04	39.21	-	-
		11/2006	8.47	38.78	-	-
		12/2006	8.90	38.35	-	-
		01/2007	7.12	40.13	-	-
		02/2007	7.44	39.81	-	-
		03/2007	7.52	39.73	-	-
		04/2007	7.53	39.72	-	-
		04/2007	7.43	39.82	-	-
		04/2007	7.69	39.56	-	-
AL03	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	04/2006	ND	ND	-	distrutto
AL06	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 39.00</i>	04/2006	10.67	42.46	-	-
		06/2006	10.61	42.52	-	-
		08/2006	10.50	42.63	-	-
		09/2006	10.98	42.15	-	-
		11/2006	11.30	41.83	-	-
		12/2006	10.57	42.56	-	-
		01/2007	11.50	41.63	-	-
		02/2007	10.64	42.49	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
AL08	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 40.00</i>	03/2007	10.68	42.45	-	-
		04/2007	10.70	42.43	-	-
		04/2007	10.54	42.59	-	-
		04/2007	10.85	42.28	-	-
		04/2006	9.45	46.70	-	-
		06/2006	9.22	46.93	-	-
		06/2006	8.92	47.23	-	-
		08/2006	8.80	47.35	-	-
		09/2006	8.81	47.34	-	-
		11/2006	8.85	47.30	-	-
		12/2006	9.82	46.33	-	-
		01/2007	8.50	47.65	-	-
		02/2007	9.35	46.80	-	-
03/2007	9.48	46.67	-	-		
04/2007	9.51	46.64	-	-		
04/2007	9.42	46.73	-	-		
04/2007	9.74	46.41	-	-		

**Tabella 23 - 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>		
S1i(NG1)	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 10.00</i> <i>finestrato: 10.00 - 60.00</i>	11/2006	35.60	18.80	-	19/10/2006 fine perforazione
		01/2007	28.76	25.64	-	-
		02/2007	38.80	15.60	-	-
		03/2007	27.90	26.50	-	-
		04/2007	27.43	26.97	-	-
		05/2007	27.50	26.90	-	-
		06/2007	27.84	26.56	-	-
		07/2007	28.10	26.30	-	-
		08/2007	28.40	26.00	-	-
		09/2007	28.44	25.96	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		10/2007	27.83	26.57	-	-
		11/2007	26.57	27.83	-	-
		11/2007	26.60	27.80	-	-
		12/2013	29.88	24.52	-	-
		12/2013	29.86	24.54	-	-
		01/2014	29.80	24.60	-	fondo foro 50 m
		02/2014	29.62	24.78	-	-
		03/2014	29.82	24.58	-	-
		04/2014	29.60	24.80	-	-
		05/2014	33.04	21.36	-	-
		12/2016	29.90	24.50	-	-
		01/2017	27.14	27.26	-	-
		02/2017	26.60	27.80	-	-
		03/2017	26.13	28.27	-	-
		04/2017	26.00	28.40	-	-
		05/2017	26.52	27.88	-	-
		06/2017	26.87	27.53	-	-
		07/2017	27.40	27.00	-	-
		08/2017	27.77	26.63	-	-
		09/2017	28.30	26.10	-	-
		10/2017	28.62	25.78	-	-
		11/2017	27.32	27.08	-	-
S2i(NG4)	Tubo aperto cieco: 0.00 - 5.00 finestrato: 5.00 – 31.00 2 celle Casagrande 1a cella: 46.74 2a cella: 46.90	11/2006	35.6	84.40	1a cella	-
			assente	assente	Tubo aperto	-
		01/2007	30.72	89.28	Tubo aperto	-
			33.43	86.57	1a cella	-
		02/2007	33.97	86.03	1a cella	cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto	-
		03/2007	34.33	85.67	1a cella	cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto	-
		04/2007	34.3	85.70	1a cella	cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>	
		05/2007	34.2	85.80	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto -
		06/2007	34.13	85.87	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto -
		07/2007	34.1	85.90	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto -
		08/2007	31.76	88.24	Tubo aperto -
			34	86.00	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
		09/2007	34.23	85.77	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto -
		10/2007	34.13	85.87	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
			assente	assente	Tubo aperto -
		11/2007	31.2	88.80	Tubo aperto -
			33.7	86.30	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
		11/2007	31.75	88.25	Tubo aperto -
			33.95	86.05	1a cella cella Casagrande (q=116 m s.l.m.)
		12/2013	ND	ND	ND
		12/2013	35.52	84.48	1a cella -
			assente	assente	Tubo aperto -
		01/2014	35.36	84.64	1a cella 46.74 m Casagrande
			35.37	84.63	2a cella -
			assente	assente	Tubo aperto 32.50 m Norton
		02/2014	35.21	84.79	1a cella -
			assente	assente	Tubo aperto -
		03/2014	ND	ND	cancello chiuso
		04/2014	35.17	84.83	1a cella -
			assente	assente	Tubo aperto -
		05/2014	35.49	84.51	1a cella -
			assente	assente	Tubo aperto -

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>	
		12/2016	ND	ND	CANCELLO CHIUSO proprietario irreperibile
		01/2017	33.8	86.20	1a cella -
		01/2017	31.5	88.50	Tubo aperto -
		02/2017	ND	ND	CANCELLO CHIUSO proprietario irreperibile
		03/2017	27.55	92.45	2a cella presenza di sabbia vulcanica
			33.75	86.25	1a cella -
			assente	assente	Tubo aperto -
		04/2017	ND	ND	cancello chiuso
		05/2017	ND	ND	cancello chiuso
		06/2017	ND	ND	cancello chiuso
		07/2017	assente	assente	1a cella Casagrande 1° tubo = 34,40 2° tubo = 33,70
					2a cella Casagrande 1° tubo = 34,40 2° tubo = 33,70
					Tubo aperto Norton F.F. 32,50 Casagrande 1° tubo = 34,40 2° tubo = 33,70
		08/2017	assente	assente	1a cella asciutto; Casagrande 1° tubo = 34,40
					2a cella asciutto; Casagrande 2° tubo = 33,70
					Tubo aperto asciutto; Norton F.F. 32,50
		09/2017	ND	ND	Proprietario non disponibile
		10/2017	ND	ND	Proprietario non disponibile
		11/2017	ND	ND	Proprietario non disponibile
S3i(NG5)	Tubo aperto cieco: 0.00 - 5.00 finestrato: 5.00 - 50.00	11/2006	30.85	89.98	5/10/2006 fine perforazione
		01/2007	30.83	90.00	-
		02/2007	31.05	89.78	-
		03/2007	30.96	89.87	-
		04/2007	30.05	90.78	-
		05/2007	31.10	89.73	-
		06/2007	31.1	89.73	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>	
		07/2007	31.09	89.74	-
		08/2007	31.20	89.63	-
		09/2007	31.32	89.51	-
		10/2007	31.10	89.73	-
		11/2007	30.90	89.93	-
		11/2007	31.20	89.63	-
		12/2013	ND	ND	Non accessibile: area privata

**Tabella 24 - 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	
			<i>m da p.c.</i>	<i>m s.l.m.</i>		
S1fPz	2 celle Casagrande <i>1a cella: 24.00</i> <i>2a cella: 56.00</i>	01/2014	ND	ND	-	coperto da immondizia
		02/2014	ND	ND	-	coperto da immondizia
		03/2014	ND	ND	-	coperto da immondizia
		04/2014	ND	ND	-	coperto da immondizia
		05/2014	ND	ND	-	coperto da immondizia
		12/2016	ND	ND	-	tubi intasati
		01/2017	ND	ND	-	perso
S3fPz	2 celle Casagrande <i>1a cella: 33.00</i> <i>2a cella: 72.00</i>	01/2014	assente	assente	1a cella	-
			56.20	36.90	2a cella	-
		02/2014	assente	assente	1a cella	-
			56.01	37.09	2a cella	-
		03/2014	assente	assente	1a cella	-
			56.46	36.64	2a cella	-
		04/2014	assente	assente	1a cella	-
			56.03	37.07	2a cella	-
		05/2014	57.36	35.74	2a cella	-
			assente	assente	1a cella	-
		12/2016	assente	assente	1a cella	-
			assente	assente	2a cella	-
		01/2017	assente	assente	1a cella	-
assente	assente		2a cella	-		
02/2017	assente	assente	1a cella	-		

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note
			m da p.c.	m s.l.m.	
			assente	assente	2a cella -
		03/2017	ND	ND	- proprietario non disponibile
		04/2017	ND	ND	- proprietario non disponibile
		05/2017	assente	assente	1a cella
			ND	ND	2a cella 72 m (dato perso)
		06/2017	ND	ND	1a cella 1° tubo azzurro: si ferma a 33.10, 2° tubo azzurro: si ferma a 33.19
			ND	ND	2a cella 1° tubo verde: si ferma a 3.10 2° tubo verde: si ferma a 3.10
		07/2017	ND	ND	1a cella 1° tubo azzurro: si ferma a 33.30 2° tubo azzurro: si ferma a 33.35
			ND	ND	2a cella 1° tubo verde: si ferma a 3.10 2° tubo verde: si ferma a 3.10
		08/2017	ND	ND	1a cella 1° tubo azzurro: si ferma a 33.3 2° tubo azzurro: si ferma a 33.35
			ND	ND	2a cella 1° tubo verde: si ferma a 3.10 2° tubo verde: si ferma a 3.10
		09/2017	33.35	59.75	1a cella 1° tubo azzurro: si ferma a 33.30 2° tubo azzurro: si ferma a 33,35
			3.10	90.00	2a cella 1° tubo verde: si ferma a 3.10 2° tubo verde : si ferma a 3.10
		10/2017	ND	ND	1a cella 1° tubo azzurro: si ferma a 33.30 - 2° tubo azzurro : si ferma a 33.35
		11/2017	ND	ND	2a cella 1° tubo verde: si ferma a 3.10 - 2° tubo verde : si ferma a 3.10
S5fPz	Tubo aperto cieco: 0.00 - 30.00 finestrato: 30.00 - 40.00	01/2014	37.75	29.35	- -
		02/2014	37.81	29.29	- -
		03/2014	37.97	29.13	- -
		04/2014	37.98	29.12	- -

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		05/2014	38.05	29.05	-	-
		12/2016	35.55	31.55	-	-
		01/2017	34.92	32.18	-	-
		02/2017	33.95	33.15	-	-
		03/2017	33.05	34.05	-	-
		04/2017	32.85	34.25	-	-
		05/2017	33.91	33.19	-	-
		06/2017	34.50	32.60	-	fondo foro 41.80
		07/2017	35.20	31.90	-	-
		08/2017	35.60	31.50	-	-
		09/2017	36.05	31.05	-	-
		10/2017	36.40	30.70	-	-
		11/2017	35.6	31.50	-	f.f. 41.50
S4fPz	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 48.00</i> <i>finestrato: 48.00 - 60.00</i>	01/2014	30.28	91.22	-	-
		02/2014	30.30	91.20	-	-
		03/2014	30.33	91.17	-	-
		04/2014	30.37	91.13	-	-
		05/2014	30.39	91.11	-	-
		12/2016	29.77	91.73	-	-
		01/2017	29.40	92.10	-	-
		02/2017	29.43	92.07	-	-
		03/2017	29.65	91.85	-	-
		04/2017	29.95	91.55	-	-
		05/2017	30.22	91.28	-	-
		06/2017	30.33	91.17	-	-
		07/2017	30.45	91.05	-	-
08/2017	30.50	91.00	-	-		
09/2017	30.55	90.55	-	-		
10/2017	30.55	90.95	-	-		
11/2017	30.52	90.98	-	-		
S1v	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 12.00</i> <i>finestrato: 12.00 - 30.00</i>	02/2014	6.77	58.23	-	-
		02/2014	7.53	57.47	-	-
		03/2014	7.55	57.45	-	-
		03/2014	6.78	58.22	-	-
		04/2014	7.85	57.15	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
		05/2014	7.96	57.04	-	-
		12/2016	6.00	59.00	-	-
		01/2017	6.53	58.47	-	-
		02/2017	6.40	58.60	-	-
		03/2017	6.80	58.20	-	-
		04/2017	6.50	58.50	-	-
		05/2017	6.45	58.55	-	-
		06/2017	6.81	58.19	-	-
		07/2017	7.75	57.25	-	-
		08/2017	9.50	55.50	-	-
		09/2017	8.10	56.90	-	-
		10/2017	7.30	57.70	-	-
		11/2017	8.55	56.45	-	-
S2v	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 1.00 - 12.00</i> <i>cieco: 12.00 - 30.00</i>	02/2014	7.03	83.17	-	-
		02/2014	7.03	83.17	-	-
		02/2014	9.38	80.82	-	-
		03/2014	9.49	80.71	-	-
		03/2014	7.64	82.56	-	-
		04/2014	6.99	83.21	-	-
		05/2014	6.78	83.42	-	-
		12/2016	5.89	84.31	-	-
		01/2017	6.20	84.00	-	-
		02/2017	6.18	84.02	-	-
		03/2017	6.23	83.97	-	-
		04/2017	6.40	83.80	-	-
		05/2017	9.83	80.37	-	-
		06/2017	6.53	83.67	-	-
		07/2017	6.70	83.50	-	-
08/2017	6.90	83.30	-	-		
09/2017	6.15	84.05	-	-		
10/2017	4.50	85.70	-	-		
11/2017	6.55	83.65	-	-		
S3v	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 1.00</i> <i>finestrato: 18.00 - 30.00</i>	02/2014	12.81	72.69	-	20/02/14 data fine sondaggio
		02/2014	12.00	73.50	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note	
			m da p.c.	m s.l.m.		
	<i>cieco: 1.00 - 18.00</i>	03/2014	12.58	72.92	-	-
		03/2014	12.17	73.33	-	-
		04/2014	12.96	72.54	-	-
		05/2014	13.05	72.45	-	-
		12/2016	ND	ND	-	piezometro coperto da sedimenti di natura sabbiosa e ciottolosa
		01/2017	ND	ND	-	perso
S4v	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 3.00</i> <i>finestrato: 3.00 - 29.00</i>	02/2014	25.00	37.50	-	-
		03/2014	24.77	37.73	-	-
		03/2014	22.20	40.30	-	-
		04/2014	23.22	39.28	-	-
		05/2014	22.86	39.64	-	-
		12/2016	ND	ND	-	probabilmente tubo rotto
		01/2017	ND	ND	-	perso

**Tabella 25 - 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	
			m da p.c.	m s.l.m.		
S01D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 9.00</i> <i>finestrato: 9.00 - 30.00</i>	02/2017	assente	assente	-	-
		03/2017	assente	assente	-	-
		04/2017	assente	assente	-	-
		05/2017	assente	assente	-	fondo foro 31.0
		06/2017	assente	assente	-	fondo foro 31.0
		07/2017	ND	ND	-	cancello chiuso
		08/2017	assente	assente	-	asciutto; f.f. 31.5
		09/2017	assente	assente	-	asciutto
		10/2017	assente	assente	-	-
		11/2017	assente	assente	-	f.f. 31.50
		S02D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 6.00</i> <i>finestrato: 6.00 - 29.00</i>	01/2017	28.40	41.49
02/2017	28.27			41.62	-	-
03/2017	28.50			41.39	-	-
04/2017	26.55			43.34	-	-

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		05/2017	28.46	41.43	-	-
		06/2017	28.70	41.19	-	-
		07/2017	assente	assente	-	f.f. 29.80
		08/2017	assente	assente	-	asciutto; f.f. 29.8
		09/2017	28.70	41.19	-	f.f. 29.80
		10/2017	assente	assente	-	-
		11/2017	assente	assente	-	-
S03D	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 24.50</i> <i>finestrato: 24.50 - 40.00</i>	02/2017	11.80	69.21	-	-
		03/2017	12.24	68.77	-	-
		04/2017	12.66	68.35	-	-
		05/2017	13.48	67.53	-	-
		06/2017	13.55	67.46	-	-
		07/2017	13.70	67.31	-	-
		08/2017	13.65	67.36	-	-
		09/2017	13.65	67.36	-	tubo estruso di 3 cm
		10/2017	13.70	67.31	-	tubo estruso di 3 cm
		11/2017	13.70	67.31	-	tubo estruso di 3 cm
S03Dbis	Tubo aperto <i>cieco: 0.00 - 18.00</i> <i>finestrato: 18.00 - 33.00</i>	04/2017	4.65	79.77	-	-
		05/2017	19.75	64.67	-	-
		06/2017	18.70	65.72	-	-
		07/2017	18.25	66.17	-	-
		08/2017	17.90	66.52	-	-
		09/2017	16.10	68.32	-	-
		10/2017	8.15	76.27	-	-
S04D	1 cella Casagrande <i>1a cella: 73.00</i>	02/2017	7.75	126.69	-	-
		03/2017	10.39	124.05	-	-
		04/2017	9.36	125.08	-	-
		05/2017	8.90	125.54	-	-
		06/2017	11.65	122.79	-	1° tubo: 11.75 m 2° tubo: 11.55 m

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico			Note
			m da p.c.	m s.l.m.		
		07/2017	13.35	121.09	-	1° tubo: 13.30 m 2° tubo: 13.40 m
		08/2017	12.75	121.69	-	1° tubo: 12.75 m 2° tubo: 12.75 m
		09/2017	11.25	123.19	-	1° tubo: 11.25 m 2° tubo: 11.25 m
		10/2017	5.95	128.49	-	1° tubo : 6.00 m 2° tubo : 5.90 m
		11/2017	ND	ND	-	Proprietario non disponibile
S05D	Tubo aperto cieco: 0.00 - 9.00 finestrato: 9.00 - 40.00	02/2017	2.32	79.55	-	-
		03/2017	2.66	79.21	-	-
		04/2017	2.70	79.17	-	-
		05/2017	2.70	79.17	-	-
		06/2017	2.70	79.17	-	-
		07/2017	3.40	78.47	-	-
		08/2017	2.95	78.92	-	-
		09/2017	2.95	78.92	-	-
		10/2017	2.80	79.07	-	-
		11/2017	2.85	79.02	-	-
S06D	Tubo aperto cieco: 0.00 - 55.00 finestrato: 55.00 - 75.00	04/2017	43.23	86.96	-	-
		05/2017	44.13	86.06	-	-
		06/2017	44.77	85.42	-	-
		07/2017	45.35	84.84	-	-
		08/2017	46.75	83.44	-	-
		09/2017	46.05	84.14	-	-
		10/2017	47.10	83.09	-	-
		11/2017	47.17	83.02	-	-
S11D	1 cella Casagrande 1a cella: 35.00	02/2017	12.10	76.19	-	-
		03/2017	14.07	74.22	-	-
		04/2017	14.73	73.56	-	-
		05/2017	14.73	73.56	-	-
		06/2017	18.00	70.29	-	1° tubo: 18.00 m 2° tubo: 18.00 m

Sigla	Piezometro	Data	Livello piezometrico		Note			
			m da p.c.	m s.l.m.				
		07/2017	19.20	69.09	-	1° tubo: 19.20 m 2° tubo: 19.20 m		
		08/2017	19.80	68.49	-	1° tubo: 19.20 m 2° tubo: 19.20 m		
		09/2017	19.72	68.57	-	-		
		10/2017	16.80	71.49	-	-		
		11/2017	15.2	73.09	-	-		
		S14D	1 cella Casagrande 1a cella: 133.00 Tubo aperto cieco: 0.00 - 42.00 finestrato: 42.00 - 54.00	03/2017	4.60	154.25	tubo aperto	-
					57.95	100.90	1a cella	-
				04/2017	ND	ND	-	sospeso per spurgo in corso
				05/2017	3.50	155.35	tubo aperto	-
					57.70	101.15	1a cella	-
				06/2017	3.40	155.45	tubo aperto	-
54.80	104.05				1a cella	1° tubo: 54.80 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)		
07/2017	3.40			155.45	tubo aperto	-		
	53.70			105.15	1a cella	1° tubo: 53.70 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)		
08/2017	3.50			155.35	tubo aperto	-		
	54.65			104.20	1a cella	1° tubo: 53.70 m 2° tubo: 58.00 m (f.f.)		
09/2017	3.50	155.35	tubo aperto	-				
	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.)				
10/2017	3.40	155.45	Tubo aperto	-				
	58.80	100.05	1a cella	Lettura riferita alla profondità max raggiunta dal freatimetro. 1° tubo: 58.80 m (f.f.) 2° tubo: 58.00 m (f.f.)				
	3.40	155.45	Tubo aperto	-				
11/2017	28.5	130.35	1a cella	1° tubo: 28.50 m (f.f.) 2° tubo: 58.00 m (f.f.)				

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO</b> <b>Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> <b>RS2S</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D69RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GE 00 01 001</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>FOGLIO</b> <b>141 di 234</b>

**Tabella 26 - 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 unicamente i valori massimi e minimi della falda registrati nel corso delle diverse fasi di monitoraggio. In tal modo, è stato 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 Ali Terme, all'interno dell'adiacente lotto 2.

#### **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 metamorfite 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 termini vulcanici presenti lungo il margine Nord-orientale del Monte Etna costituiscono degli acquiferi misti di buona trasmissività, sia per la notevole estensione latero-verticale dei depositi che per le discrete caratteristiche di permeabilità degli stessi. Tali acquiferi presentano un notevole grado di eterogeneità ed anisotropia e sono spesso in comunicazione con le falde idriche dei sistemi alluvionali, a cui sono giustapposti sia lateralmente che verticalmente. Le direzioni di deflusso idrico sotterraneo sono piuttosto variabili e generalmente controllate dalla presenza di fratture e cavità, oltre che dalla sovrapposizione di termini litologici con caratteristiche estremamente variabili. In relazione alla relativa profondità della falde rispetto alla superficie topografica, le emergenze sorgentizie sono piuttosto rare e concentrate prevalentemente in prossimità della costa ionica. In corrispondenza delle maggiori aree di affioramento, tali litotipi sono sede di importanti falde freatiche a carattere perenne, spesso captate con pozzi per l'approvvigionamento idrico dei centri abitati presenti lungo la costa ionica.

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 e vulcanoclastici 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 nella zona di Fiumefreddo e in corrispondenza dei fondovalle del Fiume Alcantara.

Nella zona di Fiumefreddo, la ricostruzione della superficie piezometrica ha evidenziato la presenza di un'importante falda idrica sotterranea, posta nei litotipi vulcanici del Monte Etna e sostenuta dai termini prevalentemente pelitici del substrato. La falda mostra un carattere chiaramente freatico e un deflusso idrico mediamente orientato in direzione del litorale ionico. In generale la falda è posta a quote variabili tra i 25 e i 130 m circa s.l.m., mentre in corrispondenza del tracciato la superficie freatica presenta quote comprese tra i 26 ed 59 m circa s.l.m.. Il gradiente piezometrico risulta estremamente basso nei settori più orientali mentre tende a crescere vistosamente verso Ovest, in corrispondenza dei primi rilievi che bordano i settori di piana. Il deflusso segue solo in parte l'andamento morfologico superficiale e mostra, in generale, due assi di drenaggio preferenziale a direzione E-W e WNW-ESE, corrispondenti rispettivamente alla Faglia di Fiumefreddo ed ai settori centrali della piana alluvionale. Questi ultimi sono separati da un importante spartiacque sotterraneo ad andamento circa WNW-ESE, che si sviluppa tra Piedimonte Etneo e Fiumefreddo di Sicilia.

In corrispondenza del Fiume Alcantara, invece, i dati piezometrici hanno mostrato la presenza di una falda freatica sostenuta dai depositi flyschoidi del substrato e contenuta all'interno dei terreni vulcanici e alluvionali del fondovalle. Nella zona del Fiume Alcantara la falda è a quote variabili tra i 30 ed i 60 m circa s.l.m., mentre in corrispondenza del tracciato ferroviario la superficie piezometrica è compresa tra i 40 ed i 56 m circa s.l.m. Lungo l'alveo del Torrente San Venera, al contrario, la falda è posta a quote variabili tra i 40 e gli 80 m circa s.l.m., mentre in corrispondenza della linea in progetto la superficie freatica è compresa tra 76 e 78 m circa s.l.m.. Le acque presentano un deflusso orientato grossomodo verso i quadranti Sud-orientali, mentre i gradienti piezometrici sono sempre piuttosto bassi, soprattutto nei settori centrali della piana. Le principali direttrici di deflusso ricalcano fortemente l'andamento morfologico del Fiume Alcantara e della conoide alluvionale presente lungo il margine settentrionale della valle, mentre non sono presenti spartiacque sotterranei di particolare rilevanza.

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 27 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.

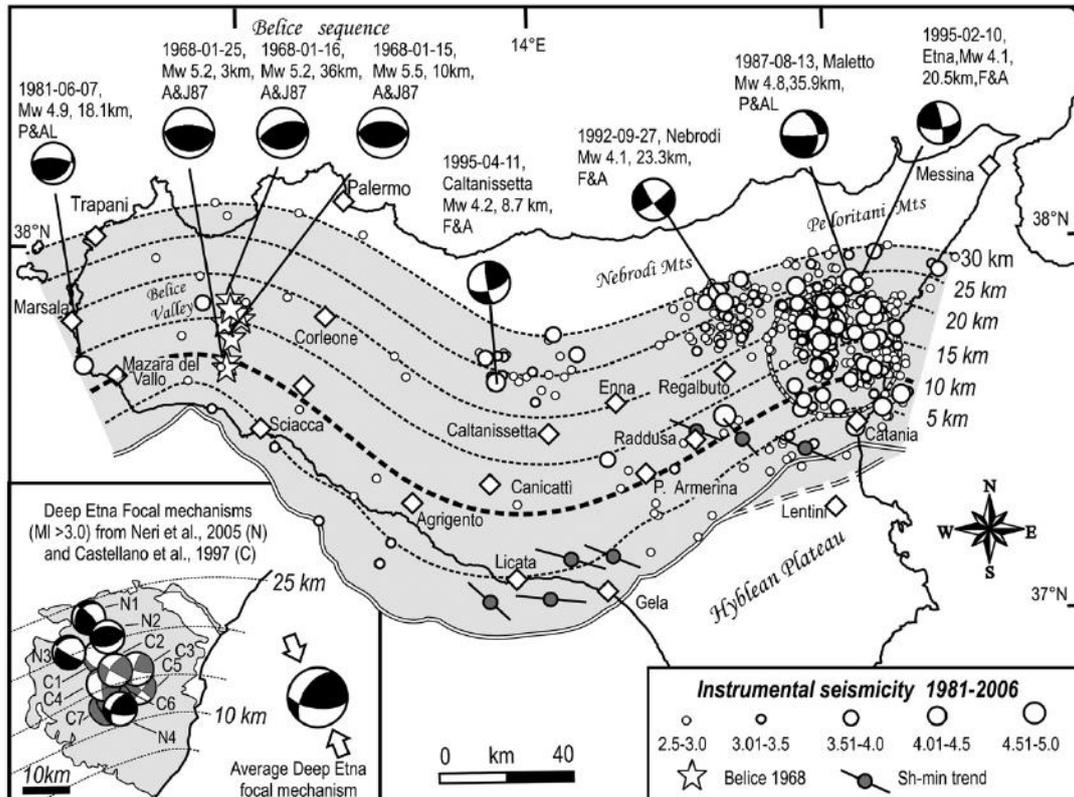
opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
Galleria Calatabiano	3+012	3+345	15	FAG
	3+345	3+763	15	FAG
	3+763	4+216	20	ASF
	4+216	4+477	35	ASF
	4+477	4+822	60	PDTa
	4+822	4+935	45	PDTa
	4+935	5+235	35	PDTa
	5+235	5+395	25	PDTa
	5+395	5+564	20	PDTa
	5+564	5+738	35	PDTa
	5+738	5+991	55	PDTa
	5+991	6+178	25	PDTb
	6+178	6+297	10	PDTb
6+297	6+348	0	PDTb	
Galleria Taormina	7+766	7+852	10	CODd
	7+852	8+124	15	CODc
	8+124	8+611	30	CODc
	8+611	8+945	35	CODa
	8+945	9+289	45	CODa
	9+289	10+436	70	FDN
	10+436	11+025	55	FDN
	11+025	11+248	45	MAI
	11+248	11+462	30	MED
	11+462	11+660	15	MED
	11+660	11+973	45	MED
	11+973	12+088	65	DOA
	12+089	12+328	75	TAM
12+328	12+537	85	TAM	
12+537	12+765	90	GLD	
Stazione Taormina	12+765	13+073	85	GLD
	13+073	13+338	80	GLD
	13+338	13+625	50	GLD

opera	pk		battente	unità geologica
	da	a	<i>m dal piano ferro</i>	
	13+625	13+715	15	GLD
	13+715	13+806	35	GLD
	13+806	14+329	55	GLD
	13+806	14+329	60	GLD
	14+329	14+407	65	TAM
Galleria Taormina	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+033	0	CODd
Galleria i.c.	0+000	0+048	15	GLD
	0+048	0+138	35	GLD
	0+138	0+464	30	GLD
	0+464	0+614	40	GLD
	0+614	0+835	45	TAM
	0+835	0+973	30	TAM
	0+973	1+112	20	GCM
	1+112	1+232	10	GLD

**Tabella 27 – Sintesi dei carichi idraulici medi lungo le diverse gallerie in progetto, espressi come altezza piezometrica rispetto al piano ferro.**

### 13 SISMICITÀ DELL'AREA

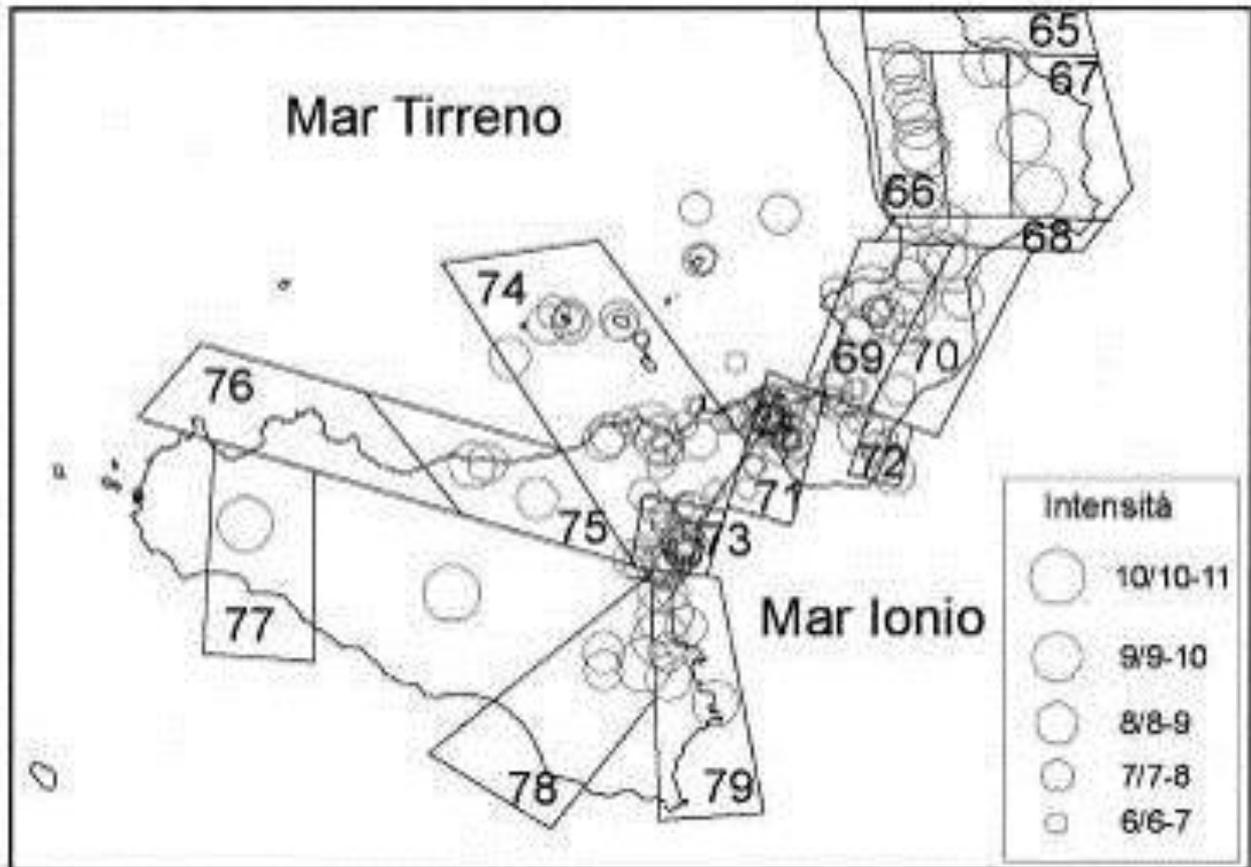
La Sicilia orientale presenta un elevato rischio sismico, connesso alla particolare conformazione geologico-strutturale del territorio ed alle numerose faglie attive presenti nell'area. Nello specifico, il settore compreso tra la Sicilia orientale e la Calabria meridionale rappresenta una delle aree 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).

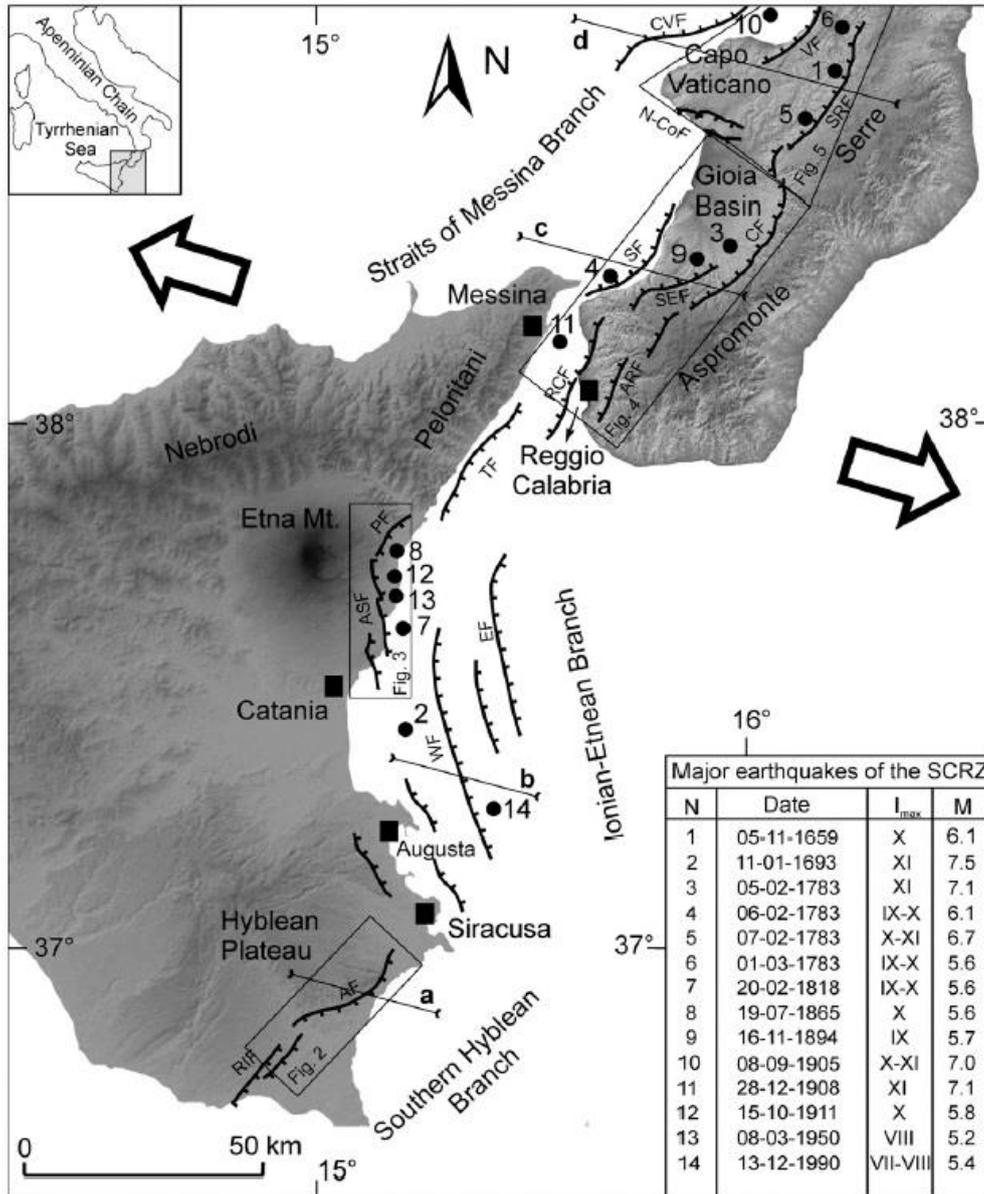
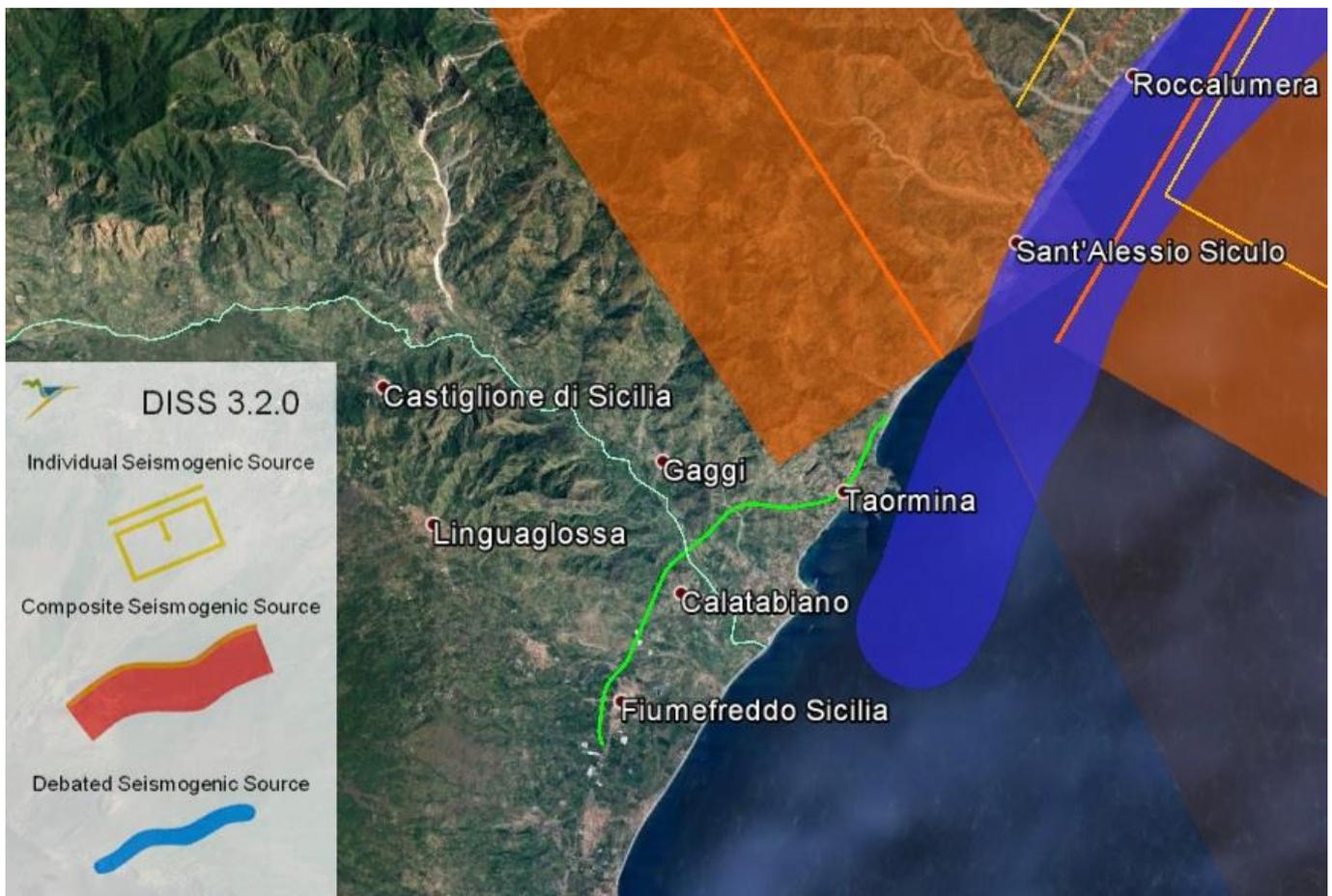


Figura 16 – Mappa sismotettonica della Sicilia orientale e Calabria meridionale con indicazione delle principali faglie (linee nere con trattini in corrispondenza della parte ribassata) e dei terremoti storici e strumentali (punti neri numerati) avvenuti negli ultimi 600 anni (da Catalano et al. 2008).

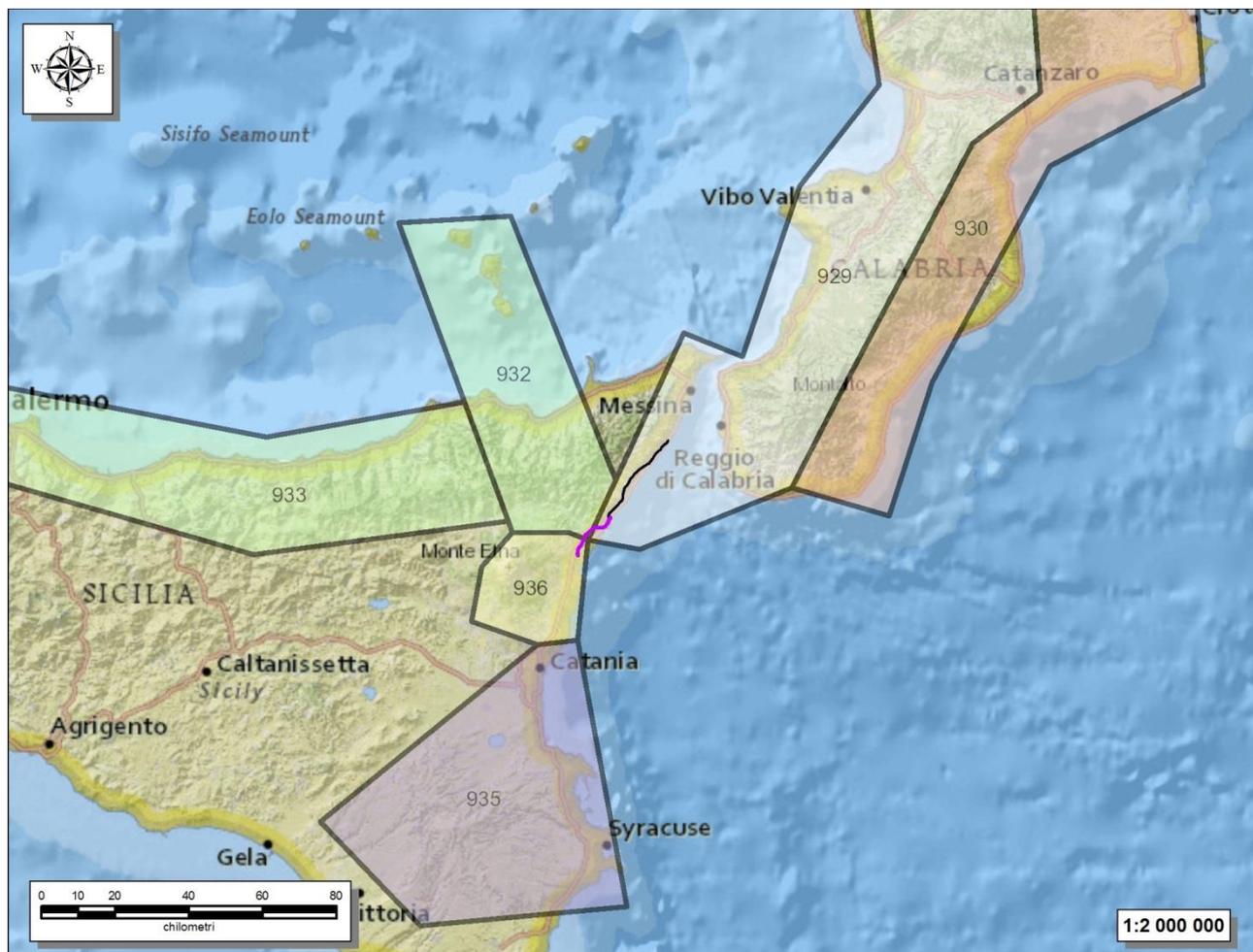
Nella Sicilia Sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove i principali eventi hanno raggiunto una magnitudo  $M$  prossima a 7.0 (Azzaro & Barbano 2000). La struttura responsabile dei maggiori terremoti di quest'area (1169,  $I_{max} = X$  MCS; 1693,  $I_{max} = XI$  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](http://www.pcn.minambiente.it/arcgis/services/Zone_sismogenetiche_ZS9)). In colore magenta è riportata la traccia del lotto 1 e in 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). Tra il km 0+000 e il km 5+000, il tracciato si colloca all'interno 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. Tra il km 5+000 e il km 8+700, la tratta di progetto ricade nella **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. Infine, dal km 8+700 il tracciato ricade 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.

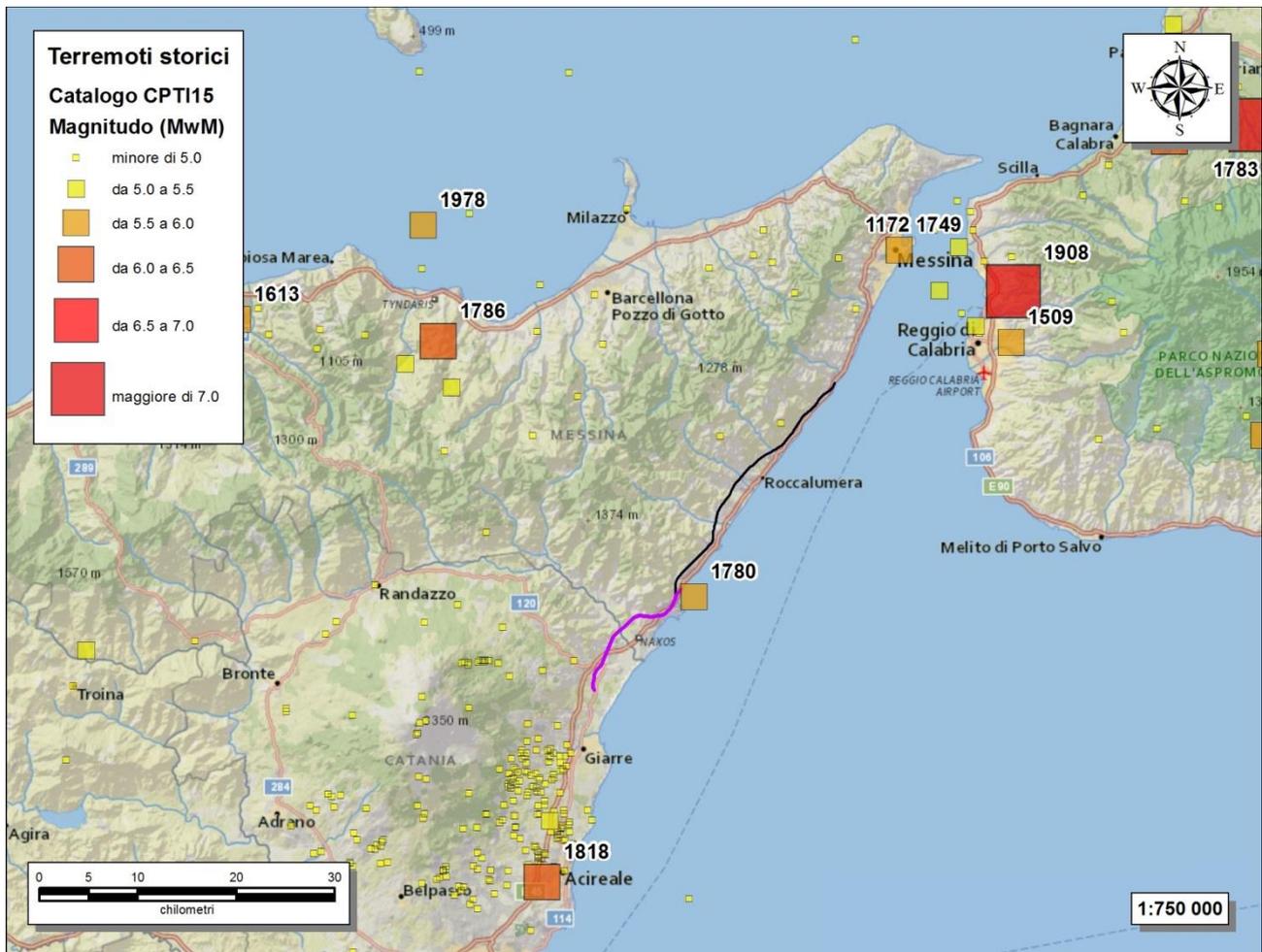
### 13.1 Sismicità storica

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 2.**

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 Calatabiano, Castelmola, Fiumefreddo di Sicilia e Taormina (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

**Storia sismica di Calatabiano**
**[37.821, 15.228]**

Numero eventi: 27

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
9-10	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale		179	11	7.32
8	1818 02 20 18 15	Catanese		128	9-10	6.28
NF	1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale		254	8	5.7
3	1973 08 03 19 49	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)		35	7	3.75
3	1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina		346	7-8	5.18
NF	1983 07 20 22 03 30.04	Etna - Viagrande		106	7-8	4.3
NF	1985 12 25 02 39 57.99	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)		20	7	4.2
3-4	1987 02 02 16 08 44.20	Sicilia centro-orientale		22		4.44
3	1988 10 28 18 48 45.00	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)		66	6	3.62
3	1989 07 27 15 08 51.00	Etna - Caselle (Milo)		55	6	3.15
5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale		304		5.61
3-4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti		101	6	4.66
NF	1999 08 05 14 57 38.40	Etna - Versante sud-occidentale		35	6	4
NF	1999 12 26 14 19 49.87	Etna - C.da Ilice Carlino (Milo)		43	5-6	3.27
NF	2000 01 11 08 20 53.38	Etna - S. Alfio		39	6-7	3.38
4	2001 01 09 02 51 58.31	Etna - Zafferana Etnea		104	6	3.73
3-4	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
NF	2002 03 24 23 05 34.94	Etna - Versante orientale		40	6	3.27
NF	2002 09 22 16 01 50.22	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)		35	6	3.85
NF	2004 05 05 13 39 42.93	Isole Eolie		641		5.42
NF	2005 10 31 00 02 41.21	Etna - Trecastagni		32	6-7	3.8
NF	2005 11 21 10 57 40.23	Sicilia centrale		255		4.56
NF	2009 03 14 09 26 50.72	Etna - Versante orientale		31	6	3.5
NF	2009 05 13 14 13 46.68	Etna - San Matteo (Giarre)		58	6	3.6
4	2009 12 19 09 01 14.58	Etna - Maletto		64	6	4.39
NF	2013 05 23 13 04 48.43	Etna - Versante orientale		41	5	3.4

**Tabella 28 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Calatabiano (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.**

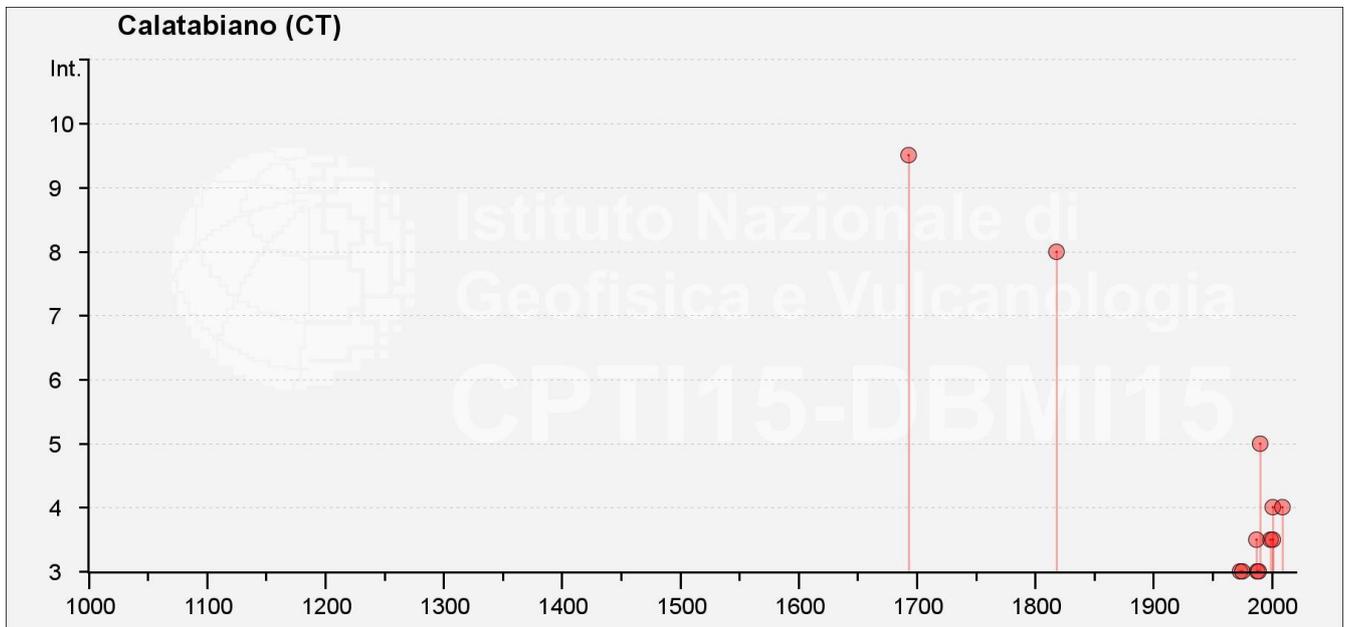


Figura 20– Grafico illustrante la storia sismica di Calatabiano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

#### Storia sismica di Castelmola

[37.858, 15.277]

Numero eventi: 9

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
NF	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
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
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 29 – Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Castelmola (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.

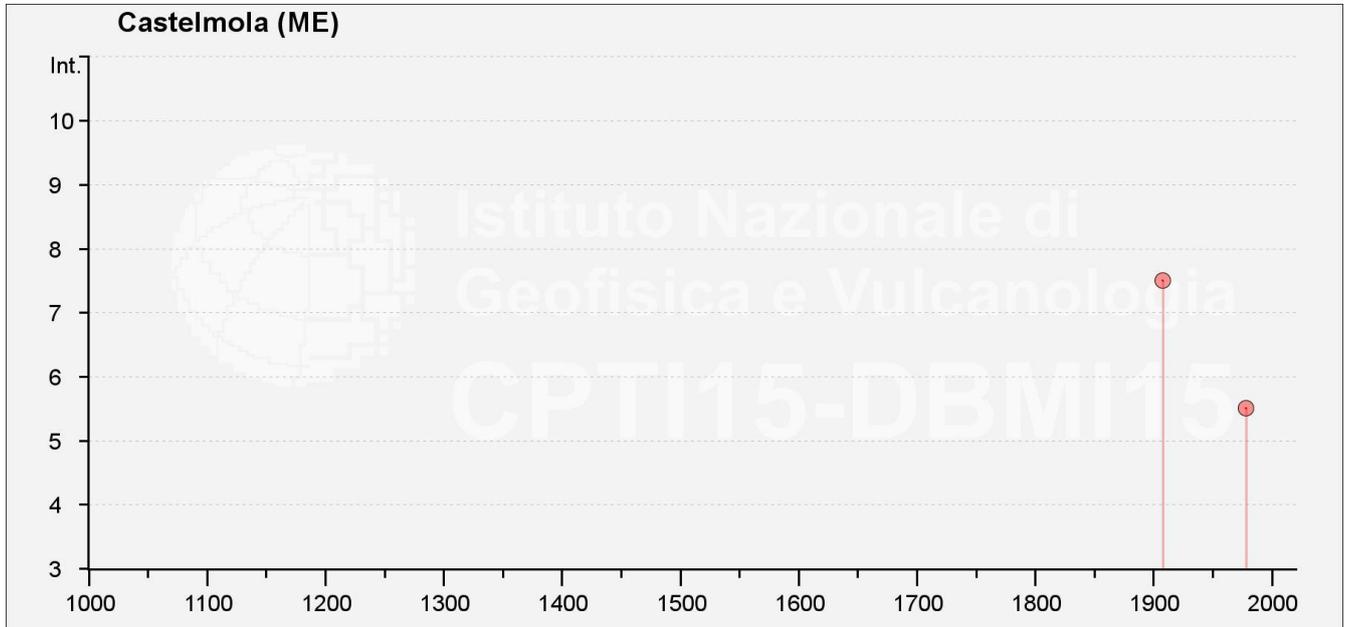


Figura 21– Grafico illustrante la storia sismica di Castelmola. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

### Storia sismica di Fiumefreddo di Sicilia

[37.791, 15.205]

Numero eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8		1818 02 20 18 15	Catanese	128	9-10	6.28
4		1911 10 15 08 52	Etna - Fondo Macchia (Giarre)	48	8-9	4.59
NF		1912 12 22 08 05	Stretto di Messina	56	5-6	4.68
NF		1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale	254	8	5.7
NF		1950 04 08 08 47	Etna - Codavolpe (S. Venerina)	10	7	3.75
NF		1950 07 18 23 52 41.00	Sicilia nord-orientale	27	5-6	4.71
5		1952 03 19 08 13	Etna - Linera (S. Venerina)	105	7-8	4.03
2-3		1957 03 03 09 27	Etna - Zafferana Etnea	18	6-7	3.47
4		1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7	5.11
3		1975 01 16 00 09 45.00	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF		1980 01 23 21	Monti Iblei	122	5-6	4.39
NF		1982 07 06 14 37	Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	150	7	3.27
2-3		1983 07 20 22 03 30.04	Etna - Viagrande	106	7-8	4.3
NF		1985 06 13 21 18 25.58	Etna - Versante occidentale	57	6	3.96
3-4		1986 11 03 06 32 55.63	Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	86	6-7	3.4

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io
3	1988 04 01 23 43 23.41	Etna - Versante orientale	30	6-7	3.1
NF	1988 10 28 18 48 45.00	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	66	6	3.62
3	1989 07 27 15 08 51.00	Etna - Caselle (Milo)	55	6	3.15
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1996 12 02 13 01 40.00	Etna - C.da Luminaria (S. Venerina)	42	6	3.5
3	1998 01 10 08 45 18.00	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7	3.96
3-4	1999 02 14 11 45 53.99	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF	2000 01 11 08 20 53.38	Etna - S. Alfio	39	6-7	3.38
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
4	2001 04 22 13 56 34.32	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
NF	2001 07 22 12 32 13.76	Etna - Versante orientale	20	5	3.5
NF	2001 10 28 09 03 58.52	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	67	6	3.3
NF	2002 03 24 23 05 34.94	Etna - Versante orientale	40	6	3.27
NF	2002 09 22 16 01 50.22	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)	35	6	3.85
3-4	2002 11 24 06 59 59.08	Etna - Versante orientale	15	6	3.7
NF	2002 12 02 12 28 13.29	Etna - Macchia (Giarre)	30	6	3.2
NF	2004 06 01 10 32 28.67	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	17	6-7	3.73
NF	2004 07 22 02 11 27.05	Etna - Versante orientale	34	6-7	3.62
NF	2008 04 09 04 14 35.66	Etna - Versante orientale	25	5-6	3.5
4	2009 03 14 09 26 50.72	Etna - Versante orientale	31	6	3.5
NF	2009 05 13 14 13 46.68	Etna - San Matteo (Giarre)	58	6	3.6
4	2009 12 19 09 01 14.58	Etna - Maletto	64	6	4.39
4	2010 04 02 20 04 44.28	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	25	6-7	4.19
3-4	2011 06 23 22 02 46.71	Monti Nebrodi	54	5-6	4.7
4	2012 06 27 21 58 22.60	Etna - Versante orientale	23	6	3.2
NF	2013 01 04 07 50 06.00	Monti Nebrodi	38	5	4.37
NF	2013 05 23 13 04 48.43	Etna - Versante orientale	41	5	3.4

**Tabella 30 – Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Fiumefreddo 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.**

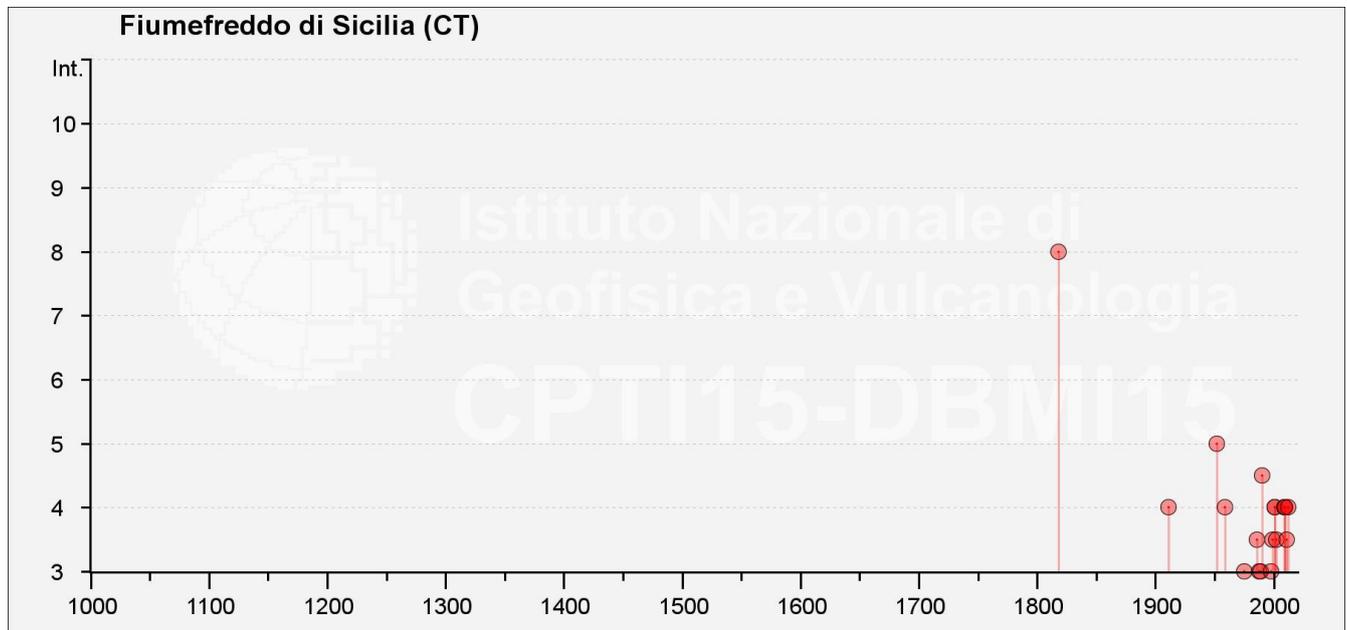


Figura 22– Grafico illustrante la storia sismica di Fiumefreddo di Sicilia. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

### Storia sismica di Taormina

[37.852, 15.286]

Numero eventi: 36

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	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
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

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
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 31 - 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.**

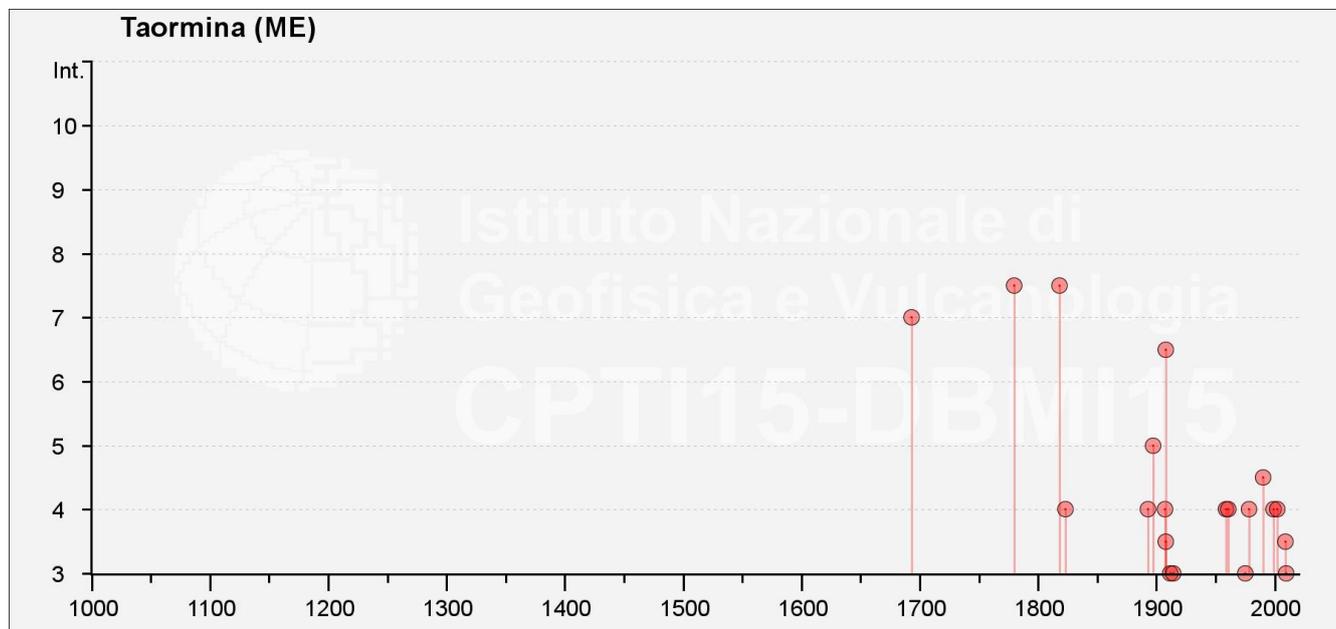


Figura 23– Grafico illustrante la storia sismica di Taormina. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Di seguito sono brevemente descritti i principali terremoti che, nel corso dei secoli, hanno interessato la Sicilia orientale. Le informazioni, tratte dal “Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a. C. al 1990”, riguardano gli effetti più importanti di ogni sisma, con particolare riguardo all’entità dei danni subiti dagli edifici, al numero di vittime e ai fenomeni indotti dagli eventi sismici sull’ambiente.

- **Terremoto del 4 febbraio 1169:** il disastroso evento tellurico del 4 febbraio 1169 colpì l’intero settore della Sicilia orientale e parte della Calabria meridionale, distruggendo undici centri abitati e provocando danni ingenti in tutta l’area. Catania fu completamente distrutta (I = X MCS) e negli scarsi documenti dell’epoca si riporta il completo collasso di tutti gli edifici e la morte della maggior parte degli abitanti (circa 15000 vittime). Il terremoto fu concomitante all’eruzione dell’Etna e, sul versante settentrionale, parte del cratere collassò. Tra i vari effetti sull’ambiente va registrata, inoltre, la formazione di uno *tsunami* che provocò, poco prima del suo arrivo, un abbassamento temporaneo delle acque nel porto di 5 m e, successivamente, ampi fenomeni di esondazione nei pressi della foce del Simeto.
- **Terremoto del 9 gennaio del 1693:** questo terremoto rappresenta la più grave catastrofe sismica della Sicilia orientale. Tutte le città della Sicilia Sud-orientale furono sconvolte e il terremoto fu avvertito sensibilmente dalla Calabria settentrionale alla costa tunisina. L’evento sismico distrusse circa quaranta centri abitati in una vastissima area compresa tra Catania, Siracusa e Ragusa. Il terremoto si verificò in due riprese, a distanza di due giorni: la prima scossa si verificò alle ore 4:30 del 9 gennaio e a Catania ebbe l’effetto di terrorizzare la popolazione distruggendo non solo le case meno solide, ma danneggiando seriamente anche gli edifici più importanti quali monasteri e palazzi (I = VIII MCS); la seconda scossa, delle ore 21:00, ebbe un effetto ancor più devastante poiché colpì una città i cui edifici erano già stati seriamente lesionati, distruggendola completamente, con collassi totali o parziali degli edifici (I = X-XI MCS). La statistica ufficiale redatta nel mese di maggio dello stesso anno, riporta un numero di circa 54000 morti in tutte le zone colpite dal terremoto. A Catania la perdita in vite umane 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.

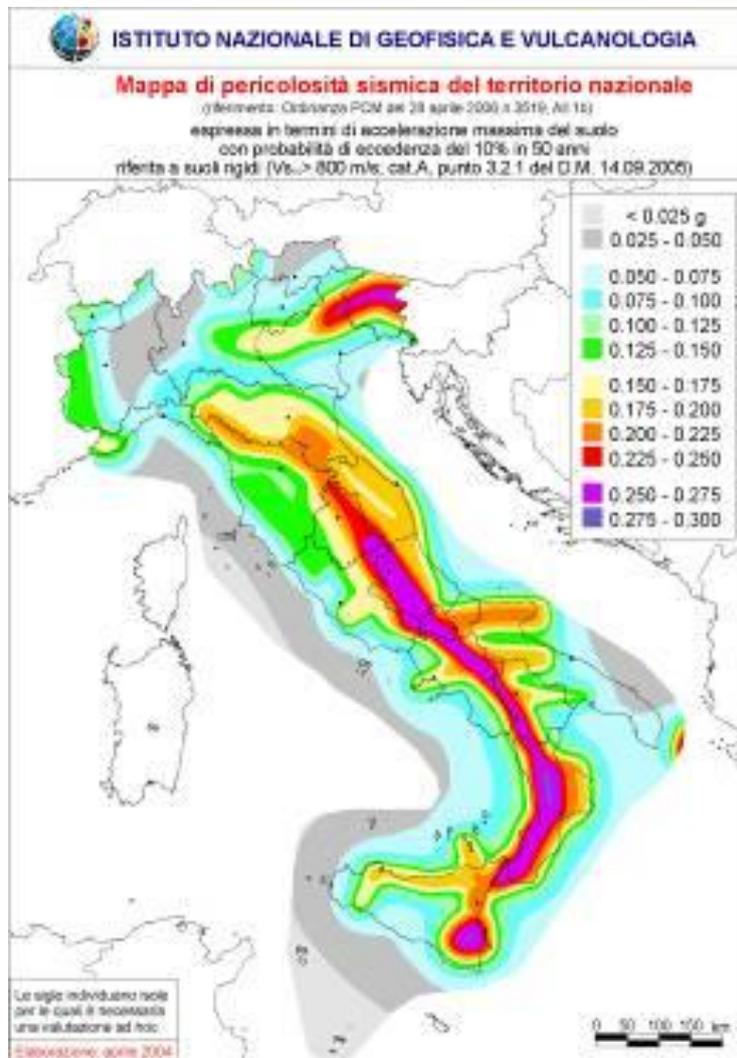
In tutta l'area colpita dal terremoto scomparvero molte sorgenti; altre comparvero o variarono portata, salinità e colorazione delle acque. Effetti di maremoto in occasione della seconda scossa furono segnalati in molte località costiere della Sicilia orientale.

- **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 Calatabiano, Castelmola, Fiumefreddo di Sicilia 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.

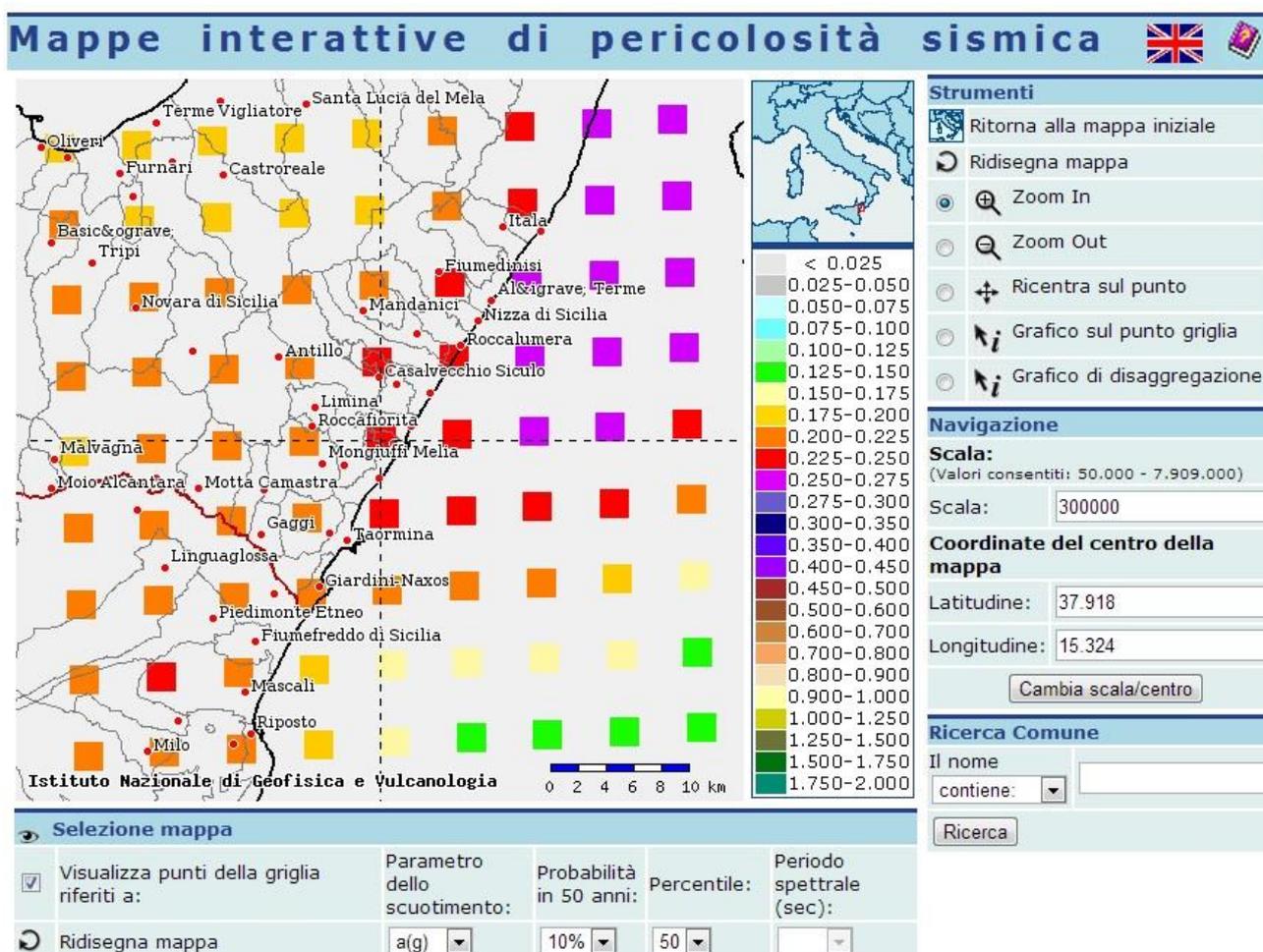


**Figura 24 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell’INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).**

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 0.200-0.250  $a_g$  (accelerazione massima del suolo).

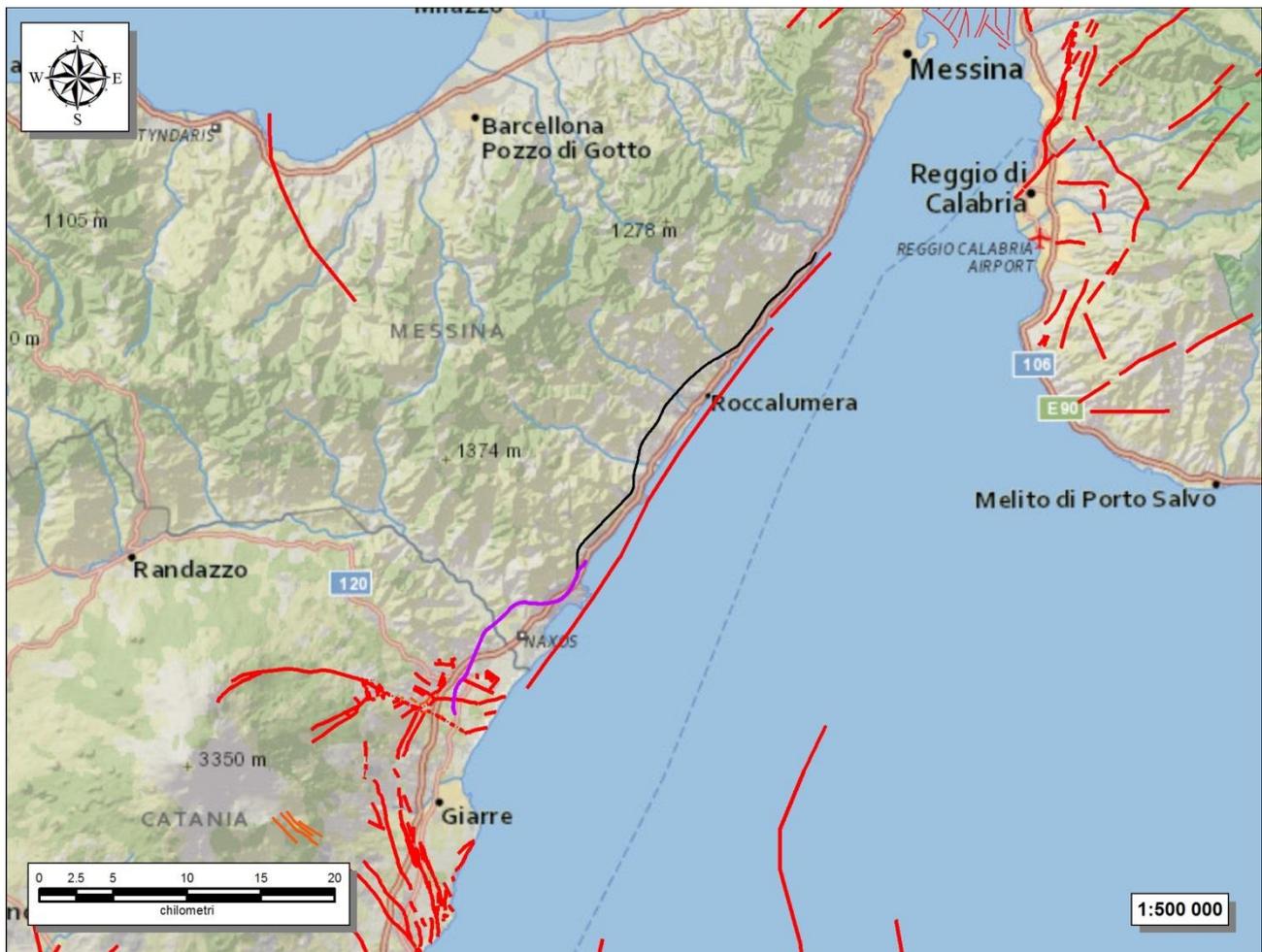


**Figura 20 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).**

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, invece, sono 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 2 (in nero) e delle faglie capaci (in rosso)**  
(<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

Sempre nei settori meridionali dell'area di intervento, il tracciato di progetto è lambito verso Est dalle faglie dirette del Gruppo di Serra San Biagio e verso Ovest dalle 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 25 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del lotto in esame (in magenta) del tracciato di progetto del lotto 2 (in nero) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	$a_g$	$F_0$	$T_c$
46758	15.193	37.772	0.2215	2.6	0.31
46536	15.195	37.822	0.2203	2.56	0.32
46314	15.196	37.872	0.2063	2.52	0.33
46759	15.257	37.771	0.1901	2.58	0.33
46537	15.258	37.821	0.2061	2.52	0.34
46315	15.259	37.871	0.2136	2.49	0.34
46538	15.321	37.820	0.2058	2.48	0.35
46316	15.322	37.870	0.2283	2.45	0.34

Tabella 32 - 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. 2 prove MASW, n. 6 prove *down-hole* e di n. 2 MASW/Re.Mi. appositamente realizzate. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di  $V_{S,30}$  determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
MASW1	MASW	57.5	436	B	bb/UTF/UPP

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
MASW2	MASW	57.5	349	C	ba/bb/FAG
MASW3	MASW	57.5	390	B	b2/g1

**Tabella 33 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini Geomerid 2013-2014.**

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
AL04	sismica in foro	40	615	B	ba/bb/UTF
AL05	sismica in foro	40	476	B	bb/UTF/bb/CODc/CODa
AL07	sismica in foro	40	481	B	bb/UTF
AL09	sismica in foro	40	385	B	b2/bb/CODc
FF03	sismica in foro	20	615	B	UTF/UPP
FP02	sismica in foro	40	765	B	ba/bb/TAM

**Tabella 34 - 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
R4	MASW/Re.Mi.	-	504	B	bb
R5	MASW/Re.Mi.	-	446	B	bb
S13D	sismica in foro	50	648	B	GLD
S13DCH	sismica in foro	50	643	B	GLD
M1	MASW	56	817	A	b2/PDTa
M2	MASW	56	645	B	ba/bb/PDTa
M3	MASW	56	860	A	b2/PDTb
M4	MASW	56	566	B	CODd/CODc
M5	MASW	56	560	B	b2/GLD
M6	MASW	56	691	B	bb/RSA/MED
M7	MASW	56	923	A	b2/GCM
M8	MASW	56	818	A	SCA/TAM
M9	MASW	56	597	B	GCM/GLD

**Tabella 35 - 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-limosa che possono essere cautelativamente caratterizzati con una **categoria di sottosuolo di tipo C**. Infine, i settori di fondovalle del Vallone Fogliarino in relazione a quanto emerso dalle indagini MASW appositamente condotte nell'area, sono caratterizzati da terreni riferibili ad 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 Calatabiano e Taormina Fase1. 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, è stato possibile individuare nella zona più meridionale dell'area di studio una faglia attiva, nota in letteratura come Faglia di Fiumefreddo. Tale elemento, ampiamente descritto nelle pagine precedenti, è caratterizzato da numerose evidenze di fagliazione superficiale e risulta direttamente interferente col tracciato di progetto all'altezza del km 0+978. La faglia è caratterizzata da spostamenti obliquo-destri di *creep* asismico, con deformazioni a lungo termine inferiori a 1 mm/anno, e in generale non risulta associata a nessun terremoto in quanto chiaramente non sismica. Di seguito la scheda delle caratteristiche fisiche e geologiche tratta dal DataBase ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.

Faglia di Fiumefreddo	
<b>Geologic Setting</b>	The Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo system, located in the north-eastern flank of Mt. Etna (the largest active strato volcano in Sicily), crosses the volcano edifice from the central crater to the sea. The Fiumefreddo fault represents the eastern sector of this system.
<b>Synopsis</b>	The Fiumefreddo fault shows recent left strike-slip kinematics (with vertical component) and high activity as revealed by geomorphological data. The fault is characterized by aseismic ruptures which damage human structures and lifelines. This structure is clear for a length of 3 km, but vanishes under the alluvial cover near the coast, although geochemical evidence and marine geology investigations would suggest its continuation as far as the Ionian Sea. This very active system plays an important role in the geodynamic and morphologic evolution of the Etna volcano and it seems to be the northern boundary of an unstable sector.
<b>Fault Name</b>	Fiumefreddo
<b>Fault Code</b>	12301
<b>Macrozone</b>	7
<b>Region Name</b>	Sicilia
<b>System Name</b>	Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo
<b>Rank</b>	PRIMARY
<b>Average Strike</b>	95
<b>Dip</b>	90
<b>Length (Km)</b>	3.5
<b>Geometry</b>	
<b>Segmentation</b>	no
<b>Depth (Km)</b>	5
<b>Location Reliability</b>	1:12500
<b>(Mapping Scale)</b>	
<b>Last Activity</b>	Historical (<3,000)
<b>Activity Reliability</b>	High reliability
<b>Recurrence Interval (Yr)</b>	1

**Faglia di Fiumefreddo**

<b>Slip-Rate (Mm/Yr)</b>	1
<b>Max Credible Rupture Length</b>	4
<b>Max Credible Slip (M)</b>	
<b>Known Seismic Events</b>	
<b>Max Credible Magnitude (Mw)</b>	
<b>Max Credible Intensity (Inqua Scale)</b>	
<b>Study Quality</b>	HIGH

**Tabella 36 - Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace, intercettata all'altezza del km 0+978 circa, tratta da [http://sgi.isprambiente.it/ithaca/scheda\\_faglia.asp?tnid=12301](http://sgi.isprambiente.it/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=12301).**

Inoltre, sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili, è stata segnalata poco a Ovest dell'area di studio una faglia attiva, nota in letteratura come di Serra San Biagio. Tale elemento, non intercetta direttamente le opere in questione e non mostra evidenze di fagliazione superficiale. Per tali motivi non rappresenta un elemento di particolare criticità. Di seguito la scheda delle caratteristiche fisiche e geologiche tratta dal DataBase ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.

**Faglia di Serra San Biagio**

<b>Geologic Setting</b>	The fault is located in the north-eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
<b>Synopsis</b>	
<b>Fault Name</b>	Serra San Biagio_04
<b>Fault Code</b>	13204
<b>Macrozone</b>	7
<b>Region Name</b>	Sicilia
<b>System Name</b>	Serra San Biagio
<b>Rank</b>	PRIMARY
<b>Average Strike</b>	120
<b>Dip</b>	90
<b>Length (Km)</b>	2.2
<b>Geometry</b>	
<b>Segmentation</b>	no
<b>Depth (Km)</b>	
<b>Location Reliability (Mapping Scale)</b>	1:75000
<b>Last Activity</b>	
<b>Activity Reliability</b>	Low reliability
<b>Recurrence Interval (yr)</b>	
<b>Slip-Rate (mm/yr)</b>	

Faglia di Serra San Biagio

<b>Max Credible Rupture Length</b>	
<b>Max Credible Slip (M)</b>	
<b>Known Seismic Events</b>	
<b>Max Credible Magnitude (Mw)</b>	
<b>Max Credible Intensity (Inqua Scale)</b>	
<b>Study Quality</b>	LOW
<b>Notes</b>	

**Tabella 37 - Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace, a est del tracciato, tratta da [http://sgi.isprambiente.it/ithaca/scheda\\_faglia.asp?tnid=13204](http://sgi.isprambiente.it/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=13204).**

## 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.

Nell'area di studio, infatti, è stata rilevata la presenza di 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 cinematismo 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 segnano 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 cinematismo 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.

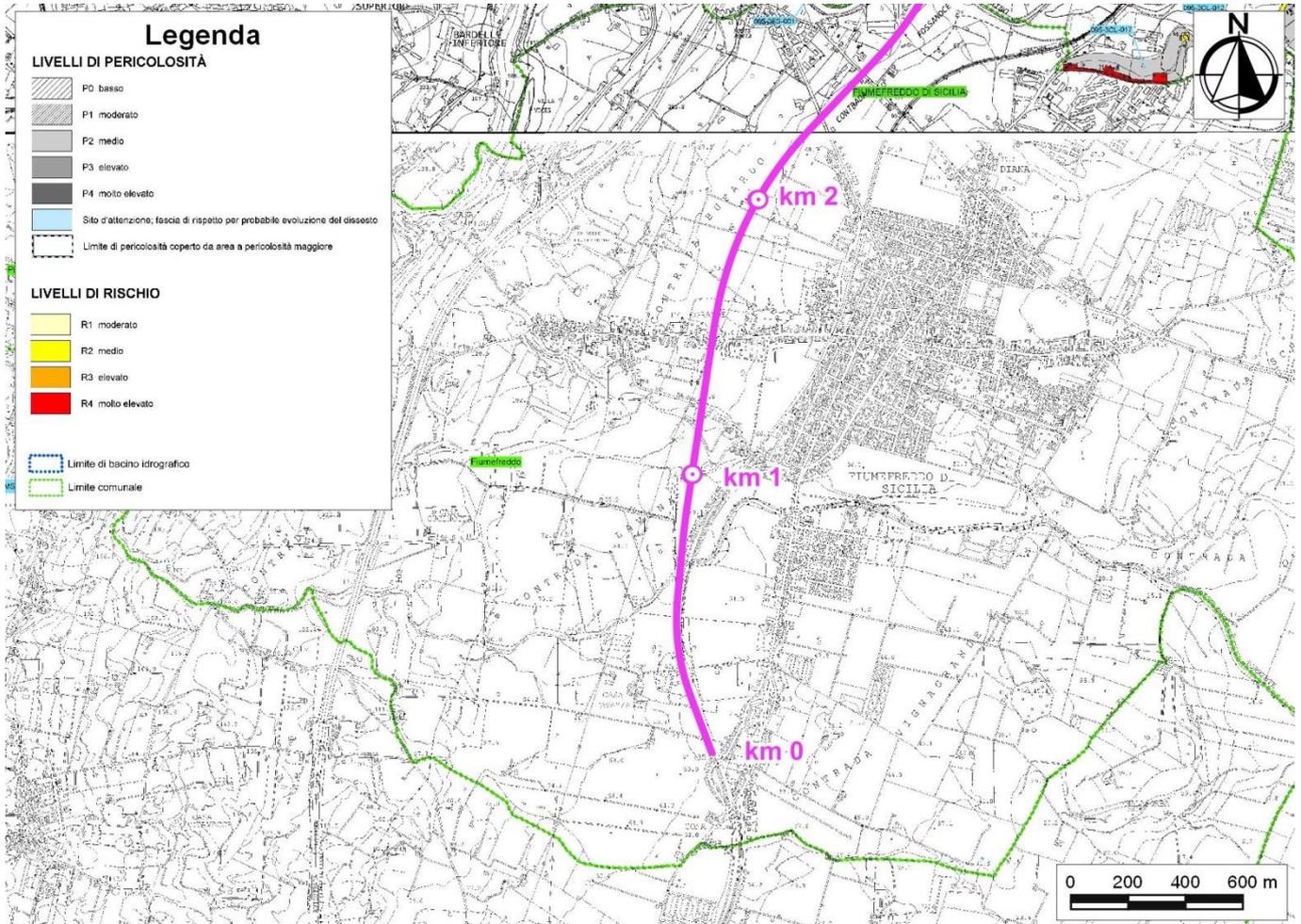
Per quanto riguarda i settori in cui il progetto prevede la realizzazione di opere all'aperto e gli imbocchi delle gallerie sono stati individuati elementi morfoevolutivi di genesi ed intensità variabile di seguito sintetizzati:

- nei settori di intervento all'aperto sono presenti, infatti, solo sporadiche conoidi di origine mista, localizzate lungo i versanti a sud delle colline che bordano verso Nord la piana del Fiume Alcantara. La ridotta intensità dei fenomeni e i modesti volumi delle masse instabili non determinano livelli di criticità ostativi per le opere in progetto.
- l'imbocco Nord-orientale della Galleria Calatabiano, ricade in corrispondenza di una conoide di origine mista e stato attivo e di una serie di canali di colata detritica che costituiscono un elemento di possibile pericolosità per gli interventi in questione.
- l'imbocco Sud-occidentale della Galleria Taormina1, ricade in corrispondenza di un solco di erosione concentrata e di una conoide di origine mista di modeste dimensioni che non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

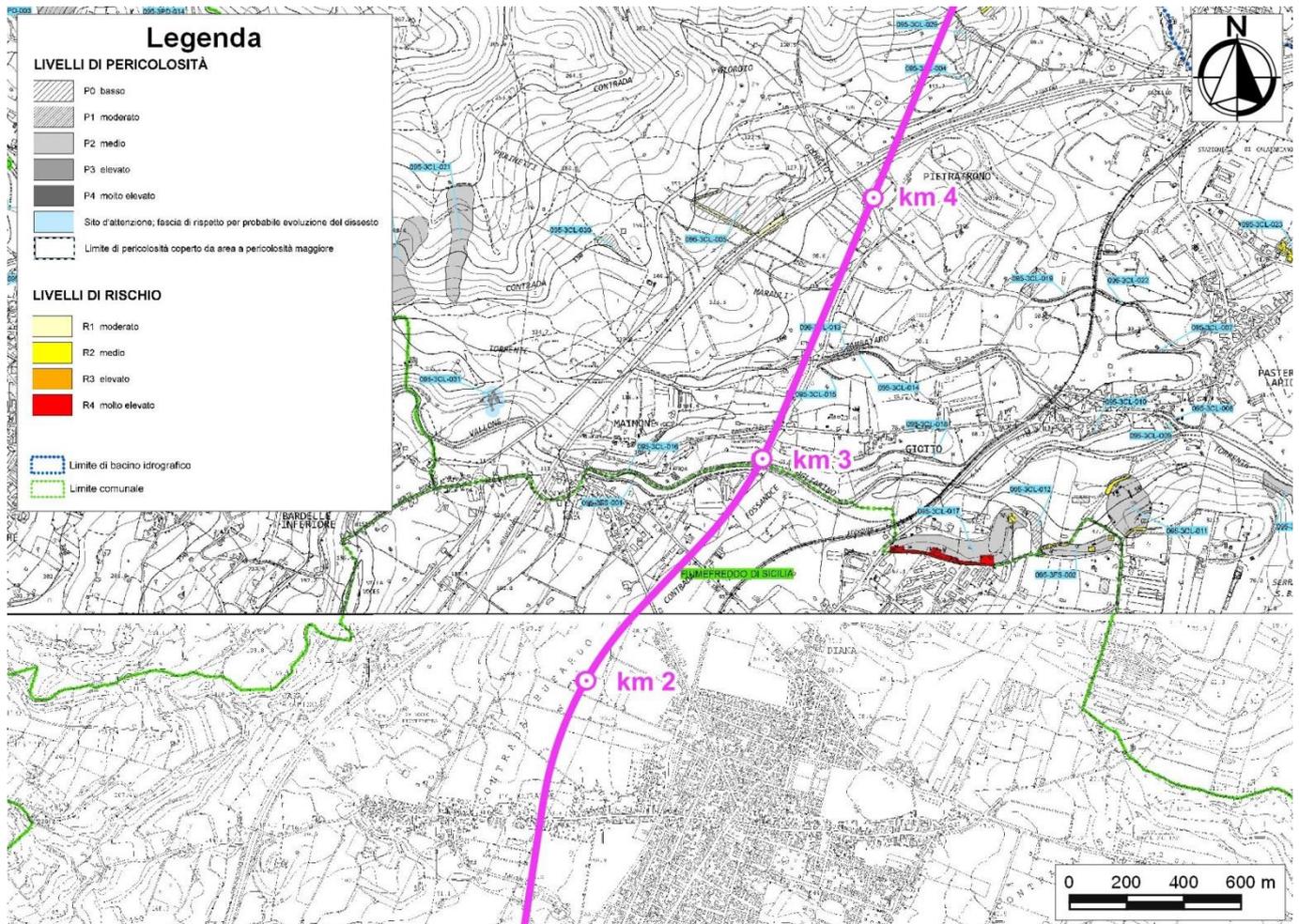
Relativamente ai settori in cui il progetto prevede la realizzazione di opere in sotterraneo sono stati individuati, analizzati e cartografati fenomeni di dissesto generalmente poco estesi e piuttosto superficiali, che coinvolgono prevalentemente le coltri di copertura eluvio-colluviali o le porzioni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

Tra le km 11+500 e 12+000, immediatamente a nord-ovest del tracciato di progetto e a sud-est di Taormina, è stato rilevato e cartografato un ampio fenomeno gravitativo. Si tratta di una frana di tipo complesso, classificabile con stato inattivo e stadio esaurito, con lunghezza di circa 460 m e dislivello di circa 140 m, che si estende in direzione circa NE-SW tra Corso Umberto a monte e via del Crocefisso a valle. Il piede del corpo di frana è posto a quote di circa 45 m s.l.m. in prossimità del fondovalle posto a quote di circa 40 m s.l.m.. In questo settore il progetto prevede la realizzazione di una galleria posta a quote sempre inferiori a 20 m s.l.m.. In relazione alle caratteristiche cinematiche e morfologiche del fenomeno di frana e alla geometria della galleria in questo specifico settore, il fenomeno di frana non rappresenta una criticità diretta o indiretta.

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.

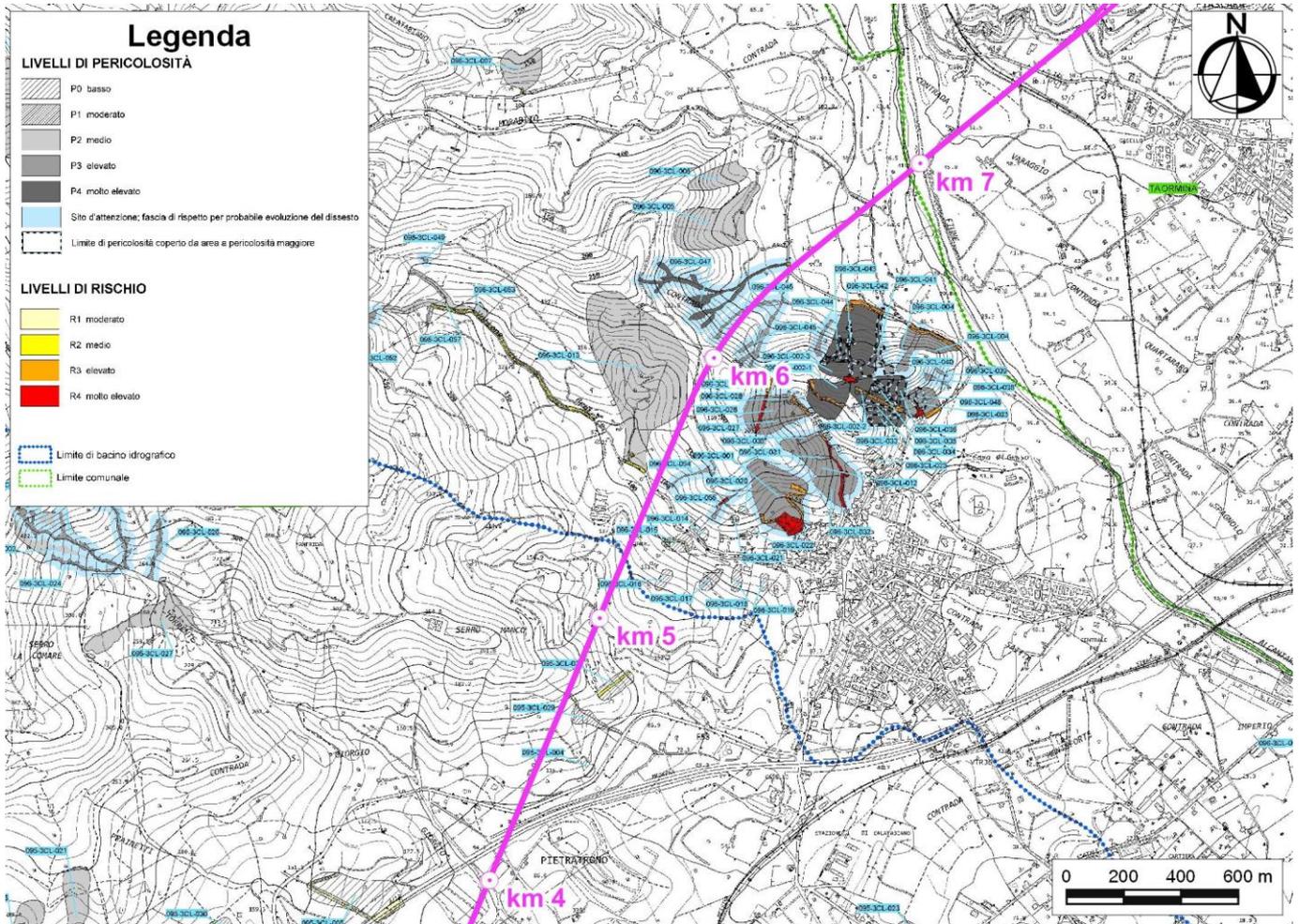


**Figura 26 - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 – 095 Area tra F. Simeto e F. Alcantara) tratto km 0+000 ÷ 2+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).**



**Figura 27 - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – 095 Area tra F. Simeto e F. Alcantara) tratto km 3+000 ÷ 4+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).**

In particolare, in c.da Serro Manco, all'altezza del km 4+400 circa il tracciato di progetto, che si sviluppa interamente in galleria, lambisce un areale di pericolosità da frana moderata (**P1**), legata a fenomeni di erosione concentrata. Poco più a nord è riportato un ulteriore areale di pericolosità da frana sempre moderata (**P1**), legata però a franosità diffusa, tale fenomeno non interessa direttamente le opere in progetto in quanto, come detto si sviluppano in sotterraneo con coperture di diverse decine di metri. Dai rilievi di campo eseguiti e dagli studi fotointerpretativi tale settore risulta attualmente interessato fenomeni erosivi intensi, solchi di erosione concentrata e locali fenomeni di franosità diffusa superficiale, Tali fenomeni non interferiscono con le opere in progetto (galleria principale e seconda uscita pedonale) e pertanto non rappresentano in tal senso una criticità.

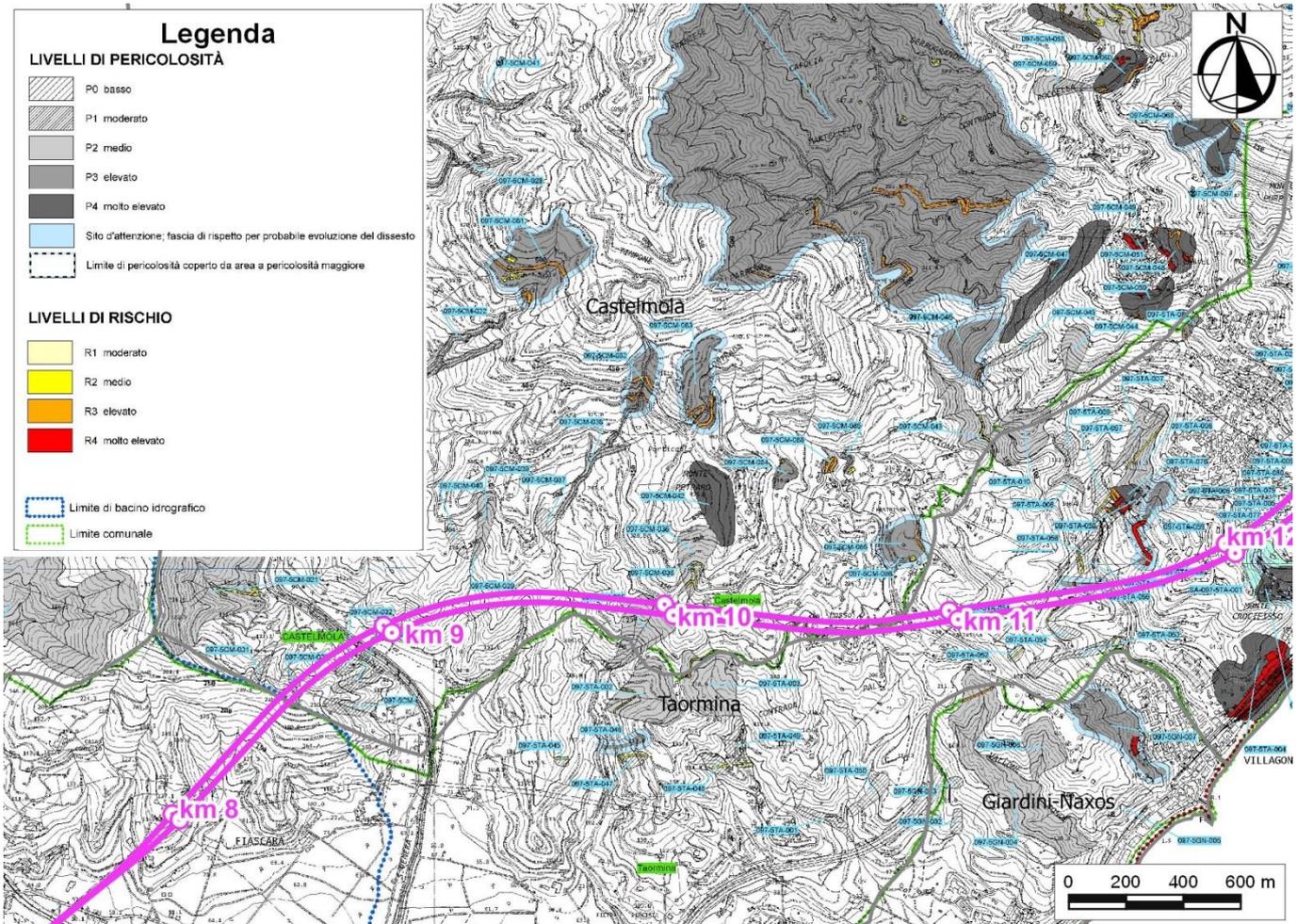


**Figura 28 - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – 095 Area tra F. Simeto e F. Alcantara) tratto km 4+000 ÷ 7+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).**

All'altezza del km 5+500 circa il versante attraversato dalle opere in progetto, risulta interessato da un areale di pericolosità elevata (**P3**), con una fascia di rispetto di circa 20 m, connesso alla presenza di canali di colata detritica, che non coinvolgono direttamente le opere in progetto. Mentre, tra i km 5+700 e 5+900 circa il tracciato in superficie lambisce un areale di pericolosità media (**P2**), legata a fenomeni di franosità diffusa attiva (cfr. Figura 28), come confermato dai rilievi di campo e riportato nelle apposite cartografie geomorfologiche. In tale settore è prevista la realizzazione della Galleria Calatabiano con notevoli coperture presenti al di sopra del cavo della galleria che quindi non presenta inferenze dirette o indirette con i fenomeni franosi censiti.

Inoltre, tra le km 6+000 e 6+500 circa sono riportati una serie di areali legati a dissesti per colata di detrito con un grado di pericolosità elevato (**P3**), con una fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto, di ampiezza pari a 20 metri attorno ai dissesti censiti (cfr. Figura 28). Si segnala la presenza di un areale di pericolosità molto elevato (**P4**) subito a nord-ovest del tracciato di progetto, solo l'area di rispetto di tale fenomeno interferisce direttamente con le opere in progetto all'altezza dell'imbocco nord-est della Galleria Calatabiano. I rilievi di campo e gli studi fotointerpretativi eseguiti hanno evidenziato che in questo settore il tracciato risulta interessato da

numerosi canali di colata detritica e da colamenti attivi, testimoniati anche dalla presenza di conoidi miste alluvionali e gravitative nei settori di fondovalle, confermando il livello di pericolosità geomorfologica indicato.



**Figura 29 - 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 8+000 ÷ 12+000, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).**

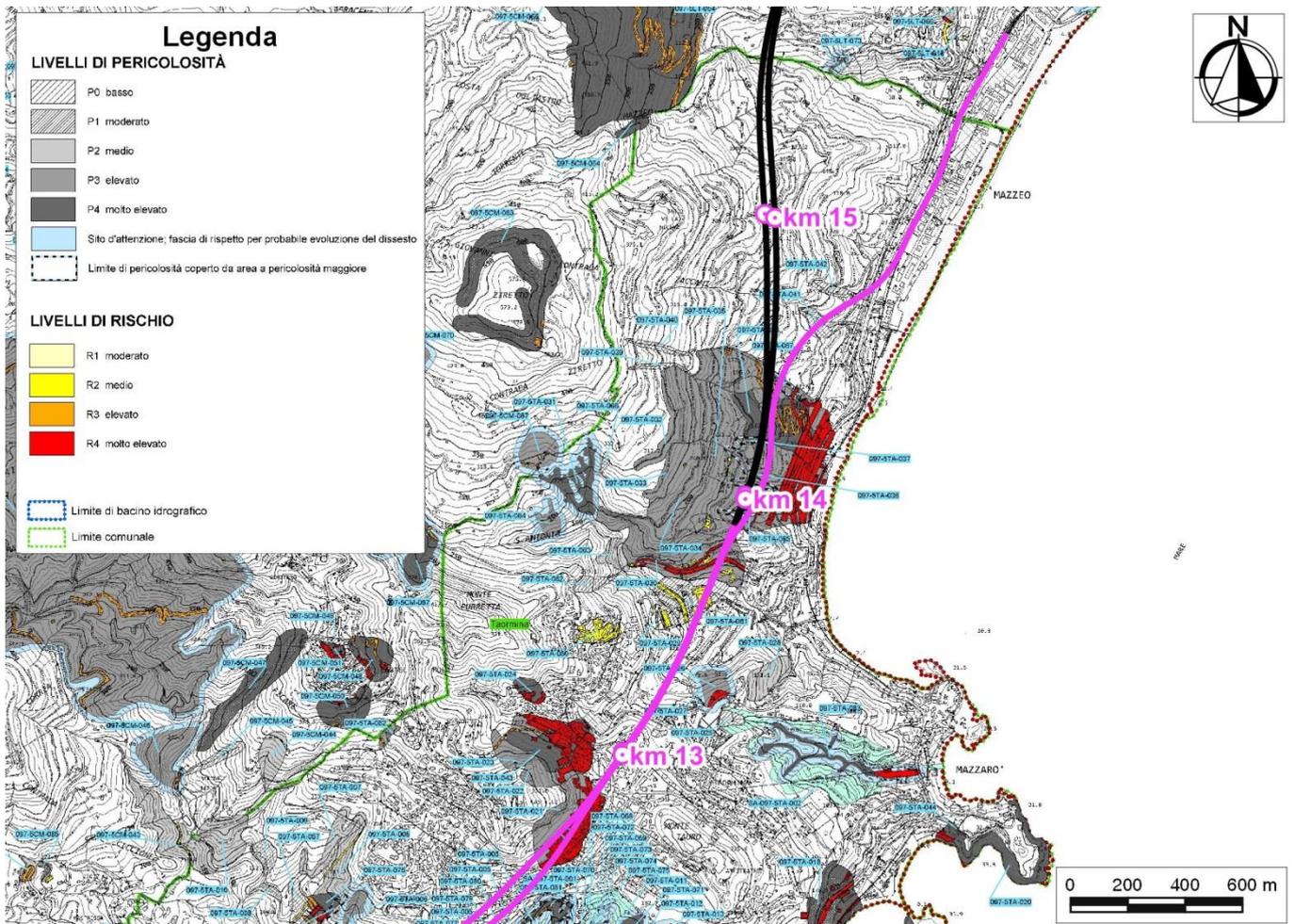
Mentre, tra il km 8+500 e 9+000 circa, vengono riportati principalmente areali di pericolosità da frana moderata (P1) che intercettano in superficie il tracciato di progetto, essenzialmente connessi con fenomeni di erosione e dissesto delle coltri superficiali che bordano le fasce basse dei versanti. Si tratta di settori interessati da opere in sotterraneo, Galleria Taormina1, con coperture in calotta piuttosto elevate. Dai rilievi di campo e gli studi fotointerpretativi eseguiti hanno evidenziato che in questo settore il tracciato è interessato da una serie di canali di colata detritica, che comunque in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo della galleria non determinano inferenze dirette o indirette con le opere in progetto.

All’altezza del km 9+900 circa il tracciato di progetto prevede la realizzazione della Galleria naturale Taormina1 con coperture in calotta piuttosto elevate, per questo settore le cartografie ufficiali riportano un areale classificato

con pericolosità media (**P2**). Tale areale è connesso a canali di colata detritica piuttosto superficiali, che 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.

Inoltre, tra le km 11+300 e 11+500 circa il tracciato di progetto, che si sviluppa in sotterraneo, intercetta in superficie diversi areali di pericolosità da moderata (**P1**) a elevata (**P3**). I rilievi di campo e gli studi fotointerpretativi mostrano per tale settore la presenza di coltri detritiche, canali con scariche di detrito e dissesti superficiali. In particolare, l'areale al km 11+500 circa presenta una fascia di rispetto di circa 20 m. In tale settore vista la presenza di versanti fortemente scoscesi sono segnalati ulteriori areali di pericolosità da frana che non interessano direttamente il tracciato, con un grado di pericolosità moderata (**P1**), legati a fenomeni di franosità diffusa. Ad ogni modo lo sviluppo in sotterraneo delle opere in progetto, con coperture di diverse decine di metri, consente di escludere interferenze dirette e critiche con le opere in progetto

Tra il km 12+500 e 12+900 circa, lungo il versante sud-orientale di Monte Castello, il tracciato di progetto attraversa un esteso areale di pericolosità elevata (**P3**). Il tale settore il tracciato di progetto prevede la realizzazione della Galleria Taormina 1, con coperture in calotta piuttosto elevate. Tali areali sono connessi a fenomeni di crollo e alla presenza di coltri detritiche, che 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 30 - Stralcio della Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (2005 con aggiornamento 2017 – Bacino 097/098 Area tra F. Alcantara e Fiumara Agrò e F.ra d'Agro' ed Area tra F.ra d'Agro' e T.te Savoca) tratto km 12+000 ÷ 13+900 e interconnessione Letojanni, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (linea magenta).**

Infine nel tratto finale del lotto 1, dal km 13+600 circa, e in corrispondenza dell'inizio dell'interconnessione Letojanni sono presenti una serie di fenomeni con pericolosità geomorfologica variabile da moderata (**P1**) a elevata (**P3**) (cfr. Figura 30). In particolare lungo il versante orientale di M.te Purretta è riportato un areale di pericolosità riconducibile ad uno scorrimento quiescente. In seguito il tracciato in superficie attraversa degli areali censiti come "dissesto per erosione accelerata" con una pericolosità elevata (**P3**) (cfr. Figura 30). Tali processi sono legati alle forti pendenze e alla presenza di locali crolli di roccia e scarpate di degradazione. Dai rilievi di campo eseguiti e dagli studi fotointerpretativi si evidenzia la presenza di canali di colata detritica, solchi di erosione concentrata e locali fenomeni di crollo. Questi settori sono interessati da opere in sotterraneo, rispettivamente Galleria Taormina I e la Galleria I.C. con coperture in calotta piuttosto elevate. Per tali ragioni i fenomeni censiti non presentano inferenze dirette o indirette con queste opere in progetto.

Inoltre alla km 13+700 circa sono previste le opere all'aperto funzionali all'accesso alla nuova stazione di Taormina, in questo settore gli studi condotti hanno evidenziato la presenza di fenomenologie di dissesto

eterogenee, sia per genesi che per intensità. In dettaglio le opere si collocano in sinistra idraulica di un'area impluviale, alla base di un versante con esposizione a sud-est e acclività media. In questo settore sono attivi processi di erosione lineare che determinano l'approfondimento dell'impluvio e il parziale scalzamento di sponda, l'area impluviale è caratterizzata dalla presenza di abbondanti coltri eleuvio colluviali e detritiche, mentre la testata dell'impluvio, che ha origine a est di M.te Purreta, è caratterizzata dalla presenza di numerosi solchi classificati come canali con scariche di detrito. Infine è da segnalare la presenza di un solco, classificato come canale con scariche di detrito di ridotta estensione, ma direttamente sovraincombente il settore destinato alla realizzazione delle opere all'aperto. Pertanto il contesto geomorfologico e morfoevolutivo delineato evidenzia una condizione di criticità per le opere e conferma il livello di pericolosità delle cartografie ufficiali.

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 degli agenti morfoevolutivi e fenomeni di dissesto sulle opere in progetto, dove segnalato (cfr. Cap. 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 diverse 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.

I corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza variabile, 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 vulcanici, 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 del substrato interessati dalla realizzazione delle opere in sotterraneo, i dati a disposizione hanno mostrato la presenza di diffusi 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 roccioso. 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.

#### 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 (RS2S 01 D69 F5 GE0001 001-4, RS2S 01 D69 G5 GE0001 003 e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6). 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.

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 31 è riportata la carta per la determinazione del GSI per ammassi rocciosi fratturati (Marinos et al. 2005), mentre in Figura 32 è riportata la carta per la definizione del GSI per ammassi rocciosi eterogenei (Marinos 2014).

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

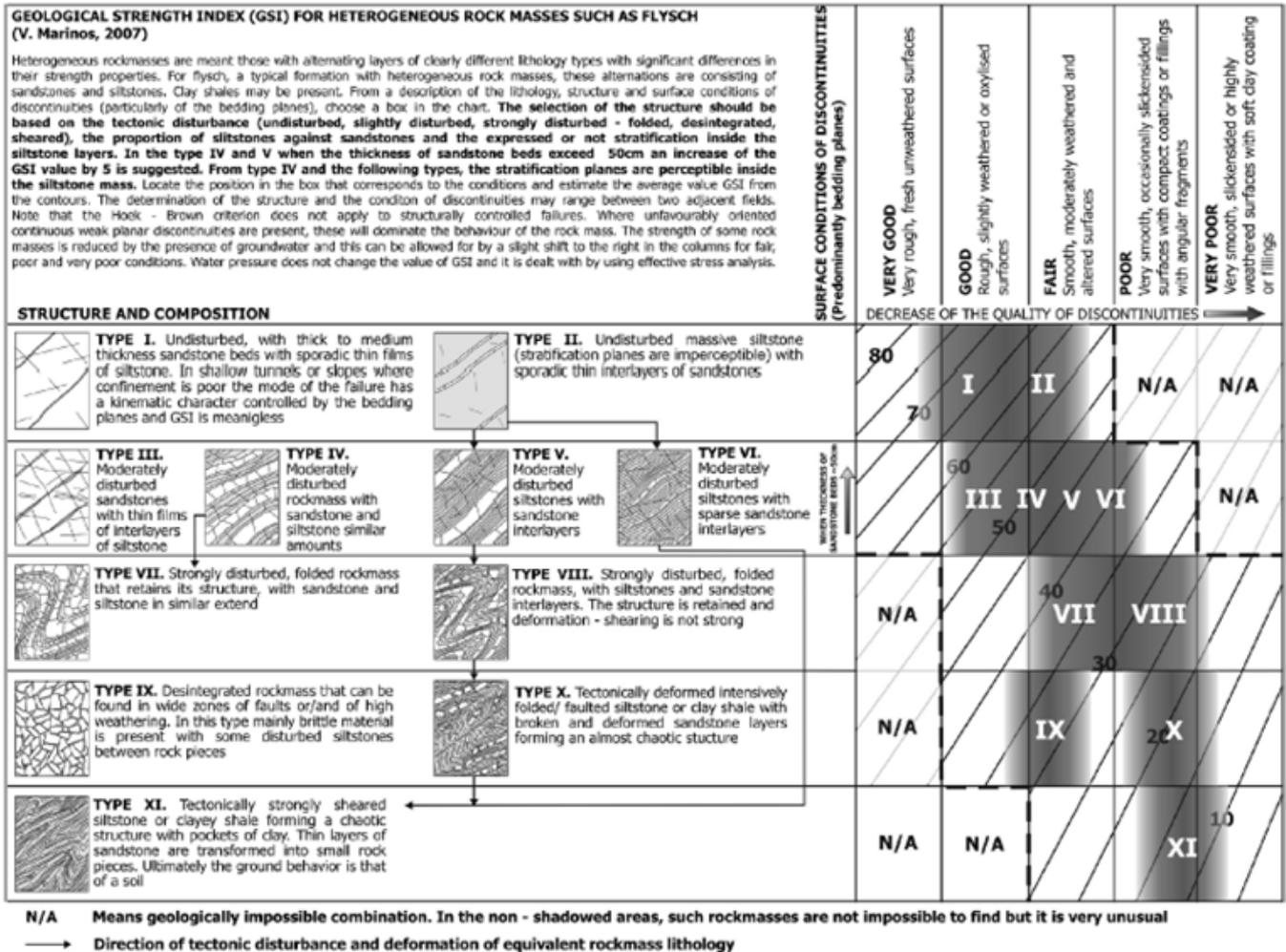


Figura 32 – Carta per la determinazione del GSI degli ammassi rocciosi eterogenei sulla scorta delle osservazioni di campo (da Marinos 2014).

Per quanto concerne i fori di sondaggio, il GSI degli ammassi rocciosi eterogenei è stato definito sempre in relazione alla carta di confronto di Figura 32, mentre il GSI degli ammassi rocciosi fratturati è stato determinato sulla scorta della carta di confronto modificata per tenere conto delle specifiche condizioni geomeccaniche dei giunti e di fratturazione dell'ammasso. In Figura 33 è riportata la carta modificata per la determinazione del GSI di ammassi rocciosi fratturati sulla scorta dei dati di sondaggio (Hoek et al. 2013), quali stato di fratturazione (RQD) e condizioni dei giunti (JCond<sub>89</sub>).

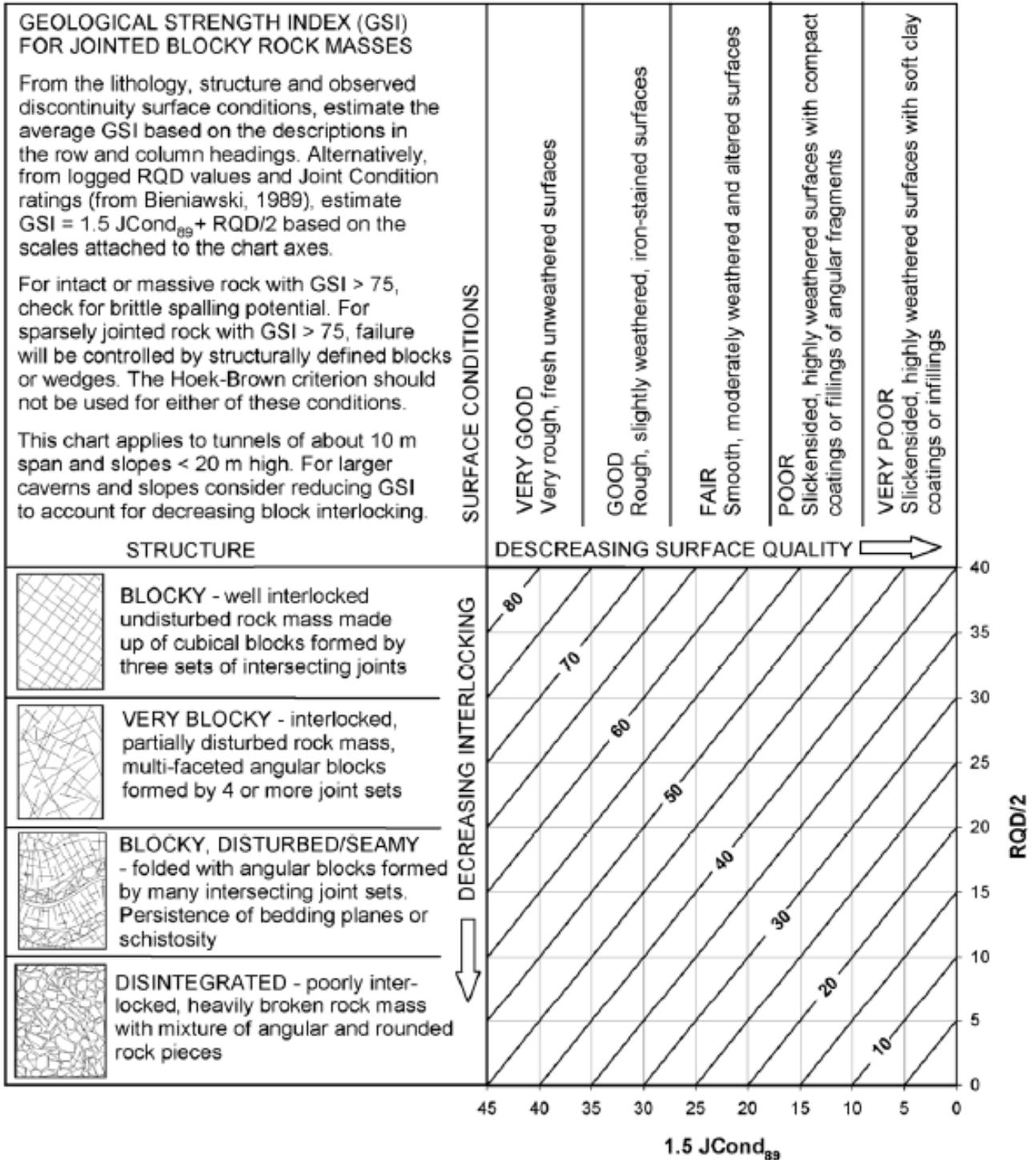


Figura 33 – Carta per la determinazione del GSI degli ammassi rocciosi fratturati sulla scorta dei dati di sondaggio, quali stato di fratturazione (RQD) e condizioni dei giunti (JCond<sub>89</sub>) (da Hoek et al. 2013).

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 01 D69 F5 GE0001 001-4, RS2S 01 D69 G5 GE0001 003 e RS2S 01 D69 G6 GE0001 001-6).

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 in 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 cataclatate, 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 38 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 Calatabiano	3+012	3+763	FAG	terreno coesivo	-
	3+763	4+477	ASF	terreno coesivo	-
	4+477	4+517	PDTa	ammasso eterogeneo	15/25
	4+517	4+895	PDTa	ammasso eterogeneo	30/40
	4+895	5+035	PDTa	ammasso eterogeneo	15/25
	5+035	5+941	PDTa	ammasso eterogeneo	30/40
	5+941	5+991	PDTa	ammasso eterogeneo	15/25
	5+991	6+031	PDTb	ammasso roccioso	20/35
	6+031	6+195	PDTb	ammasso roccioso	35/50
	6+195	6+348	PDTb	ammasso roccioso	20/35

Opera	Progressive		Formazione	Tipo di ammasso	GSI
	da	a			
Galleria Taormina Fase 1	7+766	7+851	CODd	ammasso roccioso	30/45
	7+851	8+519	CODc	ammasso eterogeneo	35/45
	8+519	8+611	CODc	ammasso eterogeneo	25/35
	8+611	8+709	CODa	ammasso roccioso	20/35
	8+709	9+289	CODa	ammasso roccioso	45/60
	9+289	10+809	FDN	ammasso roccioso	30/45
	10+809	11+025	FDN	ammasso roccioso	10/30
	11+025	11+248	MAI	ammasso roccioso	20/35
	11+248	11+973	MED	ammasso eterogeneo	20/35
	11+973	12+088	DOA	ammasso roccioso	15/30
	12+088	12+128	TAM	ammasso roccioso	10/30
	12+128	12+497	TAM	ammasso roccioso	30/45
	12+497	12+537	TAM	ammasso roccioso	10/30
	12+537	12+587	GLD	ammasso roccioso	10/30
	12+587	13+212	GLD	ammasso roccioso	30/45
13+212	13+900	GLD	ammasso roccioso	10/30	
Galleria I.C.	0+000 i.c.	0+614 i.c.	GLD	ammasso roccioso	10/30
	0+614 i.c.	0+973 i.c.	TAM	ammasso roccioso	10/30
	0+973 i.c.	1+112 i.c.	GCM	ammasso roccioso	15/30
	1+112 i.c.	1+224 i.c.	GLD	ammasso roccioso	10/30

**Tabella 38 - 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 0.250 $a_g$ . In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti esposte 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 55.6 m dal p.c.. La falda è generalmente più profonda nel tratto più meridionale 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 sottoterraneo, 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.

Durante l'esecuzione del sondaggio S03D, la perforazione è stata interrotta a causa della presenza di una sacca di gas nel foro di sondaggio. Quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di termini pelitici interamente riferibili alla Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**), in appoggio stratigrafico discordante sulla sottostante Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**). Il monitoraggio del gas condotto durante la perforazione ha fatto registrare valori di metano compresi tra il 57% e l'86% dell'UEG (*Lower Explosive Limit*) nei primi 4 giorni e pari allo 0% nei giorni successivi.

Proprio in virtù della presenza di gas rilevata nel sondaggio S03D, anche nel vicino S03D-bis sono state condotte una serie di misurazioni per verificare l'eventuale presenza di metano. Tale sondaggio è posto circa 280 m a NNE del precedente ed è caratterizzato dalla presenza di circa 13 m di terreni pelitici della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) in appoggio stratigrafico discordante sulla sottostante Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**). In questo caso però il monitoraggio condotto in fase di perforazione non ha evidenziato la presenza di metano nel sottosuolo.

A distanza di alcuni mesi dalla fine della perforazione, è stato comunque eseguito un campionamento delle acque sotterranee all'interno del piezometro installato nel foro S03D-bis. Il campionamento è stato condotto a seguito dello spurgo del piezometro ed ha quindi riguardato unicamente le acque sotterranee provenienti dalla Formazione

delle argille scagliose superiori (**ASF**), in quanto il tratto finestrato del piezometro ricade unicamente all'interno di tale successione. Il campionamento è stato condotto nei mesi di maggio e luglio 2017 e ha permesso di eseguire una serie di analisi di laboratorio per la valutazione del metano disciolto in acqua. Le analisi hanno mostrato valori compresi tra 0.798 e 1.543 mg/L, così come evidenziato in Tabella 39.

Data	Riferimento	Metano mg/L
03/05/2017	Piezometro S3Dbis (Calatabiano (CT)) 1	0.833
	Piezometro S3Dbis (Calatabiano (CT)) 2	0.798
	Piezometro S3Dbis (Calatabiano (CT)) 3	0.802
06/07/2017	Piezometro S3Dbis (Calatabiano (CT))	1.543
	Piezometro S3Dbis (Calatabiano (CT))	0.820
	Cisterna (Calatabiano (CT))	0.132
	Cisterna (Calatabiano (CT))	0.144

**Tabella 39 – Sintesi dei risultati ottenuti per la determinazione di metano in acqua, 24 mg/L (20 °C, 1 atm) solubilità del metano in acqua.**

Durante la seconda campagna di monitoraggio, nel mese di luglio, sono state prelevate le acque di una cisterna ad uso agricolo posizionata a breve distanza dal piezometro, al fine di valutare eventuale contaminazione delle acque sotterranee per cause antropiche. I valori del metano disciolto in acqua per la cisterna sono altresì risultati variabili tra 0.132 e 0.144 mg/L e evidenziano la totale assenza di contaminazione delle acque sotterranee ad opera di attività antropiche e agro-alimentari.

Pertanto, in relazione a quanto esposto, le indagini condotte e i relativi monitoraggi strumentali hanno permesso di confermare la presenza di metano in alcune delle successioni stratigrafiche presenti nei settori meridionali dell'area di studio e direttamente interessate dalla realizzazione delle opere in progetto. Tali successioni sono rappresentate dalla Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e dalla Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**).

## 14.7 Ripascimento

Il ripascimento costiero rappresenta una valida alternativa alle opere rigide tradizionali per la difesa e la protezione delle coste dai fenomeni di erosione e contribuisce, inoltre, alla creazione di ambienti e spazi idonei allo sviluppo del turismo e dei relativi servizi. L'impiego di materiali sabbioso-ghiaiosi totalmente naturale consente quindi un approccio dinamico che si integra perfettamente con le caratteristiche dell'ambiente circostante, rafforzando e ripristinando i naturali processi di dinamica costiera.

Per il riutilizzo dei materiali di smarino delle gallerie in progetto è stato quindi condotto uno studio meteo-marino-idraulico sul litorale di Sant'Alessio Siculo, dove i fenomeni di erosione marina risultano particolarmente importanti ed evidenti. Nell'ambito di tale studio, sono stati quindi prelevati 30 campioni di sabbia e ghiaia dalla zona costiera di tale litorale, al fine di individuare la compatibilità litologica, sedimentologica e ambientale tra i litotipi scavati in galleria e i sedimenti marini della spiaggia. Dei suddetti campioni, 6 sono stati sottoposti ad analisi petrografiche con stima semi-quantitativa delle diverse percentuali litologiche, così come previsto dalla norma UNI EN 932-3:2004.



**Figura 34 - Ubicazione dei 30 punti di prelievo campioni lungo il litorale di Sant'Alessio Siculo.**

Relativamente all'aspetto litologico e petrografico, le 6 prove di laboratorio condotte (T1C1, T1C4, T3C1, T3C2, T6C1, T6C2) hanno evidenziato che i campioni prelevati lungo la costa di Sant'Alessio Siculo sono composti da sabbie medio-grossolane e ghiaie prevalentemente fini di colore grigio e grigio bruno. Tali aggregati sono costituiti prevalentemente da granuli di filladi (35%-78%) e quarzo (18%-50%), e solo secondariamente da quarziti (4%-16%) e metavulcaniti, gneiss, miche, ossidi metallici e selce (1%-5%). Fa eccezione unicamente il campione T6C1, che risulta costituito da prevalenti metavulcaniti (60%) con subordinata frazione di quarzo (20%), quarziti (8%), filladi (8%) e selce (6%).

In definitiva, relativamente ai dati litologici e petrografici disponibili, risulta che gli aggregati naturali costituenti il litorale di Sant'Alessio Siculo sono estremamente simili alle formazioni metamorfiche intercettate dalle gallerie in progetto. In particolare, i terreni prelevati sul tratto di litorale in questione presentano una composizione petrografica perfettamente compatibile con quella delle Metamorfiti di Mandanici (**FDN**), Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**) e Epimetamorfiti del Vallone Letojanni (**GLD**). Pertanto i materiali di smarino derivanti dalla perforazione della galleria ferroviaria di Taormina all'interno delle suddette successioni possono essere utilizzati, dal punto di vista petrografico, per il ripascimento del settore litoraneo di Sant'Alessio Siculo.

## 15 DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali proposte nelle cartografie e profili geologici 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 geologico longitudinale ricostruito lungo l'asse del tracciato ferroviario e al tratto di interconnessione. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle tavole 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, in particolare, alle risultanze delle diverse indagini geognostiche, dirette ed indirette, appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne esplicate.

### 15.1 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

Al lotto 1 Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni del progetto per il *Raddoppio della tratta Giampileri - Fiumefreddo* appartengono i diversi tratti di tracciato compresi tra il km 0+000 e il km 13+900 ed i tratti relativi all'interconnessione compresi tra i km 0+000 i.c. e 1+548 i.c..

#### 15.1.1 Tracciato

Di seguito vengono descritti da Sud a Nord, i diversi tratti relativi al lotto 1 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 Opere all'aperto Contrada Lavina, Fiumefreddo (km 0+000 – km 1+177)

Il tratto in questione si colloca nella porzione più meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 54.6 ed i 74.4 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa, nel tratto iniziale e finale, i termini litologici della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**), con uno spessore mediamente variabile tra 5.1 e 11.2 m. Nel settore centrale tali terreni risultano ricoperti da depositi alluvionali recenti (**bb**), con spessori mediamente compresi tra 2.7 e 5.4 m circa, e lembi poco estesi di depositi alluvionali attuali (**ba**). I depositi della Formazione Torre Filosofo poggiano sui depositi vulcanici della Formazione di Piano Provenzana (**UPPb**), caratterizzati da spessori localmente superiori ai 60.0 m e nel tratto finale con locali lenti di lave della medesima formazione (**UPPa**). All'altezza del km 0+978 il tracciato ferroviario intercetta la cosiddetta Faglia di Fiumefreddo, un esteso elemento tettonico attivo con chiare evidenze di fagliazione superficiale che porta in contatto i depositi vulcanici della Formazione di Piano Provenzana con i terreni della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) che rappresenta il substrato geologico nel tratto finale.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno del Torrente delle Forche che intercetta il tracciato al km 0+650.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una importante falda a superficie libera all'interno depositi vulcanici del Monte Etna (**UPPa** e **UPPb**), con livello piezometrico posto tra 26.6 e 48.5 m s.l.m. circa.

Tale falda è probabilmente alimentata dai principali corsi d'acqua dell'area e risulta sostenuta, almeno nei settori di interesse, dai terreni argilloso-marnosi del substrato (**FAG**).

#### 15.1.1.2 Galleria artificiale Fiumefreddo (km 1+177 – km 1+950)

Questo tratto ricade nella parte meridionale del settore di intervento e presenta quote del piano ferro variabili tra i 63.1 ed i 64.5 m circa s.l.m. Il tracciato intercetta inizialmente le lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**) sormontati da un lembo di depositi vulcanoclastici della stessa unità (**UTFb**) e, quindi, le rocce vulcaniche ed i depositi piroclastici della Formazione di Piano Provenzana (**UPPa-UPPb**). I suddetti litotipi presentano uno spessore di diverse decine di metri e poggiano, in discordanza stratigrafica, sui terreni pelitici della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**). In buona parte del tratto, si rinvencono inoltre estesi depositi alluvionali recenti (**bb**), caratterizzati da uno spessore variabile tra 2.6 e 5.0 m.



**Foto 34 – Vista panoramica dell'imbocco Sud-occidentale della Galleria Fiumefreddo.**

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una estesa ed importante falda freatica contenuta

all'interno dei terreni prettamente vulcanici della Formazione di Piano Provenzana (**UPP**). Tale falda risulta sostenuta da termini argilloso-marnosi della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e presenta una superficie piezometrica posta tra i 26.6 ed i 38.1 m s.l.m., molti metri al di sotto della galleria in questione.

#### 15.1.1.3 Opere all'aperto T. Fogliarino – Galleria artificiale (km 1+950 – km 3+025)

Tale tratto si colloca nella porzione meridionale del settore di intervento, e prevede la realizzazione di opere all'aperto e di una galleria artificiale L=24.98, a quote variabili tra i 60.1 e i 73.6 m circa s.l.m.. La porzione di tracciato interessa i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (**bb**), con spessori mediamente compresi tra 4.3 e 10.3 m. Tali depositi poggiano in discordanza sui litotipi vulcanoclastici della Formazione di Piano Provenzana (**UPPb**), localmente affioranti, con locali lenti di lave della medesima formazione (**UPPa**). In corrispondenza del Vallone Fogliarino si rinvencono inoltre depositi alluvionali attuali (**ba**), con spessori compresi tra 1.6 e 3.2 m, e lembi poco estesi di coltri eluvio-colluviali (**b2**) di ridotto spessore. Il substrato geologico dell'area, localmente affiorante lungo il margine settentrionale del Vallone Fogliarino, è rappresentato dai litotipi argilloso-marnosi della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**).

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Vallone Fogliarino all'altezza del km 2+960 circa.

Sotto il profilo idrogeologico, infine, si evidenzia la presenza di una estesa falda freatica all'interno delle coperture alluvionali (**ba** e **bb**) e vulcaniche (**UPPa-UPPb**). Questa falda presenta nell'area in esame un livello piezometrico variabile da 34.1 a 60.6 m circa s.l.m. ed è sostenuta, ancora una volta, dai termini prevalentemente pelitici del substrato (**FAG**).

#### 15.1.1.4 Galleria Calatabiano (km 3+025 – km 6+374)

Il presente tratto ricade nella porzione meridionale del settore di interesse e presenta quote del piano ferro variabili tra 61.5 e 68.3 m s.l.m.. Nei settori Sud-occidentali, il tracciato intercetta i termini prevalentemente pelitici della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e, quindi, i sedimenti argilloso-marnosi della Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**). In particolare, la galleria in progetto intercetta una faglia diretta all'altezza del km 3+882, che disloca i termini della Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**). Nel settore iniziale, i termini del substrato sono estesamente ricoperti dalle lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**) e dai depositi alluvionali attuali (**ba**) e recenti (**bb**) dei Torrenti Bluinetto e San Giorgio. Tali terreni si rinvencono pochi metri al di sopra della calotta della galleria e intercettano la stessa tra il km 3+930 e il km 4+195. A partire dal km 4+478, dopo una estesa faglia subverticale, di cinematica sconosciuta, ad asse WNW-ESE, il tracciato intercetta i termini arenaceo-marnosi della Formazione di Piedimonte (**PDTa**), dislocati da una faglia sub-verticale all'altezza del km 4+935. Nel settore Nord-orientale del tratto, la galleria grazie ad una faglia diretta con direzione WNW-ESE, attraversa i litotipi arenaceo-sabbiosi (**PDTb**) della Formazione di Piedimonte, variamente dislocati da un'importante faglia con direzione NW-SE. Infine, in corrispondenza dell'imbocco Nord-orientale, la galleria intercetta un'estesa fascia di coperture detritico-colluviali (**b2**), che localmente possono raggiungere i 10.9 m circa di spessore.

Tutti i dati disponibili (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") hanno evidenziato valori di GSI, per la porzione intatta prevalentemente arenaceo-marnosa della Formazione di Piedimonte, che oscillano tra 30 e 40, mentre, per la porzione più alterata e/o tettonizzata oscillano tra 15 e 25. Inoltre, la porzione intatta della litofacies arenaceo-sabbiosa della Formazione di Piedimonte, presenta valori di GSI che oscillano tra 35 e 50 mentre, la porzione più alterata mostra valori che oscillano tra 20 e 35 (cfr. RS2S 01 D69 F5 GE0001 001-4).

Per quanto concerne gli aspetti geomorfologici, l'imbocco Sud-occidentale risulta privo di elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. L'imbocco Nord-orientale, invece, ricade a valle di un esteso versante caratterizzato da una conoide di origine mista poco estesa, che interessa direttamente le opere in progetto, e da una serie di canali di colata detritica che costituiscono un elemento di possibile pericolosità per gli interventi in questione. Inoltre, il versante in destra del Torrente Santa Beatrice all'altezza del km 5+500 circa è caratterizzato da una serie di canali di colata detritica che interessano direttamente la terza uscita 5+470.04, per la quale rappresentano un elemento di criticità.



**Foto 35 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l'imbocco Nord-orientale della galleria Calatabiano.**

Sotto il profilo idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda idrica sotterranea di ridotta rilevanza all'interno dei terreni vulcanici (**UTFa**) e alluvionali (**ba** e **bb**) presenti nei settori Sud-occidentali del tratto. Tale falda presenta un battente d'acqua ridotto e livello piezometrico posto al di sopra della galleria in esame, nel primo tratto, a quote variabili tra i 80.2 ed gli 85.6 m circa s.l.m., mentre nel secondo tratto interessa direttamente il cavo della galleria a quote variabili tra i 73.4 ed gli 76.7 m circa s.l.m.. In quest'ultimo tratto è possibile ipotizzare un livello piezometrico massimo, in corrispondenza degli eventi di piena del Torrente San Giorgio, a quote prossime al piano campagna e variabili tra gli 85.5 e gli 88.3 m s.l.m.. Inoltre, anche in corrispondenza del Vallone di S. Beatrice, al km 5+490 circa, è possibile ipotizzare un livello piezometrico massimo, in corrispondenza degli eventi di piena a quote prossime al piano campagna e variabili tra gli 82.4 e gli 83.7 m s.l.m..

Infine, si sottolinea che nei fori di sondaggio eseguiti nella porzione più meridionale del presente tratto è stata constatata la presenza di metano nel sottosuolo. In particolare, durante l'esecuzione del sondaggio S03D, la perforazione è stata interrotta a causa della presenza di una sacca di gas nel foro di sondaggio. Anche le misurazioni condotte nel vicino S03D-bis hanno mostrato la presenza di metano disciolto in acqua nelle successioni sedimentarie attraversate. Pertanto, sulla scorta dei dati a disposizione, risulta che i termini litologici della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e della Formazione delle argille scagliose superiori (**ASF**) contengono metano. Per una trattazione più completa della problematica si rimanda al Paragrafo 14.6 "Presenza di gas naturali".

#### 15.1.1.5 Opere all'aperto F. Alcantara (km 6+374 – km 7+766)

Il tratto in questione si colloca nella porzione meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 41.8 ed i 72.0 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti (**bb**) e attuali (**ba**) del Fiume Alcantara. Tali depositi presentano spessori variabili tra 0.5 e 33.2 m e poggiano, con parziale eteropia laterale, sulle lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**), mentre risultano ricoperti, localmente, da riporti antropici di spessore esiguo e da coltri detritico-colluviali (**b2**) che ricoprono la parte bassa del versante con spessori mediamente compresi tra 0.5 e 9.2 m. Nel tratto centrale il tracciato attraversa direttamente i depositi vulcanici della Formazione Torre del Filosofo (**UTFa**). Nei settori Sud-occidentali, il substrato geologico è costituito dai termini arenaceo-marnosi Formazione di Piedimonte (**PDTb**), passanti con contatto tettonico ai litotipi conglomeratico-sabbiosi della medesima formazione (**PDTc**) all'altezza del km 6+425. Tale unità risulta tettonicamente sovrapposta ai depositi conglomeratici Flysch di Capo d'Orlando (**CODa**). Nel settore centro-settentrionale, i terreni di copertura poggiano sui termini conglomeratici del Flysch di Capo d'Orlando (**CODa**), mentre nel settore settentrionale poggiano in discordanza sui litotipi pelitico-arenacei della stessa formazione (**CODc**). Il contatto tra i due membri della successione flyschoida si verifica all'altezza del km 7+086 attraverso un esteso sovrascorrimento a vergenza Sud-occidentale. Infine, verso NE, i termini prevalentemente arenacei del Flysch di Capo d'Orlando (**CODd**) risultano parzialmente eteropici con la porzione pelitico-arenacea della medesima successione (**CODc**), o tettonicamente sovrapposti alla stessa attraverso un importante sovrascorrimento a vergenza meridionale.

Dal punto di vista geomorfologico, l'elemento più rilevante ai fini progettuali è rappresentato dall'alveo del Fiume Alcantara, intercettato dal tracciato in progetto all'altezza del km 6+947. Ad esso si aggiungono un canale di colata detritica intercettato al km 6+420 circa, una conoide alluvionale quiescente, due conoidi detritico-colluviali attive presenti rispettivamente a SW e a NE del Fiume Alcantara e un solco di erosione concentrata presente al km 7+705 che origina una conoide di origine mista che, comunque, non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali (**bb**) e vulcanici (**UTFa**) che colmano il fondovalle. Questa falda, defluente grossomodo verso SE, risulta sostenuta dai termini silicoclastici del substrato (**PDTb**, **PDTc**, **CODa** e **CODc**) e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra i 40.1 e 55.5 m circa s.l.m.. Inoltre, in caso di piena tale livello piezometrico risulta prossimo al p.c. a quote variabili tra 42.1 e 55.2 m circa s.l.m..

#### 15.1.1.6 Galleria Taormina Fase 1 (km 7+766 – km 13+900)

Il presente tratto si colloca nella porzione centro-meridionale dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra 16.9 e 66.7 m circa s.l.m.. Nei settori Sud-occidentali, il tracciato intercetta i termini prevalentemente arenacei (**CODd**) del Flysch di Capo d'Orlando e, quindi, i sottostati litotipi arenaceo-pelitici della medesima successione (**CODc**). A partire dal km 8+610 circa, dopo un esteso sovrascorrimento a vergenza meridionale, la

galleria attraversa i termini arenaceo-marnosi (**CODb**) e conglomeratico-sabbiosi (**CODa**) del Flysch di Capo d'Orlando, stratigraficamente sovrapposti ai litotipi filladici delle Metamorfite di Mandanici (**FDN**). In corrispondenza dell'area impluviale del Torrente Venera, in particolare, la calotta della galleria si colloca pochi metri al di sotto dei depositi alluvionali recenti (**bb**) che colmano il fondovalle. Tra il km 10+850 e il km 11+025 questo settore risulta interessato da due importanti faglie dirette ad alto angolo che interessano i litotipi delle Metamorfite di Mandanici (**FDN**). A seguito della faglia più settentrionale, la galleria attraversa i termini calcareo-marnosi della successione sedimentaria dell'Unità di Longi-Taormina, qui rappresentati dalla Maiolica (**MAI**), dal Rosso ammonitico (**RSA**) e dal Medolo (**MED**) e calcareo-dolomitici dei Calcari e dolomie di Taormina (**DOA**). Queste unità sono generalmente in contatto stratigrafico tra loro, ma risultano comunque interessate da diverse faglie dirette e trasversive ad alto angolo, con ampie fasce cataclastiche. In corrispondenza dell'area impluviale presente a Sud del centro abitato di Taormina, la galleria in esame attraversa il contatto stratigrafico tra Maiolica (**MAI**) e Rosso ammonitico (**RSA**), mentre la calotta intercetta la parte bassa dei depositi alluvionali recenti (**bb**) che colmano il fondovalle insieme ai depositi alluvionali attuali (**ba**). In seguito, il tracciato interessa i termini metapelitici delle Epimetamorfite di Longi-Taormina (**TAM**) e delle Epimetamorfite del Vallone Letojanni (**GLD**), in contatto tettonico sia per faglia diretta che per sovrascorrimento. Tali litotipi risultano interessati da una faglia diretta ad alto angolo al km 13+520 e sono tettonicamente ricoperti dai termini sedimentari dei Calcari di Mazzarò (**GCM**) e da quelli metamorfici delle Epimetamorfite di Longi-Taormina (**TAM**). In corrispondenza dell'importante area impluviale presente poco a Nord del centro abitato di Taormina, sono inoltre presenti depositi alluvionali attuali (**ba**) e coltri detritico-colluviali (**b2**) di esiguo spessore, pochi metri al di sopra della calotta della galleria in questione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dell'ammasso tutti i dati a disposizione (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") mostrano per i termini prevalentemente arenacei del Flysch di Capo d'Orlando valori compresi tra 30 e 45. I valori della porzione intatta dei litotipi arenaceo-pelitici e dei termini conglomeratico-sabbiosi risultano rispettivamente compresi tra 35 e 45 e tra 45 e 60, mentre i parametri della porzione più alterata di risultano variabili tra 25 e 35 e tra 20 e 35. I litotipi intatti delle Metamorfite di Mandanici un *range* di GSI compreso tra 30 e 45, mentre per la porzione più alterata e/o tettonizzata i valori sono compresi tra 10 e 30. Inoltre, i termini calcareo-marnosi della Maiolica presentano valori variabili tra 20 e 35, i termini della formazione Medolo mostrano valori compresi tra 20 e 35. I litotipi calcareo-dolomitici dei Calcari e dolomie di Taormina presentano valori di GSI compresi tra 15 e 30. Infine, i termini metapelitici delle Epimetamorfite di Longi-Taormina e quelli delle Epimetamorfite del Vallone Letojanni presentano rispettivamente valori di GSI per la porzione intatta compresi tra 30 e 45 e tra 30 e 45, mentre per la porzione alterata valori compresi tra 10 e 30 (cfr. RS2S 01 D69 F5 GE0001 001-4).



**Foto 36 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l’imbocco Sud-occidentale della galleria in esame.**

Dal punto di vista geomorfologico, l’imbocco Sud-occidentale ricade in corrispondenza di un solco di erosione concentrata e di una conoide di origine mista di modeste dimensioni che non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto l’aspetto idrogeologico, si sottolinea invece la presenza di una modesta falda a superficie libera all’interno dei depositi alluvionali recenti (**bb**) e attuali (**ba**) presenti nei settori centrali del tratto, posta al di sopra della galleria a quote comprese tra 81.6 e 33.7 m s.l.m.. Inoltre, si sottolinea la presenza di locali falde stagionali all’interno dei Calcari di Mazzarò (**GCM**), con quota piezometrica posta a 107.1, all’interno delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), con quota piezometrica variabile tra 155.4 e 130.4 m s.l.m. e del complesso metamorfico (**GLD**), con quota piezometrica variabile da 55.7 e 75.1 m circa s.l.m., ovvero al di sopra della galleria in esame. Mentre, è possibile ipotizzare un livello piezometrico massimo, in corrispondenza degli eventi di piena del Torrente San Venera, a quote prossime al piano campagna e variabili tra gli 85.8 e gli 86.7 m s.l.m..

### **15.1.2 Interconnessione Letojanni**

Di seguito vengono descritti, da Sud a Nord, i diversi tratti relativi all’interconnessione di collegamento tra la stazione di Taormina e la costa ionica, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell’area.

#### 15.1.2.1 Galleria di interconnessione (km 0+000 i.c. – km 1+280 i.c.)

Il tratto in esame si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di intervento e presenta una quota del piano ferro variabile tra 11.4 e 23.4 m s.l.m.. La galleria intercetta, nel primo tratto, i termini litologici delle Epimetamorfiti del Vallone Letojanni (**GLD**), che all'altezza del km 0+329 i.c. risultano interessati da una importante faglia diretta ad alto angolo. A partire dal km 0+613 i.c., attraverso un'ulteriore faglia ad alto angolo, ad andamento circa NW-SE, le suddette metamorfiti sono messe in contatto i terreni delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), che all'altezza del km 0+867 i.c. poggiano con un *thrust* a basso angolo a direzione circa NE-SW sui Calcari di Mazzarò (**GCM**), che verso il basso ricoprono tettonicamente una porzione ribassata del basamento metamorfico. Nel tratto finale la galleria intercetta le coltri di detritico-colluviali che ricoprono la base del versante (**b2**) ed i riporti antropici connessi alle principali arterie stradali e ferroviarie presenti nell'area. Verso l'interno tali terreni poggiano sul substrato metamorfico paleozoico (**TAM**), mentre verso la costa ricoprono i depositi di piana litorale della costa ionica (**g1**).



Foto 37 – Vista panoramica del versante collinare dove è previsto l'imbocco Nord-orientale della galleria in questione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dell'ammasso tutti i dati a disposizione (cfr. 14.4 "Caratteristiche geomeccaniche degli ammassi") mostrano per i litotipi delle Epimetamorfiti del Vallone Letojanni valori compresi tra 10 e 30. Mentre, per i termini metapelitici delle Epimetamorfiti di Longi-Taormina i dati a disposizione mostrano un *range* dei valori di GSI compreso tra 10 e 30. Infine, i Calcari di Mazzarò presentano valori di GSI variabili tra 15 e 30 (cfr. RS2S 01 D69 G5 GE0001 003).

Dal punto di vista geomorfologico per l'imbocco Sud-occidentale dell'uscita di sicurezza non sono da evidenziare criticità connesse con fenomenologie di dissesto, sono da segnalare solo la presenza di coltri di copertura eluvio-colluviali e di un canale di colata detritica lungo il versante nord-orientale. Anche per l'imbocco Nord-orientale della galleria di interconnessione non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno della presenza di coltri di copertura eluvio colluviali.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di piccole falde stagionali all'interno delle porzioni più alterate del substrato (**GLD**), con superficie piezometrica posta a quote variabili tra 55.7 e 75.1 m circa s.l.m..

#### 15.1.2.2 Opere all'aperto Mazzeo (km 1+280 i.c. –km 1+572 i.c.)

Il tratto in questione si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di interesse progettuale, a quote variabili tra 8.3 e 12.2 m s.l.m.. Il tracciato intercetta, per tutto il suo sviluppo, i depositi di piana litorale della costa ionica (**g1**), con spessore di circa 28.0 m. In copertura su tali terreni, sono presenti locali lembi di coltri detritico-colluviali (**b2**) e riporto antropico, con spessore generalmente limitato. Nei settori più meridionali, il substrato geologico dell'area è rappresentato dalle Epimetamorfiti del Vallone Letojanni (**GLD**), mentre nella parte più settentrionale il substrato è costituito dai termini arenaceo-marnosi del Flysch di Capo d'Orlando (**CODb**). Il contatto tra le suddette unità si verifica, all'altezza del km 1+515 i.c., mediante una faglia diretta ad alto angolo immergente verso NE.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, sono da segnalare solo la presenza di coltri di copertura eluvio-colluviali e una serie di solchi di erosione concentrata.

Dal punto di vista idrogeologico, invece, per il tratto finale non sono presenti dati di monitoraggio piezometrico, anche se è possibile ipotizzare la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi di piana litorale (**g1**) e di alcune falde stagionali di scarsa rilevanza in corrispondenza dei depositi detritico-colluviali (**b2**) che ricoprono la base del pendio.

## 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., 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.

Antonioli 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., Ferrelì 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*. INGV-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 (Catanese)*. 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., Maugeri 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 Lice: 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 Tipografica 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 Tyrrenian 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 22<sup>nd</sup> 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.

Ghisetti F. & Gresta S. (1990) – *Parametri geologici e sismologici a confronto nell'area dello stretto di Messina*. Atti del 9° Convegno GNGTS., 39-43, Roma.

Ghisetti 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) – *Geingegneria*. 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 fluviaux 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-Maghrebic 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. & Funicciello 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 indenzazione 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.

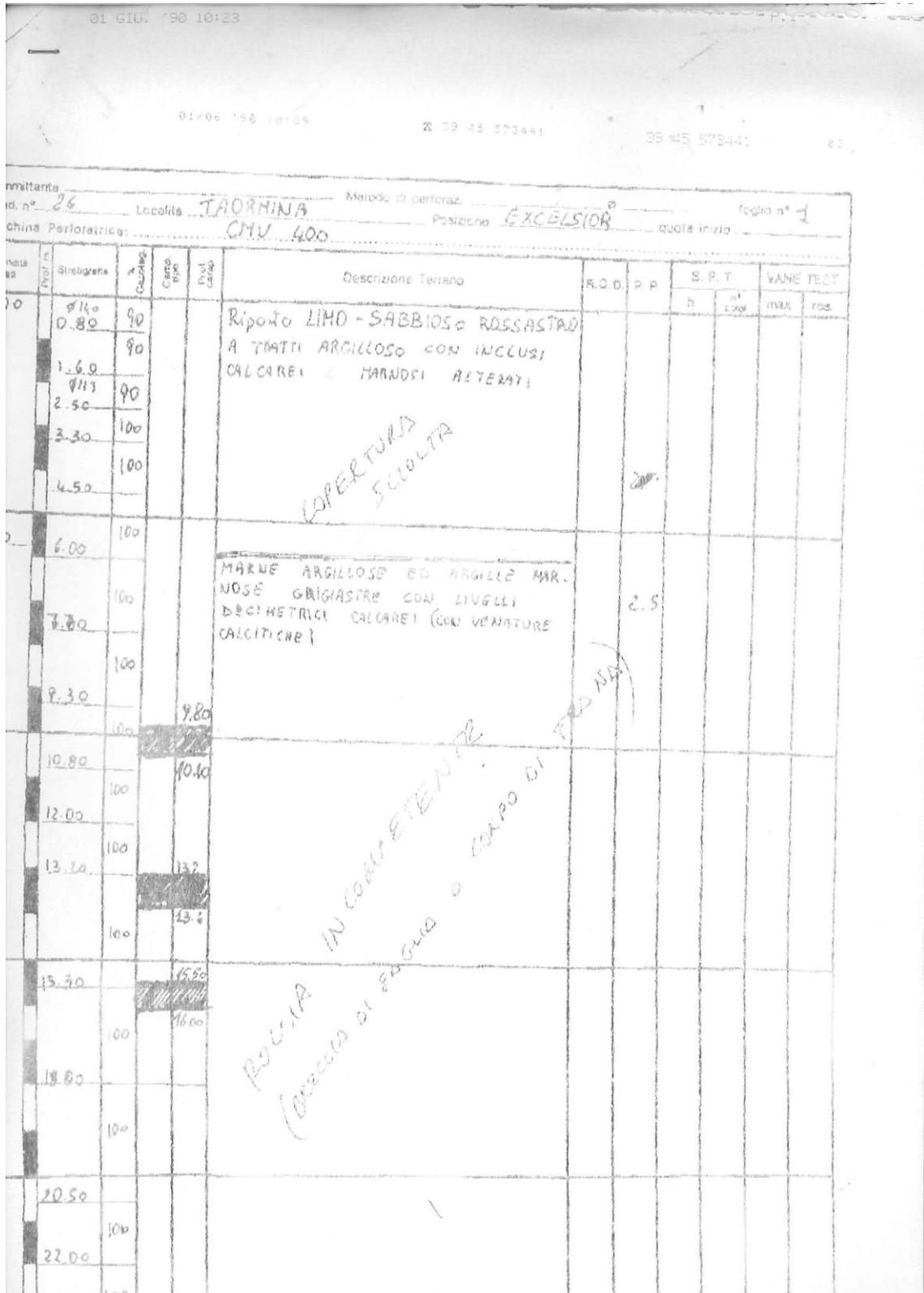
Waltershausen W.S. (1880) – *Der Etna*. Voll. 1 e 2 Engelman, Peipzig, 371 pp.

Westaway R. (1993) - *Quaternary uplift of southern Italy*. Journal of Geophysical Research, **98**, 21741–21772.

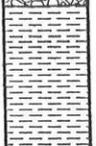
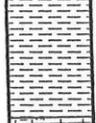
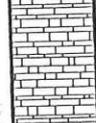
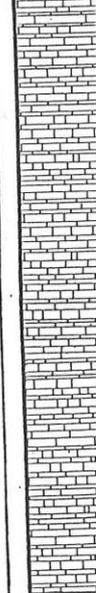
Zuppetta A. & Sava A. (1987) – *Nuovi dati sulla geologia nei dintorni di Mandanici (Monti Peloritani – Sicilia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **106**, 347-349.

# APPENDICE

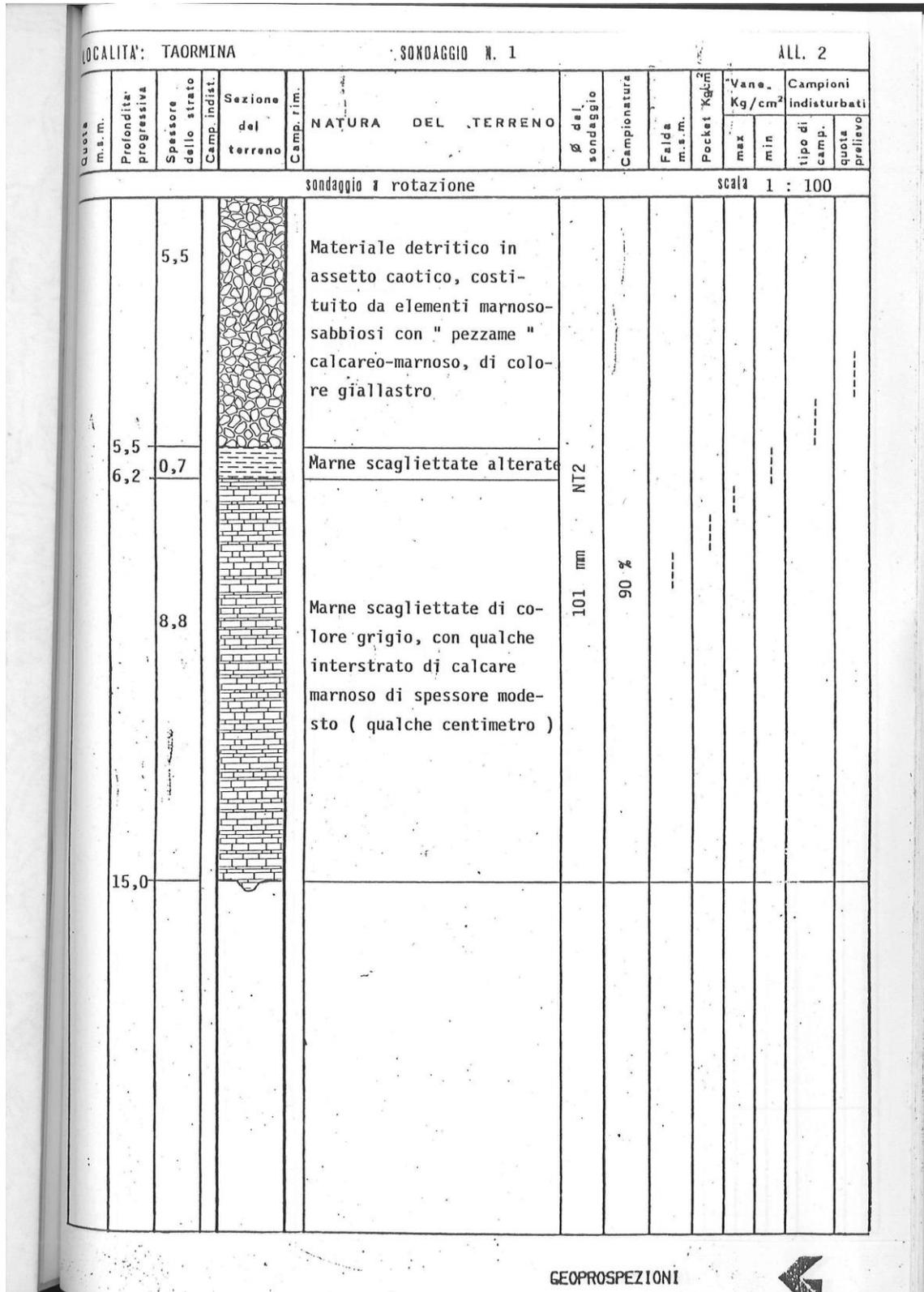
# STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI REALIZZATI NELL' AMBITO DI ALTRI LAVORI



LOCALITA': TAORMINA      SONDAGGIO N. 2      ALL. 3

Quota m.s.m.	Profondità progressiva	Spessore dello strato Camp. indist.	Sezione del terreno	Camp. fin.	NATURA DEL TERRENO	Ø del sondaggio	Campionatura	Falda m.s.m.	Pocket - Kg/cm <sup>2</sup>	"Vana." Kg/cm <sup>2</sup>		Campioni indisturbati	
										max	min	tipo di camp.	quota prelievo
sondaggio a rotazione      scala 1 : 100													
	2,0				Materiale detritico in assetto caotico ad elementi marnoso-sabbiosi								
	2,0				Marne grigio-rossastre scagliettate ed alterate								
	4,8												
	6,8												
	13,2				Marne scagliettate di colore rossastro, con qualche livelletto calcareo-marnoso di spessore centimetrico	101 mm	NT2	90 %					
	20,0												





RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	219 di 234

Committente		Metodo di perforaz.		foglio n° 1								
Sond. n° 23	Località TAORMINA	Posizione EXCELSIOR		quota inizio								
Macchina Perforatrice: CMV 400												
Profondità strat.	Prof. m	Stratigrafia	% Caricag.	Camp. tipo	Prof. camp.	Descrizione Terreno	R.Q.D.	P. P.	S. P. T.		VANE TEST	
									h	n° colpi	max	res.
0.00		0.00 Ø 140	80			RIPORTO SABBIO-LIMOSO CON NUMEROSI INCLUSI CALCAREI SUB-ARROTONDATI (D <sub>max</sub> > Ø conot) SOSTANZE ORGANICHE DIFFUSE						
		1.50 Ø 113	90									
3.30		3.00	90			ALTERNANZA DI CALCARI MARNOSI E MARNE ARGILLOSE ROSSASTRE CON INTERCALAZIONE DI MARNE CALCAREE GRIGIASTRE						
		5.00										
		6.00	100									
		7.30	100									
		9.00	100			DA 7.20 COLORE GRIGIASTRO CON SFUMATURE ROSSASTRE						
		10.50	100									
		11.30	100		11.3							
			100		11.7							
		13.20	100									
		14.00	100									
		15.00	100									
		18.50			18.5							
		20.00			18.9							
11.50						DA 19.40 PIÙ FREQUENTI INTERC DI CALCARI MARNOSI ROSSASTRI FASCIA ROSSASTRA TRA 20.60 - 21.00 + MARNA ARGILLOSA						
						ARGILLA MARNOSA GRIGIASTRA CON (INTERC. DI MARNE ARGILLOSE (CONSISTENTE)		2.0				
14.50												
LIVELLO FALDA						Data dal 27/2 al 2/3		Firma del compilatore				
1 2 3	campioni indisturbati					data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua			
s	Shelby											
d/m	Denison/Mazier											
o	Osterberg											
p	Percussione											
A B C	campioni rimaneggiati											



23-04-1990 11:29 DA GEOLAB SpA S. GIOVANNI T. A E. 085 4460280 P. 19

Committente: \_\_\_\_\_ Metodo di perforaz. \_\_\_\_\_ foglio n° 1  
Sond. n° 27 Località TAORMINA Posizione EXCELSIOR quota inizio \_\_\_\_\_  
Macchina Perforatrice: CMV 400 CINGHIA

Profondità strati	Prof. m.	Stratigrafia	Caricag.	Camp. tipo	Prof. clim.	Descrizione Terreno	R.Q.D. %	P.P. CAR	S. P. T.		VANE TEST		
									h	n° colpi	max	res.	
0.00	0.00		80			TERRENO VEGETALE CON NUMEROSI CIOTTOI ANGOLARI ( $D_{max} = 5 \text{ cm}$ )							
1.00	0.140		70			CIOTTOI CALCARI PREVALENTEMENTE ARROTONDATI ( $D_{max} > \phi \text{ conch.}$ ) IN MATRICE SABBIO-LIMOSA							
	1.00		70										
	1.17		70										
	1.80		90			DETRITO SABBIO LIMOSO NOCCIOLA CON NUMEROSI INCLUSI CALCARI E							
	2.80		90										
3.80	3.50		90										
	4.20		90			MARNOSI SUB-ARROTONDATI ( $D_{max} = 6 \text{ cm}$ )							
	6.20		100										
	6.80		100										
	7.20		90										
	8.40		100										
	9.30		90										
11.20	11.20		100			CALCARI DI COLORE VARIABILE DAL BIANCASTRO AL ROSATO AL GRIGIASTRO MOLTO FRATTURATO CON EVIDENTI SEGNI DI CARISIMO (CARIATI) PIANI DI FISSURAZIONE VERTICALI SI PRELEVA GENERALMENTE IN FRAMMENTI E QUALCHE CAROTA	68	15 13 10					
	12.00		80				42	12 16					
	13.00		70				-	-					
	14.00		80				-	-					
	14.50		80				-	-					
	16.00		100			( $L_{max} = 40 \text{ cm}$ )	55	17 15					
	21.00 - 22.20		100			LIVELLO BRECCIATO	38	22 10 34 10					
	18.00		95				38	15 17 25					
	19.50					TRA 19.60 - 23.90 SI PRELEVA UN							
	21.00		100			DISCHETTI ( $S_{max} = 5 \text{ cm}$ )	14	21					
			100				-	-					
	23.50		100			23.00 - 26.10 DEPOSITI LIMONITICI	26	11 14 13 13					

LIVELLO FALDA

1	2	3	campioni indisturbati	data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua	Data dal 14/2	al 19/2
s = Shelby	d/m = Denison/Mazier							Firma del compilatore	

Fonte ..... Metodo di perforaz. ..... foglio n° 2  
 n° 27 Località ..... Posizione ..... quota inizio .....

Macchina Perforatrice: .....

Profondità strati	Prof. m.	Stratigrafia	Cacciate	Camp. tipo	Prof. camp.	Descrizione Terreno	R. Q. D. Y.	D. P. CAR	S. P. T.		VANE TEST	
									h	n° colpi	max	res.
	25.50											
	70											
	27.50						28	10 18				
	28.50					TM 28.50 - 30.50 POCO FRATTURATO	68	34 44 12 18				
	80							20 20				
	30.70											
	80											
	31.60											
	32.00											
	50						20	13 11				
	33.20											
	65						33	16 10				
	34.00											
	60											
	34.70						26	11 13				
	80											
	35.60						33	13 20				
	80											
	80						41	21 24 17				
	38.00											
	90					38.20 - 38.00 POCO FRATTURATO	70	40 30				
	39.00											
40.00	40.00					FONDO F	12	12				
						Tubo $\phi$ 80 cementato						

1 2 3 ..... campioni indisturbati

s= Shelby d/m = Denison/Mazier  
o= Osterberg p = Percussione

A B C ..... campioni rimaneggiati

LIVELLO FALDA

data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua

Data dal \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_

Firma del compilatore \_\_\_\_\_

**geolab**

Committente		Metodo di perforaz.		foglio n° 1								
Sond. n°	Località	Posizione		quota inizio								
5	TAORMINA	EXCELSIOR										
Macchina Perforatrice:		C.M.V. 400										
Profondità strat.	Prof. in	Stratigrafia	Caricaz.	Camp. tipo	Prof. camp.	Descrizione Terreno	R.Q.D. %	P.P. CAR	S. P. T.		VANE TEST	
									h	n° colpi	max	res.
0.00						PAVIMENT. STAD & SOTTOF.						
2.60		Ø 1.40	90			RIPORTO LIMO-SABBIOSO						
		1.70				MARRONE-VERDASTRO CON CIOTTOLI						
		Ø 1.13	100			(D <sub>max</sub> > Ø cond) SUB-ARROTONDATI						
		4.00	100			DI NATURA CALCAED MARNOSA.						
		5.00	90									
			90									
		5.50	70									
		3.00	70									
			60									
8.50		8.50	60			CALCARI MARNOSI GRIGIASTRI	70	16 10				
		9.30	70			CON LIVELLI MARNOSI		23				
		10.00										
			85			A VOLTE SCAGLIETTATI.	69	11 11				
		11.50				PRESENTI VENATURE CALCICHE		31 10				
			70					12 15				
		12.30				A TRATTI MOLTO FRATTURATI	10	14				
			75			CON FRATTURE VERTICALI E						
		13.60				GIUNTI INCLINATI DI CIRCA 30°						
		14.00	100									
			80				45	21 18				
								16 12				
		15.50										
		16.00	70									
			100				83	11 34				
		17.00						16 22				
			100				31	19				
		18.00						22				
		18.50	70									
			90				69	10 12				
		19.80						13 14				
			100					21 20				
		20.50					90	20				
			100					30 13				
		21.60					70	70				
			100					13				
		22.70						44				
			100				68	16 15				
		23.70						15 17				
			100				57	12				
								14 18				
			100				53	13 12				
								22 16				
			100					14 23				
								15				
LIVELLO FALDA						Data dal 10/3 al 16/3						
1 2 3	campioni indisturbati			data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua	Firma del compilatore				
s=	Shelby			d/m=	Denison/Mazier							
o=	Osterberg			p=	Percussione							
A B C	campioni rimaneggiati											

Attente \_\_\_\_\_ Metodo di perforaz \_\_\_\_\_ foglio n° 2  
 n° 5 Località \_\_\_\_\_ Posizione \_\_\_\_\_ quota inizio \_\_\_\_\_  
 Macchina Perforatrice: \_\_\_\_\_

Profondità strati	Prof. m	Stratigrafia	x Ciclogeg	Classe tipo	Prof. camp.	Descrizione Terreno	R.Q.D.	P. P.	S. P. T.		VANE TEST	
									h	n° colpi	max	res.
	25.40					TRA 25.10 - 27.50 MARNE CALCAREE CON INTERCALAZIONI DI CALCARI MARNOSI MOLTO FRATTURATI	37	10 11 13				
	26.30		80				16	20				
	27.50		50									
			90				29	11 13 10 10				
	29.00						52	19 13 10 10				
	30.00		80									
			50			DA 31.00 MARNE - ARGILLOSE CON INTERCALAZIONI DI CALCARI MARNOSI	06	12				
	32.00						-	-				
	33.00		50				-	-				
	34.00		50				-	-				
	35.00		50				-	-				
	36.00	36.00	100				-	-				
	36.50	36.50	100			(MILONITE) MATRICE MARNOSA ARGILLOSA CON GHIAIA E FRAMMENTI ANGOLARI (d = 6 cm) CALC. - MARN. COLORE VERDASTRO FINO A 38.50; GRIGIASTRO FINO A 39.70; GIALLASTRO NELLA PARTE RIMANENTE.						
	37.50		100									
	39.00											
40.00	40.00		100			Tubo ø 80 cuneato						

1 2 3. \_\_\_\_\_ campioni indisturbati  
 s = Shelby d/m = Denison/Mazier  
 o = Osterberg p = Percussione

LIVELLO FALDA				Data dal _____ al _____	
data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua	Firma del compilatore _____	



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D69RG	GE 00 01 001	C	226 di 234

15 GIU. 1986 10:55

8 Località \_\_\_\_\_ Posizione \_\_\_\_\_ quota inizio P.2

na Perforatrice: \_\_\_\_\_

Coda m	Prof. m	Sostiguito	Capogiro	Cavo m	Prof. campo	Descrizione Terreno	R. Q. D.	P. P.	S. P. T.		VANE TEST	
									h	n° colpi	max	res.
	11.20							29				
	11.25						30	25				
	11.30	DC	90					15				
	11.35							10				
	11.40							10				
	11.45							10				
	11.50							10				
	11.55							10				
	12.00							10				
	12.05							10				
	12.10							10				
	12.15							10				
	12.20							10				
	12.25							10				
	12.30							10				
	12.35							10				
	12.40							10				
	12.45							10				
	12.50							10				
	12.55							10				
	13.00							10				
	13.05							10				
	13.10							10				
	13.15							10				
	13.20							10				
	13.25							10				
	13.30							10				
	13.35							10				
	13.40							10				
	13.45							10				
	13.50							10				
	13.55							10				
	14.00							10				
	14.05							10				
	14.10							10				
	14.15							10				
	14.20							10				
	14.25							10				
	14.30							10				
	14.35							10				
	14.40							10				
	14.45							10				
	14.50							10				
	14.55							10				
	15.00							10				
	15.05							10				
	15.10							10				
	15.15							10				
	15.20							10				
	15.25							10				
	15.30							10				
	15.35							10				
	15.40							10				
	15.45							10				
	15.50							10				
	15.55							10				
	16.00							10				
	16.05							10				
	16.10							10				
	16.15							10				
	16.20							10				
	16.25							10				
	16.30							10				
	16.35							10				
	16.40							10				
	16.45							10				
	16.50							10				
	16.55							10				
	17.00							10				
	17.05							10				
	17.10							10				
	17.15							10				
	17.20							10				
	17.25							10				
	17.30							10				
	17.35							10				
	17.40							10				
	17.45							10				
	17.50							10				
	17.55							10				
	18.00							10				
	18.05							10				
	18.10							10				
	18.15							10				
	18.20							10				
	18.25							10				
	18.30							10				
	18.35							10				
	18.40							10				
	18.45							10				
	18.50							10				
	18.55							10				
	19.00							10				
	19.05							10				
	19.10							10				
	19.15							10				
	19.20							10				
	19.25							10				
	19.30							10				
	19.35							10				
	19.40							10				
	19.45							10				
	19.50							10				
	19.55							10				
	20.00							10				
	20.05							10				
	20.10							10				
	20.15							10				
	20.20							10				
	20.25							10				
	20.30							10				
	20.35							10				
	20.40							10				
	20.45							10				
	20.50							10				
	20.55							10				
	21.00							10				
	21.05							10				
	21.10							10				
	21.15							10				
	21.20							10				
	21.25							10				
	21.30							10				
	21.35							10				
	21.40							10				
	21.45							10				
	21.50							10				
	21.55							10				
	22.00							10				
	22.05							10				
	22.10							10				
	22.15							10				
	22.20							10				
	22.25							10				
	22.30							10				
	22.35							10				
	22.40							10				
	22.45							10				
	22.50							10				
	22.55							10				
	23.00							10				
	23.05							10				
	23.10							10				
	23.15							10				
	23.20											

**I. GEO.** Studio di Ingegneria Idraulica e Geotecnica  
 progettazioni · Consulenze · Direzione Lavori · Collaudi

TAORMINA

SONDAGGIO... S. 4..... QUOTA BOCCAFFORO.. 218,03. LOCALITA' Via Cappuccini.....

profondità dal p.c. m	TERRENI		campioni indisturbati
	simbologia geotecnica	falda idrica	
	dt		detrito di falda: ghiaia grossa e blocchi di natura calcareo-dolomitica, in matrice sabbiosa di calcare bruno - nerastro.
-3,90	Fa		Filladi a consistenza lapidea, fortemente alterate e carotate come ghiaie.
-6,50	F		Filladi sericitiche.

23-04-1990 11:19 DA GEOLAB Srl S.GIOVANNI T. A ..... 085 4460280 P. 05

COMMITTENTE : Ass. Imprese: COSEPAR SpA - FONDEDILE SpA - ICLA SpA - COMIL SpA - SPC SpA  
CANTIERE : Parcheggi sotterranei di Taormina

SONDAGGIO N° 22 (intervallo tra 0.0 e 30.0 mt.) POSIZIONE: PARCHEGGIO S. FANCRAZIO

Coordinata X : Data inizio : 02.90  
Coordinata Y : Data ultimazione : 02.90  
Quota assoluta p.c. :

Tipo di attrezzatura : C.M.V. 900 Mkv  
Assistente : Dr. M. Flaminio

LEGENDA

TIPO CAMPIONI	TIPO S.P.T.
R Rianeggiato	PA Punta aperta
Rs Rianeggiato da SPT	PC Punta chiusa
S Indisturbato SHELBY	
DC Carotiere doppio	ATTREZZO PERF.NE
M Indisturbato MALIER	
C Indisturbato CRAPS	CS Carot. e seopice
	CD Carot. e doppio
	M. Wireline

LITE SOLUTE (m)	PROF (m)	SIMBOLI LITOLOGICI	CAMPIONI		CAROTAGGIO	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROF (m)	R.G.D.		S.P.T.		TURAGGI	FALDE ACQUIF.	POCKET PENETR Kg/cmq	ATTREZZO PERF. LITONE g su Prof.ta
			Da m. A m.	Da m. A m.				Prof.ta %	Tipo	Prof.ta Valori	g su Prof.ta				
						Terreno di riparto sabbioso-limoso marrone con ciottoli calcarei arrotondati, sostanze organiche diffuse e frammenti di laterizi.	1								
	3,0					Calcarei in blocchi e frammenti, in matrice sabbiosa verdastria.	2								140 CS 2,30
	4,5				4,0-4,6	Sabbia limosa nocciola con rara ghiaia calcarea.	3								
	5,3				67x 4,6-5,6	Sabbia limosa grigiastria con ghiaia e ciottoli calcarei arrotondati.	4								
	6,1				80x 5,6-7,4	Sabbia limosa nocciola con rara ghiaia calcarea.	5								
	6,5				100x 7,4-8,0		6								
					67x 8,0-9,0	Sabbia limosa di colore da grigiastro a verdastro con numerosissimi ciottoli calcarei arrotondati (dimensione massima maggiore di 10 cm.).	7								
					90x 9,0-10,7	Livello di colore giallastro tra 10.8 e 11.3 metri di profondità.	8								
					85x 10,7-12,7		9								
	15,0				87x 12,7-15,0		10								
					78x 15,0-16,0	Calcarei grigiastri e rosacei, con venature calcitiche.	11								
	17,0				100x 16,0-16,5		12								113 CS 17,00
					100x 16,5-17,0		13								
					73x 17,0-18,7		14								
					77x 18,7-20,0		15								
					90x 20,0-21,1	Calcarei grigiastri e rosacei, a tratti dolomitizzati, molto fratturati e carsificati, con superfici giallastre e fratture beanti parzialmente cementate.	16								
					83x 21,1-22,5		17	15,0-16,0 13%							
					50x 22,5-23,5		18	16,0-16,5 28%							
					72x 23,5-24,3		19	16,5-17,0 0%							
					60x 24,3-26,0		20	17,0-18,7 59%							
					24x 26,0-28,9		21	18,7-20,0 45%							
					27x 28,9-30,0		22	20,0-21,1 63%							
	30,0						23	21,1-22,5 30%							
							24	22,5-23,5 17%							
							25	23,5-24,3 45%							
							26	24,3-26,0 26%							
							27	26,0-28,9 0%							
							28	28,9-30,0 0%							
							29	30,0-30,0 0%							191 DC 30,00

Foro attrezzato con tubo di diametro 80 mm.



23-04-1990 11:17 DA GEOLAB Srl S. GIOVANNI T. A 085 4460280 P. 03

COMMITTENTE : Ass. Imprese COGEFAR SpA - FOMEDILE SpA - ICLA SpA - COMIL SpA - SPC SpA CANTIERE : Parcheggi sotterranei di Taormina		<b>LEGENDA</b> TIPO CAMPIONI TIPO S.P.T.	
SONDAGGIO N° 13 (intervallo tra 0.0 e 30.0 mt.) POSIZIONE: PARCHEGGIO S. PANCRAZIO		R Rimaneggiato PA Punta aperta Rs Rimaneggiato da SPT PC Punta chiusa S Indisturbato SHELBY DC Carotiere doppio ATTREZZO PERF. ME M Indisturbato MAZIER C Indisturbato CRIPS CS Carot. e semplice CD Carot. e doppio M. Wireline	
Coordinata X : Coordinata Y : Quota assoluta p.c. : Tipo di attrezzatura : C.M.V. 900 MkV Assistente : Dr. M. Flaminio	Data inizio : 02.98 Data ultimazione : 02.98		

LUTE SOLUTE (m)	PROF (m)	SIMBOLI LITOLOGICI	CAMPIONI		CAROTAGGIO	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROF (m)	R.O.D.		S.P.T.		TUBAGGI	FALDE ACQUIF.	POCKET PENETR. Kg/cmq	ATTREZZO PERF. ZIONE
			Tipo	n°				Da m. a m.	Da m. a m.	Prof.ta	Prof.ta				
	1,0					Pavimentazione stradale e sottopav.	1								
	3,0					Terreno di riporto sabbioso-limoso scarrone con inclusi calcarei (dimensione massima 5 cm).	2								
	4,2					Terreno di riporto con frammenti di laterizi, litologia calcarea (dimensione massima 5 cm).	3								
	4,5					Limo argilloso bruno-rossastro con sostanza organica.	4								
					4,5-6,5		5	4,5-6,5							
					50%		6	7%							
					6,5-9,3		7								
					45%		8								
					9,3-11,5	Calcari di colore da biancastro a nocciola, con tracce di dissoluzione per fenomeni carsici dalla profondità di 13,00 metri.	9	6,5-9,3							
					36%		10	4%							
					11,5-12,5		11	9,3-11,5							
					38%		12	8%							
					12,5-13,3		13	11,5-12,5							
					100%		14	12,5-13,3							
					13,3-14,3		15	16%							
					100%		16	13,3-14,3							
					14,3-17,0		17	83%							
					48%		18	14,3-17,0							
	17,7				17,0-18,0		19	8%							
			M	1	18,00		20	17,0-18,0							
					19,00		21	12%							
					18,0-19,0		22								
					100%		23								
					19,0-22,5	Sabbia limosa rossastro debole e cementata, con ghiaia (dimensione massima 2 cm).	24								
					63%		25								
					22,5-23,5		26								
					60%		27								
					25,60		28								
			M	2	23,5-25,6		29								
					27,00		30								
					26,6-28,0	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro e livelli argillificati.	31								
					48%		32								
	20,0				28,0-30,0		33								
					60%		34								
	30,0						35								

Fore attrezzato con tubo di diametro 88 mm.

NOTE QUILITE (m)	PROF (m)	SIMBOLI LITOLGICI	CAMPIONI		CAROTAGGIO	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROF (m)	R. Q. D. Prof. ta %	S. P. T. Prof. ta Valori	TUBAGGI Ø mm Prof. ta	FALDE ACQUIF.	POCKET PENETR Kg/cmq	ATTREZZO PERF. ZIONE Ø mm Prof. ta
			Da s. A s.	Da m. a m. X									
					30,0-32,0 60%		31						
					32,0-34,0 50%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro e li- velli argillificati	32						
					34,0-36,0 30%		33						
					36,0-38,0 50%		34						
					38,0-40,0 70%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro, ar- gillificate.	35						
					40,0-42,0 80%		36						
					42,0-45,0 20%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro e li- velli argillificati	37						
					45,0-47,0 30%	Filladi grigiastre argillificate.	38						
					47,0-48,0 40%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro e li- velli argillificati	39						
					48,0-51,0 40%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro e li- velli argillificati	40						
					51,0-54,0 60%	Filladi grigiastre con noduli di quarzo biancastro, ar- gillificate.	41						
					54,0-55,0 30%		42						
					55,0-56,0 70%		43						
					56,0-58,0 100%		44						
					58,0-60,0 100%		45						

Foro attrezzato con tubo di diametro 80 mm.

COMMITTENTE : Ass. Impresit LUCEFAR SpA - FONDEDILE SpA - ICLA SpA - CIMIL SpA - SPC SpA  
CANTIERE : Parcheggi sotterranei di Taormina

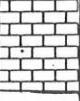
SONDAGGIO N° 13 (intervallo tra 30,0 e 60,0 mt.) POSIZIONE: PARCHEGGIO S. PANCRAZIO

Coordinata X : Data inizio : 02.98  
Coordinata Y : Data ultimazione : 02.98  
Quota assoluta p.c. :

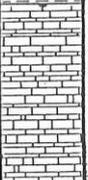
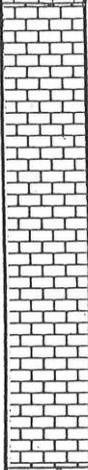
Tipo di attrezzatura : C.M.V. 900 Mkv  
Assistente : Dr. M. Flaminio

LEGENDA

TIPO CAMPIONI	TIPO S.P.T.
R Rimaneggiato	PA Punta aperta
Rs Rimaneggiato da SPT	PC Punta chiusa
S Indisturbato SHELBY	
DC Carotiere doppio	ATTREZZO PERF.NE
M Indisturbato MAZIER	CS Carot. e scaplice
C Indisturbato CRAPS	CD Carot. e doppio M. Wireline

LOCALITA': TAORMINA		SONDAGGIO N. 4		ALL. 5									
Quota m.s.m.	Profondita' progressiva	Spessore dello strato Camp. indist.	Sezione del terreno	Camp. fim.	NATURA DEL TERRENO	Ø del sondaggio	Campionatura	Falda m. s. m.	Pocket Kg/cm <sup>2</sup>	Vane Kg/cm <sup>2</sup>		Campioni indisturbati	
										max	min	tipo di camp.	quota prelievo
sondaggio a rotazione						scala 1 : 100							
	2,5				Marne alterate molto fratturate	145 mm							
	2,5				Marne compatte,fratturate di colore grigiastro	101 mm NT2	85 %						
	13,2				Calcari biancastri compatti								
	15	1,8											



LOCALITA': TAORMINA		SONDAGGIO N. 3		ALL. 4									
Quota m.s.m.	Profondità progressiva	Spessore dello strato Camp. indist.	Sezione del terreno	Camp. rim.	NATURA DEL TERRENO	Ø del sondaggio	Campionatura	Falda m.s.m.	Pocket Kg/cm <sup>2</sup>	Vane Kg/cm <sup>2</sup>		Campioni indisturbati	
										max	min	tipo di camp.	quota rialievo
sondaggio a rotazione scala 1 : 100													
	2,5				Marne alterate rossastre molto fratturate	145 mm	70 %						
	4,2				Marne rossastre compatte fratturate								
	6,7				Calcari biancastri compatti	101 mm NT2	95 %						
	8,3												
	15,0												



Ditta esecutrice: COSPIN di Antonio Pinzone

LOCALITA': Autostrada ME - CT - Muro al km 35+150

**SONDAGGIO ORIZZONTALE**

**S 1**

Prof.	Stratigrafia	Descrizione litologica	Camp. ind.	Spt	Livello falda	Note
0,00		Muro in cls., non armato				<p>La perforazione è stata eseguita in assetto orizzontale, utilizzando la tecnica del carotaggio continuo mediante uso di carotiere T2</p> <p>Nel corso del sondaggio non è stata rinvenuta acqua di falda</p>
1,20		Detrito rossastro costituito da elementi a struttura scagliosa, di natura metamorfica				
5,00		Marne calcaree fortemente scagliettate da stress tettonico, alterate e prive di consistenza				
7,50		Calcare biancastro a struttura granulare con breccia di frizione per faglia dopo i 9 m				
11,40		Filladi grigiastre, a tratti dure ed a struttura scistosa, con frequenti livelli argillificati				
25,00						
Data	16/12/2015	Committente : C.A.S. Consorzio Autostrade Siciliane				