



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

AUTOSTRADA A19 "PALERMO – CATANIA" RICOSTRUZIONE DELLA CARREGGIATA DIR. CATANIA DEL VIADOTTO IMERA I TRA LE PILE N.16 E N. 22

PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

Dott. Ing. **FULVIO MARIA SOCCODATO**
Ordine Ing. di Roma n. 18861

IL GEOLOGO:

Geol. **SERENA MAJETTA**
Ordine Geol. del Lazio n. 928

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Geom. **FABIO QUONDAM**

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. **Ettore de la Grennelais**

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Arch. Alberto Aronica	- Coordinamento
Ing. Domenico Cimino	- Coordinamento
Geol. Giovanni Montana	- Geologia
Ing. Ginevra Beretta	- Ambiente e cantierizzazione
Arch. Barbara Banchini	- Ambiente e cantierizzazione
Ing. Gabriele Giovannini	- Cartografia
Geom. Carmelo Zema	- Espropri
Geom. Stefano De Masi	- Computi, Stime e Capitolati
Geom. Marco Spinucci	- Sicurezza
Geol. Giuseppe Cardillo	- Cave e Discariche
Ing. Attilio Petrillo	- Idraulica
Ing. Gianfranco Fusani	- Strade
Ing. Francesco Primieri	- Strade
Ing. Enrico Mittiga	- Geotecnica
Geom. Alessandro Cortese	- Geotecnica
Geol. Francesca Sciubba	- Geologia
Ing. Massimo Tarquini Guetti	- Strutture
Arch. Gianluca Bonoli	- Strutture
Dott. Alberto Barreca	- Espropri (Supporto DRPA)
Geom. Carmelo Sorce	- Cartografia (Supporto DRPA)

RESPONSABILI DI UNITA' INGEGNERIA:

Ing. Fulvio Maria SOCCODATO	- Ingegneria del Territorio
Ing. Alessandro MICHELI	- Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI	- Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio QUONDAM	- Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO		LIV. PROG.		N. PROG.		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:	
D	P	P	A	16	P	1501	T00GE00GEORE01	A	-
A	Emissione per approvazione					Nov. 2015	Geol. Sciubba	Geol. Sciubba	Geol. Majetta
						DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

<u>1. Riferimenti normativi</u>	<u>4</u>
<u>2. Inquadramento geostrutturale generale</u>	<u>5</u>
<u>3. Inquadramento geologico</u>	<u>9</u>
4.1 Successione stratigrafica locale	15
<u>4. Inquadramento Geomorfologico</u>	<u>19</u>
5.1 Geomorfologia dei versanti	21
5.2. Esame della documentazione del PAI	25
5.3. Analisi dei dissesti rilevati nell'area oggetto di studio	27
5.4. Geomorfologia di dettaglio	32
<u>5. Inquadramento Idrogeologico</u>	<u>42</u>
6.1 Idrogeologia locale	46
<u>6. Sismicità dell'area</u>	<u>49</u>
7.1. Sismicità locale	57
<u>7. Indagini geognostiche</u>	<u>59</u>
8.1 Indagini geognostiche effettuate nell'area oggetto dell'intervento	61
8.2. Risultati delle indagini effettuate nell'area oggetto dell'intervento	64
8.3. Analisi dei dati inclinometrici	66
<u>8. Modello geologico di riferimento</u>	<u>67</u>
<u>9. Interazione opera terreno</u>	<u>67</u>
<u>10. Interazione con le aree di cantiere</u>	<u>68</u>
<u>11. Opere di presidio</u>	<u>68</u>

Premessa

La presente relazione è inclusa all'interno della documentazione inerente il progetto per la ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera, fra la pila n° 16 e la pila n° 22, a seguito del danneggiamento del viadotto stesso, a causa dell'evento franoso che si è verificato in data 10/04/2015 nel comune di Caltavuturo.

Si rende quindi necessaria la ricostruzione della carreggiata direzione Catania.

Di seguito in fig. 1 viene illustrato, tramite immagine da satellite l'area oggetto dell'intervento.

In questo contesto, il presente elaborato si pone come obiettivo l'approfondimento degli aspetti geologici, idrogeologici e soprattutto geomorfologici dell'area interessata dal percorso provvisorio e la caratterizzazione geotecnica dei litotipi interessati dall'opera in oggetto.

Gli elementi conoscitivi, necessari a sviluppare i temi proposti, sono stati ricavati da una analisi di approfondimento bibliografico, da un'attività di rilevamento geologico e geomorfologico del terreno e dall'acquisizione dei dati proveniente della campagna geognostica, effettuata nel periodo aprile -maggio 2015. La relazione definisce i lineamenti geologici dell'area e descrive il contesto geologico di riferimento in relazione all'intervento in progetto. L'ubicazione dei punti d'indagine d'interesse per l'area in progetto è rappresentata nell'elaborato "Planimetria ubicazione indagini".

La presente relazione descrive le condizioni di affioramento dei terreni interessati dal progetto e le principali implicazioni di carattere geologico geomorfologico e di carattere progettuale ad esso collegate.

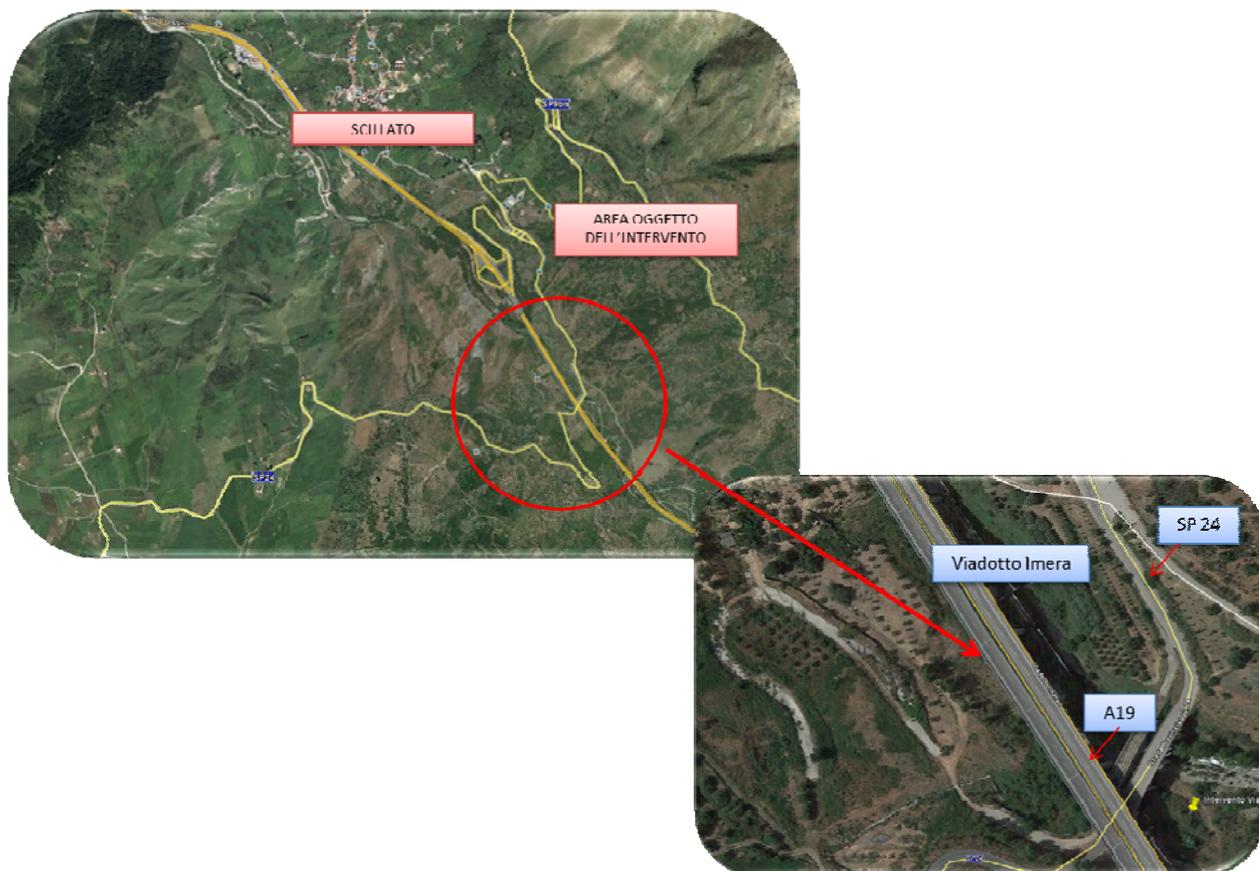


Fig.1: Area oggetto dell'intervento

1. Riferimenti normativi

- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»”.
- D.M. 14/01/2008 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzione per l’applicazione delle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- D. Lgs. n.163 del 12 aprile 2006: “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”.
- D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 554 “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n.109 e successive modificazioni”.
- D.M. 11/03/88 - Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni. Variante adottata con deliberazione del Comitato istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 2 del 25.02.2010;;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998);
- D.G.R. 19 dicembre 2003, n. 408 – “Individuazione, formazione ed aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274”.

2. Inquadramento geostrutturale generale

La Sicilia riveste un ruolo importante nell'ambito della geodinamica del Mediterraneo Centrale, compresa fra l'avampaese africano a sudest, il bacino tirrenico a nord ed il dominio ionico ad est.

L'assetto tettonico generale dell'isola comprende tre domini distinti: l'avampaese ibleo, nel settore sudorientale; il dominio di avanfossa, nel settore centrale, con elevato spessore di sedimenti; il dominio di catena nel settore settentrionale, con una struttura a falde sovrapposte sud-est vergenti.

L'area d'interesse ai fini dello studio in oggetto si colloca all'interno del dominio di catena caratterizzato, in questa zona, dalla sovrapposizione tettonica di più unità paleogeografico-strutturali, di età compresa fra il Cretacico ed il Messiniano, strutturalmente sovrapposte le une sulle altre secondo uno schema a falde di ricoprimento.

Il complesso siciliano può essere suddiviso in:

- un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale, nel Canale di Sicilia ed a sud di Sciacca
- un'avanfossa recente (Avanfossa di Gela), localizzata nell' offshore meridionale della regione e nell'altopiano ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese. Essa è in parte sepolta dal fornite della catena nella Sicilia meridionale
- una catena con vergenza SSE, costituita da unità Calabro-Peloritane e dalle unità Appenninico-Siciliane. (L'intera schematizzazione del complesso siciliano è illustrata in figura.2)

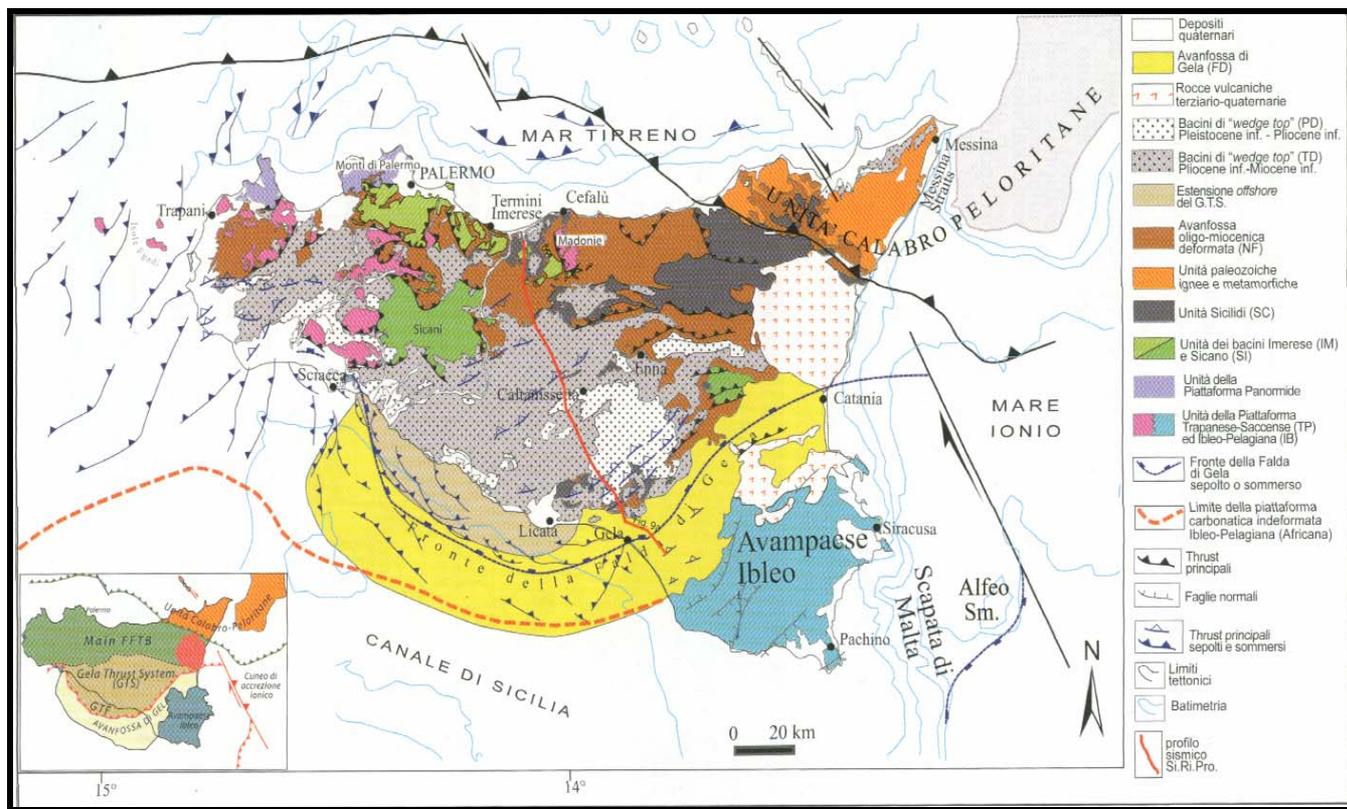


Figura 2- (Immagine tratta dalle note illustrative del foglio "Palermo" scala 1:50000 del progetto CARG). Carta geologico-strutturale semplificata. Nel riquadro in basso, i principali elementi che caratterizzano il complesso collisionale della Sicilia

L'orogene siciliano, ad eccezione dell'arco Calabro-Peloritano è costituito dalla sovrapposizione di unità calcaree deformate, derivanti da originari domini meso-cenozoici bacinali (unità Sicilide , Imerese e Sicano,.), su un prisma costituito da rampe tettoniche originatisi dalla deformazione dell'originaria piattaforma carbonatica (unità Panormidi e Trapanesi,). Questo cuneo tettonico poggia sull'avampaese non deformato, affiorante nel Plateau Ibleo (Catalano et alii 1998, Catalano et alii 2000). Al di sopra dei depositi carbonatici si trovano, diffusi in tutta la Sicilia, solidali o scollati dal substrato carbonatico, i depositi clastico terrigeni oligo-miocenici appartenenti alla formazione del Flysch Numidico. I corpi geologici coinvolti nell'evoluzione geologico-strutturale dell'Appennino Siciliano (Catalano & D'Argenio 1978) sono stati suddivisi in "unità stratigrafico strutturali" (U.S.S, termine

largamente accettato nel mondo scientifico), aventi una definizione spaziale ben definita e caratteristiche intrinseche simili.

Queste unità sono contraddistinte da limiti tettonici ben distinti, medesimo assetto strutturale e litologie omogenee a grande scala e corrispondono a porzioni di domini paleogeografici differenti; tettonicamente deformate e scollate dal loro originario basamento cristallino. Le unità stratigrafico strutturali hanno subito, a luoghi, un'ulteriore suddivisione in sub-unità, sulla base dei rapporti tettonici riconoscibili in superficie.

Le unità stratigrafico strutturali (vedi figura. 3) presenti nel settore settentrionale dell'orogene siciliano sono:

1. U.S.S derivanti dalla deformazione del ***Dominio Sicilide***, terreni di natura calcareo argillosa, affioranti nella zona nord occidentale della Sicilia. La messa in posto di questi termini è legata alla deformazione dell'originario bacino meso-cenozoico.

2. U.S.S derivanti dalla deformazione del ***Dominio Numidico*** si rinvengono: solidali con il sottostante substrato carbonatico o scollati dal substrato, a formare un cuneo tettonico.

3. U.S.S derivante dalla deformazione del ***Dominio Imerese*** costituite da successioni carbonatiche e silico-carbonatiche mesozoiche-paleogeniche e dalle loro coperture (litofaces argillitico-arenacee del Flysch Numidico, queste ultime generalmente discordanti ma non scollate dal substrato.

4. U.S.S derivante dalla deformazione del ***Dominio Panormide*** ed in parte del margine del bacino del Flysch Numidico. Costituita da carbonati meso-cenozoici di piattaforma e dai depositi del Flysch Numidico, che si rinvengono scollato dai sottostanti carbonati.

5. U.S.S derivante dalla piattaforma pelagica meso-cenozoica del **Dominio Trapanese.**

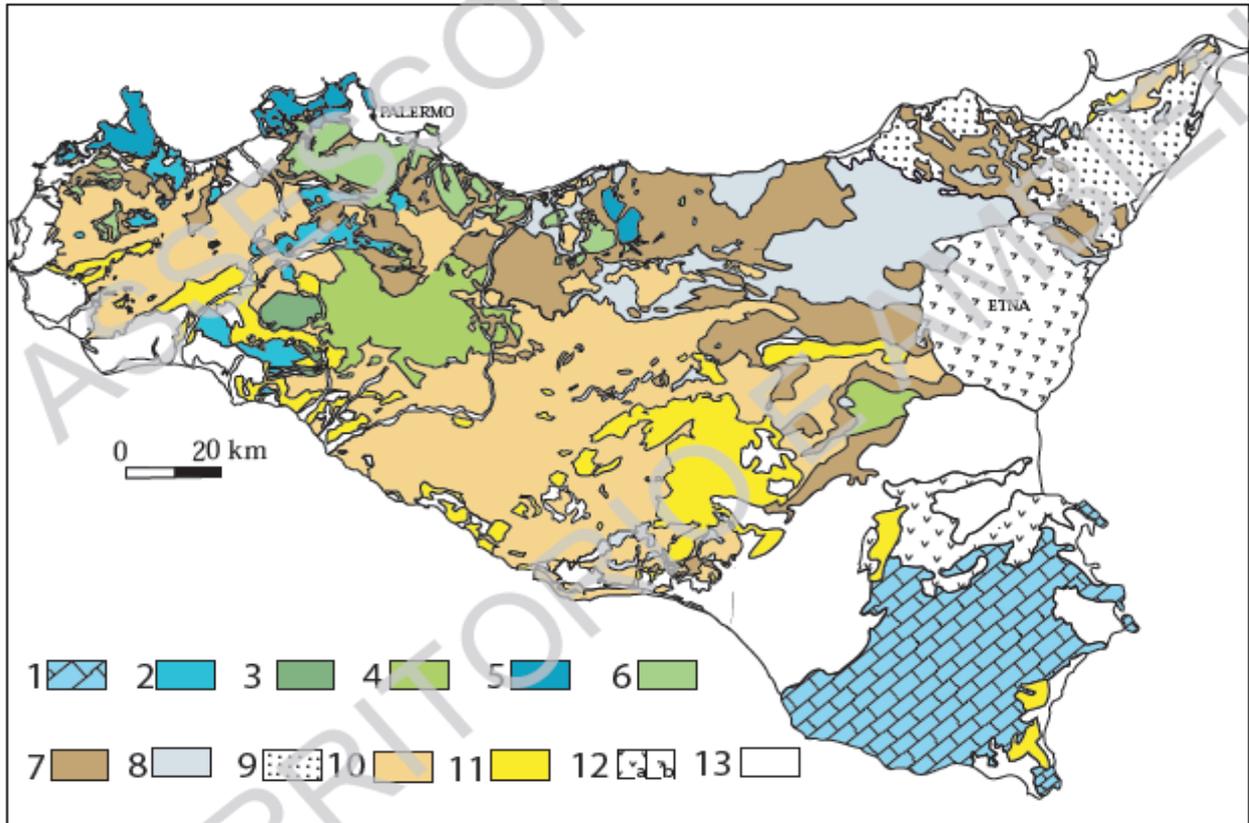


Figura 3-(Immagine tratta dalle note illustrative del foglio "Corleone" scala 1:50000 del progetto CARG). -Carta delle U.S.S della Sicilia: 1) Unità dell'avanpaese Ibleo; 2) Unità di Piattaforma caronatica-pelagica (Trapanese-Saccense); 3) Unità di Monte Genuardo (transizione piattaforma/bacino); 4)Unità di mare profondo (Sicano); 5) Unità di piattaforma carbonatica (Panormide); 6) Unità di scarpata/bacino (Imerese-Prepanormide); 7) Unità dei flysch miocenici (Numidico); 8)Unità Sicilidi; 9)Unità cristalline Calabro-Peloritane; 10) depositi sinorogeni mio-pliocenici; 11) depositi sintettonici plio-pleistocenici; 12) Vulcaniti Plio-Quaternarie; 13) depositi pleistocenici.

3. Inquadramento geologico

L'area oggetto dell'intervento, ricade all'interno della Catena siciliana, denominata Le Madonie, che rappresentano dal punto di vista geologico, un segmento della catena siciliana strutturalmente costituita dall'impilamento di una successione di unità tettoniche, messe in posto dopo il Miocene inferiore, derivanti dalla deformazione di originari domini paleogeografici individuati durante le fasi di distensione mesozoiche.

Le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e strutturali sono quelle presenti sia nell'estremo settore occidentale (Monti di Palermo e di Trapani) che in quello orientale e meridionale (Nebrodi e Fossa di Caltanissetta).

In particolare, nell'area s'individuano unità riferibili ai seguenti domini:

- *Unità del Dominio Sicilide* (successioni mesozoico-terziarie con caratteristiche di bacino = Argille varicolori e Formazione di Polizzi);
- *Unità del Dominio Imerese Numidico* (successioni mesozoico-terziarie con caratteristiche di bacino = Flysch Numidico);
- *Unità del Dominio Imerese*, anch'esse riferibili ad ambiente di bacino-base di scarpata.

Le unità tettoniche sopra descritte, nel corso delle fasi tettoniche del Miocene inferiore, hanno subito processi deformativi che le hanno portate ad impilarsi le une sulle altre verso l'esterno (dal nord al sud attuale) dando origine all'"*edificio strutturale Madonita*". Nel corso di questa fase si determina il raddoppio tettonico dei terreni del Bacino Imerese settentrionale su quelli più meridionali. Inoltre, nella medesima fase, le *Unità Sicilidi* si sovrappongono alle unità anzidette.

Successivamente, su queste unità deformate vanno a deporsi, generalmente con assetto discordante, le successioni terrigeno-carbonatiche, evaporitiche e carbonatiche del

ciclo Tortoniano-Pliocene e, più tardi, le successioni clastico-terrigeno-carbonatiche del ciclo Pliocene superiore – Quaternario.

In particolare, nel Tortoniano superiore-Messiniano si realizza il parziale sollevamento delle zone più interne della catena e s'individua un'avanfossa nelle aree più meridionali. Si verifica la deposizione delle molasse della formazione Terravecchia che vanno a ricoprire le unità già deformate. Questa sedimentazione avveniva, a Sud, sul fronte delle coltri in bacini di mare aperto, mentre a settentrione in bacini caratterizzati da depositi terrigeni di ambiente deltizio, alla base, che evolvono a depositi neritici e, quindi, evaporitici.

Le litologie presenti nell'area, come riportato nella carta CARG in scala 1:50.000 e in (Fig. 4) sono le seguenti:

SUCCESIONE DEL DOMINIO IMERESE

✓ **Formazione Crisanti (sigla CARG: "CRI")**

La formazione, compresa nell'intervallo Liassico sup.-Cretacico sup. è rappresentata da una potente successione di radiolariti in strati sottili alternate ad argille silicee con intercalazioni di corpi clastico-carbonatici, derivanti dallo smantellamento del margine della piattaforma carbonatica.

Nell'area la formazione è stata suddivisa in 4 membri:

- *Membro delle radiolariti (CRI₁)*

Argilliti silicee e marne bruno nerastre passanti verso l'alto a radiolariti di colore grigio scuro/nere ed a diaspri. Lo spessore è variabile tra 20 ed 80 metri. Questo membro è datato Toarciano superiore-Malm inferiore. In genere il limite inferiore è discordante tipo onlap sulla formazione Fanusi. A luoghi (Monte Cicio) si rinvencono all'interno intercalazioni di basalti alcalini.

- *Membro brecce ad Ellipsactinia (CRI₂)*

Brecce calcaree e biocalcareni grigie in banchi metrici a luoghi alternate a livelli marnosi centimetrici. Il corpo roccioso è potente mediamente tra i 30 e gli 80 metri.

La componente fossilifera è costituita da bioclasti di Ellipsactinia, lamellibranchi, crinoidi, alghe e coralli. L'età di questo deposito è Titonico sup-Neocomiano.

- *Membro marnoso-spongolitico (CRI₃)*

Argilliti silicee di color oliva alternate a marne silicee rosso-vinaccia, calcari selciosi stratiformi e radiolariti in livelli centimetrici. Questi depositi contengono biofaces a spicole di spugna, radiolari ostracodi e foraminiferi planctonici e bentonici. Riferibili al Cretacico inf. con il limite inferiore discordante tipo onlap sulle brecce ad Ellipsactinia (CRI₂).

- *Membro delle brecce a Rudiste (CRI₄)*

Calciruditi e calcareniti grigie a rudiste e orbitoline in banchi grossolani e livelli centimetrici di calcarenitie marne grigio-verdi che si assottigliano verso l'alto. Localmente contengono liste e noduli di selce.

La fauna riscontrata è prevalentemente data da: Orbitolina, orbitoidi, frammenti di crinoidi, alghe coralli e rudiste. L'età di questo membro è ascrivibile al Cretacico sup. ed il limite inferiore di questo membro è un a superficie erosiva tipo downlap (*Basilone 2000*).

- ✓ *Formazione Caltavuturo (sigla CARG: "CAL")*

La formazione è costituita da calcilutiti e calcari marnosi alternati a marne argillose, talora scagliettate, rosso vinaccia, rosate e grigiastre, in strati centimetrici con laminazioni parallele e noduli e o liste di selce nerastre o rosse. Contenuto fossilifero costituito da foraminiferi planctonici, radiolari e spicole di spugna. Spessore 50-150 m. Ambiente di scarpata e bacino.

SUCCESIONE DEL BACINO FLYSCH NUMIDICO

- ✓ *Flysch Numidico (sigla CARG FYN)*

Alternanza tra peliti e peliti argillose con sottili livelli arenacei; biocalcareni e megabrecce ad elementi carbonatici; quarzoareniti (FYNa); siltiti argillose con microconglomerati passanti a marne, peliti verdastre ed arenarie quarzose con calcarenite. Il Flysch Numidico è datato nell'intervallo Oligocene superiore (Chattiano)-Miocene inferiore (Burdigagliano).

All'interno di questa formazione vengono distinti: il *membro di Portella Colla (FYN2)* ed il *membro di Geraci Siculo (FYN5)*.

- *Membro di Portella Colla (sigla CARG: " FYN2")*

Argille, marne sabbiose ed argilliti color tabacco; talora mangesifere a laminazione piano parallela, a cui si intercalano strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine prevalentemente quarzose e, banchi metrici di quarzoareniti ben cementate e conglomerati con ciottoli di quarzo (FYN2a). Intercalate nella porzione superiore della successione, biocalcareni risedimentate a macroforaminiferi e lenti di megabrecce carbonatiche (FYN2c) Lo spessore varia da poche decine di metri fino a 300 m.

- *Membro di Geraci Siculo (sigla CARG: " FYN5")*

Banchi quarzoarenitici ed arenarie giallastre con intercalazioni argillitiche di vario spessore. Nei banchi quarzoarenitici si rinvencono livelli microconglomeratici. Povero è il contenuto fossilifero nel quale si riconoscono foraminiferi planctonici (Globigerina). Spessore affiorante 800m.

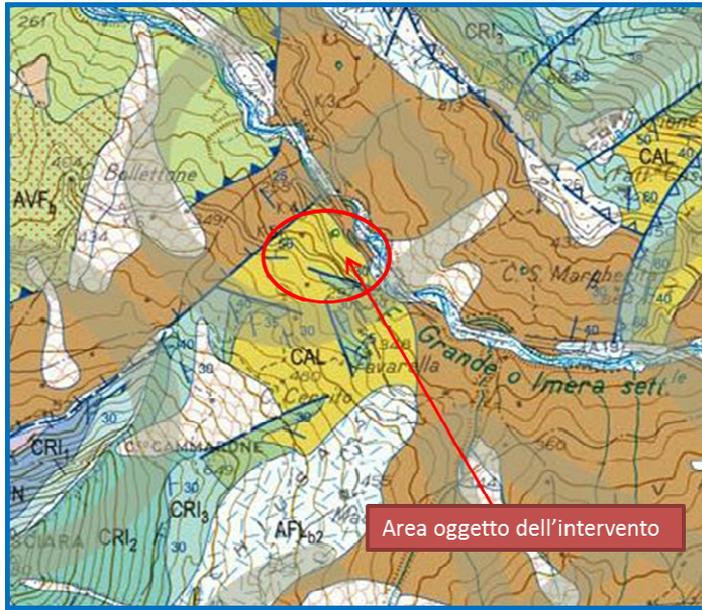
SUCCESSIONE DEL DOMINIO SICILIDE

- ✓ ***Argille varicolori inferiori (sigla CARG AVF):*** argille a struttura scagliosa e marne varicolori, spesso caotiche, diaspri ed arenarie quarzoso-micacee, calcilutiti verdastre e livelli di biocalcareni a macroforaminiferi e frammenti di molluschi. Contenuto fossilifero autoctono a foraminiferi planctonici e nanofossili calcarei. Localmente, nei livelli inferiori, marne nere ed argille grigie con calcareniti grigie risedimentate ad

ostreidi (marne ad Exogyra). Intercalazioni di corpi lenticolari di conglomerati e brecce calcaree a rudistidi, caprinidi, nerineidi, alveolinidi (brecce a caprinidi). Spessore fra 70 e 200 m. Limite inferiore di natura tettonica sui termini del Flysch numidico e della formazione Polizzi. Ambiente deposizionale di piana batiale – base di scarpata.

- ✓ **Formazione di Polizzi (sigla CARG POZ):** Calcilutiti e calcari marnosi grigio biancastri in strati decimetrico-centimetrici a luoghi sottilmente laminati, alternati a livelli marnoso - argillosi grigiastri e talvolta violacei a foraminiferi planctonici e nanofossili calcarei; talora le marne sono grigio nerastre e bituminose. A luoghi sono presenti intercalazioni lenticolari di biocalcareniti e biocalciruditi risedimentate con macroforaminiferi. Spessore 20-170 m. Limite inferiore discordante su AVF. Ambiente di scarpata e bacino pelagico.

Autostrada A19 Palermo –Catania
Ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera
fra la pila n° 16 e n°22
Progetto Preliminare



ARGILLE VARICOLORI INFERIORI

Argille a struttura scagliosa e marne varicolori, spesso caotiche, diaspri ed arenarie quarzose e micacee, calcilutiti verdastre con piste di vermi e livelli centimetrici di biocalcarenti a macroforaminiferi e frammenti di molluschi. Spessore, difficilmente definibile, è valutato tra 70 e 200 m. Il contenuto fossilifero autoctono è rappresentato da foraminiferi planctonici (biozone a *Rotalipora appenninica*, *Rotalipora brotzeni*, *Rotalipora reichelii*) ed anche da *Morozovella* sp.. Tra i nannofossili calcarei *Lithraphidites* spp. e *Nannoconus* spp.. Localmente, nei livelli inferiori, affiorano marne nere e argille grigie con calcareniti grigie risedimentate con una ricca macrofauna ad ostreidi (marne ad *Exogyra*, *AVF₃*) ricoprenti l'intervallo Albiano superiore-Cenomaniano. Spessore alcune decine di metri. Intercalazioni di corpi lenticolari (Rocca d'Uoni, Rocca del Drago) costituiti da conglomerati e breccie calcaree grossolane a rudistidi, caprinidi (*Caprina schiosensis*), nerineidi, alveolinidi ed *Orbitolina* sp.. Nella matrice lutitica *Rotalipora* sp. (breccie a caprinidi, *AVF₃*; Cenomaniano-Turoniano). Spessore 50 m. Limite inferiore di natura meccanica (tettonica) su FYN, su TAV e su POZ. Ambienti sedimentari di piana batiale - base di scarpata.

CRETACICO (Albiano-Turoniano)-PALEOCENE

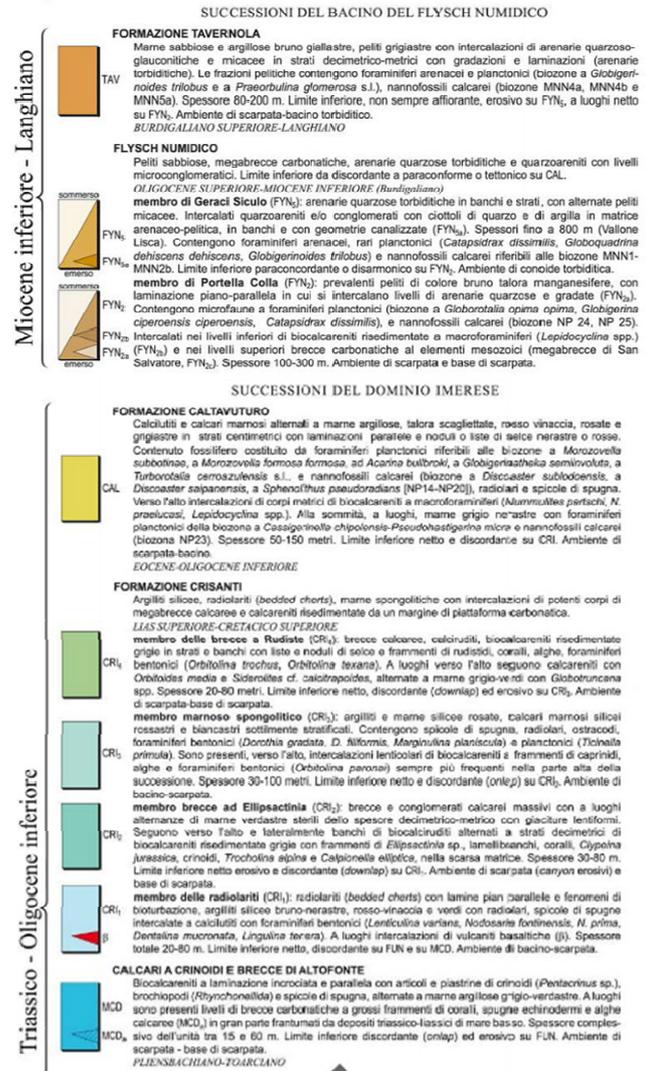


Fig. 4: Stralcio Carta geologica CARG in scala 1:50.000

4.1 *Successione stratigrafica locale*

L'area è caratterizzata dall'affioramento delle seguenti unità formazionali, dalla più antica alla più recente:

Formazione Crisanti (CRI): La formazione è rappresentata da una potente successione di radiolariti in strati sottili alternate ad argille silicee con intercalazioni di corpi clastico-carbonatici, derivanti dalla smantellamento del margine della piattaforma carbonatica. Liassico sup.-Cretacico sup. Come ampiamente descritto nel cap. 5, la Formazione è suddivisa in 4 membri, dei quali nell'area oggetto di studio affiora il membro 4 denominato "*Membro delle brecce a rudiste (CRI4) (Foto 1)*". Esso, è caratterizzato da Calciruditi e calcareniti grigie a rudiste e orbitoline in banchi grossolani e livelli centimetrici di calcarenitie marne grigio-verdi che si assottigliano verso l'alto. Localmente contengono liste e noduli di selce.



Foto 1: Affioramento della Formazione Crisanti

Formazione Caltavuturo (CAL) (Foto 2): La formazione è costituita da calcilutiti e calcari marnosi alternati a marne argillose, talora scagliettate, rosso vinaccia, rosate e grigiastre, in strati centimetrici con laminazioni parallele e noduli e o liste di selce nerastre o rosse. Contenuto fossilifero costituito da foraminiferi planctonici, radiolari e spicole di spugna. Spessore 50-150 m. Ambiente di scarpata e bacino. Eocene – Oligocene inferiore.



Foto 2: affioramento della Formazione di Caltavuturo

Flysch Numidico (Membro di Portella Colla – FYN₂): peliti di color bruno, talora mangesifere, a laminazione piano-parallela, in cui s'intercalano livelli di arenarie quarzose gradate. Microfauna a foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei. Livelli di biocalcareni a macroforaminiferi e megabrecce. Spessore 100-300 m. Ambiente di scarpata e base di

scarpata. Affiora a nord e ad est del sito, in condizioni di finestra tettonica, o in falde sottoposte alle unità sicilidi.

Oligocene superiore-Burdigaliano.

Argille varicolori inferiori (AVF) (Foto 3): argille a struttura scagliosa e marne varicolori, spesso caotiche, diaspri ed arenarie quarzoso-micacee, calcilutiti verdastre e livelli di biocalcareni a macroforaminiferi e frammenti di molluschi. Contenuto fossilifero autoctono a foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei. Localmente, nei livelli inferiori, marne nere ed argille grigie con calcareniti grigie risedimentate ad ostreidi (marne ad *Exogyra*). Intercalazioni di corpi lenticolari di conglomerati e brecce calcaree a rudistidi, caprinidi, nerineidi, alveolinidi (brecce a caprinidi). Spessore fra 70 e 200 m. Limite inferiore di natura tettonica sui termini del Flysch numidico e della formazione Polizzi. Ambiente deposizionale di piana batiale – base di scarpata. Cretacico (*Albiano-Turoniano*) – Paleocene



Foto 3: affioramento della formazione delle Argille varicolori

Depositi alluvionali del F. Imera settentrionale (b₁): alluvioni di fondovalle a granulometria da sabbioso ghiaiosa a limoso-argillosa, prevalente nei settori marginali rispetto all'alveo. Olocene.

Depositi di frana (a₁): a struttura caotica e prevalente matrice pelitica, con elementi litoidi eterogenei, all'interno di corpi di frana prevalentemente da colamento, con vari stadi di attività.

Olocene-attuale.

4. Inquadramento Geomorfologico

L'assetto geomorfologico del gruppo delle Madonie è estremamente vario ed è il risultato del modellamento operato dai differenti processi morfogenetici sulle diverse litologie affioranti e dell'interazione di tali processi con le vicissitudini tettoniche e neotettoniche subite dall'area, nonché con le variazioni climatiche susseguitesi in epoca quaternaria, che hanno determinato l'alternarsi di sistemi morfoclimatici con caratteristiche mutevoli. Ne è conseguita la sovrapposizione di forme risultanti da processi differenti, i più recenti dei quali tendono, nella maggior parte delle aree, ad obliterare le morfologie preesistenti. Altrove, ove l'intensità dei processi attuali risulta più attenuata, questi tendono a modellare le forme preesistenti dando luogo ad una coesistenza di morfologie derivate da diversi processi morfodinamici, la cui differenziazione non è sempre semplice.

Le morfologie carsiche originano uno dei paesaggi più caratteristici delle alte Madonie ed assumono notevole interesse per le implicazioni che rivestono sotto il profilo geomorfologico, idrogeologico, pedologico ed archeologico. I processi carsici si sviluppano nei calcari appartenenti alla successione carbonatica "panormide". Questi processi si sono innescati nel Quaternario, seguito dell'erosione delle coperture terrigene, e si sono sviluppati sui terreni carbonatici denudati per la concomitanza di alcuni fattori quali l'intensa fratturazione delle rocce, la presenza di un vasto altopiano sommitale e le caratteristiche orografiche dell'area che, determinando la persistenza del manto nevoso alle quote più elevate, hanno consentito una corrosione prolungata, soprattutto durante i periodi più freddi. Le aree carsiche delle Madonie sono estremamente importanti oltre che per gli aspetti specificatamente geomorfologici, anche per le implicazioni di carattere idrogeologico; esse, infatti, costituiscono l'area di ricarica degli acquiferi che alimentano diverse sorgenti.

L'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo, tuttavia, conferisce un'estrema vulnerabilità agli acquiferi nei confronti degli agenti inquinanti.

Oltre al dominio geomorfologico carbonatico panormide (Pizzo Carbonara) e basale (Monte dei Cervi) il sistema montuoso delle Madonie comprende anche il dominio dei depositi siliceo-argillosi, che interessano principalmente il versante nord-orientale.

Sotto l'aspetto geomorfologico, pertanto, la catena madonita presenta contesti variabili: di aspra natura calcarea al centro, più dolce nelle zone periferiche di origine argilloso-sabbiosa; di conseguenza, si presenta con profili imprecisi, versanti non chiaramente definiti, distribuzione altimetrica irregolare. Comprende alcuni nuclei principali profondamente segnati da vallate e depressioni che la intersecano in ogni direzione e al cui fondo scorrono numerosi corsi d'acqua, prevalentemente a carattere torrentizio. Le aree di affioramento delle formazioni strutturalmente complesse a forte componente pelitica (Argille varicolori riferite al Complesso Sicilide; Flysch Numidico, ecc) sono invece caratterizzate generalmente da versanti a debole acclività, caratterizzati da elevata densità di dissesti per frana di varia tipologia e stato di attività (da attive a quiescenti a frane antiche e paleo frane), con prevalenza dei processi di tipo scorrimenti rotazionali, scivolamenti e colamenti, oltre che fenomeni complessi tipo scorrimento-colata.

5.1 Geomorfologia dei versanti

Relativamente all'assetto geomorfologico che caratterizza il settore oggetto dell'intervento sul Viadotto Himera, tra lo svincolo di Scillato e l'autostrada Palermo-Catania, si segnala che lo stesso interessa prevalentemente litotipi argillosi a comportamento pseudocoerente, composti in massima parte dalle argille del "Flysch Numidico" e solo in parte da quelle "Varicolori" e forme morfologiche gravitative ad attività differente. Circa la distribuzione areale ed i rapporti stratigrafici si rimanda al relativo paragrafo ed agli elaborati relativi alle tematiche sopra citate.

Nella fattispecie, partendo dallo svincolo autostradale di Scillato e proseguendo in direzione Catania, il tracciato interessa un pendio argilloso che degrada con valori di pendenza da medio a medio-alti in direzione preferenziale sud-ovest e comunque verso l'asta fluviale di fondovalle del "Fiume Imera Settentrionale" che costituisce il raccordo tra i due versanti su cui si sviluppa il tracciato autostradale.

Dall'analisi della cartografia esistente, delle aerofotogrammetrie e dai sopralluoghi effettuati, si rileva un articolato andamento della superficie topografica composto per lo più da vistose interruzioni dell'originario profilo topografico e rappresentate da alternanze di forme tipicamente mammellonari, spianate e terrazzi in contropendenza, tipiche manifestazioni di fenomeni gravitativi succedutisi, in più fasi, in tempi passati.

Tali forme appaiono essere distribuite su entrambi i versanti, definendo – a grande scala - un ambiente geomorfologico dei versanti destro e sinistro del "Fiume Imera" fin troppo "fragile" dal punto di vista geomorfologico.

Al contrario, la morfologia dei rilievi carbonatici e costituenti parte del "Complesso carbonatico delle Madonie Occidentali" e la rocca su cui è stato edificato l'abitato di -

“Caltavuturo”- posti a qualche chilometro a nord-est e a ovest –sud-ovest dal tracciato, risulta essere prevalentemente aspra, con i massicci prevalentemente carbonatici e carbonatico-dolomitici che presentano fianchi ripidi, pareti rocciose verticali, creste acute e dentellate.

Questo aspetto morfologico così diversificato è legato al netto dimorfismo esistente tra i diversi litotipi presenti e all'assetto tettonico-strutturale a cui è stata sottoposta l'area. Infatti, le potenti pile carbonatiche, comportatesi rigidamente sotto gli sforzi tettonici miocenici, sono state suddivise in grossi blocchi monoclinali, talvolta piegati, delimitati da piani di faglia rialzati e/o riabbassati gli uni rispetto gli altri.

In tali terreni, le discontinuità planari, quali la stratificazione e le fratturazioni prodotte dagli sforzi tettonici, vengono ampliate da lenti processi di degradazione meccanica (“degradazione a blocchi”) ed alterazione chimica, cosiddetti fenomeni di “weathering”, in modo da produrre blocchi lapidei più o meno voluminosi che oggi formano conoidi e fasce di detrito che orlano i rilievi detti, anche se in taluni casi, specie nella porzione sud-ovest dell'area di studio, si rilevano disseminati per tutto l'intero pendio, fino a raggiungere talvolta l'alveo del “Fiume Himera”.

Relativamente all'analisi di un intorno significativo posto a cavallo del tracciato anzidetto, è possibile affermare - come riferito precedentemente - che lo stesso interessa litotipi prevalentemente argillosi, i quali sotto l'influenza degli agenti esogeni risultano facilmente modellabili e, anche in relazione alle pendenze presenti e alla complessità idrogeologica rilevabile, facilmente suscettibili ai movimenti gravitativi.

Pertanto, l'evoluzione geomorfologica di tali versanti risulta prettamente subordinata alle caratteristiche reologiche dei terreni interessati e ai processi di dilavamento del suolo legati alle acque piovane il cui scorrimento superficiale produce un'azione erosiva della coltre

di alterazione della formazione geologica in posto (Flysch Numidico e Argille Varicolori) e in parte alle acque sotterranee che si infiltrano negli orizzonti permeabili di dette Formazioni contribuendo a variare il loro peso di volume e favorendo la formazione di superfici preferenziali di scivolamento.

Sotto tale ipotesi, le forme geomorfologiche generatesi dai processi di “dilavamento” e di “infiltrazione efficace” del suolo appaiono assai diversificate e raggruppabili in più categorie: si possono oggi distinguere vari fenomeni ad intensità crescente, che vanno dall’azione di tipo laminare, al ruscellamento embrionale in solchi effimeri ad un’erosione concentrata in solchi già stabilizzati che tendono progressivamente ad approfondirsi fino a veri e propri fenomeni di processi gravitativi di estensione areale eterogenea, che presentano dinamica evolutiva che va dal colamento, allo scorrimento roto-traslazionale al dissesto areale diffuso.

In *considerazione* di ciò e tenendo presente che nell’ambito della stessa formazione geologica possono verificarsi sensibili differenze di risposta agli agenti esogeni, è possibile affermare che la resistenza dei litotipi presenti, in generale di per se modesta, predispone il materiale ad essere facilmente disgregabile ed alterabile nelle porzioni più superficiali e comunque negli spessori alterati posti sopra la formazione integra costituita generalmente da argille ed argilliti grigie molto tenaci.

Inoltre, proprio *a causa degli effetti combinati degli agenti esogeni, soprattutto le precipitazioni meteoriche di una certa intensità con le emergenze idriche poste nelle zone di monte (“sorgenti a permeabilità sovrainposta”), si genera l’imbibizione e completa saturazione della coltre d’alterazione, che induce movimenti gravitativi rilevanti, in relazione allo spessore ed all’estensione areale dello strato alterato e all’andamento proprio della superficie topografica.*

Nella fattispecie, nell'area in studio sono stati rilevati lenti colamenti di masse terrigene superficiali della coltre alterata (soliflussi-soilcreep) e vere e proprie frane a fenomenologia diversa.

Molti di tali fenomeni morfologici sono stati evidenziati anche in letteratura tecnica specializzata, come nel Piano Assetto Idrogeologico redatto dalla Regione Sicilia, con particolare riferimento al Bacino del Fiume Imera cui tale settore afferisce, all'Inventario Fenomeni Franosi Italiani, alla Carta Geomorfologica dell'Area di Scillato redatta nel 1999 da V. Agnesi et alii, al Piano Territoriale Provinciale redatto nel 2008 dal dott. geol. A. Gallo, e durante i sopralluoghi eseguiti in un ampio intorno dell'area in studio. Si precisa che tali movimenti gravitativi sono apparsi in massima parte ben visibili sia nelle forme sia nelle attività e risultano rappresentati dettagliatamente nell'elaborato "Carta Geomorfologica".

5.2. *Esame della documentazione del PAI*

L'esame degli elaborati del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, P.A.I. della Regione Sicilia, ha messo in evidenza la particolare complessità dell'evoluzione geomorfologica dell'area oggetto d'indagine. Sono state acquisite, oltre gli aggiornamenti relativi alla Deliberazione n. 45 del 26 febbraio 2015 " Aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) del Bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale (030)- Comune di Caltavuturo (PA) – Conferenza Programmatica del 26 gennaio 2015", gli ultimi aggiornamenti relativi alla **Conferenza Programmatica del 26 gennaio 2015 e del 21 maggio 2015.**

La carta dei dissesti (n°7 del Bacino Idrografico del Fiume Imera settentrionale), evidenzia una situazione in cui i versanti limitrofi il sito d'intervento, sono interessati da più fenomeni franosi censiti:

Partendo da NW verso SE, versante destro del Fiume Imera:

Foglio CTR 609120:

- 030-6SC-037: frana complessa, stabilizzata naturalmente o artificialmente;

Foglio CTR 609160

- 030-6SC-039: Colamento lento, stabilizzato naturalmente o artificialmente;
- 030-6SC-038: Colamento lento, stabilizzato naturalmente o artificialmente;
- 030-6SC-040: frana complessa, stabilizzata naturalmente o artificialmente;
- 030-6SC-041: Colamento lento, stabilizzato naturalmente o artificialmente;
- 030-6SC-044: dissesti per erosione accelerata, attiva o riattivata;
- 030-6SC-043 e 030-6SC-042: scorrimento, stabilizzata naturalmente o artificialmente;
- 030-6CL-210: scorrimento, attivo;

Foglio CTR 609150 versante sinistro del Fiume Imera:

- 030-6CL-089: deformazione superficiale lenta, (creep o soliflusso), attiva o riattivata;
- 030-6CL-039: scorrimento, inattivo;
- 030-6CL-038: colamento lento, quiescente; a seguito dell'aggiornamento del 26 febbraio 2015, la frana è stata classificata come: colamento lento, attivo; a seguito dell'aggiornamento di maggio 2015, la frana è stata classificata come: frana complessa, attiva;
- 030-6CL-37: calanco, attivo;
- 030-6CL-204: colamento lento, inattivo;
- 030-6CL-207: frana complessa, attiva;
- 030-6CL-208: colamento lento, inattivo;
- 030-6CL-209: area a franosità diffusa, attiva;
- SA 030-6CL-001: sito d'attenzione.

La carta della pericolosità e del rischio geomorfologico (n° 7 del Bacino Idrografico del Fiume Himera settentrionale) mostra, per i dissesti sopra elencati, la seguente situazione di livello di pericolosità e di rischio:

- 030-6SC-037: P0 (bassa) R1 (moderato);
- 030-6SC-039: P0 (bassa);
- 030-6SC-038: P0 (bassa);
- 030-6SC-040: P0 (bassa) R1 (moderato);
- 030-6SC-041: P0 (bassa);
- 030-6SC-044: P2 (media);
- 030-6SC-043 e 030-6SC-042: P0 (bassa);
- 030-6CL-210: P3 (elevato);

- 030-6CL-089: P2 (media) R3 (elevato);
- 030-6CL-039: P1 (moderata) R2 (medio);
- 030-6CL-038: P1 (moderata) R2 (medio); a seguito dell'aggiornamento del 26 febbraio 2015: P2 (medio), R3 (elevato); a a seguito dell'aggiornamento di maggio 2015, P3 (elevato), R3 (elevato);
- 030-6CL-37: P2 (medio);
- 030-6CL-204: P1 (moderato);
- 030-6CL-207: P3 (elevato) con fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto;
- 030-6CL-208: P1 (moderato), R1 (moderato);
- 030-6CL-209: P2 (medio).

Questi contenuti vengono rappresentati nella Carta Geomorfologica e nella Carta dei dissesti con elementi geomorfologici (elaborati T00GE00GEOCG02_A e T00GE00GEOCG03_A).

5.3. *Analisi dei dissesti rilevati nell'area oggetto di studio*

Attraverso i *dati di bibliografia*, Piano Assetto Idrogeologico redatto dalla Regione Sicilia, con particolare riferimento al Bacino del Fiume Himera cui tale settore afferisce, all'Inventario Fenomeni Franosi Italiani, alla Carta Geomorfologica dell'Area di Scillato redatta nel 1999 da V. Agnesi et alii, al Piano Territoriale Provinciale redatto nel 2008 dal dott. geol. A. Gallo, ed un *approfondito rilievo geologico geomorfologico* di dettaglio, dell'area oggetto degli interventi, è stato possibile studiare e cartografare i diversi fenomeni franosi.

In particolare, procedendo dallo "svincolo di Scillato" in direzione sud si incontrano i diversi fenomeni gravitativi, dei quali si riporta *lo stato di attività ed il tipo di movimento* (Fig. 5).

1. *"Fenomeno 1":* definito "*dissesto diffuso*"; *stato di attività inattivo*. Presenza di avvenuti movimenti superficiali di reptazione, quali soilcreep e soliflussi. Oggi tali movimenti appaiono per lo più interrotti o a lentissimo cinematismo per la presenza di una folta vegetazione, consistente per lo più in piantumazioni intensive di eucaliptus;
2. *"Fenomeno 2":* definito "*scorrimento roto-traslazionale*"; *stato di attività attivo*. Manifesti segni dell'attività sull'inclinazione delle palificazioni e lesioni su manufatti;
3. *"Fenomeno 3":* definito "*fenomeno complesso*" P.A.I. cod. 030-6SC-037; *stato di attività: stabilizzato artificialmente o naturalmente*;
4. *"Fenomeno 4":* definito *scorrimento roto-traslazionale*; *stato di attività: attivo*. Manifesti segni dell'attività sull'inclinazione delle palificazioni;
5. *"Fenomeno 5":* definito "*scorrimento roto-traslazionale*"; *stato di attività: attivo*. Manifesti segni dell'attività sull'inclinazione delle palificazioni ed evidenze di dissesto sulla strada S.P. 24;
6. *"Fenomeno 6":* definito "*colamento lento*" P.A.I. cod. 030-6SC-038; *stato di attività: stabilizzata artificialmente o naturalmente*;
7. *"Fenomeno 7":* definito "*colamento lento*" P.A.I. cod. 030-6SC-039; *stato di attività: stabilizzata artificialmente o naturalmente*;
8. *"Fenomeno 8":* definito "*fenomeno complesso*"; *stato di attività: inattivo*. All'interno si osservano modesti movimenti attivi a componente roto-traslazionale;
9. *"Fenomeno 9":* definito "*dissesto diffuso*"; *stato di attività: attivo*. Presenza di movimenti superficiali di reptazione, quali soilcreep e soliflussi e scalzamento al piede a causa dell'erosione delle acque del Fiume Imera che innescano all'interno dell'area in dissesto modesti movimenti roto-traslazionali e di colamento;

10. "Fenomeno 10": definito "frana complessa", P.A.I. cod. 030-6SC-040, stato di attività: stabilizzata naturalmente o artificialmente";
11. "Fenomeno 11": definito "Colamento lento", P.A.I. cod. 030-6SC-041, stato di attività: stabilizzata naturalmente o artificialmente";
12. "Fenomeno 12": definito "dissesti per erosione accelerata", P.A.I. cod. 030-6SC-044, stato di attività: attiva o riattivata";
13. "Fenomeno 13": definito "scorrimento", P.A.I. cod. 030-6SC-043 e 030-6SC-042, stato di attività: stabilizzata naturalmente o artificialmente";
14. "Fenomeno 14": definito fenomeno franoso "complesso" (Scorrimento e/o colamento); stato di attività quiescente. Tale fenomeno è stato studiato direttamente in campagna. Nel complesso non sono stati rilevati segni evidenti di movimento, ma alla base dello stesso è stata rinvenuta una sorgente di acqua, che testimonia la presenza della stessa all'interno del corpo franoso.
15. Fenomeno 15": definito "scorrimento", P.A.I. cod. 030-6CL-039, stato di attività: inattivo";
16. Fenomeno 16": definito "deformazione superficiale lenta", P.A.I. cod. 030-6CL-089, stato di attività: attiva o riattivata";
17. Fenomeno 17": definito "colamento lento", P.A.I. cod. 030-6SCL-038, stato di attività: attiva";
18. "Fenomeno 18": definito fenomeno franoso "scorrimento e/0 movimento roto-traslazionale". Tale fenomeno è stato studiato direttamente in campagna, si è innescato ad Aprile del 2015, investendo i piloni dell'autostrada A19. Nel caso specifico, si è rilevato che alla superficie di scorrimento principale si sono associate superfici secondarie, innescate lateralmente da una serie di eventi di minore entità

prevalentemente simili per cinematismo a quello principale o con evoluzione in fenomeni di “colamento”;

19. *Fenomeno 19*”: definito “colamento lento”, P.A.I. cod. 030-6CL-208, stato di attività: inattivo”.

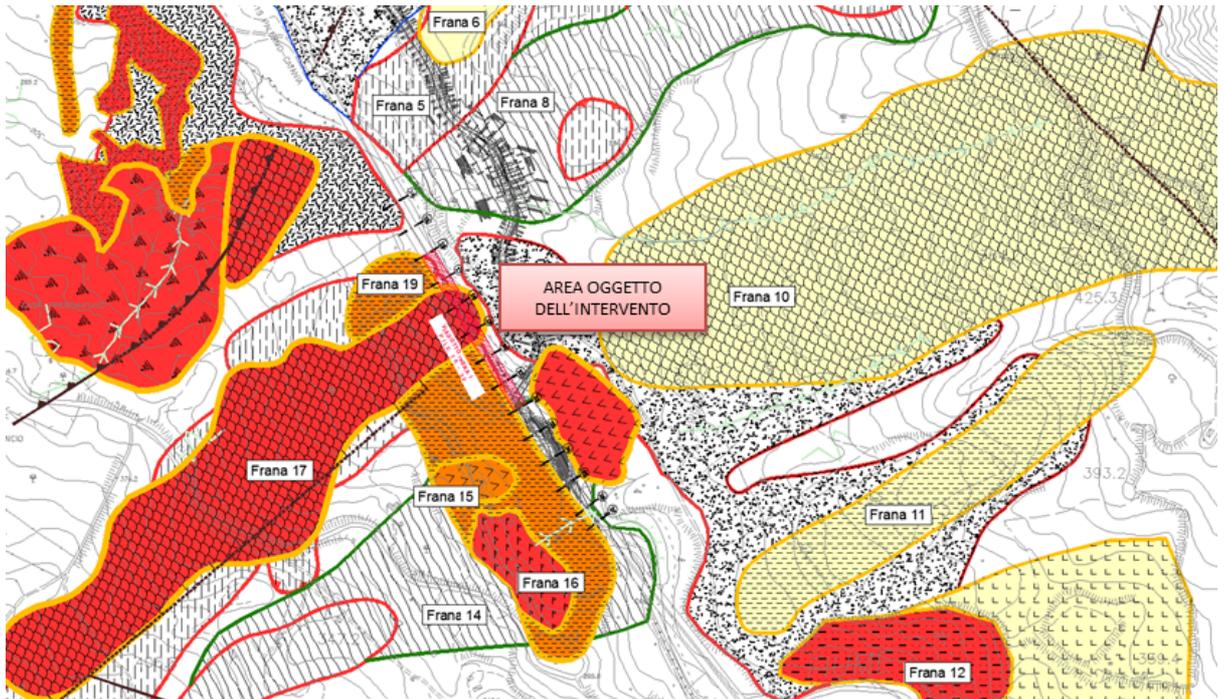
Relativamente all’andamento della rete idrografica, questo risulta essere di tipo “dendritico”, tipico dei terreni argillosi; infatti sono presenti una serie di incisioni più o meno marcate che risultano essere tributari del “Fiume Himera”, che costituisce difatti l’elemento idrografico di maggiore interesse presente nell’area e di fatto il raccordo tra i due versanti su cui insiste il tracciato.

Inoltre, l’analisi dell’andamento del corso fluviale e il confronto tra le differenti cartografie ed aerofotogrammetrie prodotte in periodi diversi, permette di evidenziare come l’erosione al piede dei versanti e i movimenti gravitativi passati e presenti posti sia in destra che in sinistra orografica, trovano il loro naturale punto d’“arrivo” presso l’alveo del Fiume, modellando di fatto di volta in volta, nuovi meandri che condizionano l’evoluzione morfologica dei versanti posti sul lato convesso degli stessi.

Gli elementi idrografici secondari rilevati risultano in continua evoluzione, non avendo ancora raggiunto una completa “maturità”, presentando alvei per lo più a “V”; pertanto, è possibile supporre una continua evoluzione per approfondimento del letto ed allargamento dell’alveo, oltre a un arretramento della zona di testata degli stessi. Tali dinamiche spesso costituiscono l’innescò di movimenti gravitativi di tipo “colata” rilevati e precedentemente descritti.

Circa le portate di dette incisioni risultano essere variabili con i cicli stagionali, i quali ne condizionano sia la forza erosiva sia il trasporto.

Autostrada A19 Palermo –Catania
Ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera
fra la pila n° 16 e n°22
Progetto Preliminare



LEGENDA

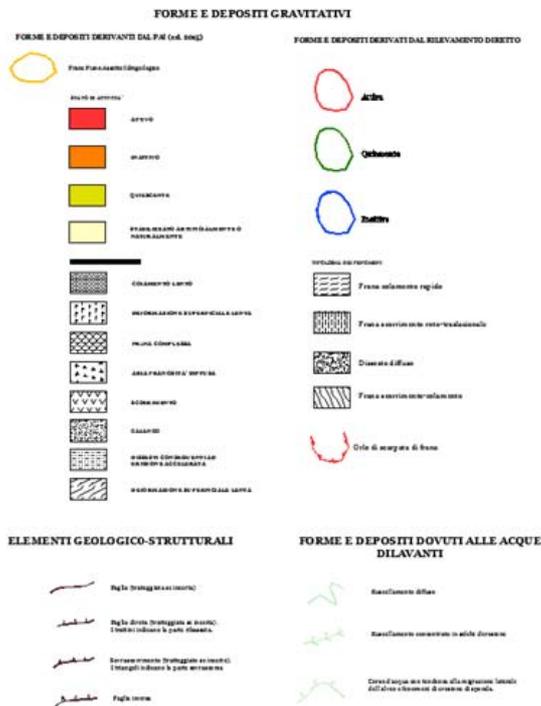


Fig. 5: Stralcio dell'elaborato "Carta dei dissesti con elementi geomorfologici"

5.4. *Geomorfologia di dettaglio*

In questo paragrafo si descrivono le caratteristiche dell'evento franoso verificatosi in aprile 2015, che ha investito le pile del Viadotto Himera.

L'analisi del movimento franoso, non può prescindere da una scomposizione temporale degli eventi gravitativi che si sono succeduti nel tempo, i quali certamente non hanno avuto origine esclusivamente in tempi recenti.

Al fine di poter descrivere i cinematismi gravitativi che hanno generato la rottura delle tre pile, si ritiene opportuno ripercorrere lo sviluppo del recente movimento gravitativo, partendo proprio da un primo evento che ha interessato il versante, accaduto nell'anno 2005, per arrivare al complesso movimento che ha generato la rottura e lo spostamento delle pile.

Nella fattispecie, la frana del 2005, da quanto si potuto ricostruire dai dati bibliografici consultati, è avvenuta nel mese di aprile a seguito delle abbondanti e intense piogge cadute nella prima decade del mese.

Da quanto rilevato dalle informazioni riportate su una nota del Distretto Minerario della Regione Sicilia, a firma dei geologi Daniela Alario, Ambrogio Alfieri e Giovanni Bafumo, all'epoca furono individuati dei corpi di frana di dimensioni relativamente modeste, che si estendevano su un'area più vasta, estesa, da quanto si è potuto ricostruire dall'analisi delle ortofoto, sino a *m 150 circa di lunghezza* e circa *m 250 di larghezza*; *le quote della corona di frana e dell'unghia del piede si attestavano rispettivamente a m 270 e m 230 metri s.l.m.*, e la zona di accumulo non si sviluppava sino all'infrastruttura autostradale.

Relativamente alla *dinamica evolutiva*, la stessa è stata attribuita ad uno ***scivolamento rotazionale di tipo multiplo***, *che ha visto molteplici riattivazioni dello stesso evento, che ha prodotto l'ampliamento e l'arretramento della superficie di rottura.*

Le informazioni assunte hanno messo in evidenza *un'altezza media della corona principale di circa 2 metri, che raggiunge circa 5 metri al margine Nord*, mentre le corone secondarie rilevate e localizzate nella parte mediana del corpo di frana risultano avere altezze inferiori.

Gli effetti del movimento franoso hanno reso impraticabile la Strada Provinciale, che è stata chiusa al transito a seguito di abbassamenti subiti dell'ordine di 1-2 metri, ed hanno trascinato verso valle per alcuni metri e sensibilmente ruotato una casa rurale posta nel settore nord-ovest della frana.

Si ha notizia che a seguito di questo evento la Provincia Regionale di Palermo avviò uno studio di monitoraggio della frana, che vide l'esecuzione di sondaggi geognostici, prove di laboratorio e misurazioni inclinometriche e freaticometriche, delle cui risultanze però non si dispone.

Nulla di più si può dire sull'evento franoso del 2005, salvo che esso si caratterizza per dimensioni decisamente più ridotte sia in termini di estensione areale, come osservabile dalle carte allegate, sia in termini di spessore rispetto al corpo franoso che ha ora danneggiato la sede autostradale (prova ne sono gli spessori sino a m 19 della nuova frana misurati attraverso i primi sondaggi eseguiti in questo contesto) e che tuttavia esso comportò la necessaria deviazione della strada e la realizzazione di un tracciato stradale alternativo, che fu definito dai tecnici della Protezione Civile Regionale.

Dieci anni dopo, si è invece innescato un nuovo movimento gravitativo, di dimensioni e di proporzioni molto più estese di quello avvenuto nel 2005: si tratta di un grande fenomeno franoso generatosi molto più a monte rispetto alla frana del 2005 e a grande distanza dall'asse autostradale, che nella sua evoluzione negli ultimi giorni di marzo ha dapprima interessato la Strada Provinciale "Scillato - Caltavuturo", poi, nella sua rapidissima

evoluzione del 10 aprile 2015 è andato ad impattare violentemente e repentinamente sulle pile nn. 18, 19 e 20 dell'autostrada, inglobandolo completamente la porzione di versante interessato dalla frana del 2005.

L'evoluzione del fenomeno si è esplicata in maniera molto rapida, valutata nell'arco di poche ore dal manifestarsi delle prime fratture al suolo e dei primi abbassamenti del piano di campagna.

Dalle ricognizioni sinora eseguite, la pila che è stata travolta per prima e in maggior misura dalla massa terrigena messa in moto dal movimento franoso è stata la n. 19. Le pile 18 e 20 adiacenti e collegate attraverso gli impalcati, risultano coinvolte soprattutto per un effetto di trascinamento. L'esito dello spostamento delle tre pile è quello che oggi vede l'impalcato della carreggiata "Palermo-Catania" appoggiato sull'impalcato dell'altra carreggiata parallela.

Riguardo al fenomeno franoso, utilizzando il sistema di classificazione maggiormente adoperato per descrivere i movimenti franosi, proposto da Cruden & Varnes (1996), basato primariamente sul tipo di movimento e, secondariamente, sulla natura dei materiali coinvolti, è possibile affermare che il fenomeno franoso è classificabile come *"scorrimento o scivolamento rotazionale" (slump)*, ove il "movimento rotazionale" avviene principalmente rispetto ad un asse parallelo al versante e lungo una o più superfici di rottura "arcuate" e "concave verso l'alto", per il superamento della resistenza al taglio dei materiali presenti.

Nel caso specifico, *si è rilevato che alla superficie di scorrimento principale si sono associate superfici secondarie, innescate lateralmente una serie di eventi di minore entità prevalentemente simili per cinematicismo a quello principale o con evoluzione in fenomeni di "colamento".*

Non si è in presenza dunque di un evento singolo, ma di più eventi interferenti e sovrapposti, con tipologia differente (a prevalenza di quella rototraslazionale), per cui è possibile affermare che si tratti di un **“fenomeno franoso complesso, composito e multiplo”** ove è possibile distinguere differenti “zone di scorrimento”, nelle quali il materiale mobilizzato si trova a quote inferiori rispetto a quelle dell'originaria superficie del versante, e differenti “zone di accumulo” (contropendenza).

Giova ricordare che il materiale mobilizzato è quello che si è mosso rispetto alla sua posizione originaria e che si è accumulato più a valle: nella nomenclatura classica viene suddiviso in “corpo principale” di frana e in “piede” della frana. Osservando nella figura 6 le diverse zone di scorrimento, si possono riconoscere le “corone”, costituite dal materiale non mobilizzato, da cui verso valle evolvono le “scarpate principale e secondarie” (in rosso), che sono le zone in cui ha avuto origine il distacco del materiale, ed infine le zone di accumulo, dette “piede di frana”, delimitate dalla cosiddetta “unghia” (in giallo).

Particolare rilevanza per definire i cinematismi attivati assumono le “fratture longitudinali e/o trasversali”, che sono indicative di movimenti relativi delle singole porzioni del corpo di frana e a zone di compressione e decompressione.

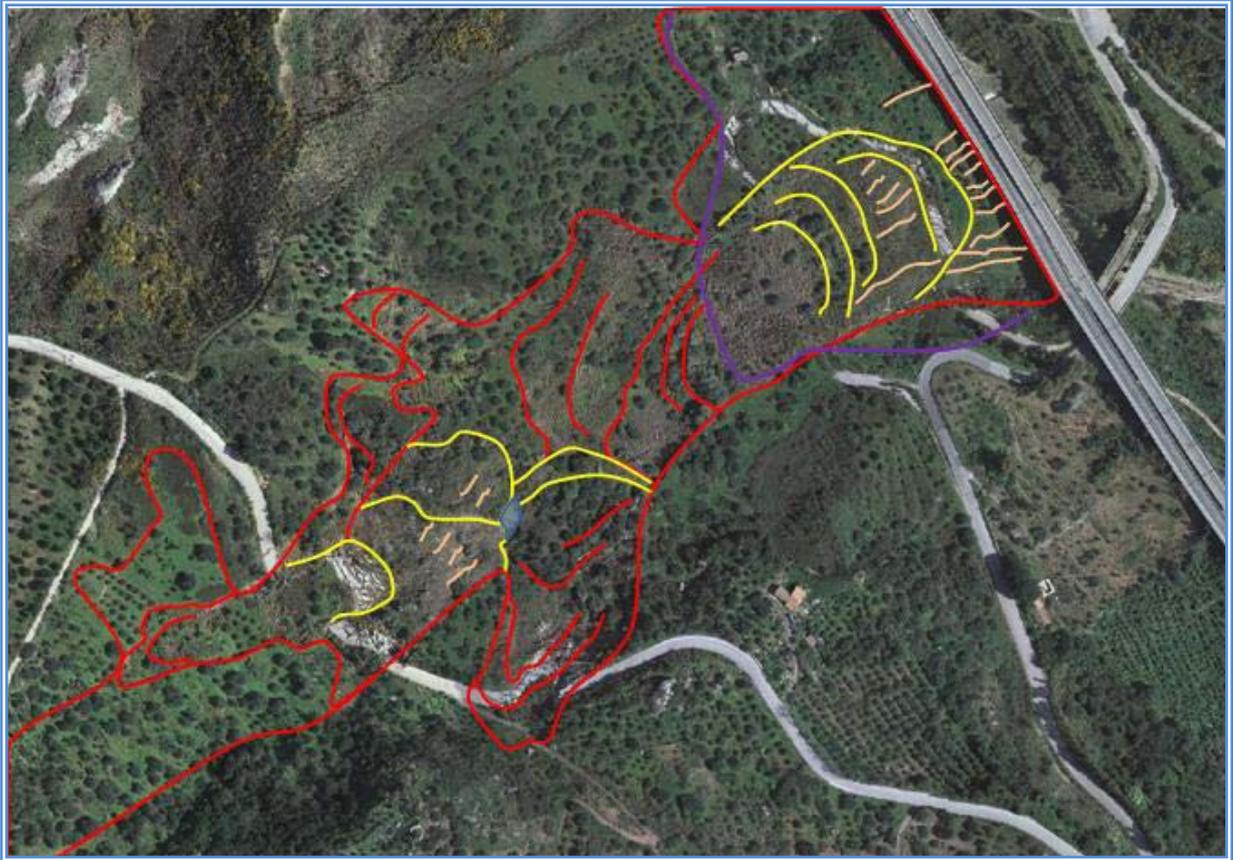


Fig. 6: Rilievo geomorfologico effettuato nell'area in frana

Passando alla descrizione geometrica del fenomeno morfologico, da quanto rilevato e da quanto si è potuto desumere dall'ortofoto del voto aereo fatta eseguire da ANAS, il corpo franoso è caratterizzato da *una distanza longitudinale di circa m 720, misurata tra la nicchia di distacco a monte ed il piede di frana che ha investito i piloni autostradali, da una larghezza media di m 170 nelle zone sommitali e di m 210 nelle zone di accumulo e da altezze delle nicchie di distacco mediamente prossime ai m 4.*

La prima nicchia di distacco formatasi a seguito del movimento franoso del 2015 ha un'altezza media di circa m 4 (ma arriva ad oltre m 5) ed è posta a circa m 400 s.l.m. ed a circa m 240 a monte dell'ex Strada Provinciale, oggi letteralmente spazzata via dalla frana.

La seconda nicchia di distacco, anch'essa di altezza prossima ai 4 m, è posta a quota prossima ai m 350 s.l.m., sempre a monte della S.P., da cui dista circa m 80.

Proseguendo verso valle, nella zona sottostante alla ormai ex sede viaria della S.P., si rinvencono per circa m 70 una serie di rigonfiamenti trasversali, attribuibili a zone di accumulo di eventi gravitativi sovrapposti, e di fessure radiali, le quali, nelle linee generali, si vengono a generare a seguito del diverso comportamento di materiali a differente elasticità coinvolti nel movimento.

Nel settore immediatamente a valle dei suddetti rigonfiamenti si evidenziano delle *presenze d'acqua, certamente di scorrimento superficiale, ma verosimilmente anche di circolazione sotterranea, le quali, per effetto dell'inversione delle pendenze, ristagnano nella zona morfologicamente depressa venutasi a creare.* La presenza d'acqua è individuabile nell'allegata aerofotogrammetria per la colorazione azzurra.

A seguire, a distanze comprese tra i m 250 e i m 300 dall'asse autostradale, si rinvencono una serie di *nicchie di distacco secondarie, di altezze comprese tra m 1 e 3,* che hanno in parte interessato le zone di accumulo a valle, poste a quote comprese tra m 260 e m 290.

Infine, l'intero piede e la cosiddetta "unghia" del complesso evento franoso, in una fascia di circa m 50 compresa tra i m 200 - 230 s.l.m. e l'asse autostradale, risultano interessati da una fitta rete di *"fessure longitudinali"*, createsi per effetto della diversa velocità di mobilitazione del materiale mobilitato, e di *"fessure trasversali"* essenzialmente beanti, dovute alla compressione e alla successiva espansione del materiale accumulatosi e al conseguente essiccamento di quella parte del corpo franoso che tende a superare la zona di intersezione della superficie di rottura con la superficie topografica.

Passando alla sua evoluzione temporale, è possibile affermare che nelle fasi iniziali è stato possibile distinguere, nel senso di movimento, tre zone a diverso cinematismo:

- la prima, costituente la **zona apicale “di nicchia”** attualmente collocata ad una quota di poco inferiore ai m 400 s.l.m., caratterizzata a sua volta dalle due prime “nicchie di distacco” precedentemente descritte; ***la zona apicale appare come il risultato di un tipico “movimento rototraslazionale”, con un fronte al coronamento piuttosto ampio, largo all’incirca m 170; questa zona si è attivata ed evoluta presumibilmente negli ultimi giorni di marzo 2015;***
- la seconda, costituente la **“zona intermedia”** posta a valle della precedente, che si è attivata e sviluppata ancora una volta con un movimento rototraslazionale complesso a seguito dell’arrivo della consistente massa terrigena inglobante le opere antropiche scalzate dalla loro posizione originaria (corpo stradale, muri di sostegno, ecc); anche in questo caso la sua attivazione è *temporalmente collocabile alla fine di marzo*, mentre l’evento franoso si è poi evoluto repentinamente il giorno 10 aprile 2015, inglobando completamente il materiale rimaneggiato dell’evento del 2005;
- la terza ed ultima, costituente la **“zona terminale”, coincidente con l’“unghia” della frana**, *caratterizzata oggi dalla presenza di terreni fortemente scompaginati, saturi e ovviamente non consolidati, i quali sono stati rimobilizzati dall’elevata energia cinetica del movimento prima descritto; in pratica, in conseguenza dell’ulteriore sovraccarico e della spinta ricevuta, questi terreni sono stati di fatto “scagliati” verso l’alveo del Fiume Himera, andando a colpire i piloni autostradali.*

La descrizione dell'evoluzione temporale dei cinematismi coinvolti fa ipotizzare un possibile "effetto domino" innescato dal primo movimento gravitativo generatosi a monte della Strada Provinciale, il quale, mobilizzandosi, ha innescato il secondo complesso movimento franoso del 10 aprile che, evolutosi in pochissime ore, ha impattato sui terreni posti al piede, movimentandoli con elevatissima energia cinetica, che si è poi scaricata sulle strutture autostradali incontrate dal movimento.

Tenuto conto dell'elevato volume rimaneggiato coinvolto e del suo stato di precaria stabilità, non può escludersi che il movimento, per quanto in larga misura esauritosi, possa ancora evolvere quale effetto dello scalzamento al piede delle acque che scorrono nell'alveo del Fiume Himera, configurando uno scenario di sbarramento dell'alveo stesso e di formazione, entro poche ore in considerazione delle portate idrauliche del corso d'acqua, di un rilevante "invaso di sbarramento".

Questo scenario evolutivo causerebbe l'allagamento dell'area a monte dello sbarramento, il conseguente innalzamento del livello idrico nelle parti più distali e la riattivazione di alcune delle frane poste a monte. Le conseguenze di un siffatto contesto si ripercuoterebbero anche a valle dello sbarramento, con la riattivazione per scalzamento al piede delle frane presenti a seguito dell'abbassamento del "livello di base" del corso d'acqua e dell'aumentata erosione delle acque scorrenti.

Aggiornamento dello stato dei luoghi

A seguito della realizzazione della bretella, dell'adeguamento della SP24 e della demolizione del Viadotto Imera, l'area oggetto del progetto, ha subito notevoli modifiche per quanto riguarda la geomorfologia dei luoghi. Il corpo di frana, in particolare la zona di piede, è stata in fase di demolizione del viadotto esistente, completamente rettificata, come da foto seguenti.



Foto 4: area di cantiere relativa alla fase di demolizione del Viadotto Imera



Foto 5: area di cantiere relativa alla fase di demolizione del Viadotto Imera

Sezioni geologiche lungo il corpo di frana

I rapporti stratigrafici, nonché le caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area oggetto di studio, sono rappresentati nelle tre sezioni geologiche riportate nell'elaborato **T00GE00GEOSZ01_A**.

Tali sezioni geologiche sono state ricostruite immediatamente dopo l'evento franoso, e quindi la topografia riportata nelle stesse, non rispecchia lo stato dei luoghi di oggi.

5. Inquadramento Idrogeologico

L'area dei Monti di Palermo riveste una notevole importanza dal punto di vista idrogeologico; gli alti tassi di precipitazione associati alle idrostrutture esistenti la rendono un importante riserva idrica per la città di Palermo e per gran parte dei comuni limitrofi.

Il bacino idrogeologico "delle Madonie" ricade all'interno dei bacini idrografici dei fiumi Imera Settentrionale, Roccella, Pollina e Imera Meridionale. Il nucleo centrale del massiccio carbonatico madonia presenta alla sommità, fra Pizzo Carbonara, M. Ferro e Pizzo Antenna, un altipiano carsico, posto a quote superiori ai 1600 m che favorisce, oltre alla persistenza del manto nevoso, i processi di infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del massiccio, contribuendo a saturare alla base il sistema carsico. I rilievi maggiori, di natura carbonatica e riferibili alle unità mesozoiche del Complesso Panormide ed Imerese, sono attornati da estesi affioramenti di complessi terrigeni, argilloso ed arenacei, che tendono ad isolare lateralmente, sotto il profilo idrogeologico, gli acquiferi carsici. La circolazione idrica sotterranea, pertanto, appare fortemente caratterizzata dalle caratteristiche di elevata infiltrazione efficace dei complessi carsici, determinata dallo stato di fessurazione e dallo sviluppo di forme carsiche epigee ed ipogee che agevolano la penetrazione delle acque di precipitazione all'interno del massiccio carbonatico ed il loro rapido deflusso lungo linee di dissoluzione, generalmente collegate ad importanti direttrici tettoniche.

Le diverse unità geologiche sono riconducibili a due complessi idrogeologici:

- a) Complesso calcareo-dolomitico che costituisce il principale acquifero di Palermo
- b) Complesso impermeabile complessivamente composto da argille argilliti e marne.

La circolazione idrica sotterranea, nel complesso calcareo-dolomitico, si realizza esclusivamente attraverso reti di fratture e condotti carsici; inoltre è condizionata dalle caratteristiche litostratigrafiche delle successioni e dalle geometrie dei fronti di

sovrascorrimento che costituiscono limiti e soglie di permeabilità. I rapporti relativi tra le coperture argillose e le successioni carbonatiche definiscono la geometria delle idrostrutture.

I principali complessi idrogeologici individuati nel settore direttamente interessato del presente lavoro sono:

- Complesso calcareo-dolomitico (formazione Crisanti): ad elevata permeabilità secondaria, da alta a molto alta ($10^{-2} \div 10^{-4}$ m/s) per fessurazione e per carsismo. Il complesso idrogeologico è caratterizzato da un'estesa esposizione in affioramento, con conseguente elevata alimentazione e deflusso da sorgenti di portata rilevante. Vulnerabilità elevata/alta, in ragione dello stato di carsificazione dei carbonati. Esso, per le caratteristiche idrogeologiche rappresenta uno dei principali acquiferi del territorio delle Madonie.
- Complesso calcilutitico (formazione di Caltavuturo): questi terreni presentano una permeabilità da *media* (10^{-6} m/s) ad una permeabilità *molto bassa* (10^{-8} m/s)
- Complesso argilloso marnoso (formazioni del Flysch Numidico in facies pelitica, Argille varicolori): tali formazioni hanno una funzione di impermeabile relativo rispetto agli altri complessi idrogeologici delle Madonie, non ospitando livelli acquiferi. La permeabilità per porosità, è da bassa a medio bassa nello spessore alterato ($10^{-7} \div 10^{-9}$ m/s), e da bassissima a quasi nulla ($10^{-8} \div 10^{-10}$ m/s), nella parte integra. Una modesta circolazione si può registrare limitatamente alle coltri di alterazione di queste unità o nei corpi di frana da esse alimentati.
- Complesso alluvionale: affiora nei fondovalle in corpi lenticolari costituiti da materiali poligenici, da grossolani a fini. In presenza di depositi lenticolari limo-argillosi, frequenti nei tratti vallivi a bassa pendenza, si può osservare la loro separazione interna in livelli a diversa permeabilità e potenza, con configurazione di acquiferi multifalda. In particolare,

negli alvei dei corsi d'acqua principali, quali l'Imera settentrionale ed il Pollina, si rinvennero acquiferi alluvionali multifalda di un certo interesse, generalmente isolati idraulicamente dai complessi terrigeni che li sostengono. La permeabilità può variare da 10^{-4} a 10^{-7} m/s. Negli accumuli alluvionali del Fiume Imera è possibile riconoscere materiali derivanti dall'azione erosiva esercitata dal corso d'acqua, rappresentativi di tutte le litofacies affioranti nelle aree vicine, da esso attraversate. Nello stesso fiume, il succedersi di fasi erosive e deposizionali ha creato, localmente, terrazzi caratterizzati dall'alternarsi di livelli sabbiosi, argillosi e ghiaioso-ciottolosi. In tali depositi, evidentemente, la produttività idrica è fortemente variabile da punto a punto in relazione alla granulometria.

- Complesso detritico: costituito dai depositi di frana, depositi di versante e coltre eluvio colluviale. Tale complesso è costituito da materiale detritico di natura carbonatica e dolomitica, di dimensioni da decimetriche a centimetriche in una matrice argillo-limosa e limo-argillosa. Localmente sono presenti blocchi, di natura dolomitica, di dimensioni metriche. La permeabilità di tali materiali è nel complesso medio-bassa e può variare da 10^{-5} a 10^{-8} m/s.

L'area di studio, è caratterizzata in *destra idrografica del Fiume Imera*, dalla presenza dell'*Unità Idrogeologica di Monte dei Cervi*, la quale è costituita da una struttura calcareo-dolomitica e calcareo-silico-marnosa, nei riguardi della quale i termini argilloso-arenacei, attribuibili al Flysch Numidico in facies pelitica ed alle Argille varicolori, esercitano un'azione di sigillatura dell'idrostruttura. In sinistra idrografica, i versanti sono interessati dai litotipi afferenti al complesso carbonatico triassico, che costituisce la sub-struttura tettonica denominata "Rocca di Sciara" (m 1070 s.l.m.), una "monoclinale relitta" che in origine costituiva il fianco di una antica più ampia anticlinale, il cui nucleo non è più visibile, che trova il suo raccordo naturale sul versante posto a nord-ovest, ove insistono le Contrade Fuci

e Cinci. Questa sub-struttura tettonica costituisce di fatto un rilevante serbatoio di raccolta delle acque meteoriche di "infiltrazione efficace", che alimenta nel sottosuolo un potente acquifero caratterizzato da potenzialità idriche di qualche decina di litri al secondo. Le acque che alimentano questo complesso idrogeologico si originano sia dai fenomeni di infiltrazione diretta ed efficace delle acque meteoriche, sia dalle acque che si raccolgono nelle zone più meridionali del territorio di Caltavuturo e che vengono drenate nel suddetto dominio idrogeologico, oltre che per effetto della direzione preferenziale di immersione degli strati, anche attraverso un sistema di faglie aventi direzioni preferenziali Nord Est – Sud Ovest. Dall'analisi strutturale del complesso idrogeologico descritto, è possibile evidenziare come gli stessi litotipi costituenti il serbatoio idrico appaiono interessati da un intenso sistema di fratture di origine tettonica che permettono il movimento delle acque nel sottosuolo verso le zone altimetricamente inferiori e nella fattispecie verso il settore posto ad Est e a Nord-Est in direzione del Fiume Imera.

La permeabilità dei litotipi costituenti il complesso idrogeologico, secondo la classificazione tecnica più accreditata, può essere definita di tipo "misto".

I limiti del dominio risultano fortemente condizionati sia dalle discontinuità tettoniche che si trovano principalmente sul versante settentrionale e che costituiscono le direzioni privilegiate di scorrimento delle acque sotterranee, ma talvolta anche di confinamento, sia dall'effetto "tampone" esercitato dalla presenza dei litotipi flyschiodi impermeabili, che bloccano il deflusso sotterraneo verso le aree poste a Nord-Est. Sono infatti proprio queste argille che definiscono il limite inferiore di permeabilità del dominio idrogeologico in questione, che nel settore di interesse è presente a quote topografiche di circa m 400 s.l.m.

Considerando inoltre che la vergenza del fianco monoclinico ha direzione preferenziale Nord Est – Sud Ovest e che i depositi flyschiodi si trovano in continuità

stratigrafia o tettonica con la struttura carbonatica, appare chiaro come vi sia un forte condizionamento sulla circolazione sotterranea delle acque, che tendono preferenzialmente a migrare verso Est e verso Nord-Est e ad alimentare le sorgenti che vengono alla luce presso la "cintura di contatto" definita dal limite stratigrafico tra litotipi permeabili ed impermeabili, definendo di fatto sorgenti per "soglia di permeabilità sovrainposta".

La presenza, quindi, ai margini dell'unità idrogeologica, di terreni pelitici a bassissima permeabilità, determina *un'azione di tamponamento per soglia di permeabilità*.

Tale modello idrogeologico fa sì che se la piezometrica non raggiunge la suddetta "soglia", rimane confinata nel serbatoio a causa del suo tamponamento flyschioide; questo succede ad esempio in occasione di scarse precipitazioni o per sovrasfruttamento della falda per emungimenti spinti; al contrario, in occasione di abbondanti precipitazioni e conseguentemente quando si verifica la completa saturazione del serbatoio, la piezometrica risale sino ad intercettare la linea di contatto tra depositi a diversa permeabilità e si rivela in superficie manifestandosi come sorgente.

Dalle prime informazioni raccolte sui luoghi, pare che le manifestazioni sorgentizie presenti in testa alla frana non risultavano attive da oltre un cinquantennio e che si siano riattivate quest'anno, proprio per l'ingente quantità di precipitazioni meteoriche registrate.

6.1 Idrogeologia locale

Attraverso una ricerca bibliografica relativa alla Sorgente di Scillato, si è potuto constatare che da un'analisi dei dati di portata del gruppo sorgentizio di Scillato, il periodo di abbassamento del livello piezometrico nell'area, va dalla fine di maggio a dicembre, con il minimo nel mese di novembre e/o dicembre, mentre il livello della stessa risale da dicembre fino a aprile, con punte massime nel periodo di marzo e/o aprile.

In particolare, nell'area oggetto dell'intervento, nel periodo che va dal 6 maggio al 31 agosto, nei sondaggi S1PZ, S2PZ, S3PZ, S4PZ, S5PZ, S6PZ e S7PZ, attrezzati ciascuno con celle piezometriche (Casagrande) poste a varie profondità, sono state effettuate le letture piezometriche riportate nella seguente tabella.

Da ciò che deriva dalle letture, si evince che il livello piezometrico, dal mese di maggio al mese di agosto, è sceso da pochi cm, circa 35cm in S1PZ e S2PZ, a circa 1m, per S3PZ, S4PZe S7PZ, a circa 2m e/o 3m, per S5PZ e S6Pz.

Ricostruzione Viadotto Imera I
Progetto Preliminare

Sond.	Quota sondaggio p.c.	Intervallo drenato (m da p.c.)	Prof. Livello Piezometrico rilevato (m da p.c.)							
			06/05/2015	08/05/2015	26/05/2015	28/05/2015	18/06/2015	09/07/2015	07/08/2015	31/08/2015
S1PZ	231,33	4,00-6,50	1,20	1,19	-	1,09	3,70	3,00	1,55	1,55
		16,00-30,00	1,25	1,25	-	1,10	4,80	4,10	1,45	1,45
S2PZ	244,66	12,00-14,00	assente	assente	-	assente	assente	assente	assente	assente
		19,50- 20,00	13,70	13,71	-	13,68	14,20	13,45	14,00	14,05
		21,00-30,00	13,74	13,73	-	13,70	14,10	13,10	13,75	14,05
S3PZ	247,46	14,00-19,50	16,30	16,30	-	15,86	17,20	16,80	17,35	17,35
		27,00-30,00	16,35	16,35	-	16,06	18,10	17,45	17,35	17,35
S4PZ	250,58	9,00-12,50	0,87	0,70	-	sopra p.c. 0,35	sopra p.c. 0,30	sopra p.c. 0,20	0,00	0,00
		20,00-30,00	2,12	1,77	-	sopra p.c. 0,35	4,40	3,95	3,20	3,20
S5PZ	245,57	12,00-17,00	-	6,20	-	6,85	8,90	7,70	9,70	9,55
		25,00-30,00	-	6,35	-	7,13	9,40	8,30	8,23	8,60
S6PZ	251,07	5,00-11,00	-	-	2,25	3,32	5,20	4,50	5,26	5,60
		25,00-30,00	-	-	3,75	3,87	5,40	4,80	4,42	4,78
S7PZ	256,56	5,00-12,00	-	-	6,25	6,31	7,60	6,40	6,80	7,10
		25,00-30,00	-	-	6,38	6,45	8,50	7,60	6,65	7,15

6. Sismicità dell'area

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità. Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse.

Un territorio avrà, dunque, una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo.

Gli studi di pericolosità sismica sono stati impiegati, soprattutto negli ultimi anni, nelle analisi territoriali e regionali finalizzate a zonazioni (pericolosità di base per la classificazione sismica) o microzonazioni (pericolosità locale). In quest'ultimo caso, valutare la pericolosità significa individuare le aree a scala comunale che, in occasione di una scossa sismica, possono essere soggette a fenomeni di amplificazione e fornire indicazioni utili per la pianificazione urbanistica.

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Il 2003 rappresenta un punto di svolta. Viene, infatti, pubblicata **l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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"*), in cui vengono emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sull'analisi della probabilità che il

territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Il provvedimento detta i principi generali, sulla base dei quali, le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (D.L. n. 112/98 e D.P.R. n. 380/01- "*Testo Unico delle Norme per l'Edilizia*"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia secondo lo schema riportato nella tabella seguente (Tab. 1). (zona 1=, zona 2=. zona 3=, zona 4=).

ZONA 1 = 0.35 g	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
ZONA 2 = 0.25 g	In questa zona possono verificarsi forti terremoti
ZONA 3 = 0.15 g	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
ZONA 4 = 0.05 g	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Tabella 1 - Classificazione sismica secondo l'OPCM del 2003

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'O.P.C.M. 3274/03, è stato adottato con l'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006**.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all' O.P.C.M. n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio secondo un approccio tipo

“zona dipendente”, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del 30 D.M. 14.09.2005 – “D.M. 14 settembre 2005 – *Norme tecniche per le costruzioni*”), da attribuire alle 4 zone sismiche secondo lo schema riportato nella tabella seguente (Tab. 2).

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) (a_g)
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15g
4	≤ 0.05	0.05g

Tabella 2 - Classificazione sismica secondo l'OPCM del 2006

Con l'emanazione dell' O.P.C.M. 3519, la Mappa di Pericolosità Sismica 2006 (fig. 7) diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale. Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone, con valori intermedi di 0.025g, per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozone è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

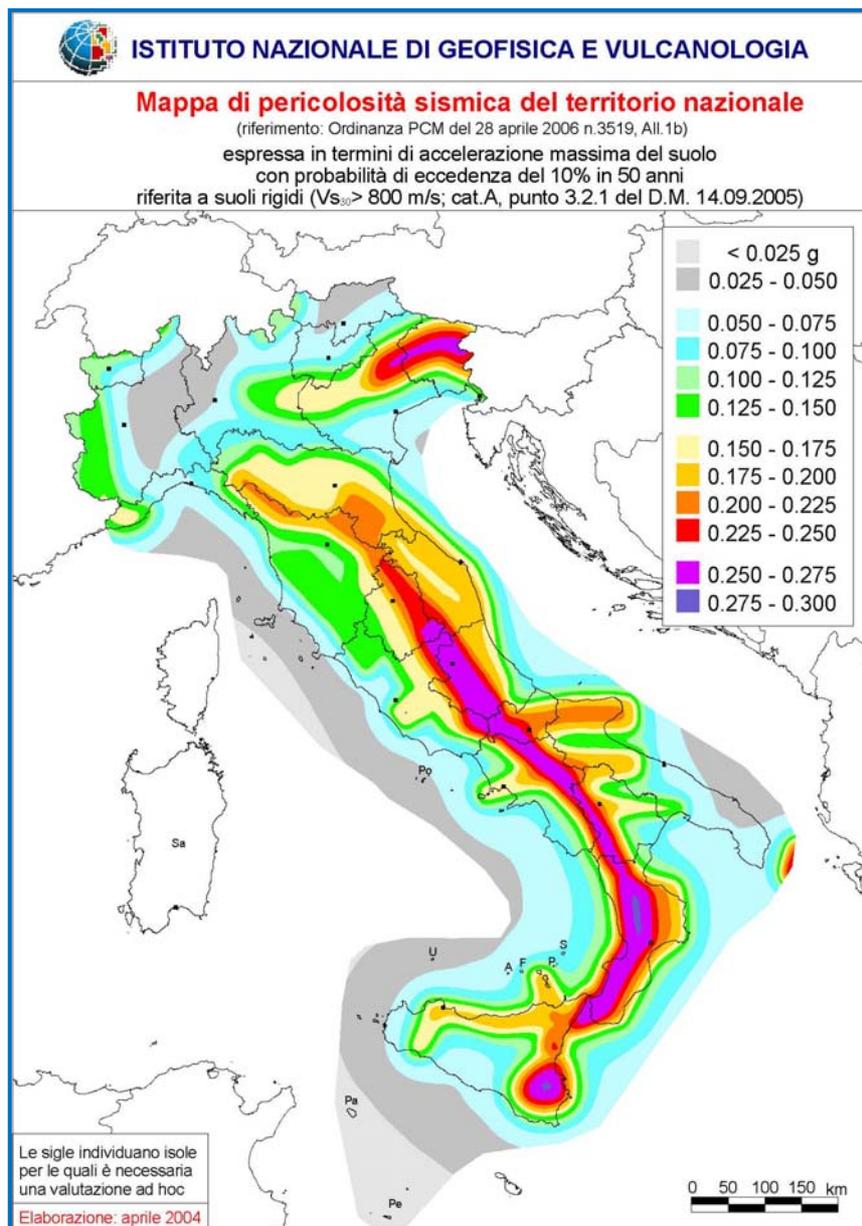


Figura 7 - Mapa della pericolosità sismica nazionale, secondo l'OPCM del 2006, consultabile sul sito:

http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/images/pericolos_d0.JPG.

Le attuali ***Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008)***, infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali.

Precedentemente per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009, con l'entrata in vigore delle N.T.C. 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. Il Decreto Ministeriale segna dunque il passaggio da un approccio "zona dipendente" ad un approccio "sito dipendente". La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Il valore dei parametri spettrali (*ag*, *FO* e *Tc*) "propri" ricavati secondo coordinate geografiche proprie di progetto, è ottenibile tramite la consultazione della banca dati <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Per quanto concerne il territorio siciliano, con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003, la Regione Sicilia recepisce l' O.P.C.M. n. 3274 e pubblica la nuova classificazione sismica.

In particolare, con riferimento all'area di intervento, i comuni di Scillato e Caltavuturo rientrano in Zona 2, come indicato nella figura 8 e 9.

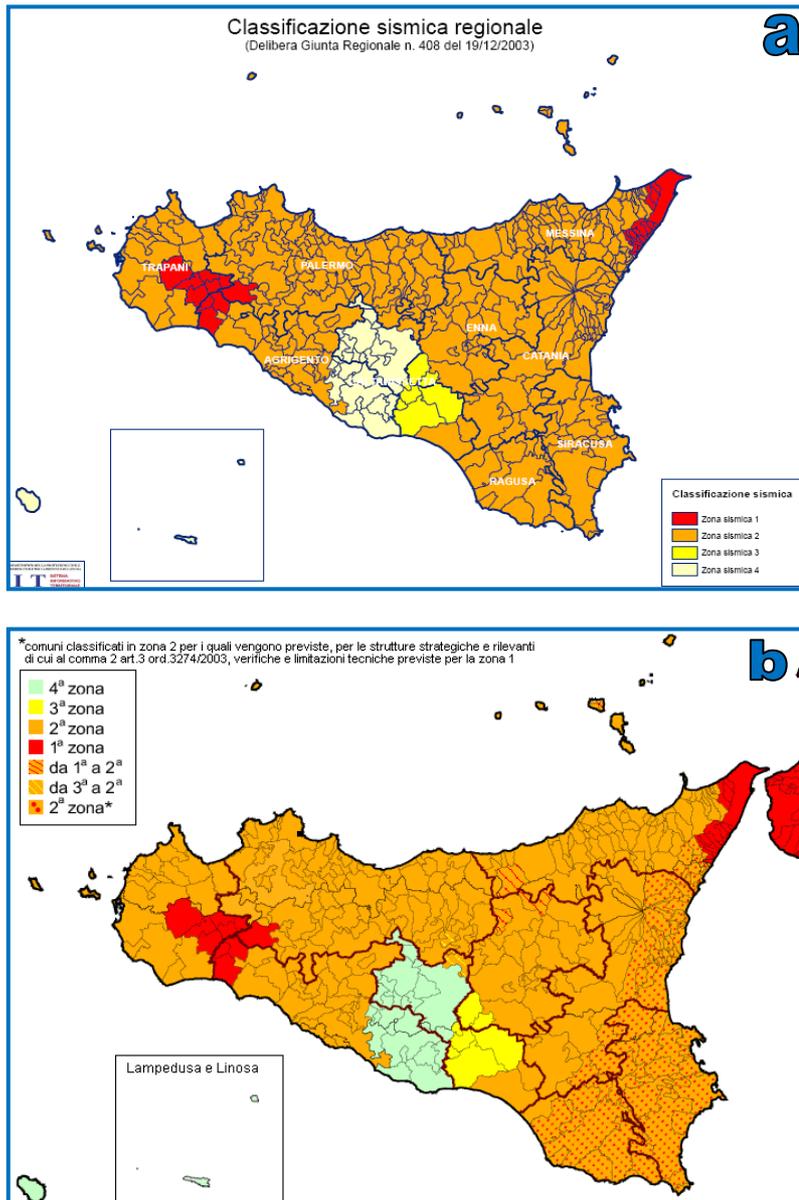


Figura 8 – a) Classificazione sismica della Regione Sicilia (D.G.R.408 /2003) consultabile su: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/A3_class20150311.pdf:

b) Classificazione sismica della Regione Sicilia (D.G.R.408 /2003) con indicazioni sia dei comuni che hanno subito un passaggio di zona sia dei comuni, ricadenti in zona 2 per i quali vengono previste verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1.

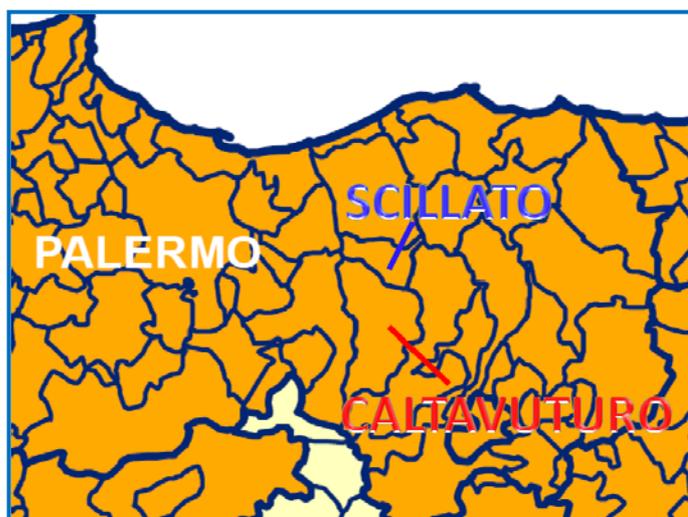


Figura 9 – Stralcio della Classificazione sismica della Regione Sicilia riferita ai comuni di Scillato e Caltavuturo.

In relazione al Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, NTC 2008, si riporta uno stralcio della Mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, inerente l'area di studio, ricavata dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (Fig. 10), nonché uno stralcio della Tabella DEI parametri spettrali (ag, F0 e Tc) (Fig. 11) riferiti ai punti del reticolo di riferimento, allegata al DM 14 Gennaio 2008 e consultabile sul sito http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=20, dove è stato evidenziato il nodo più vicino alla zona di intervento.

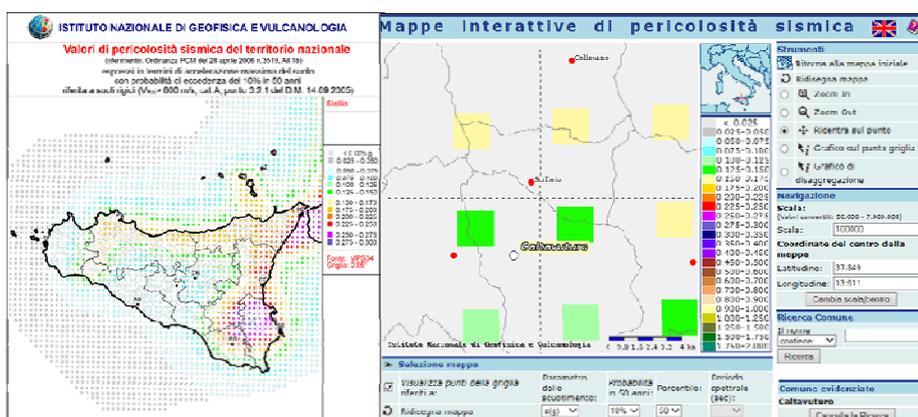


Figura 10 – Stralcio della Mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, inerente l'area di studio.

Autostrada A19 Palermo –Catania
Ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera
fra la pila n° 16 e n°22
Progetto Preliminare

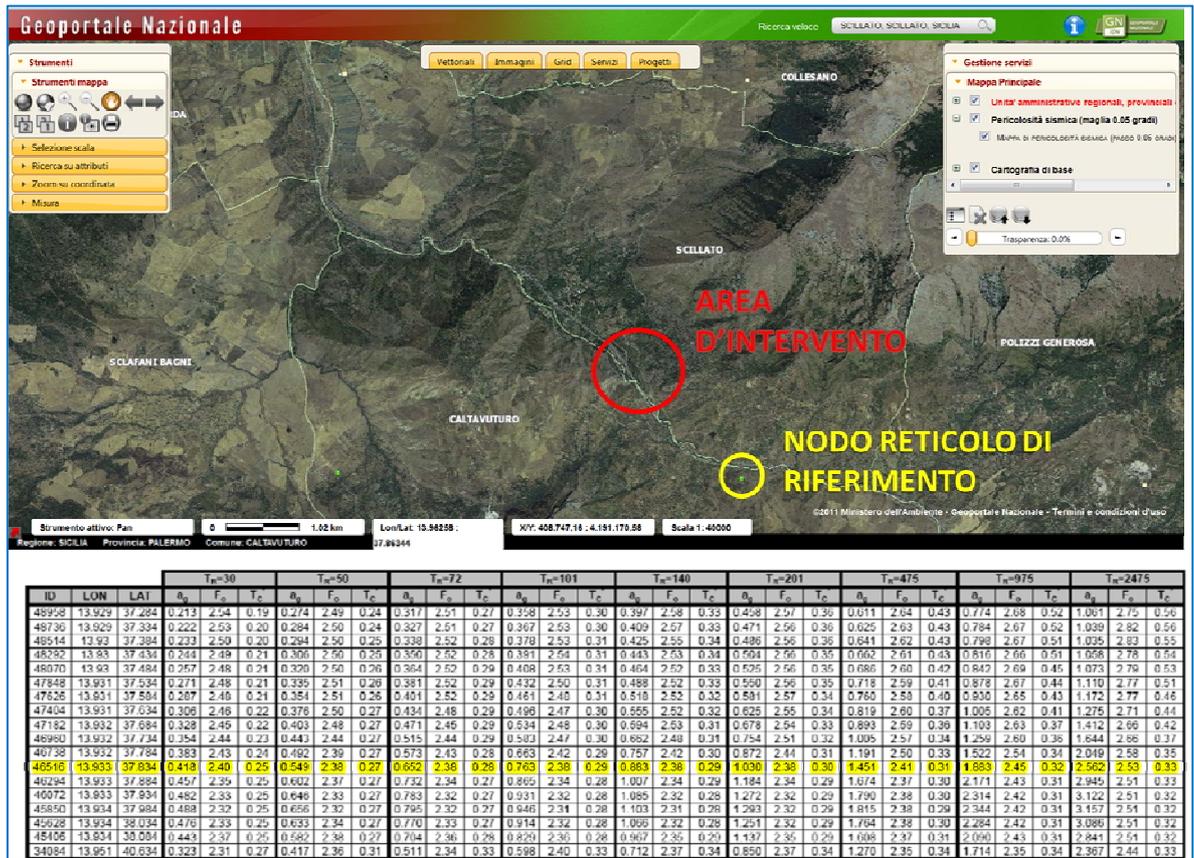


Figura 11 – Parametri spettrali del nodo di riferimento più vicino all'area d'intervento.

Si riporta, inoltre, per completezza la storia sismica dei comuni di Scillato e Caltavuturo, tratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione CPTI11) (disponibile sul sito dell'INGV all'indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>), che rappresenta il più completo e aggiornato database dei parametri macrosismici e strumentali dell'intero territorio nazionale (Fig. 12).

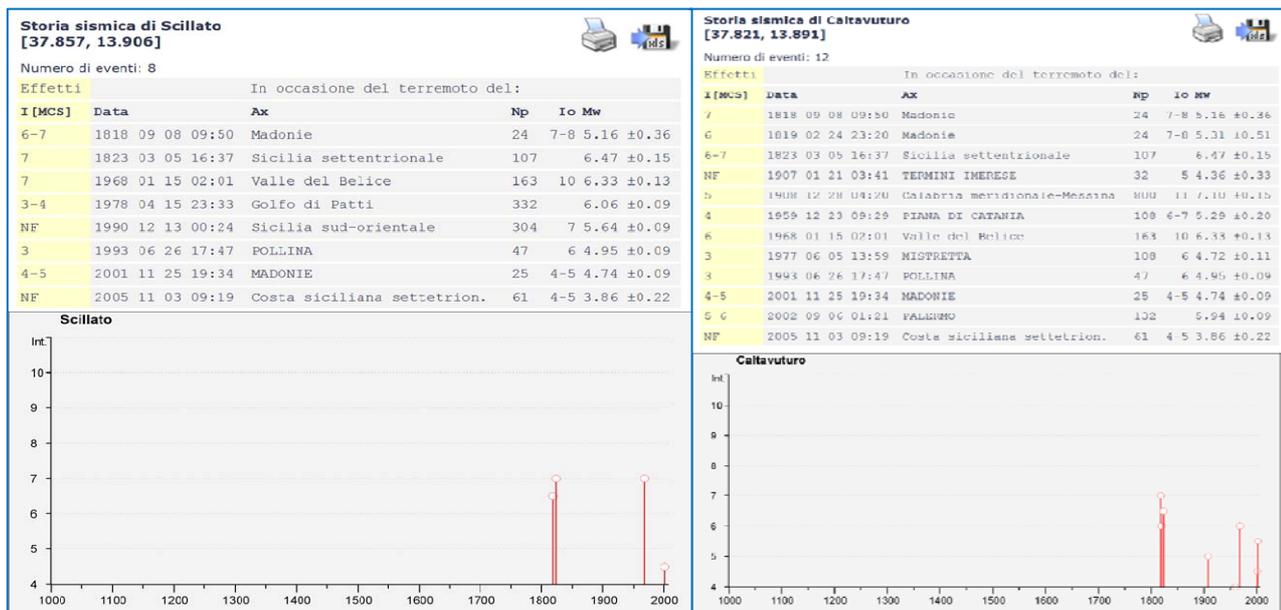


Figura 12 – Sismicità storica dei comuni di Scillato e Caltavuturo.

7.1. Sismicità locale

La campagna d'indagine è stata mirata, oltre alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, anche alla valutazione della propagazione delle onde nel sottosuolo attraverso la misura delle onde di taglio Vs, secondo quanto previsto dal D.M. "Norme tecniche sulle Costruzioni".

Durante la campagna d'indagine eseguita nei mesi di maggio giugno 2015, è stata eseguita una prova Down-Hole nel sondaggio S8, eseguito in prossimità della pila 17 del Viadotto Imera..

La documentazione completa delle risultanze geofisiche è contenuta nell'elaborato *T00GE00GEORE02A*.

A seguito dell'elaborazione si è ottenuta una velocità relativa alle **Vs30** pari a **841 m/s**. Il risultato ottenuto fa riferimento al piano di campagna, in conseguenza di ciò, in accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame, rientra nella **categoria A**, - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*

caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a tre m.

I risultati della Down-hole mostrano valori elevati delle velocità sin dai primi metri di profondità. Le Vp passano, infatti, dai 850 ÷ 950 m/s nei primi metri (1-2 m da p.c.), in cui i terreni sono costituiti da materiali alluvionali e dalla parte più alterata del substrato costituito dal Flysch Numidico. Nell'intervallo che va dagli 11,00 m ai 30,00 metri di profondità, costituito da argilliti si registrano velocità di 1600 ÷ 1900 m/s, mentre dai 4,00 ai 10,00, si registra un aumento delle Vp, legato alla presenza di materiale argillitico più compatto.

Per quanto riguarda le onde di taglio, passano dai 500÷650 m/s nei primi metri (1-2 m da p.c.) terreni costituiti da materiali alluvionali e dalla parte più alterata del substrato costituito dal Flysch Numidico. Nell'intervallo che va dagli 11,00 m ai 30,00 metri di profondità, costituito da argilliti si registrano velocità di 700 ÷ 950 m/s.

Il calcolo delle Vs30, pari a **841 m/s**, per questa porzione di territorio, ha individuato, quindi ***una classe di suolo corrispondente alla A.***

7. Indagini geognostiche

Nell'ambito del progetto sono stati reperiti i dati provenienti dalle diverse campagne d'indagini, appositamente effettuate. Tutti i dati a disposizione sono stati utilizzati per l'elaborazione di un modello geologico di riferimento del terreno e della relativa cartografia geologica.

L'intera campagna d'indagine è stata caratterizzata dall'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione di nucleo, dall'installazione di inclinometri e piezometri di tipo Casagrande, dall'esecuzione di prove S.P.T. e di prove di laboratorio geotecnico e da una campagna geofisica costituita da prove DH in foro.

Le indagini sono state realizzate sul corpo di frana, in particolare al piede della stessa, come riportato nell'elaborato **T00GE00GEOPU01A**.

I sondaggi sono stati eseguiti dalla ditta esecutrice Sidercem S.r.l., durante due campagne d'indagine.

Sono stati realizzati 15 sondaggi, di cui 7 a distruzione di nucleo attrezzati con inclinometri e/o piezometri di tipo Casagrande e 8 a carotaggio continuo. Le profondità raggiunte dalle perforazioni vanno da un minimo di 20,00 m ad un massimo di 40,00 m.

Durante la perforazione sono stati prelevati campioni indisturbati e campioni rimaneggiati di terre, i quali sono stati trasportati in laboratorio geotecnico per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche. Inoltre, sono state eseguite prove di tipo S.P.T. in foro. Inoltre, è stata eseguita una campagna d'indagine integrativa, nei mesi di maggio e giugno 2015.

Nelle seguenti tabelle sono riportati numero e caratteristiche delle varie perforazioni:

Autostrada A19 Palermo –Catania
Ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera
fra la pila n° 16 e n°22

Progetto Preliminare

Sondaggi	Profondità [m]	Tipo di Perforazione	Campioni indisturbati [m]	Strumentazione installata
S1	40,00	Carotaggio Continuo	CI1: 6,00 – 6,60 m. CI2a: 12,00 – 12,20 m. CI2a: 12,20 – 12,70 m. CI3: 17,50 – 17,95 m. CI4: 24,50 – 25,00 m. CI5a: 30,00 – 30,25 m. CI5b: 30,25 – 30,75 m. CI6: 38,00 – 38,60 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S1PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: 30,00 m 6,50 m
S2	40,00	Carotaggio Continuo	CI1: 3,00 – 3,40 m. CI2: 7,70 – 8,10 m. CI3: 21,00 – 21,40 m. CI4: 31,50 – 31,95 m. CI5: 39,00 – 39,30 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S2PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: 30,00 m 19,50 m 12,00 m
S3	40,00	Carotaggio Continuo	CI1: 4,00 – 4,50 m. CI2: 10,00 – 10,50 m. CI3: 23,50 – 23,95 m. CI4: 32,00 – 32,40 m. CI5: 38,00 – 38,40 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S3PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: 29,50 m 19,50 m
S4	40,00	Carotaggio Continuo	CI1: 5,50 – 6,00 m. CI2: 16,50 – 17,00 m. CI3a: 26,00 – 26,25 m. CI3b: 26,25 – 26,60 m. CI4: 36,40 – 37,00 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S4PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: 29,50 m 12,50 m
S5	40,00	Carotaggio Continuo	CI1: 6,00 – 6,40 m. CI2: 16,40 – 16,70 m. CI3: 24,00 – 24,30 m. CI4: 31,00 – 31,30 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S5PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: 29,50 m 17,00 m

Tabella 3 Campagna d'indagine eseguita da Sidercem S.r.l.

Sondaggi	Profondità [m]	Tipo di Perforazione	Campioni indisturbati [m]	Strumentazione installata
S6	35,00	Carotaggio Continuo	CI1: 13,10 – 13,45 m. CI2: 17,60 – 17,95 m. CI3: 26,20 – 26,55 m. CI4: 33,00 – 33,30 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S6PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: -30,00 m -11,00 m
S7	40,00	Carotaggio Continuo	CI1:4,70 – 5,15 m. CI2: 20,50 – 21,00 m. CI3: 31,00 – 31,25 m.	Tubo Inclino metrico Prof.:40,00 m
S7PZ	30,00	Distruzione di Nucleo	-	Piezometro Casagrande Prof. Celle: -30,00 m -12,00 m
S8	35,00	Carotaggio Continuo	CI1: 4,80 – 5,15 m. CI2: 16,70 – 17,10 m. CI3: 29,50 – 29,95 m.	Tubo in p.v.c. per prova Down-Hole

Tabella 4 Campagna d'indagine integrativa eseguita da Sidercem S.r.l.

8.1 Indagini geognostiche effettuate nell'area oggetto dell'intervento

Nell'ambito del progetto sono stati reperiti i dati provenienti da due campagne d'indagine, appositamente effettuate. Tutti i dati a disposizione sono stati utilizzati per l'elaborazione di un modello geologico di riferimento del terreno e della relativa cartografia geologica. La prima campagna d'indagine si è svolta nel mese di aprile-maggio 2015, ed è stata caratterizzata dalla realizzazione di sondaggi geotecnici. Sono stati, allo scopo, eseguiti 10 sondaggi, di cui cinque a carotaggio continuo ed attrezzati con tubo inclinometrico, denominati **S1**, **S2**, **S3**, **S4** e **S5**, della profondità pari a 40 m, e cinque sondaggi a d.n., attrezzati con tubo piezometrico, denominati **S1PZ**, **S2PZ**, **S3pz**, **S4PZ** e **S5PZ**, della profondità di 30 m.

L'indagine, eseguita dalla Società Sidercem.r.l ha compreso oltre l'esecuzione dei sondaggi, prove in sito (SPT) e prelievo di campioni indisturbati di terre per le relative determinazioni di laboratorio. La documentazione inerente le indagini è allegata al progetto, unitamente all'ubicazione planoaltimetrica dei punti d'indagine e riportata in Fig. 13.

Autostrada A19 Palermo –Catania
Ricostruzione della carreggiata direzione Catania del Viadotto Imera
fra la pila n° 16 e n°22
Progetto Preliminare

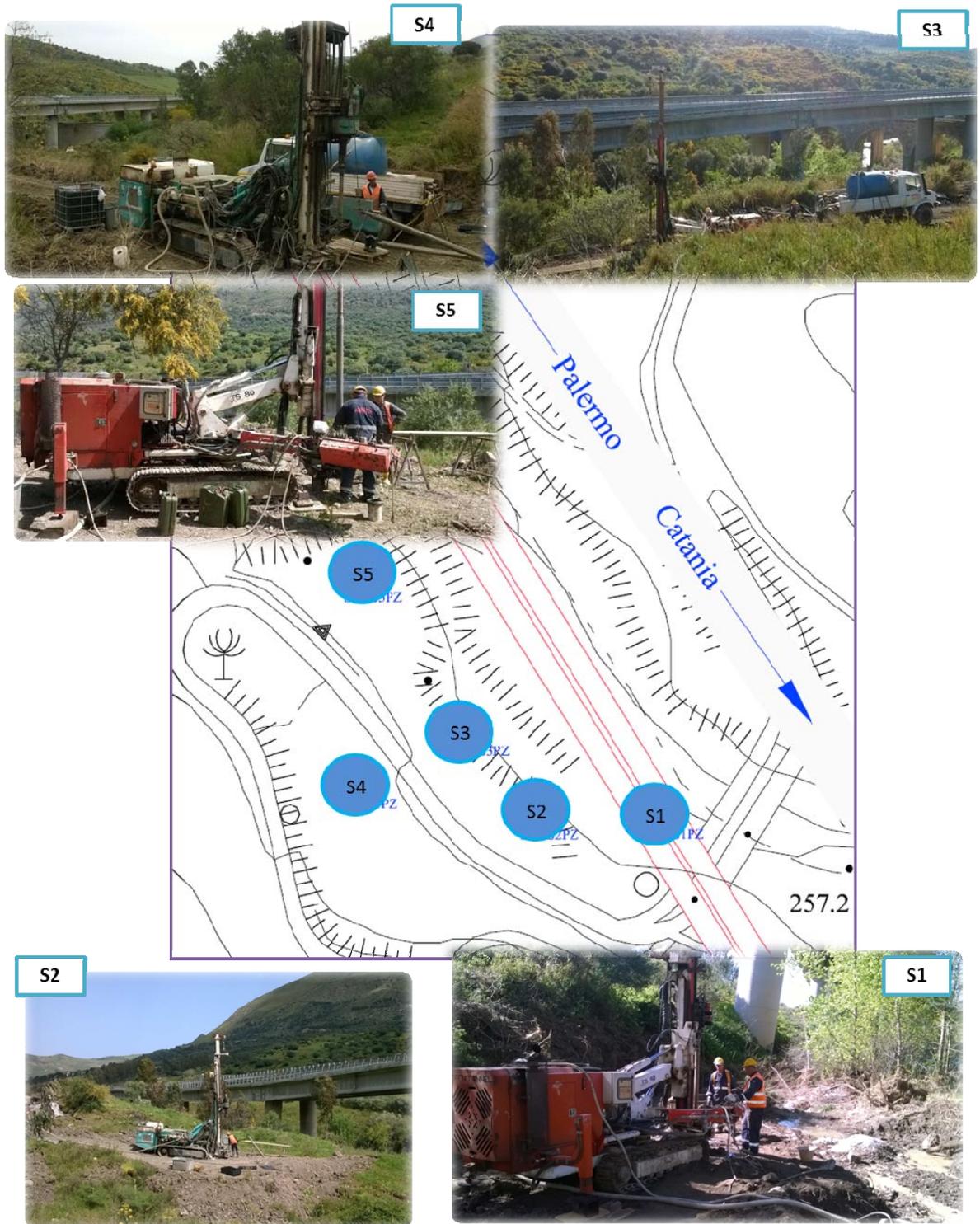


Figura 13– Ubicazione dei sondaggi campagna geognostica aprile –maggio 2015

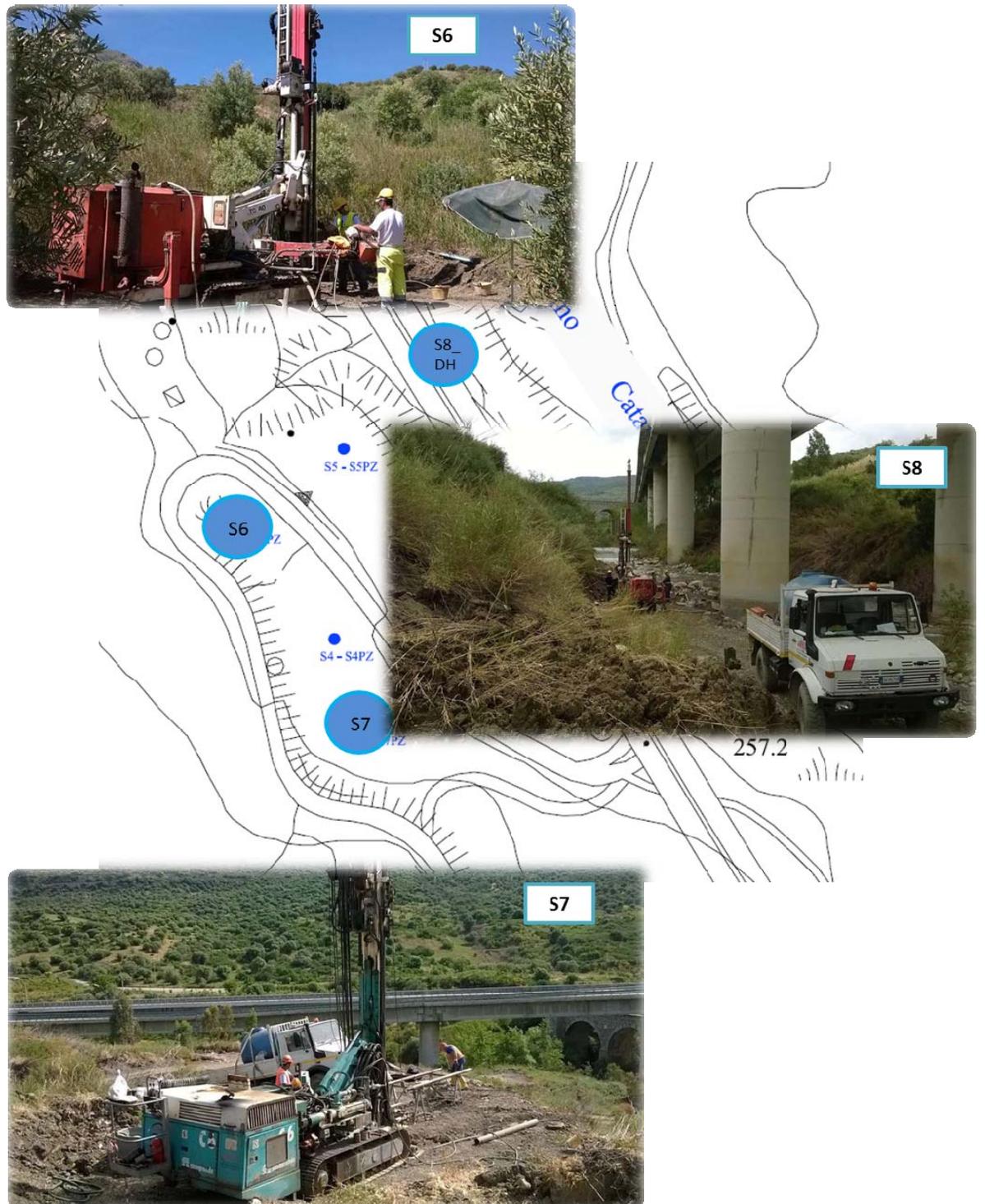


Figura 14– Ubicazione dei sondaggi campagna geognostica integrativa maggio-giugno 2015

La seconda campagna d'indagine integrativa, si è svolta dal 15 maggio al 4 giugno 2015, ed è stata caratterizzata dalla realizzazione di *sondaggi geotecnici, prospezioni geofisiche in foro e sismica a rifrazione*. Sono stati, allo scopo, eseguiti 5 sondaggi, di cui due a carotaggio continuo ed attrezzati con tubo inclinometrico, denominati **S6** e **S7**, della profondità variabile da 30,00m a 40,00m, due sondaggi a d.n., attrezzati con piezometrico di tipo "Casagrande", denominati **S6PZ** e **S7PZ**, della profondità di 30 m ed infine un sondaggio eseguito a carotaggio continuo ed attrezzato con tubi in p.v.c. per l'esecuzione della prova geofisica Down-Hole di lunghezza pari a 35,00 m.

L'indagine, eseguita dalla Società Sidercem s.r.l ha compreso oltre l'esecuzione dei sondaggi, prove in sito (SPT) e prelievo di campioni indisturbati di terre per le relative determinazioni di laboratorio. La documentazione inerente le indagini è allegata al progetto, unitamente all'ubicazione planoaltimetrica dei punti d'indagine e riportata in Fig. 14.

8.2. Risultati delle indagini effettuate nell'area oggetto dell'intervento

I sondaggi eseguiti nell'area, hanno riscontrato la presenza di uno spessore di diversi metri di materiale di frana, sovrastante la formazione del Flysch Numidico.

Lo spessore risulta variabile in relazione al settore della frana in cui è stato eseguito il sondaggio. In particolare, gli spessori di frana maggiori si hanno nella parte centrale del corpo di frana (nel sondaggio S3 si hanno spessori di circa 20,00 m), e sul bordo SE (nel sondaggio S2 si hanno spessori di 17,00 m), mentre lo spessore riscontrato nel settore NE (Sondaggio S5) risulta essere di circa 10,00 m.

Il materiale di frana risulta costituito da limo argilloso e/o argilla limosa a tratti sabbiosa; tali litotipi si presentano alterati, con struttura caotica, poco consistenti, di colore nocciola- brunastro, con inclusi frammenti di quarzarenite e di argillite, e con rari frammenti di calcare (Foto 4).

Progetto Preliminare



Foto 4– Sondaggio S2: depositi di frana

All'interno dei depositi di frana ci sono trovanti e/o blocchi di natura calcareo-dolomitica di colore grigio-biancastro, di spessore centimetrico (Foto 4).

Il substrato è costituito dalla Formazione del Flysch Numidico formato da argilliti più o meno compatte, grigie, scagliettate (Fig. 5), con all'interno livelli biancastri dovuti alla circolazione d'acqua. Inoltre, sono presenti all'interno delle stesse argilliti, livelli di argille limose, più o meno plastiche, di spessore centimetrico.



Foto 5– Sondaggio S6: substrato costituito dal Flysch Numidico

8.3. *Analisi dei dati inclinometrici*

Nell'area sono stati installati cinque tubi inclinometrici durante la prima campagna d'indagine, nei sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5, e due durante la campagna d'indagine integrativa S6 e S7.

Negli inclinometri posizionati nei sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5, oltre la lettura di zero, è stata effettuata una misura il 25 di maggio, la quale non ha evidenziato movimenti in atto.

8. Modello geologico di riferimento

Sulla base delle informazioni di carattere stratigrafico, che è stato possibile raccogliere tramite i risultati delle indagini geognostiche, effettuate durante la campagna geognostica realizzata per la demolizione del Viadotto Imera nei mesi di Aprile –Giugno 2015, si è potuto definire il modello geologico di riferimento del sottosuolo per l'area oggetto dell'intervento.

Nello specifico, le indagini geognostiche hanno evidenziato:

- m 0.00–0.60: alluvioni costituite da ciottoli, ghiaia e sabbia limosa;
- m 0.60 – 40.00: argille e argille marnose, argilliti a struttura scagliettata di colore grigio (Flysch Numidico). La porzione superiore di tale formazione si presenta alterata e costituita da argille limose di colore bruno, con placche ferruginose, prive di struttura.

9. Interazione opera terreno

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche delle opere geotecniche necessarie per la ricostruzione .

Le soluzioni progettuali prevedono la costruzione di tre campate e la realizzazione di due nuove pile circolari piene, fondate su pozzi.

Le campate di riva poggeranno sulle pile 16 e 22 esistenti. Considerato l'aumento di sollecitazioni gravante su dette pile, si prevede la realizzazione di un cappotto esterno in calcestruzzo (spessore 15 cm) sul perimetro della pila circolare cava esistente, lungo l'intera altezza del fusto a partire dal piede della pila (estradosso di fondazione). Inoltre si prevede il rinforzo del plinto della pila 16 direzione Catania mediante una platea fondata su pali con altezza di 4 metri circa a partire dall'intradosso di fondazione (quota del magrone). Per maggiori dettagli, si rimanda agli elaborati di competenza.

10. Interazione con le aree di cantiere

Tra le opere di cantierizzazione, quelle di maggior interesse dal punto di vista dell'impatto sull'assetto geomorfologico dell'area, sono rappresentate da una pista di cantiere, di lunghezza pari a circa 200 m, e la relativa area di lavorazione. Per la realizzazione di tali opere è prevista una risagomatura del versante in modo da rendere pianeggiante la porzione d'area che si estende dalla pila 13 alla pila 17. Il pendio verrà stabilizzato con un taglio di arretramento con pendenza di 1:3 o meno. Alla base del pendio rigradato verrà realizzata una platea antierosione più piatta, anche composta dagli stessi detriti di frana, da utilizzare come area di lavorazione, che sarà a sua volta rinforzata e riempita alla base. Si dovrà comunque proteggere la porzione di scarpata più prossima all'alveo con opere di sostegno provvisorie e presidi antierosione.

Si prevede inoltre una regimazione idraulica superficiale di monte delle acque dilavanti, tramite un sistema di canalette di drenaggio per controllare la dispersione e l'infiltrazione di acque piovane nell'area di cantiere ed indirettamente limitare il potenziale innalzamento dei livelli piezometrici.

11. Opere di presidio

La realizzazione dei primi interventi di messa in sicurezza del fronte di frana, saranno associati anche da attività di presidio sul corpo di frana, atte a garantire condizioni di sicurezza sull'area interessata dai lavori stessi. Tali attività sono quindi previste limitatamente nella zona di piede della frana, per garantire una maggiore sicurezza per i lavoratori, durante la fase di realizzazione e decostruzione delle opere.

Le attività previste consisteranno in:

- Predisposizione di un Monitoraggio strumentale costituito dall'installazione di tubi inclinometrici e tubi piezometrici, all'interno di fori di sondaggio, ubicati in tre postazioni lungo l'allineamento coincidente con la linea di massima pendenza;
- Verifica dei dati del Monitoraggio in atto, attraverso le letture nei tubi inclinometri e piezometrici già installati nelle campagne d'indagini eseguite nei mesi di aprile, maggio e giugno 2015.