

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA  
S.O. GEOLOGIA TECNICA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02**

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

SCALA:

-

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

RS90 00 Y 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	Ares	Mag.2023	A. Salvagnini	Mag.2023	A. Barreca	Mag.2023	G. Benedetti

Mag.2023  
ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Dott. Geol. Giampaolo Benedetti  
Ordine dei Geologi Emilia Romagna  
n. 1019  
*Giampaolo Benedetti*

File: RS9000Y69RGGE0001001A.docx

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO .....	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
3.1	NORMATIVA NAZIONALE E TECNICA .....	8
3.2	NORMATIVA COMUNITARIA .....	8
3.3	NORMATIVA REGIONALE .....	8
4	DATI DI BASE .....	9
4.1	ALLEGATI .....	9
4.2	DOCUMENTAZIONE PREGRESSA .....	9
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA .....	12
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	13
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA .....	16
6.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE .....	18
6.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI .....	20
7	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE .....	24
7.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	25
7.2	FORME DEL RILIEVO .....	25
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE .....	28
8.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	28
8.2	STRUTTURE IDROGEOLOGICHE E IDRODINAMICA DEGLI ACQUIFERI .....	28
8.3	SORGENTI E OPERE DI CAPTAZIONE .....	30
9	CAMPAGNA DI INDAGINE .....	31
9.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	33
9.2	PROVE PENETROMETRICHE .....	35

9.3	INDAGINI GEOFISICHE .....	35
10	GEOLOGIA DELL'AREA .....	37
10.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	37
10.1.1	<i>Successioni sedimentarie meso-cenozoiche</i> .....	37
10.1.1.1	Depositi del Dominio Sicilide.....	37
10.1.1.2	Depositi del Bacino Numidico.....	39
10.1.2	<i>Successioni clastiche quaternarie</i> .....	39
10.1.2.1	Depositi continentali.....	39
10.2	ASSETTO STRUTTURALE .....	41
10.2.1	<i>Elementi strutturali</i> .....	41
10.2.2	<i>Assetto giaciturale</i> .....	42
11	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE .....	43
12	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	45
12.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	45
12.1.1	<i>Complessi delle unità del substrato</i> .....	45
12.1.1.1	Substrato argilloso-marnoso .....	45
12.1.1.2	Substrato calcareo-marnoso .....	46
12.1.2	<i>Complessi dei depositi di copertura</i> .....	46
12.1.2.1	Coperture limoso-argillose.....	46
12.1.2.2	Coperture sabbioso-limose.....	47
12.1.2.3	Coperture ghiaioso-sabbiose .....	47
12.1.2.4	Terreni di copertura .....	47
12.2	PROVE DI PERMEABILITÀ .....	47
12.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO .....	54
12.3.1	<i>Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna PD 2023</i> .....	54
12.3.2	<i>Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna integrativa 2021</i> .....	54

12.3.3	Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna integrativa 2020 .....	55
12.3.4	Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna indagini 2018-2019 “prima fase” .....	55
12.4	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	58
12.5	RICOSTRUZIONE DEI LIVELLI PIEZOMETRICI .....	61
13	SISMICITÀ DELL’AREA .....	63
13.1	SISMICITÀ REGIONALE .....	63
13.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	64
13.3	SISMICITÀ STORICA .....	67
13.4	SORGENTI SISMOGENETICHE .....	70
13.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO .....	72
13.6	FAGLIE CAPACI .....	73
13.7	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	74
14	CRITICITÀ GEOLOGICHE .....	76
14.1	CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE .....	76
14.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE .....	76
14.2.1	Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico Regione Sicilia .....	78
14.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE .....	80
14.4	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	82
15	DESCRIZIONE DEI SETTORI DI INTERVENTO .....	85
15.1	VIABILITÀ NV02 (KM 0+000 – KM 0+600) .....	86
15.2	VIABILITÀ NV02 (KM 0+600 – KM 0+971.264) .....	87
16	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	89

## 1 PREMESSA

Il collegamento ferroviario tra Palermo e Catania fa parte del Corridoio n.5 Helsinki – La Valletta della Rete Trans-Europea di trasporto che si sviluppa nel territorio siciliano secondo la direttrice Messina-Catania-Enna-Palermo attraversando dunque i principali nodi urbani dell'isola.

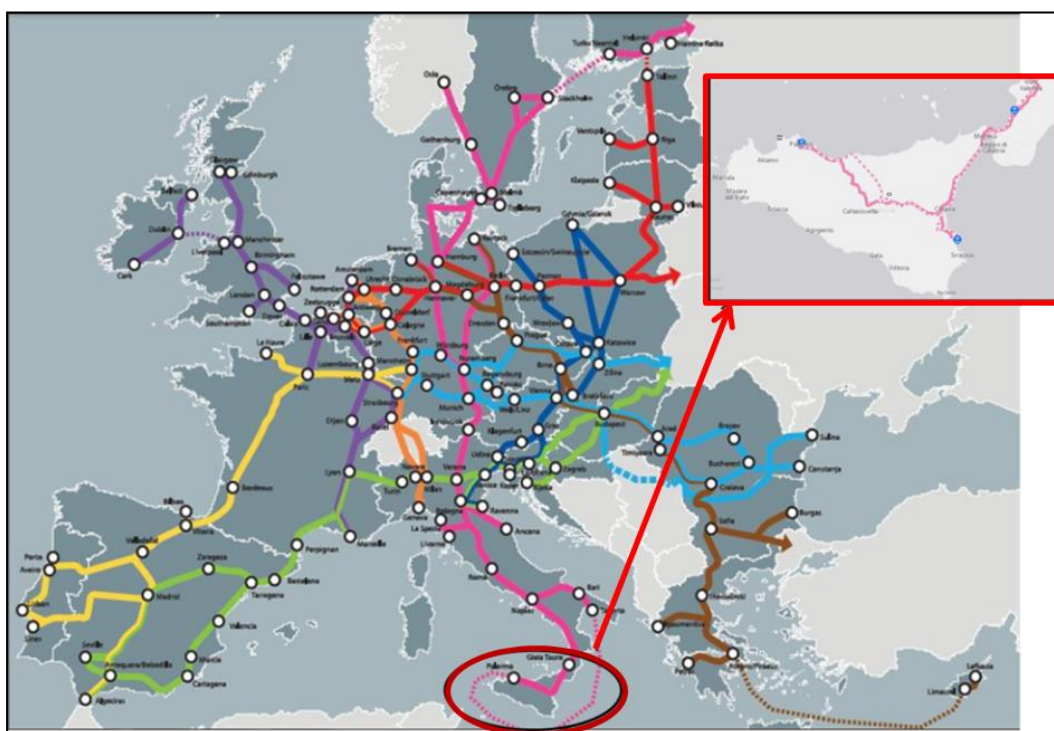
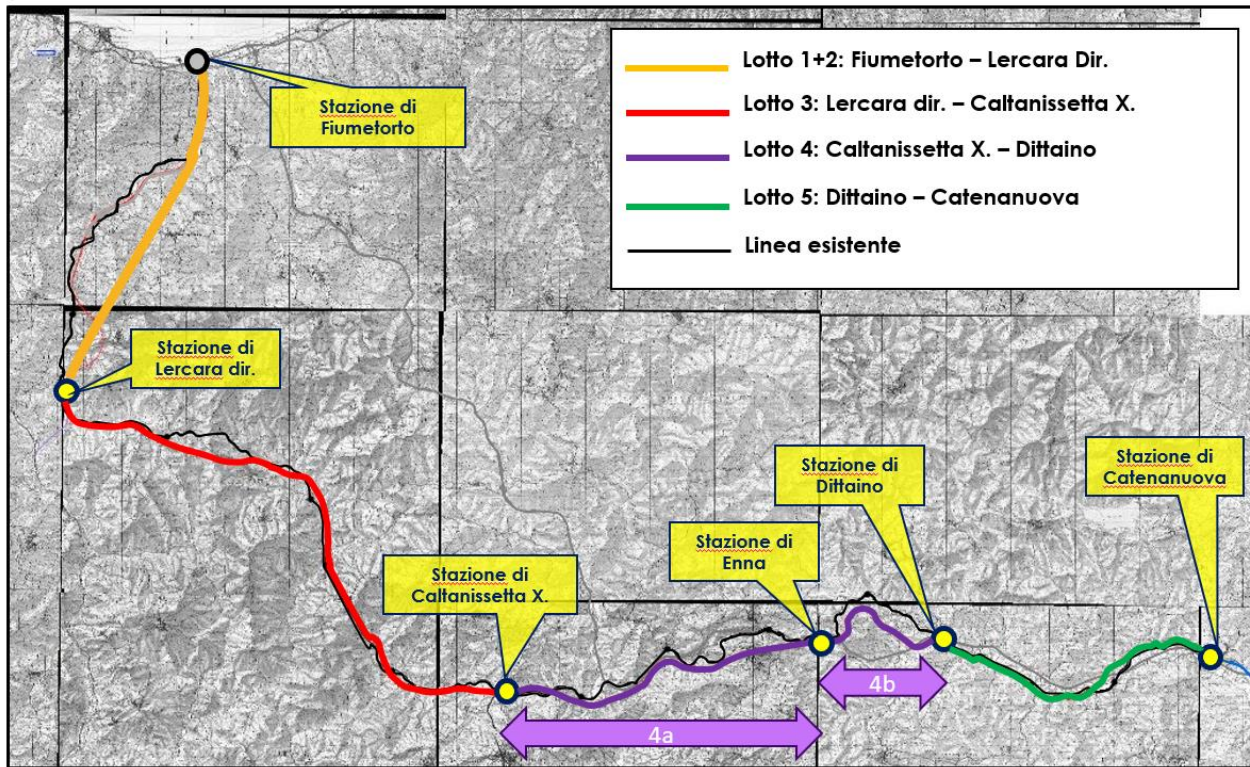


Figura 1 - Inquadramento PA-CT nella rete TEN-T

La linea Palermo - Catania è interessata da un ampio progetto di investimento denominato “Nuovo Collegamento Palermo – Catania” che prevede una serie di interventi sulla tratta Fiumetorto – Bicocca articolata nei seguenti lotti funzionali come meglio si evince dalla corografia più avanti:

- Lotto “1+2”: tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione di circa 30 km, in fase di gara;
- Lotto 3: tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi di circa 47 km, in fase di gara;
- Lotto 4a: tratta Caltanissetta Xirbi – Enna Nuova di circa 27 km, in fase di gara;
- Lotto 4b: tratta Enna Nuova - Dittaino di circa 15 km, per il quale, come per il lotto precedente, sono stati avviati di recente i relativi lavori;
- Lotto 5: tratta Dittaino – Catenanuova di circa 22 km per il quale, come per il lotto precedente, sono stati avviati di recente i relativi lavori;
- Lotto 6: tratta Catenanuova – Bicocca di circa 37 km già in avanzata fase realizzativa.



**Figura 2 - Corografia con suddivisione dei Lotti**

Si evidenzia che l'intervento di "Realizzazione asse ferroviario Palermo-Catania-Messina" (CUP J11H03000180001) è un intervento commissariato ai sensi del DPCM del 16 aprile 2021 ed è inoltre inserito tra gli interventi di cui all'allegato IV del DL 77/2021, convertito con modifiche dalla legge n. 108 del 29 giugno 2021.

La presente relazione si riferisce in particolare alla progettazione di una nuova viabilità (così detta Nuova viabilità NV02) nell'ambito del lotto 1+2 la cui genesi deriva dal decorso dell'iter autorizzativo del lotto suddetto come meglio chiarito più avanti.

Nell'ambito dell'esecuzione dello "Studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico nell'area in cui ricade la nuova viabilità NV02 nell'ambito del Nuovo collegamento Palermo-Catania - Tratta Fiumetorto – Montemaggiore - Lercara diramazione Lotto 1+2", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

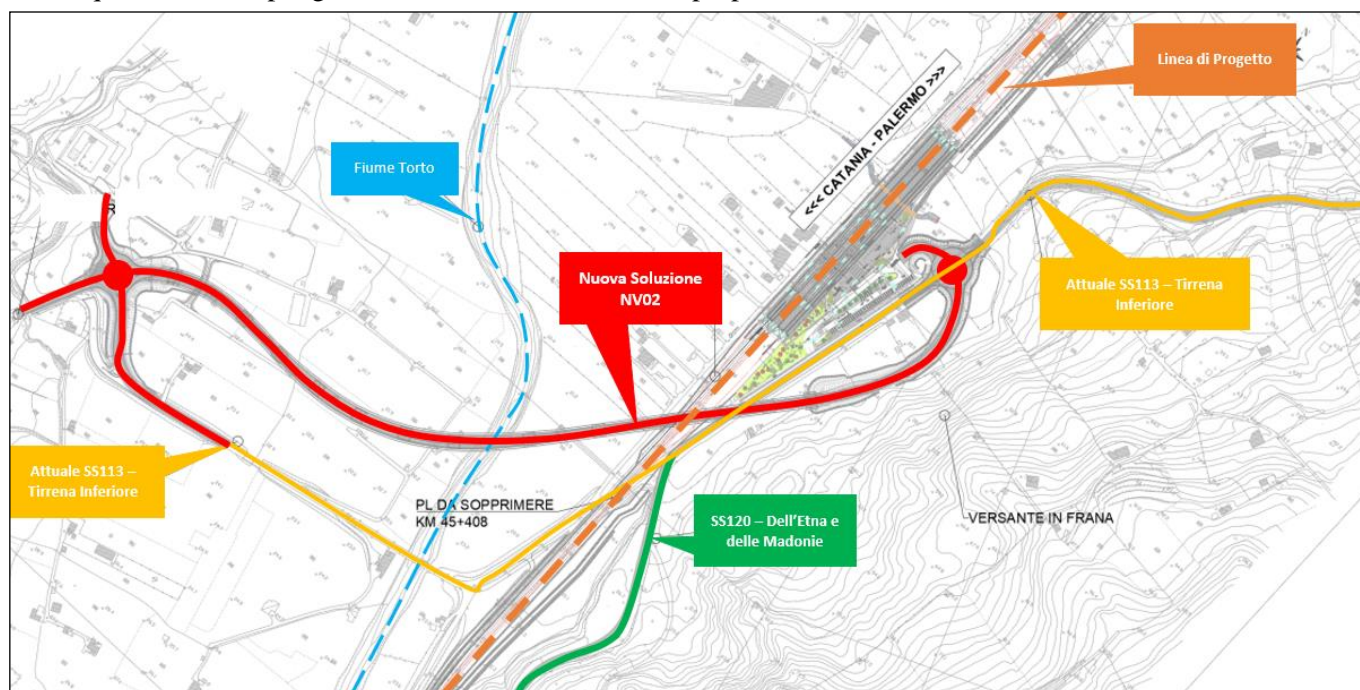
In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

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



## 2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO

Come anticipato in premessa, l'intervento della nuova viabilità NV02 si inquadra all'interno del lotto 1+2 che prevede la realizzazione del raddoppio della tratta compresa tra le stazioni di Fiumetorto e Lercara Diramazione; tale tratta risulta già oggi in comune alle linee Palermo – Catania e Palermo – Agrigento. La viabilità in questione, comporta la modifica della strada statale esistente al fine di riorganizzare il sistema viario in seguito all'intervento di soppressione del Passaggio a Livello al km 45+408 della linea storica. L'intervento di soppressione del PL (pk linea storica 45+408) ha lo scopo di risolvere l'attuale interferenza tra la linea e la Strada Statale 113, viene realizzato tramite un'opera stradale in viadotto che scavalca sia la linea ferroviaria in progetto che il fiume Torto. L'intervento comporta una variante alla SS113, con inserimento di nuove intersezioni che vengono regolamentate tramite l'impiego di rotonde. Il tratto di SS113 attuale che viene bypassato dal nuovo tratto in viadotto, verrà comunque mantenuto per garantire accessibilità ai fondi e proprietà attualmente serviti da tale viabilità.



**Figura 3 - Nuova soluzione Viabilità NV02**

La soluzione individuata si prefigge di minimizzare l'interferenza dell'opera con il circuito della "Targa Florio" che nella zona in discussione si sviluppa lungo la SS113 *Tirrena Inferiore* provenendo da Messina e poi imbecca la SS120 *Dell'Etna e delle Madonie* dove si collocano le antiche tribune. Rispetto alla soluzione precedente, anziché innestarsi con rotonda sulla SS120 e quindi risolvendo l'interferenza e la risagomatura del percorso, dopo aver sovrappassato tramite un viadotto il Fiume Torto, la SS113 e la linea ferroviaria di progetto, scavalca anche la SS120 (lasciandone così inalterato il suo tracciato) per innestarsi a raso con la SS113 in prossimità dell'attuale accesso alla stazione di Cerda.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 8 di 96

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta una sintesi della normativa nazionale e comunitaria di riferimento per il presente studio.

#### 3.1 Normativa nazionale e tecnica

- A.G.I. 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- A.G.I. 1994 - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02/10/2003. Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03/05/2005. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274.
- D.lgs. n. 152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 7 del 21/01/2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"' di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

#### 3.2 Normativa comunitaria

- UNI ENV 1997-1 (2005) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI ENV 1997-3 (2002) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito";
- UNI ENV 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici.

#### 3.3 Normativa regionale

- D.D.G. n. 64 del 11/03/2022 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519. Deliberazione della Giunta Regionale 24 febbraio 2022, n. 81. Decreto di adozione della nuova classificazione sismica".





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	9 di 96

## 4 DATI DI BASE

Di seguito si riportano gli elaborati prodotti per la presente fase progettuale e i dati raccolti per la redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici allegati.

### 4.1 Allegati

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

<i>PD 2023</i>		
“Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo collegamento Palermo – Catania Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova Viabilità NV02” PROGETTO DEFINITIVO		
codifica elaborato	descrizione elaborato	scala
RS90 00 Y05 RG MD0000 001 A	Relazione generale	-
RS90 00 Y69 RG GE0001 002 A	Relazione di Compatibilità Geomorfologica	-
RS90 00 Y69 L5 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia, ubicazione indagini e profilo geologico e sezioni	1:5000/500
RS90 00 Y69 L5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500
RS90 00 Y69 SG GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari	-
RS90 00 Y69 PR GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio	-
RS90 00 Y69 IG GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Prove geofisiche	-

### 4.2 Documentazione pregressa

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

<i>campagna indagini 2018-2019, campagna integrativa 2020 e campagna integrativa 2021</i>		
“Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo collegamento Palermo – Catania Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione - Lotto 1+2” PROGETTO DEFINITIVO		
codifica elaborato	descrizione elaborato	scala
RS3Z 00 D69 RG GE0001 001 D	Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica	-
RS3Z 00 D69 RH GE0001 001 B	Rapporto di campagna - Stop geologici	-
RS3Z 00 D69 RH GE0001 002 B	Rilievo geomeccanico	-
RS3Z 00 D69 RG GE0001 002 B	Relazione di Compatibilità Geomorfologica	-
RS3Z 00 D69 L5 GE0001 001-11 D	Carta geologica e profilo geologico Tav. da 1 a 11	1:5000/500
RS3Z 00 D69 L5 GE0001 012 D	Carta geologica NV01-NV02-NV06 Carta geologica e profilo geologico NV04-NV07	1:5000/500
RS3Z 00 D69 L5 GE0001 015 D	Carta geologica e profilo geologico NV21-NV22-NV23-NV24	1:5000/500

*campagna indagini 2018-2019, campagna integrativa 2020 e campagna integrativa 2021*
**“Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo collegamento Palermo – Catania  
 Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione - Lotto 1+2”**
**PROGETTO DEFINITIVO**

<b>codifica elaborato</b>	<b>descrizione elaborato</b>	<b>scala</b>
RS3Z 00 D69 L6 GE0001 001 D	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco lato PA	1:2000/200
RS3Z 00 D69 L6 GE0001 002 D	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco lato CT	1:2000/200
RS3Z 00 D69 W6 GE0001 001 C	Sezioni geologiche di Linea tav. 1 di 2	1:2000
RS3Z 00 D69 W6 GE0001 002 C	Sezioni geologiche di Linea tav. 2 di 2	1:2000
RS3Z 00 D69 W6 GE0001 003 D	Sezioni geologiche NV21	1:2000
RS3Z 00 D69 W6 GE0001 004 A	Sezioni interpretative dei movimenti franosi di Linea	1:2000
RS3Z 00 D69 L5 GE0002 001-11 D	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. da 1 a 11	1:5000/500
RS3Z 00 D69 L5 GE0002 012 D	Carta idrogeologica NV01-NV02-NV06 Carta idrogeologica e profilo idrogeologico NV04-NV07	1:5000/500
RS3Z 00 D69 L5 GE0002 015 D	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico NV21-NV22-NV23-NV24	1:5000/500
RS3Z 00 D69 N5 GE0003 001-4 D	Carta geomorfologica Tav. da 1 a 4	1:5000
RS3Z 00 D69 N5 GE0003 005 D	Carta geomorfologica NV01-NV02-NV04-NV06-NV07	1:5000
RS3Z 00 D69 N5 GE0003 007 D	Carta geomorfologica NV21-NV22-NV23-NV24	1:5000
RS3Z 00 D69 N4 GE0005 001-2 D	Carta ubicazione delle indagini Tav. da 1 a 2	1:10000
RS3Z 00 D69 N4 GE0003 001-9 B-C	Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia con il tracciato di progetto	1:10000
RS3Z 00 D07 RH GN0000 001 A	Galleria Alia – Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	-
RS3Z 00 D07 CL GN0100 001 A	Galleria Alia – Relazione geotecnica e di calcolo	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi profondi eseguiti da Geotec	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 002 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari 1a Fase eseguiti da Geogav	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 003 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari 2a Fase eseguiti da Sonedile	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 004 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi 2020 eseguiti da Sonedile	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 005 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi 2020 eseguiti da Socotec	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 006 A	Indagini Geognostiche: Sondaggio profondo integrativo 2020 eseguito da Aquaferr	-
RS3Z 00 D69 SG GE0005 007 A	Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi eseguiti da Sonedile - Settembre 2020 e Febbraio 2021	-

*campagna indagini 2018-2019, campagna integrativa 2020 e campagna integrativa 2021*

**“Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo collegamento Palermo – Catania  
Raddoppio tratta Fiumetorto – Lercara diramazione - Lotto 1+2”**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<b>codifica elaborato</b>	<b>descrizione elaborato</b>	<b>scala</b>
RS3Z 00 D69 PR GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio - Volume 1 (eseguite da Sidercem su sondaggi ordinari di 1a e 2a Fase)	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 002 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio - Volume 2 (eseguite da Sgailab su sondaggi profondi e ordinari di 2a Fase)	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 003 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio - Volume 3 (eseguite da Tecnolab su sondaggi profondi e ordinari di 2a Fase)	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 004 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio eseguite da Tecnolab su sondaggi integrativi 2020	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 005 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio eseguite da Socotec su sondaggi integrativi 2020	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 006 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio eseguite da Socotec su sondaggi integrativi - settembre 2020	-
RS3Z 00 D69 PR GE0005 007 A	Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio eseguite da Sidercem su sondaggi integrativi Settembre 2020 e Febbraio 2021	-
RS3Z 00 D69 IG GE0005 001 A	Indagini Geognostiche: Indagini geofisiche di prima fase eseguite da Socotec	-
RS3Z 00 D69 IG GE0005 002 A	Indagini Geognostiche: Indagini geofisiche di seconda fase eseguite da Vicenzetto	-
RS3Z 00 D69 IG GE0005 003 A	Indagini Geognostiche: Indagini geofisiche integrative 2020 eseguite da Vicenzetto	-
RS3Z 00 D69 IG GE0005 004 A	Indagini Geognostiche: Indagini geofisiche integrative - settembre 2020 eseguite da Vicenzetto	-
RS3Z 00 D69 RH GE0005 001 D	Indagini Geognostiche: Campagna di monitoraggio piezometri e inclinometri dal 2018 a Settembre 2022	-

## 5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca nella porzione settentrionale della regione Sicilia, in prossimità della stazione ferroviaria di Cerda, posta sul tronco comune alle linee ferroviarie Agrigento-Palermo e Caltanissetta-Palermo. In particolare, la viabilità NV02 si sviluppa per una lunghezza di circa 973.7 m nel comune di Termini Imerese (PA), attraversando tutta la piana alluvionale del Fiume Torto (Figura 4).



**Figura 4 – Stralcio di ubicazione in scala 1:25000 dell'area di studio geologico con individuazione della viabilità in progetto (magenta).**

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), la viabilità in esame ricade all'interno del Foglio 259 (Termini Imerese) in scala 1:100000, nella Tavoleta 259-I-NO (Monte S. Calogero) in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia, nella sezione 609020 in scala 1:10000.

Dal punto di vista orografico il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra circa 16 m s.l.m. e 31 m circa s.l.m. circa, a ridosso di tutta la piana alluvionale del Fiume Torto. Le quote di progetto, invece, variano da 22 m circa s.l.m. a 39 m circa s.l.m. circa.



## 6 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; Catalano et al. 2011), quali l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

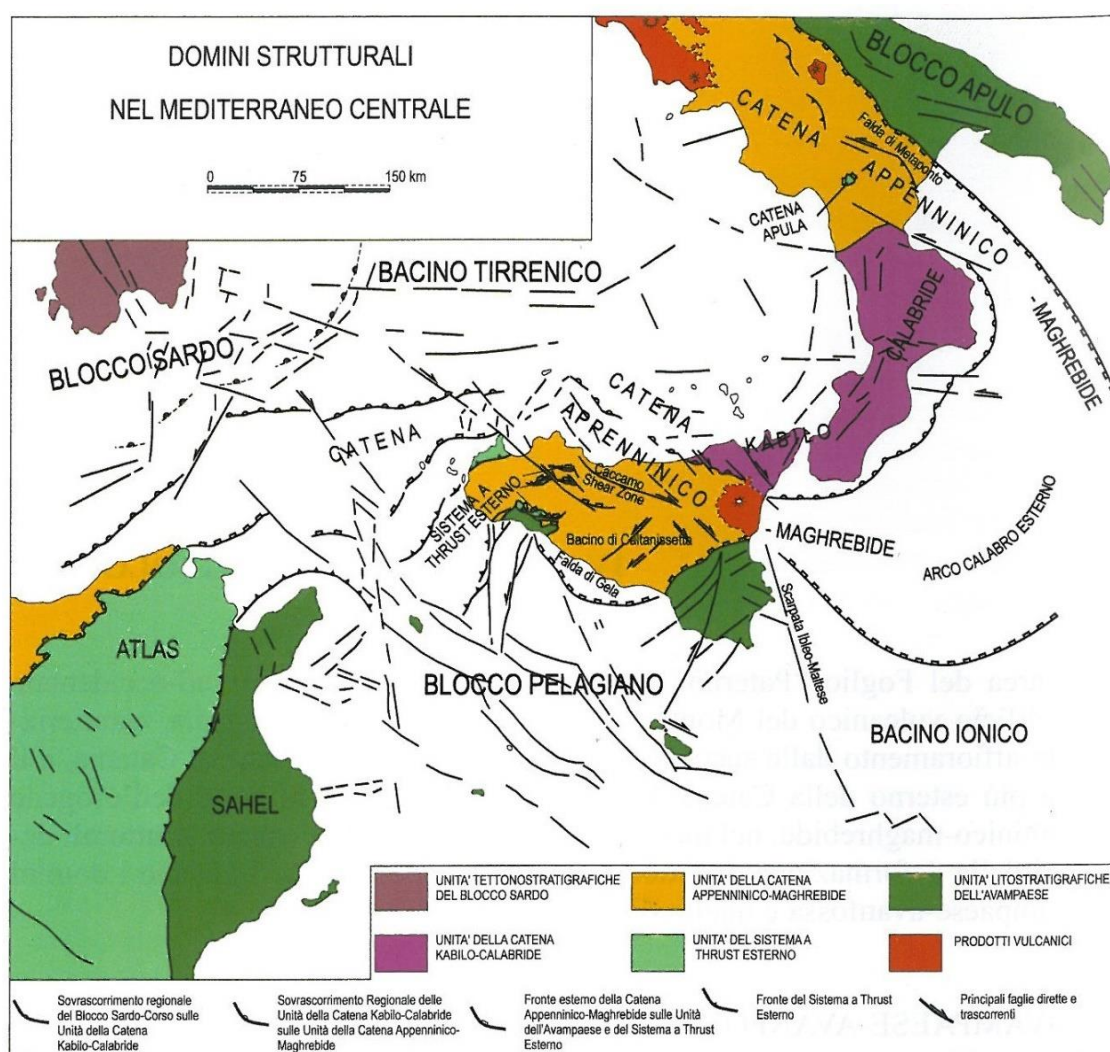
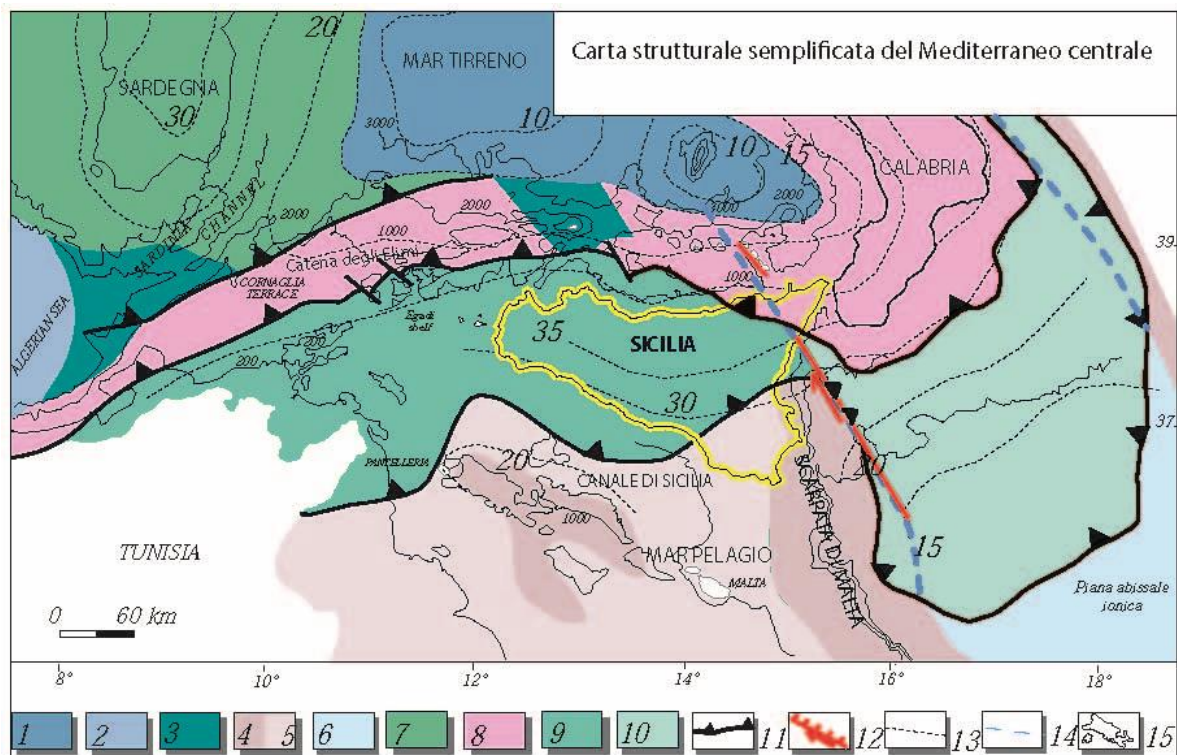


Figura 5 – Domini strutturali ed elementi tettonici nel Mediterraneo centrale (da Lentini et al. 1995, modificato).

Dal punto di vista geologico (Figura 5), le principali strutture che caratterizzano il complesso collisionale della Sicilia e il suo prolungamento *offshore* sono (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000; Catalano et al. 2011):

- **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 1984; Catalano et al. 2011);

- 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; Catalano et al. 2011);
- 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).

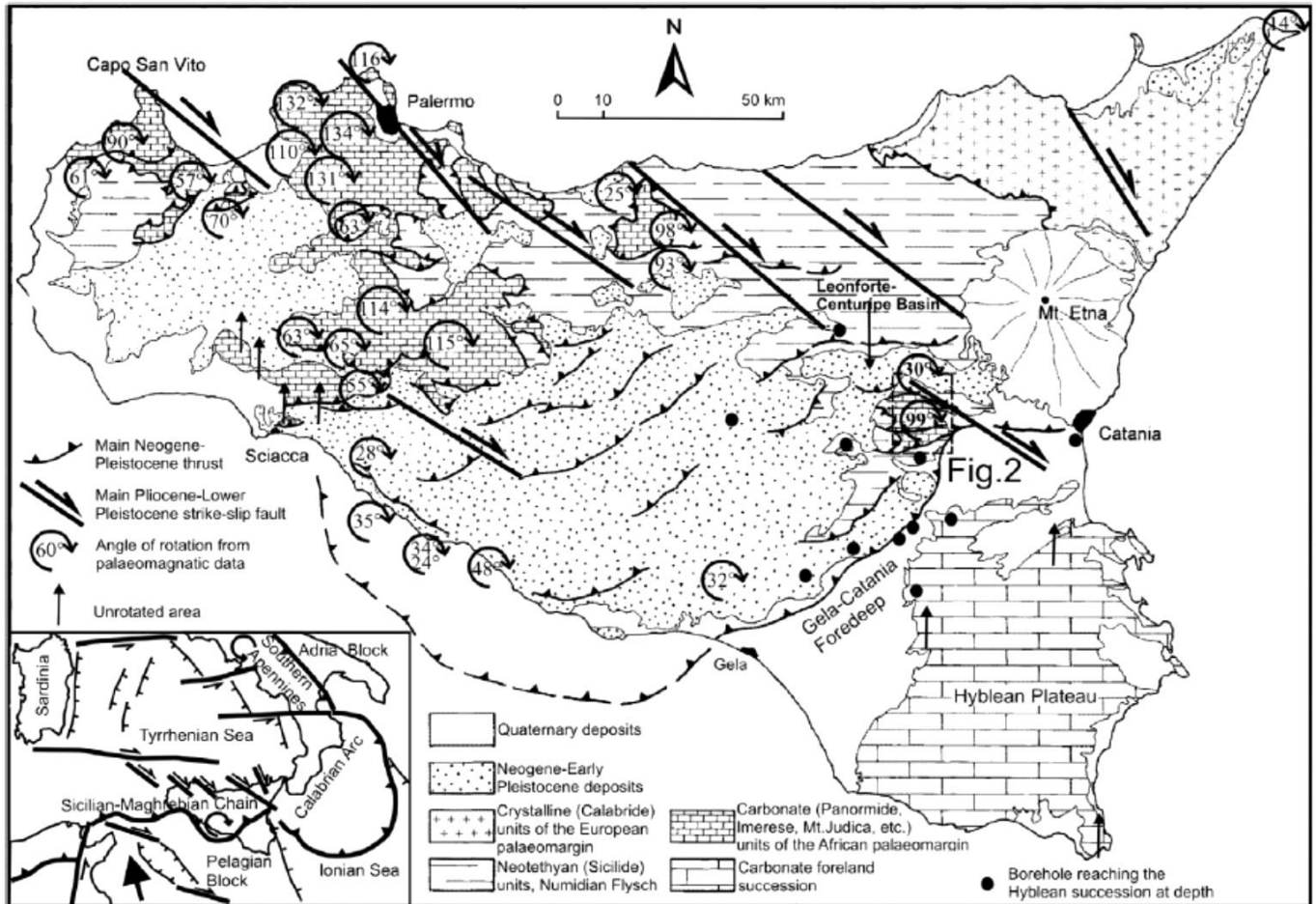


**Figura 6 – Carta dei settori crostali del Mediterraneo centrale e della Sicilia (Catalano et al. 2011):** 1) crosta oceanica del Mar Tirreno; 2) crosta oceanica del Bacino Algerino; 3) crosta continentale assottigliata kabilo e sarda; 4) crosta continentale africana; 5) crosta continentale assottigliata africana 6) crosta oceanica del Mar Ionio; 7) unità tettoniche sarde; 8) unità kabilo-calabridi; 9) unità siciliane-maghrebidi; 10) prisma di accrezione ionico; 11) fronti di sovrascorrimento; 12) faglia con probabile componente transtensiva; 13) isobate (in km) della Moho; 14) limite margine passivo-oceanico ionico; 15) batimetria.

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 centro-settentrionale dell'isola siciliana, all'interno del dominio della Catena Appenninico-



Maghrebide (Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000; Monaco & De Guidi 2006; Catalano et al. 2011).



**Figura 7 – Carta geologico-strutturale della Sicilia, con evidenze delle rotazioni neogeniche connesse allo sviluppo dell'orogene (da Monaco & De Guidi 2006).**

La catena è costituita da un sistema a *thrust* pellicolare (Catalano et al. 2011), con vergenza verso SE nel tratto siculo-maghrebide e ENE in quello appenninico (Monaco et al. 2000). Il sistema comprende sequenze mesozoiche sia di piattaforma sia di bacino (Catalano et al. 2011), 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). 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 (Catalano et al. 2011).

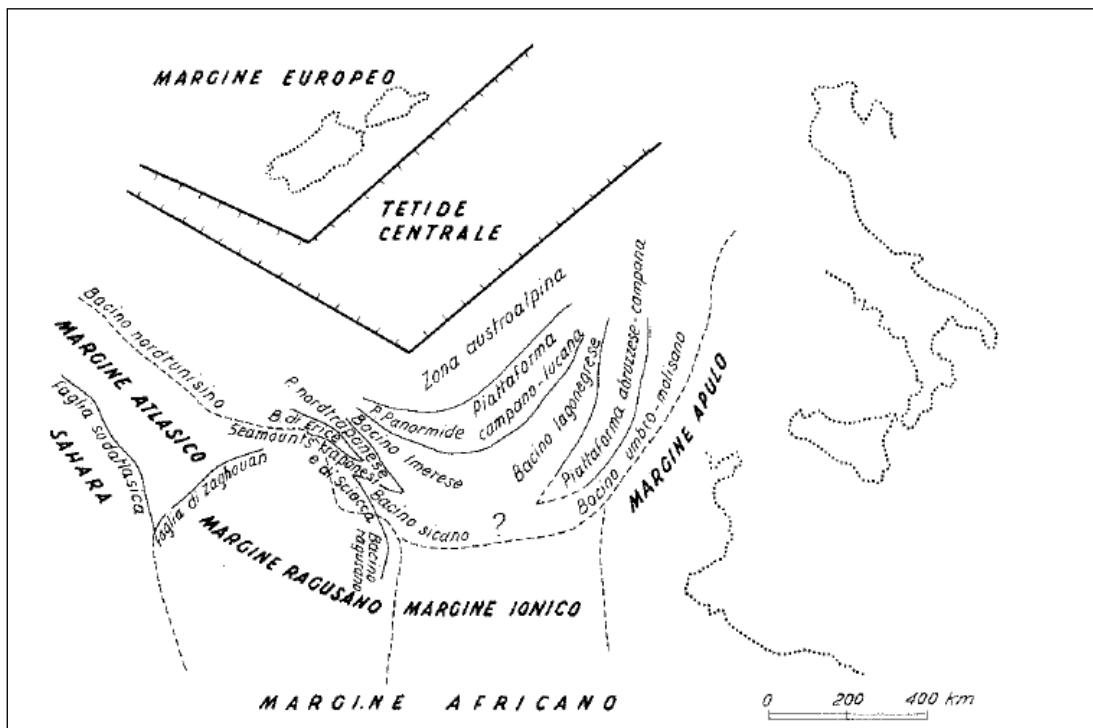
La Catena Appenninico-Maghrebide è quindi costituita da una serie di falde più o meno alloctone, totalmente sovrapposte sul Sistema a *Thrust* Esterno (Catalano et al. 2011). Le Unità Sicilidi che ricoprono la porzione sommitale della pila risultano derivanti dal Bacino Alpino-Tetideo (Figura 6) che separava il margine europeo dal blocco panormide (Finetti et al. 2005) e sono interpretabili come i resti di un cuneo d'accrezione oceanico,

sovrascorso fino al raggiungimento dell'attuale fronte della catena (Bello et al. 2000; Catalano et al. 2011). Ulteriori sequenze oceaniche, riconoscibili nelle unità tettoniche più esterne sono invece riferibili al dominio di crosta oceanica, che rappresenta la porzione subdotta dell'originario bacino ionico (Finetti et al. 2005).

Nella porzione centrale e settentrionale della Sicilia (Figura 7), al di sopra dei termini marini di catena, si rinvengono spesse ed estese successioni marine neogenico-quadernarie (Bianchi et al. 1987; Monaco & De Guidi 2006). Le successioni neogeniche sono essenzialmente connesse alla crisi di salinità del Messiniano e formano, pertanto, la sequenza evaporitica della Gessoso-Solfifera (Decima & Wezel 1971; Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011). Le successioni marine quadernarie, invece, sono invece rappresentate da depositi bacinali e di piattaforma continentale di natura sia carbonatica che silicoclastica (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991).

## 6.1 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'Avampese 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).



**Figura 8 – Ricostruzione palinspastica della Tetide centrale nel Giurassico (da Scandone et al. 1974).**

Durante il Giurassico (Figura 8), con il processo di separazione continentale che porta all'apertura del settore meridionale della Tetide, si individua un importante bacino intra-cratonico a sedimentazione terrigena, il Bacino di Lercara (Scandone et al. 1974; Catalano et al. 1996). Tale dominio evolve successivamente in due distinte unità



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	17 di 96

paleogeografiche, rappresentate dal Bacino Imerese a nord e dal Bacino Sicano a sud (Scandone et al. 1974; Bonardi et al. 1976). Questi ultimi, in particolare, risultano separati dall'interposizione della Piattaforma nord Trapanese, a sua volta sostituita verso sud dal dominio paleogeografico dei *Seamounts* Trapanesi (Scandone et al. 1974; Bonardi et al. 1976). Il processo di dissezione in blocchi della Piattaforma carbonatica Panormide, più interna, è iniziata nel Giurassico ed è proseguita almeno fino all'Oligocene inferiore (Scandone et al. 1974).

Da questo momento inizia la costruzione vera e propria della Catena, con la deformazione e l'imbricazione interna delle unità cristalline del Dominio Calabride e delle relative coperture sedimentarie (Catalano et al. 2011). La deformazione dei domini paleogeografici più interni porta, quindi, alla formazione di un primordiale bacino di avanfossa a sedimentazione terrigena, conosciuto come Bacino Numidico (Scandone et al. 1974; Bonardi et al. 1982; Bianchi et al. 1987). Tra l'Aquitano ed il Langhiano la sedimentazione nel Bacino Numidico si contraddistingue per il carattere regressivo delle successioni che, nella loro porzione sommitale, sono caratterizzate da una sedimentazione di tipo prevalentemente pelitico (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991). Al contempo, nel Bacino Sicano si instaurano le condizioni per una sedimentazione di ambiente profondo (Catalano et al. 1996).

Questa prima fase deformativa, protratta fino all'intervallo Burdigaliano-Langhiano, ha portato alla deformazione delle Unità Sicilidi e alla migrazione verso SE dei bacini (Catalano et al. 2011). Nel Langhiano le aree più settentrionali del dominio Imerese subiscono una importante fase tettonica a seguito dell'accavallamento dei terreni più esterni della Piattaforma Panormide su quelli più interni del Bacino Imerese che, a loro volta, si accavallano sui termini più esterni dello stesso (Bianchi et al. 1987). Su queste unità deformate, infine, si vanno a deporre in discordanza i depositi pelagici ed emipelagici del Langhiano superiore mentre, contemporaneamente, le Unità Sicilidi si sovrappongono tettonicamente alle successioni suddette (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 1996; 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).

Alla fine del Messiniano, la conformazione paleogeografica dei diversi domini individuati determina la formazione di un'area con ridotta circolazione delle masse d'acqua, che porta un progressivo abbassamento del livello del mare ed alla formazione di complessi sistemi di scogliera (Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011). Questi ultimi, in seguito al verificarsi della crisi di salinità, vengono ricoperti dalla sedimentazione delle successioni gessoso-evaporitiche mioceniche (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991).

Successivamente, nel Pliocene inferiore, si instaurano nuovamente condizioni marine normali, come testimoniato dalla sedimentazione della successione dei Trubi, rocce biancastre marnoso-calcaree tipiche di un ambiente marino relativamente profondo (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991). Tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore si ha un sollevamento complessivo dell'area, mentre la porzione più settentrionale della catena subisce un generale sollevamento e un successivo smembramento in blocchi lungo linee tettoniche ad andamento NW-SE e NE-SW (Ghisetti & Vezzani 1984), che determinano sollevamenti differenziati dà luogo a luogo (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991).

Alla fine del Pleistocene si assiste, quindi, alla definitiva emersione della Catena Appenninico-Maghrebide, in concomitanza con i sollevamenti regionali che coinvolgono anche ampi settori di avanfossa ed avampaese (Bianchi

et al. 1987; Monaco et al. 2002). I terrazzi quaternari, distribuiti a varie quote lungo la fascia costiera, testimoniano le oscillazioni eustatiche del livello medio marino e i movimenti tettonici a prevalente componente verticale verificatisi in questo ultimo periodo (Lentini et al. 1991; Monaco et al. 2002).

## 6.2 Caratteristiche stratigrafiche

Le unità di substrato sono costituite da diverse successioni sedimentarie, riferibili a differenti domini paleogeografici sviluppatasi lungo il margine continentale africano e nell'oceano tetideo, prima dell'instaurarsi della deformazione compressiva (Catalano & D'Argenio 1982; Abate et al. 1988; Di Stefano et al. 2002; Catalano et al. 2011). A questi si sovrappongono, con una discordanza di importanza regionale, i depositi terrigeni, evaporitici e clastico-carbonatici dell'avanfossa mio-pliocenica (Catalano et al. 2011). Tutte le unità sono ricoperte da estesi depositi quaternari di genesi detritica e alluvionale (Abate et al. 1988; Catalano et al. 2011), particolarmente importanti nei settori di fondovalle del Fiume Torto e dei suoi affluenti maggiori.

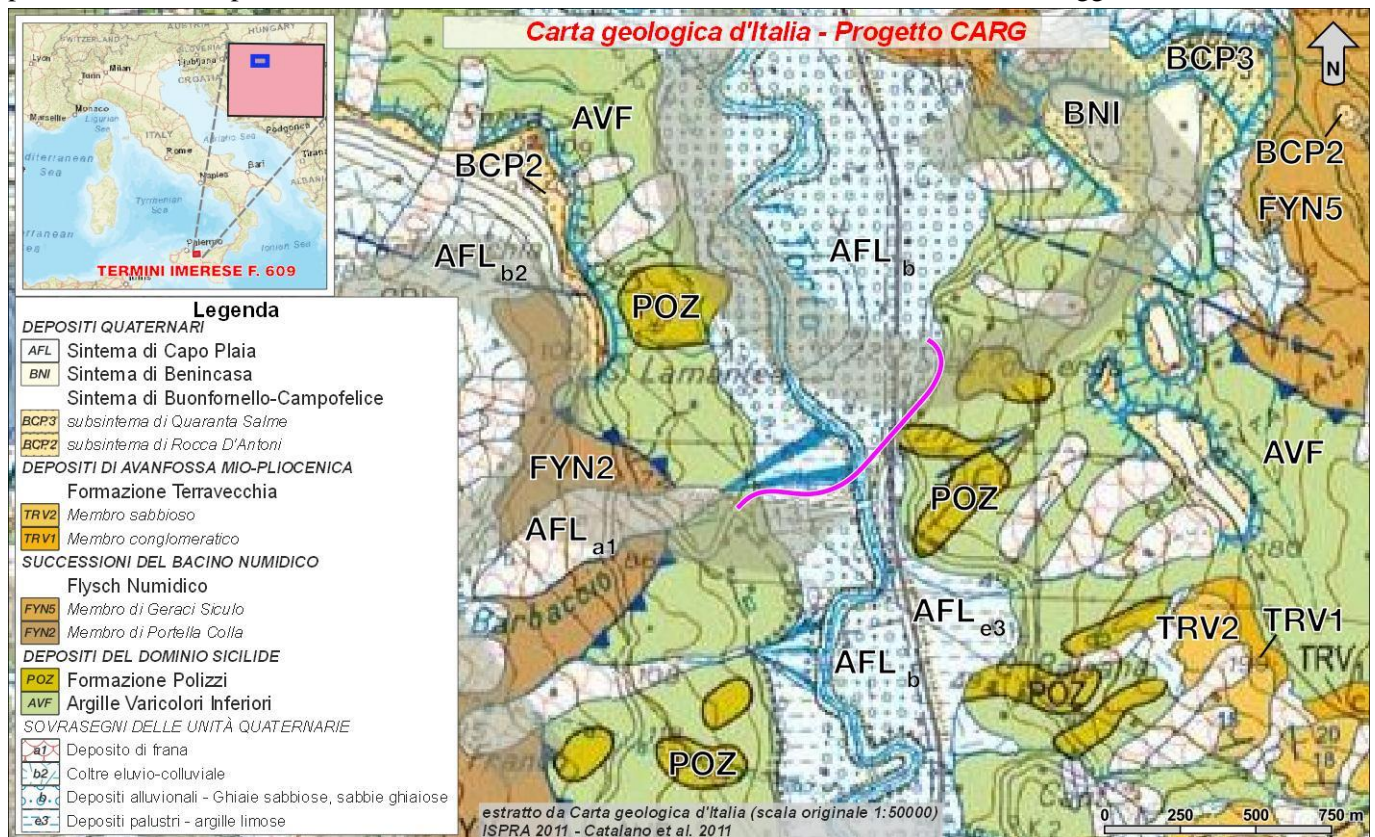


Figura 9 – Stralcio del foglio CARG n. 609-596 “Termini Imerese-Capo Plaia” (ISPRA 2011), scala originale 1:50000, riprodotto in scala 1:25000, con indicazione dell’opera in progetto (in magenta).

Con diretto riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica d’Italia in scala 1:50000 (Catalano et al. 2011; ISPRA 2011) le successioni stratigrafiche presenti nell’area di interesse (Figura 9) possono essere distinte, dal basso verso l’alto, in:

- **Depositi del Dominio Sicilide:** sono formati da diverse successioni marine meso-cenozoiche, di ambiente

variabile da piana batiale a bacino pelagico e scarpata (Ogniben 1960; Lentini et al. 2000; Abate et al. 1988; Catalano et al. 2011).

- **Argille Varicolori Inferiori:** argille a struttura scagliosa e marne varicolori, spesso caotiche (**AVF**), diaspri ed arenarie quarzose e micacee, calcilutiti verdastre con piste di vermi e livelli centimetrici di biocalcareniti a macroforaminiferi e frammenti di molluschi. Il contenuto fossilifero autoctono è rappresentato da foraminiferi planctonici (biozone a *Rotalipora appenninica*, *Rotalipora brotzeni*, *Rotalipora reicheli*) ed anche da *Morozovella* sp.. Tra i nannofossili calcarei *Lithraphidites* spp. e *Nannoconus* spp.. Spessore, difficilmente definibile, è valutato tra 70 e 200 m. Intercalazioni di corpi lenticolari costituiti da conglomerati e breccie calcaree grossolane a rudistidi, caprinidi (*Caprina schiosensis*), nerineidi, alveolinidi ed *Orbitolina* sp.. Limite inferiore di natura meccanica (tettonica) su **FYN**, su **TAV** e su **POZ**. Ambienti sedimentari di piana batiale – base di scarpata. Età: Cretacico (Albiano-Turoniano) – Paleocene.
- **Formazione Polizzi:** calcilutiti e calcari marnosi grigio-biancastrati in strati decimetrico-centimetrici (**POZ**), a luoghi sottilmente laminati, alternati a livelli marnoso-argillosi grigiastri e talvolta violacei a foraminiferi planctonici (biozone a *Truncorotaloides rohri*, *Globigerinatheka semiinvoluta*, *Turborotalia cerroazulensis* s.l.) e nannofossili calcarei (biozone NP 17 – NP 20). Talora le marne sono grigio nerastre e bituminose. A luoghi sono presenti intercalazioni lenticolari di biocalcareniti e biocalciruditi risedimentate con macroforaminiferi (nummuliti, alveoline e discocycline). Spessore 20-170 m. Limite inferiore discordante (di natura meccanica) su **AVF**. Ambiente di scarpata e bacino pelagico. Età: Eocene medio – Eocene superiore.
- **Successioni del Bacino Numidico:** sono costituite da diverse sequenze sedimentarie oligo-mioceniche, prevalentemente di scarpata, base scarpata, bacino e conoide torbiditica (Ogniben 1960; Abate et al. 1988; Johansson et al. 1998; Catalano et al. 2011).
  - **Flysch Numidico:** peliti sabbiose, megabreccie carbonatiche, arenarie quarzose torbiditiche e quarzoareniti (**FYN**) con livelli microconglomeratici. Limite inferiore da discordante a paraconforme o tettonico su **CAL**. Età: Oligocene superiore – Miocene inferiore (Burdigaliano). In questa zona, sono presenti due distinti membri.
    - **Membro di Portella Colla:** prevalenti peliti di colore bruno talora manganesefere (**FYN2**), con laminazione piano-parallela. Contengono microfaune a foraminiferi planctonici (biozone a *Globorotalia opima opima*, *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, *Catapsidrax dissimilis*), e nannofossili calcarei (biozone NP 24, NP 25). Spessore 100-300 m. Ambiente di scarpata e base scarpata.
    - **Membro di Geraci Siculo:** arenarie quarzose torbiditiche in banchi e strati (**FYN5**), con alternate peliti micacee. Spessori fino a 800 m. Contengono foraminiferi arenacei, rari planctonici (*Catapsidrax dissimilis*, *Globoquadrina dehiscens dehiscens*, *Globigerinoides trilobus*) e nannofossili calcarei riferibili alle biozone MNN1-MNN2b. Limite inferiore paraconcordante o disarmonico su **FYN2**. Ambiente di conoide torbiditica.
- **Depositi dell'Avanfossa Mio-Pliocenica:** sono composti da successioni marine, continentali e transizionali mioceniche e plioceniche, di ambiente variabile dalla piattaforma alla piana fluvio-deltizia (Abate et al. 1988; Catalano et al. 2011).
  - **Formazione Terravecchia:** conglomerati, sabbie grossolane, sabbie, argille sabbiose, peliti e marne grigio-azzurrognole (**TRV**), con plancton calcareo. Spessore massimo 800 m. Ambiente da fluvio-deltizio a piattaforma aperta. Limite inferiore inconforme a scala regionale sui terreni più antichi. Nell'area l'unità è composta da due membri. Età: Tortonian superiore – Messiniano inferiore.
    - **Membro conglomeratico:** orto e paraconglomerati polimitici grigiastri e giallastri (**TRV1**) in banchi



più o meno cementati che si alternano con sabbie grossolane ciottolose giallastre contenenti lenti conglomeratiche. Spessore 50-400 m. Limite inferiore netto e discordante su **SIC**, **AVF** e **FYN**. Ambiente da continentale a fluvio-deltizio.

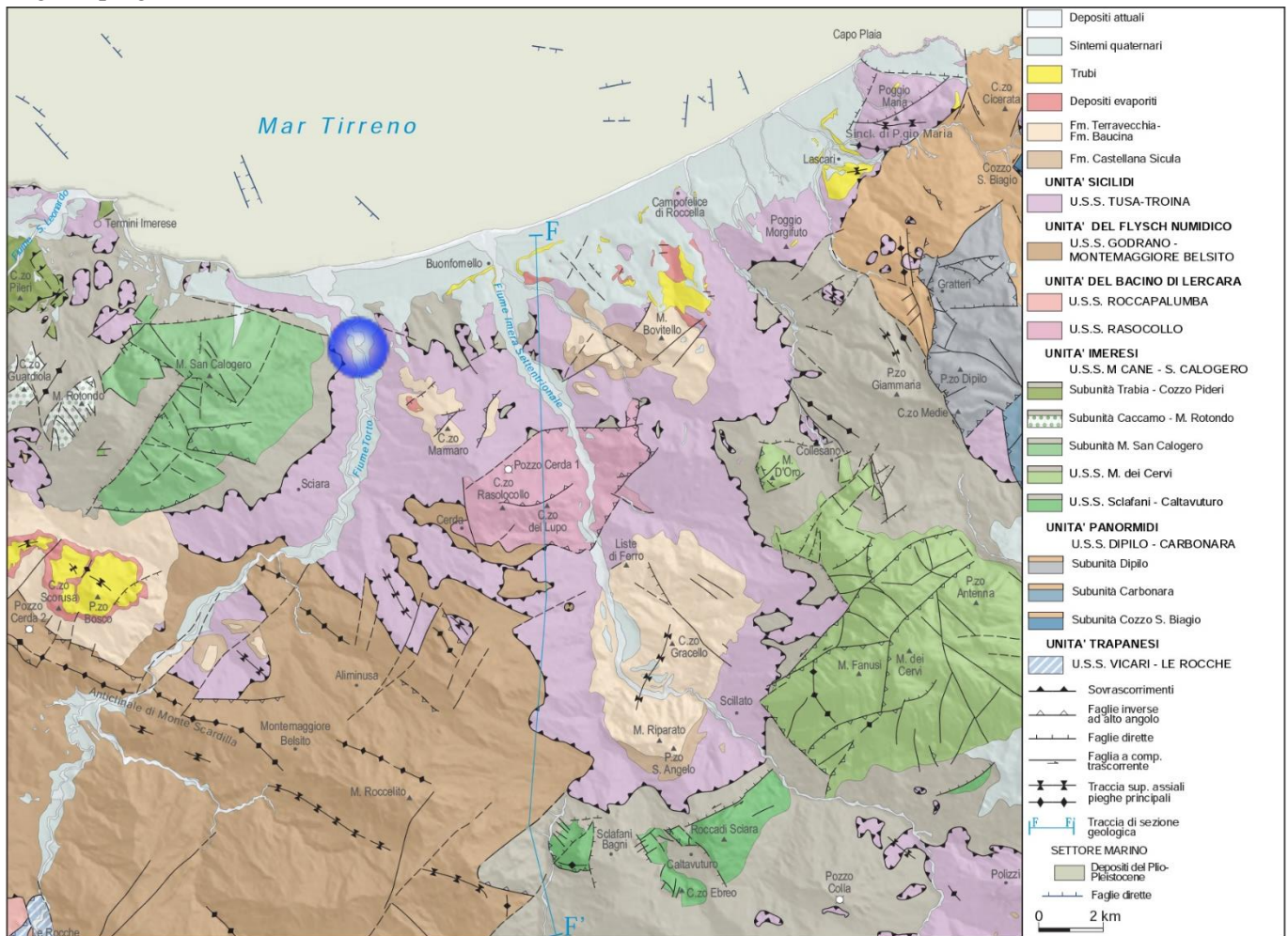
- **Membro sabbioso** (Tortoniano superiore): sabbie ed arenarie da giallastre a grigie (**TRV2**), con stratificazione incrociata, con intercalazioni di peliti sabbiose e sottili livelli conglomeratici. Spessore 50-350 m. Limite inferiore diacrono con **TRV1**. Ambiente da fluviale a costiero.
- **Depositi Quaternari**: sono formati da sedimenti clastici pleistocenici e olocenici, di ambiente continentale, transizionale e marino, sia emerso che sommerso (Abate et al. 1988; Contino 2002; Catalano et al. 2011).
  - **Sintema di Buonfornello-Campofelice**: l'unità racchiude conglomerati, sabbie e siltiti marine (**BCP**), con locali intercalazioni pelitiche grigiastre che si sono depositate su superfici terrazzate disposte a varie quote, da 25 m a 250 m s.l.m.. I depositi si sono formati in più cicli sedimentari pre-tirreniani. L'unità giace su una superficie di discontinuità da sub-orizzontale ad ondulata, incisa nei terreni pre-quaternari. Il limite superiore è dato dalla superficie topografica, talvolta ricoperta da suoli oppure dai depositi di **BLT** o di **AFL**. Spessori compresi tra 1 e 5 m. Età: Pleistocene medio.
    - **Subsintema di Rocca D'Antoni**: depositi marini sabbioso-ciottolosi di spiaggia emersa, battigia ed infralitorale (**BCP2**), con fauna a molluschi (*Ostrea* sp) e strutture sedimentarie (laminazione parallela ed incrociata a lisca di pesce, icniti, impronte di fondo). L'unità sedimentaria è limitata inferiormente da una superficie inconforme incisa nel substrato pre-quaternario e superiormente da depositi dei sintemi **BNI** o **AFL** o dalla superficie topografica pedogenizzata. I depositi sono disposti a quote variabili tra i 70 ed i 160 m s.l.m..
    - **Subsintema di Quaranta Salme**: ciottoli e massi da arrotondati a sub-arrotondati in matrice sabbioso-limosa (**BCP3**), limitati inferiormente da una superficie inconforme incisa nel substrato pre-quaternario e superiormente da depositi dei sintemi **BNI** o **AFL** o dalla superficie topografica pedogenizzata. I depositi sono disposti a quote variabili tra i 50 ed i 60 m s.l.m..
  - **Sintema Benincasa**: conglomerati poligenici, sabbie quarzose e siltiti rossastre o rosso-brunastre continentali (**BNI**), associati a colluvi, con stone-line e paleosuoli contenenti a luoghi resti di vertebrati (*Elephas mnaidriensis*). Lo spessore varia da 1 a circa 5 m. L'unità giace su una superficie di discontinuità con morfologia da irregolare e fortemente incisa (nei terreni del sintema **BCP** o pre-quaternari) sino a sub-orizzontale. Il limite superiore è rappresentato dai depositi del sintema **AFL** oppure dalla superficie topografica ricoperta da suoli. Età: Pleistocene medio – Pleistocene superiore.
  - **Sintema di Capo Plaia**: depositi di versante, detriti e frane (**AFLa1**), depositi fluviali di fondovalle (**AFLb**), eluvio-colluviali (**AFLb2**), depositi lacustri (**AFLc3**) ed accumuli di materiali eterometrici di spessore variabile (**AFLb4**). Il limite inferiore è una superficie di erosione subaerea incisa su SIT e/o termini più antichi. Il limite superiore è l'attuale superficie topografica marcata da suoli. Spessori variabili da 1 e 40 m. è databile all'intervallo compreso tra la fine dell'espansione glaciale (15 ka) e l'Attuale. Età: Pleistocene superiore – Olocene.

### 6.3 Caratteristiche strutturali

L'edificio tettonico sia affiorante che sepolto è il risultato di diversi eventi deformativi (Figura 10), dall'Oligocene ad oggi (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). Questi eventi hanno interessato tanto le successioni sedimentarie che si erano deposte nell'antico margine continentale passivo africano tra il Triassico e il Miocene inferiore, quanto le successioni generalmente clastiche formatesi durante la sua deformazione (Ogniben 1969; Mostardini & Merlini 1986; Bianchi et al. 1987; Monaco et al. 1998; Catalano et al. 2011).



La fase collisionale e la relativa costruzione della catena è iniziata verosimilmente alla fine dell'Oligocene, con la deformazione e l'imbricazione interna delle Unità cristalline Calabre e delle relative coperture terrigene (Catalano et al. 2011). Questa fase si è protratta fino all'intervallo Burdigaliano–Langhiano, durante il quale si è avuta la deformazione delle Unità Sicilidi (Scandone et al. 1974; Catalano et al. 2011). In questo momento, i bacini di avanfossa *l.s.* caratterizzati da depositi flyschoidi dell'Oligocene superiore – Miocene inferiore hanno iniziato a migrare progressivamente verso SE (Bianchi et al. 1987).



**Figura 10 – Schema tettonico dei settori nord-occidentali della Sicilia, tra il Golfo di Termini Imerese, le Madonie occidentali e l'alto corso del Fiume Torto (da Catalano et al. 2011).**

La deformazione delle coperture sedimentarie del margine continentale africano ha raggiunto prima i domini bacinali più interni, probabilmente caratterizzati da crosta continentale assottigliata, dando luogo alle unità strutturalmente più alte presenti nella catena (Scandone et al. 1974; Bonardi et al. 1982; Bianchi et al. 1987). La deformazione delle unità bacinali, prevalentemente del Langhiano-Tortoniano inferiore, è stata inizialmente innescata da scollamenti interstratali, con geometrie di tipo *duplex* (Catalano et al. 2011). Dopo il distacco, i corpi sono stati coinvolti nella rotazione oraria di 70°-100°, contemporanei all'imbricazione interna (Channell et al. 1980, 1990; Catalano et al. 2011).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 22 di 96

La sovrapposizione delle unità bacinali e delle relative coperture sull'avampaese avviene durante il Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). Antecedente a questo evento è l'inserimento di lembi di Flysch Numidico scollatosi dal substrato imerese e deformatosi insieme ad esso o precedentemente (Catalano et al. 1995). A partire dalla fine del Tortoniano, la deformazione ha raggiunto i livelli inferiori, coinvolgendo progressivamente il corpo della piattaforma carbonatica che si deformava secondo grandi antiformi a direzione assiale E-W, successivamente dislocate da strutture plicative NE-SW del Pliocene superiore (Oldow et al. 1990).

La fase di strutturazione del Miocene superiore-Pleistocene è caratterizzata da due eventi deformativi principali: un primo evento prevalentemente compressivo e un secondo evento prevalentemente transpressivo (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). A questi fa seguito una tettonica più recente, distensiva e trascorrente connessa all'apertura del Tirreno, che si protrae fino all'attuale mantenendo una direzione di massima compressione orizzontale NNW-SSE (Ghisetti & Vezzani 1984; Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011).

La deformazione compressiva più antica è riconoscibile nella messa in posto delle Unità Sicilidi su quelle numidiche, con una direzione di trasporto orientata attualmente verso S e SW (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). La suturazione del fronte di sovrascorrimento ad opera della deposizione in discordanza della Formazione Castellana Sicula o della Formazione Terravecchia permette di riferire la messa in posto delle Unità Sicilidi su quelle numidiche all'intervallo compreso tra la fine del Langhiano e la fine del Serravalliano (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 1996, 2011).

A partire dal Tortoniano le unità carbonatiche più interne, Panormidi ed Imeresi vengono coinvolte nella deformazione e si sovrappongono su quelle più esterne di piattaforma, Trapanesi (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). Questa fase, caratterizzata da geometrie di tettonica pellicolare, si realizza con una generale vergenza meridionale, accompagnata da ampie rotazioni orarie (Channell et al. 1980, 1990; Speranza et al. 1999; Monaco & De Guidi 2006). La strutturazione di queste unità è testimoniata da pieghe e sovrascorrimenti con direzione NW-SE, vergenti verso SW (Catalano et al. 2011).

L'evento tettonico transpressivo inizia nel Messiniano ed è testimoniato da strutture trascorrenti e transpressive con *trend* NNW-SSE per le trascorrenti destre e NE-SW per i sistemi antitetici sinistri (Catalano et al. 2011). L'evento coinvolge le unità profonde di piattaforma carbonatica e determina la formazione di strutture plicative ad ampio raggio e doppia vergenza, che inducono un ulteriore raccorciamento nelle sovrastanti unità bacinali (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 2011). Le strutture di questo evento sono compatibili con una direzione di massima compressione orientata NNW-SSE e testimoniano che le deformazioni sono perdurate fino al Plio-Pleistocene (Catalano et al. 2011).

La tettonica trascorrente e transtensiva è correlabile all'apertura del Tirreno durante il Plio-Pleistocene e ha interessato gran parte degli elementi strutturali più antichi (Catalano et al. 2011). Infatti, i corpi piegati e sovrascorsi durante le prime fasi di strutturazione della catena sono oggi dislocati e ribassati in direzione della costa (Ghisetti & Vezzani 1984; Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011). In generale è possibile riconoscere due principali sistemi di faglie con andamento, NW-SE e NE-SW, anche se quello a direzione anti-appenninica risulta essere il più importante in quanto caratterizzato da rigetti che raggiungono il migliaio di metri (Ghisetti & Vezzani 1984; Catalano et al. 2011).

Infine, la tettonica recente è prevalentemente connessa al regime distensivo e ha interessato tutte le strutture e i depositi più antichi, incidendo in maniera sostanziale sull'evoluzione quaternaria dell'area (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011). I sedimenti marini che costituiscono i terrazzi del Pleistocene medio-superiore risultano interessati da due sistemi di faglie dirette (Lentini et al. 1991; Monaco et al. 2002; Catalano et



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	23 di 96

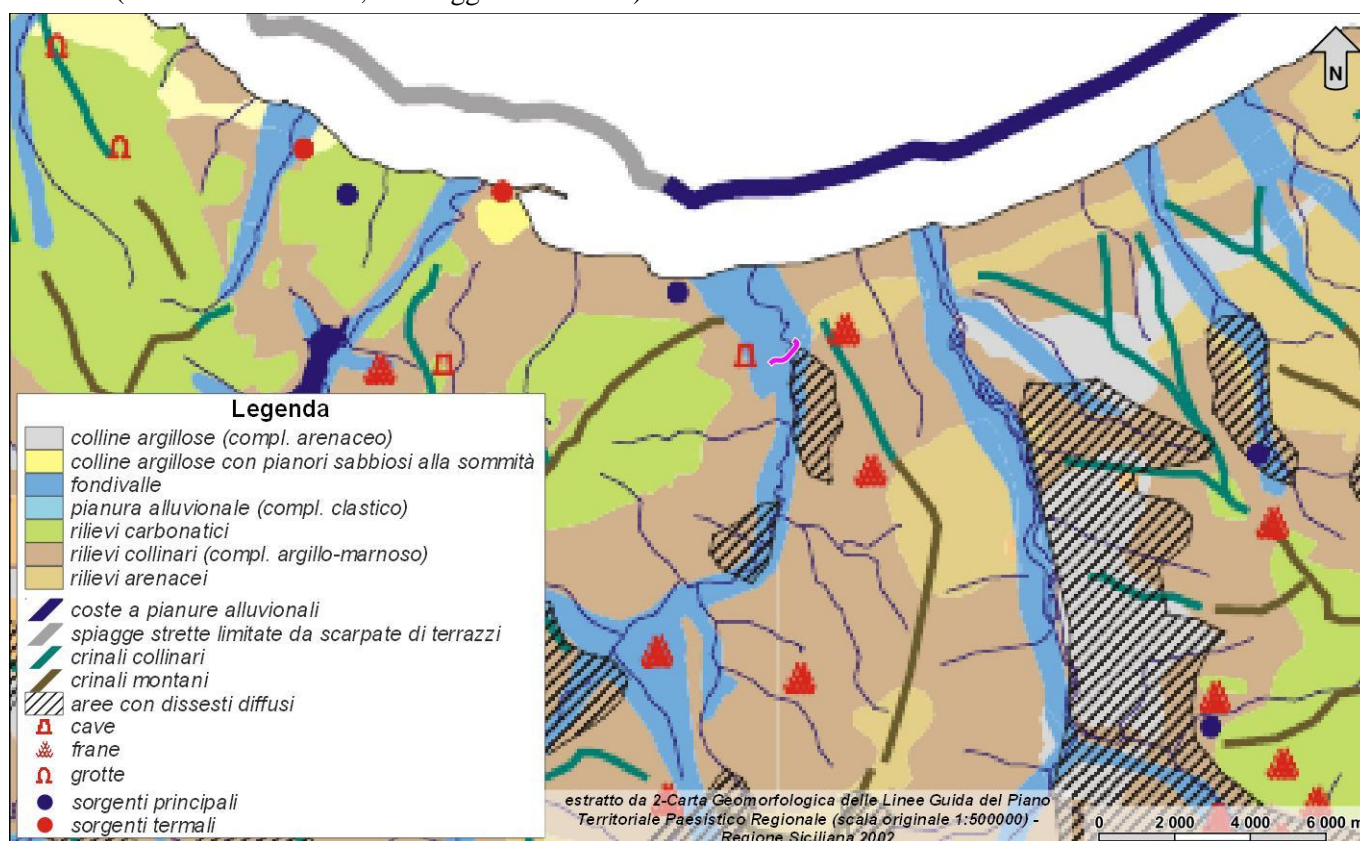
al. 2011). Il primo sistema presenta andamento variabile da E-W a WNW-ESE, mentre il secondo mostra un *trend* compreso tra N-S e NNW-SSE. Quest'ultimo, in particolare, controlla gran parte dei principali corsi d'acqua dell'area (Contino 2002).

Alcune faglie dirette con locali componenti trascorrenti postdatano il piegamento delle Unità Sicilidi e appaiono correlabili alla fase finale della formazione del Bacino Tirrenico (Catalano et al. 2011). A questo evento deformativo, che provoca un collasso delle strutture plicative verso la costa, sono associate faglie dirette mesoscopiche con direzione NW-SE e faglie a grande scala con direzione NE-SW e E-W, che delimitano al piede scarpate e/o versanti di particolare importanza (Lentini et al. 1991; Catalano et al. 2011).

## 7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

L'area di studio ricade nel bacino idrografico del Fiume Torto, lungo i versanti che lo delimitano verso est. L'ampia vallata di questo corso d'acqua, insieme a quella del Fiume Imera Settentrionale, costituisce il limite fisico tra il Massiccio della Madonie ad est e il Gruppo dei Monti di Trabia – Termini Imerese a nord-ovest (Figura 11). La valle presenta un tipico paesaggio collinare, mentre le aree circostanti sono caratterizzate da un territorio tipicamente montuoso (Agnesi et al. 1998; Catalano et al. 2011).

Le aree collinari sono costituite da piccoli rilievi generalmente arrotondati, con versanti disuniformi e debolmente inclinati, prevalentemente modellati dai movimenti di massa e dal deflusso delle acque correnti superficiali (Agnesi et al. 2005; Catalano et al. 2011). Le aree montuose, invece, sono caratterizzate da estesi massicci o aspri rilievi delimitati da versanti piuttosto inclinati, dove si ha la presenza di forme del rilievo dovute alla tettonica, alla morfoselezione, al carsismo, ai processi di spianamento ed a fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante (Catalano et al. 2011; Di Maggio et al. 2014).



**Figura 11 – Stralcio della Carta Geomorfológica in scala 1:500000, riprodotta alla scala 1:200000, della zona di studio (da Regione Sicilia 2002) con individuazione della viabilità di progetto (magenta).**

L'assetto geomorfologico di questo settore di territorio è pertanto il risultato della combinazione di diversi processi endogeni ed esogeni. I movimenti tettonici e la fagliazione a blocchi hanno portato alla formazione di zone di basso ed alto strutturale, sulle quali si sono rispettivamente impostati bassi ed alti topografici (Agnesi et al. 2000; Catalano et al. 2011). Successivamente, l'erosione selettiva ha accentuato i dislivelli tra queste due aree a causa



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 25 di 96

della presenza di rocce con comportamento differente (Catalano et al. 2011). Complessivamente si assiste, quindi, ad una generale congruenza fra topografia e struttura geologica, grazie anche all'esistenza di un edificio montuoso contrassegnato dalla presenza di rocce tenere sovrapposte, stratigraficamente o tettonicamente, a rocce dure (Agnesi et al. 2000).

## 7.1 Idrografia superficiale

Il deflusso superficiale di questo settore della Sicilia è svolto prevalentemente dalla rete idrografica dei Fiumi Torto e Imera Settentrionale, che drenano le loro acque nel Golfo di Termini Imerese (Catalano et al. 2011). In particolare, gli spartiacque superficiali di questi corsi d'acqua sono costituiti da allineamenti più o meno articolati che congiungono, tra l'altro, Monte San Calogero, Monte Rotondo, Monte Cucullo, Monte Carca, Monte dei Cervi e Pizzo Colla. Lo spartiacque che separa i bacini dei due fiumi, invece, è costituito da un allineamento circa N-S di piccole colline, passante per cime di Cozzo Rasolocollo, Monte Roccelito e Cozzo Vallefondi (Catalano et al. 2011). Le restanti aree appartengono a bacini idrografici di ordine minore, come ad esempio quelli del Fosso San Leonardo e del Fiume Piletto.

La direzione e il verso di deflusso dei principali corsi d'acqua sono ovviamente condizionati dall'assetto morfologico regionale e dalla relativa vicinanza della costa tirrenica a nord (Catalano et al. 2011). La maggior parte delle aste fluviali di rango più elevato, pertanto, presenta uno sviluppo circa N-S e un verso di scorrimento rivolto verso nord (Contino 2002). I tratti in cui i corsi d'acqua sono costretti a deviazioni verso est o verso ovest sono conseguenza dell'adattamento della rete idrografica alla presenza di ostacoli topografici e litologici, come ad esempio il rilievo montuoso di Monte San Calogero (Catalano et al. 2011).

Situazioni opposte si hanno invece in coincidenza delle numerose gole fluviali dovute a processi di sovrainposizione/antecedenza conseguenti al progressivo abbassamento del livello di base dell'erosione (Agnesi et al. 1999; Catalano et al. 2011). Per il resto, i corsi d'acqua presenti nell'area danno luogo a valli essenzialmente a V, con versanti da debolmente a mediamente inclinati a seconda delle caratteristiche litologiche del substrato, o a valli a fondo piatto per le aste di ordine maggiore (Catalano et al. 2011).

La rete idrografica secondaria presenta uno sviluppo che segue complessivamente le pendenze locali, con segmenti circa ortogonali ai corsi d'acqua principali che, verso monte, tendono a ramificarsi in più direzioni a causa delle blande inclinazioni dei versanti e della presenza di un substrato poco permeabile e facilmente erodibile (Catalano et al. 2011). Tale condizione dà luogo a un *pattern* generalmente dendritico e, in qualche caso parallelo. Quest'ultimo, in particolare, è tipico dei pendii più acclivi e delle aree con corpi di frana estesi ed allungati, che costringono i segmenti fluviali ad impostarsi ai loro margini (Catalano et al. 2011).

## 7.2 Forme del rilievo

Le forme del rilievo che caratterizzano questo settore della Sicilia sono state originate nel corso di più fasi morfogenetiche, durante le quali l'azione dei processi esogeni è stata condizionata direttamente o indirettamente da fattori climatici e strutturali (Catalano et al. 2011). In relazione alle caratteristiche morfologiche del rilievo e alle condizioni geologico-strutturali locali è possibile suddividere l'area in tre grandi settori (pedemontano, dei rilievi carbonatici e dei rilievi carbonatico-silicoclastici), a cui va aggiunto un quarto settore rappresentato dalla zona costiera tirrenica (Figura 12).

Il settore pedemontano è rappresentato da aree collinari costituite da successioni a prevalentemente componente pelitica (Catalano et al. 2011), come ad esempio le Argille Varicolori Inferiori. L'evoluzione geomorfologica di

questo settore è pertanto direttamente connessa ai movimenti di massa e all'azione dei corsi d'acqua, che hanno prodotto grandi e piccole vallate con generale recapito verso il Mar Tirreno (Agnesi et al. 2005; Catalano et al. 2011). L'azione fluviale ha quindi prodotto diverse morfologie connesse ai processi di incisione, erosione laterale e deposizione (Catalano et al. 2011).

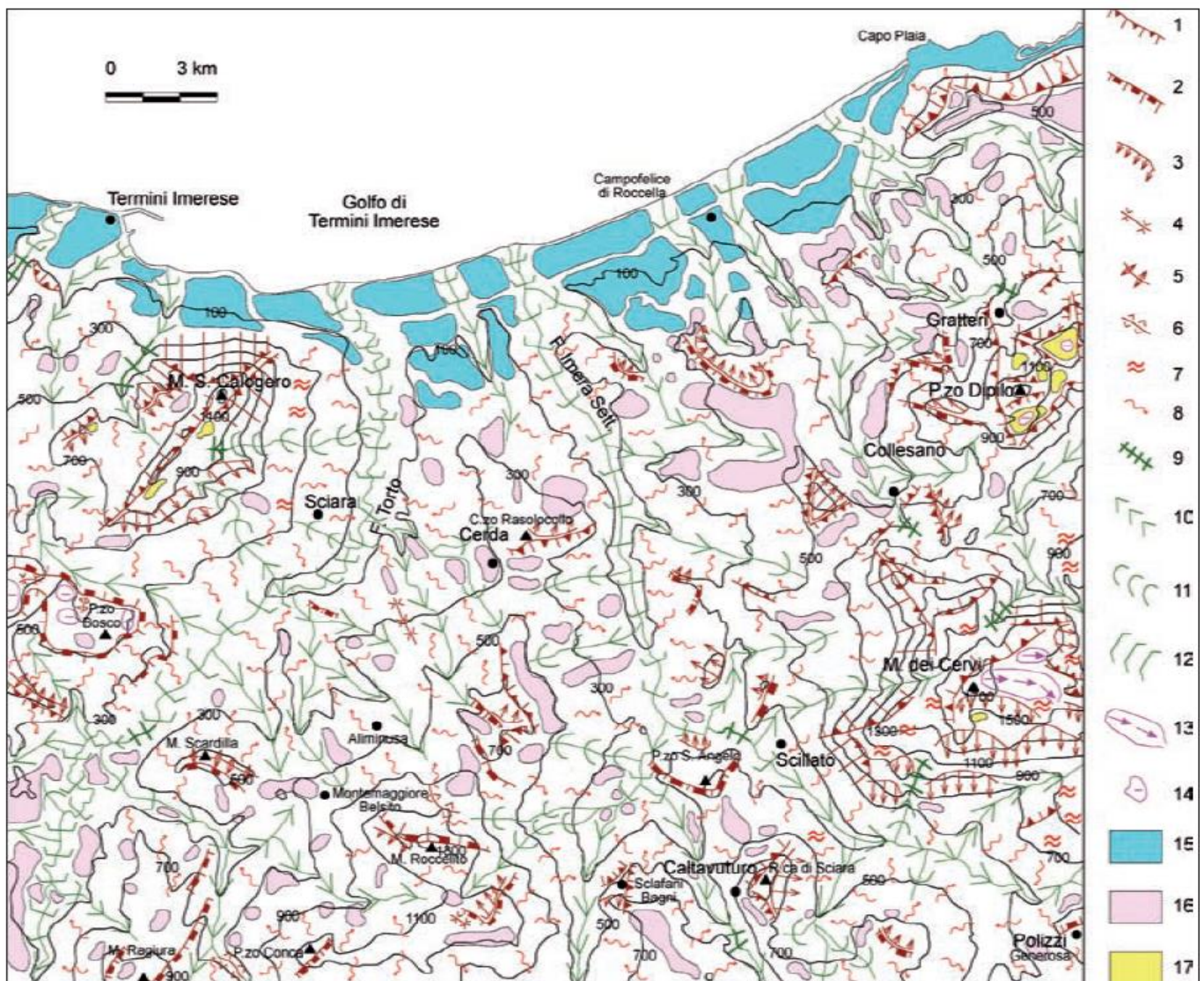


Figura 12 – Schema geomorfologico dell'area del Foglio 609 “Termini Imerese” (da Catalano et al. 2011). Legenda: 1) scarpata o versante di faglia/linea di faglia; 2) scarpata a controllo strutturale; 3) superficie strutturale o substrutturale, inclinata; 4) depressione sinforme; 5) dorsale antiforme; 6) depressione antiforme; 7) versante interessato da deformazione gravitativa profonda o da scivolamento in blocco; 8) versante interessato da frane o da forme di dilavamento; 9) canyon fluviale o fluvio-carsico; 10) valle a V; 11) valle a conca; 12) valle a fondo piatto; 13) depressione fluvio-carsica; 14) superficie interessata da depressioni carsiche; 15) piattaforma di abrasione marina; 16) superficie di terrazzo fluviale o glacis di erosione in roccia tenera; 17) paleosuperficie.





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	27 di 96

Le forme fluviali dovute all'incisione, conseguenti all'abbassamento del livello di base dell'erosione (Agnesi et al. 1999; Catalano et al. 2011), sono rappresentate da valli a V su rocce tenere, vallecicole a conca con pendii fortemente degradati e rare e brevi gole fluviali su rocce dure, come quelle nei conglomerati e nelle arenarie della Formazione Terravecchia (Catalano et al. 2011). Le forme legate a processi di erosione laterale, formatesi durante le fasi di stazionamento del livello di base, sono rappresentate da ripe o scarpate fluviali sia attive che relitte e da superfici di erosione fluviale situate a differenti quote, talora ricoperte da depositi alluvionali appartenenti a più ordini di terrazzi (Catalano et al. 2011). Gli elementi connessi a processi deposizionali, infine, sono rappresentati dalle pianure alluvionali attuali che caratterizzano i tratti medio-bassi dei Fiumi Torto, Imera Settentrionale e San Leonardo (Catalano et al. 2011, 2013).

I versanti del settore pedemontano sono spesso dissestati da processi di dilavamento e movimenti franosi, sia superficiali che profondi (Alfieri et al. 1994; Agnesi et al. 1999; Contino 2002). Le forme dovute al ruscellamento superficiale sono solitamente rappresentate da superfici dilavate, rivoli e solchi di erosione con relativi accumuli colluviali più o meno estesi situati al loro piede (Catalano et al. 2011). Localmente, dove specifiche caratteristiche geologiche del sito lo consentono, si sviluppano invece calanchi e forme analoghe.

I fenomeni franosi e i movimenti di massa sono le forme più diffuse e significative di tutta la zona pedemontana. I fenomeni sono prevalentemente attivi, ovvero mobilizzati o rimobilizzati durante gli ultimi cicli stagionali, o quiescenti, ovvero non attivati negli ultimi decenni nonostante le cause non siano state eliminate. Non mancano grossi corpi stabilizzati (Agnesi et al. 2005; Catalano et al. 2011). Si tratta generalmente di colamenti e frane complesse in terra (*sensu* Varnes 1978 e Hungr et al. 2014), dovute a movimenti di scivolamento nella parte alta e colamento nella parte medio-bassa.

A seconda della lunghezza dei versanti, i fenomeni franosi danno luogo ad accumuli con lunghezze mediamente variabili tra 0.5 e 2 km, fino a un massimo di circa 3-4 km se lo sviluppo dei versanti lo consente, come ad esempio nella zona di Sciara (Agnesi et al. 2005; Catalano et al. 2011). Le larghezze medie delle frane sono di circa 250 m mentre quelle massime, prevalentemente misurate al piede, sono di quasi 2 km (Catalano et al. 2011). Gli spessori delle masse in deformazione sono per lo più compresi tra 5 e 10 m dei movimenti più piccoli e quasi 100 m dei fenomeni più estesi (Catalano et al. 2011).

Le cause dell'intensa franosità dell'area vanno ricercate, essenzialmente, nella presenza di rocce ad elevata componente pelitica spesso alterate e/o tettonizzate, nelle elevate energie di rilievo determinatesi a seguito dei processi di approfondimento della rete fluviale, nello scalzamento al piede operato dai corsi d'acqua, negli scuotimenti sismici connessi ai terremoti più importanti (Agnesi et al. 2005), nell'attività dell'uomo e negli eventi meteorici stagionali o eccezionali (Sorriso-Valvo et al. 1994; Aureli et al. 2008). Un tipico esempio di frana sismoindotta è quello del movimento franoso di Cerda, a NE del centro abitato, attivatosi durante il terremoto di Palermo del 6 settembre 2002 (Agnesi et al. 2005).

La presenza di spessi accumuli di detrito stratificato e parzialmente cementato delle fasi più fredde del Pleistocene contribuisce localmente ad appesantire i versanti determinando puntuali condizioni di disequilibrio (Agnesi et al. 1996, 1998). In questo settore va menzionata, infine, l'esistenza di forme strutturali derivate, presenti lì dove si ha l'interposizione di rocce dure fra rocce tenere (come ad esempio rilievi tipo *cuesta*, *hogback* o *flatiron*) e modesti rilievi monoclinali in coincidenza dei livelli carbonatici e quarzarenitici presenti all'interno della successione del Flysch Numidico (Catalano et al. 2011).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 28 di 96

## 8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Nel settore centro-settentrionale della Sicilia sono presenti complessi carbonatici e carbonatico-silicoclastici, fratturati e più o meno carsificati, che ospitano al loro interno importanti acquiferi sotterranei (Bartolomei et al. 1983; Catalano et al. 1988; Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011), alcuni dei quali strategici per l'approvvigionamento idrico di Palermo e di parte dell'area metropolitana. Ad essi si aggiungono spesse successioni pelitiche, prive di corpi idrici sotterranei significativi, e depositi clastici quaternari, localmente sede di falde freatiche di discreta rilevanza (Bartolomei et al. 1983).

### 8.1 Complessi idrogeologici

In questo settore dell'isola siciliana possono essere identificati diversi complessi idrogeologici, caratterizzati da una certa omogeneità di comportamento nei riguardi della circolazione idrica sotterranea (Bartolomei et al. 1983; Catalano et al. 2011). In particolare, i complessi presenti nell'area sono (Bartolomei et al. 1983):

- **Complesso carbonatico:** comprende tutta la successione litostratigrafica della Piattaforma Panormide, con l'esclusione della Formazione Mufara e del Flysch Numidico. È caratterizzato da un alto grado di permeabilità per fratturazione e carsismo.
- **Complesso calcareo-silico-marnoso:** comprende i depositi in facies Imerese, esclusa la Formazione Mufara e il Flysch Numidico. Interposti tra i termini carbonatici, si rinvengono importanti livelli impermeabili che esercitano un rilevante condizionamento sulla circolazione idrica sotterranea, in quanto determinano il frazionamento del flusso e la formazione di importanti emergenze sorgentizie.
- **Complesso carbonatico-siliceo:** è formato dalle unità di scarpata del dominio Panormide-Imerese, ad esclusione del Flysch Numidico. La sua permeabilità, anche se mediamente elevata, è inferiore a quella del complesso carbonatico. Non si rinvengono livelli impermeabili di particolare interesse idrogeologico.
- **Complesso calcareo-marnoso:** comprende i terreni in facies di piattaforma e bacino del dominio Trapanese, con esclusione delle Marne di S. Cipirello. È caratterizzato da litotipi con un'importante idrogeologica limitata, sia per la loro scarsa permeabilità che per la ridotta estensione degli affioramenti.
- **Complesso argilloso-marnoso-arenaceo:** è composto dall'Unità Sicilide, dal Flysch Numidico e da tutti i litotipi che esplicano un'efficace azione di tamponamento sulla circolazione idrica di base dei massicci carbonatici a causa della loro scarsa permeabilità. Nello stesso complesso ricadono anche i termini della Serie Gessoso-Solfifera e della Formazione Terravecchia.
- **Complesso sabbioso-ghiaioso-calcarenitico:** comprende i depositi marini plio-pleistocenici delle zone costiere, i depositi di spiaggia, le alluvioni e le coltri detritiche. Il grado di permeabilità complessivo è basso, anche se varia al variare della litologia fino a diventare elevato nei termini calcareniti. Laddove si trova in contatto laterale con i massicci carbonatici, può esercitare un'azione di tamponamento generalmente incompleta sulla falda di base.

### 8.2 Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi

Nei Monti di Trabia e Termini Imerese sono presenti quattro unità idrostrutturali sovrapposte (Contino et al. 2004), rappresentate da: i) Pizzo di Cane – Monte San Calogero, ii) Monte San Onofrio – Monte Rotondo, iii) Monte Rosamarina – Monte Pileri, iv) Capo Grosso – Torre Colonna. Le placche di terreni calcareo-marnosi, appartenenti al dominio Sicilide, svolgono un ruolo idrogeologico generalmente modesto (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Fa eccezione l'idrostruttura di San Marina, tra Trabia e Termini Imerese, il cui acquifero è sfruttato tramite pozzi, mentre le manifestazioni sorgentizie sono esclusivamente sottomarine (Contino et al. 2004).

I depositi del Bacino di Monte Bosco, posti a sud dell'edificio tettonico dei Monti di Termini Imerese, ospitano al loro interno diversi acquiferi, spesso multifalda, separati da orizzonti impermeabili o semi-permeabili (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Gli acquiferi presenti negli intervalli arenaceo-conglomeratici della Formazione Terravecchia, nei calcari della Formazione di Baucina e nei depositi marnoso-sabbioso-calcarenitici pliocenici presentano emergenze sorgentizie relativamente modeste (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Le evaporiti messiniane, invece, danno vita a sorgenti selenitose, utilizzate solo per uso irriguo (Contino et al. 2004).

Le sabbie e le calcareniti plioceniche della zona costiera ospitano una falda o un acquifero multifalda che viene captato da numerosi pozzi privati (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). I depositi sabbioso-conglomeratici, associati alle spianate terrazzate pleistoceniche, sono caratterizzati dalla presenza di acquiferi multifalda sfruttati essenzialmente tramite la captazione per pozzi (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Lo sfruttamento intensivo di tali acquiferi, che si sviluppano soprattutto nel settore orientale, ha prodotto fenomeni di ingressione marina (Catalano et al. 2011).

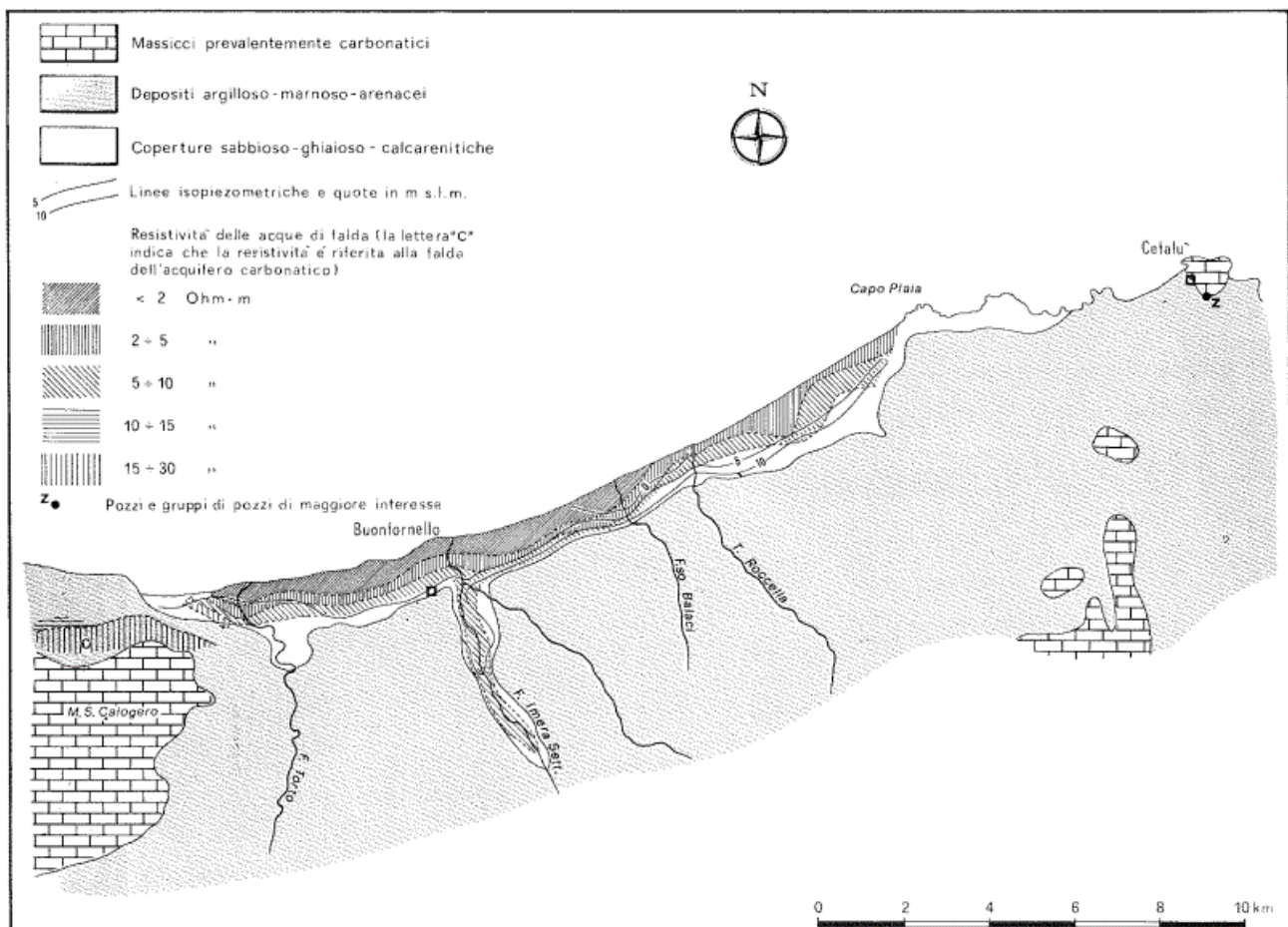


Figura 13 – Schema idrogeologico della Piana di Buonfornello, con ubicazione dei pozzi di maggiore interesse (da Bartolomei et al. 1983).

La circolazione idrica nelle principali idrostrutture è condizionata essenzialmente dai principali lineamenti strutturali, dai fronti di accavallamento che di sovente vanno a coinvolgere le coperture terrigene impermeabili del

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)          Nuova Viabilità NV02</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 30 di 96

Flysch Numidico e dalla presenza di forme carsiche prevalentemente a scarso sviluppo orizzontale (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Alcuni recapiti preferenziali della falda si rinvencono presso l'abitato di Termini Imerese, dove ricadono anche numerose manifestazioni sorgentizie (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). Le strutture geologiche profonde sono caratterizzate da circolazione idrotermale (sorgenti termali di Termini Imerese e Sclafani Bagni).

Negli alvei dei principali corsi d'acqua dell'area, come il Fiume San Leonardo, il Fiume Torto e il Fiume Imera settentrionale, sono presenti acquiferi multifalda all'interno dei depositi alluvionali, localmente captati tramite pozzi (Contino et al. 2004; Catalano et al. 2011). La Piana di Buonfornello e il settore costiero compreso tra Termini Imerese e Capo Plaia (Figura 13) è completamente circondato da litotipi poco permeabili, che costituiscono anche il substrato dell'acquifero (Bartolomei et al. 1983). Quest'ultimo è costituito da depositi alluvionali eterogenei (Bartolomei et al. 1983; Contino et al. 2004), con uno spessore massimo di circa 50 m.

### 8.3 Sorgenti e opere di captazione

Nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili sui pozzi e le sorgenti esistenti nell'area di studio. Dalla consultazione dell'Elaborato B.6 "Risorse - Acquedotti - Utenze dell'ATO di Palermo" dell'"Aggiornamento e revisione del Piano Regolatore Generale degli Acquedotti" della Regione Siciliana, non si individuano pozzi e sorgenti nei settori di territorio relativi alla viabilità in esame.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 31 di 96

## 9 CAMPAGNA DI INDAGINE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche 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, 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 sono state realizzate complessivamente 4 campagne d'indagine:

1. Campagna indagini di “**prima fase**” - metà 2018 a inizio 2019.
2. Campagna “**indagini integrative 2020**” - da fine 2019 a metà 2020.
3. Campagna “**indagini integrative 2021**” – a febbraio 2021.
4. Campagna “**progetto definitivo 2023**” – da febbraio 2023 ad aprile 2023.

Nel complesso sono state realizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 12 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 6 strumentati con piezometro e 6 attrezzati con inclinometro;
- n. 3 sondaggi a distruzione strumentati con piezometro;
- n. 3 prove penetrometriche statiche con piezocono;
- n. 8 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 3 prove MASW;
- n. 1 misura di microtremitori HVSR.

Nei paragrafi seguenti è riportata una sintesi delle indagini geognostiche relative alle opere in progetto. I punti di ubicazione sono riportati nell'allegata Carta geologica con elementi di geomorfologia, ubicazione indagini e profilo geologico e sezioni (RS90 00 Y69 L5 GE0001 001), mentre i certificati delle prove sono riportati nei relativi elaborati (cfr. cap 4 - Dati di base).

Per maggiore chiarezza e al fine di agevolare la verifica dei certificati, nella Tabella 1 e nella Tabella 2 è riportata una sintesi delle indagini (campagna indagini 2018-2019) con indicazione sia dell'impresa che ha eseguito il singolo sondaggio che del laboratorio che ha effettuato le specifiche analisi e prove di laboratorio, opportunamente suddivisi per fasi di indagini (cfr. cap. 4 - Dati di base).

	<b>sondaggio</b>	<b>impresa</b>	<b>laboratorio</b>
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2 Sondaggi ordinari 1a Fase</i>	1S2	Geogav	Sidercem
	1S11	Geogav	Sidercem
	1S14	Geogav	Sidercem
	1S15	Geogav	Sidercem
	1S18	Geogav	Sidercem

**Tabella 1 - Sintesi delle imprese e dei laboratori per singolo sondaggio campagna indagini 2018-2019.**

	<b>prova geofisica</b>	<b>impresa</b>
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto –</i>	MASW 3	Socotec





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	32 di 96

	prova geofisica	impresa
<i>Lercara Diramazione lotto 1+2 Indagini geofisiche di prima fase</i>	SRT 19	Socotec
	SRT 20	Socotec
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2 Indagini geofisiche di seconda fase</i>	MASW19	Vicenzetto
	HVSR 19	Vicenzetto

**Tabella 2 - Sintesi delle imprese per singola prova campagna indagini 2018-2019.**

A partire da dicembre 2019 è stata eseguita una campagna indagini integrativa (campagna integrativa 2020). Per maggiore chiarezza e al fine di agevolare la verifica dei certificati, nella Tabella 3 e nella Tabella 4 è riportata una sintesi delle indagini con indicazione sia dell'impresa che ha eseguito il singolo sondaggio che del laboratorio che ha effettuato le specifiche analisi e prove di laboratorio (cfr. cap. 4 - Dati di base).

	sondaggio	impresa	laboratorio
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2 Indagini integrative 2020</i>	1S11bis	Sonedile	Socotec
	1S11ter	Sonedile	Socotec
	1S11ter_PZ	Sonedile	-

**Tabella 3 - Sintesi delle imprese e dei laboratori per singolo sondaggio campagna integrativa 2020.**

	prova geofisica	impresa
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2 Indagini integrative 2020</i>	Rifrazione_23	Vicenzetto
	Rifrazione_24	Vicenzetto

**Tabella 4 - Sintesi delle imprese per singola prova campagna integrativa 2020.**

A febbraio 2021 è stata eseguita una campagna indagini integrativa (campagna integrativa 2021). Per maggiore chiarezza e al fine di agevolare la verifica dei certificati, in Tabella 5 è riportata una sintesi delle indagini con indicazione sia dell'impresa che ha eseguito il singolo sondaggio che del laboratorio che ha effettuato le specifiche analisi e prove di laboratorio (cfr. cap. 4 - Dati di base).

	sondaggio	impresa	laboratorio
<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2 Indagini integrative 2021</i>	1S14bis	Sonedile	Sidercem

**Tabella 5 - Sintesi delle imprese e dei laboratori per singolo sondaggio campagna integrativa 2021.**

A partire da febbraio 2023 è stata eseguita la campagna indagini per il Progetto Definitivo (PD 2023). Per maggiore chiarezza e al fine di agevolare la verifica dei certificati, nella Tabella 6, nella Tabella 7 e nella Tabella 8 è riportata una sintesi delle indagini con indicazione dell'impresa che ha eseguito la singola indagine (cfr. cap. 4 - Dati di base).

	sondaggio	impresa	laboratorio
<i>Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova</i>	1S_11quat	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-
	1S_11quat piez	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)</b> <b>Nuova Viabilità NV02</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 33 di 96

	sondaggio	impresa	laboratorio
<i>Viabilità NV02</i> <i>PD 2023</i>	1S_11quinc	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-
	1S_11sext	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-
	1S_11sext piez	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-
	1S_11sept	Consorzio LR Laboratori Riuniti	-

**Tabella 6 - Sintesi delle imprese per singolo sondaggio campagna PD 2023.**

	prova penetrometrica	impresa
<i>Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2)</i> <i>- Nuova Viabilità NV02</i> <i>PD 2023</i>	CPTU 1	Consorzio LR Laboratori Riuniti
	CPTU 2	Consorzio LR Laboratori Riuniti
	CPTU 3	Consorzio LR Laboratori Riuniti

**Tabella 7 - Sintesi delle imprese per singola prova campagna PD 2023.**

	prova geofisica	impresa
<i>Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2)</i> <i>- Nuova Viabilità NV02</i> <i>PD 2023</i>	SRT1	Socotec
	SRT2	Socotec
	SRT3	Socotec
	SRT4	Socotec
	MASW	Socotec

**Tabella 8 - Sintesi delle imprese per singola prova campagna PD 2023.**

## 9.1 Sondaggi geognostici

Di 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 (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, strumentazione, profondità (prof), campioni indisturbati (I), campioni semidisturbati (S), campioni rimaneggiati (R), campioni litoidi (L), campioni da prova penetrometrica (SPT), numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon (P), numero prove Dilatometriche (D) e numero prove Pressiometriche (Ps)).

Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2												Sondaggi ordinari 1a Fase			
sigla	Monte Mario Italy 2		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni					prove in foro				
	X	Y				I	S	R	L	SPT	SPT	P	D	Ps	
1S2	2413182	4201075	21.5	Piezometro	40.0	1	2	2	0	7	7	2	0	0	
1S11	2413316	4200960	33.0	Inclinometro	30.0	0	2	2	0	10	10	2	0	0	
1S14	2413241	4200945	21.7	Piezometro	40.0	1	0	5	0	9	9	3	0	2	
1S15	2412710	4200939	29.1	Piezometro	40.0	3	0	4	0	15	15	3	1	1	
1S18	2413250	4201407	21.6	Piezometro	40.0	1	1	2	0	8	8	2	0	0	



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)          Nuova Viabilità NV02</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 35 di 96

Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova Viabilità NV02											Sondaggi PD 2023			
sigla	Monte Mario/Italy 2		quota m s.l.m.	strumentazione	prof m	campioni					prove in foro			
	X	Y				I	S	R	L	SPT	SPT	P	D	Ps
1S_11sept	2413223	4201188	22.2	Piezometro	48.0	5	0	0	0	0	8	3	0	2
<b>Totale</b>						<b>17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

**Tabella 12 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna PD 2023, elencati in ordine alfa-numerico.**

## 9.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencate tutte le prove penetrometriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004), quota, tipologia di indagine e profondità).

Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova Viabilità NV02					Prove penetrometriche PD 2023	
sigla	X	Y	quota m	tipologia indagine	profondità m	
CPTU 1	2413403	4201407	32.5	CPTU	5.6	
CPTU 2	2413362	4201294	38.0	CPTU	13.9	
CPTU 3	2413327	4201252	33.0	CPTU	6.4	

**Tabella 13 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzate nell'ambito della campagna PD 2023, elencate in ordine alfa-numerico.**

## 9.3 Indagini geofisiche

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 (sigla, coordinate nel sistema di riferimento Monte Mario Italy zona 2/fuso Est (EPSG 3004) del punto iniziale (a) e del punto finale (b) di ogni singolo stendimento, tipologia di indagine e lunghezza).

Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2					Indagini geofisiche di 1a fase	
sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y	X	Y		
MASW 3	2413039	4200886	2413030	4200941	MASW	56.0
SRT 19	2413204	4200958	2413429	4200977	Rifrazione	138.4
SRT 20	2413299	4201027	2413325	4200891	Rifrazione	138.4

**Tabella 14 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini 2018-2019, elencati in ordine alfa-numerico.**



<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2</i>					<i>Indagini geofisiche di 2a fase</i>	
sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y	X	Y		
MASW19	2413242	4201453	2413251	4201397	MASW	57.5

**Tabella 15 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini 2018-2019, elencati in ordine alfa-numeric.**

<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2</i>				<i>Indagini geofisiche di 2a fase</i>	
sigla	X	Y	tipologia indagine		
HVSR 19	2413242	4201413	HVSR		

**Tabella 16 - Sintesi delle indagini geofisiche HVSR realizzate nell'ambito della campagna indagini 2018-2019, elencati in ordine alfa-numeric.**

<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2</i>					<i>Indagini integrative 2020</i>	
sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y	X	Y		
Rifrazione_23	2413263	4201129	2413496	4201140	Rifrazione	233.0
Rifrazione_24	2413303	4201185	2413307	4201051	Rifrazione	134.0

**Tabella 17 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna integrativa 2020, elencati in ordine alfa-numeric.**

<i>Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova Viabilità NV02</i>					<i>Indagini geofisiche PD 2023</i>	
sigla	punto iniziale (a)		punto finale (b)		tipologia indagine	lunghezza m
	X	Y	X	Y		
MASW	2413215	4201157	2413222	4201218	MASW	46.0
SRT1	2413308	4201157	2413387	4201312	Rifrazione	175.0
SRT2	2413280	4201270	2413496	4201210	Rifrazione	240.0
SRT3	2413377	4201322	2413397	4201430	Rifrazione	115.0
SRT4	2413317	4201369	2413506	4201331	Rifrazione	205.0

**Tabella 18 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna PD 2023, elencati in ordine alfa-numeric.**

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 37 di 96

## 10 GEOLOGIA DELL'AREA

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze 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 attraverso il rilevamento geologico di superficie e le indagini geognostiche a disposizione.

### 10.1 Assetto litostratigrafico

Nei settori di stretto interesse progettuale sono state individuate e perimetrare diverse 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 caratterizzati da peculiarità litologiche specifiche.

#### 10.1.1 Successioni sedimentarie meso-cenozoiche

Tali successioni sono composte dalle sequenze sedimentarie che formano l'ossatura di questo settore di Catena e sono riferibili ai domini strutturali del Dominio Sicilide e del Bacino Numidico. I termini litologici delle successioni meso-cenozoiche si rinvengono in tutta l'area studio, anche se spesso risultano ricoperti da depositi quaternari di genesi differente.

##### 10.1.1.1 Depositi del Dominio Sicilide

I depositi di questa unità stratigrafico-strutturale sono suddivisibili in due distinte formazioni geologiche, le Argille Varicolori Inferiori e la Formazione Polizzi. Si tratta di successioni marine di scarpata, base scarpata e bacino pelagico, affioranti lungo i versanti che bordano il fondovalle del Fiume Torto.

##### 10.1.1.1.1 Argille Varicolori Inferiori

Questa unità affiora nei settori orientali e occidentali dell'area di studio, prevalentemente lungo i pendii che bordano il fondovalle del Fiume Torto. Si tratta di depositi marini di base scarpata e bacino pelagico, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-marnosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante su unità non affioranti nell'area e presentano uno spessore massimo non valutabile per tettonizzazione. Tali terreni, sotto il profilo cronostatigrafico, sono riferibili al periodo Cretacico superiore– Paleocene.

Dal punto di vista sedimentologico, questa unità è formata da argille limose e argille marnose di colore rosso vinaccia, verde e grigio (AVF), a luoghi con bande violacee e grigio-azzurre, fortemente tettonizzate e a giacitura caotica, a struttura indistinta o finemente scagliosa (Foto 1), con locali ghiaie poligeniche da angolose a subarrotondate; spesso si rinvengono intercalazioni di limi sabbioso, siltiti e arenarie fini grigie e verdastre, in strati da centimetrici a decimetrici, da massivi a gradati, talora a laminazione piano parallela; a luoghi si rinvengono livelli di calcilutiti silicee verdastre, calcareniti nocciola con patine manganesifere e radiolariti verdi e rossastre, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico; immersi nella massa argillosa sono talora presenti olistoliti eterometrici costituiti da calcari detritici con frammenti di rudiste, calcari marnosi biancastri e marne rosate.



Foto 1 - Litofacies argilloso-marnosa delle Argille Varicolori Inferiori (AVF) nel foro di sondaggio 1S15, tra 30.0 e 35.0 m dal p.c..

#### 10.1.1.1.2 Formazione Polizzi

Tali litotipi affiorano in lembi di ridotta estensione nel settore orientale dell'area di interesse progettuale, lungo la parte bassa dei versanti in destra idrografica del Fiume Torto. Si tratta di depositi marini di scarpata e bacino pelagico, costituiti da una singola litofacies a composizione calcareo-marnosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sui depositi delle Argille Varicolori Inferiori e presentano uno spessore massimo di circa 170 m. Dal punto di vista cronologico, questi litotipi sono ascrivibili all'intervallo Eocene medio – Eocene superiore.

Nella zona di studio l'unità è composta essenzialmente da calcari e calcari marnosi di colore grigio e biancastro (POZ), a luoghi rossastro, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, talora a laminazione piano-parallela; spesso sono presenti intercalazioni di marne argillose grigie, in strati di spessore centimetrico, compatte o a struttura scagliosa; a luoghi si rinvencono livelli di calcareniti e breccie calcaree grigie e nocciola, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, generalmente gradati.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 39 di 96

### 10.1.1.2 Depositi del Bacino Numidico

Relativamente ai settori di interesse progettuale, la successione del Bacino Numidico è composta da una singola unità geologica, il Flysch Numidico. Si tratta di deposito di ambiente di conoide torbidityca, affiorante in un piccolo lembo nel settore occidentale della zona di intervento.

#### 10.1.1.2.1 **Flysch Numidico**

Questi terreni si rinvencono in una piccola porzione del settore più occidentale dell'area di studio, in sinistra idrografica del fondovalle del Fiume Torto. Si tratta essenzialmente di depositi marini di conoide torbidityca, costituiti da una singola litofacies a composizione argillitico-siltitica (Membro di Gerasi Siculo). Poggiano in contatto stratigrafico da discordante a paraconforme su unità non affioranti nell'area e mostrano uno spessore massimo di circa 800 m. Dal punto di vista cronologico, questi terreni sono interamente riferibili all'Oligocene superiore – Miocene inferiore.

In questo settore il Membro di Gerasi Siculo è formato prevalentemente da argilliti e argilliti siltitiche di colore grigio e grigio chiaro, a luoghi con bande grigio scuro, bruno e verdastro (**FYN5**), in strati di spessore da millimetrico a decimetrico, compatti o a struttura scagliosa, talora a laminazione piano-parallela; spesso sono presenti intercalazioni di marne argillose e siltiti di colore grigio e grigio scuro, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, e argille marnose grigie, in strati di spessore da millimetrico a centimetrico; a luoghi si rinvencono livelli di arenarie quarzose di colore grigio e giallastro, a grana da fine a media, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, da massivi a gradati, talora a laminazione piano-parallela, incrociata e convoluta; talora sono presenti fratture riempite da calcite e passaggi fortemente alterati e/o tettonizzati..

### 10.1.2 *Successioni clastiche quaternarie*

Le successioni clastiche quaternarie sono formate dai Depositi continentali che ricoprono tutte le unità geologiche di substrato. Queste successioni affiorano diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle e delle parti più basse dei versanti che bordano a est e ad ovest.

#### 10.1.2.1 Depositi continentali

Tali depositi sono formati da tre distinte sequenze sedimentarie, i Depositi alluvionali recenti, i Depositi alluvionali attuali e i Depositi detritico-colluviali. I sedimenti alluvionali sono connessi all'azione deposizionale dei principali sistemi fluviali, come il Fiume Torto e i suoi affluenti maggiori, mentre le coltri detritico-colluviali si rinvencono in tutta l'area di studio e sono connesse all'evoluzione morfologica dei versanti.

##### 10.1.2.1.1 **Depositi alluvionali recenti**

Tali depositi si rinvencono estesamente in corrispondenza del fondovalle del Fiume Torto. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da tre differenti litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Questi terreni presentano uno spessore massimo di circa 50 m e sono interamente riferibili all'Olocene.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa (**bb1**) è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora appiattite, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore bruno, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante (Foto 2); a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.





Foto 2 – Litofacies ghiaioso-sabbiosa dei Depositi alluvionali recenti (bb2) nel foro di sondaggio 1S14bis, tra 10.0 e 15.0 m dal p.c..

La litofacies sabbioso-limosa (**bb2**), invece, è prevalentemente costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, bruno e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono lenti di sabbie ghiaiose grigie e passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore bruno-rossastro, a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Infine, la litofacies limoso-argillosa (**bb3**) è formata da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e bruno-rossastro, talora grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con rare ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 41 di 96

### 10.1.2.1.2 Depositi alluvionali attuali

I terreni in questione si rinvencono diffusamente in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area e, in particolare, lungo l'alveo del Fiume Torto. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e sono parzialmente eteropici ai Depositi detritico-colluviali. Questi terreni presentano uno spessore massimo è di circa 4 m e sono ascrivibili all'intervallo Olocene – Attuale.

Dal punto di vista sedimentologico, l'unità è composta prevalentemente di ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici (**ba1**), da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

### 10.1.2.1.3 Coltri detritico-colluviali

Questi depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, nelle zone impluviali o alla base dei versanti che bordano il fondovalle del Fiume Torto. Si tratta di depositi continentali di versante, di alterazione del substrato e di falda detritica, costituiti da una singola litofacies a composizione limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai Depositi alluvionali attuali. Tali terreni presentano uno spessore massimo è di circa 6 m e sono ascrivibili all'intervallo Olocene – Attuale.

Dal punto di vista litologico, questa unità è costituita prevalentemente limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, grigio e bruno-rossastro (**b2**), a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora sono presenti ghiaie e blocchi poligenici ed eterometrici, da angolosi a sub-angolosi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone e giallastro, generalmente abbondante.

## 10.2 Assetto strutturale

La strutturazione geometrica dei depositi affioranti e il loro relativo assetto giaciturale derivano, essenzialmente, dall'evoluzione tettonica che ha scandito la storia di questo settore dell'Orogene Appenninico-Maghrebide. In generale, le principali strutture tettoniche risultano parzialmente o completamente sepolte al di sotto dei depositi quaternari e, pertanto, l'esatta definizione dei rapporti geometrici tra le varie unità geologiche è generalmente complessa e di non facile lettura.

### 10.2.1 Elementi strutturali

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di diverse strutture tettoniche, di differente età e tipologia, connesse alla complessa evoluzione strutturale di questo settore di catena. Lungo il tracciato è quindi possibile riconoscere elementi strutturali di tipo compressivo, trascorrente e distensivo, oltre a numerose faglie e lineamenti strutturali ad alto angolo con importanza ed estensioni variabili.

L'unico thrust presente nell'area, a ovest del fondovalle del Fiume Torto, è responsabile della sovrapposizione delle Argille Varicolori Inferiori sui termini del Flysch Numidico. Questo elemento presenta un andamento circa N-S e risulta mediamente vergente verso i settori occidentali. La struttura è probabilmente tagliata e dislocata dalle faglie più recenti presenti in corrispondenza dei settori di piana alluvionale.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 42 di 96

Gli elementi ad alto angolo a cinematica indeterminata, invece, sono particolarmente diffusi in tutta l'area di studio e interessano tutte le unità geologiche del substrato. Le direzioni di tali elementi sono molto variabili, anche se la faglia più importante è quella circa N-S presente nei settori centrali della piana alluvionale. Le faglie ad alto angolo condizionano localmente l'andamento dei principali corsi d'acqua dell'area, come chiaramente visibile in alcuni tratti dell'alveo del Fiume Torto.

### **10.2.2 Assetto giaciturale**

L'assetto giaciturale dei termini litologici affioranti è direttamente connesso agli elementi tettonici che li hanno interessati e alle specifiche caratteristiche geologiche degli stessi. In generale, i litotipi meno competenti e più deformabili presentano un assetto caotico o comunque fortemente articolato, dovuto a numerose strutture plicative e piani di taglio. I termini più competenti e meno deformabili, invece, presentano un assetto più regolare e, pertanto, vanno a costituire estese monoclinali fagliate o blandamente piegate.

I termini prevalentemente pelitici delle Argille Varicolori Inferiori, ad esempio, presentano una giacitura prevalentemente caotica, in cui si riconoscono numerose strutture plicative alla micro- e alla meso-scala. Gran parte di queste strutture sono dovute ai diversi piani di sovrascorrimento che hanno provocato la messa in posto di questa sequenza sedimentaria all'interno dell'edificio a falde appenninico-maghrebide. Le ulteriori strutture distensive e trascorrenti che interessano questi terreni contribuiscono a rendere ancora più complesso l'assetto giaciturale dell'unità, rendendo praticamente impossibile il suo riconoscimento.

I litotipi più competenti del Dominio Sicilide, invece, vanno generalmente a costituire strutture monocliniche più o meno estese. Nell'area di studio le monoclinali immergono verso N, NE e SW. Localmente, questi rilievi sono interessati da alcune strutture plicative a grande scala, con ampi raggi di curvatura ed assi mediamente orientati in direzione NW-SE e E-W.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 43 di 96

## 11 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'assetto geomorfologico, in relazione alla complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente condizionato dal locale assetto stratigrafico-strutturale, 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, forme e depositi connessi con l'attività antropica, ed elementi di genesi mista, dovuti all'interazione di più fattori morfologici.

Dal punto di vista orografico, il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra circa 16 m s.l.m. e circa 31 m s.l.m., attraversando trasversalmente l'intera piana alluvionale del Fiume Torto e interessando le porzioni basali dei versanti che delimitano il fondovalle ad est e ovest. Nell'area di studio, pertanto, si possono distinguere due contesti geomorfologici differenti riferibili rispettivamente ai settori di versante, mediamente acclivi e fortemente soggetti a fenomeni legati alla gravità e all'azione delle acque correnti superficiali, e al settore di piana alluvionale, strettamente connesso con la dinamica del Fiume Torto e dei suoi corsi d'acqua tributari nelle aree di confluenza.

Il settore di pianura alluvionale, ampio circa 500 m, è caratterizzato da una superficie pianeggiante interrotta unicamente dal corso del Fiume Torto, che risulta leggermente incassato e quindi delimitato da scarpate di origine fluviale attive e quiescenti. Nello specifico settore di interesse, il fondovalle è delimitato ad ovest da un versante caratterizzato da valori medi di acclività e da un movimento franoso quiescente classificabile come colamento. Tale movimento franoso, che interessa le coltri di copertura e le porzioni più superficiali ed alterate del substrato geologico dell'area, non interferisce con le opere di progetto in quanto posto ad oltre 20 m di distanza. Fenomeni erosivi connessi col deflusso non regimato delle acque correnti superficiali hanno generato, nel tempo, solchi di erosione concentrata lungo i fianchi e al piede della frana precedentemente descritta, ai cui sbocchi nella piana alluvionale si è originata una conoide alluvionale. La conoide presenta uno stato quiescente e si estende per oltre 400 m all'interno del fondovalle, interessando i primi 350 m circa della viabilità di progetto.

D'altro canto, il versante collinare che delimita il fondovalle verso est, lambito dal tracciato di progetto, è interessato da diffusi fenomeni di massa riconducibili sia a movimenti franosi *s.s.* che a fenomeni di *creep* e/o soliflusso. In particolare, le frane sono per lo più classificabili come colamenti, scivolamenti e movimenti complessi (*sensu* Varnes 1978 e Hungr et al. 2014), sia in terra, detrito e roccia. I fenomeni di piccole e medie dimensioni presentano stato variabile dall'attivo al quiescente (*sensu* WP/WLI 1993), in quanto strettamente dipendenti dai cicli climatici stagionali, mentre quelli più profondi ed estesi sono prevalentemente quiescenti (*sensu* WP/WLI 1993). La distribuzione è perlopiù retrogressiva o multidirezionale, raramente costante, mentre le velocità sono mediamente piuttosto basse (*sensu* WP/WLI 1995).

Più nel dettaglio, il versante a monte del tracciato è caratterizzato dalla presenza di un articolato sistema di frane coalescenti sviluppatosi dalla zona più elevata del rilievo fino al fondovalle. Il sistema è costituito da una serie di movimenti profondi ed estesi, a cui si sovrappongono numerose frane più piccole e superficiali. Un primo movimento franoso di discrete dimensioni dapprima lambisce e successivamente coinvolge direttamente il tracciato di progetto, tra il km 0+725 e il km 0+800. Tale fenomeno è caratterizzato lungo la fascia alta di versante da diverse scarpate di frana e presenta uno spessore che può raggiungere i 20-25 m. Si tratta di un movimento franoso complesso, con stato quiescente, lungo circa 400 m e largo circa 225 m, che coinvolge le coltri di copertura e sia le porzioni più superficiali che quelle più profonde del substrato geologico.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	44 di 96

Su questo grande corpo quiescente si vanno a sovrapporre ulteriori movimenti franosi, attualmente attivi o quiescenti. Si tratta di colate, scivolamenti e fenomeni complessi, con cinematica lenta e distribuzione variabile da retrogressiva a multidirezionale. Lo spessore dei fenomeni, variabile tra i 4 ed i 12 m, è maggiore nei movimenti franosi più estesi e tende a ridursi nelle frane di minori dimensioni, situate prevalentemente nella parte medio-bassa del versante. Tra queste, un colamento quiescente, lungo circa 110 m, largo circa 45 m e spesso fino a 10 m, interessa direttamente il tracciato di progetto tra il km 0+800 e il km 0+850, coinvolgendo sia le coltri di copertura che l'accumulo del movimento franoso più esteso.

Procedendo verso nord, lungo il versante è presente un ulteriore e articolato sistema di frane coalescenti. Il sistema è costituito da un movimento franoso complesso e più profondo, a cui si sovrappongono una serie di frane più superficiali e dalle dimensioni estremamente variabili. Il fenomeno franoso più profondo è caratterizzato nella zona di monte da una scarpata di frana che rappresenta la nicchia di un movimento complesso con stato quiescente. La frana, che con uno spessore di circa 20-25 m coinvolge le coltri di copertura e sia le porzioni più superficiali che quelle più profonde del substrato geologico, presenta una lunghezza di circa 350 m e una larghezza di circa 130 m. Attualmente questo fenomeno non presenta evidenze di riattivazioni recenti, quantomeno riferendosi all'originaria superficie di rottura. L'evoluzione geomorfologica è infatti limitata alle porzioni più superficiali del corpo di frana e si esplica attraverso fenomeni di limitata importanza ed estensione.

Le frane più superficiali sovrainposte al movimento franoso più importante si rinvencono principalmente nel settore medio-basso del versante e sono classificabili come movimenti complessi o colate con stato quiescente. Questi fenomeni lambiscono le opere di progetto tra il km 0+850 e il km 0+925 e presentano spessori variabili da pochi metri fino a quasi 9-10 m circa. In tali fenomeni risultano prevalentemente coinvolte le coltri di coperture e l'accumulo del movimento franoso più profondo. Infine, sul fenomeno quiescente più profondo, nel suo settore più settentrionale, è sovrapposto un più vasto movimento complesso con stato quiescente che lambisce le opere di progetto lungo l'estremità settentrionale. Si tratta di un vasto fenomeno lungo circa 400 m, largo tra 130 e 230 m circa, e profondo circa 10 m, che coinvolge le masse precedentemente mobilizzate dal movimento franoso più profondo e le coltri di copertura presenti lungo il versante.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 45 di 96

## 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 di intervento sono stati individuati sei 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 dell'area e sulle caratteristiche di permeabilità dei diversi termini litologici.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione delle prove di permeabilità 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.

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 e fessurazione dei singoli ammassi rocciosi. I dati delle prove di permeabilità a disposizione sono stati quindi analizzati in relazione alle specifiche caratteristiche del complesso di appartenenza, scartando eventuali valori anomali o caratteristici di condizioni geologiche ed idrogeologiche locali, non rappresentative del comportamento medio dell'unità.

#### 12.1.1 Complessi delle unità del substrato

Questo gruppo è rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni sedimentarie mesozoiche a composizione argilloso-marnosa e calcareo-marnosa.

##### 12.1.1.1 Substrato argilloso-marnoso

Al presente complesso (**SAM**) sono associati i depositi prevalentemente pelitici delle unità **AVF** e **FYN5**. Dal punto di vista litologico si tratta di argille limose, argille marnose, argilliti, argilliti marnose e siltiti in strati di spessore da millimetrico a decimetrico, compatti o a struttura scagliosa, talora a laminazione piano-parallela o a giacitura caotica, con rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono livelli di



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 46 di 96

arenarie e arenarie quarzose in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, da massive a gradate, talora a laminazione piano-parallela, incrociata o convoluta; localmente sono presenti fratture riempite da calcite, passaggi fortemente tettonizzati e intercalazioni di calcilutiti, calcareniti, calcari marnosi e radiolariti.

I terreni in questione costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquiclude* o degli *aquitard* di notevole importanza per tutti i corpi idrogeologici limitrofi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde confinate all'interno degli orizzonti arenacei e carbonatici più permeabili presenti all'interno del complesso. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da impermeabile a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-10}$  e  $5 \cdot 10^{-7}$  m/s.

#### 12.1.1.2 Substrato calcareo-marnoso

A questo complesso (**SCM**) sono riferiti i termini carbonatici e calcareo-marnosi dell'unità **POZ**. Per quanto riguarda le caratteristiche litologiche si tratta di calcari e calcari marnosi in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, talora a laminazione piano-parallela; spesso sono presenti intercalazioni di marne argillose in strati di spessore centimetrico, compatte o a struttura scagliosa, e livelli di calcareniti e brecce calcaree in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, generalmente gradati.

Questi depositi costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee 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 media. Al complesso in esame si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $5 \cdot 10^{-8}$  e  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

#### 12.1.2 **Complessi dei depositi di copertura**

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

##### 12.1.2.1 Coperture limoso-argillose

A questo complesso (**CLA**) sono riferiti i depositi quaternari a composizione prevalentemente pelitica dell'unità **bb3**. Dal punto di vista litologico si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con rare ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora sono presenti lenti e/o livelli di ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici, da sub-angolosi a sub-arrotondati, in matrice sabbioso-limosa e limoso-argillosa da scarsa ad abbondante.

Questi depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquitard* di importanza variabile in relazione all'estensione e allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi più permeabili presenti all'interno del complesso. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da impermeabile a bassa. Al complesso in esame si può pertanto attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $5 \cdot 10^{-10}$  e  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 47 di 96

#### 12.1.2.2 Coperture sabbioso-limose

Al complesso in questione (**CSL**) sono associati i termini prevalentemente psammitici dell'unità **bb2**. Sotto il profilo litostratigrafico si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, talora a stratificazione incrociata, con locali resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

I presenti litotipi costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $1 \cdot 10^{-8}$  e  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

#### 12.1.2.3 Coperture ghiaioso-sabbiose

Al presente complesso (**CGS**) sono riferiti i terreni di copertura prevalentemente grossolani delle unità **bb1** e **ba1**. Dal punto di vista litologico si tratta di ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici, da sub-angolosi ad arrotondati, talora appiattiti, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o a stratificazione incrociata, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

I termini litologici in esame costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta. Al complesso in questione è pertanto possibile attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $5 \cdot 10^{-6}$  e  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s.

#### 12.1.2.4 Terreni di copertura

Tale complesso (**TRC**) è composto dai terreni di copertura antropica, gravitativa ed eluvio-colluviale delle unità **fr**, **b2** e **h**. Sotto il profilo litostratigrafico si tratta prevalentemente di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora sono presenti ghiaie e blocchi poligenici ed eterometrici, da angolosi a sub-angolosi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa generalmente abbondante.

I depositi in questione costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività a causa del ridotto spessore dei depositi, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile tra  $5 \cdot 10^{-9}$  e  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s.

### 12.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative alle opere in progetto, con indicazione dei valori di permeabilità determinati distinti per i relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

campagna indagine	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
2020 Sondedile	1S11bis	P1	Lefranc	4.5 - 6.0	3.42E-06
2020 Sondedile	1S11ter	P1	Lefranc	5.0 - 6.4	2.23E-05
Ordinari prima fase	1S11	1	Lefranc	5.3 - 5.8	5.62E-08
PD 2023	1S_11quat	LE1	Lefranc	6.0 - 7.5	1.05E-06
PD 2023	1S_11quinc	LE1	Lefranc	4.5 - 6.0	5.37E-07
PD 2023	1S_11sext	LE1	Lefranc	4.5 - 7.5	1.69E-07

Tabella 19 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Terreni di copertura (TRC).

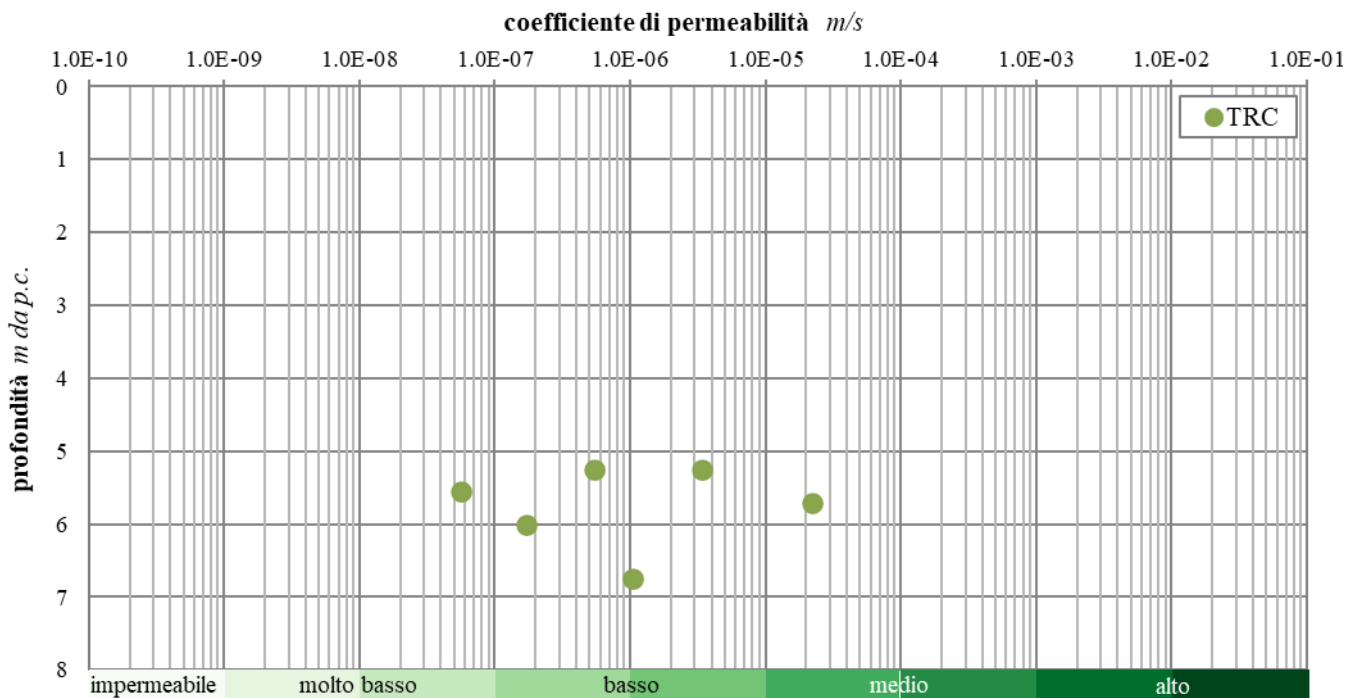
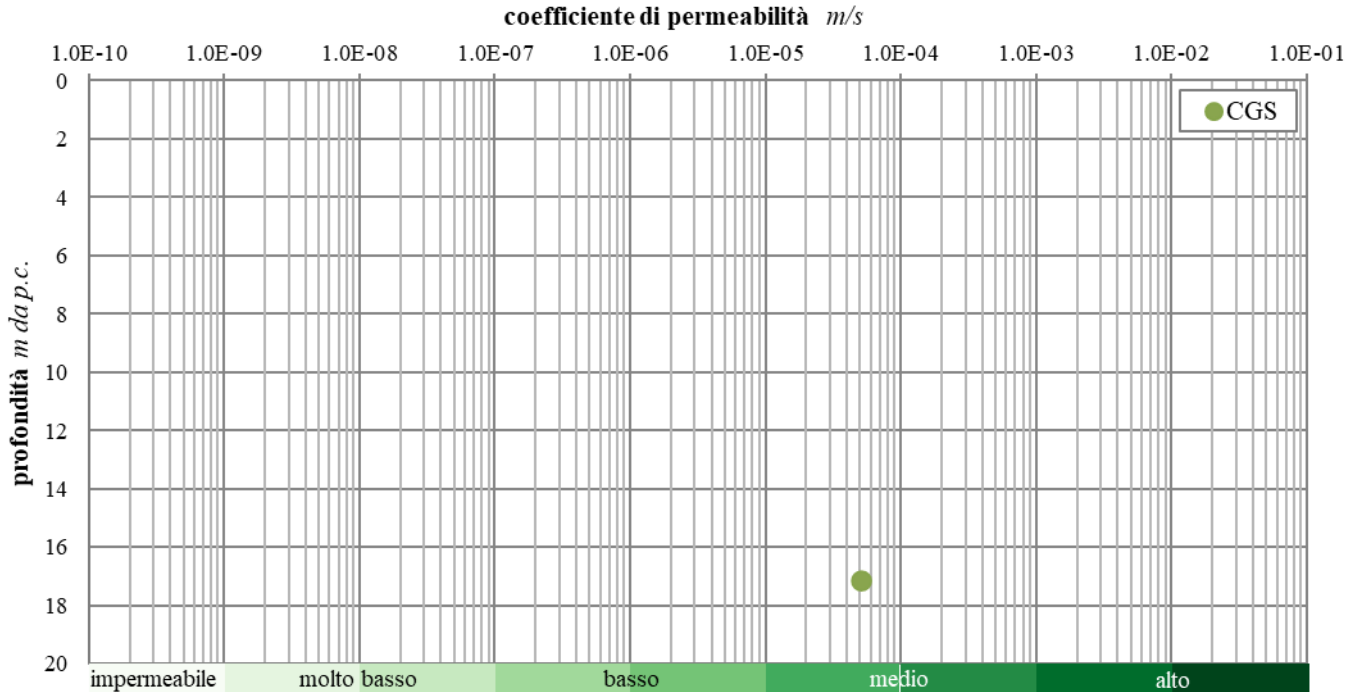


Figura 14 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Terreni di copertura (TRC).

campagna indagine	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
2021 Sondedile	1S14bis	LE2	Lefranc	16.3 - 18.0	5.10E-05

Tabella 20 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Coperture ghiaioso-sabbiose (CGS).



**Figura 15 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Coperture ghiaioso-sabbiose (CGS).**

campagna indagini	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
Ordinari prima fase	1S14	1	Lefranc	5.9 - 6.4	2.06E-06
Ordinari prima fase	1S15	1	Lefranc	5.5 - 6.0	4.72E-06
Ordinari prima fase	1S15	2	Lefranc	14.5 - 15.0	1.41E-05
Ordinari prima fase	1S18	1	Lefranc	4.0 - 4.5	2.81E-06
Ordinari prima fase	1S2	1	Lefranc	9.5 - 10.0	1.17E-08
PD 2023	1S_11sept	LE2	Lefranc	13.5 - 15.5	3.94E-07
PD 2023	1S_11sept	LE1	Lefranc	5.0 - 6.0	1.37E-06

**Tabella 21 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Coperture sabbioso-limose (CSL).**

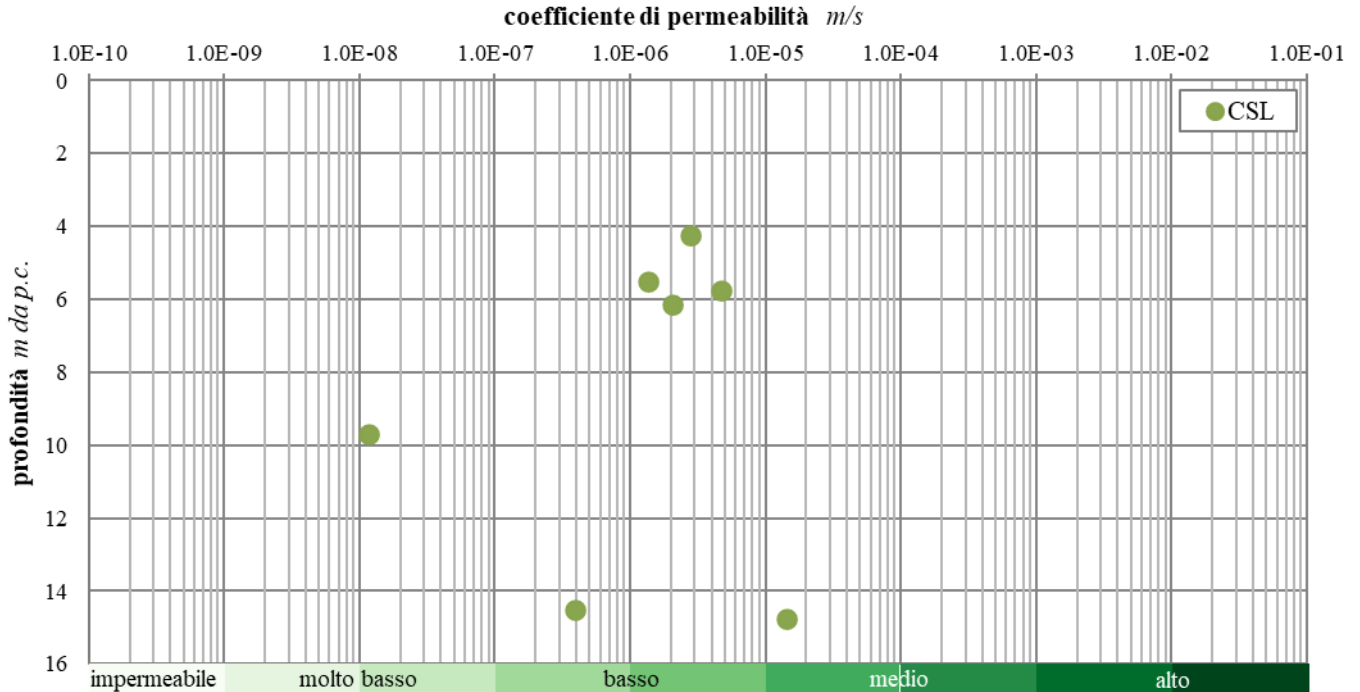


Figura 16 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Coperture sabbioso-limose (CSL).

campagna indagini	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
2021 Sondedile	1S14bis	LE1	Lefranc	4.5 - 6.0	5.91E-05

Tabella 22 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Coperture limoso-argillose (CLA).



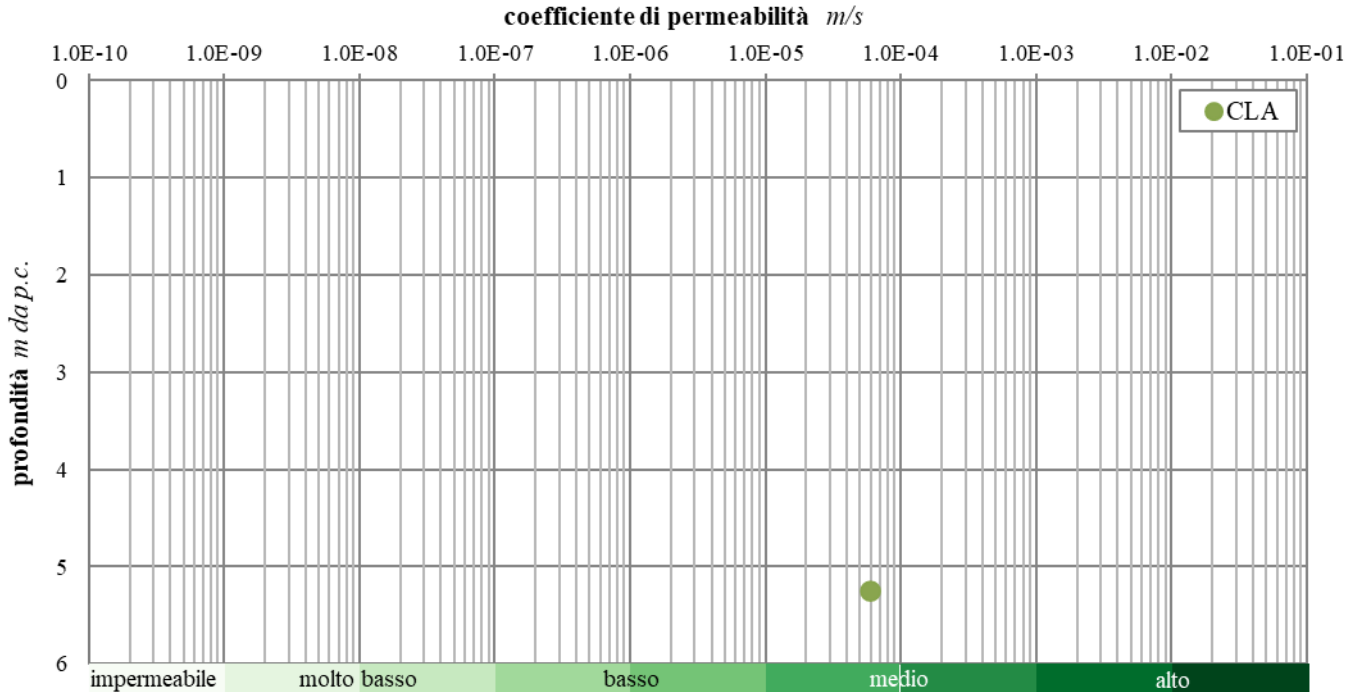


Figura 17 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Coperture limoso-argillose (CLA).

campagna indagini	sigla	prova	tipologia	profondità $m$	permeabilità $m/s$
2020 Sondedile	1S11ter	P2	Lugeon	15.0 - 20.0	3.42E-07

Tabella 23 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Substrato calcareo-marnoso (SCM).

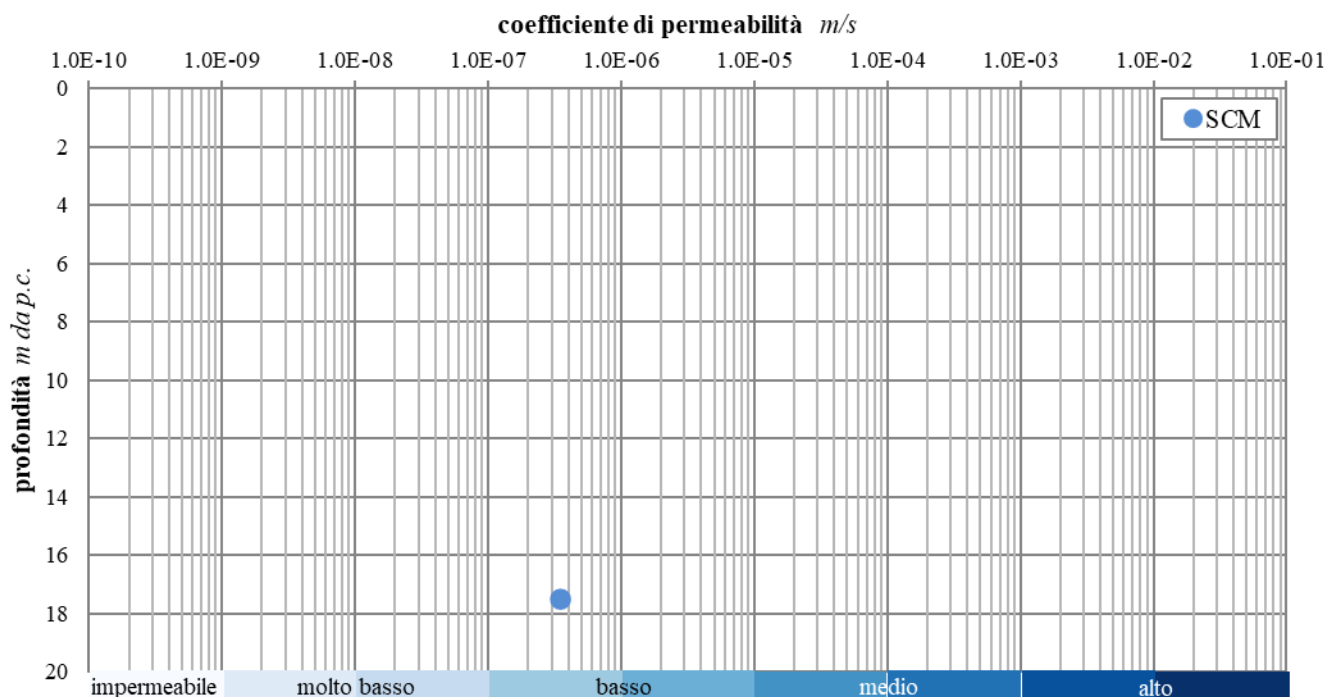


Figura 18 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Substrato calcareo-marnoso (SCM).

campagna indagini	sigla	prova	tipologia	profondità <i>m</i>	permeabilità <i>m/s</i>
2020 Sondedile	1S11bis	P2	Lugeon	15.0 - 18.6	3.09E-07
Ordinari prima fase	1S11	2	Lugeon	16.4 - 17.9	8.15E-06
Ordinari prima fase	1S14	2	Lefranc	14.0 - 14.5	5.78E-09
Ordinari prima fase	1S14	3	Lugeon	27.0 - 28.5	5.05E-07
Ordinari prima fase	1S15	3	Lugeon	27.5 - 29.0	1.52E-06
Ordinari prima fase	1S18	2	Lugeon	17.9 - 19.4	3.17E-06
Ordinari prima fase	1S2	2	Lefranc	20.0 - 20.5	7.54E-09
PD 2023	1S_11quat	LE2	Lefranc	15.0 - 17.0	5.96E-07
PD 2023	1S_11quinc	LE2	Lefranc	13.5 - 15.0	9.21E-07
PD 2023	1S_11sept	LE3	Lefranc	27.0 - 29.0	5.52E-08
PD 2023	1S_11sext	LE2	Lefranc	15.0 - 18.0	3.82E-08

Tabella 24 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità per il complesso Substrato argilloso-marnoso (SAM).

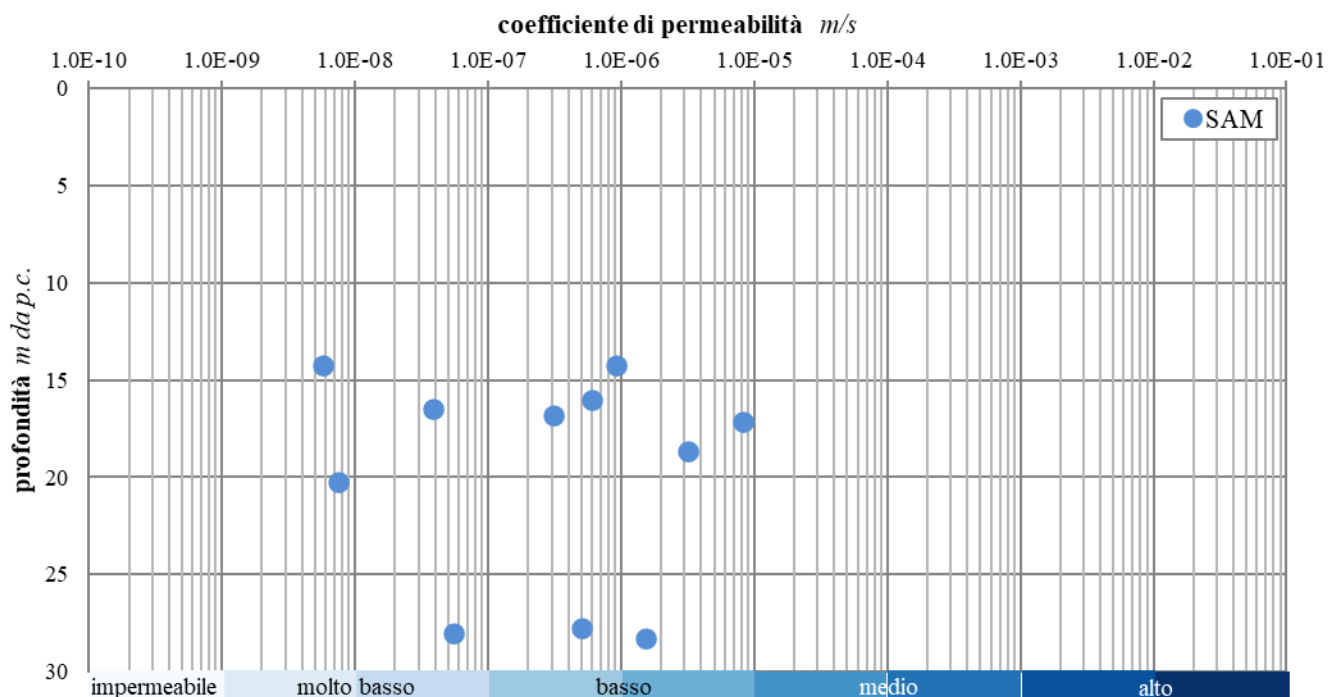


Figura 19 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità in funzione della profondità per il complesso Substrato argilloso-marnoso (SAM).

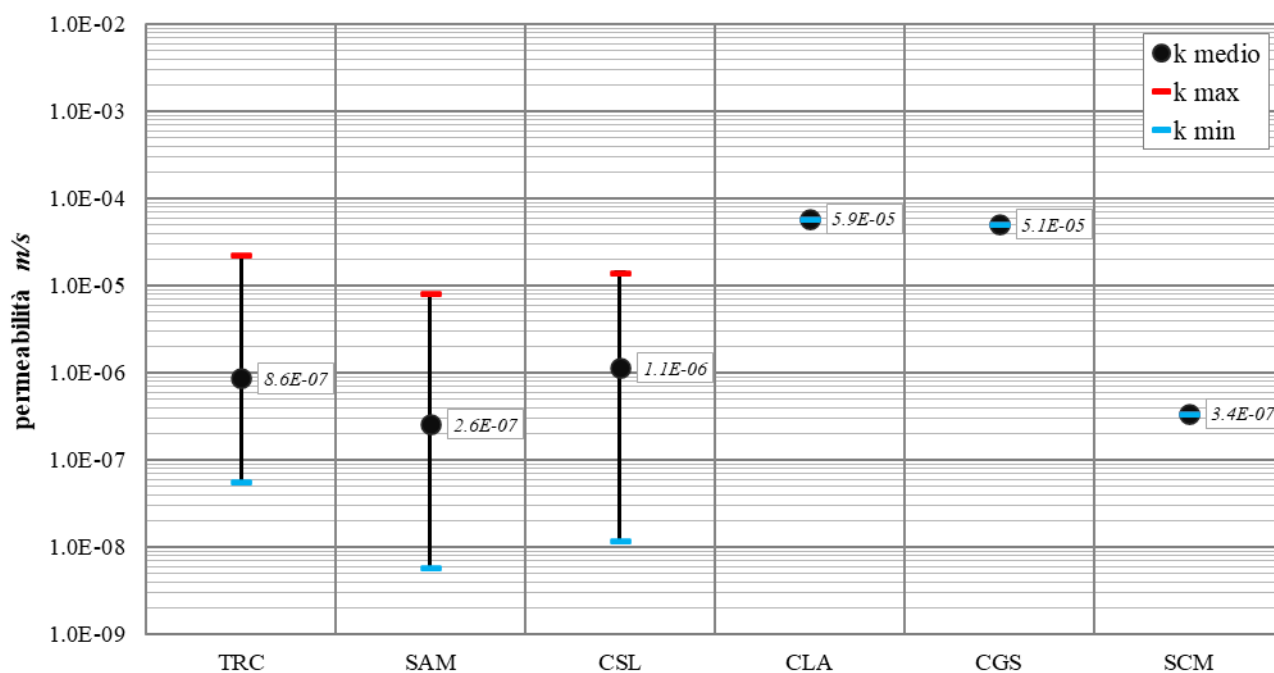


Figura 20 - Grafico di distribuzione del coefficiente di permeabilità per i diversi complessi idrogeologici individuati nell'area di studio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)</b> <b>Nuova Viabilità NV02</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

### 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. 9 fori di sondaggio di cui n. 6 a tubo aperto, n. 2 con una cella di Casagrande e n. 1 con due celle di Casagrande.

#### 12.3.1 Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna PD 2023

Di seguito viene riassunto il monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna PD 2023. In particolare, si riportano i principali dati disponibili (sigla, piezometro, data, prof. falda, quota falda e note). Si specifica che, considerate le date di installazione dei piezometri e di lettura del livello piezometrico, la permeabilità dei depositi coinvolti e la tipologia di strumentazione installata, le misure effettuate non risultano attendibili. Pertanto, sarà necessario proseguire il monitoraggio con nuove misure per verificare la reale profondità del livello piezometrico.

<i>Tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione (Lotto 1+2) - Nuova Viabilità NV02</i>					
sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
1S_11quat piez	1 cella Casagrande <i>Cella 1: 19.0</i>	04/2023	11.88	10.32	-
		04/2023	11.83	10.37	-
1S_11sext piez	1 cella Casagrande <i>Cella 1: 19.0</i>	04/2023	9.11	23.39	-
			9.00	23.50	-
1S_11sept	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 45.0</i>	04/2023	10.10	23.90	-
			9.98	24.02	-

**Tabella 25 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulla strumentazione installata nel foro di sondaggio della campagna PD 2023, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

#### 12.3.2 Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna integrativa 2021

Di seguito viene riassunto il monitoraggio piezometrico nel foro di sondaggio della campagna integrativa 2021. In particolare, si riportano i principali dati disponibili (sigla, piezometro, data, prof. falda, quota falda e note).

<i>Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2</i>					
sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	quota falda <i>m s.l.m.</i>	note
1S14bis	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 3.0</i> <i>finestrato: 3.0 - 40.0</i>	03/2021	14.50	7.90	-
		04/2021	14.20	8.20	-

**Tabella 26 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nel foro di sondaggio della campagna integrativa 2021, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

### 12.3.3 Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna integrativa 2020

Di seguito viene riassunto il monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della *campagna integrativa 2020*. In particolare, si riportano i principali dati disponibili (sigla, piezometro, data, prof. falda, quota falda e note).

#### Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S11ter_PZ	2 celle Casagrande Cella 1: 8.0 Cella 2: 25.0	09/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		11/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		12/2020	c1: Assente	c1: Assente	-
		01/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		02/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		03/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		04/2021	c1: Assente	c1: Assente	-
		09/2020	c2: 3.50	c2: 69.19	-
		11/2020	c2: 13.00	c2: 59.69	-
		12/2020	c2: 10.15	c2: 62.54	-
		01/2021	c2: 10.00	c2: 62.69	-
		02/2021	c2: 11.90	c2: 60.79	-
		03/2021	c2: 12.10	c2: 60.59	-
		04/2021	c2: 11.40	c2: 61.29	-

**Tabella 27 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nel foro di sondaggio della campagna indagine 2020, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

### 12.3.4 Monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della campagna indagini 2018-2019 “prima fase”

Di seguito viene riassunto il monitoraggio piezometrico nei fori di sondaggio della *campagna indagini 2018-2019 “prima fase”*. In particolare, si riportano i principali dati disponibili (sigla, piezometro, data, prof. falda, quota falda e note).

#### Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
1S2	Tubo aperto¶ cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 18.0 cieco: 18.0 - 21.0	11/2018	8.70	12.80	-
		12/2018	8.68	12.82	-
		01/2019	8.42	13.08	-
		02/2019	8.30	13.20	-
		04/2019	8.36	13.14	-
		05/2019	8.33	13.17	-



*Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2*

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
		06/2019	8.45	13.05	-
		07/2019	8.48	13.02	-
		08/2019	8.57	12.93	-
		09/2019	8.30	13.20	-
		10/2019	8.65	12.85	-
		10/2019	9.04	12.46	-
		11/2019	9.04	12.46	-
		12/2019	8.70	12.80	-
		01/2020	8.73	12.77	-
		02/2020	8.78	12.72	-
		03/2020	8.48	13.02	-
		04/2020	8.82	12.68	-
		05/2020	8.61	12.89	-
		07/2020	8.48	13.02	-
		09/2020	8.80	12.70	-
		11/2020	8.90	12.60	-
		12/2020	8.78	12.72	-
		01/2021	8.97	12.53	-
		02/2021	9.00	12.50	-
		03/2021	8.80	12.70	-
		04/2021	8.64	12.86	-
1S14	Tubo aperto¶ cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 15.0 cieco: 15.0 - 18.0	02/2019	6.58	15.16	-
		04/2019	6.70	15.04	-
		05/2019	6.52	15.22	-
		06/2019	6.20	15.54	-
		07/2019	6.50	15.24	-
		08/2019	ND	ND	Non trovato
		09/2019	ND	ND	Non trovato
		10/2019	ND	ND	Non trovato
		10/2019	5.50	16.24	-
		11/2019	5.50	16.24	-
		12/2019	ND	ND	Irraggiungibile
		01/2020	4.80	16.94	-

Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
		02/2020	ND	ND	Non trovato
		03/2020	ND	ND	Non trovato
		04/2020	ND	ND	Non trovato
		05/2020	ND	ND	Non trovato
		07/2020	ND	ND	Non trovato
		09/2020	ND	ND	Non trovato
		11/2020	ND	ND	Non trovato
		12/2020	ND	ND	-
		01/2021	ND	ND	-
		02/2021	6.80	14.94	-
		03/2021	7.00	14.74	-
		04/2021	6.93	14.81	-
1S15	Tubo aperto¶ cieco: 0.0 - 3.0 finestrato: 3.0 - 30.0	04/2019	9.86	19.21	-
		05/2019	9.07	20.00	-
		06/2019	10.20	18.87	-
		07/2019	10.83	18.24	-
		08/2019	10.26	18.81	-
		09/2019	9.20	19.87	-
		10/2019	8.45	20.62	-
		10/2019	9.12	19.95	-
		11/2019	9.12	19.95	-
		12/2019	8.90	20.17	-
		01/2020	9.64	19.43	-
		02/2020	9.87	19.20	-
		03/2020	10.00	19.07	-
		04/2020	7.42	21.65	-
		05/2020	9.35	19.72	-
		07/2020	9.80	19.27	-
		09/2020	9.45	19.62	-
		11/2020	9.20	19.87	-
		12/2020	9.10	19.97	-
		01/2021	9.27	19.80	-
		02/2021	8.70	20.37	-

*Raddoppio della tratta Fiumetorto – Lercara Diramazione lotto 1+2*

sigla	piezometro	data	prof. falda m dal p.c.	quota falda m s.l.m.	note
		03/2021	9.90	19.17	-
		04/2021	8.30	20.77	-
1S18	Tubo aperto¶ cieco: 0.0 - 6.0 finestrato: 6.0 - 15.0 cieco: 15.0 - 18.0	01/2019	11.15	10.41	-
		02/2019	11.25	10.31	-
		04/2019	11.30	10.26	-
		05/2019	11.19	10.37	-
		06/2019	11.25	10.31	-
		07/2019	11.18	10.38	-
		08/2019	11.19	10.37	-
		09/2019	11.40	10.16	-
		10/2019	11.30	10.26	-
		10/2019	11.20	10.36	-
		11/2019	11.20	10.36	-
		12/2019	11.30	10.26	-
		01/2020	11.20	10.36	-
		02/2020	11.22	10.34	-
		03/2020	11.14	10.42	-
		04/2020	11.22	10.34	-
		05/2020	11.41	10.15	-
		07/2020	11.28	10.28	-
		09/2020	11.28	10.28	-
		11/2020	11.20	10.36	-
		12/2020	11.25	10.31	-
		01/2021	11.38	10.18	-
		02/2021	11.38	10.18	-
		03/2021	11.30	10.26	-
		04/2021	11.46	10.10	-

**Tabella 28 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagini 2018-2019 prima fase, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blu la minima.**

#### 12.4 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Tutti i dati raccolti durante il presente studio, di carattere sia geologico che idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 59 di 96

sotterraneo proprio dei settori di interesse. Quest'ultimo, in particolare, è direttamente connesso alle caratteristiche di permeabilità dei termini litologici presenti e al locale assetto strutturale e litostratigrafico dell'area.

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 della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici di ridotta permeabilità che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati degli *aquiclude* o al più degli *aquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

I depositi di copertura più recenti, di genesi antropica, gravitativa e detritico-colluviale, sono caratterizzati da una permeabilità estremamente variabile, ma generalmente compresa tra bassa e molto bassa. A causa del ridotto spessore, questi terreni sono in genere privi di falde e corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Localmente, ove sussistono le adeguate condizioni idrogeologiche ed è presente un livello meno permeabile alla base, è possibile che si formino piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche o dagli apporti connessi all'attività antropica nell'area.

I depositi alluvionali che colmano il fondovalle del Fiume Torto sono rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e, pertanto, costituiscono sistemi idrogeologici estremamente articolati e complessi. Il deflusso è direttamente condizionato dalle locali caratteristiche litologiche dei depositi e avviene essenzialmente all'interno degli orizzonti più permeabili in direzione del litorale tirrenico. Il substrato pre-quaternario presente alla base dei depositi sostiene la falda e ne condiziona il deflusso idrico sotterraneo, che nel complesso risulta alimentato sia dalle precipitazioni meteoriche che dagli apporti degli acquiferi confinanti.

I terreni di copertura a composizione ghiaioso-sabbiosa non si rinvengono in affioramento ma caratterizzano buona parte dei depositi alluvionale del fondovalle del Fiume Torto. In generale, presentano una permeabilità variabile da bassa ad alta e costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi. Questi depositi sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. A causa delle specifiche caratteristiche dell'area, questi terreni sono a luoghi confinati o tamponati dalle porzioni meno permeabili delle coperture alluvionali.

La porzione sabbioso-limosa dei depositi di copertura presenta una notevole estensione lungo il fondovalle del Fiume Torto. Questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità variabile da molto bassa a media e, pertanto, costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. A causa delle caratteristiche idrogeologiche dei depositi e del limitato spessore degli stessi, le falde presenti in questi materiali sono generalmente di modesta rilevanza. Il deflusso è localmente autonomo ma globalmente a deflusso unitario, con frequenti interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe.

I termini prevalentemente pelitici dei terreni di copertura non sono molto diffusi nell'area di studio e, in generale, si rinvengono come lenti e/o livelli di limitato spessore all'interno della piana alluvionale. A causa della loro ridotta permeabilità, questi terreni costituiscono dei limiti per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquitard* di importanza variabile in relazione all'estensione e allo spessore dei depositi. Generalmente non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, anche se localmente possono incontrarsi piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti psammitici intercalati all'interno della frazione pelitica.

I litotipi calcareo-marnosi si rinvengono in lembi di ridotta estensione in corrispondenza dei rilievi che delimitano ad est il fondovalle del Fiume Torto. Sono caratterizzati da una permeabilità per fessurazione e carsismo variabile



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	60 di 96

da molto bassa a media, che risente della presenza di frequenti intercalazioni pelitiche. Generalmente costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi, ma a causa della ridotta estensione latero-verticale sono sede di falde idriche di modesta rilevanza. Tali falde sono generalmente discontinue e frazionate e risultano contenute nelle porzioni più carsificate e fratturate dell'ammasso, come ad esempio in corrispondenza delle fasce di deformazione tettonica che spesso interessano questi materiali.

Infine, i termini prevalentemente pelitici del substrato pre-quadernario presentano una permeabilità estremamente bassa, talora fino a impermeabile, e pertanto non sono sede 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 *aquiclude* o degli *aquitard* di notevole rilevanza per tutte le idrostrutture limitrofe. Localmente, in corrispondenza degli orizzonti lapidei più permeabili intercalati all'interno della successione, è comunque possibile ritrovare piccole falde confinate, di ridotta importanza ed estensione.

In relazione a quanto esposto, nell'area di studio è possibile individuare diverse condizioni idrogeologiche e di deflusso idrico sotterraneo: una condizione relativa ai settori di fondovalle con spesse coperture quadernarie, una condizione di versante con substrato relativamente permeabile e una condizione di versante con substrato poco o nulla permeabile. Queste condizioni sono chiaramente schematizzabili lungo l'area di studio, per via delle differenti caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area.

I settori di fondovalle sono rappresentati unicamente dalla pianura alluvionale del Fiume Torto. In questo settore si rinviene una falda di sub-alveo situata all'interno delle porzioni più grossolane e permeabili dei depositi alluvionali che colmano la piana. Tale falda è sostenuta dai termini meno permeabili del substrato, che la tamponano anche lateralmente. La falda segue l'andamento della superficie topografica e mostra un deflusso orientato prevalentemente verso nord, in direzione del litorale tirrenico. L'alimentazione è dovuta principalmente alle precipitazioni meteoriche e al travaso, prevalentemente verticale, che avviene dal Fiume Torto verso la falda. La superficie piezometrica è generalmente posta a pochi metri di profondità dal p.c., anche se il suo andamento è fortemente variabile in funzione della morfologia del substrato impermeabile e delle variazioni stagionali degli apporti meteorici.

I settori di versante caratterizzati dalla presenza di successioni pre-quadernarie relativamente permeabili si rinvencono localmente lungo i rilievi che delimitano ad est il fondovalle. In tali settori sono presenti modeste falde sotterranee, prevalentemente situate all'interno delle porzioni più fratturate e permeabili del substrato. Le falde sono spesso tamponate o, talvolta, completamente confinate dagli orizzonti pelitici presenti all'interno delle successioni, che frazionano il deflusso idrico sotterraneo in diverse falde parzialmente comunicanti. L'andamento delle falde segue generalmente la morfologia superficiale dei versanti, anche se localmente risulta fortemente condizionato dall'assetto giaciturale dell'ammasso e dalla conformazione degli orizzonti pelitici a bassa permeabilità. L'alimentazione degli acquiferi è dovuta sia alle precipitazioni meteoriche che agli scambi idrici sotterranei con le idrostrutture confinanti. La profondità della superficie piezometrica è generalmente piuttosto elevata, nell'ordine di diverse decine di metri, anche se localmente si riduce fortemente in prossimità dei fondovalle e delle depressioni impluviali più importanti. Inoltre, all'interno dei depositi di copertura in appoggio sui litotipi del substrato è possibile rinvenire piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche.

Infine, i settori di versante con substrato pelitico poco o nulla permeabile si rinvencono diffusamente lungo i rilievi che delimitano il fondovalle del Fiume Torto. Data la ridotta permeabilità media dei depositi in questione, non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di particolare rilevanza, a meno di piccole falde presenti all'interno

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 61 di 96

degli orizzonti lapidei fratturati intercalati all'interno della successione. Queste falde risultano generalmente confinate dai termini pelitici circostanti e raramente raggiungono una estensione significativa. Questi depositi costituiscono generalmente degli *aquiclude* o degli *aquitard* per gli acquiferi limitrofi e, pertanto, condizionano in maniera sostanziale l'assetto idrogeologico dell'area. Nonostante ciò, anche le porzioni pelitiche meno permeabili risultano generalmente sature, soprattutto in profondità dove le intercalazioni lapidee e i deflussi idrici provenienti dalle idrostrutture limitrofe hanno permesso, nel corso del tempo, l'instaurarsi di una condizione stabile di saturazione dell'ammasso. All'interno dei depositi di copertura in appoggio sui litotipi del substrato, inoltre, è possibile rinvenire piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche.

## 12.5 Ricostruzione dei livelli piezometrici

I livelli piezometrici nel profilo e nelle sezioni geologiche e idrogeologiche sono stati ricostruiti attraverso tutti i dati di monitoraggio attualmente disponibili, opportunamente sintetizzati nel Capitolo 12.3 "Monitoraggio piezometrico". Le misure relative alle strumentazioni installate durante le precedenti fasi progettuali sono state tutte utilizzate per la ricostruzione del livello di falda, considerando sempre il valore massimo registrato dalle strumentazioni. Il monitoraggio piezometrico è attualmente in corso e proseguirà per un periodo congruo all'ottenimento delle informazioni necessarie per definire la variabilità del livello di falda nella zona di studio.

Le misure relative alle strumentazioni dell'ultima campagna di indagine (PD 2023) sono relative ad un'unica lettura eseguita nel mese di aprile 2023, poche settimane dopo l'installazione dei piezometri. Il monitoraggio di tali strumentazioni è stato quindi utilizzato (ove possibile) per le ricostruzioni del livello di falda, anche se si sottolinea che il ridotto numero di misure non consente un'analisi accurata della variabilità dei livelli piezometrici nel corso del tempo. Inoltre, considerando i ridotti tempi intercorsi tra l'installazione del piezometro e l'esecuzione del monitoraggio, è possibile che i livelli registrati non si siano stabilizzati rispetto al regime di deflusso idrico sotterraneo caratteristico dell'area di studio.

Per quanto riguarda il profilo della viabilità NV02, il livello della falda contenuta all'interno dei depositi alluvionali che colmano il fondovalle del Fiume Torto è stato ricostruito utilizzando i dati piezometrici provenienti dal monitoraggio delle strumentazioni installate durante le diverse fasi progettuali. In questa fase non sono stati considerati i dati relativi al piezometro 1S\_11sept in quanto poco congruenti con il quadro di conoscenze acquisito e caratterizzati da una ridotta copertura temporale.

Per quanto concerne le sezioni lungo i versanti, il livello di falda all'interno dei corpi di frana e dei termini litologici del substrato è stato ricostruito attraverso le misure di monitoraggio delle strumentazioni installate durante l'ultima campagna di indagine (PD 2023), che risultano essere le uniche sufficientemente vicine alla traccia. In questo caso, il livello piezometrico è posto a diversi metri di profondità dall'attuale p.c., in corrispondenza dei corpi di frana più profondi ed estesi o all'interno delle porzioni più superficiali ed alterate del substrato.

In relazione all'assenza di misure prolungate nel tempo e ai ridotti tempi intercorsi tra il monitoraggio e l'installazione dei piezometri, non è possibile definire in questa fase il livello piezometrico massimo che potrebbe essere raggiunto dalla falda lungo il versante in esame. Considerando le caratteristiche idrogeologiche dell'area e i dati di monitoraggio relativi a condizioni simili a quelle di interesse, si sottolinea che in concomitanza con precipitazioni particolarmente intense o lunghi periodi piovosi il livello piezometrico potrebbe risalire e divenire estremamente superficiale, attestandosi a profondità comprese tra 2 e 4 m circa dal p.c..





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	62 di 96

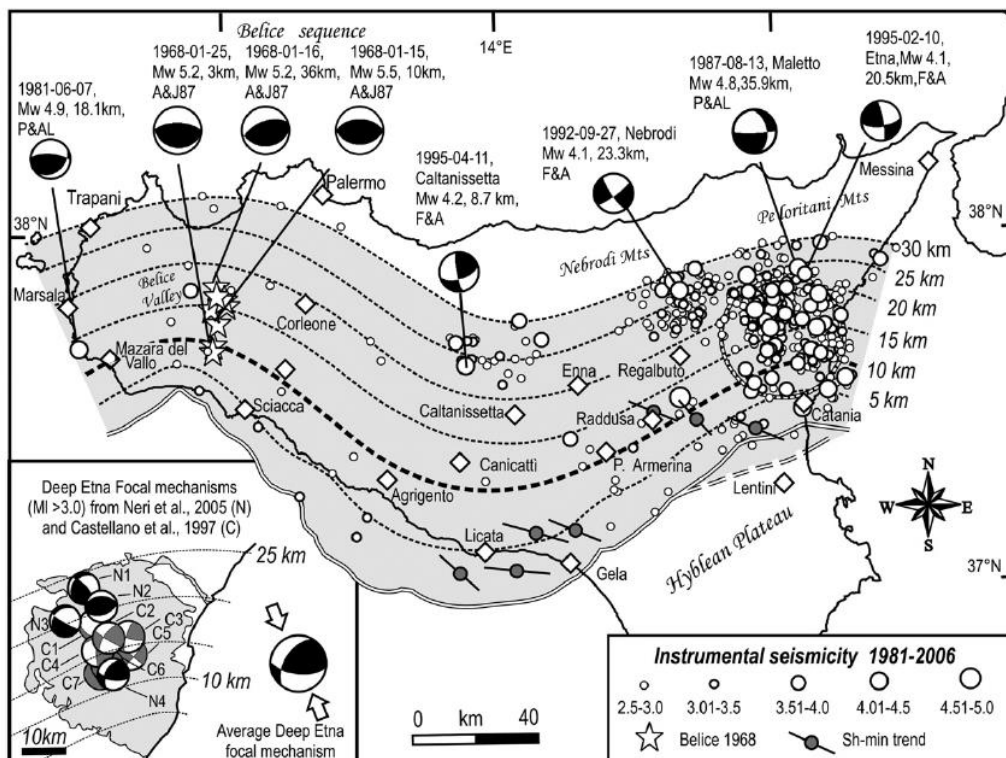
Tale condizione si può ad esempio osservare nel piezometro 1S11ter\_PZ, che a settembre 2020 ha fatto registrare un livello piezometrico a circa 3.50 m dal p.c. Questo piezometro a presente nella zona di distacco di uno dei movimenti franosi più estesi presenti lungo uno dei versanti sul margine orientale del fondovalle del Fiume Torto, circa 280 m a est del tracciato di progetto.

### 13 SISMICITÀ DELL'AREA

La Sicilia centrale e centro-settentrionale presenta un elevato rischio sismico, connesso alla particolare conformazione geologica del territorio e all'evoluzione recente di questo settore di catena. Infatti, i dati relativi alla sismicità storica indicano che gran parte della regione siciliana è stata interessata, nel corso della sua storia, da frequenti ed importanti eventi sismici, sia *onshore* che *offshore* (Pondrelli et al. 2006; Lavecchia et al. 2007; Catalano et al. 2013).

#### 13.1 Sismicità regionale

Nel Mar Tirreno meridionale, in prossimità della costa siciliana, i terremoti sono stati frequenti sia in epoca storica che in tempi recenti (Agate et al. 2000; Giunta et al. 2009; Catalano et al. 2013). Questi eventi, distribuiti lungo una fascia circa E-W, evidenziano che il margine tirrenico meridionale è una regione tettonicamente attiva, con sequenze sismiche di bassa e media magnitudo (Pondrelli et al. 1998, 2006). I meccanismi focali indicano che i terremoti sono prevalentemente connessi a *thrust* con asse di massima compressione orizzontale e con direzione circa N-S (Agate et al. 2000).



**Figura 21 – Distribuzione spaziale dei terremoti storici e strumentali della Regione Sicilia (da Lavecchia et al. 2007).**

Nei settori *onshore*, tra la costa tirrenica e le Madonie (Figura 21), sono stati registrati numerosi eventi recenti di media e bassa magnitudo (Catalano et al. 2013). In questo caso i meccanismi focali indicano che i terremoti sono prevalentemente connessi a un regime di tipo distensivo o transtensivo (Lavecchia et al. 2007; Billi et al. 2009),

profondamente differente da quello dei settori *offshore*. Nonostante il gran numero di dati strumentali, non ci sono indicazioni sicure sulla presenza di strutture tettoniche attive in questo settore della Sicilia.

### 13.2 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

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. Con l’emanazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/06 lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l’aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo fin qui utilizzato.

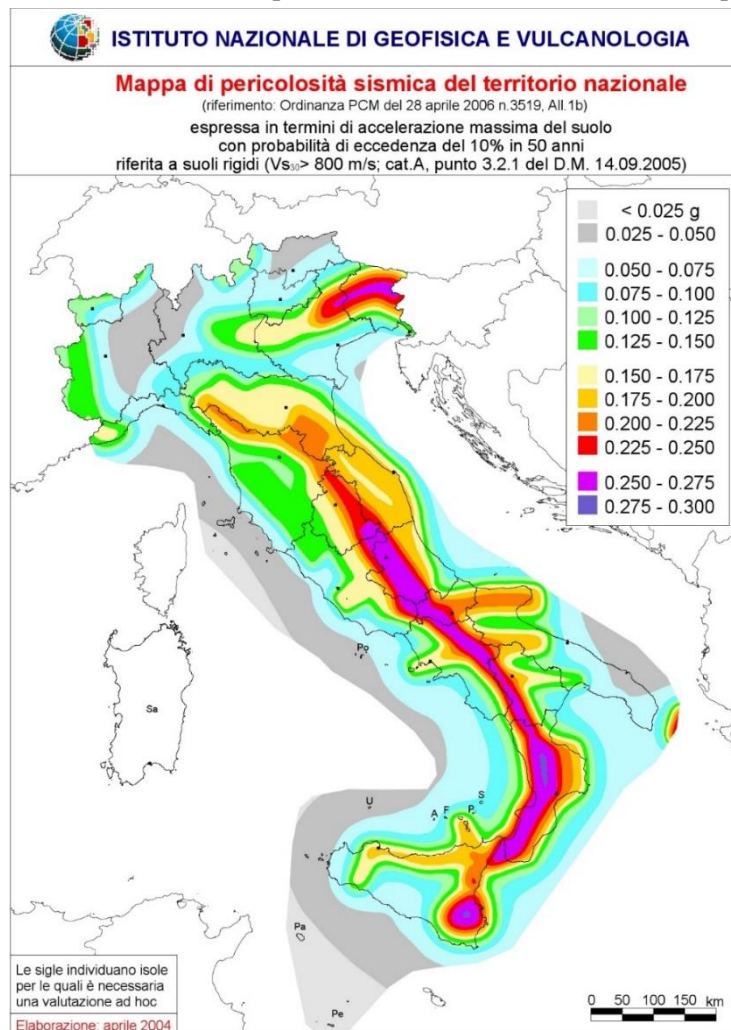


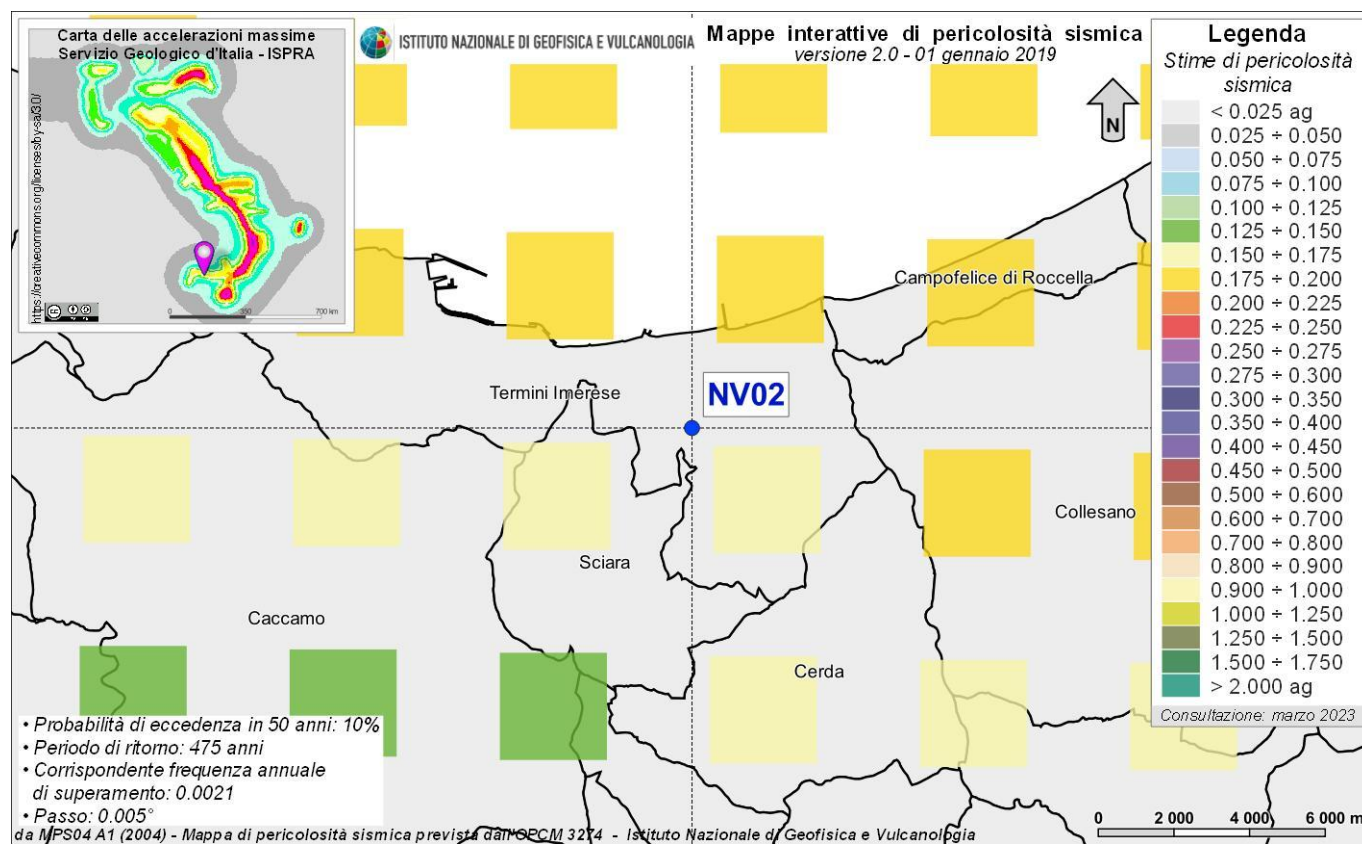
Figura 22 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell’INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 65 di 96

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 (Figura 22). 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.

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.



**Figura 23 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse, in scala 1:200000; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).**

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (Figura 23). 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 0.150-0.200  $a_g$  (accelerazione massima del suolo).

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.



**Figura 24 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, riprodotto in scala 1:150000, con indicazione della viabilità in esame (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).**

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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)          Nuova Viabilità NV02</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA RS90	LOTTO 00	CODIFICA Y69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 67 di 96

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 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell’INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari (Figura 24) dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 475. Per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  (Tabella 29), necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti 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.

ID	longitudine °	latitudine °	$a_g$ g	$F_0$ -	$T_c$ s
45847	13.744	37.985	0.183	2.380	0.290
45848	13.807	37.985	0.184	2.380	0.290
46069	13.744	37.935	0.173	2.370	0.300
46070	13.807	37.935	0.177	2.370	0.300

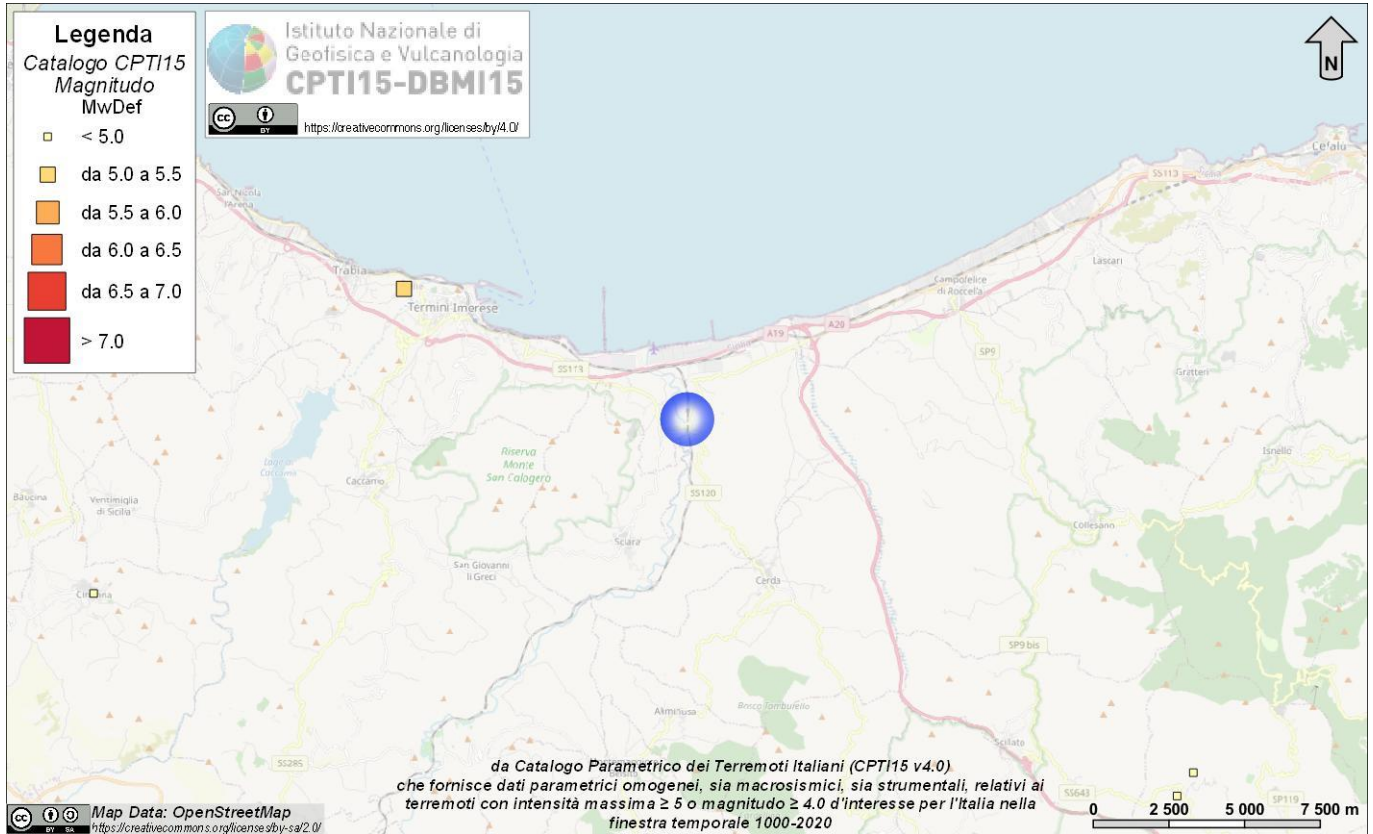
**Tabella 29 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno  $T_r$  pari a 475 anni, le coordinate sono espresse in gradi decimali (EPSG:4230).**

La Regione Sicilia, con D.D.G. 11 marzo 2022, n. 64, ha provveduto all’aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. Tale decreto è stato emanato in applicazione dei criteri dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519. Secondo tale normativa, il territorio del Comune di **Termini Imerese** ricade in Zona sismica 2, con valori di accelerazione pari a 0.1801.

### 13.3 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.

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15 v.4.0), l’area in questione (Figura 25) è stata interessata soprattutto da eventi sismici in aree più lontane, come quello del 1906 di magnitudo 5.02 (Tirreno meridionale) o del 1736 di magnitudo 4.86 (Sicilia centro-settentrionale).



**Figura 25 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio, in scala 1:250000, con indicazione del sito di intervento.**

Nella Tabella 30 sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v4.0, Rovida et al. 2022) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di **Termini Imerese** (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Come si può notare gli effetti degli eventi sismici risentiti nell'area sono riconducibili principalmente a terremoti più lontani. Le maggiori intensità registrate per l'area sono state quelle dei terremoti del 1968 di magnitudo 6.41 (Valle del Belice) e del 2002 di magnitudo 5.92 (Tirreno meridionale).

### Storia sismica di Termini Imerese

[37.985, 13.698]

Numero eventi: 23

DBMI15 v.4.0

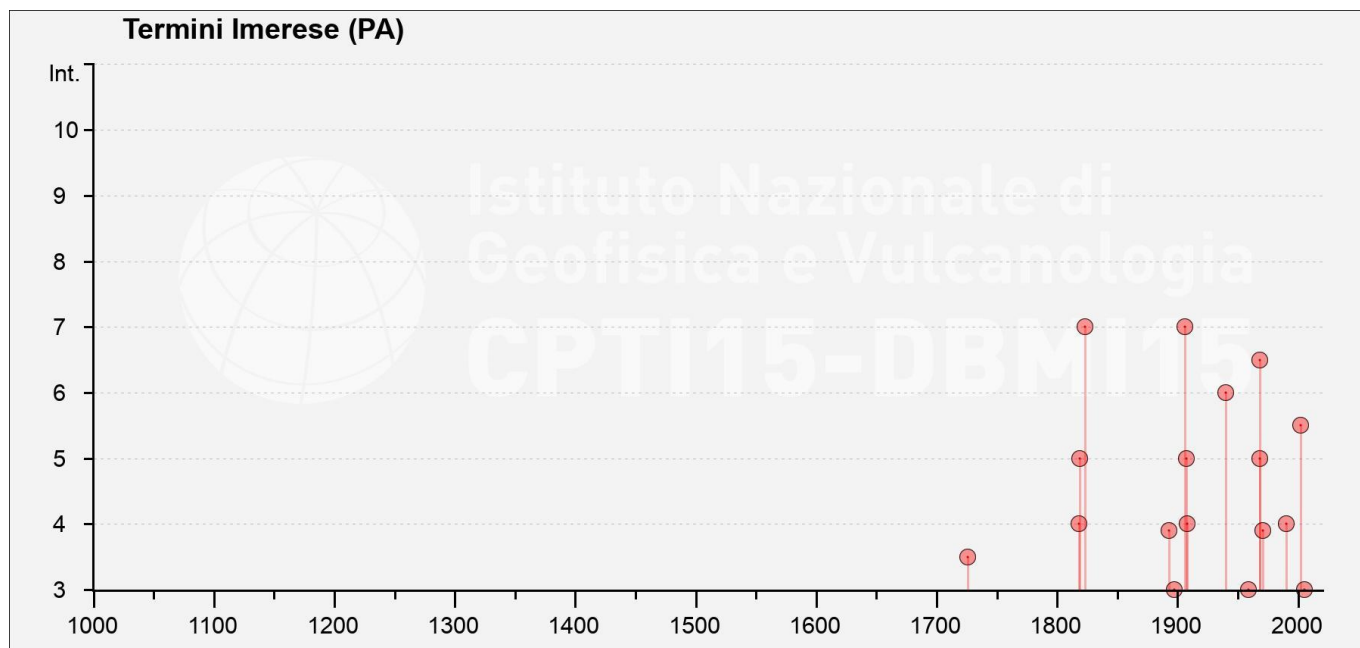


<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>

Effetti	In occasione del terremoto del:												
	I	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef
3-4	663	1726	9	1	21	55			Tirreno meridionale		7-8	5.48	0.63
4	1043	1818	9	8	9	50			Monti Madonie		7-8	5.34	0.26
5	1046	1819	2	24	23	20			Monti Madonie		7-8	5.37	0.37
7	1060	1823	3	5	16	37			Sicilia settentrionale		8	5.81	0.13
F	1612	1893	5	11	14	10	34		Isola di Ustica		5	4.59	0.29

Effetti	In occasione del terremoto del:											
3	1701	1897	5	15	13	42	30	Tirreno meridionale		5	4.52	0.33
7	1914	1906	9	11	19	3		Tirreno meridionale		7	5.02	0.43
5	1918	1907	1	21	3	41		Tirreno meridionale		5	4.14	0.28
4	1972	1908	12	28	4	20	27	Stretto di Messina		11	7.1	0.18
2	2006	1910	1	25	8	27		Tirreno meridionale		5	4.48	0.42
2	2493	1934	9	11	1	19		Sicilia centro-settentrionale		5-6	4.84	0.15
6	2558	1940	1	15	13	19	24	Tirreno meridionale		7-8	5.29	0.12
3	2805	1959	12	23	9	29		Piana di Catania		6-7	5.11	0.15
5	2940	1968	1	15	1	33	2	Valle del Belice		8	5.37	0.18
6-7	2941	1968	1	15	2	1	9	Valle del Belice		10	6.41	0.09
F	3025	1971	2	3	4	53	33.18	Tirreno meridionale	20.9		4.57	0.3
2	3171	1977	6	5	13	59		Monti Nebrodi		6-7	4.61	0.1
4	3642	1990	12	13	0	24	25.68	Sicilia sud-orientale	10		5.61	0.1
NF	3711	1993	6	26	17	47	52.88	Monti Madonie ?	5.1	6-7	4.92	0.1
2-3	3827	1996	12	14	0	18	42.79	Monti Madonie	4	5	4.27	0.1
5-6	4132	2002	9	6	1	21	27.25	Tirreno meridionale	9.6	6	5.92	0.07
NF	4282	2005	11	3	9	19	4.45	Costa siciliana settentrionale	1.4	4-5	3.3	0.15
3	4284	2005	11	21	10	57	40.23	Sicilia centrale	63.2		4.56	0.07

**Tabella 30 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Termini Imerese (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15 v4.0). Legenda: I intensità al sito (MCS); N numero di registrazione del terremoto in ordine cronologico; EpicentralArea area epicentrale o area con i maggiori effetti macrosismici; DepDef profondità predefinita (km); IoDef intensità epicentrale predefinita; MwDef magnitudo momento predefinita; ErMwDef errore associato alla magnitudo momento predefinita.**



**Figura 26 – Grafico illustrante la storia sismica di Termini Imerese. 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/>).**

### 13.4 Sorgenti sismogenetiche

La consultazione del database DISS (vers. 3.3.0, 2021), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che le opere in progetto non risultano essere interessate direttamente dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche (Figura 27). Infatti, l'area di studio ricade a oltre 39 km a sud della fascia di sorgenti composite ITCS222 Southern Tyrrhenian S (profondità stimata 3.0-16.0 km, magnitudo massima 7.0, *Slip rate* 0.1-0.5 mm/anno), che include la sorgente individuale ITIS056 Southern Tyrrhenian (profondità stimata 10.2-15.0 km, magnitudo massima 5.9, ultimo evento 6 settembre 2002) e ad oltre 54 km dalle fasce di sorgenti composite ITCS014 Southern Tyrrhenian e ITCS021 Mazara-Belice. La tratta in progetto è, inoltre, ubicata a circa 85 km a SW dalla zona di subduzione ITSD001 Calabrian Arc.



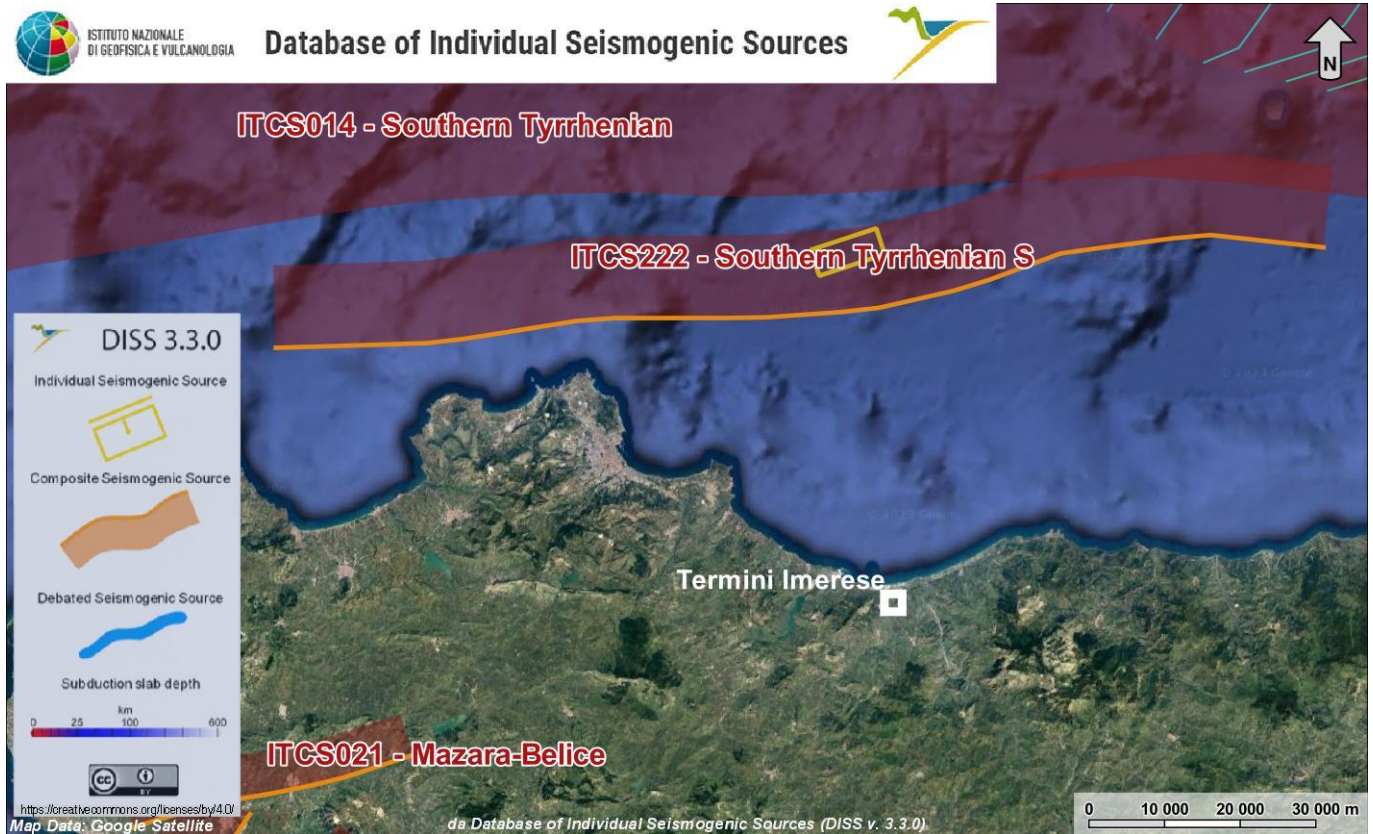


Figura 27 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5.5$  nell'area di studio, in scala 1: 1000000, (da DISS Working group 2021, *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, versione 3.3.0., <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>).

Parameter		Quality	Evidence	
Min depth	km	3.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth	km	16.0	EJ	Inferred from regional tectonic and seismological considerations.
Strike min - max	deg	200 ÷ 280	EJ	Inferred from regional tectonic and seismological considerations.
Dip min - max	deg	40 ÷ 60	EJ	Inferred from regional tectonic and seismological considerations.
Rake min - max	deg	80 ÷ 120	EJ	Inferred from regional geological, seismological and geodynamic considerations.
Slip Rate min - max	mm/y	0.1 ÷ 0.5	EJ	Inferred from regional geodynamic considerations.
Max Magnitude	$M_w$	7.0	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Tabella 31 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITCS0222 “Southern Tyrrhenian S”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

Parameter		Quality	Evidence	
Min depth	km	2.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth	km	18.0	EJ	Inferred from regional geological and seismological data.

Parameter			Quality	Evidence
Strike min - max	<i>deg</i>	40 ÷ 100	EJ	Inferred from regional geologic and seismological data.
Dip min - max	<i>deg</i>	15 ÷ 40	EJ	Inferred from regional geologic and seismological data.
Rake min - max	<i>deg</i>	60 ÷ 120	EJ	Inferred from regional seismological data.
Slip Rate min - max	<i>mm/y</i>	0.1 ÷ 1.4	EJ	Inferred from regional geodynamic considerations.
Max Magnitude	<i>Mw</i>	8.2	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Tabella 32 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita ITCS014 “Southern Tyrrhenian”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

Parameter			Quality	Evidence
Min depth	<i>km</i>	2.0	LD	Based on subsurface geological and geophysical data.
Max depth	<i>km</i>	6.0	EJ	Inferred from subsurface geological and geophysical data.
Strike min - max	<i>deg</i>	250 ÷ 260	LD	Based on geological observations.
Dip min - max	<i>deg</i>	30 ÷ 40	LD	Based on subsurface geological and geophysical data.
Rake min - max	<i>deg</i>	80 ÷ 130	EJ	Inferred from geological and tectonic considerations.
Slip Rate min - max	<i>mm/y</i>	0.1 ÷ 0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude	<i>Mw</i>	6.1	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Tabella 33 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita ITCS021 “Mazara-Belice”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

Parameter			Quality	Evidence
Min depth	<i>km</i>	10.0	LD	Based on 150 degrees C isotherm from literature data (Gutscher et al., 2006)
Max depth	<i>km</i>	34.0	LD	Based on Moho position and 350-450 degrees C isotherm from literature data
Dip direction	-	NW	LD	Based on geophysical data from various authors.
Convergence azimuth min - max	<i>Deg CW from North</i>	95 ÷ 130	LD	Based on geodetic data from various authors.
Convergence rate min - max	<i>mm/y</i>	2.7 ÷ 3.0	LD	Based on geodetic data from various authors.
Max Magnitude	<i>Mw</i>	8.3	ER	Estimated from the scaling relation by Allen & Hayes (2017) applied to the area of the largest rupture area that fits inside the seismic interface.

Tabella 34 – Quadro riassuntivo della sorgente di subduzione ITSD001 “Calabrian Arc”. Legenda LD=literature data, OD=original data, ER=empirical relationship, AR=analytical relationship, EJ=expert judgement.

### 13.5 Magnitudo di riferimento

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), l'opera in progetto ricade nella **Zona 933** “Sicilia settentrionale” (Figura 28). Sulla base degli studi sismologici più



aggiornati, in questa zona sono attesi terremoti di profondità medio-elevata ( $P = 8-12$  km) e di medio-bassa magnitudo ( $M_{max} = 6.14$ ), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente inversa.

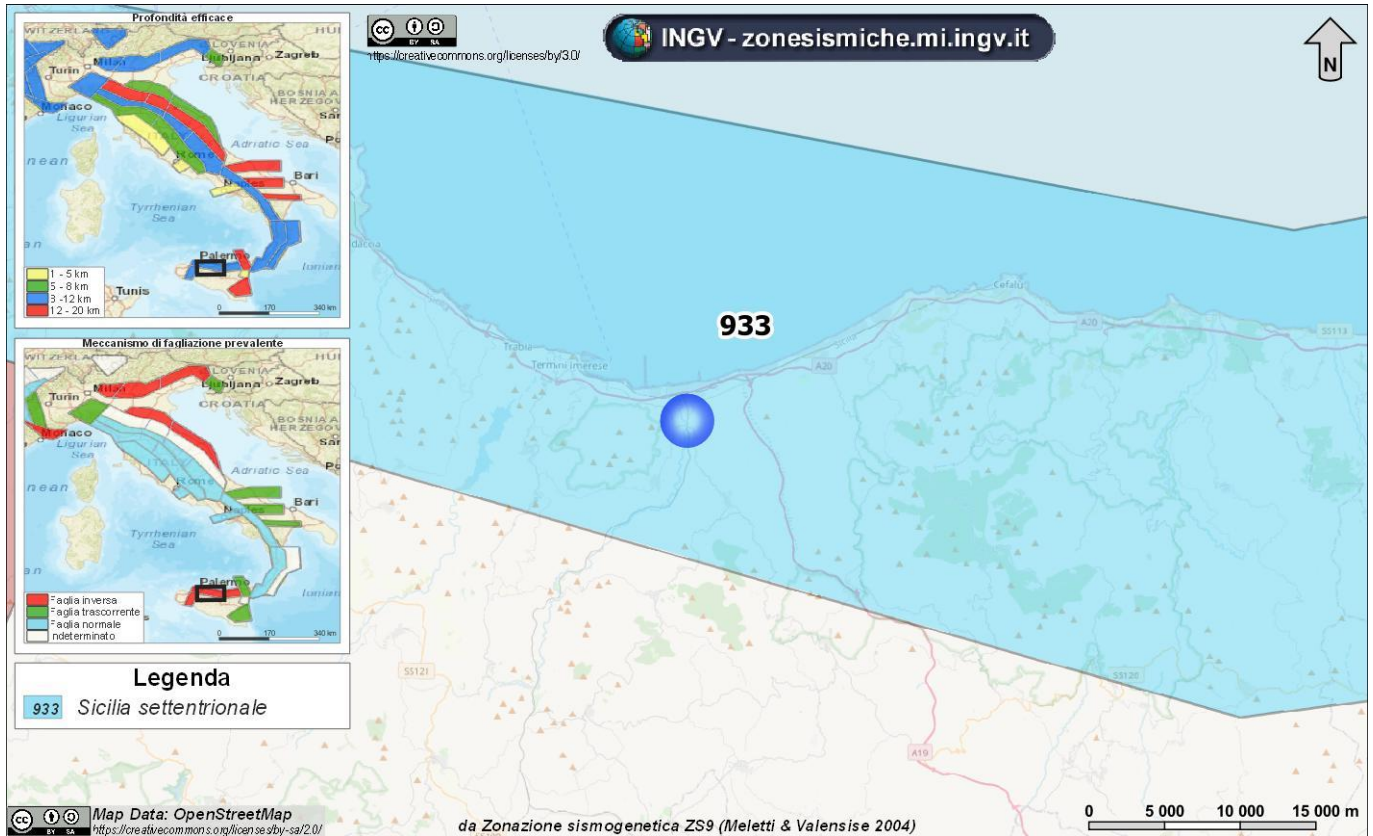
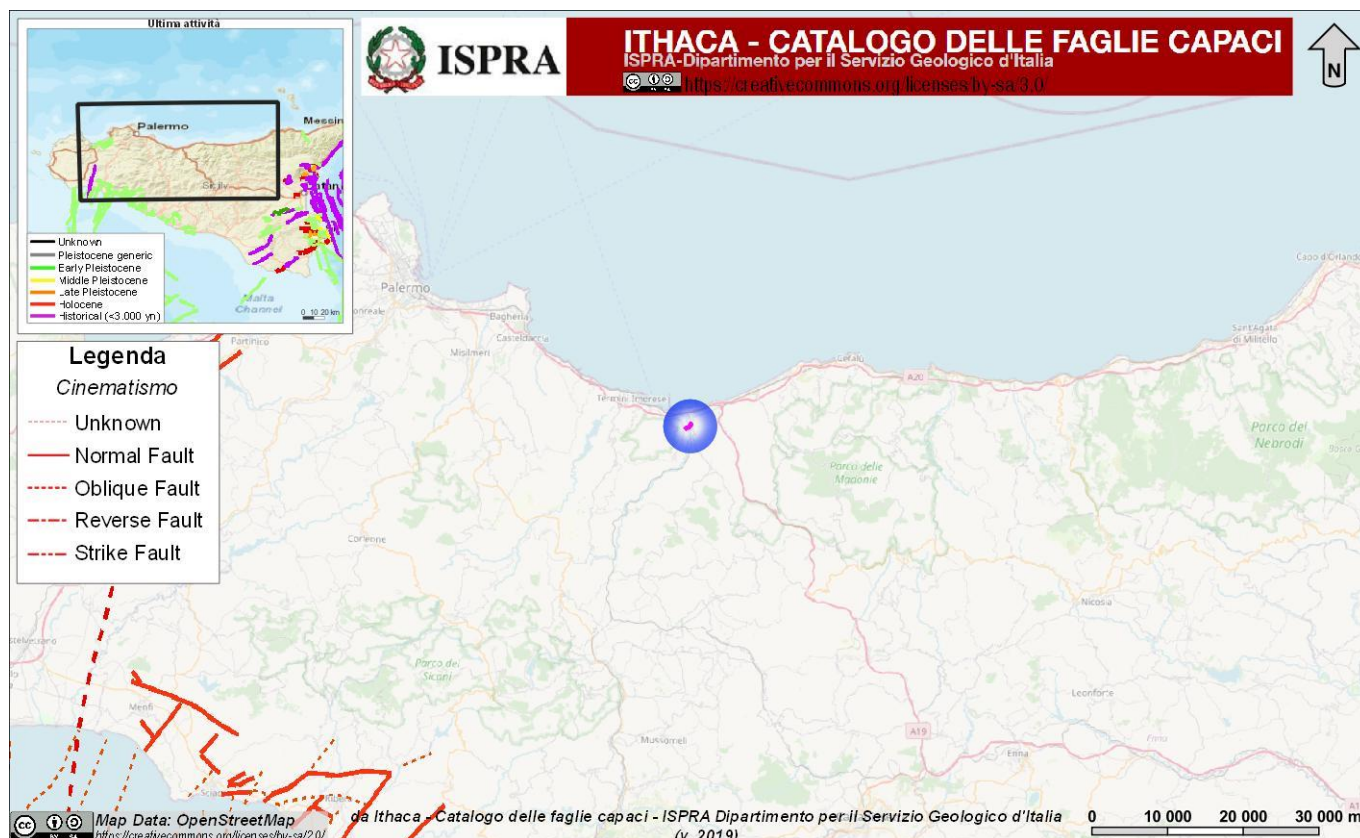


Figura 28 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 dell'area di studio, riprodotto in scala 1:500000, con individuazione dell'area di studio (blu).

### 13.6 Faglie capaci

Il database del progetto ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*) non mostra, in prossimità nell'area progettuale, l'esistenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche (Figura 29).



**Figura 29 – Stralcio cartografico dell'area di interesse, riprodotto in scala 1: 1000000, con indicazione dell'opera in progetto (in blu).**

### 13.7 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, 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 normativa citata relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018) prevede la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s). Nel caso di depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente  $V_{s,eq}$  corrisponde al parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di  $V_s$  possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, possono essere valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- **C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- **D:** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- **E:** terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle n. 3 prove MASW disponibili o appositamente realizzate. In Tabella 35 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di  $V_{s,eq}$  determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

sigla	tipologia	prof./lung. m	$V_{s,eq}$ m/s	H m	categoria di sottosuolo	unità geologiche
MASW19	MASW	57.5	396	30	B	h/bb2/AVF
MASW 3	MASW	56.0	393	30	B	bb3
MASW	MASW	46.0	341	30	C	h/bb2/AVF

**Tabella 35 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito delle differenti campagne indagini.**

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, per i settori di studio si suggerisce l'adozione di una **Categoria di sottosuolo B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti) o **C** (Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti). Si rimanda alle specifiche relazioni geotecniche di ciascuna opera di progetto per l'inquadramento di dettaglio.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 76 di 96

## 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. 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, pertanto, sono presenti locali orizzonti di depositi alluvionali 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, anche se localmente è possibile incontrare livelli psammitico a ridotto grado di addensamento.

Inoltre, è opportuno segnalare la diffusa presenza di coltri di copertura di genesi pedologica e detritico-colluviale, oltre che di accumuli di frana con spessori ed estensioni variabili. Tali terreni presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica. 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.

### 14.2 Criticità geomorfologiche

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di un elevato numero di movimenti di versante (frane *s.s.* e soliflussi/*creep*) e fenomeni di erosione superficiale, essenzialmente connessi all'assetto geologico-strutturale dell'area e all'evoluzione geomorfologica di questo settore di catena. Ad essi si aggiungono numerosi elementi geomorfologici connessi l'azione antropica e col deflusso delle acque correnti superficiali, soprattutto in corrispondenza del fondovalle del Fiume Torto.

Tutti i fenomeni di dissesto che interessano il progetto, perimetrati e classificati nelle specifiche cartografie tematiche “Carta geologica con elementi di geomorfologia, ubicazione indagini e profilo geologico e sezioni” (RS90 00 Y69 L5 GE0001 001), sono stati descritti nelle presenti note di sintesi.

In particolare, le frane sono per lo più classificabili come colamenti, scivolamenti e movimenti complessi (*sensu* Varnes 1978 e Hungr et al. 2014), sia in terra, detrito e roccia. I fenomeni di piccole e medie dimensioni presentano stato variabile dall'attivo al quiescente (*sensu* WP/WLI 1993), in quanto strettamente dipendenti dai cicli climatici stagionali, mentre quelli più profondi ed estesi sono prevalentemente quiescenti (*sensu* WP/WLI 1993). La

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 77 di 96

distribuzione è perlopiù retrogressiva o multidirezionale, raramente costante, mentre le velocità sono mediamente piuttosto basse (*sensu* WP/WLI 1995). Sia i fenomeni franosi che i soliflussi sono originati dall'azione congiunta di vari fattori quali elementi tettonici, caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, dinamica delle acque superficiali e sotterranee e attuale utilizzo del territorio.

Il versante che delimita il fondovalle del Fiume Torto in destra idrografica è caratterizzato dalla presenza di un articolato sistema di frane coalescenti sviluppatosi dalla zona più elevata del rilievo fino al fondovalle. Il sistema è costituito da una serie di movimenti profondi ed estesi, a cui si sovrappongono numerose frane più piccole e superficiali. Tra il km 0+725 e il km 0+800 un primo movimento franoso di discrete dimensioni coinvolge direttamente il tracciato di progetto. Tale fenomeno è caratterizzato lungo la fascia alta di versante da diverse scarpate di frana e presenta uno spessore che raggiungere i 20-25 m. Si tratta di un movimento franoso complesso, con stato quiescente alla luce dei rilievi diretti e degli studi fotointerpretativi, lungo circa 400 m e largo circa 225 m, che coinvolge sia le coltri di copertura e che le porzioni più superficiali e più profonde del substrato geologico.

In riferimento a questo fenomeno, il monitoraggio condotto sull'inclinometro 1S11bis, ubicato nel settore di accumulo della frana in un'area dove il movimento franoso risulta distante diverse decine di metri dalle opere di progetto, evidenzia leggeri spostamenti nell'ordine di pochissimi millimetri nell'arco di alcuni cicli stagionali. Gli spostamenti registrati a circa 10 m dal piano campagna sono compatibili con la superficie di scivolamento che è stata indicata per questo fenomeno franoso nella Carta geologica con elementi di geomorfologia, ubicazione indagini e profilo geologico e sezioni (RS90 00 Y69 L5 GE0001 001).

Su questo grande corpo quiescente si vanno a sovrapporre ulteriori movimenti franosi, attualmente attivi o quiescenti. Si tratta di colate, scivolamenti e fenomeni complessi, con cinematica lenta e distribuzione variabile da retrogressiva a multidirezionale. Lo spessore dei fenomeni, variabile tra i 4 ed i 12 m, è maggiore nei movimenti franosi più estesi e tende a ridursi nelle frane di minori dimensioni, situate prevalentemente nella parte medio-bassa del versante. Tra queste, un colamento quiescente, lungo circa 110 m, largo circa 45 m e spesso fino a 10 m, interessa direttamente il tracciato di progetto tra il km 0+800 e il km 0+850, coinvolgendo sia le coltri di copertura che l'accumulo del movimento franoso più esteso.

Procedendo verso nord, lungo il versante è presente un ulteriore e articolato sistema di frane coalescenti. Il sistema è costituito da un movimento franoso complesso e più profondo, a cui si sovrappongono una serie di frane più superficiali e dalle dimensioni estremamente variabili. Il fenomeno franoso più profondo è caratterizzato nella zona di monte da una scarpata di frana che rappresenta la nicchia di un movimento complesso con stato quiescente. La frana, che con uno spessore di circa 20-25 m coinvolge le coltri di copertura e sia le porzioni più superficiali che quelle più profonde del substrato geologico, presenta una lunghezza di circa 350 m e una larghezza di circa 130 m. Attualmente questo fenomeno non presenta evidenze di riattivazioni recenti, quantomeno riferendosi all'originaria superficie di rottura. L'evoluzione geomorfologica è infatti limitata alle porzioni più superficiali del corpo di frana e si esplica attraverso fenomeni di limitata importanza ed estensione.

Le frane più superficiali sovrainposte al movimento franoso più importante si rinvergono principalmente nel settore medio-basso del versante e sono classificabili come movimenti complessi o colate con stato quiescente. Questi fenomeni lambiscono le opere di progetto tra il km 0+850 e il km 0+925 e presentano spessori variabili da pochi metri fino a quasi 9-10 m circa. In tali fenomeni risultano prevalentemente coinvolte le coltri di coperture e l'accumulo del movimento franoso più profondo. Infine, sul fenomeno quiescente più profondo, nel suo settore più settentrionale, è sovrapposto un più vasto movimento complesso con stato quiescente che lambisce le opere di progetto lungo l'estremità settentrionale. Si tratta di un vasto fenomeno lungo circa 400 m, largo tra 130 e 230 m

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 78 di 96

circa, e profondo circa 10 m, che coinvolge le masse precedentemente mobilizzate dal movimento franoso più profondo e le coltri di copertura presenti lungo il versante.

I fenomeni franosi precedentemente descritti, interferenti o prossimi al tracciato di progetto tra il km 0+650 e il km 0+971.264, presentano uno stato di attività definito sulla base dei rilievi diretti e degli studi fotointerpretativi. Si specifica che tali valutazioni andranno necessariamente verificate attraverso un'accurata analisi dei dati derivanti dal monitoraggio delle strumentazioni inclinometriche appositamente installate nei fori di sondaggio 1S\_11quat, 1S\_11quinc e 1S\_11sext.

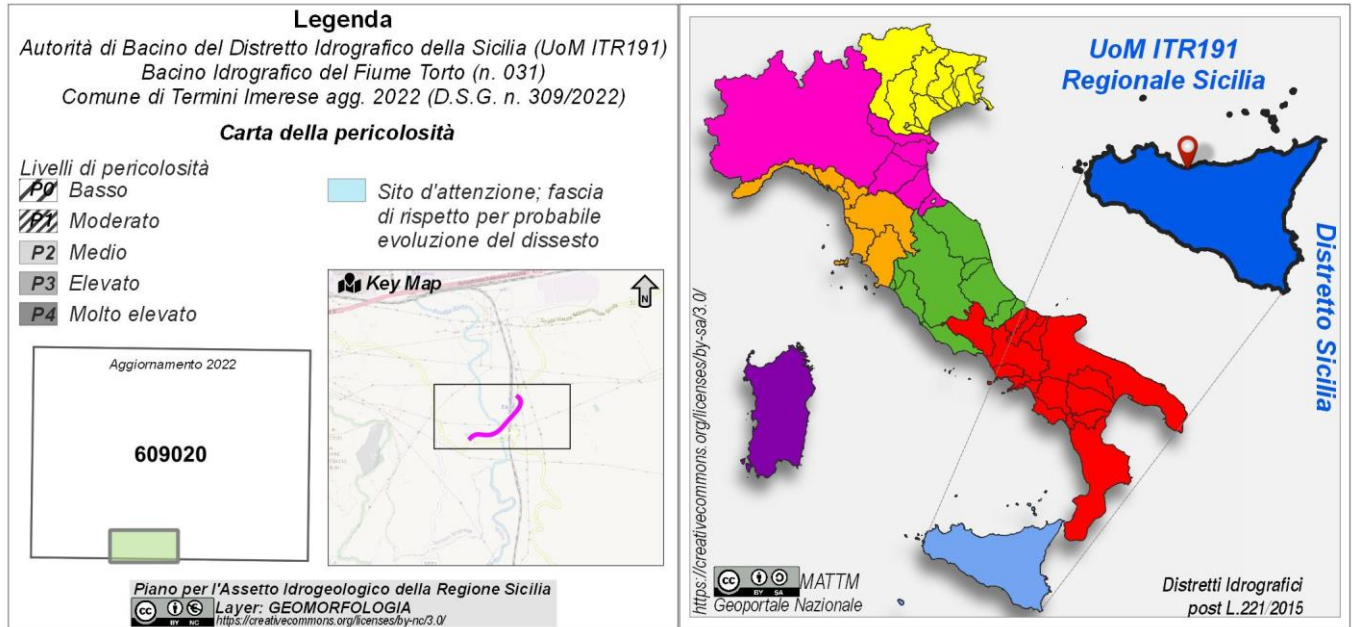
Per il settore di fondovalle è da segnalare l'alveo del Fiume Torto, leggermente incassato e delimitato da scarpate di erosione fluviale attive e quiescenti, e una conoide di origine alluvionale, con stato prevalentemente quiescente, localizzata in corrispondenza dello sbocco vallivo nel fondovalle del Fiume Torto, in prossimità dell'inizio del tracciato di progetto. In generale, si tratta di forme generate da processi dovuti alle acque correnti superficiali, con bassa intensità e ridotti tassi di evoluzione.

#### **14.2.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Sicilia**

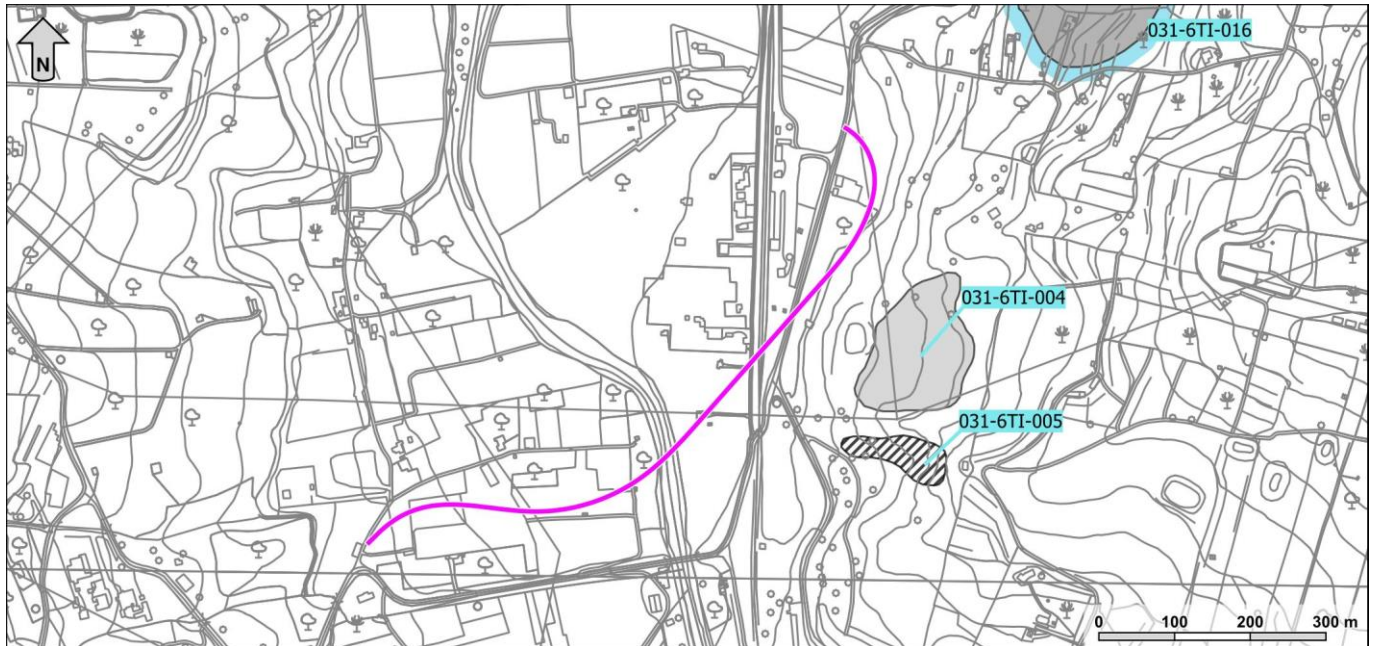
Le cartografie tematiche del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (PAI 2005) riportano alcuni areali di pericolosità idrogeologica connessi con la stabilità di versante nel settore di studio. Tali areali corrispondono solo ad alcuni dei fenomeni franosi censiti attraverso studi fotointerpretativi e rilievi di campo, mentre non sono presenti la gran parte dei fenomeni di dissesto presenti nell'area.

Il settore di intervento non presenta interferenza diretta con areali di pericolosità geomorfologica censiti nelle cartografie del PAI (Figura 30 e Figura 31). Ad oltre 150 m a SE della porzione centrale della viabilità in esame è presente l'areale 031-6TI-005 a pericolosità geomorfologica moderata (**P1**), ad oltre 90 m a SE della porzione settentrionale dell'opera in esame è presente l'areale 031-6TI-004 a pericolosità geomorfologica media (**P2**) e ad oltre 260 m a NE del tratto più settentrionale della viabilità NV02 è presente l'areale 031-6TI-016 a pericolosità geomorfologica elevata (**P3**) il quale presenta una fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto.





**Figura 30 – Legenda della cartografia del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (PAI 2005 – 031 Bacino Idrografico del Fiume Torto – Comune di Termini Imerese aggiornamento 2022) con tavola di inquadramento della figura seguente.**



**Figura 31 – Stralcio della carta della pericolosità del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (PAI 2005 – 031 Bacino Idrografico del Fiume Torto – Comune di Termini Imerese aggiornamento 2022), con individuazione della viabilità in esame in magenta (legenda: Figura 30).**

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 80 di 96

### 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 dei differenti acquiferi individuati lungo l'area di studio. Tali falde, infatti potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità per 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 ci attraversati; inoltre sono possibili interferenze dirette o indirette tra le opere in progetto e gli acquiferi locali.

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 della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici di ridotta permeabilità che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati degli *aquiclude* o al più degli *aquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

I depositi di copertura più recenti, di genesi antropica, gravitativa e detritico-colluviale, sono caratterizzati da una permeabilità estremamente variabile, ma generalmente compresa tra bassa e molto bassa. A causa del ridotto spessore, questi terreni sono in genere privi di falde e corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Localmente, ove sussistono le adeguate condizioni idrogeologiche ed è presente un livello meno permeabile alla base, è possibile che si formino piccole falde a carattere stagionale, direttamente influenzate dal regime delle precipitazioni meteoriche o dagli apporti connessi all'attività antropica nell'area.

I depositi alluvionali che colmano il fondovalle del Fiume Torto sono rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e, pertanto, costituiscono sistemi idrogeologici estremamente articolati e complessi. Il deflusso è direttamente condizionato dalle locali caratteristiche litologiche dei depositi e avviene essenzialmente all'interno degli orizzonti più permeabili in direzione del litorale tirrenico. Il substrato pre-quaternario presente alla base dei depositi sostiene la falda e ne condiziona il deflusso idrico sotterraneo, che nel complesso risulta alimentato sia dalle precipitazioni meteoriche che dagli apporti degli acquiferi confinanti.

I terreni di copertura a composizione ghiaioso-sabbiosa non si rinvengono in affioramento ma caratterizzano buona parte dei depositi alluvionale del fondovalle del Fiume Torto. In generale, presentano una permeabilità variabile da bassa ad alta e costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi. Questi depositi sono sede di falde idriche sotterranee di notevole rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che presentano interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. A causa delle specifiche caratteristiche dell'area, questi terreni sono a luoghi confinati o tamponati dalle porzioni meno permeabili delle coperture alluvionali.

La porzione sabbioso-limosa dei depositi di copertura presenta una notevole estensione lungo il fondovalle del Fiume Torto. Questi terreni sono caratterizzati da una permeabilità variabile da molto bassa a media e, pertanto, costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. A causa delle caratteristiche idrogeologiche dei depositi e del limitato spessore degli stessi, le falde presenti in questi materiali sono generalmente di modesta rilevanza. Il deflusso è localmente autonomo ma globalmente a deflusso unitario, con frequenti interscambi con i corpi idrici superficiali e/o sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe.

I termini prevalentemente pelitici dei terreni di copertura non sono molto diffusi nell'area di studio e, in generale, si rinvengono come lenti e/o livelli di limitato spessore all'interno della piana alluvionale. A causa della loro ridotta permeabilità, questi terreni costituiscono dei limiti per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nel contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *aquitard* di importanza variabile in

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 81 di 96

relazione all'estensione e allo spessore dei depositi. Generalmente non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, anche se localmente possono incontrarsi piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti psammitici intercalati all'interno della frazione pelitica.

I litotipi calcareo-marnosi si rinvengono in lembi di ridotta estensione in corrispondenza dei rilievi che delimitano ad est il fondovalle del Fiume Torto. Sono caratterizzati da una permeabilità per fessurazione e carsismo variabile da molto bassa a media, che risente della presenza di frequenti intercalazioni pelitiche. Generalmente costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi, ma a causa della ridotta estensione latero-verticale sono sede di falde idriche di modesta rilevanza. Tali falde sono generalmente discontinue e frazionate e risultano contenute nelle porzioni più carsificate e fratturate dell'ammasso, come ad esempio in corrispondenza delle fasce di deformazione tettonica che spesso interessano questi materiali.

Infine, i termini prevalentemente pelitici del substrato pre-quadernario presentano una permeabilità estremamente bassa, talora fino a impermeabile, e pertanto non sono sede 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 *aquiclude* o degli *aquitard* di notevole rilevanza per tutte le idrostrutture limitrofe. Localmente, in corrispondenza degli orizzonti lapidei più permeabili intercalati all'interno della successione, è comunque possibile ritrovare piccole falde confinate, di ridotta importanza ed estensione.

I livelli piezometrici nel profilo e nelle sezioni geologiche e idrogeologiche sono stati ricostruiti attraverso tutti i dati di monitoraggio attualmente disponibili, opportunamente sintetizzati nel Capitolo 12.3 "Monitoraggio piezometrico". Le misure relative alle strumentazioni installate durante le precedenti fasi progettuali sono state tutte utilizzate per la ricostruzione del livello di falda, considerando sempre il valore massimo registrato dalle strumentazioni. Il monitoraggio piezometrico è attualmente in corso e proseguirà per un periodo congruo all'ottenimento delle informazioni necessarie per definire la variabilità del livello di falda nella zona di studio.

Le misure relative alle strumentazioni dell'ultima campagna di indagine (PD 2023) sono relative ad un'unica lettura eseguita nel mese di aprile 2023, poche settimane dopo l'installazione dei piezometri. Il monitoraggio di tali strumentazioni è stato quindi utilizzato (ove possibile) per le ricostruzioni del livello di falda, anche se si sottolinea che il ridotto numero di misure non consente un'analisi accurata della variabilità dei livelli piezometrici nel corso del tempo. Inoltre, considerando i ridotti tempi intercorsi tra l'installazione del piezometro e l'esecuzione del monitoraggio, è possibile che i livelli registrati non si siano stabilizzati rispetto al regime di deflusso idrico sotterraneo caratteristico dell'area di studio.

Per quanto riguarda la viabilità NV02, il livello di falda è stato ricostruito utilizzando i dati piezometrici provenienti dal monitoraggio delle strumentazioni installate durante le diverse fasi progettuali. In questa fase non sono stati considerati i dati relativi al piezometro 1S\_11sept in quanto poco congruenti con il quadro di conoscenze acquisito e caratterizzati da una ridotta copertura temporale. I dati piezometrici a disposizione evidenziano la presenza di una estesa falda freatica nei settori di fondovalle del Fiume Torto. La falda è contenuta nelle porzioni più grossolane e permeabili della copertura alluvionale, a composizione ghiaioso-sabbiosa e sabbioso-limosa. Localmente, i livelli pelitici presenti nella successione possono favorire il confinamento di alcune porzioni dell'acquifero e la formazione di piccole falde superficiali a carattere stagionale. La superficie piezometrica è posta generalmente tra 4 e 14 m di profondità dal p.c..

Per quanto concerne le sezioni lungo i versanti, il livello di falda all'interno dei corpi di frana e dei termini litologici del substrato è stato ricostruito attraverso le misure di monitoraggio delle strumentazioni installate durante l'ultima campagna di indagine (PD 2023). In questo caso, il livello piezometrico è posto a diversi metri di

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b></p> <p><b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS90</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA Y69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

profondità dall'attuale p.c., in corrispondenza dei corpi di frana più profondi ed estesi o all'interno delle porzioni più superficiali ed alterate del substrato. Attualmente non è possibile definire in questa fase il livello piezometrico massimo che potrebbe essere raggiunto dalla falda lungo il versante in esame. Si sottolinea che in concomitanza con precipitazioni particolarmente intense o lunghi periodi piovosi il livello piezometrico potrebbe risalire e divenire estremamente superficiale, attestandosi a profondità comprese tra 2 e 4 m circa dal p.c..

Per un maggior dettaglio sull'andamento dei principali corpi idrici dell'area si rimanda al Capitolo 12 "Assetto idrogeologico locale" e al Capitolo 15 "Descrizione dei settori di intervento". Per un approfondimento sulle modalità di ricostruzione dei livelli piezometrici si rimanda al Capitolo 12.5 "Ricostruzione dei livelli piezometrici".

#### 14.4 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; Di Bernardo 2012). 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 sciolto o 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 nullo o 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 qualitative basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale. I metodi qualitativi si basano sulla conoscenza di parametri di studio come il contesto geologico-stratigrafico-geomorfologico, topografia dell'area e livello di falda. Esistono diversi criteri di classificazione in termini qualitativi, di seguito si riportano quelli più diffusi.

Classe	Unità geomorfologica	Potenziale di liquefazione
A	Letti di fiumi recenti, paleoalvei, paludi, zone bonificate, zone interdunari.	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune di sabbia, pianure di esondazione, spiagge, altre pianure.	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne.	Non probabile

**Figura 32 - Unità geomorfologiche e suscettività alla liquefazione (Iawasaki e al. 1982), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga 2007 – Dario Flaccovio Editore.**

Fattore	Peso	Susceptibilità alla liquefazione				
		Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
Profondità del livello della falda	Molto importante	< 1,5 m	< 1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	> 10,0
Dimensione dei grani	Molto importante	0,075 - 1 mm	1 - 3 mm	> 3 mm	< 0,075 mm	-
Profondità del deposito	Molto importante	1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	< 1,5 m	> 10 m
Strato ricoprente	Molto importante	-	-	Ricoprimento buono	Ricoprimento discreto	Ricoprimento assente
Età del deposito	Importante	< 500 anni	Tardo Olocene <sup>(1)</sup>	Olocene	Pleistocene <sup>(2)</sup>	Pre-Pleistocene
Spessore dello strato liquefacibile	Importante	> 2 m	1,2 - 2,5 m	0,6 - 1,2 m	< 0,6 m	-

Note: <sup>(1)</sup> ≤ 10.000 anni; <sup>(2)</sup> 10.000 - 1,6 milioni di anni

Figura 33 - Fattori, pesi e criterio per valutare la suscettibilità alla liquefazione di un sito (Juang & Elton 1991), tratta da “La liquefazione dei terreni” Riga 2007 – Dario Flaccovio Editore.

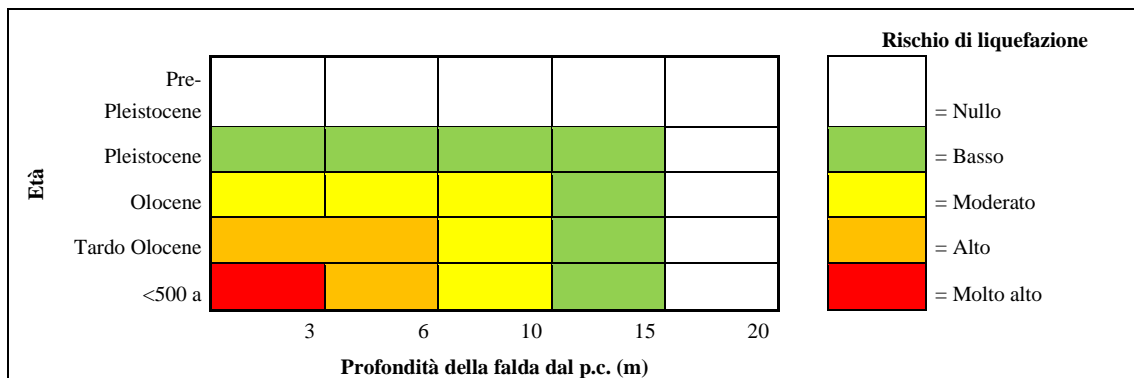


Tabella 36 - Rischio liquefazione in funzione dell'età del deposito e della profondità della falda, tratta da “La liquefazione dei terreni” Giulio Riga, 2007, ridisegnata – Dario Flaccovio Editore.

Età del deposito	Profondità della falda dal p.c. (m)		
	0-3 m	3-10 m	> 10 m
Tardo Olocene	Alta	Bassa	Nulla
Primo Olocene	Moderata	Bassa	Nulla
Tardo Pleistocene	Bassa	Nulla	Nulla

Tabella 37 - Suscettibilità alla liquefazione (Obermeier 1996), tratta da “La liquefazione dei terreni” Giulio Riga 2007 – Dario Flaccovio Editore.

Le analisi qualitative in questione sono state condotte, pertanto, in riferimento alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area di intervento. In tal modo, sono state condotte una serie di valutazioni speditive e di carattere puramente qualitativo circa la possibilità di liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto. Sulla base dei criteri riportati, che considerano la genesi, la natura e l'età assoluta dei depositi, risulta che i terreni di copertura presenti nell'area di intervento, in corrispondenza del fondovalle del Fiume Torto, sono da poco a



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	84 di 96

molto suscettibili di liquefazione. Tale considerazione deriva, in particolare, sia dalle condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame che dalla presenza di una falda posta generalmente entro i primi 15 m dal piano campagna.

In relazione alla diffusa presenza di depositi alluvionali attuali e recenti caratterizzati di frequente da una granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa, di età compresa tra l'Olocene e l'Attuale, alcuni settori specifici possono essere considerati come potenzialmente liquefacibili nel caso di terremoti di una certa intensità. I depositi limoso-argillosi presentano una bassa o nulla suscettività alla liquefazione, i depositi ghiaioso-sabbiosi una suscettività generalmente moderata, mentre i depositi sabbioso-limosi presentano una suscettività variabile da moderata ad alta.

Considerata la presenza delle condizioni preliminari previste dall'NTC 2018, nell'ambito della progettazione geotecnica delle opere è necessario eseguire apposite analisi quantitative per la valutazione della suscettività a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Pertanto, si rimanda alla consultazione degli elaborati geotecnici per la trattazione analitica e quantitativa dei possibili effetti di eventuali fenomeni di liquefazione sulle opere in progetto.



## 15 DESCRIZIONE DEI SETTORI DI INTERVENTO

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei secondo le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

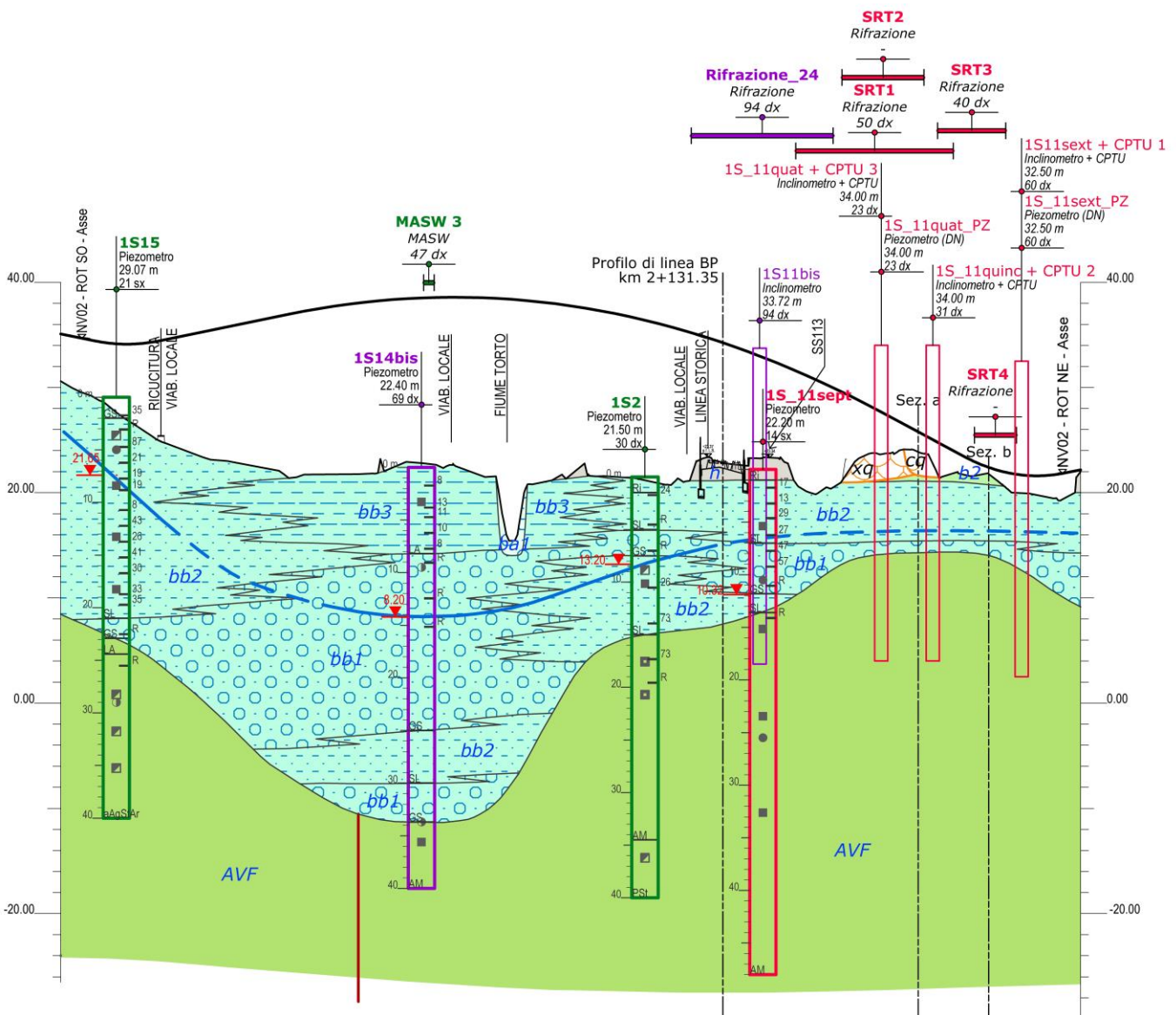


Figura 34 – Profilo geologico della viabilità NV02, con indicazione della livelletta stradale di progetto e delle indagini a disposizione.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 86 di 96

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed al profilo longitudinale ricostruito lungo l'asse della viabilità di progetto. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne di indagine esplicate.

Di seguito vengono descritti da sud-ovest a nord-est, i diversi tratti relativi alla viabilità di progetto NV02, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell'area.

### 15.1 Viabilità NV02 (km 0+000 – km 0+600)

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro-occidentale dell'area di studio, lungo il fondovalle della piana del Fiume Torto. Il tracciato è caratterizzato unicamente da un viadotto a quote di progetto comprese tra 34.0 e 38.5 m s.l.m., mentre le quote terreno variano da 15.4 a 30.5 m s.l.m.

Il tracciato interessa nel tratto iniziale e finale i terreni sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb2**), con uno spessore variabile tra 1 e 21 m (Figura 34). Nel tratto centrale, tra il km 0+215 e il km 0+509, tali depositi passano in eteropia laterale e verticale alla facies limoso-argillosa dei Depositi alluvionali recenti (**bb3**) che presenta uno spessore massimo di 8.5 m. Tali terreni risultano in appoggio sui terreni ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb1**). La continuità dei depositi ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) è localmente interrotta da alcune lenti o passaggi di terreni sabbioso-limosi (**bb2**) in un contesto generalmente complesso caratterizzato da vistose variazioni granulometriche e tessiturali.

Depositi alluvionali attuali (**ba1**) affiorano in corrispondenza dell'alveo attuale del Fiume Torto, tra il km 0+414 e il km 0+444, con uno spessore non superiore a 1.5 m. I Depositi alluvionali recenti, quindi, sono localmente ricoperti dai Riporti antropici attuali (**h**), in corrispondenza delle principali infrastrutture viarie, e dai terreni a composizione limoso-argillosa dei Depositi detritico-colluviali (**b2**), in corrispondenza del versante che delimita ad ovest il fondovalle, con spessori raramente superiori ai 2 m.

I depositi alluvionali presentano uno spessore totale compreso tra 14 e 34 m e poggiano sui litotipi del substrato a composizione argilloso-marnosa riferibili alle Argille Varicolori inferiori (**AVF**). Nel settore centrale del tratto in esame, tali depositi risultano dislocati da un lineamento tettonico sub verticale di cinematica sconosciuta, ad andamento circa N-S. I depositi del substrato si rinvencono a profondità sempre superiori ai 14 m dal p.c.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato attraversa un'area caratterizzata dalla presenza della piana alluvionale del Fiume Torto. Pertanto, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Fiume Torto, delimitato da scarpate di erosione con stato attivo e quiescente e di una conoide alluvionale con stato quiescente lungo il fianco occidentale della valle. In generale, si tratta di forme generate da processi dovuti alle acque correnti superficiali, con bassa intensità e ridotti tassi di evoluzione.

Sotto il profilo idrogeologico i dati di monitoraggio disponibili (1S15, 1S14bis, 1S2) evidenziano la presenza di una estesa falda freatica all'interno dei terreni alluvionali recenti a quote assolute variabili tra 8.20 e 21.05 m s.l.m.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 87 di 96

## 15.2 Viabilità NV02 (km 0+600 – km 0+971.264)

Il tratto in questione si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio, lungo il margine orientale del fondovalle della piana del Fiume Torto. Il tracciato è caratterizzato unicamente da un viadotto a quote di progetto comprese tra 21.6 e 35.2 m s.l.m., mentre le quote terreno variano da 19.2 a 24.1 m s.l.m.

Il tracciato interessa i terreni sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb2**), con uno spessore compreso tra 4.5 e 6 m, in appoggio sui terreni ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb1**) che invece presentano uno spessore variabile tra 1 e 5 m (Figura 34). La continuità dei depositi ghiaioso-sabbiosi (**bb1**) è localmente interrotta da alcune lenti o passaggi di terreni sabbioso-limosi (**bb2**) in un contesto generalmente complesso caratterizzato da vistose variazioni granulometriche e tessiture.

I Depositi alluvionali recenti, quindi, sono localmente ricoperti dai Riporti antropici attuali (**h**), tra il km 0+600 e il km 0+698, e dai terreni a composizione limoso-argillosa dei Depositi detritico-colluviali (**b2**), tra il km 0+850 e il km 0+898, con spessori massimi di circa 2 m. Inoltre, tra il 0+742 e il km 0+836, il tracciato intercetta depositi rimaneggiati per frana.

I depositi alluvionali presentano uno spessore totale compreso tra 6.5 e 14 m e poggiano sui litotipi del substrato a composizione argilloso-marnosa riferibili alle Argille Varicolori inferiori (**AVF**). I depositi del substrato si rinvennero a profondità sempre superiori ai 7 m dal p.c.

Dal punto di vista geomorfologico, il tratto attraversa l'estremità orientale della pianura alluvionale del Fiume Torto, lambendo e localmente interessando la porzione più basale dei rilievi collinari che delimitano ad est la piana stessa. Il versante a ridosso del tracciato è caratterizzato dalla presenza di un articolato sistema di frane coalescenti sviluppatosi dalla zona più elevata del rilievo fino al fondovalle.

Un primo movimento franoso principale dapprima lambisce e successivamente coinvolge direttamente il tracciato di progetto, tra il km 0+725 e il km 0+800. Si tratta di un movimento franoso complesso, con stato quiescente, lungo circa 400 m, largo circa 225 m, che coinvolge le coltri di copertura e sia le porzioni più superficiali che quelle più profonde del substrato geologico con uno spessore che può raggiungere i 20-25 m. Nella zona di accumulo, il fenomeno è stato investigato in prossimità del tracciato fino ad una profondità di 6.41 m da p.c. dalla prova CPTU3 e dal sondaggio 1S\_11quat dove si evidenzia la presenza di materiali fortemente rimaneggiati e destrutturati almeno fino a 11 m di profondità dal p.c.

Su questo grande corpo quiescente si vanno a sovrapporre ulteriori movimenti franosi, attualmente attivi o quiescenti. Si tratta di colate, scivolamenti e fenomeni complessi, con cinematica lenta e distribuzione variabile da retrogressiva a multidirezionale. Lo spessore dei fenomeni, variabile tra i 4 ed i 12 m, è maggiore nei movimenti franosi più estesi e tende a ridursi nelle frane di minori dimensioni, situate prevalentemente nella parte medio-bassa del versante. Tra queste, un colamento quiescente, lungo circa 110 m, largo circa 45 m e spesso fino a 10 m, interessa direttamente il tracciato di progetto tra il km 0+800 e il km 0+850, coinvolgendo sia le coltri di copertura che l'accumulo del movimento franoso più esteso. Il fenomeno è stato investigato con la prova CPTU2 (effettuata fino a 13.87 m da p.c.) e con il sondaggio 1S\_11quinc in cui fino a 10 m da p.c. sono stati rinvenuti materiali fortemente rimaneggiati e destrutturati con spessore di diversi metri.

Procedendo verso nord, lungo il versante è presente un ulteriore e articolato sistema di frane coalescenti. Il sistema è costituito da un movimento franoso complesso e più profondo, a cui si sovrappongono una serie di frane più superficiali e dalle dimensioni estremamente variabili. Il fenomeno franoso più profondo è caratterizzato nella zona di monte da una scarpata di frana che rappresenta la nicchia di un movimento complesso con stato quiescente. La



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)  
Nuova Viabilità NV02

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y69RG	GE 00 01 001	A	88 di 96

frana, che con uno spessore di circa 20-25 m coinvolge le coltri di copertura e sia le porzioni più superficiali che quelle più profonde del substrato geologico, presenta una lunghezza di circa 350 m e una larghezza di circa 130 m. Attualmente questo fenomeno non presenta evidenze di riattivazioni recenti, quantomeno riferendosi all'originaria superficie di rottura. L'evoluzione geomorfologica è infatti limitata alle porzioni più superficiali del corpo di frana e si esplica attraverso fenomeni di limitata importanza ed estensione.

Le frane più superficiali sono presenti principalmente nel settore medio-basso del versante e classificabili come movimenti complessi o colate con stato quiescente. Questi fenomeni lambiscono le opere di progetto tra il km 0+850 e il km 0+925 e presentano spessori variabili da pochi metri fino a quasi 9-10 m. In tali fenomeni risultano prevalentemente coinvolte le coltri di coperture e l'accumulo del movimento franoso più profondo. Il movimento franoso che lambisce il tracciato tra il km 0+875 e il km 0+925 è stato investigato con la prova CPTU1 fino a 5.56 m da p.c. e con il sondaggio 1S\_11sext dove si evidenzia la presenza di materiali fortemente rimaneggiati e destrutturati almeno fino a 5.5 m di profondità dal p.c. Infine, sul fenomeno franoso quiescente più profondo, nel suo settore più settentrionale, è sovrapposto un più vasto movimento complesso con stato quiescente che lambisce le opere di progetto lungo l'estremità settentrionale. Si tratta di un vasto fenomeno lungo circa 400 m, largo tra 130 e 230 m circa, e profondo circa 10 m, che coinvolge le masse precedentemente mobilizzate dal movimento franoso più profondo e le coltri di copertura presenti lungo il versante.

Sotto il profilo idrogeologico non sono disponibili dati di monitoraggio ma, in relazione al contesto geomorfologico, stratigrafico e alle misure effettuate nelle strumentazioni vicine, è possibile ipotizzare la presenza di una falda freatica piuttosto superficiale all'interno dei depositi alluvionali.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b></p> <p><b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS90</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA Y69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

## 16 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Abate D., Renda P., Tramutoli M., 1988. Note illustrative della Carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali (Sicilia centro-settentrionale). *Memorie della Società Geologica Italiana* 41: 475-505.

Agate M., Beranzoli L., Braun T., Catalano R., Favali P., Frugoni F., Pepe F., Smriglio G., Sulli A., 2000. The 1998 offshore NW Sicily earthquakes in the tectonics framework of the southern border of the Tyrrhenian Sea. *Memorie della Società Geologica Italiana* 55: 103-114.

Agnesi V., Camarda M., Conoscenti C., Di Maggio C., Diliberto I.S., Madonia P., Rotigliano E., 2005. A multidisciplinary approach to the evaluation of the mechanism that triggered the Cerda landslide (Sicily, Italy). *Geomorphology* 65: 101-116.

Agnesi V., Cosentino P., Di Maggio C., Macaluso T., Rotigliano E., 1996. The great landslide at Portella Colla (Madonie-Sicily). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 19: 273-280.

Agnesi V., De Cristofaro D., Di Maggio C., Macaluso T., Madonia G., Messina V., 2000. Morphotectonic setting of The Madonie area (central northern Sicily). *Memorie della Società Geologica Italiana* 55: 373-379.

Agnesi V., De Cristofaro D., Di Maggio C., Macaluso T., Madonia G., Messina V., Rotigliano E., 1998. Introduzione alla geomorfologia delle Madonie. 79° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana. Guida alle Escursioni 2: 5-20.

Agnesi V., Di Maggio C., Macaluso T., Marino S., Monteleone S., Pipitone G., 1999. Carte geomorfologiche di Scillato e Caltavuturo. Note illustrative. Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo, Provincia Regionale di Palermo.

Alfieri A., Bafumo G., Collalti M., Giglio I., Renda S., Ricco S., 1994. I dissesti in Sicilia. Primi risultati del censimento dei dissesti nei centri abitati. Studio della franosità del bacino del Torrente Fichera (Fiume Imera Settentrionale). *Rivista Mineraria Siciliana* 30: 51-65.

Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L., Zanferrari A., 1987. Neotectonic Map of Italy, scale 1:500000. C.N.R.-P.F.G., Sottoprogetto Neotettonica: Fogli 1-6.

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.

APAT, 2007. Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici 78: 681.

Aureli A., Contino A., Cusimano G., 2008. Aspetti idrogeologici e vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale). Note illustrative della "Carta della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie" Scala 1:50000. Regione Siciliana, Azienda Regionale Foreste Demaniali, Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Geologia e Geodesia.

Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, 2005. Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico UoM Regione Siciliana (ITR191). Aggiornamento 2021. Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 90 di 96

Bartolomei G., Celico P., Pecoraro A., 1983. Schema idrogeologico della Sicilia nord-occidentale. Bollettino della Società Geologica Italiana 102: 329-354.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 2008. The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics.

Basilone L., 2012. Litostratigrafia della Sicilia. Arti Grafiche Palermitane s.r.l..

Bello M., Franchino A., Merlini S., 2000. Structural model of Eastern Sicily. Memorie della Società Geologica Italiana 55: 61-70.

Bianchi F., Carbone S., Grasso M., Invernizzi G., Lentini F., Longaretti G., Merlini S., Monstardini F., 1987. Sicilia orientale: profilo geologico Nebrodi-Iblei. Memorie della Società Geologica Italiana 38: 429-458.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural model of Italy. Scale 1:500000 (fogli 1-6). CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica 114.

Billi A., Minelli L., Orecchio B., Presti D., 2009. Run up distribution for the 1908 Messina Tsunami, Italy: observed data versus expected curves. Bulletin of the Seismological Society of America 99: 3502-3509.

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 palynspastic restoration. Bollettino della Società Geologica Italiana 101: 259-284.

Bonardi G., Giunta G., Liguori V., Perrone V., Russo M., Zuppetta A., 1976. Schema geologico dei Monti Peloritani. Bollettino della Società Geologica Italiana 95: 49-74.

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.

Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., 1989. Rocce e successioni sedimentarie. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Broquet P., 2016. Sicily in its Mediterranean geological frame. Boletìn Geològico y Minero 127: 547-562.

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 : 137-151.

Canuti P., Esu F., 1995. Glossario Internazionale per le frane. Rivista Italiana di Geotecnica 2: 143-150.

Carbone S., Lentini F., Branca S., 2010. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 633, Paternò. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Carraro F., 2012. Geologia del Quaternario. L'evoluzione geologica degli ambienti superficiali. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Casadio M., Elmi C., 1999. Il manuale del geologo. Pitagora Editrice, Bologna.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 91 di 96

Casati P., 1991. Scienze della terra. Città Studi Edizioni.

Castiglioni G.B., 1991. Geomorfologia (seconda edizione). Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Catalano R., 2004. Geology of Sicily: an introduction. *Bocconea* 17: 33-46.

Catalano R., Cusimano G., Grasso M., Lentini F., Macaluso T., Monaco P., Monteleone S., Pipitone G., Fancelli R., Squarci P., Taffi L., 1988. Inventario delle risorse geotermiche nazionali. Regione Sicilia. CNR, Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche, Pisa.

Catalano R., D'Argenio B., 1978. An essay of palinspactic restoration across the western Sicily. *Geologica Romana* 17: 145-159.

Catalano R., Di Stefano P., Sulli A., Vitale F.P., 1995. Ipotesi sulla prosecuzione settentrionale delle Unità Sicane nell'area di Rocca Busambra. In: Atti del 79° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana, Palermo, 21-23 settembre: 268-271.

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., Avellone G., Basilone L., Contino A., Agate M., 2011. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 609-596, Termini Imerese – Capo Plaia. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Catalano S., Avellone G., Basilone L., Contino A., Agate M., 2013. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 595, Palermo. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Celico P., 1986. Prospezioni idrogeologiche - Volume primo. 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.

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.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Comune di Palermo, 2004. Piano Regolatore Generale del Comune di Palermo. Delibera comunale n° 7 del 21/21/04.

Contino A., 2002. Geologia e geomorfologia della bassa valle del Fiume Imera settentrionale. In: Belvedere O., Bertini A., Boschian G., Burgio A., Contino A., Cucco R.M., Lauro D., Himera III, Prospezione archeologica nella valle dell'Imera. Dipartimento di Beni Culturali Storico-Archeologici, Socio-Antropologici e Geografici, Sezione Archeologia, Università degli studi di Palermo: 22-48.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 92 di 96

Contino A., Cusimano G., Frias Forcada A., 2004. Assetto idrostrutturale dei Monti di Trabia e Termini Imerese (Sicilia Settentrionale) e valutazione delle risorse idriche immagazzinate. Atti del 4° Convegno di Speleologia della Sicilia, 1-5 maggio 2002, Custonaci (TP). Supplementi di Speleologia Iblea 10: 99-106.

Cremonini G., 1994. Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche. Pitagora Editrice, Bologna.

Cruden D.M., Varnes D.J., 1993. Landslides: investigation and mitigation chapter 3: landslide type and process. National Academy of sciences.

Cruden D.M., Varnes D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner A.K., Schuste R.L. (eds) Landslide investigation and mitigation, special report 247, National Academy of Sciences: 36-75.

Decima A., Wezel F.C., 1971. Osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale. Rivista Mineraria Siciliana 130-132: 172-187.

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 Maggio C., Madonia G., Vattano M., 2014. Deep-seated gravitational slope deformations in western Sicily: Controlling factors, triggering mechanisms, and morpho-evolutionary models. Geomorphology 208: 173-189.

Di Stefano A., Vinci G., Romeo M., 2002. The Pliocene-Pleistocene Deposits at the Southeastern Border of the Sant'Arcangelo Basin (Southern Apennines): Structural Setting and Biostratigraphical Data. Bollettino della Società Geologica Italiana vol. spec. 1: 527-537.

DISS Working Group, 2021. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dramis F., Bisci C., 1997. Cartografia geomorfologica. 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 1: 319-376.

Ghisetti F., Vezzani L., 1984. Thin-skinned deformations of the western Sicily thrust belt and relationships with crustal shortening: Mesosstructural data on the Mt. Kumeta-Alcantara Fault Zone and related structure. Bollettino della Società Geologica Italiana 103: 129-157.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 93 di 96

Giunta G., Luzio D., Agosta F., Calò M., Di Trapani F., Giorgianni A., Oliveri E., Orioli S., Perniciaro M., Vitale M., Chiodi M., Adelfio G., 2009. An integrated approach to investigate the seismotectonics of northern Sicily and southern Tyrrhenian. *Tectonophysics* 476: 13-21.

Hallam A., 1985. Interpretazione delle facies e stratigrafia. Pitagora Editrice, Bologna.

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): *Encyclopedia 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 Landslide*: 10-15.

ISIDe Working Group, 2007. Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

ISPRA – Regione Sicilia, 2016. Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI (consultazione 2023). [progettoiffi.isprambiente.it](http://progettoiffi.isprambiente.it).

ISPRA, 2011. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 609-596, Termini Imerese – Capo Plaia. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA, 2018. Rapporto dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - rapporto 2018.

Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, 2023. Modello di pericolosità sismica MPS04-S1. <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

Johansson M., Braakenburg N.E., Stow D.A., Faugeres J.C., 1998. Deep-water massive sands: facies, processes and channel geometry in the Numidian Flysch, Sicily. *Sedimentary Geology* 115: 233-265.

Juang C.H., Elton D.J., 1991. Use of fuzzy sets for liquefaction susceptibility zonation. *Proceedings of the Fourth seismic zonation 2*: 629-636.

Lavecchia G., Ferrarini F., De Nardis R., Visini F., Barbano M.S., 2007. Seismogenic evidence of ongoing compression in eastern-central Italy and mainland Sicily: a comparison. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 126: 209-222.

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., 1982. The geology of the Mt. Etna basement. *Memorie della Società Geologica Italiana* 23: 7-25.

Lentini F., 1984. Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100000. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Carbone S., 2014. Geologia della Sicilia. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 95: 7-414.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b></p> <p><b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA RS90</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA Y69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Grasso M., 1995. Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. Studi Geologici Camerti vol. spec. 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., 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. suppl. 1990: 19-26.

Lentini F., Catalano S., Carbone S., 2000. Note illustrative della carta geologica della Provincia di Messina, in scala 1:50000. 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., Antonucci A., 2022. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

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., Montaldo V., Stucchi M., Martinelli F., 2006. Database della pericolosità sismica MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

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.

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., 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., Catalano S., 2000. Tectonic escape in the Sicilian mountains (western Sicily). Memorie della Società Geologica Italiana 55: 17-25.

Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W., 1998. Structural Evolution of the Lucanian Apennines, Southern Italy. Journal of Structural Geology 20: 617-638.

Montanari L., 2000. Paleogeography of Sicily: Importance of Stratigraphy. Memorie della Società Geologica Italiana 55: 211-217.

Mostardini F., Merlini S., 1986. Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana 35: 177-202.

Nishiyama H., Yahagi Y., Nakagawa S., Wada K., 1977. Practical method of predicting sand liquefaction. Proceeding of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering 2.

Obermeier S.F., 1996. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis — An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 95 di 96

properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology* 44(1).

Ogniben L., 1960. Nota illustrativa dello Schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Rivista Mineraria Siciliana* 64-65: 183-212.

Ogniben L., 1969. Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano. *Memorie della Società Geologica Italiana* 8: 453-763.

Ogniben L., 1973. Carta del modello strutturale d'Italia. Fogli Sud n. 1-2, scala 1:1000000, Roma.

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.

Pánek T., 2020. Landslides and Related Sediments. *Earth Systems and Environmental Sciences*: 1-22.

Parotto M., Praturlon A., 1975. Geological summary of Central Apennines. In: Ogniben L., Parotto M., Praturlon A. (eds), *Structural Model of Italy*. *Quaderni della Ricerca Scientifica* 90: 257-306.

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 1:50000, Guida al Rilevamento. *Quaderni serie III* 1: 203.

Patacca E., Scandone P., Giunta G., Liguori V., 1979. Mesozoic Paleotectonic Evolution of the Ragusa Zone (Southeastern Sicily). *Geologica Romana* 18: 331-369.

Pondrelli S., Boschi E., Dziewonski A.M., Ekstrom G., Mazza S., Morelli A., Piromallo C., 1998. Regional Centroid Moment Tensor of the Mediterranean area and their tectonic implications. *IUGG99 Abstract Book* A169.

Pondrelli S., Salimbeni S., Ekstrom G., Morelli A., Gasperini P., Vannucci G., 2006. The Italian CMT dataset from 1977 to the present. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 159: 286-303.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, 2021. Classificazione sismica al 30 aprile 2021. <https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/sismico/attivita/classificazione-sismica>.

Rauch A.F., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal* 35: 442-459.

Regione Siciliana, 2007. Piano di tutela delle acque della regione Sicilia.

Ricci Lucchi F., 1980. *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G., 2007. *La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Robertson P.K., Wride C.E., 1998. Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal* 35: 442-459.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*, versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

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.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>					
	<b>TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) Nuova Viabilità NV02</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> RS90	<b>LOTTO</b> 00	<b>CODIFICA</b> Y69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 96 di 96

Seed H.B., Idriss I.M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland.

Sorriso-Valvo M., Agnesi V., Gulla G., Merenda L., Antronico L., Di Maggio C., Filice E., Petrucci O., Tansi C., Catalano E., Gagliano C., Lammers R., Monteleone S., Macaluso T., Pipitone G., Towne K., 1994. Temporal and spatial occurrence of landsliding and correlation with precipitation time series in Montalto Uffugo (Calabria) and Imera (Sicilia) area. In: Casale R., Fantechi R., Flageollet J.C., eds, Temporal occurrence and forecasting of landslides in the European Community, Final Report 2: 825-869.

Speranza F., Maniscalco R., Mattei M., Di Stefano A., Butler R.W.H., Funicello R., 1999. Timing and magnitude of rotations in the frontal thrust systems of south-western Sicily. *Tectonics* 18: 1178-1197.

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G., 2004. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. *Bulletin of the Seismological Society of America* 101(4): 1885-1911.

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. Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Terzaghi K., 1950. Mechanism of Landslides. *Geological Society of America Bulletin (Berkeley)*: 83-123.

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.

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.

Zaruba Q., Menci V., 1982. Landslides and their control. Elsevier, Amsterdam, Academia-Praha, 2nd ed..