

S.S.121 "Catane"
   
Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. UP62

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Capasso

(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)

Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza

(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: Dott. Ing. Sergio Di Maio

(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

Responsabile Ambiente: Dott. Ing. Francesco Ventura

(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)



GEOLOGO:

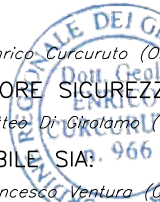
Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Giralamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)




VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Luigi Mupo

GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA


Relazione geologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_T00GE00GEORE01_C			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE01	C	-
D					
C	REVISIONE A SEGUITO RIESAME ANAS	APR. 2024	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
B	REVISIONE A SEGUITO RIESAME ANAS	NOV. 2023	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
A	EMISSIONE	FEB. 2023	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO


SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>6</b>
	4.1 Forme Strutturali.....	7
	4.2 Forme dovute alle acque superficiali.....	9
	4.3 Forme dovute alla gravità .....	15
	4.4 Interferometria SAR.....	17
	4.5 Dissesti interfenti e in prossimità del tracciato .....	23
	4.6 Forme dovute al carsismo.....	67
	4.7 Forme antropiche.....	68
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>70</b>
	5.1 Stratigrafia.....	75
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>85</b>
	6.1 Complessi idrogeologici .....	85
	6.2 Monitoraggio dei piezometri .....	88
	6.3 Censimento dei punti d’acqua e sorgenti e verifica dell’eventuale interferenza con le opere in progetto .....	90
<b>7</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....</b>	<b>91</b>
	7.1 Indagini anno 2004.....	91
	7.2 Indagini anno 2012.....	92
	7.3 Indagini anno 2018.....	92
	7.4 Indagini anni 2021/2022 .....	93
	7.5 Indagini geofisiche .....	98
	7.6 Risultati indagini geognostiche .....	101
	7.7 Campagna indagini ambientali.....	103
	7.8 Rilievi geomeccanici .....	107
	7.8.1 Parametri geomeccanici.....	107
	7.9 Risultati rilievo geo-meccanico .....	119
	Stop 1 – Ex Cava Cerniglia.....	119
	7.9.1 Stop 2 – Ex Cava Cerniglia .....	122

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

7.9.2	Stop 3 – Pizzo Cannita .....	125
7.9.3	Stop 4 – Pizzo Cannita .....	128
<b>8</b>	<b>ANALISI DEL TRACCIATO .....</b>	<b>130</b>
<b>9</b>	<b>SISMICITA' DELL'AREA .....</b>	<b>291</b>
9.1	Macrosismicità dell'area .....	291
9.2	Sismicità storica dell'area.....	294
9.3	Caratterizzazione sismogenetica.....	299
9.4	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....	303
9.5	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....	308
9.6	CAMPAGNA INDAGINE GEOFISICA E RISULTATI.....	309
9.7	Amplificazione stratigrafica: categoria di sottosuolo .....	361
9.8	Amplificazione stratigrafica: categoria topografica .....	376

SS 121 “Catanese”		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive gli studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici eseguiti a supporto della redazione del Progetto Definitivo dell’Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121, Tratto A19 – Bolognetta.

L’intervento è parte di un più esteso complesso di opere riguardante l’ammodernamento dell’itinerario Palermo – Agrigento (S.S. 121 – Catanese) che si propone, in primo luogo, di ridurre l’alta incidentalità dell’itinerario attuale e di garantire, altresì, un più capace e rapido collegamento tra i due capoluoghi ed i relativi opposti versanti costieri, collegando con essi le aree più interne.

Il tratto in esame, dello sviluppo di circa 16,5 km, interessa la parte iniziale dell’itinerario ed è compreso tra lo svincolo sulla A19 “Palermo – Catania” e la rotatoria di Bolognetta, a Sud-Est di Palermo. Si prevede, inoltre, una bretella di raccordo con la SS113 “Settentrionale Sicula” fino alla rotatoria di Bagheria” (Fig.1.1)..

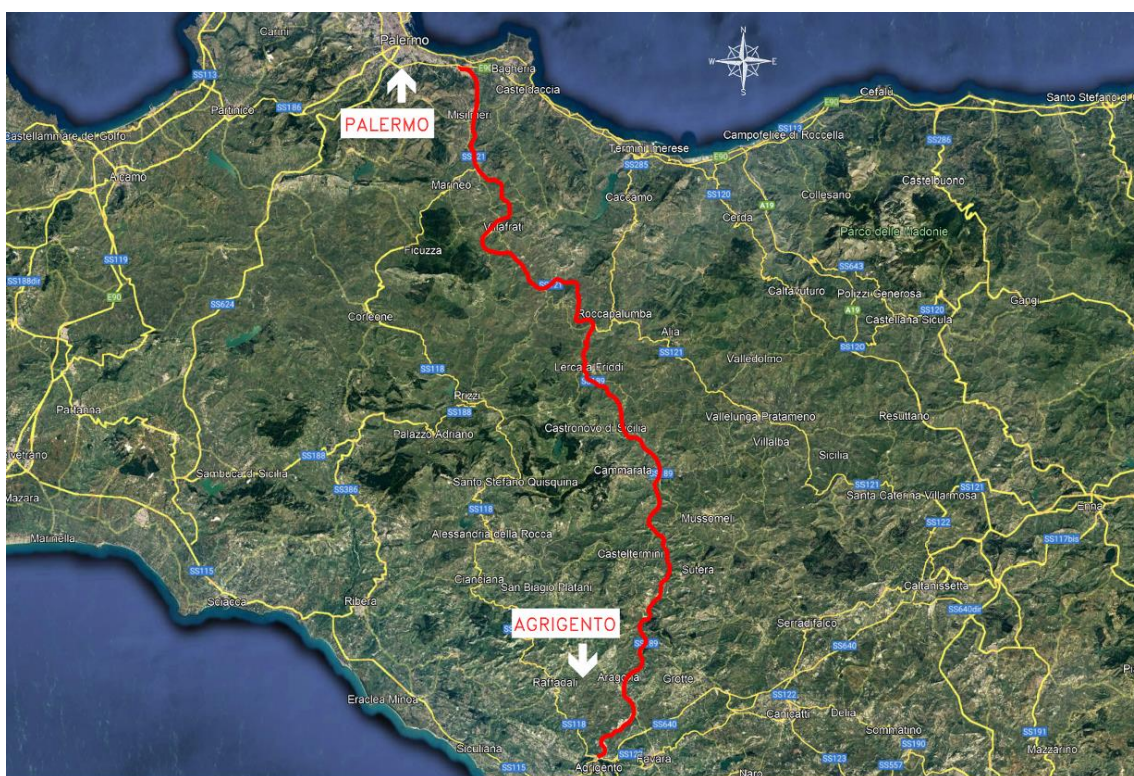


Figura 1-1: Itinerario Palermo – Agrigento

Lo studio è stato condotto seguendo lo schema adottato per le progettazioni geologiche di infrastrutture a sviluppo lineare, analizzando per ogni singola categoria di opere (rilevati, trincee, viadotti e gallerie) le interazioni con il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico.



SS 121 "Catane"se"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

L'individuazione delle problematiche di natura geologico-geotecnica, ove presenti, consente di minimizzarne gli effetti, identificando le soluzioni più idonee. Fornisce inoltre gli elementi necessari per le scelte progettuali da esse derivate e per ottimizzare l'interazione terreno-struttura.

Vengono pertanto descritti a diverse scale i contesti geologico, geostrutturale, geomorfologico ed idrogeologico di riferimento, nonché analizzata la sismicità dell'area. Segue quindi l'analisi dell'intervento e delle opere previste in funzione del modello geologico-tecnico di riferimento (MGR), elaborato per la progettazione definitiva.

## **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

---

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- ❑ *D.M. 17 Gennaio 2018*

*Nuove Norme tecniche per le costruzioni;*

- ❑ *D.M. 14 Gennaio 2008*

*Norme tecniche per le costruzioni;*

- ❑ *Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;*
- ❑ *Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88;*
- ❑ *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;*
- ❑ *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003;*
- ❑ *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica."; modificata dall'O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;*
- ❑ *Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003;*
- ❑ *Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003" pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004.*
- ❑ *Deliberazione Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022. "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519".*

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- ❑ Circolare ARTA Reg. Sicilia 7/3/2003 "Redazione del piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico ai sensi del D.L. 180/98 e s.m.i."
- ❑ Piano di Tutela delle Acque (PTA) adottato con Ordinanza n. 637 del 27/12/07 (GURS n. 8 del 15/02/08) ed approvato definitivamente (art.121 del D.lgs 152/06) dal Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche e la Tutela delle Acque – Presidente della Regione Siciliana con ordinanza n. 333 del 24/12/08.

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato della tangenziale in progetto nell'ambito del Progetto Definitivo dell' "Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121, Tratto A19 – Bolognetta". L'intervento ricade nei Comuni di Bagheria, Misilmeri, Bolognetta e Villafrati, come illustrato nella figura che segue (Fig.3.1)

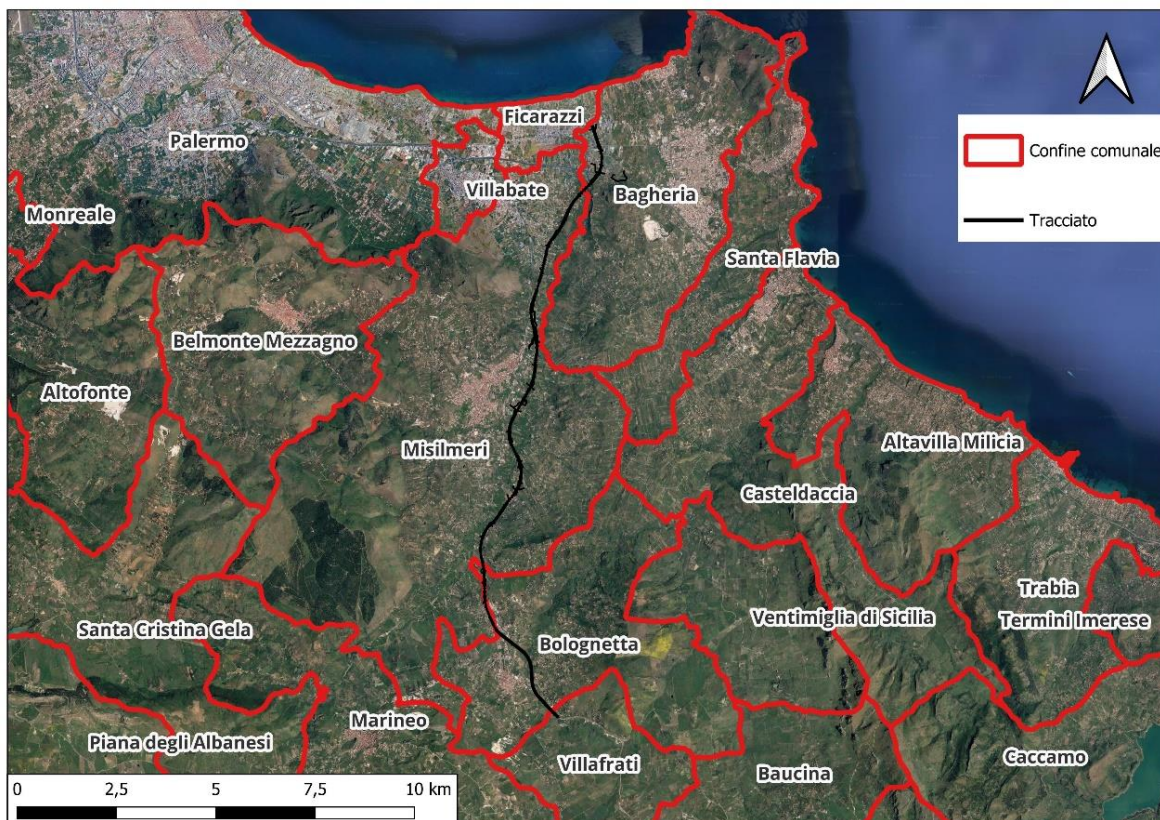



Figura 3--1 Ubicazione dell'area di intervento.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il tracciato insiste:

- ❑ sul territorio comunale di Bagheria (PA) per i primi chilometri, dalla progressiva 0+00 alla progressiva 1+840,
- ❑ sul territorio di Misilmeri (PA), dalla progressiva 1+840 alla progressiva 12+120 e dalla progressiva 12+900 alla progressiva 13+780,
- ❑ sul territorio di Bolognetta (PA), dalla progressiva 12+120 alla progressiva 12+900 e dalla progressiva 13+780 alla progressiva 16+360,
- ❑ sul territorio di Villafrati (PA), dalla progressiva 16+360 a fine (Progressiva 16+580).

Lo stesso ricade nelle seguenti tavolette della Carta d'Italia redatta dall'I.G.M.I., nella sequenza progressiva del tracciato da N verso S:

- ❑ F° 250 III N.O. "Ficarazzi";
- ❑ F° 250 III S.O. "Bagheria";
- ❑ F° 258 I N.E. "Marineo".
- ❑ F° 259 IV N.O. "Ventimiglia di Sicilia".


Il tracciato ricade nelle sezioni N° 608020, 595140 e 595100 della Carta Tecnica Regionale.

#### **4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

---

E' possibile suddividere il tracciato di progetto in due parti: la parte settentrionale del tracciato si sviluppa nell'area compresa tra la pianura costiera di Bagheria, modellata da diversi terrazzi marini policiclici organizzati in diversi ordini, ed il rilievo carbonatico di Pizzo Cannita, che ne rappresenta il limite fisico a meridione.

L'area è caratterizzata da pendii a debole pendenza, degradanti verso mare e impostati sulle calcareniti quaternarie, profondamente incise dalla valle del Fiume Eleuterio. Il substrato locale è costituito sia da termini lapidei calcarei, calcareo-dolomitici e dolomitici mesozoici-terziari, in genere estremamente fratturati, che da sedimenti marini calcarenitici appartenenti ai cicli regressivi-trasgressivi del Pleistocene. I terreni di copertura corrispondono ai depositi alluvionali del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene, dominati dalla presenza di unità sabbioso-limose con ghiaie.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

La seconda parte del tracciato, superato in galleria il rilievo di Pizzo Cannita, si sviluppa lungo il tratto mediano della valle del Fiume Eleuterio ed è inserita tra i rilievi carbonatici mesozoici di Monte Mastro Nardo e Rocca di Ciavole ad Ovest e le aree di affioramento del Flysch Numidico ad Est, lungo il versante occidentale di Monte Porcara.

A valle dell'abitato di Misilmeri il tracciato insiste sul versante sinistro del Fiume Eleuterio , per poi svilupparsi nella ampia depressione valliva del Fiume intersecando lo stesso in corrispondenza di uno dei suoi meandri in località Mulino Don Cola.

Qui il tracciato passa nel versante destro della F.Eleuterio e, dopo avere interessato il rilievo collinare di Cozzo Don Cola, torna a svilupparsi nell'ampia valle dell'Eleuterio.

In località Coda di Volpe, il tracciato si allontana dal corso dell'Eleuterio e, dopo aver attraversato i rilievi collinari a NO di Bolognetta, si sviluppa sino al termine dell'intervento , nella valle del F. Mulinazzo-Milicia.


Ai fini di ricostruire la geomorfologia di dettaglio dell'area è stato condotto un rilievo di dettaglio che ha permesso di ricostruire le principali forme del rilievo.

L'attuale morfologia dell'area in studio va collegata all'azione combinata di più processi morfogenetici legati alla combinazione del fattore strutturale e tettonico e delle condizioni climatiche.

#### **4.1 Forme Strutturali**

La prima parte del tracciato, dalla progr. 0+00 alla progr. 1+980,00, come già anticipato, insiste su un versante a bassa pendenza, degradante verso N, caratterizzato da un affioramento di calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRSd) con spessore di oltre 30 m con giacitura da sub-orizzontale a debolmente inclinata verso Nord e quote degradanti da 90 m s.l.m. a 15 m s.l.m.

La morfologia si configura quindi come una superficie strutturale, correlata all'affioramento di una formazione sabbioso-calcarenitica con giacitura debolmente inclinata e immergente verso la costa. Dalla piana emergono solo alcuni collinari di scarsa estensione, come Mont.la Stancampiano e Mont.la Barbagallo legati all'affioramento del substrato locale costituito da termini lapidei calcarei, calcareo-dolomitici e dolomitici mesozoici-terziari.

SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

L'area pianeggiante è incisa dal corso del F. Eleuterio, che nell'area assume il nome di Fiume di Ficarazzi, che scorre con andamento meandriforme e corso incassato, a NO del tracciato, assumendo direzione NE-SO. La valle ha un tipico profilo a fondo piatto e, sulle scarpate delimitanti la valle, affiorano le testate degli strati calcarenitici.

Correlata alla debole pendenza ed al favorevole affioramento delle calcareniti è la generale stabilità morfologica dell'area.

Dalla progr. 1+980 il tracciato attraversa in galleria il rilievo dolomitico di Pizzo Cannita. Pizzo Cannita si eleva alla quota di 208 m s.l.m. ed è delimitato da ripide scarpate sub verticali ed in particolare sui fronti settentrionali e meridionali del rilievo. Le forme del rilievo sono fortemente legate alla tettonica; Pizzo Cannita costituisce infatti, dal punto di vista strutturale, una scaglia tettonica sud-est vergente con sovrapposizione, per faglia inversa, di breccie dolomitiche di colore bianco grigiastro vacuolari e fratturate, ascrivibili alla Formazione Fanusi del Lias inferiore, su argilliti ed argille marnose grigie, ascrivibili al Membro di Portella Colla della Fm. del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) dell'Oligocene superiore – Miocene inferiore. Il sovrascorrimento si sviluppa in direzione circa ONO –ESE e le dolomie della Fm. Fanusi sono deformate a costituire una struttura anticlinale di rampa.

I ripidi versanti del rilievo sono ricoperti da detrito di falda litologicamente costituito da detrito a grana eterometrica di natura prevalentemente carbonatica, in matrice limosa e sabbia, permeato da falda acquifera.

Si rilevano inoltre forme carsiche interessanti l'ammasso roccioso; queste verranno descritte in apposito paragrafo.

La seconda parte del tracciato, superato in galleria il rilievo di Pizzo Cannita, si sviluppa lungo il tratto mediano della valle del Fiume Eleuterio ed è inserita tra i rilievi carbonatici mesozoici di Monte Mastro Nardo e Rocca di Ciavole ad Ovest e le aree di affioramento del Flysch Numidico ad Est, lungo il versante occidentale di Monte Porcara.

La morfologia dell'area è controllata dalla tettonica: il corso dell'Eleuterio, con sviluppo meandriforme, occupa una valle a fondo piatto, impostata su un graben.

In particolare, l'assetto strutturale dell'area di studio è composto da due zone di alto strutturale (rappresentate dalle Unità del Dominio Imerese) separate dalla depressione strutturale del Fiume Eleuterio, colmata dai terreni del Flysch Numidico e riconosciuta in



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

sottosuolo attraverso l'interpretazione di una linea sismica a riflessione eseguita a cavallo dei Fogli 595 e 608.

L'alto strutturale ad ovest del Fiume Eleuterio coincide con il gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno mentre, ad est del "lineamento Eleuterio", si riconoscono gli alti strutturali di Monte Catalfano, Monte Lanzirotti e Cozzo Bizzolelli.

Il tracciato corre a valle degli abitati di Villabate e Misilmeri ed insiste sul versante sinistro del Fiume Eleuterio, per poi svilupparsi nella ampia depressione valliva del Fiume intersecando lo stesso in corrispondenza di uno dei suoi meandri in località Mulino Don Cola.

Il versante sinistro, impostato su terreni argillosi, mostra profilo irregolare ed è interessato da diversi dissesti per instabilizzazione della coltre colluviale ed alterata e per il richiamo al piede del corso dell'Eleuterio.

Qui il tracciato passa nel versante destro della F. Eleuterio e, dopo avere interessato il rilievo collinare di Cozzo Don Cola, torna a svilupparsi nell'ampia valle dell'Eleuterio.

La valle dell'Eleuterio in questo settore diventa più ampia, assumendo una forma spiccatamente rombica, probabilmente originata a seguito del colmamento di un bacino strutturale secondario, collegata alla deformazione indotta dalla fagliazione trascorrente sinistra dell'Eleuterio.

#### **4.2 Forme dovute alle acque superficiali**

Il tracciato di progetto insiste sui bacini idrografici del F. Eleuterio e del F. Mulinazzo-Milicia. Il bacino imbrifero del F. Eleuterio ha la forma di un poligono irregolare allungato in senso N-S ed occupa complessivamente una superficie di circa 203 Km<sup>2</sup>. È delimitato ad Ovest dal bacino imbrifero del F. Oreto ed a Est dal bacino del F. Milicia.

Il Fiume Eleuterio, che rappresenta il corso d'acqua principale, si sviluppa con direttrice SSW – NNE. Esso sfocia a mare in corrispondenza del Comune di Ficarazzi, in C.da La Foggiara. Lo spartiacque è individuato, procedendo dalla foce in senso antiorario, dal massiccio carbonatico di Mastro Nardo, detto anche Montagna grande, dai rilievi di Monte Grifone, Portella di Palermo, Serri di Rebuttone, Portella della Paglia, il paese di S. Cristina Gela, Cozzo Turdiepi, Cozzo S. Agata (M. Leardo - M. Rossella), a sud-ovest. Nella zona più a Sud del territorio sotteso al bacino, si individua il massiccio carbonatico della Rocca Busambra che, con i suoi 1614 m. s.l.m., è anche il punto a quota maggiore del bacino idrografico del F. Eleuterio.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Risalendo verso Nord, lo spartiacque superficiale è individuato dai rilievi di Portella Gramigna, Rocca di Corvo, Cozzo Bilco, Cozzo Cucciddu, Cozzo Quattro Finaite, Portella Gorgazzo, Monte Balatelle, Cozzo Guardiola, Cozzo Scozzari, Cozzo Coda di Volpe, Monte Dagariato, Pizzo Cicero, Portella dell'Accia, Monte Giancaldo e Monte Porcara.

Il Fiume Eleuterio, con uno sviluppo complessivo dell'asta principale di circa 30 Km, ha un andamento abbastanza regolare, con direzione prevalente SSW-NNE.

Gli affluenti principali sono il Torrente Landro-Rigano, che ha origine dai rilievi che circondano il paese di Belmonte Mezzagno ( M. Grifone, P.zzo Neviera, Pizzo Cervo, Cozzo Pomara e M. Frumento), ha come affluenti, in sinistra idrografica, i torrenti Casale e Pantaleo. Esso si sviluppa, nella parte iniziale, con andamento rettilineo e senza grosse evidenze erosive; nella parte mediana, in corrispondenza del Monte Frumento, si incassa fra le rocce carbonatiche circostanti, acquista una maggiore pendenza di alveo ed assume un andamento sinuoso. Il T.te Landro – Rigano si congiunge con l' asta principale del F. Eleuterio in prossimità del centro abitato di Misilmeri.

il T.te Marvotta – Acqua di Masi, suoi tributari di sinistra che drenano l'area occidentale del bacino imbrifero, confluendo nell'asta principale nel tratto mediano del bacino, il primo poco a Sud del centro abitato di Misilmeri ed il secondo nei pressi del paese di Marineo.

Ai corsi d'acqua citati si aggiunge una rete idrografica minore data da torrenti e fossi che si articolano con un pattern di tipo dendritico .

In particolare i principali corsi d'acqua interessati dal tracciato stradale sono , da Nord verso Sud, i seguenti: il vallone Sant'Antonio, il vallone Rigano, il vallone Coda di Volpe e il fiume Milicia.

Il fiume Eleuterio e il fiume Milicia vista la loro estensione intersecano in più punti l'asse viario.

I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti o esigui per i principali e addirittura nulli per gli altri. L'asta principale si presenta a tratti incassata in profonde gole e, in altri casi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

In particolare il tracciato attraversa il corso dell'Eleuterio tra le progr.1+564 e 1+989 ; qui il fiume presenta sviluppo meandri forme ed occupa una valle a fondo piatto, profondamente

SS 121 "Catane"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

incisa, con un dislivello di circa 40 m rispetto alle sponde destra e sinistra e delimitata da ripide pareti su cui affiorano differenti formazioni geologiche.

Il corso attuale del Fiume è in approfondimento e si rileva, come confermato dalla consultazione delle cartografie di rischio del PAI, la possibilità di esondazioni.

Altro attraversamento dell'Eleuterio si rileva tra le progr. 8+672 e 9+052; anche qui il corso del fiume presenta andamento meandri forme e corre incassata nell'ampio materasso alluvionale; il corso attuale del Fiume è in approfondimento e si rileva, come confermato dalla consultazione delle cartografie di rischio del PAI, la possibilità di esondazioni.


Il tracciato di progetto alla progr. 7+420 interseca il corso del Vallone San'Antonio che defluisce dalle aree a monte dell'abitato di Misilmeri e che si innesta sul corso dell'Eleuterio in sx idraulica. Il corso del vallone scorre incassato nel materasso alluvionale dell'Eleuterio e il suo deflusso è stato costretto, dalle sistemazioni agricole, in un canale poco esteso. Si rileva la possibilità di esondazioni, in concomitanza di precipitazioni di maggiori intensità.

Alla progr. 8+140 il tracciato di progetto interseca il corso del Vallone Rigano che defluisce dalle aree a Sud dell'abitato di Misilmeri e che si innesta sul corso dell'Eleuterio in sx idraulica. Il corso del vallone scorre incassato nel materasso alluvionale dell'Eleuterio. Si rileva la possibilità di esondazioni, in concomitanza di precipitazioni di maggiori intensità.

Alla progr. 12+095 il tracciato di progetto interseca il corso del Vallone Coda di Volpe che defluisce dalle aree dell'omonimo Cozzo e che si innesta sul corso dell'Eleuterio in dx idraulica. Il corso del vallone scorre incassato nel materasso alluvionale dell'Eleuterio. Si rileva la possibilità di esondazioni, in particolare nell'area di innesto dove i dissesti del versante restringono il corso.

Nella parte terminale il tracciato di progetto interseca il corso del F.Milicia. Il bacino idrografico del Fiume Milicia si estende per circa 127 Km<sup>2</sup> e ricade interamente nel territorio provinciale di Palermo.

Geograficamente il bacino si sviluppa tra la dorsale di Monte Cane (a est) e i centri abitati di Godrano (a sud), Bolognetta (a ovest) e Casteldaccia (a nord); dal punto di vista idrografico, invece, esso confina ad est con l'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Milicia e il bacino del Fiume San Leonardo, a sud-est e a sud con il bacino del Fiume San Leonardo, a

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

ovest con l'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Milicia e il bacino del Fiume Eleuterio e a sud-ovest, infine, con il bacino idrografico di quest'ultimo corso d'acqua.

A partire dalla foce la linea spartiacque che delimita il bacino in esame si sviluppa ad oriente lungo il perimetro orientale dell'abitato di Altavilla Milicia e prosegue per le vette di M. Cicio, Pizzo Savochetto, Pizzo Cane, Pizzo Montalbano e Pizzo della Trigna; sempre ad oriente, la displuviale prosegue ancora lungo Portella di Ventimiglia e Cozzo San Filippello.

A sud, procedendo da est verso ovest, lo spartiacque si sviluppa lungo la dorsale delle Serre di Capezzagna e prosegue per Pizzo Avvoltoio e Cozzo di Ferro, fino a curvare in corrispondenza delle pendici nord-orientali di Torre del Bosco.

Ad occidente, invece, la linea spartiacque attraversa Cozzo Quattro Finaite, Portella Borgazzo, Monte Balatelle e il centro abitato di Bolognetta, proseguendo per Cozzo Scozzari e Monte Dagariato e formando una cuspidale in corrispondenza di Portella dell'Acqua.

Lo spartiacque procede ancora a nord per Cozzo Brogna e si sviluppa più o meno ortogonalmente alla costa fino a chiudere, infine, in corrispondenza della foce, localizzata a pochi chilometri di distanza dagli abitati di Altavilla Milicia e Casteldaccia.

La forma del bacino idrografico del F. Milicia è sub-circolare, con una pronunziata appendice settentrionale che si estende in direzione N-NE dalla foce verso la zona montana. Il bacino raggiunge la sua massima ampiezza nel settore meridionale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce progressivamente, fino a qualche centinaio di metri in corrispondenza della foce.

Alle progr. 14+640, 15+420 e 15+860 il tracciato di progetto interseca il corso del F. Mulinazzo - F. Milicia che attraversa in viadotto; il corso assume andamento meandiforme e scorre incassato in una valle a fondo piatto, re incidendo i suoi depositi alluvionali.; il corso attuale del Fiume è in approfondimento e si rileva la possibilità di esondazioni in concomitanza di eventi piovosi di maggiore intensità.

### **Pericolosità idraulica**

Per quanto riguarda lo studio di pericolosità idraulica che potrebbe interessare il tracciato in esame sono stati ricercati i dati della cartografia ufficiale PAI, in particolare le cartografie relative al Bacino idrografico del Fiume Eleuterio e area tra i bacini del F. Eleuterio e del F. Oreto elencate di seguito:

- N°04. Carta dell'area inondabile per manovre delle opere di scarico e ipotetico collasso dello sbarramento dell'invaso Scanzano.
- N°07. Carta dell'area di esondazione per manovre delle opere di scarico e per collasso dell'invaso Scanzano.
- N°10. Carta dell'area inondabile per manovre delle opere di scarico e ipotetico collasso dello sbarramento dell'invaso Scanzano.

Dalle cartografie è emerso che il tracciato attraversa una zona con pericolosità idraulica elevata P3, in corrispondenza dell'attraversamento del viadotto VI02SD\_ELEUT-1 (figura 4-1).

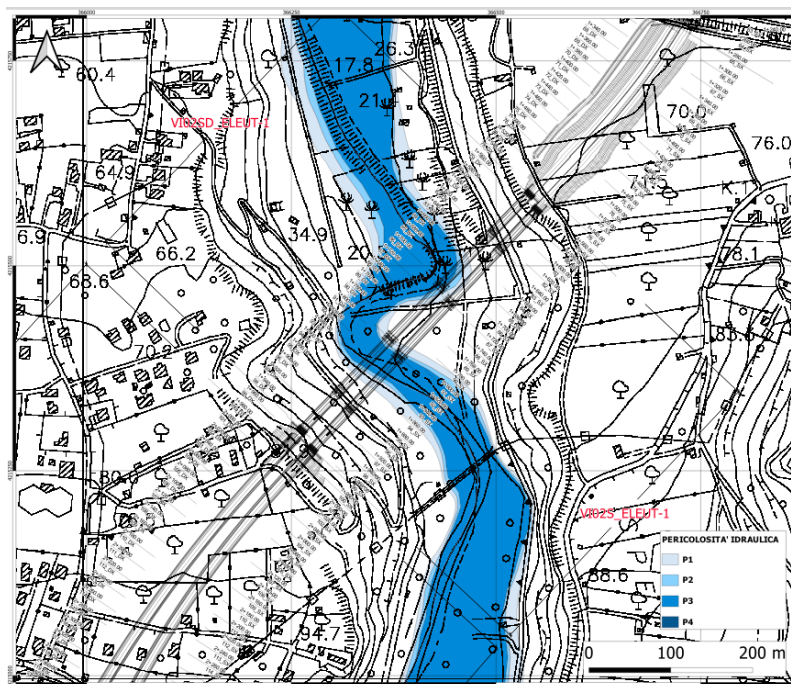


Figure 4-1: Carta di pericolosità idraulica che rappresenta il viadotto VI02SD\_ELEUT-1

Il tracciato lambisce una zona a pericolosità P2 in corrispondenza del viadotto VI06S\_PALMERINO (4-2).



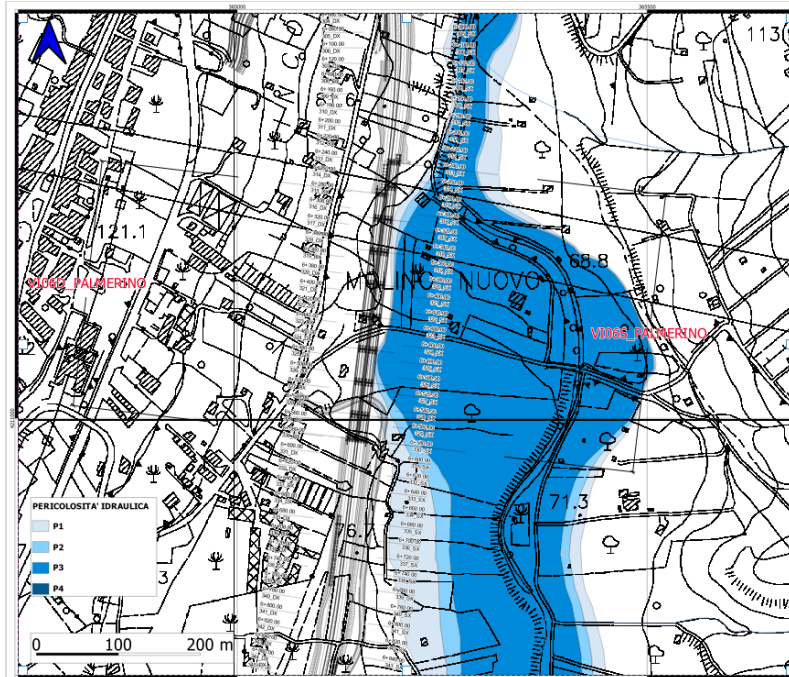


Figure 4-2: Carta di pericolosità idraulica che rappresenta il viadotto VI06S\_PALMERINO

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### 4.3 Forme dovute alla gravità

La presenza estesa nell'area in studio di successioni deformate, a dominanza argilloso-marnosa e pelitico-arenacea unitamente alla pendenza dei versanti, sebbene non elevata, delle sponde dell'Eleuterio e del Milicia, determina la presenza di molteplici e localizzati dissesti per frana. Lungo il tracciato di progetto sono presenti principalmente corpi di frana per colamento e subordinatamente per scorrimento, traslativi e/o rotazionali, per crollo e/o ribaltamento.


La specificità della zona, soggetta a fenomeni deformativi ha reso necessaria una specifica e dettagliata analisi del contesto geologico-geomorfologico, e dei dissesti geomorfologici interessanti l'area con individuazione di tutte le forme di dissesto, sia attive, che quiescenti che potenziali interessanti i versanti su cui insiste il tracciato di progetto, al fine di progettare gli opportuni rimedi.

Verranno descritti di seguito i dissesti rilevati, base necessaria per la valutazione dell'interazione opera-dissesto.

L'individuazione delle aree in frana è stata inizialmente basata sull'analisi di immagini telerilevate tratte da Google Earth. A tale primo rilievo è seguito un successivo riconoscimento sul terreno, condotto tramite il rilievo delle evidenze geomorfologiche ed in particolare di tutti quegli elementi quali gradini, ondulazioni, fratture, coperture detritiche, incisioni, rotture di pendio associate contropendenze, versanti concavo-convessi, disordine nel reticolo di drenaggio, superfici di rottura, accumuli di materiale alla base dei versanti, deviazioni localizzate dell'andamento dei corsi d'acqua, che potessero denotare la presenza di dissesti morfologici.

Di particolare importanza si è dimostrato il rilievo delle evidenze di disturbo subito da strutture o infrastrutture (muri, drenaggi, tubature, manto stradale, ecc.) quali lesioni murarie, rotazione di mura, deformazioni su strutture di contenimento, inclinazione di pali o alberature, che ha consentito il riconoscimento dei fenomeni anche in aree urbanizzate e in assenza di dati oggettivi.

L'analisi in ambiente GIS del modello altimetrico digitale (DTM) disponibile per l'area, ha consentito una analisi più accurata della distribuzione delle pendenze e dell'esposizione dei versanti. Al fine di ricostruire l'assetto morfologico dell'area in studio e delle sue linee evolutive è stato ricostruito un modello digitale del terreno (cella 2 m x 2 m) vincolato a terra a seguito di attenti sopralluoghi.

SS 121 "Cataneŝe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

A supporto dei rilievi eseguiti sul campo, la base dati è stata implementata con la serie di dati disponibili nelle cartografie ufficiali dei Cataloghi/Archivi di catalogazione ed in particolare :

- ❑ Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000:
- ❑ Progetto di Cartografia Geologica nazionale (Car.G): Foglio n°595 "Palermo" e Foglio n°608 "Caccamo";
- ❑ Piano Territoriale Provinciale della Provincia di Palermo;
- ❑ Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Siciliana (Art. 67 del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 e ss. mm. ii.);
- ❑ Progetto dell'Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI) della Regione Siciliana, realizzato dall'Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Geologia e Geodesia, in Convenzione con la Regione Siciliana;

È stata quindi operata una classificazione di tutti i fenomeni franosi rilevati, in funzione sia dello stato di attività che della tipologia.

Sono stati considerati, in coerenza con la classificazione adottata per il PAI :

**Attivi:** quei fenomeni franosi con chiare evidenze di movimento al momento del rilevamento


**Inattivi:** quei fenomeni franosi con evidenze di movimento ultimo prima dell'ultimo ciclo stagionale;

**Quiescenti:** quei fenomeni franosi non esauriti di cui si hanno notizie storiche o riconosciuti solo in base ad evidenze geomorfologiche;

**Stabilizzati:** quei fenomeni franosi che si sono esauriti naturalmente o protetti dalle cause originali con interventi di sistemazione;

Per semplicità di descrizione, nei settori in cui il tracciato prevede due assi, destro (DX) e sinistro (SX), si farà riferimento all'ubicazione dei dissesti nel solo tracciato SX.

La perimetrazione è ovviamente riportata nella cartografia geomorfologica allegata allo studio geologico.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

#### 4.4 Interferometria SAR

A completamento delle indagini sopra indicate, per definire il comportamento deformativo dei versanti interessati dal tracciato di progetto, è stata effettuata un'analisi delle misure dei movimenti del terreno ottenute mediante interferometria SAR (Synthetic Aperture Radar) satellitare.


Le tecniche di telerilevamento applicate al monitoraggio geotecnico possono essere considerate un valido supporto ai tradizionali metodi di rilievo in superficie e a quelli mediante strumentazioni di misura in situ. Rispetto ai più noti sistemi ottici operano con continuità, in qualsiasi condizione atmosferica e indipendentemente di giorno e di notte. La disponibilità di un archivio storico di dati consente inoltre di eseguire analisi a posteriori circa l'evoluzione spazio-temporale dei fenomeni oggetto di studio.

I sistemi radar satellitari forniscono immagini elettromagnetiche (a frequenze comprese tra 500MHz e 10GHz) della superficie terrestre con risoluzione spaziale di qualche metro. Il principio di funzionamento RADAR (acronimo di RAdio Detection And Ranging) è il seguente: un apparecchio trasmittente illumina lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica, che incidendo sulla superficie terrestre subisce un fenomeno di riflessione disordinata (diffusione, scattering). Una parte del campo diffuso torna verso la stazione trasmittente, equipaggiata anche per la ricezione, dove vengono misurate le sue caratteristiche.

Il SAR (Synthetic Aperture Radar) è un sensore attivo posto su una piattaforma in movimento, costituito da un'antenna trasmittente/ricevente che invia sulla superficie terrestre impulsi elettromagnetici nel campo delle microonde e ne registra i ritorni. Mediante tale tecnologia, ed in particolare attraverso l'implementazione di specifici algoritmi di processamento (interferometria) delle immagini acquisite, è possibile stimare spostamenti del suolo avvenuti durante le fasi di osservazione di uno specifico sito.

Il dispositivo è in grado di individuare il bersaglio elettromagnetico (detecting) e, misurando il ritardo temporale tra l'istante di trasmissione e quello di ricezione, valutare la distanza (ranging) a cui è posizionato, localizzandolo in modo preciso lungo la direzione di puntamento dell'antenna (direzione di range).

E' possibile, con tale metodologia, seguire l'evoluzione temporale della deformazione osservata durante tutto il periodo di tempo esaminato. Tali tecniche, denominate Advanced DInSAR Techniques, lavorando a piena risoluzione spaziale (circa 3-10 m), consentono di

SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

rilevare fenomeni deformativi anche molto ridotti spazialmente. In particolare, l'Interferometria Differenziale consente di misurare le deformazioni della superficie terrestre, proiettate lungo la linea di vista del sensore (Line of Sight - LoS), calcolando la differenza di fase (interferogramma) tra due differenti immagini SAR relative all'area analizzata, acquisite in istanti di tempo (baseline temporale) e da posizioni orbitali (baseline spaziale) diverse.

La misura di spostamento dell'oggetto in esame deriva dall'informazione di variazione di fase, misurata dal sensore radar nei vari momenti di acquisizione. Tale tecnologia è in grado di assicurare una buona copertura sia spaziale che temporale (acquisizioni ogni 8-16 giorni nel caso dei sensori SAR di ultima generazione montati sulla costellazione di satelliti COSMO-SkyMed dell'Agenzia Spaziale Italiana) dell'area di studio, a costi ridotti se rapportati al numero di punti monitorabili.

Essa, inoltre, fornisce una misura delle deformazioni del suolo (avvicinamento o allontanamento dal sensore) su ampie zone di territorio (fino 10.000 Km<sup>2</sup> in funzione delle costellazioni satellitari e della risoluzione dell'immagine), con una precisione dell'ordine di frazioni della lunghezza d'onda utilizzata, cioè dell'ordine del millimetro. La tecnica si basa sull'individuazione dei cosiddetti Persistent Scatterers (PS), rappresentati da riflettori naturali (edifici, infrastrutture, rocce ecc.) o artificiali (corner reflector) presenti nell'area investigata.

I prodotti derivanti dal monitoraggio interferometrico sono: mappe del tasso di deformazione (velocità media calcolata lungo la congiungente sensore-bersaglio "LoS") e dello spostamento cumulato (sempre lungo la LoS) e serie temporali degli spostamenti (lungo la LoS).

Per il monitoraggio interferometrico eseguito sono stati utilizzati i seguenti dataset:

- **Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE)**

Il **CDSE** offre un accesso immediato a grandi quantità di dati di osservazione della Terra aperti e gratuiti provenienti dai satelliti Sentinel di Copernicus, incluse sia nuove che storiche immagini dei Sentinel, così come dei Copernicus.

I dati vengono forniti in maniera nativa senza nessuna elaborazione per essere plasmati e rielaborati in funzione delle necessità dell'utente.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- **European Ground Motion Service (EGMS)**

L'EGMS è stato creato in risposta alle esigenze degli utenti espresse nel Forum degli Utenti di Copernicus. Questo prodotto rappresenta il massimo della tecnologia di rilevamento remoto basata sullo spazio, utilizzando dati di Interferometria Radar a Apertura Sintetica (InSAR) derivati dal Sentinel-1 per rilevare e misurare i movimenti del suolo in tutta Europa con precisione millimetrica.

L'approccio utilizzato ha mirato a confermare o rielaborare i dissesti riconosciuti dal rilievo di campo, soprattutto per quanto concerne i dissesti con dinamiche lente e particolari come ad esempio i due dissesti riconosciuti e censiti dal PAI nell'area del centro abitato di Misilmeri (dissesto con sigla 037-6MI-012, classificato come una frana per deformazione superficiale lenta, e dissest con sigla 037-6MI-006 , classificato come una frana per scorrimento attiva), e il dissesto censito dalla cartografia geologica CARG, nell'area della ex cava di pietra Cerniglia, classificato come un fenomeno di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DPGV).

E' stata preliminarmente effettuata un'analisi dell'archivio storico delle immagini satellitari di Google Earth negli anni compresi 2018 e il 2022; da tale analisi è emerso che buona parte dei dissesti nell'area di studio mostrava segni di attivazione con massimi di deformazione nel mese di ottobre di ogni anno, generalmente uno dei mesi più piovosi.

Tramite il portale **CDSE** è stato quindi possibile ottenere i dati raster annuali e mensili dell'area di studio per l'intervallo compreso tra il 2018 e 2022, ponendo particolare attenzione maggiore nel confronto delle deformazioni nel mese di ottobre di ogni singolo anno.

Il portale **EGMS**, al contrario del CDSE, non permette la discretizzazione mensile dei dati; pertanto da questo si sono ottenuti dei raster con i valori di spostamento, verticale e orizzontale, annuali. Essendo dati mediati su base annua risentono poco delle condizioni meteo.

I dati raster sono stati rielaborati, riclassificati e sommati in ambiente GIS ottenendo un singolo raster che esprimesse la risultante degli spostamenti verticali e orizzontali, riportando i valori di spostamento (mm/anno) in valore assoluto.

L'elaborazione dei dati ha portato alla produzione dei seguenti prodotti :

- 1) Immagine raster proveniente dal dataset **CDSE** che riporta i valori di spostamento, espressi in valore assoluto, relativi al mese di ottobre di ogni anno dell'arco temporale di riferimento (2018-2022);

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- 2) Immagine raster proveniente dal dataset **EGMS** che riporta i valori di spostamento, espressi in valore assoluto annuali relativi all'arco temporale di riferimento (2018-2022).

L'elaborazione dei dati provenienti dal dataset **CDSE** mostrano che la velocità di spostamento degli Scattered Points varia da 0,5 mm/anno a 3 mm/anno, confermando in corrispondenza delle maggiori piovosità.

Dall'analisi comparativa con le immagini del servizio EGMS, si rileva una concordanza dei dati con l'elaborazione effettuata.

**In definitiva i fenomeni di dissesto osservati sul campo trovano riscontro nei dati interferometrici, identificando variazioni nella velocità di spostamento che vanno da 0,5 mm/anno a 20 mm/anno nel periodo di cinque anni compresi tra il 2018 ed il 2022.**

Di seguito vengono riportati per esempio i confronti tra l'elaborazione dei dati interferometrici proveniente dal dataset **EGMS** e quelli proveniente dal dataset **CDSE** riguardanti i dissesti prossimi all'abitato di Misilmeri e nell' ex cava di pietra Cerniglia.

Per ulteriori approfondimenti dei dati interferometrici degli altri dissesti si rimanda agli elaborati T00GE00GEOSD01-02 "Scheda dissesti CARG" e T00GE00GEOSD03-04 "Scheda dissesti riconosciuti".

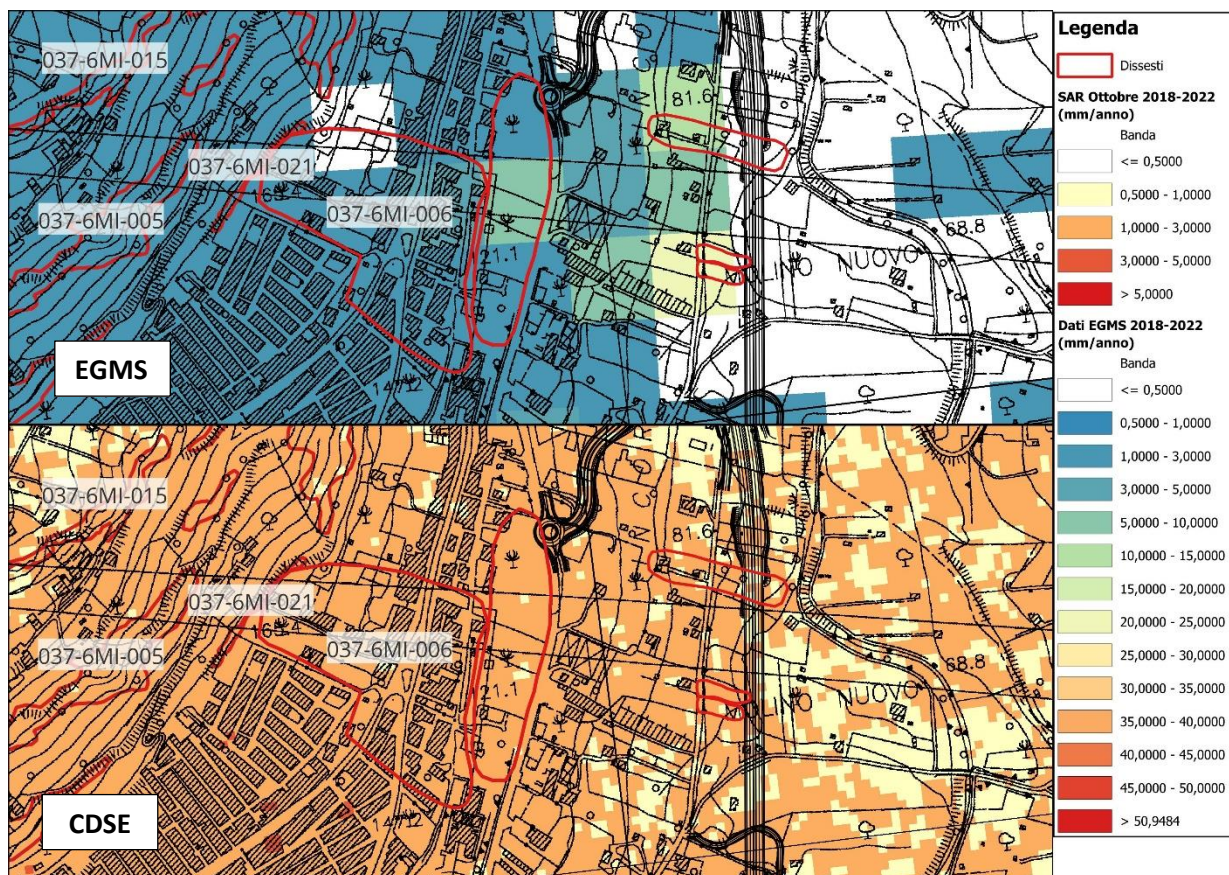


Figura 4-3 – Confronto interferometrie delle frane censite dal PAI nel Centro abitato di Misilmeri.

Dalla Figura 4-3 si evince una congruenza di dati tra i dati SAR del CDSE e dell' EGMS. L'unica discrepanza si rileva in merito al dissesto PAI codificato 037-6MI-006 dove si riscontrano, nel raster EGMS, delle velocità molto elevate, sino a 26 mm/anno, giustificato dai dissesti riconosciuti e interfenti col tracciato codificati con codice D29, D29bis e D29ter, di cui verranno esplicitate le caratteristiche nel paragrafo successivo.



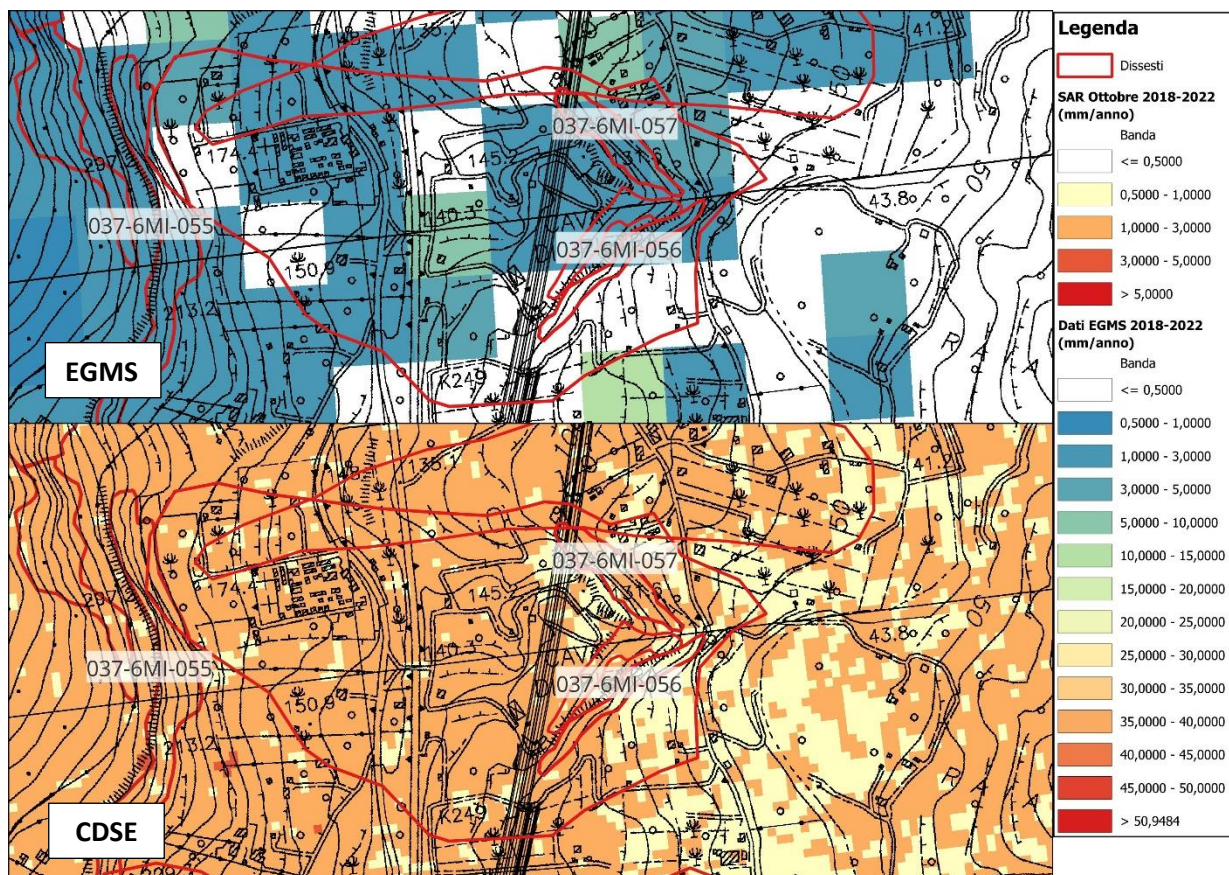


Figura 4-4 - Confronto interferometrie del DPGV censito dal CARG in corrispondenza della ex cava di pietra Cerniglia.

Dalla Figura 4- si evince una certa congruenza di dati tra i dati SAR del CDSE e dell' EGM. Entrambi presentano una velocità costante nel suo complesso (0,5 mm/anno e 1,5 mm/anno) tranne che per una piccola anomalia riscontrata all'interno del raster EGMS che presenta un pixel con valore di velocità pari a 5mm/anno. Tali range di velocità appaiono concordi con la tipologia di dissesto indicato dalla cartografia CARG.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

#### 4.5 Dissesti interferenti e in prossimità del tracciato

Nella tabella seguente sono sintetizzati i dissesti rilevati, attribuendo ad ognuno di essi una sigla progressiva lungo il tracciato .

N DISSESTO	NOME	TIPO	ARCHIVIO	PROGRESS. INI	PROGRESS. FIN.	INTERSEZIONE TRACCIATO
D_01	D_P_01 (037-6MI-027)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_02	D_P_02 (037-6MI-028)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_03	D_R_01	Crollo	RILEVATA	1+540 DX - 1+560SX	1+560 DX - 1+580 SX	SI
D_04	D_P_03 (037-6MI-029)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_05	D_P_04 (037_6MI_030)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_06	D_R_04	Colamento	RILEVATA	1+720 DX	1+820 DX	IN PROSSIMITA'
D_07	D_R_05	Scorrimento	RILEVATA	1+900 DX - 1+860 SX	1+980 DX - 1+920 SX	SI
D_08	D_R_06	Scorrimento	RILEVATA	1+940 SX	2+000 SX	SI
D_09	D_P_05 (037_6MI_031)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_10	D_P_06 (037_6MI_032)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_11	D_P_07 (037_6MI_035)	Crollo	PAI	X	X	NO (GALLERIA)
D_12	D_P_08 (038-6MI-004)	Crollo	PAI	X	X	NO (GALLERIA)
D_13	D_P_09 (038-6MI-005)	Crollo	PAI	X	X	NO (GALLERIA)
D_14	D_P_10 (037-6MI-036)	Crollo	PAI	X	X	NO (GALLERIA)
D_15	D_P_11 (037-6MI-037)	Crollo	PAI	X	X	NO (GALLERIA)
D_16	D_P_12 (037-6MI-039)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_17	D_R_09	Franosità diffusa	RILEVATA	3+040 DX - 3+080 SX	3+820 DX - 3+820 SX	SI
D_18	D_P_13 (037-6MI-040)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_19	D_P_14 (037-6MI-041)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_20	D_R_10	Frana complessa	RILEVATA	4+220 DX - 4+220 SX	4+380 DX - 4+360 SX	SI
D_21	D_C_02	Espansione laterale	CARG	4+340 DX - 4+340 SX	4+740 DX - 4+740 DX	SI
D_22	D_P_15 (037-6MI-057)	Crollo	PAI	4+360 DX - 4+360 SX	4+380 DX - 4+400 SX	SI
D_25	D_R_11	Crollo	RILEVATA	X	X	NO
D_26	D_P_16 (037-6MI-056)	Crollo	PAI	X	X	NO
D_27	D_C_05	Franosità diffusa	CARG	4+820 DX - 4+820 SX	4+980 DX - 4+980 SX	SI
D_28	D_C_06	Franosità diffusa	CARG	X	X	NO
D_29	D_R_12	Colamento	RILEVATA	6+220 DX - 6+220 SX	6+260 DX - 6+260 SX	SI



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

D 29bis	D R 12bis	Scorrimento	RILEVATA	6+360 DX - 6+360 SX	6+380 DX - 6+380 SX	SI
D 29ter	D R 12ter	Scorrimento	RILEVATA	6+380 DX	6+400 DX	IN PROSSIMITA'
D 30	D_P_18 (037-6MI-012)	Soliflusso	PAI	X	X	NO
D 31	D_P_17 (037-6MI-006)	Scorrimento	PAI	X	X	NO
D 32	D_C_07	Franosità diffusa	CARG	9+080 DX - 9+140 SX	9+220 DX - 9+320 SX	SI
D 33	D_C_08	Franosità diffusa	CARG	X	X	NO
D 34	D_C_09	Franosità diffusa	CARG	10+440 SX	10+480 SX	IN PROSSIMITA'
D 35	D_C_10	Franosità diffusa	CARG	10+600 DX - 10+620 SX	10+920 DX - 10+960 SX	SI
D 36	D_P_19 (037-6MI-009)	Franosità diffusa	PAI	X	X	NO
D 37	D_P_20 (037-6BO-004)	Franosità diffusa	PAI	X	X	NO
D 38	D R 24	Franosità diffusa	RILEVATA	12+120 DX - 12+140 SX	12+300 DX - 12+360 SX	SI
D 39	D_P_21 (035-6BO-033)	Frana complessa	PAI	14+680	14+780	SI
D 40	D R 32	Scorrimento	RILEVATA	15+040	15+080	SI
D 41	D_P_22 (035-6BO-001)	Frana complessa	PAI	15+180	15+260	SI
D 42	D_P_23 (035-6BO-003)	Frana complessa	PAI	15+500	15+880	SI
D 43	D_C_14	Franosità diffusa	CARG	15+900	15+980	IN PROSSIMITA'
D 44	D_C_15	Franosità diffusa	CARG	16+120	16+220	IN PROSSIMITA'
D 45	D_P_24 (035-6VF-018)	Colamento	PAI	16+480	16+580	IN PROSSIMITA'
D 46	D R 33	Colamento	RILEVATA	16+520	16+580	IN PROSSIMITA'
D 47	D_C_16	Franosità diffusa	CARG	16+520	16+580	IN PROSSIMITA'

Tab 4.1: Tabella riassuntiva dei fenomeni di dissesto presenti lungo il tracciato

### **Dissesto D01**

Tale dissesto è censito nella cartografia PAI e codificato con il codice 037-6MI-027 (Figura 4-); si tratta di un fenomeno di crollo che si trova nella sponda sinistra del fiume Eleuterio, comune di Misilmeri, classificato come attivo, con un'area di 5.857,13 m<sup>2</sup>. Determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 7.968,48 m<sup>2</sup>, interessando aree agricole e determinando un valore di rischio elevato R3 in un'area di 6144,6 m<sup>2</sup>.

Il dissesto non interferisce con il tracciato ed è ubicato ad Ovest del tracciato a circa 450 m dall'asse destro dello stesso, in corrispondenza delle progressive 1+820 - 1+900. E' da escludere, per la distanza dal tracciato stesso, qualsiasi futura interferenza con lo stesso.



Figura4-5: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

### **Dissesto D02**


Dissesto censito nella cartografia PAI e codificato con il codice 037-6MI-028 ( Figura 4-); si tratta di un fenomeno di crollo che si trova nella sponda sinistra del fiume Eleuterio, comune di Misilmeri, classificato come attivo, con un'area di 5.857,13 m<sup>2</sup>. Determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 7.968,48 m<sup>2</sup>, interessando aree agricole e determinando un valore di rischio elevato R3 in un'area di 6144,6 m<sup>2</sup>.

Il dissesto non interferisce con il tracciato ed è ubicato ad Ovest del tracciato a circa 500 m dall'asse destro dello stesso, in corrispondenza delle progressive 1+820 - 1+900.



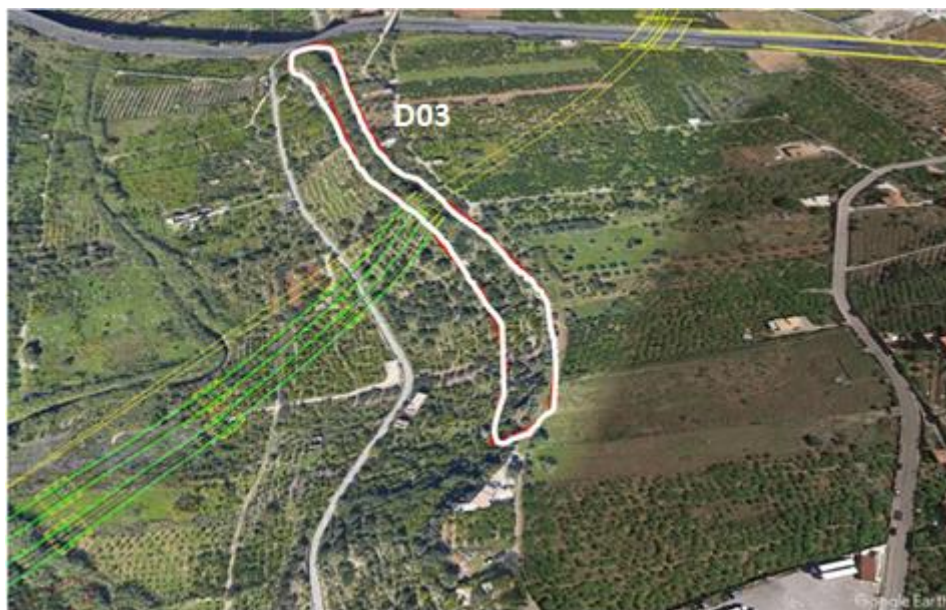
*Figura4-6: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

E' da escludere, per la distanza dal tracciato stesso, qualsiasi futura interferenza con lo stesso.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesto D03

Il dissesto è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Si estende dalla progressiva 1+540.00 alla progressiva 1+580.00, intersecando il tracciato in corrispondenza della spalla A del Viadotto Eleuterio 1 ( Figura 4-/8).

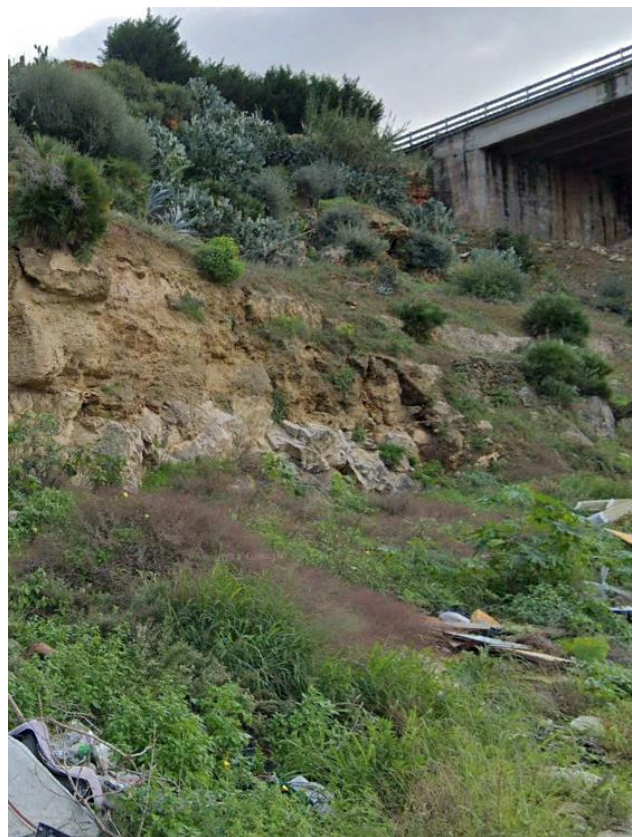


*Figura4-7: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto è classificabile con una frana di crollo ed è localizzato sulla scarpata sub verticale che costituisce la sponda destra del fiume Eleuterio, nel territorio del Comune di Misilmeri (PA). Il dissesto presenta in pianta una forma allungata, con estensione lineare di circa 480 m e dimensione trasversale di di circa 15 m.

È possibile riconoscere, sebbene la parete non sia accessibile per i rilievi geomeccanici, la presenza in affioramento di calcareniti organogene, a copertura trasgressiva di calcari biancastri, caratterizzate dall'intersecarsi dei piani di discontinuità di stratificazione sub orizzontali con piani di frattura sub verticali od inclinati variamente orientati. Tal sistemi di frattura originano blocchi di volume variabile tra pochi dm<sup>3</sup> e 1 m<sup>3</sup>, in condizioni di equilibrio precario. Sono presenti varie nicchie di distacco e si riconoscono blocchi ai piedi del versante.





*Figure 4-8:Panoramica e particolare della scarpata calcarenitica dalla progressiva 1+560.00 alla progressiva 1+640.00*

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dall'analisi interferometrica si evidenziano movimenti significativi nelle immagini relative all'ottobre 2018, mentre non si riscontrano movimenti nelle immagini relative al settembre del 2023 (vedi tavola T00GE00GEOSD03A).

#### **Dissesto D04**

Tale dissesto è censito nella cartografia PAI e codificato con il codice 037-6MI-029 ( Figura 4-); si tratta di un fenomeno di crollo ubicato nella sponda sinistra del fiume Eleuterio, in territorio di Misilimeri, in corrispondenza di un affioramento calcarenitico; il dissesto è classificato come attivo e si estende per un'area di 1.838,32 m<sup>2</sup>. Determina valore di pericolo molto elevato P4 ed interessa aree agricole utilizza E2.I Il dissesto non interseca direttamente il tracciato ma si trova nelle immediate prossimità, in particolare a circa 100 m a NO dall'asse destro del tracciato di progetto, che nell'area corre in rilevato, in corrispondenza delle progressive 1+520 -1+560. E' possibile escludere interferenza con i lavori progettati tenuto conto sia dell'orientamento della scarpata, con possibile rotolamento di blocchi di piccole dimensioni in direzione NE, lontano dal tracciato, sia che ai piedi del versante interessato dal dissesto si estende la piana alluvionale dell'Eleuterio, che permette l'accumulo di eventuali blocchi di piccole dimensioni che si distaccano dalla parete e considerato, in ultimo, che il tracciato corre nell'area in viadotto che si innalza dalla piana alluvionale.



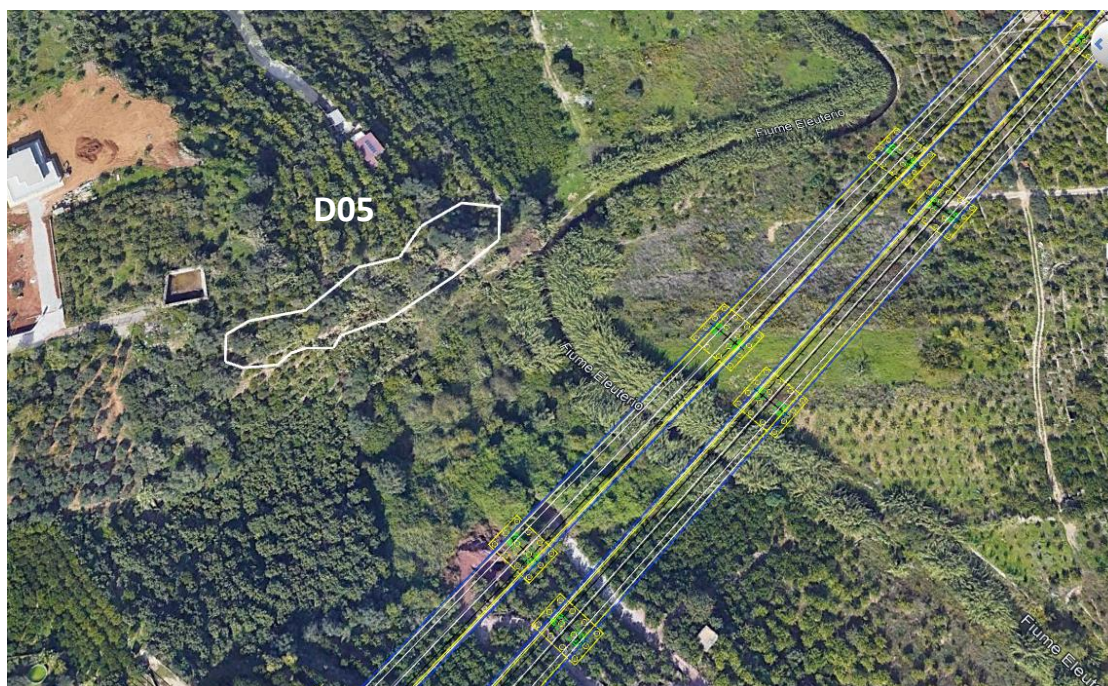
*Figura 4-9: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*




SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesto D05

Tale dissesto è censito nella cartografia PAI e codificato con il codice 037-6MI-030 ( Figura 4-); si tratta di un fenomeno di crollo ubicato nella sponda sinistra del fiume Eleuterio, in territorio di Mislimeri, in corrispondenza di un affioramento calcarenitico; il dissesto è classificato come attivo e si estende per un'area di 1.838,32 m<sup>2</sup>. Determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 6144,6 m<sup>2</sup>, interessa aree agricole utilizza E2 e determina valore di rischio elevato R3 in un'area di 6144,6 m<sup>2</sup>. Il dissesto non interseca direttamente il tracciato ma si trova nelle immediate prossimità, in particolare a circa 80 a NO m dall'asse destro del tracciato di progetto, che nell'area corre in rilevato, dalla progressiva 1+540 alla progressiva 1+560. E' possibile escludere interferenza con i lavori progettati tenuto conto che ai piedi del versante interessato dal dissesto si estende la piana alluvionale intensamente vegetata dell'Eleuterio, che permette l'arresto e l'accumulo di eventuali blocchi di piccole dimensioni che si distacchino dalla parete e considerato che il tracciato corre nell'area in viadotto che si innalza dalla piana alluvionale.



*Figura 4-10: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Dissesto D06**

Il dissesto è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Non interferisce direttamente con il tracciato e si estende parallelamente allo stesso all'altezza delle progressive 1+720.00 -1+820.00 ( Figura 4-/12)



*Figura4-11: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto, oggi stabilizzato per terrazzamento antropico della superficie, può essere ascritto ad una frana per colamento, interessante la coltre di copertura del versante; presenta una forma allungata in direzione NE-SO e senso di scorrimento verso NE lungo la direzione di massima pendenza, con lunghezza pari a circa 110 m e larghezza massima trasversale di circa 30 m.





Figura 4-12: Panoramica del versante nell'area del dissesto D06

L'assenza di segni di riattivazione, come confermato dalle analisi interferometriche e la cura della stabilità del versante e dei terrazzamenti permette di escludere qualsiasi interferenza futura con l'opera di progetto.

### **Dissesto D07**

Il dissesto è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Interferisce direttamente con il tracciato e si estende trasversalmente allo stesso all'altezza delle progressive 1+900.00 -1+980.00 ( Figura 4-/14)



Figura 4-13: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il dissesto, oggi stabilizzato per terrazzamento antropico della superficie, può essere ascritto ad una frana per colamento, interessante la coltre di copertura del versante; presenta una forma allungata in direzione ENE-OSO e senso di scorrimento verso E lungo la direzione di massima pendenza, con lunghezza pari a circa 180 m e larghezza massima trasversale di circa 50 m. L'analisi interferometrica SAR mostra valori apprezzabili di movimento esclusivamente nell'area del piede del dissesto a confine con il corso dell'Eleuterio nell'ottobre 2019, con spostamenti massimi di 1-2 mm/anno; nell'anno 2023 non si riconoscono movimenti di alcun tipo.



*Figura 4-14: Panoramica del versante nell'area del dissesto D07*

### **Dissesto D08**

Il dissesto è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Non interferisce direttamente con il tracciato e si estende parallelamente allo stesso all'altezza delle progressive 1+940.00 -2+000.00 ( Figura 4-/16)




SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



Figura 4-15: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.



Figura 4-16: Panoramica del versante nell'area del dissesto D07

Il dissesto, oggi stabilizzato per terrazzamento antropico della superficie, può essere ascritto ad una frana per colamento, interessante la coltre di copertura del versante; presenta una forma allungata in direzione NE-SO e senso di scorrimento verso NE lungo la direzione di massima pendenza, con lunghezza pari a circa 180 m e larghezza massima trasversale di circa 50 m. L'analisi interferometrica SAR mostra valori apprezzabili di movimento esclusivamente nell'area del piede del dissesto a confine con il corso dell'Eleuterio, sia nell'ottobre 2020 che nel

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

settembre 2023, con spostamenti massimi di 1-2 mm/anno. L'assenza di segni di riattivazione, come confermato dalle analisi interferometriche e la cura della stabilità del versante e dei terrazzamenti permette di escludere qualsiasi interferenza futura con l'opera di progetto.

### **Dissesti D09-D10**


Tale dissesti sono censiti nella cartografia PAI e codificato con i codici 037-6MI-031 e 037-6MI-032 ( Figura 4-); si tratta di fenomeni di crollo ubicati su un versante acclive nella sponda sinistra del fiume Eleuterio, in territorio di Misilimeri, in corrispondenza di un affioramento calcareo; i dissesti sono classificati come attivi e si estendono rispettivamente per un'area di 525,14 m<sup>2</sup> (D09) e di 330,14 m<sup>2</sup> (D10). Determinano un valore di pericolo molto elevato P4 in aree agricole E2 .



*Figura 4-17: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

I dissesti non intersecano direttamente il tracciato ma si trovano nelle immediate prossimità, in particolare a distanze variabili tra 60m e 80 m circa a SE dall'asse sinistro del tracciato di progetto, che nell'area corre in viadotto. E' possibile escludere interferenza con i lavori progettati tenuto conto sia dell'orientamento della scarpata, coincidente con una discontinuità tettonica, con possibile rotolamento di blocchi di piccole dimensioni in direzione NE, lontano dal tracciato, che della scarsa probabilità di estensione dell'area di distacco per variazione delle rocce affioranti in parete.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesti dell'area di Pizzo Cannita ( progr. 1+989.00 e la progr. 3+000.00)

In tale area è prevista la realizzazione della galleria GN01\_CANNITA con una lunghezza di 1110 m che attraversa in sottosuolo il rilievo di Pizzo Cannita. La copertura raggiunge, a metà dello sviluppo della galleria, il valore massimo di 110 m.

Il fianco occidentale del rilievo di Pizzo Cannita, sovrastante il fianco sinistro della valle del F. Eleuterio, è interessato da dissesti a carico delle coltri detritiche e degli affioramenti litoidi calcarei del rilievo.




Figura 4-18: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

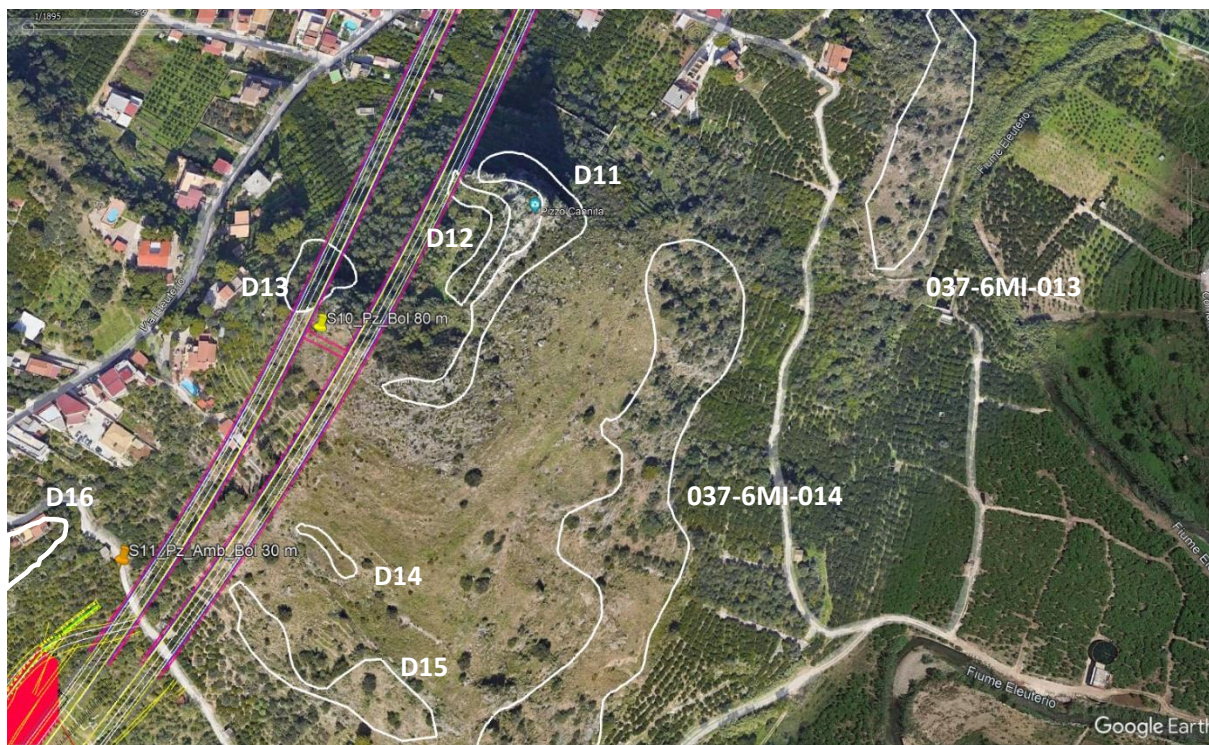
I dissesti sono tutti rilevati nelle cartografie del PAI e censiti, da Nord verso Sud, con i seguenti codici : 037-6MI-033, 037-6MI-034 ,037-6MI-013 , 037-6MI-014 e 037-6MI-038 . Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di crollo e tutti attivi ( Figura 4-).

I dissesti distano in pianta da 150 m a 250 m dalla canna sinistra della galleria Cannita ; per tale ragione e per la scarsa profondità delle superfici di distacco è possibile escludere interazioni con lo scavo della galleria.

Nell'area sommitale del rilievo di Pizzo Cannita sono stati rilevati 3 dissesti, in cartografia geomorfologica indicati con le sigle **D11**, **D12** e **D13**; tali dissesti sono tutti censiti nelle

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

cartografie del PAI, con i seguenti codici : 037-6MI-035 (D11), 037-6MI-004 (D12), ,037-6MI-005 (D13) ( Figura 4-) . Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di crollo e tutti attivi.



*Figura 4-19: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Per la scarsa profondità delle superfici di distacco e tenuto conto che sotto l'area della cima di Pizzo Cannita la copertura raggiunge il suo massimo spessore (110 m) è possibile escludere interazioni con lo scavo della galleria.

Nel versante meridionale del Pizzo Cannita si rileva la presenza di dissesti a carico della coltre detritica e di falda che ricopre il versante nell'area dell'imbocco Sud della galleria Cannita. Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di scivolamento e tutti attivi. in cartografia geomorfologica tali dissesti sono indicati con le sigle **D14, D15 e D16** ( Figura 4-); tali dissesti sono tutti censiti nelle cartografie del PAI, con i seguenti codici: 037-6MI-036 (D14), 037-6MI-037 (D15), 037-6MI-039 (D16) .

Sebbene nessuno dei dissesti rilevati interferisce con il tracciato della galleria e dell'imbocco meridionale della stessa; essi evidenziano una instabilità della detrito di falda nel versante, con superfici di scivolamento parallele al versante e con profondità pari allo spessore della coltre ( 1-5 m). Nell'area è stata eseguita la tomografia sismica LS5 che ha una lunghezza pari a 305

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 5-8m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione omogenea della Vp, con valori di circa 1300-1500 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, con tetto a partire da  $z = 50$  m, ma che si approfondisce fino a  $z = 40$  m nel centro della sezione, e  $V_p = 2000-2500$  m/s.

Di tale instabilità andrà tenuto conto nella realizzazione degli scavi di imbocco sud della galleria Cannita.

### **Dissesti D17-D18-D19**

L'area perimetrata e censita con la sigla D17, che interessa il tracciato dalla progressiva 3+110.00 alla progressiva 3+600.00 ( Figura 4-), è stata individuata come area a franosità superficiale diffusa attiva.

Tale area è ubicata su un versante in sinistra idrografica della valle dell'Eleuterio caratterizzato da basse pendenze (12-18%) e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) , ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 3 m.

Nella parte sommitale del versante, si rileva la presenza dei calcari della Formazione Fanusi (FUN) .

I rilievi effettuati non permettono di perimetrare singoli dissesti, ma sul versante si rilevano segni di un diffuso soliflusso.

I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale, permeata dalle acque provenienti dagli affioramenti calcarei presenti poco a monte.

In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, lesioni inclinate sui paramenti murari degli edifici residenziali e lesioni nei muri di contenimento ( Figura 4-). Dall'analisi interferometrica SAR si riscontra uno stato di attività che perdura dall'ottobre 2020 sino al settembre 2023 con movimentazioni registrate di 1-2 mm/anno. Lo spessore della coltre superficiale coinvolta nel dissesto varia tra 1m e 3m.





Figura 4-20: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.



Figura 4-21: Panoramica del versante nell'area del dissesto D17

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-22: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D17*

Al margine Nord dell'area sopra descritta si rileva la presenza di due dissesti ascrivibili al tipo per frana di crollo, a carico di due scarpate in roccia calcarea fratturata. I dissesti sono censiti nel PAI con le sigle 037-6MI-040 (D18) e 037-6MI-041 (D19). E' possibile escludere per tali dissesti, localizzati sulle scarpate calcaree lontane dal tracciato stradale, qualsiasi evoluzione che possa interessare il futuro tracciato di progetto.


### **Dissesto D20**

L'area perimetrata e censita con la sigla D20, che interessa il tracciato intersecandolo tra la progressiva 4+220 e la progressiva 4+360 ( Figura 4-),. è stata individuata come area interessata da un dissesto ascrivibile ad una frana complessa interessante i terreni della coltre superficiale. Il dissesto non è censito nelle cartografie del PAI.

Tale area è ubicata su un versante in sinistra idrografica della valle dell'Eleuterio caratterizzato da basse pendenze (12-15%) e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 3 m.

Nella parte sommitale del versante, si rileva la presenza dei calcari della Formazione Fanusi (FUN). I dissesti interessano la coltre superficiale, permeata dalle acque provenienti dagli affioramenti calcarei presenti poco a monte.



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il rilievo di campo condotto in C/da Feotto-Cannita ha permesso di rilevare come la strada interpodereale asfaltata esistente sia caratterizzata da frequenti lesioni e porzioni in stato di dissesto, confermate anche dalla presenza di un tratto con nuovo rifacimento del nastro stradale ( Figura 4-)., Frequenti sono anche le lesioni riscontrate nei muri di contenimento a bordo strada( Figura 4-)., Dall'immagine storica di Google Earth del 06/2018 è possibile osservare un colamento superficiale nella porzione mediana, indice di una riattivazione superficiale del dissesto. L'analisi interferometrica SAR mostra movimenti significativi nell'ottobre del 2020 e nel settembre del 2023, con movimentazioni massime registrate di 1 mm/anno (vedi tavola T00GE00GEOSD03A allegata).



*Figura 4-23: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*





Figura 4-23bis: particolare del dissesto D20 nell'area di corona



Figura 4-23tris : particolare del dissesto D20 nell'area di corona

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesti D21-D22-D23-D24-D25-D26

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D21, che contiene al suo interno i dissesti D22, D23, D24, D25 e D26, interessa il tracciato intersecandolo tra la progressiva 4+3420 e la progressiva 4+740 ( Figura 4-),.



*Figura 4-24: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Tale area è censita nel CARG Foglio 595 Palermo come area a franosità diffusa; la stessa è ubicata sul versante Est del rilievo di Masto Nardo (q. 645 m s.l.m.), che degrada dalla zona del cimitero di Misilmeri sino all'incisione del F. Eleuterio, (q. 13 m s.l.m.), sul suo fianco sinistro, su un versante caratterizzato da una pendenza media del 12-15% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 3 m.



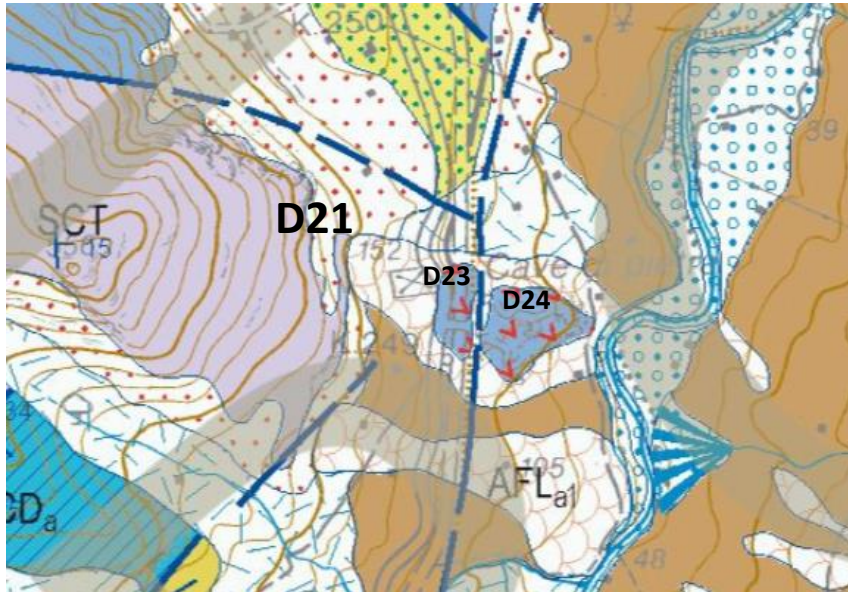



Figura 4-25: Stralcio del Foglio CARG 595 Palermo con individuazione dei dissesti descritti

All'interno di tale vasta area con franosità diffusa indicata nel CARG Foglio 595 Palermo, trovano ubicazione due aree di dissesto (D23 e D24) ( Figura 4-), interessate, secondo l'interpretazione dei geologi rilevatori del foglio CARG, da dissesti di tipo Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (**DPGV**), in corrispondenza di affioramenti calcarei della Fm. Fanusi, di limitata estensione ed affioranti in modo isolato tra le argilliti del Flysch Numidico . L'indicazione di tali affioramenti come prodotto del risultato di scorrimento gravitazionale spiega per gli autori del Foglio CARG l'esistenza di tali "Klippe" liassici galleggianti su un substrato oligo-miocenico.

I rilievi effettuati hanno trovato riscontri di dissesti morfologici nell'area della SS121 e del cimitero di Misilmeri, e si rileva la presenza di dissesti nel versante degradante dalla ex cava Cerniglia sino all'incisione del Fiume Eleuterio.

In particolare sono stati rilevati 3 dissesti ascrivibili al tipo per frana di crollo.

Il dissesto D22 interseca il tracciato tra la pk 4+360 e 4+380 ( Figura 4-); lo stesso è censito nel PAI con la sigla 037-6MI-057; fenomeno di crollo collocato in contrada Feotto, comune di Misilmeri, classificato come attivo con estensione pari a 5944,7 m<sup>2</sup>. Il dissesto determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 23565,3 m<sup>2</sup>, interessando aree agricole, e determina rispettivamente valore di rischio elevato R3 in un'area di 12952,8 m<sup>2</sup> e rischio molto elevato R4 in un'area di 737,9 m<sup>2</sup>.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-26: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*


Il dissesto D25 non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+640; lo stesso non è censito nel PAI ( Figura 4-), .



*Figura 4-27: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto, ubicato sul margine meridionale della ex cava Cerniglia è ascrivibile ad una frana di crollo ed interessa un costone roccioso in arenarie da cui si con presenza di blocchi in stato di equilibrio precario ( Figura 4-),.



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-28: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D25*

Dalla foto sotto è possibile notare un blocco di notevoli dimensioni crollato dal costone roccioso e posizionato lungo il ciglio della strada, in corrispondenza di uno spiazzo (Figura 4-),. Si evidenzia inoltre la presenza di materiale detritico sul bordo strada a causa dello smantellamento del materiale poco cementato che costituisce il versante.



*Figura 4-29: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D25*



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il dissesto D26 non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+660; lo stesso è censito nel PAI con la sigla 037-6MI-056 ( Figura 4-),.



*Figura 4-30: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto è ascrivibile al tipo delle frane di crollo ed ubicato in contrada Feotto, comune di Misilmeri, classificato come attivo con estensione pari a 4704,3 m<sup>2</sup>. Determina un valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 16539,2 m<sup>2</sup>, un valore di rischio elevato R3 in un'area di 13171,5 m<sup>2</sup> e rischio molto elevato R4 in un'area di 430,4 m<sup>2</sup>. Il dissesto non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+660

### **Dissesto D27**

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D27, interessa il tracciato intersecandolo tra la progressiva 4+820 e la progressiva 4+980 ( Figura 4-), .Tale area è censita nel CARG come area a franosità diffusa. L'area del dissesto è ubicata sul versante sud orientale del rilievo di Masto Nardo che degrada dalla zona della SS121 sino all'incisione del F.Eleuterio ed limitata a Sud dal corso del Fosso Valanca scorrente con direzione Ovest-Est . Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 12-15% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) , ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5 m.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-31: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale, permeata dalle acque provenienti dagli affioramenti calcarei presenti poco a monte.

Dall'analisi interferometrica SAR si riscontra uno stato di attività che perdura dall'ottobre 2020 sino al settembre 2023 con movimentazioni registrate di 1-2 mm/anno.

#### **Dissesto D28**

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D28 ( Figura 4-), non interessa il tracciato risultando ubicata, sul versante che dal rilievo dei Rocca di Ciavole (q. 303 m s.l.m.) degrada sino all'incisione del F. Eleuterio, ad Ovest del tracciato stesso ad una distanza minima di circa 280 m all'altezza delle progressive 5+500 . Tale area è censita nel CARG come area a franosità diffusa. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale, permeata dalle acque provenienti dagli affioramenti calcarei presenti poco a monte. E' possibile escludere, per la distanza che intercorre con il tracciato, possibili future estensioni del fenomeno ad interessare il tracciato stesso.






Figura 4-32: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

#### Dissesto D29-29bis-29ter

Le aree di dissesto perimetrate e censite con la sigla D29, D29 bis e D29 ter ( Figura 4-),, sono ubicate nella parte terminale del versante che dall'abitato di Misilmeri degrada sino all'incisione del F.Eleuterio nell'area di Mulino Nuovo (Figura 4-),. Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 12-20% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) , ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5 m.



Figura 4-33: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Tutti e tre i dissesti possono essere ascritti al tipo per frana complessa con scorrimento rotazionale evolvente a colamento e sono tutti attivi.

Il dissesto D29, che si sviluppa con lunghezza pari a circa 170 m e larghezza trasversale massima di circa 30 m, interessa il tracciato tra le pk 6+220 e 6+260. I rilievi effettuati hanno evidenziato deformazioni del manto stradale della strada interpodereale Eleuterio e lesioni diffuse alle opere murarie ubicate nell'area ( Figura 4-/35).




Figura 4-34: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D29



Figura 4-35: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D29



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	


I dissesti D29 bis e D29 ter hanno una forma nastriforme allungata, con simile lunghezza e larghezza pari rispettivamente a circa 60 m e 17 m, ed intersecano il tracciato tra le pk 6+360 e 6+400.

Il rilievo di campo ha evidenziato la presenza di un tratto di rete viaria dissestata con varie fratture sul manto stradale e la presenza di una nicchia di frana con un scarpata di altezza variabile da un massimo di 0,6 metri (D 29bis) ( Figura 4-), ad un minimo di 0,2 metri (D 29ter).

I muri di contenimento a valle della strada interpodereale, risultano fratturati e dislocati ( Figura 4-).



*Figura 4-36: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D29 bis*

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-37: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D29 bis*

### **Dissesto D30-D31**

Le aree perimetrare e censite con le sigle D30 e D31( Figura 4-), sono ubicate nella periferia Nord Ovest dell'abitato di Misilmeri, nel versante Sud Est del rilievo di Rocca di Ciavole ; le stesse non interessano il tracciato risultando ubicate ad Ovest dello stesso, ad una distanza minima di 250 m.




Figura 4-38: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

Ambedue i dissesti sono censiti nelle cartografie del PAI; il dissesto D30, censito con la sigla 037-6MI-012 è classificato come una frana per deformazione superficiale lenta attiva che si estende per un'area di 20.407 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2. Il dissesto D31 censito con la sigla 037-6MI-006 è classificato come una frana per scorrimento attiva che si estende per un'area di 48.071,30 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3. Il dissesto D30 interessa l'area della rotatoria dello svincolo Nord per Misilmeri.

### **Dissesto D32**

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D32, interessa il tracciato tra le pk 9+080 e 9+140 (Figura 4-), risultando ubicata, sul versante che dal settore NO del rilievo di Cozzo Don Cola (q. 199 m s.l.m.) degrada sino all'incisione del F. Eleuterio.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-39: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Tale area è censita nel CARG Foglio 595 Palermo come area a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frana

#### **Dissesto D32 bis**

L'area perimetrata e censita con le sigle D32 bis, è ubicata nella parte terminale del versante Est del rilievo di Balateddi (q.584 m s.l.m.) ( Figura 4-). ; lo stesso non interessa il tracciato risultando ubicato ad Ovest dello stesso, ad una distanza minima di 580 m.





Figura 4-40: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

Il dissesto è censito nella cartografia del PAI con la sigla 037-6MI-011 ed è classificato come una frana per colamento lento inattivo che si estende per un'area di 189.540 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P1 . E' possibile escludere possibili future estensioni dei fenomeni ad interessare il tracciato.

#### **Dissesti D33-D34 e D35**

Le aree di dissesto perimetrato e censite con le sigle D33-D34 e D35 sono ubicate sul versante Ovest del rilievo di Monte Dagariato (q.438), che degrada verso l'incisione del F.Eleuterio ( Figura 4-). . Lo stesso versante è caratterizzato da una pendenza media del 17-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Dei 3 dissesti solo il D 35 interessa il tracciato tra le pk 10+600 e 10+920.

Tali dissesti sono censiti nel CARG come aree a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frane.



Figura 4-41: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

#### **Dissesto D33 bis**

L'area perimetrata e censita con la sigla D33 bis, è ubicata nella parte terminale del versante Nord del rilievo di Monte Dagariato (q.438), che degrada verso una vallecchia laterale a nord di Cozzo Don Cola ( Figura 4-). Lo stesso versante è caratterizzato da una pendenza media del 16-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Il dissesto non interessa il tracciato risultando ubicato ad Est dello stesso, ad una distanza minima di 480 m.

Il dissesto è censito nella cartografia del PAI con la sigla 037-6MI-008 ed è classificato come una frana per scorrimento quiescente che si estende per un'area di 1261.628 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P1 . E' possibile escludere possibili future estensioni dei fenomeni ad interessare il tracciato.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-42: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

#### **Dissesti D36-D37-D37 bis e D38**

Le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D36, D37, D37 bis e D38 sono ubicate lungo i fianchi, sia destro che sinistro, del vallone Coda di Volpe che dal rilievo di Cozzo Coda di Volpe (q. 329 m s.l.m.) defluisce verso Est, con direzione Est-Ovest, verso il corso del F. Eleuterio (Figura 4-).

I fianchi del vallone sono caratterizzati da una pendenza media del 18-22 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Dei 3 dissesti solo il D 38 interessa il tracciato tra le pk 12+120 e 12+300.

I dissesti D36 e D37 sono censiti nella cartografia del PAI rispettivamente con la sigla 037-6BO-009 (D36) e 037-6BO-004 (D37) e sono classificati come aree a franosità diffusa attive. Il dissesto 037-6BO-009 (D36) si estende per un'area di 118.061 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2; il dissesto 037-6BO-004 (D37) si estende per un'area di 150.289 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso e colamenti, interessano la coltre superficiale.



SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il dissesto D37 bis censito nella cartografia PAI con la sigla 037-6BO-005, classificato come frana per scorrimento attiva, si estende per un'area di 54.633 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3.



*Figura 4-43: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

I dissesti D36-D37 e D37 bis non interferiscono con il tracciato di progetto; ai dissesti D36 e D37 è da imputare invece il dissesto della vecchia sede stradale della SS121, risanata con la costruzione dell'attuale viadotto Coda di Volpe.

Il dissesto D38, come detto prima, interessa il tracciato tra le pk 12+120 e 12+300; si tratta di un'area a franosità diffusa caratterizzata dalla presenza di tracce morfologiche di colamenti.

Nell'area SE del dissesto D38, subito a valle dell'impianto di depurazione del comune di Bolognetta si sono rilevati in passato dissesti a carico del muro perimetrale dell'impianto ( *Figura 4-44*).





*Figura 4-44: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D38*



*Figura 4-45: Panoramica dei dissesti del versante nell'area del dissesto D38*

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesti D39 e D39 bis

Le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D39 e D39 bis sono in sinistra idrografica del F. Mulinazzo, nel versante che dalla periferia Nord dell'abitato di Bolognetta degrada sino all'incisione fluviale (*Figura 4-47*). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-17 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

Dei 2 dissesti solo il D 39 interessa il tracciato tra le pk 14+680 e 14+780.




*Figura 4-47: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

I dissesti D39 e D39 bis sono censiti nella cartografia del PAI rispettivamente con la sigla 037-6BO-033 (D39) e 037-6BO-034 (D39 bis) e sono classificati rispettivamente come frana complessa (D39) e colamento lento (D39 bis), ambedue attivi. Il dissesto 037-6BO-033 si estende per un'area di 35.020 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P2; il dissesto 037-6BO-034 si estende per un'area di 27.2018 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante.

### Dissesto D40

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D40 è ubicata in destra idrografica del F. Mulinazzo, nel versante che dal rilievo di Pizzo Mangiatorello (q. 620 m s.l.m.) degrada sino




SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

all'incisione fluviale (*Figura 4-48*). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-18 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Tale dissesto, quiescente, ascrivibile ad una frana per scorrimento, ha una forma allungata, con lunghezza e larghezza pari rispettivamente a circa 79 m e 28 m, ed il tracciato tra la progressiva 15+040 e la progressiva 15+080. Il rilievo di campo ha evidenziato brusche rotture di pendenza .



*Figura 4-48: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato e particolari del dissesto visto dall'area del F. Mulinazzo.*



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesti D41 e D41 bis

Le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D41 e D341 bis sono ubicate lungo il corso del F. Mulinazzo, rispettivamente in destra idrografica il D41 ed in sinistra il D41 bis, nella parte terminale del versante che dalla periferia Nord dell'abitato di Bolognetta degrada sino all'incisione fluviale (*Figura 4-49*). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-17 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

Dei 2 dissesti solo il D 41 interessa il tracciato tra le pk 15+180 e 15+260.

I dissesti D41 e D341 bis sono censiti nella cartografia del PAI rispettivamente con la sigla 035-6BO-001 (D41) e 035-6BO-036 (D41 bis) e sono classificati come frane complesse ambedue attive. Il dissesto 035-6BO-001 si estende per un'area di 10.908 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P3; il dissesto 035-6BO-036 si estende per un'area di 21.487 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante.



*Figura 4-49: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Dissesti D42 e D43

Le aree di dissesto perimetrate e censite con le sigle D42 e D43 sono ubicate lungo il versante Nord Est che dal rilievo di M.Balatelle ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo (*Figura 4-50*). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Dei 2 dissesti solo il D 42 interessa il tracciato tra le pk 15+500 e 15+880.


Il dissesto D42 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 035-6BO-003 ed è classificato come frana complesse quiescente. Il dissesto si estende per un'area di 554.619 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P1; il dissesto D43, cui limiti sono contenuti nel perimetro del dissesto D42, anche esso classificato come un frana complessa, è censito nella cartografia del CARG.



*Figura 4-50: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

### Dissesto D44

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D44 è ubicata in sinistra idrografica del F. Mulinazzo, nel versante che dal rilievo di M.Balatelle ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale (*Figura 4-51*). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-18 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Tale dissesto quiescente, censito nella cartografia del CARG ed ascrivibile ad una frana complessa, non interessa il tracciato, anche se il piede dello stesso lambisce il tracciato tra le pk 16+120 e 16+220.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 4-51: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*


#### **Dissesti D45 e D46**

Le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D45 e D46 sono ubicate lungo il versante Nord Est che dal rilievo di M.Balatelle ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo (*Figura 4-52*) . Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

I due dissesti non intersecano il tracciato ma si avvicinano allo stesso tra le pk 16+480 e 16+580. Il dissesto D45 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 035-6VF-018 ed è classificato come una frana per colamento quiescente.

Il dissesto si estende per un'area di 123.887 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P1; il dissesto D46, i cui limiti sono contenuti nel perimetro del dissesto D45, è anch'esso classificabile come colamento ma attivo



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	




*Figura 4-52: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

#### **Dissesto D47**

L'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D47 è ubicata lungo il versante Nord che dal rilievo di Portella della Marmera ( q. 642 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo (*Figura 4-53*) . Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

I due dissesti non intersecano il tracciato ma si avvicinano allo stesso tra le pk 16+520 e 16+580.

Il dissesto D47 è censito nella cartografia del CARG ed è classificato come una frana per colamento quiescente.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

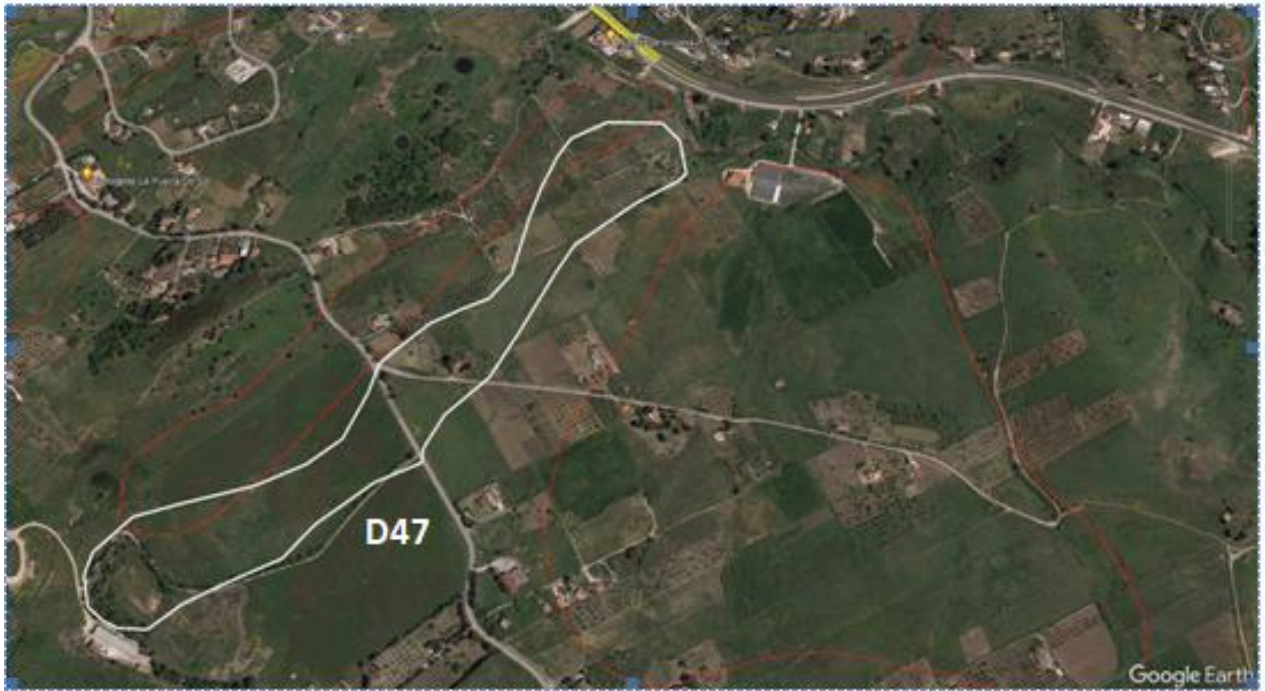


Figura 4-53: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

SS 121 "Cataneŝe"		 GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

#### 4.6 Forme dovute al carsismo

I rilievi geomorfologici effettuati hanno rilevato in sommità sul Pizzo Cannita la presenza di una grotta carsica. Questa si apre nel lato Nord, a quota 148 m. s.l.m., (coordinate geografiche : longitudine E 1°01'10" latitudine N 38°04'09" ).

La grotta presenta un'apertura a forma di triangolo isoscele con base di 5 metri e altezza di 15 metri circa; essa è profonda una trentina di metri e ha un andamento lineare discendente (Figura 4-54)

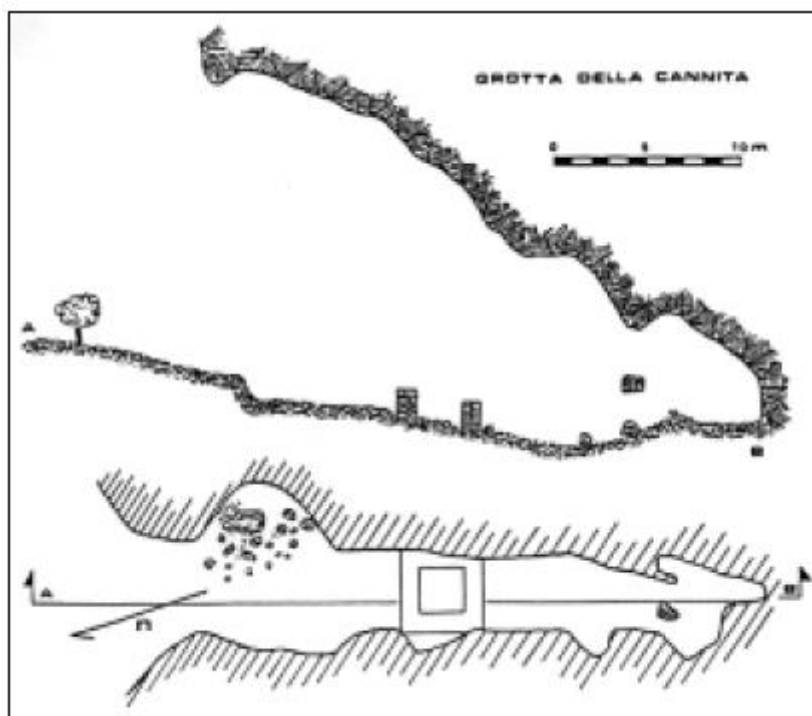



Figure 4-54 :Grotta della Cannita: Pianta e sezione longitudinale (da MANNINO, 1993).

La grotta impostata sulla faglia a rigetto subverticale che porta a contatto i terreni della Formazione Crisanti, piú recente, con i terreni della Formazione Fanusi è stata interessata da dissoluzione carsica che, agendo su di essa, ne ha determinato la forma caratteristica che viene definita "ad Orecchio di Dioniso".



SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dalla grotta proviene una ricca collezione di reperti paleontologici di fauna quaternaria . I reperti fossili sono conservati presso il Museo Geologico "G. G. Gemmellaro" di Palermo, e sono stati raccolti da R.Fabiani tra il 1928 e il 1934.

Tra gli esemplari piũ rappresentativi della collezione vengono descritti alcuni resti cranici di Hippopotamus pentlandi Von Meyer, 1832, e inoltre resti di Dama sp. e Panthera (Leo) spelaea (Goldfuss, 1810).

Diffusi sino sul Pizzo Cannita i resti archeologici che attestano una frequentazione dell'area fin dall'et  preistorica di cui si sono conservati numerosi reperti di ceramica, industria litica ed osteologici rinvenuti nella grotta Cannita.


La grotta di Pizzo Cannita pu  essere ascritta ad un ciclo carsico antico con assetto correlato a processi di anastomosi di livelli carsici sovrapposti, la cui origine   legata ad un ciclo di regressione marina. Infatti, con il procedere della regressione, la carsificazione, che tendeva a concentrarsi sul livello di base, costituito dalla zona saturata da acqua salmastra, si spostava a quote inferiori. I nuovi livelli di cavit , sviluppandosi retrogressivamente, potevano intersecare quelli superiori, causando totali o parziali crolli del pavimento di quest'ultimi e dando cos  luogo alle cavit  antriformi.

Ad un piũ recente ciclo carsico, tutt'ora attivo,   invece ascrivibile la presenza di cavit  lenticolari site poco al di sopra del livello marino, in prossimit  o poco al di sotto di esso. A testimonianza di questo, negli ammassi presenti sul versante sinistro della Valle dell'Eleuterio, quasi in prossimit  al fondovalle, sono state osservate piũ cavit  carsiche di dimensioni variabili di cui alcune sospese a pochi metri sull'alveo attuale.

#### **4.7 Forme antropiche**

Lungo il tracciato si rileva la presenza di due cave oggi cessate. Tra le progr.4+400 e 4+460.00 , la galleria intercetta i fronti della prima cava oggi inattiva censita in cartografia come Cava Cerniglia (*Figura 4-55*).

Gli scavi minerari hanno messo in evidenza sui fronti le rocce di substrato costituiti da calcari e dolomie intensamente fratturate di colore variabile dal grigio al biancastro, intensamente fratturati, con cavit  di dimensioni anche decimetriche riempite di terreno residuale (S15 Pz) e calcilutiti grigie con liste e noduli di selce.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figure 4-55* :Fronti di cava abbandonati ex cava Cerniglia

Dalla progr. 4+460 alla progr.4+610 il tracciato intercetterà i fronti sepolti di una seconda cava , ritombati con terreni di riporto (S16 DH)

Lo spessore massimo del terreno di riporto è di circa 16.30m .

Il terreno di riporto (TR) è costituito da detrito di taglia rudistica grossolana a spigoli vivi e ciottolosa con dimensione dei clasti generalmente da 3-6cm, da sciolto a mediamente addensato. E' da prevedere la presenza di blocchi di dimensioni sino a metriche.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

---

L'areale oggetto di studio ricade nel settore settentrionale dell'orogene siciliano all'interno di un'area che comprende il Golfo di Palermo, la fascia occidentale del Golfo di Termini Imerese ed il settore orientale dell'edificio tettonico dei Monti di Palermo e di Bagheria con la relativa piana costiera, quest'ultima incisa dalla rete idrografica dei fiumi Oreto, Eleuterio e Milicia che sfociano più a nord lungo la costa tirrenica.

All'interno di tale settore si ha una serie di unità tettoniche impilate e vergenti verso est e sud-est. Tali unità derivano dalla deformazione miocenica di paleodomini di appartenenza nord-africana costituiti da bacini pelagici (Imerese e Sicano) interposti tra piattaforme carbonatiche (Panormide, Trapanese, Saccense).

Tali domini sono stati progressivamente deformati a partire dal Miocene inf. Dando luogo a sei diverse unità tettoniche principali che, trasportate poi verso E e SE sono state impilate e messe in posto dopo il Tortoniano medio.

In particolare nell'area in studio, lungo il tracciato di progetto, si ritrovano i terreni afferenti le: Unità Panormide, Unità Imerese, Unità del Flysch Numidico ed i terreni del Pleistocene .

La Sicilia costituisce una porzione della "megasutura" cenozoica che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella tirrenica-europea (Fig.5.1). Tre elementi principali costituiscono il complesso collisionale della Sicilia e del suo prolungamento off-shore:

a) area di Avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale (altopiano ibleo) e presente nel Canale di Sicilia e a sud di Sciacca;

b) un'Avanfossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia (Avanfossa di Gela) e nell'altopiano ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese. Essa è in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale;

c) una Catena complessa, vergente verso SSE, spessa a luoghi più di 15 km, costituita dalle Unità Calabro-Peloritane e dalle Unità Appenninico-Siciliane.



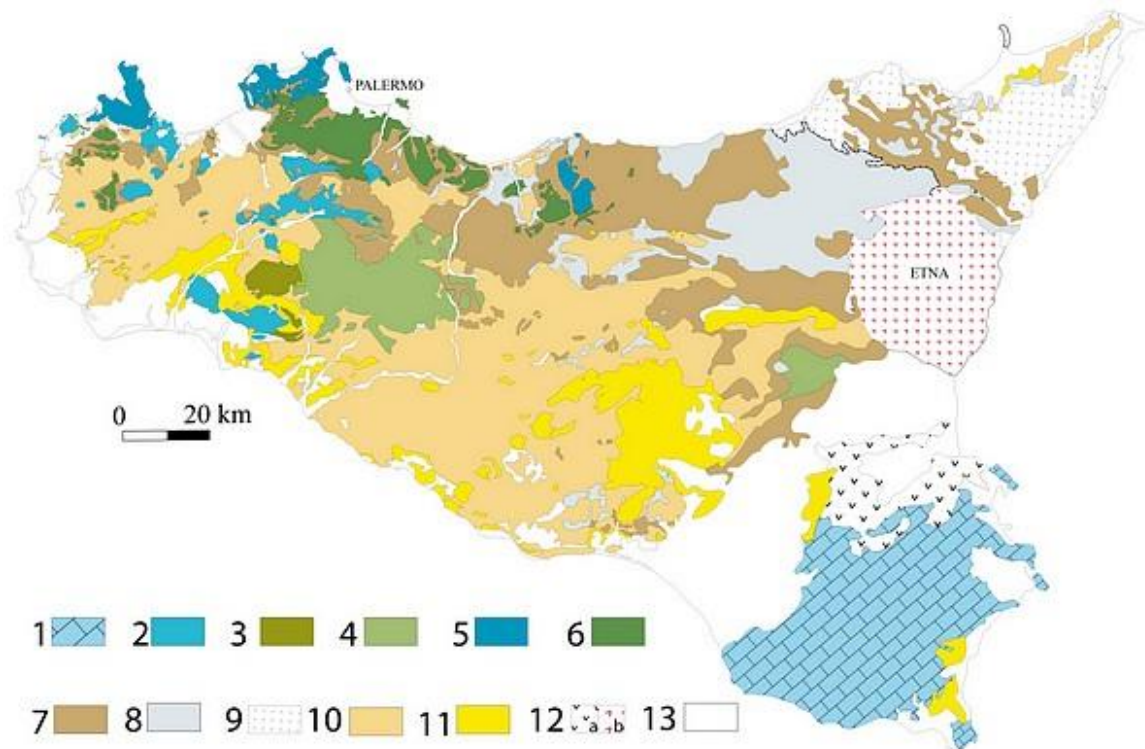



Figure 5-1: *Carta strutturale della Sicilia (modif. da Catalano & D'Argenio, 1982; Catalano et alii, 1996). Legenda: 1) Unità dell'Avampese Ibleo; 2) Unità di piattaforma carbonatico–pelagica (Trapanese–Saccense); 3) Unità di Monte Genuardo (transizione piattaforma–bacino; 4) Unità di mare profondo (Sicano); 5) Unità di piattaforma carbonatica (Panormide); 6) Unità di scarpata–bacino (Imerese–Prepanormide); 7) Unità dei flysch miocenici (numidico e flysch interni); 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.*

Parte di tale catena (escludendo cioè l'elemento calabro-peloritano) è, come già detto precedentemente, il risultato della sovrapposizione dei corpi derivanti dalla deformazione di originari domini mesocenoziocini bacinali (Imerese e Sicano) interposti tra piattaforme carbonatiche (Panormide, Trapanese, Saccense), secondo rampe tettoniche vergenti verso SE.

Le coperture sedimentarie successive alla deformazione miocenica sono principalmente localizzate all'interno di ampi e profondi bacini distensivi (es. bacino di Cefalù con spessori di copertura sedimentaria di 2.000 m) o bacini intrascarpata (es. bacini di Palermo e di Termini

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

Imerese, con spessori di corpi sedimentari minori come nel caso dell'area in corrispondenza del M. Solunto, 100 m di spessore).

Le più importanti successioni litologiche esposte nella regione in studio sono rappresentate da depositi carbonatici di piattaforma e di mare profondo di età triassicoliassica, depositi di piattaforma carbonatica e di bacino-scarpata di età giurassico oligocenica (successioni di margine passivo) e depositi clastici e terrigeni dell'Oligocene-Miocene inf..

Su questi, in discordanza, seguono depositi terrigeni e clastico-carbonatici mio pleistocenici (successioni di margine attivo).

I terreni mesozoico-paleogenici presenti nell'area rappresentano il riempimento sedimentario dei domini paleogeografici Panormide e Imerese prima della deformazione compressiva in seguito alla quale si sono depositate le rocce mio-pleistoceniche.

In seguito allo scollamento dal loro basamento cristallino, i corpi geologici hanno formato la catena siciliana data, appunto, da una pila di unità tettoniche. Per definire tali corpi vengono utilizzate le Unità Stratigrafico Strutturali U.S.S. definite come: "grandi corpi geologici, corrispondenti a porzioni di domini paleogeografici, tettonicamente deformati e/o rimossi dalle loro originarie sedi".

Le U.S.S., caratterizzate da limiti tettonici ben tracciabili, sono contraddistinte (le une rispetto alle altre) da litologie omogenee a grande scala e medesimo assetto strutturale.

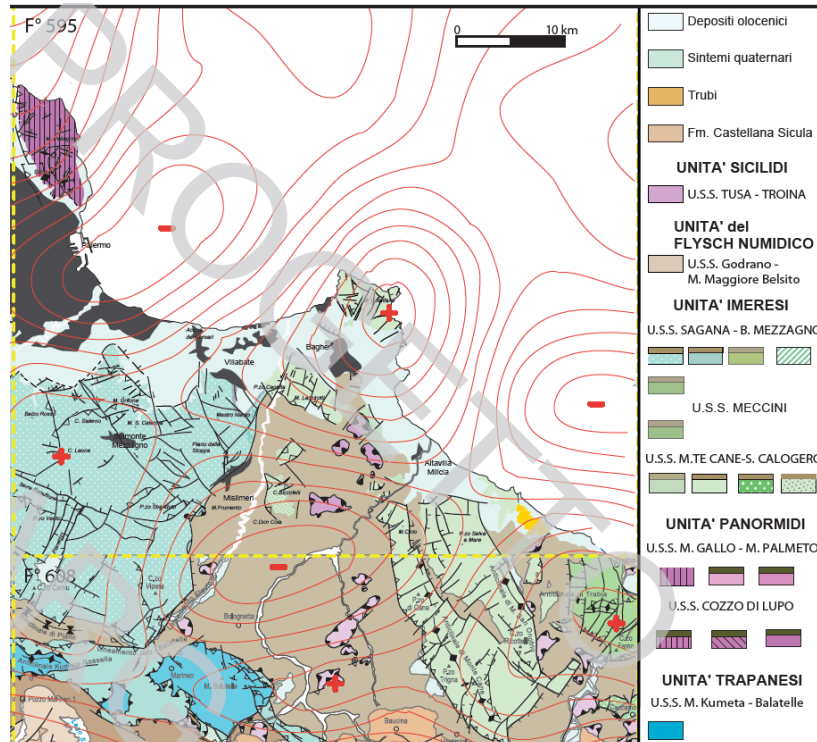


Figure 5-2 Schema strutturale dei rapporti tra le varie unità SS affioranti nell'area in studio ( da CARG –modificato)

Nel settore di catena in cui ricade l'area oggetto di studio appaiono, come mostrato in Fig.5.2 , le U.S.S. seguenti (dall'alto):

**- Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide:**

UNITÀ S.S. TUSA - TRAINA ( Cretacico sup. – Eocene)

Costituita dai terreni afferenti la formazione Argille Varicolori e la formazione Polizzi.

**- Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Numidico:**

UNITA' del FLYSCH NUMIDICO

Costituita dai terreni della formazione del Flysch Numidico: argille brune e color tabacco, argilliti silicee alternate a quarzo-areniti torbiditiche in banchi metrici (Oligocene).

**Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Imerese:**

UNITÀ SAGANA – BELMONTE MEZZAGNO presente nella Subunità Pizzuta-Santa Cristina;

UNITÀ MONTE CANE – SAN CALOGERO, presente nelle Subunità:

1. Subunità M.Cane - S.Onofrio, ribassata dalla tettonica distensiva verso costa(Monte Catalano, Torre colonna e Capo Grosso);



SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

2. Subunità Bizzolelli, che affiora nei rilievi di Pizzo Bizzolelli e Monte Porcara, ed è sepolta al di sotto del Flysch Numidico nella depressione dell'Eleuterio.

**Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Panormide:**

UNITÀ MONTE GALLO – MONTE PALMETO nella Subunità Pellegrino.

**Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Trapanese:**

UNITÀ COZZO DI LUPO: i terreni di tale unità risultano sommerse dalle unità Imeresi.

In particolare, l'assetto strutturale dell'area di studio è composto da due zone di alto strutturale (rappresentate dalle Unità del Dominio Imerese) separate dalla depressione strutturale del Fiume Eleuterio, colmata dai terreni del Flysch Numidico e riconosciuta in sottosuolo attraverso l'interpretazione di una linea sismica a riflessione eseguita a cavallo dei Fogli 595 e 608 .

Il più importante elemento strutturale presente nell'area di studio corrisponde quindi alla depressione del Fiume Eleuterio, dove le unità calcareo-dolomitiche del Dominio Imerese vengono a contatto con i depositi del Flysch Numidico per mezzo di un importante lineamento tettonico con direzione NE–SO, interpretato come faglia trascorrente a movimento sinistro definito, per l'appunto, "lineamento Eleuterio" (Catalano et al., 2010; 2013).

L'alto strutturale ad ovest del Fiume Eleuterio coincide con il gruppo montuoso di Belmonte Mezzagno mentre, ad est del "lineamento Eleuterio", si riconoscono gli alti strutturali di Monte Catalfano, Monte Lanzirotti e Cozzo Bizzolelli.

Dati morfologici e stratigrafici rilevati sul promontorio di Monte Catalfano hanno messo in evidenza numerose testimonianze di movimenti tettonici e di oscillazioni eustatiche tardo-quadernari (Caputo & Agate, 2012). La tettonica recente ha avuto quindi un ruolo decisivo nell'evoluzione dell'area, determinando fenomeni di sollevamento testimoniati da numerosi elementi; in particolare, l'attuale quota dei depositi quadernari, rilevati fino ad oltre 150 m s.l.m. in località Serra di Portella, depone a favore di significativi sollevamenti tettonici, che hanno strutturato le successioni imeresi in un susseguirsi di alti e bassi strutturali

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Per la definizione del modello geologico dell'area di studio è stata redatta una carta geologica basata su rilievi originali effettuati in campo e sulle informazioni cartografiche tratte da Catalano et al., 2010, 2013 (Foglio 608 "Caccamo" e Foglio 595 "Palermo").

## 5.1 Stratigrafia

La successione stratigrafica nell'area d'interesse dell'opera è rappresentata, pertanto, in senso stratigrafico dal basso verso l'alto, dalle formazioni di seguito indicate:

- Formazione Scillato;
- Formazione Fanusi;
- Formazione Crisanti;
- Calcari a crinoidi e brecce di Altofonte;
- Formazione Caltavuturo;
- Unità del Bacino Numidico (Flysch Numidico);
- Unità Sicilide;
- Terreni quaternari, olocenici ed attuali.

Di seguito è riportata la legenda dei terreni rilevati, con indicate la sigla delle Unità Sintemiche, delle Unità litologico-deposizionali quaternarie e oloceniche (depositi alluvionali, di versante, depositi di frana, etc.), e delle Unità litostratigrafiche di appartenenza (formazioni, membri, litofacies), e le loro descrizioni sintetiche.

### **UNITÀ DEI DEPOSITI DI COPERTURA**

#### **h- Area antropizzata**

Detrito di taglia ruditica grossolana a spigoli vivi e ciottolosa con dimensioni dei clasti generalmente da 3-6cm, da sciolto a mediamente addensato. Deriva da rilevati stradali, stoccaggio di materiale edilizio, riempimento di cave abbandonate, discariche.

*Età – Attuale*

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### ***AFLa1 – Deposito di frana***

Accumuli caotici di litotipi eterogenei riferibili alle formazioni affioranti, di dimensioni comprese fra i blocchi e le argille, da matrice-sostenuti a clasto-sostenuti, a tratti si presentano a consistenza plastica. Sono prodotti da movimenti gravitativi di versante che, alla mesoscala, mostrano peculiari indizi morfologici di mobilitazione quali terrazzi in contropendenza, soliflusso generalizzato, tracce di reptazione, trincee, etc.

*Età Olocene - Attuale*

### ***AFLb2 – Coltre eluvio colluviale***

Accumuli costituiti da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi. Da plastica a mediamente consistente. Depositi messi in posto da meccanismi da trasporto in massa e si rinvengono localmente allo sbocco di alcune vallate secondarie lungo le pianure dei corsi d'acqua principali sotto forma di conoide di deiezione (fig.5.3).



- *Figure 5-3: A sinistra affioramento dei depositi eluvio-colluviali (AFLb2) costituiti da sabbie rossastre quarzoso-siltose, con intercalate lenti di ciottoli; a destra affioramento dei depositi alluvionali terrazzati(AL Tc) in destra del Fiume Eleuterio (Misilmeri).*

### ***AFLa3 - Detriti di falda e di versante***

Accumuli caotici di materiale poligenico prevalentemente ghiaioso-sabbioso in matrice sabbioso limosa. Gli accumuli detritici più potenti si rinvengono ai margini dei rilievi; il detrito, in questi casi, è prevalentemente calcareo-dolomitico ed eterometrico (Figura 5-4).





- *Figure 5-4: Depositi di versante: a sinistra, materiale poligenico eterometrico prevalentemente ghiaioso-sabbioso in matrice sabbioso limosa; a destra, particolare degli accumuli a gasteropodi.*

### **Deposito alluvionale attuale**

Alluvioni di fondovalle e terrazzate, detriti di falda ed accumuli di materiali eterometrici con potenza variabile da sito in sito. Si distinguono secondo la dimensione dei clasti:

- **ALa1.** Ghiaie sabbiose costituite da ciottoli poligenici eterometrici con a luoghi intercalate lenti limo sabbiose.
- **ALa2.** Lenti limo sabbiose o sabbio limose intercalate ai depositi sabbiosi.

*Età Olocene-Attuale*

### **Depositi alluvionali recenti**

Depositi accumulati lungo l'asta fluviale principale o le aste secondarie, torrentizie, affluenti dell'Eleuterio. Presentano i maggiori spessori nel tratto mediano del corso d'acqua. Si distinguono per la dimensione dei clasti:

- **ALra.** Ghiaie e sabbie costituiti da ciottoli poligenici eterometrici con a luoghi intercalate lenti limo sabbiose.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- **ALrc.** Argille limose o argille sabbiose con inclusi clasti eterometrici e poligenici arrotondati.

*Età Olocene*

#### **ALTc - Depositi alluvionali terrazzati**

Depositi che costituiscono i terrazzi prossimi al fondovalle attuale (I° e II° ordine), nell'area più settentrionale, e quindi più vicina alla linea di costa, del settore investigato. Sono costituiti da argille e argille sabbiose compatte con inclusi ciottoli eterometrici e poligenici (Fig.5.3).

*Età Pleistocene Superiore*

#### **MRS<sub>d</sub> - Sintema di Marsala (Calcareniti di Palermo)**

Calcareniti e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata. Calcareniti e sabbie giallastre a bioclastiche a molluschi (figura 5-5), ostracodi, radioli di echinidi, foraminiferi bentonici e planctonici. Intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa. *Età Emiliano – Siciliano*



- *Figure 5-5: A sinistra, Unità delle Calcareniti di Palermo (MRS<sub>d</sub>) in facies sabbioso-calcarenitica, riccamente fossilifera, affiorante in prossimità del sondaggio SF19-DH; a destra, la stessa Unità caratterizzata dall'accumulo di gusci di *Argopecten circularis*.*

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **SUCCESSIONE DEL BACINO DEL FLYSCH NUMIDICO**

#### ***FYN<sub>2</sub> - Formazione del Flysch Numidico (membro di Portella Colla)***

Prevalenti peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine.

*Età Oligocene Superiore – Miocene Inferiore*



- *Figure 5-6: A sinistra, particolare dei conglomerati con granuli di quarzo di taglia centimetrica, ben arrotondati (litofacies FYN<sub>2a</sub>); a destra, olistoliti di notevole cubatura, inglobati nel Flysch Numidico (Località Gasaca, Bolognetta).*


#### ***FYN<sub>2a</sub> - Formazione del Flysch Numidico (membro di Portella Colla)***

Quarzareniti e/o conglomerati a ciottoli di quarzo intercalati con biocalcareniti risedimentate con geometrie canalizzate (Fig.5.6). *Età Oligocene Superiore – Miocene Inferiore*

#### ***FYN<sub>2c</sub> - Formazione del Flysch Numidico (membro di Portella Colla)***

Intercalazioni di megabrecce carbonatiche ad elementi di piattaforma carbonatica e megaconglomerati quarzosi *Età Oligocene Superiore – Miocene Inferiore*



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## **SUCCESSIONE DEL DOMINIO IMERESE**

### **CAL - Formazione Caltavuturo**

Calcilutiti e calcari marnosi alternati a marne argillose, talora foliate, rosso vinaccia, rosate e bianche in strati centimetrici con laminazioni parallele e noduli di selce con intercalazioni di biocalcareni lenticolari (Fig.5.7). Spessore superiore a 50m.

*Età Paleocene Superiore – Oligocene inferiore*



- *Figure 5-7: A sinistra, panoramica di una delle cave nella Formazione di Caltavuturo presenti in destra del F. Eleuterio in località Bizzolelli; a destra, particolare dei Calcari marnosi rosati e delle breccie calcaree (CALa) della Formazione di Caltavuturo presenti in un piccolo affioramento in sinistra del Fiume Eleuterio, in località Pizzo Cannita.*

### **CRI4 - Formazione Crisanti - (membro delle breccie a rudiste)**

Breccie calcaree, calciruditi, biocalcareni risedimentate grigie in strati e banchi con liste e noduli di selce e frammenti di rudistidi, coralli, alghe, foraminiferi bentonici. A luoghi, seguono verso l'alto calcareniti alternate a marne grigio-verdi.

*Età Cenomaniano - Maastrichtiano*

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

***CRI3 - Formazione Crisanti - (membro marnoso spongolitico)***

Argille, marne silicee e calcari marnosi silicei rossastri e biancastri sottilmente stratificati con spicole di spugna, radiolari, ostracodi, foraminiferi planctonici e bentonici. A questi si intercalano lenti di biocalcareniti e biocalciruditi a frammenti di coralli, alghe e orbitolinidi con frequenza maggiore nella parte alta della successione. *Età Hauteriviano – Albiano*

***CRI2 - Formazione Crisanti - (membro delle brecce ad ellipsactinia)***

Brecce calcaree e biocalcareniti risedimentate grigie in strati e banchi, con frammenti di *Ellipsactinia* sp., lamellibranchi, coralli, alghe, foraminiferi, crinoidi e calpionellidi nella scarsa matrice. *Età Titonico Superiore - Neocomiano*

***CRI1 - Formazione Crisanti - (membro delle radiolariti)***

Radiolariti e argilliti silicee bruno-nerastre, rosso-vinaccia e verdi a luoghi laminate con radiolari, spicole di spugna e foraminiferi bentonici (figura 5-8).

*Età Toarciano Superiore – Titonico Inferiore*



*Figure 5-8: A sinistra, membro delle radiolariti della Formazione Crisanti. Particolare della stratificazione centimetrica e l'intensa deformazione fragile pervasiva, con clivaggio tipo "pencil slate"; a destra: Membro delle radiolariti della Formazione Crisanti Particolare della deformazione di taglio duttile e del fabric/foliazione S-C pervasivo.*

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### ***MCD - Calcari a Crinoidi (Brecce di Altofonte)***

Biocalcareniti e biocalciruditi grigie, lentiformi, con laminazione parallela ed incrociata, alternate a marne variegata e calcilutiti marnose (*mudstone*) grigie, con, a luoghi, intercalazioni di calcareniti con noduli di selce.

Verso l'alto compaiono gradualmente banchi plurimetri di calcareniti e brecce ad elementi di piattaforma carbonatica triassico-liassica con frammenti di spugne, alghe, coralli e molluschi (Figura 5-9). *Età Lias Medio - Superiore*


### ***FUN - Formazione Fanusi***

Brecce dolomitiche di colore bianco-grigiastro con aspetto cariato e farinoso riconosciuto anche negli affioramenti lungo il tracciato. Doloruditi fini e doloareniti gradate e laminate organizzate in alternanze cicliche di gruppi di strati decametrici. Dolosiltiti laminate e marne giallo-verdastre a giacitura lenticolare. A causa dell'intensa dolomitizzazione si riconoscono rari fantasmi fossili. Gli affioramenti lungo il tracciato si presentano estremamente fratturati e ricchi di cavità. (Figura 5-10). *Età Lias - Inferiore*



*Figure 5-9: Calcari a crinoidi (MCD) affioranti lungo il versante orientale di Monte Mastro Nardo.*



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figure 5-10: A sinistra, affioramento delle doloareniti massive (FUN) nel tratto in trincea della S.S.121; a destra affioramento delle doloareniti della Formazione Fanusi in prossimità di Pizzo Cannita.*

### **SCT - Formazione Scillato**

Calcilutiti, calcisiltiti e calcareniti grigiastre a luoghi laminate in strati da centimetrici a decimetrici, con rari liste e noduli di selce di colore variabile, marne policrome passanti verso l'alto a calcilutiti e calcareniti grigiastre in strati e banchi con abbondanti liste e noduli di selce che possono raggiungere i 20 cm di spessore (Fig.5.11). Si succedono verso l'alto dolomie calcaree finemente cristalline di colore grigio, ben stratificate alternate a calcareniti dolomitizzate e banconi di calciruditici gradati e laminati; a luoghi brecce intercalate (costituite da grossi elementi di calcilutiti e schegge di noduli di selce) e doloruditi massive in banchi plurimetrici



*Figure 5-11: A sinistra, calcilutiti dolomitizzate grigio scure con interlamine di piani o noduli di selce della Formazione Scillato (SCT), interessate dalla presenza di piani di faglie dirette; a destra, dolomie calcaree finemente cristalline di colore grigio, ben stratificate, pervase da fasce di deformazione, a carattere trascorrente e transtensivo, affioranti in località Cava di Pietra.*



*Figure 5-12: Panoramica sul fronte mediano della ex Cava di Pietra Cerniglia, che espone il passaggio stratigrafico dalle calcilutiti grigie laminate con noduli di selce in strati sottili ai litotipi fortemente dolomitizzati sommitali, costituiti da calcareniti e calciruditi gradate e laminate in grossi banchi. La complessa geometria dell'area è testimoniata non solo dall'evidenza di numerosi eventi plicativi e discontinuità ad alto e basso angolo, ma soprattutto dal collasso localizzato della struttura testimoniato da un graben enucleato da sistemi coniugati di faglie trastensive formate nei calcari della Formazione Scillato e colmato dai depositi terrigeni oligo-miocenici del Flysch Numidico (indicati da freccia rossa sulla destra) e dalla presenza a distanza ravvicinata di lembi sovrascorsi della Formazione Crisanti (indicati da freccia blu sulla sinistra).*

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

---

### 6.1 Complessi idrogeologici

Al fine di definire il modello idrogeologico dell'area interessata dalla realizzazione progetto è stato effettuato un rilievo idrogeologico di dettaglio al fine di ricostruire ed individuare possibili interferenze tra i lavori dell'opera da eseguire ed il deflusso delle acque in sottosuolo. Sulla scorta dei rilievi geologici e delle litologie affioranti è stata stimata la permeabilità dei terreni e sono stati definiti, n° 6 complessi idrogeologici, intendendo con tale denominazione l'insieme dei termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo e grado di permeabilità omogenea.

In tal senso è stata eseguita un'interpretazione idrostrutturale, combinando le informazioni derivanti dal rilievo geologico di superficie, dai dati piezometrici misurati in corrispondenza dei fori di sondaggio, dal censimento dei punti di emergenza idrica e dalla permeabilità dei litotipi.

Sono stati individuati i seguenti complessi idrogeologici:

- Complesso argilloso-radiolaritico **-CAR**
- Complesso calcareo-marnoso **-CCM**
- Complesso alluvionale-detritico **-CAD**
- Complesso quarzoarentico **-CQ**
- Complesso sabbioso calcarenitico **-CSC**
- Complesso calcareo-dolomitico **-CCD**

**Complesso idrogeologico argilloso-radiolaritico-CAR:** Permeabilità secondaria bassa. Coefficiente di permeabilità:  $K < 10^{-8} / 10^{-9}$  m/s.

Rientrano in questo complesso le radiolariti e le argilliti silicee alternate a radiolariti grigie, rosse e verdi ben stratificate in strati centimetrici e decimetrici (a permeabilità molto bassa  $10^{-8}$  m/s) con intercalazioni, più o meno potenti, di calcareniti e/o calciruditi, permeabili per fratturazione e/o carsismo (Formazione Crisanti, Cretaceo Medio–Liassico Superiore).

Rientrano anche le peliti grigiastre a struttura scagliosa mediamente consistenti, del Flysch Numidico.



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

**Complesso idrogeologico calcareo-marnoso-CCM:** rocce a permeabilità media secondaria, tendente ad aumentare in funzione all'entità ed alla distribuzione della fratturazione. Coefficiente di permeabilità:  $10^{-4} < K < 10^{-5}$  m/s.

Rientrano in questo complesso i calcari e calcari marnosi stratificati, (*Formazione Caltavuturo*) in strati da sottili a medi, di colore rosso vinaccia con intercalazioni di marne e argille marnose rosate che diventano grigio-giallastre verso l'alto della successione. Possono ospitare falde freatiche localizzate.

**Complesso idrogeologico alluvionale e detritico-CAD:** terreni a elevata-media permeabilità per porosità. Coefficiente di permeabilità:  $10^{-4} < K < 10^{-2}$  m/s.


Rientrano in questo complesso le alluvioni prevalentemente ghiaioso-sabbiose accumulate lungo l'asta fluviale principale o le aste secondarie, torrentizie e gli affluenti dell'Eleuterio e del Milicia. Sono costituiti da ghiaie e ciottoli polimitici (da centimetrici a decimetrici, talvolta metrici), in matrice sabbioso-siltosa, bruna o grigiastra; presentano i maggiori spessori nel tratto mediano del corso d'acqua. Rientrano anche i depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi o sabbioso-limosi che costituiscono i terrazzi prossimi al fondovalle attuale (I° e II° ordine).

Rientrano infine i depositi di versante costituiti da materiale poligenico prevalentemente ghiaioso-sabbioso in matrice sabbioso limosa. Gli accumuli detritici più potenti si rinvennero ai margini dei rilievi.

Il complesso è generalmente sede di acquiferi con geometria dell'acquifero variabile sia in senso orizzontale che verticale, in relazione alle variazioni laterali e verticali di granulometria dei depositi alluvionali e detritici.

**Complesso quarzoarenitico-CQ:** terreni ad elevata permeabilità per fratturazione. Coefficiente di permeabilità:  $10^{-2} < K < 10^{-1}$  m/s.

Rientrano in questo complesso gli strati di quarzareniti e/o quarzosiltiti (FYNa), intercalati ai depositi pelitici del Flysch Numidico.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

**Complesso sabbioso calcarenitico-CSC** : terreni ad alta permeabilità per porosità e fratturazione. Coefficiente di permeabilità:  $10^{-2} < K < 10^{-1}$  m/s.


Rientrano in questo complesso biocalcareni giallo-rossastre in banchi decimetrici e centimetrici, con stratificazione da piano-parallela (debolmente immergente verso mare) ad incrociata, con intercalazione di strati e livelli da decimetrici a metrici di sabbie, passanti verso il basso ad argille sabbiose azzurre.

Il complesso idrogeologico alluvionale, tipico della piana alluvionale del F.Eleuterio e del F.Milicia, è sede di modesti acquiferi generalmente sostenuti alla base dalle argille del Flysch Numidico; la geometria dell'acquifero è variabile sia in senso orizzontale che verticale: ne consegue un livello piezometrico non uniforme .

**Complesso calcareo- dolomitico -CCD** :terreni ad alta permeabilità per fratturazione e carsismo. Coefficiente di permeabilità:  $10^{-2} < K < 1$  m/s.

Rientrano in questo gruppo le dolomie ed i calcari dolomitici della "Formazione Fanusi" ed i calcari delle formazione Scillato intensamente fratturati e talora carsificati. Sono sede di falda profonda con elevata potenzialità.

I risultati dei rilievi idrogeologici sono stati sintetizzati nelle carte idrogeologiche (UP62\_T00GE00GEOCI01\_A 1-12\_A)

SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 6.2 Monitoraggio dei piezometri

Durante la campagna di indagini geognostico-ambientali i rilievi idrogeologici di superficie sono stati verificati con i dati derivanti dall'installazione di n° 22 piezometri.

Sondaggio	Soggiacenza della falda dal p.c. in m	Tipo Piezometro T.A. (Tubo aperto) CC (cella casagrande)
S01	27.80	TA
S03	28.50	TA
S05	20.70	TA
S06	2.90	TA
S08	29.60	TA
S09	24.40	TA
S11	-	TA
S12	1.50	TA
S13	6.50	TA
S15	28.90	TA



SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

S17	18.60	TA
S25	7.20	TA
S28	3.10	TA
S33	13.50	TA
S35	7.10	TA
S40	12.00	TA
S42	6.00	TA
S44	14.00	TA
S46	11.80	TA
S47	3.00	TA
S48	8.80	TA
SN3	3.70	TA

*Tabella 6-1: Soggiacenza della falda acquifera rilevata nei piezometri installati*

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **6.3 Censimento dei punti d'acqua e sorgenti e verifica dell'eventuale interferenza con le opere in progetto**

Uno degli aspetti importanti riguarda la verifica dell'eventuale interferenza del tracciato in progetto con sorgenti e pozzi a scopo idropotabile e/o irriguo.

Sono stati censiti pozzi e sorgenti nell'area del tracciato.

Nell'area di Misilmeri e Bolognetta , due sono le sorgenti ubicate :

- ❑ la sorgente Risalaimi a Est di Bolognetta, da cui dista 3,5 km
- ❑ la sorgente Piazza del Comitato a Misilmeri

In merito ai pozzi, si rilevano presenza di pozzi trivellati nell'area della Piana del F. Eleuterio e, dal Piano regolatore generale degli acquedotti della Regione Siciliana, è stata consultata l'ubicazione dei pozzi che servono l'abitato di Misilmeri che sono :

- ❑ Pozzo Marciano in località Rocca di Ciavole
- ❑ Pozzo Militello nella zona del cimitero di Misilmeri

Il bacino di alimentazione sia delle sorgenti di Misilmeri che dei pozzi è limitato a sud dalla faglia Altofonte – Canalone Cucchi, ad ovest dallo spartiacque morfologico passante approssimativamente per Belmonte Mezzagno e Pizzo Neviera ed a nord dal Piano della Stoppa, mentre si chiude nella parte orientale con la grande faglia dell'Eleuterio. La litologia uniforme è caratterizzata dalle dolomie, calcari dolomitici e brecce calcaree a permeabilità secondaria elevata. La tettonica è caratterizzata da faglie dirette ad andamento NE-SW e NW-SE che squadrano in blocchi più o meno regolari la roccia serbatoio, come evidenziato anche nella descrizione dello schema geologico e tettonico dell'area. Le acque di infiltrazione convergono verso le zone di emersione, prima lungo le fratture ed i condotti carsici, poi lungo le faglie che rappresentano ottimi dreni naturali.

L'analisi effettuata sulla scorta dei rilievi idrogeologici ha escluso un'interferenza rilevante con gli interventi in progetto; questi sono infatti caratterizzati in maggior parte dalla realizzazione di rilevati i cui scavi di bonifica non superano la profondità di 2,00 m dal p.c. generalmente non interferendo con i livelli freatici della falda permeante le alluvioni, e trincee scavate nelle peliti del Flysch Numidico e quindi caratterizzate da assenza di falda acquifera.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Le uniche opere che potranno interferire con la circolazione idrica sotterranea saranno le fondazioni profonde del tipo pali trivellati delle pile dei viadotti nelle aree fluviali. Tale interferenza può considerarsi trascurabile e limitata solo alla fase realizzativa per l'esecuzione delle stesse fondazioni.

Date le caratteristiche dei terreni di fondazione, è stato previsto che i pali siano scavati con protezione di tuboforma o utilizzo di lamierino a perdere, da mettere in opera esclusivamente nei depositi alluvionali superficiali, isolando così l'acquifero dai fluidi di perforazione, ed escludendo problemi di permeabilità del foro negli strati inferiori coesivi del substrato.

In tutti i casi, è stato previsto lo smaltimento a discarica del materiale di risulta delle palificazioni, compresi i relativi fluidi di perforazione.

Tra le gallerie naturali (GN01, GN02 e GN03) tra quelle artificiali (GA 01,02,03 04 e 05), sola la Galleria Naturale 01 Cannita interessa rocce potenzialmente acquifere, in quanto tutte le altre sono scavate in rocce prevalentemente argillose del Flysch Numidico senza interferire con falda acquifera.

In merito alla Galleria Cannita, i rilievi piezometrici, hanno evidenziato come per gran parte del tracciato, non esiste interferenza con la falda acquifera, che risulta più profonda della quota inferiore della galleria.

Solo nell'imbocco N è stata rilevata una possibile interferenza con la falda acquifera che potrà essere risolta mediante una impermeabilizzazione del cavo della galleria stessa.


## **7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

---

### **7.1 Indagini anno 2004**

Nell'ambito del Progetto Preliminare dell'ammmodernamento a quattro corsie dell'Itinerario Palermo-Agrigento furono eseguite, nel 2004 indagini di carattere geotecnico che compresero l'esecuzione di 30 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, ubicati in corrispondenza delle principali opere d'arte dove si riscontrano problematiche particolari legate alla natura dei terreni. All'interno dei fori furono prelevati campioni indisturbati e furono eseguite prove penetrometriche dinamiche (SPT), prove pressiometriche e prove di permeabilità tipo Lugeon. Fu inoltre rilevato il livello del pelo libero della falda al momento del carotaggio



SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

In dipendenza della natura dei termini incontrati lungo i sondaggi, furono installati piezometri Casagrande ed a tubo aperto lungo tutte le verticali dove sono erano state rinvenute rocce lapidee (calcarei ed arenarie), nonché in corrispondenza delle verticali dove era ipotizzabile la presenza di falda,

Riguardo le prove di laboratorio, sui terreni a grana fina si eseguirono determinazioni delle principali proprietà indici (contenuto naturale d'acqua, peso specifico dei grani, limiti di consistenza, peso dell'unità di volume, composizione granulometrica). Sui medesimi terreni si effettuarono prove di compressione edometrica, prove di taglio diretto CD e prove di compressione semplice.

Per la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi lapidei furono eseguite prove di compressione semplice e prove di taglio lungo i giunti.

In sito si effettuò il rilievo delle caratteristiche delle superfici di discontinuità, allo scopo di definire l'assetto strutturale dell'ammassi lapidei.

## **7.2 Indagini anno 2012**

Per il progetto dello Svincolo Autostradale "Bagheria Ovest" ed il collegamento con la S.S. 113 e la S.P. 87, furono eseguite, nel 2012, n. 7 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino a profondità comprese tra 15 e 30,5 m dal piano campagna.

Due fori furono attrezzati per prove sismiche di tipo Down-Hole, altri due con piezometri a tubo aperto. Furono inoltre eseguite n. 11 prove SPT e prelevati n. 14 campioni indisturbati e campioni rimaneggiati.

Si procedette anche all'esecuzione di indagini geofisiche, comprendenti n. 6 prove di sismica passiva (HVRS) e n. 3 prospezioni tipo MASW.

## **7.3 Indagini anno 2018**

La campagna di indagini geognostiche, realizzata dalla Società Tecno In S.p.A. di Napoli tra giugno ed agosto 2018, ha interessato l'intero territorio in esame, con particolare riferimento alle aree interessate dalle alternative di tracciato 1 e 2.

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di n. 19 sondaggi geognostici verticali di cui n.17 eseguiti interamente a carotaggio continuo e n. 2 in parte a distruzione di nucleo, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni, indisturbati e rimaneggiati, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico. Di tali perforazioni n. 7 perfori sono stati condizionati con piezometri a tubo aperto, n. 8 con tubazione per l'esecuzione di prove sismiche di tipo Down-Hole, e n. 1 con tubazione inclinometrica. Sono state eseguite, complessivamente, n. 60 prove

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

penetrometriche dinamiche di tipo SPT, n. 3 prove di permeabilità in sito di tipo Lefranc e n. 7 prove pressiometriche. In corrispondenza della futura ubicazione dei rilevati stradali, sono stati aperti n. 15 pozzetti esplorativi, che hanno consentito di indagare i primi 2 m di terreno. All'interno sono state eseguite n. 12 prove di carico su piastra per la determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione.

Sui campioni di terreno sono state effettuate prove geotecniche di laboratorio che hanno compreso le seguenti determinazioni:

- ❖ caratteristiche fisiche: analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, peso di volume allo stato naturale, peso di volume secco, limiti di Atterberg, porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, classificazione stradale;
- ❖ prove di compressione edometrica;
- ❖ prove di taglio diretto con scatola di Casagrande;
- ❖ prove triassiali di tipo non consolidate – non drenate (UU) e consolidate – non drenate (CIU).

Sui campioni di roccia, sono state effettuate delle prove di compressione uniassiale (UCS) con rilievo della curva di deformazione.

#### **7.4 Indagini anni 2021/2022**

Per la progettazione definitiva delle opere sono state eseguite, nella presente fase degli studi, due campagne di indagini in sito e di laboratorio finalizzate allo studio dei terreni e delle rocce di fondazione presenti lungo il percorso prescelto dell' "Alternativa A".

Dopo una prima fase che ha interessato l'intero tracciato, è stata sviluppata una seconda fase per approfondimenti puntuali legati anche a modifiche di tracciato sopravvenute a seguito dei primi studi.

##### **I Fase**

Durante la prima fase sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche, prove geotecniche in sito e in laboratorio e prove di caratterizzazione ambientale.

Le indagini geognostiche e geotecniche in sito sono state eseguite dalla società Si.Ar. Trivellazioni di Rosario Simonetti tra i mesi di luglio e ottobre 2021 ed hanno compreso n. 34 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo, con profondità di investigazione variabile da 12 m a 45 m. Le carote di terreno estratte sono state poste in apposite cassette catalogatrici

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

con idonei scomparti atti alla loro conservazione. Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 58 campioni indisturbati del tipo Shelby, campioni rimaneggiati e campioni ambientali.

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano la cronologia per data di ciascun sondaggio, la profondità raggiunta e le coordinate geografiche che identificano i punti di perforazione. In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si allega l'elenco dei campioni ambientali.

Lungo le verticali sono state eseguite n. 90 prove penetrometriche dinamiche SPT, n. 33 prove dilatometriche, prove di permeabilità tipo Lugeon (n. 4) e tipo Lefranc (n. 65).

Alcuni fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto da 2" o da 3", altri con tubazione in PVC per le successive prove geofisiche. Il sondaggio S43 è stato attrezzato con tubazione di alluminio per il monitoraggio inclinometrico.

Le indagini in sito hanno anche compreso l'apertura di n. 14 pozzetti esplorativi all'interno dei quali sono state eseguite prove di carico su piastra. Contestualmente sono stati prelevati campioni rimaneggiati da sottoporre a prove geotecniche e campioni da inviare presso laboratorio di analisi chimiche. L'elenco di questi ultimi campioni è riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

I risultati delle indagini in sito, comprensivi di schede e documentazione fotografica sono raccolti nell'elaborato predisposto dall'Impresa esecutrice.

Presso il Laboratorio autorizzato GEOPROVE di Lecce sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio che hanno compreso la determinazione delle caratteristiche fisiche (granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, peso di volume allo stato naturale, peso di volume secco, limiti di Atterberg, porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, classificazione stradale).

Per la determinazione dei parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni sono state eseguite:

- prove di compressione edometrica;
- prove di taglio diretto consolidate drenate;
- prove di compressione triassiale di tipo non consolidate – non drenate (UU) e consolidate – non drenate (CIU);
- prove di compressione a dilatazione trasversale libera.



Data esecuzione	Sondaggio n.	Profondità m.	Latitudine gradi decimali	Longitudine gradi decimali	Altitudine Ellissoidica m.
19/07/21	S01Pz.	30,00	38,086974406	13,480469864	76,4019
20/07/21	S02Dh A	30,00	38,086426887	13,480249346	80,0951
22/07/21	S03Pz.	30,00	38,080981596	13,479659842	106,6983
27/07/21	S04Dh	30,00	38,080207	13,479965	107,22
29/07/21	S05Pz A	30,00	38,078079518	13,478812336	113,3883
02/08/21	S06Pz.	30,00	38,0766187	13,476837919	64,9053
01/09/21	S07Dh A	30,00	38,074962794	13,475272526	128,6172
07/09/21	S08Pz A	30,00	38,073458	13,474267	137,30
25/10/21	S09Pz.	30,00	38,07242	13,473911	144,5714
09/09/21	S11Pz A	30,00	38,068012248	13,469036873	151,9
25/08/21	S12Pz A	30,00	38,060144081	13,466097101	112,4487
26/08/21	S13Pz	30,00	38,059181682	13,465951791	103,7112
30/08/21	S14Dh A	30,00	38,058542186	13,464781582	138,3635
04/08/21	S15Pz A	30,00	38,055067809	13,464345628	162,7689
06/08/21	S16Dh	30,00	38,054129626	13,463342996	162,4125
18.08.21	S17Pz	30,00	38,05311496	13,463346304	142,9327
19/08/21	S18Dh A	30,00	38,051645746	13,462637928	155,8308
20/08/21	S20Dh A	30,00	38,047967013	13,462292668	144,6496
23/08/21	S21Dh A	30,00	38,039482	13,46348	117,55
21/10/21	S23Dh	30,00	38,016934	13,456234	140,15
10/09/21	S24Pz A	12,00	38,014094	13,456745	142,75
28/08/21	S25Pz A	30,00	38,013030828	13,457336434	154,0687
17/09/21	S26Dh A	30,00	38,005949829	13,456483845	158,7626
27/09/21	S28Pz A	30,00	38,003731459	13,454688386	162,3726
18/10/21	S29DH	30,00	38,00134408	13,452682521	172,125
20/10/21	S 32Dh	30,00	37,993957357	13,448366166	206,9696
20/09/21	S33Pz A	30,00	37,993039632	13,447580364	199,5621
22/09/21	S35Pz A	25,00	37,989640315	13,448534906	244,9037
23/09/21	S36Dh A	30,00	37,988133726	13,448469988	228,3079
30/09/21	S38Pz A	21,00	37,980360486	13,450929334	291,6877
25/09/21	S40Pz A	45,00	37,973163589	13,458673276	371,1477
13/09/21	S42Pz A	30,00	37,968760633	13,462446368	311,4815
15/09/21	S43INCL A	35,00	37,966813889	13,463766973	316,5053
16.09/21	S45Pz A	17,00	37,961754	13,465467	330,25

Tab 7-1 Sondaggi eseguiti nel corso della I fase di indagini

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Sondaggio n°	Campioni
S2	0/1 2/3 3/4
S5	0/1 2/3 3/4
S7	0/1 2/3 3/4
S8	4/5 9/10 13/14
S11	4/5 9/10 13/14
S12	0/1 2/3 3/4
S14	0/1 2/3 3/4
S15	0/1 10/11 17/18
S18	0/1 2/3 3/4
S20	0/1 2/3 3/4
S21	0/1 2/3 3/4
S24	0/1 2/3 3/4
S25	0/1 2/3 3/4
S26	0/1 2/3 3/4
S28	0/1 2/3 3/4
S33	0/1 2/3 3/4
S35	0/1 9/10 15/16
S36	0/1 2/3 3/4
S38	0/1 5/6 8/9
S40	35/37 37/40 42/43
S42	0/1 2/3 3/4
S43	0/1 2/3 3/4
S45	0/1 2/3 3/4

*Tab 7-2: Elenco dei campioni ambientali prelevati nel corso delle indagini di I Fase*

Sui campioni di roccia prelevati dalle cassette catalogatrici sono state effettuate prove di compressione monoassiale con rilievo della curva tensione-deformazione e prove di carico puntuale.

Pozzetto P	Prova m.	Quota C. Amb.1	Quota C. Amb.2
P1	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P2	0.35	0.00-0.80	1.00-1.50
P3	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P4	0.35	0.00-1.00	1.00-1.50
P5	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P6	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P7	0.35	0.00-1.00	1.00-1.10
P8	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P9	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P10	0.40	0.00-1.00	1.00-1.50
P11	0.30	0.00-1.00	1.00-1.50
P12	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60
P13	0.30	0.00-1.00	1.00-1.60
P14	0.35	0.00-1.00	1.00-1.60

*Tabella 7- 3: Indagini di I Fase –Elenco dei campioni ambientali prelevati all'interno dei pozzetti esplorativi.*

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## II Fase

Le indagini in sito di II Fase sono state eseguite nel corso del 2022 dal CONSORZIO LR Laboratori Riuniti di San Giovanni La Punta (CT) ed hanno compreso l'esecuzione di N. 15 sondaggi meccanici a carotaggio continuo o a distruzione di nucleo, con prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati e ambientali. Al fine di individuare l'esatta posizione dei vari punti di indagine, si sono effettuate le operazioni di rilievo topografico in modalità GNSS.

Lungo le verticali sono state effettuate prove geotecniche in foro (prove SPT, prove di permeabilità tipo Lefranc e prove pressiometriche tipo Menard) ed è stata installata strumentazione geotecnica (piezometri a tubo aperto e colonne inclinometriche). Si è anche proceduto all'esecuzione di misure alla strumentazione.

In cinque perforazioni è stato effettuato il rilievo di gas.


I risultati delle indagini sono stati riportati in singole monografie allegate all'elaborato redatto dall'Impresa esecutrice.

In tab. 7.4 si riporta il riepilogo delle attività.

Sondaggio	Carotaggio m	Distruzione m	Attrezzatura in foro	Campioni CI n.	Campioni CR n.	Campioni CA n.	SPT n.	LeFranc n.	Pressiometrica n.	Rilievo GAS in foro
S22	30		Piezometro (3 <sup>o</sup> )	2	2		2	2		
S30	15			3	2	3	2	2	1	
S34	30		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3			2	2	1	
S37	15			2	2	3	1	2	1	
S39	15		Piezometro (3 <sup>o</sup> )	1	1	1	2	1		eseguito
S40bis	20	45			2	1			1	eseguito
S41	30		Inclinometro		3		1	2	1	
S44	22		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	1	4		3	2	1	
S46	15		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3	3		3	1		
S47	30		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3	3		2	2	1	
S48	15		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3	3	3	1	1		eseguito
SN1	15		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3	3	3	1	2	1	eseguito
SN2	30			1	2	1	1	2	1	eseguito
SN3	30		Piezometro (3 <sup>o</sup> )	3	3	3	2	2	1	
SN4	25		Piezometro (2 <sup>o</sup> )	3	3	1	2	1	1	

*Tabella 7-4: Attività sviluppate nel corso della II Fase di indagini in sito*

Sui campioni di terreno sono state effettuate prove geotecniche di laboratorio che hanno compreso le seguenti determinazioni:

SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- ❖ caratteristiche fisiche: analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, peso di volume allo stato naturale, peso di volume secco, limiti di Atterberg, porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, classificazione stradale;
- ❖ prove di compressione edometrica;
- ❖ prove di taglio diretto con scatola di Casagrande;
- ❖ prove triassiali di tipo non consolidate – non drenate (UU) e consolidate – non drenate (CIU).

Le prove geotecniche di laboratorio, eseguite dal Laboratorio autorizzato GEOLAB di Carini (PA), hanno compreso determinazioni delle caratteristiche fisiche dei terreni a grana fina (granulometria, contenuto d'acqua, peso specifico dei grani, peso di volume allo stato naturale, limiti di Atterberg, indice dei vuoti, grado di saturazione, prove di taglio diretto CD, prove di compressione triassiale UU e prove di compressione ad espansione laterale libera.

## 7.5 Indagini geofisiche

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto. Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite nella campagna sismica e geognostica del 2021

Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.13 indagini sismiche in foro down-hole(tab.7.6);
- n. 27 stendimenti di indagine sismica a rifrazione (tab. 7.5).;
- n.6 prove HVSR(tab.7.7).

Per i risultati e le interpretazioni delle prove geofisiche si rimanda all'elaborato "Relazione sismica" avente codice "UP62\_T00GE00GEORE02




SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Linee sismiche a rifrazione

Data	Linee sismiche	Lungh. di Progetto	Lungh. Eseguita	Punti battuti	Geofoni	Cavi	Scoppi
06/08/2021	LS1	92,7	125	33	24	2	5 (ogni 6 geof.)
09/08/2021	LS2	138	185	41	36	3	7 (ogni 6 geof.)
20/08/2021	LS4a	239	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
20/08/2021	LS4b	230	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
24/08/2021	LS4c	204	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
26/08/2021	LS3a	75,5	125	27	24	2	(ogni 4 geof.)
28/08/2021	LS5	288	305	57	48 + 12 roll along	4	
01/09/2021	LS13	249	185	44	36	3	7 (ogni 6 geof.)
01/09/2021	LS14	170	245	61	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS15	221	245	64	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS16a	223	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS17	166	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS18	92,3	185	45	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS9	129	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS10b	104	165	39	32	3	8 (ogni 4 geof.)
12/09/2021	LS19	106	175	41	34	3	7 (ogni 6 geof.)
15/09/2021	LS11	304	245	52	48	4	7 (ogni 8 geof.)
19/09/2021	LS7	189	185	42	36	3	7 (ogni 6 geof.)
24/09/2021	LS3b	102	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
26/09/2021	LS3c		125	30	24	2	7 (ogni 4 geof.)
30/09/2021	LS8	196	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4d	173	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4e	84,6	245	55	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4f	0	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
21/10/2021	LS6	179	245	50	48	4	7 (ogni 8 geof.)
STRALCIATA	LS10a	195					
21/10/2021	LS12	116	185	36	36	3	7 (ogni 6 geof.)
21/10/2021	LS16b	256	245	50	48	4	7 (ogni 8 geof.)

Tabella 7-5: tabella riassuntiva degli stendimenti sismici

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Prove Downhole


Data	DownHole	Profondità	Distanza boccaforo	Info
06/10/2021	S.02	29	0,5	Niente acqua
06/10/2021	S.04	27	0,5	Niente acqua
19/10/2021	S.07	28	0,3	Niente acqua
06/10/2021	S.16	27	0,5	
13/10/2021	S.18	29	0,5	Acqua ≈ 8 m
13/10/2021	S.20	29	0,5	Acqua ≈ 16 m
13/10/2021	S.26	29	0,5	Acqua ≈ 3-4 m
19/10/2021	S.14	28	0,5	Acqua ≈ 4 m
19/10/2021	S.21	28	0,5	Acqua ≈ 5 m
19/10/2021	S.36	30	0,5	Acqua ≈ 3 m
04/11/2021	S.23	29	0,5	Acqua ≈ 5 m
04/11/2021	S.29	29	0,5	Acqua ≈ 4 m
04/11/2021	S.32	29	0,5	Acqua ≈ 5 m

Tabella 7-6 : tabella riassuntiva delle prove down hole

### Prove HVSR

Data	HVSR	X	Y	Z
03/11/2021	33	2383646.374	4206214.538	152.265 m
03/11/2021	34	2383795.411	4206101.229	167.891 m
03/11/2021	35	2383771.507	4205805.388	199.851 m
03/11/2021	36	2383857.514	4205868.091	178.306 m
03/11/2021	37	2383849.29	4205934.629	158.782 m
03/11/2021	38	2383712.047	4205909.336	175.361 m

Tabella 7-7: tabella riassuntiva delle prove HVSR

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	


## 7.6 Risultati indagini geognostiche

Dallo studio geologico di campo e di letteratura, riportato nel paragrafo 5.1 e dall'analisi delle indagini effettuate, è stato possibile individuare le sotto elencate unità geotecniche (Tabella 7.8), ascrivibili a tre macro gruppi:

- terreni di copertura;
- terreni della formazione di base;
- rocce lapidee.

Per dettagli maggiori sulle caratteristiche geotecniche dei terreni si rimanda all'elaborato "Relazione geotecnica" avente codice "UP62\_T00GE00GETRE01\_A

<b>TERRENI DI COPERTURA</b>	
<b>TV</b>	Terreno vegetale costituito di limo sabbioso argilloso talora ghiaioso di colore bruno marrone.
<b>TR</b>	Materiali di riporto di varia natura e granulometria.
<b>LR</b>	Terre rosse. Limo sabbioso e sabbia limosa di colore rossastro, con ghiaia di natura calcarea con diametri variabili tra 1-6 cm.
<b>DTF</b>	Detrito a grana fina rimaneggiato costituito di argilla limosa sabbiosa, limo argilloso, limo sabbioso di colore variabile dal grigio, al marrone, al rossastro $w_n \leq w_p$ .
<b>DTG</b>	Detrito a grana grossa di natura prevalentemente carbonatica, variamente frammisto a limo e sabbia.
<b>ALF</b>	Alluvioni a grana fina: limo sabbioso e limo argilloso sabbioso di colore variabile dal grigio al marrone; $w_n < w_p$ ; a tratti $w_n > w_p$ . Presenza di sostanza organica.
<b>ALG</b>	Alluvioni a grana grossa: ghiaia e sabbia con livelli di limo sabbioso, da sciolte a poco addensate. Presenza di blocchi e trovanti di varia natura. Gli elementi lapidei sono a spigoli arrotondati.
<b>TERRENI DELLE FORMAZIONI DI BASE</b>	
<b>SC</b>	Sabbia, sabbia limosa e limo sabbioso di natura calcarenitica, di colore variabile dal giallastro, al biancastro al bruno, con frammenti e noduli di calcarenite di dimensioni centimetriche e decimetriche variamente sparsi nella massa.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

<b>LA</b>	Limo argilloso a tratti sabbioso di colore variabile dall'avana al grigiastro, da consistente a poco consistente, $w_n \leq w_p$ , con venature grigie, noduli di sabbia e talora fossili anche in frammenti
<b>FN</b>	Argilla, argilla marnosa e argillite del Flysch Numidico, di colore grigio, generalmente dura o molto consistente, scagliettata, a tratti intensamente fratturata. Struttura a scaglie di forma prismatica, da minute a centimetriche, da debolmente a ben serrate, a spigoli vivi. Sono presenti discontinuità variamente orientate, A tratti si rinvengono livelli di quarzarenite di colore grigio-ocraceo. Possono rinvenirsi patine di dickite e livelli di calcite e di calcare. Nella parte superiore si presenta alterata (FNa) di colore marrone ocraceo per ossidazione.
<b>AM</b>	Argilla di colore grigio scuro a consistenza marnosa. A tratti la struttura è a scaglie di piccole dimensioni, di forma prismatica, con superfici debolmente lucide.
<b>CM</b>	Marna argillosa, marna calcarea, calcare marnoso, di consistenza lapidea, a frattura concoide, di colore variabile dal grigio chiaro al grigio scuro, al violaceo, con bande e venatura rosa. A tratti sono presenti discontinuità da sub-verticali a 45°, talora riempite di calcite secondaria.
<b>AS</b>	Argilla sabbiosa di colore marrone da moderatamente consistente a consistente. Sono presenti livelli a spessore di radiolariti fratturate di colore rossastro. A tratti la struttura è scagliettata.
<b>ROCCE LAPIDEE</b>	
<b>CL</b>	Calcarenite a grana medio grossa, debolmente cementata, di colore variabile dal giallastro al biancastro.
<b>CFC</b>	Calcarenite da mediamente a ben cementata, di colore giallastro rossastro, molto porosa, vacuolare, con cavità di forma da circolare ad allungata, del $d_{max}$ 0-1 cm a talora riempite di terreno residuale
<b>Cf</b>	Calcare intensamente fratturato di colore variabile dal grigio al biancastro, con cavità di dimensioni anche decimetriche riempite di terreno residuale. La roccia è stata in genere carotata come ghiaia grossa.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

<b>C</b>	Calccare di colore grigio chiaro, a grana molto fina, fratturato, talora vacuolare. Sono presenti discontinuità variamente orientate, con superfici scabre, da ondulate a irregolari, con patine di alterazione giallastre.
<b>R</b>	Radiolariti intensamente alterate e tettonizzate, prelevate nelle dimensioni della ghiaia fina e della sabbia grossa in matrice limosa, di colore prevalentemente nerastro.
<b>Q</b>	Quarzosiltiti e quarzareniti di colore grigiastro, a grana fina, con discontinuità chiuse e aperte, variamente orientate, con superfici piane e poco scabre.

*Tabella 7-8 Classificazione geotecnica dei terreni*

## 7.7 Campagna indagini ambientali


Il sito oggetto di studio ha subito un approfondito iter di analisi ambientale per la componente suolo e sottosuolo in fase di progetto definitivo.

L'All.2 del DPR n. 120/2017 prevede che nel caso di opere infrastrutturali di tipo lineare si debbano prevedere dei campionamenti di terreno almeno ogni 500 m: nel caso di specie avendo l'opera infrastrutturale una lunghezza di circa 17 km, sono stati realizzati n. 38 pozzetti esplorativi della profondità massima di 2 m dal p.c.. ai quali sono stati aggiunti sondaggi geognostici eseguiti con modalità ambientali. In qualche caso non si è potuta rispettare l'equidistanza di 500 m tra un pozzetto e l'altro poiché non sempre le aree individuate in fase di progettazione sono state accessibili e/o idonee alla realizzazione dei pozzetti e quindi è stato necessario discostarsi di alcuni metri rispetto alla posizione iniziale prevista.

I campionamenti sono stati eseguiti tra Luglio 2021 (I fase) e Maggio 2022 (II fase); oltre ai rilievi stratigrafici, è stato eseguito il prelievo da ciascun pozzetto, di massimo n. 3 campioni di terreno, i quali successivamente sono stati sottoposti alle determinazioni chimiche. Si è proceduto, inoltre, al prelievo di campioni di terreno da n. 33 sondaggi geognostici e di acque sotterranee da n.11 piezometri.

Per quanto riguarda il campionamento, da ciascun pozzetto esplorativo sono stati prelevati campioni di terreno alle seguenti profondità e con le seguenti modalità:

- 1° campione- tra 0,0 m e 1,0 m dal p.c.: alla profondità di -1 m dal p.c. è stato formato un campione omogeneo del terreno prelevato dalle pareti di scavo, rappresentativo del primo metro di scavo;

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- 2° campione- tra 1,0 m e 2,0 m dal p.c.: alla profondità di -2 m dal p.c., è stato formato un campione omogeneo del terreno prelevato dalle pareti di scavo.
- 3° campione- tra 2,0 m e 3,0 m dal p.c.: alla profondità di -3 m dal p.c., è stato formato un campione omogeneo del terreno prelevato dalle pareti di scavo.

La tabella 7.9 mostra lo schema di campionamento realizzato in relazione ai sondaggi, pozzetti e piezometri.

Gli intervalli di campionamento sono stati scelti considerando che le opere di scavo generalmente non supereranno i 1,20 metri di profondità, in quanto l'opera si svilupperà prevalentemente in rilevato, indagando così con i saggi l'ammorsamento del rilevato.

I campioni Ca1, Ca2 e Ca3 rappresentano i campioni di terreno prelevati per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017.

Per i rilevati, lo studio geotecnico, ha previsto uno scotico del terreno vegetale per 0,20 m e una bonifica variabile in base all'altezza dei rilevati:

- Per rilevati con  $H > 6$  m, 2 m di bonifica;
- Per rilevati con  $H = 4-6$  m, 1,5 m di bonifica;
- Per rilevati con  $H < 4$  m, 1 m di bonifica.

Facendo seguito alla descrizione delle opere previste lungo il tracciato si riportano in Tabella 7.10 a seguire i campioni prelevati dalle ditte Si.Ar. Trivellazioni/L&R Laboratori e Ricerche srl ed analizzati dalla C.A.D.A.: nella tabella seguente le profondità d'indagine adottate nei pozzetti e nei sondaggi sopra descritti e gli spessori previsti dagli scavi e dallo scotico e bonifica.

Nelle aree di cantiere, campionati dal personale C.A.D.A., sono stati prelevati i seguenti campioni riportati nella tabella sottostante:


SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Matrice	Tipologia di scavo	Denominazione Sondaggio/Pozzetto	Profondità di prelievo - caratterizzazione ambientale ai sensi del DPR 120/2017_ caratterizzazione ai fini dell'eventuale gestione come rifiuto e test di cessione
Suolo	Pozzetto	P15_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P16_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P17_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P18_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P19_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P25_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P26_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P27_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P28_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P29_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P30_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P31_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P32_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P33_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P34_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P35_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
	P36_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.	
	Pozzetto	P20_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P21_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P22_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
		P23_Amb	da 0,00 m a -1,00 m da p.c.
	Sondaggio	S20_DH_Amb	da -3,00 m a -4,00 m da p.c.
	Pozzetto	PN1	da 0,00 m a -0,30 m da p.c.
		PN2	da 0,00 m a -0,30 m da p.c.

Tabella 7-9: Punti di prelievo suolo Lotti 3 e 4 – DPR 120/2017

Matrice	Tipologia di scavo	Denominazione Sondaggio/Pozzetto	Profondità di prelievo (omologa per terre e rocce da scavo)
Rifiuto	Sondaggio	S8_PZ_Amb	da -4,00 m a -14,00 m da p.c.
		S15_PZ_Amb	da 0,00 m a -18,00 m da p.c.
	Pozzetto	P1_Amb	da 0,00 m a -1,60 m da p.c.
		P2_Amb	da 0,00 m a -0,80 m da p.c.
		P10_Amb	da 0,00 m a -1,50 m da p.c.
		P13_Amb	da 0,00 m a -1,50 m da p.c.
	Sondaggio	S26_DH_Amb	da 0,00 m a -4,00 m da p.c.
		S35_PZ_Amb	da 0,00 m a -16,00 m da p.c.
		S38_PZ_Amb	da 0,00 m a -9,00 m da p.c.
	Pozzetto	P4_Amb	da 0,00 m a -1,50 m da p.c.
		P6_Amb	da 0,00 m a -1,60 m da p.c.
		P9_Amb	da 0,00 m a -1,60 m da p.c.
		P12_Amb	da 0,00 m a -1,60 m da p.c.
		P14_Amb	da 0,00 m a -1,60 m da p.c.
	Sondaggio	S11_PZ_Amb	da -4,00 m a -14,00 m da p.c.
		S40_bis	da -45,00 m a -55,00 m da p.c.
		S39	da -2,00 m a -12,00 m da p.c.
		S37	da 0,00 m a -12,00 m da p.c.
		SN3	da 0,00 m a -5,00 m da p.c.
		S48	da 0,00 m a -12,00 m da p.c.
	Pozzetto	PN 1	da 0,00 m a -0,30 m da p.c.
	Sondaggio	SN4	da -8,00 m a -19,00 m da p.c.
		SN2	da -12,00 m a -23,00 m da p.c.
		SN1	da 0,00 m a -9,00 m da p.c.

Tabella 7- 10: Punti di campionamento Terre e rocce da scavo – D.Lgs. n°121 del 03/09/2020 e Allegato 3 DM 186 05/04/2006

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Sono stati, inoltre, verificati ai fini della determinazione nei terreni dell'aggressività al calcestruzzo i campioni in tabella 7.11:

Matrice	Tipologia di scavo	Denominazione Sondaggio/Pozzetto	Profondità di prelievo - Verifica mirata alla determinazione nei terreni dell'aggressività al calcestruzzo UNI EN 206:2016
Suolo	Sondaggio	S02_DH_Amb	da -2,00 m a -3,00 m da p.c.
		S05_PZ_Amb	da -2,00 m a -3,00 m da p.c.
		S8_PZ_Amb	da -9,00 m a -10,00 m da p.c.
		S12_PZ_Amb	da -2,00 m a -3,00 m da p.c.
		S15_PZ_Amb	da -10,00 m a -11,00 m da p.c.
		S20_DH_Amb	da -2,00 m a -3,00 m da p.c.
		S24_PZ_Amb	da -2,00 m a -3,00 m da p.c.
		S35_PZ_Amb	da -9,00 m a -10,00 m da p.c.

*Tabella 7-11: Punti di campionamento Suoli mirati alla determinazione nei terreni dell'aggressività al calcestruzzo – UNI EN 206:2016*

Sono stati prelevati campioni di acqua di falda dai piezometri indicati nella tabella 7.12 a seguire:

Matrice	Denominazione Piezometro
Acque Sotterranee	S22
	SN3
	S05_PZ_Amb
	S12_PZ_Amb
	S28_PZ_Amb
	S33_PZ_Amb
	S38_PZ_Amb


*Tabella 7-12: Punti di campionamento Acque sotterranee – D.Lgs. 152/2006*

Ai fini della verifica dell'aggressività delle acque falda rispetto al calcestruzzo, sono stati sottoposti ad analisi campioni prelevati nei piezometri elencati in tabella 7.13:

Matrice	Denominazione Piezometro
Acque Sotterranee	S05_PZ_Amb
	S12_PZ_Amb
	S28_PZ_Amb
	S35_PZ_Amb
	S22
	SN3

*Tab 7-13: Punti di campionamento Acque sotterranee – UNI EN 206:2016*



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Per maggiori dettagli sui risultati delle analisi ambientali si rimanda all'elaborato "Piano utilizzo terre e rocce da scavo" avente codice "UP62\_T00GE00GEORE03\_A".

## 7.8 Rilievi geomeccanici

### 7.8.1 Parametri geomeccanici

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano in modo sostanziale il comportamento meccanico dell'ammasso stesso e del modello geotecnico alla base di qualsiasi calcolo. È quindi importante, al fine di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi. Il rilevamento geomeccanico, cioè l'analisi strutturale di un ammasso roccioso, ha lo scopo di raccogliere informazioni sulla giacitura delle discontinuità presenti, sulle loro condizioni idrauliche, sulla loro resistenza, alterazione, riempimento, ecc.

Il procedimento solitamente usato per l'esecuzione del rilievo geomeccanico è quello descritto nelle raccomandazioni della International Society for Rock Mechanics (1978). Secondo queste raccomandazioni, oggi ampiamente diffuse e usate, per caratterizzare le discontinuità di un ammasso roccioso devono essere descritte:

- **Giacitura:** Tale parametro individua la posizione della discontinuità nello spazio. La superficie di discontinuità può essere assimilata ad un piano la cui giacitura è univocamente individuata da una coppia di angoli, indicati con le lettere  $\alpha$ ,  $\beta$ :

$$\alpha = \text{inclinazione ("dip")} \quad \rightarrow \quad 0 \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$\beta = \text{immersione - azimut ("dip direction")} \quad 0 \leq \beta \leq 360^\circ$$

con:

$\alpha$  angolo formato dalla retta di massima pendenza del piano di discontinuità con la sua proiezione sul piano orizzontale (inclinazione – "dip").

$\beta$  angolo formato fra la proiezione sul piano orizzontale della retta di massima pendenza del piano di discontinuità e il nord geografico (azimut – "dip direction"). Prendendo come riferimento il nord, l'angolo va preso in senso orario (viceversa se si parte dalla retta di massima pendenza).

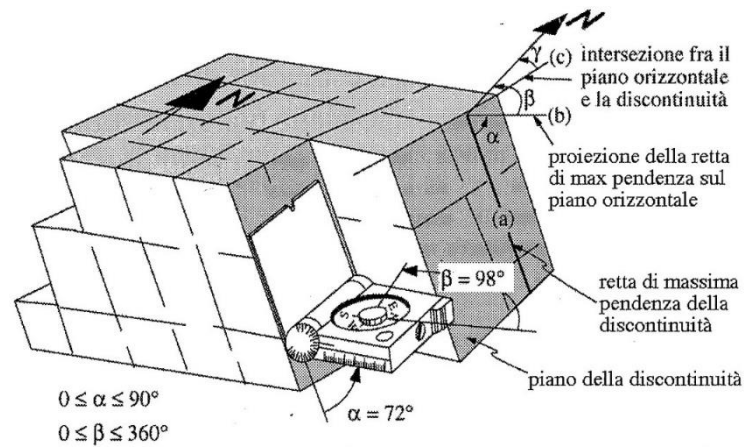


Figura 7-1 Sistema di riferimento per la misura dell'orientamento delle discontinuità

- **Apertura:** L'apertura viene definita come la distanza tra le pareti di una discontinuità. Le Raccomandazioni ISRM propongono la seguente classificazione (Tabella 7-14):

Tabella 7-14 Classificazione delle discontinuità in funzione dell'apertura

Apertura (mm)	Descrizione delle pareti	Discontinuità
<0,10	contigue	chiuse
0,10÷0,25	attigue	
0,25÷0,50	parzialmente aperte	
0,50÷2,50	aperte	beanti
2,50÷10,00	molto aperte	
10,00÷100,00	ampie	aperte
100,00÷1000,00	molto ampie	
>1000,00	estremamente ampie	

- **Spaziatura:** definita come la distanza intercorrente tra discontinuità adiacenti, parallele o subparallele. La spaziatura va rilevata lungo la normale alla giacitura e viene espressa in centimetri. Tuttavia, poiché la misura (d) viene eseguita stendendo un nastro graduato sul fronte dell'ammasso, e non sempre è possibile rispettare l'ortogonalità, essa deve essere corretta tenendo conto dell'angolo  $\delta$  fra la discontinuità e la linea di campionamento:

$$S = d \times \sin \delta$$

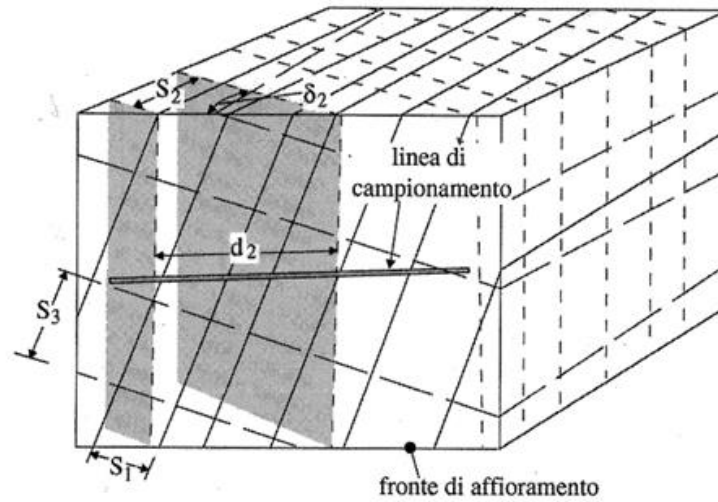


Figura 7-2 spaziatura  $s$  fra discontinuità adiacenti della stessa famiglia


La spaziatura  $s$  può variare da pochi centimetri a diversi metri. In funzione dei valori assunta dalla spaziatura, in base alla Classificazione ISRM, le discontinuità vengono distinte come indicato in Tabella 7-155.

Tabella 7-15 Classificazione delle discontinuità in funzione della spaziatura

$s$ (cm)	Discontinuità
0÷2	prossime
2÷6	molto vicine
6÷20	vicine
20÷60	distanti
60÷200	molto distanti
200÷600	lontane
>600	molto lontane

- **Persistenza:** si definisce come il rapporto percentuale tra la sua estensione reale e l'area complessiva sulla quale tale discontinuità si sviluppa.

$$p = 100 \frac{\sum Ad_i}{\sum (Ad_i + Ar_i)}$$

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Nella maggior parte dei casi è difficile constatare come e quanto si estenda una discontinuità all'interno dell'ammasso; la persistenza viene, quindi, identificata con la lunghezza della traccia della discontinuità sul fronte di esposizione:

$$p = L$$

La classificazione ISRM delle discontinuità in funzione della persistenza è quella riportata in Tabella 7-.

*Tabella 7-16 Classificazione della persistenza in funzione della lunghezza della discontinuità*

Descrizione	Persistenza
Persistenza molto bassa	<1 m
Persistenza bassa	1÷3 m
Persistenza media	3÷10 m
Persistenza alta	10÷20 m
Persistenza molto alta	>20 m

- **Scabrezza:** è dovuta alla presenza di ondulazioni o gradini che modificano sensibilmente l'andamento geometrico complessivo della discontinuità, rispetto al piano a cui essa viene riferita. Tale grandezza viene rappresentata mediante il parametro JRC (*"Joint Roughness Coefficient"*), i cui valori sono proposti da Barton.

Per rappresentare la scabrezza si utilizza anche il parametro Jr, definito "Joint Roughness", che si può ottenere come mostrato nella Figura 7-:



$J_r$	JRC (200 mm)	JRC (1 m)	PROFILO
4	20	11	Scabro
3	14	9	Levigato
2	11	8	Striato
			Seghettato
3	14	9	Scabro
2	11	8	Levigato
1.5	7	6	Striato
			Ondulato
1.5	2.5	2.3	Scabro
1.0	1.5	0.9	Levigato
0.5	0.5	0.4	Striato
			Planare

Figura 7-3 effetto scala sui valori di JRC e corrispondenti valori di  $J_r$  (da: Barton, 1987)

- **Dimensione dei blocchi:** è definita come la dimensione media del blocco tipo. Esso può essere determinato su buone esposizioni o in sotterraneo, oppure su carote di sondaggio, o su un accumulo di roccia frantumata da mine o naturalmente (detrito di falda).

La forma del blocco tipo è stimata "ad occhio" o determinata mediante misure e con l'ausilio di proiezioni stereografiche. La dimensione del blocco è generalmente espressa come un intervallo di variazione e un valore tipo.

Tabella 7-17 - Classificazione della dimensione dei blocchi in base alla densità volumetrica (International Society for Rock Mechanics, 1978)

Classificazione	$J_v$ (giunti/m <sup>3</sup> )
Blocchi molto grandi	< 1,0
Blocchi grandi	1 - 3
Blocchi di medie dimensioni	3 - 10
Blocchi piccoli	10-30
Blocchi molto piccoli	> 30
Rocce frantumate	> 60


SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Tabella 7-18 - Classificazione di ammassi rocciosi in base alle dimensioni e forma dei blocchi (International Society for Rock Mechanics, 1978).

Grado	Termine	Descrizione
1	massivo	Pochi giunti o estremamente spazati.
2	a blocchi	Giunti approssimativamente equidimensionali.
3	tabulare	Una dimensione molto minore delle altre.
4	colonnare	Una dimensione molto maggiore delle altre
5	irregolare	Ampie variazioni di forma e dimensioni dei blocchi.
6	frantumato	Ammasso fortemente interessato da giunti ravvicinati (struttura tipo "sugar cube")

- **Riempimento:** Le discontinuità caratterizzate da apertura non nulla, sono spesso riempite da materiale comunemente noto come riempimento rp. I tipici materiali di riempimento son sabbie, limi, argille, brecce, miloniti, quarzo o calcite, etc.

La presenza del materiale di riempimento fra le pareti delle discontinuità può influenzare il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso ed in particolare la resistenza al taglio lungo le discontinuità.

Infatti se il contatto tra le pareti della medesima discontinuità risulta impedito, la resistenza al taglio lungo quest'ultima dipende solamente dalle caratteristiche meccaniche di tale riempimento. Le discontinuità vengono classificate in funzione del materiale di riempimento (Figura 7.4)

**a)** Discontinuità con le asperità a contatto che non hanno subito precedenti scorrimenti;

**b)** Discontinuità con le asperità a contatto nelle quali si è già verificato uno scorrimento;

**c)** Discontinuità con presenza di riempimento e asperità delle superfici non a contatto diretto;

**d)** Discontinuità nelle quali lo spessore medio del materiale di riempimento rp è maggiore del doppio dell'ampiezza media  $2 \times a'$  delle asperità di I ordine da Barton, 1974):

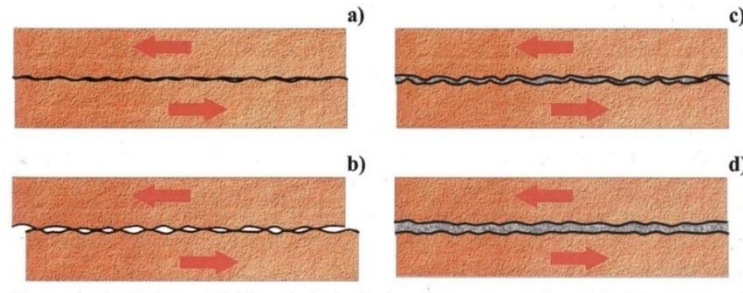


Fig 7-4 classificazione delle discontinuità in funzione dello spessore del materiale di riempimento (da barton, 1974)

- **Grado di alterazione:** I processi di degradazione meccanica, come la disgregazione della roccia, o di alterazione chimica, come la dissoluzione di alcuni minerali, si sviluppano preferibilmente lungo le discontinuità e possono assumere un'intensità tale da produrre un decadimento cospicuo delle caratteristiche meccaniche della roccia (Tabella 7-).

Tabella 7-19 Tipologia e grado di alterazione delle discontinuità secondo le raccomandazioni ISRM (1978)

Stato di alterazione	Descrizione dell'alterazione	Grado (WD)
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione, possibile una leggera decolorazione della superficie delle maggiori discontinuità	I
Leggermente alterata	La decolorazione indica un'alterazione della roccia e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale può essere decolorato e talvolta può essere all'esterno meno resistente della roccia fresca all'interno dell'ammasso	II
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'intero dei singoli blocchi	III
Fortemente alterata	Più della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'intero dei singoli blocchi	IV
Completamente alterata	Tutto il materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta	V
Suolo residuale	Tutto il materiale è diventato un terreno. La struttura dell'ammasso è distrutta. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno è rimasto in posto e non ha subito trasporti significativi	VI

- Condizioni idrauliche ( $J_w$ ): in alcune classificazioni le condizioni idrauliche delle discontinuità vengono caratterizzate tramite il parametro  $J_w$ , stimato sulla base degli schemi descrittivi e qualitativi proposti da Barton, ad esempio misurando la pressione interstiziale  $u$  o la portata di acqua  $Q$  fluente in un tratto di galleria di circa 10 m di lunghezza (tab. 7.20).


SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Tabella 7-20 Punteggi attribuiti al parametro  $J_w$  in relazione ai valori di pressione interstiziale  $u$  (Barton, 2002)

Descrizione	$u$ (MPa)	$J_w$
Acqua assente o scarsa, con locali portate < 5 l/min	< 0.1	1
Afflusso o pressione medi con occasionale dilavamento del riempimento delle discontinuità	0.1÷0.25	0.66
Afflusso forte o ad alta pressione in rocce competenti con discontinuità aperte senza riempimento	0.25÷1	0.5
Afflusso forte o ad alta pressione con dilavamento del riempimento delle discontinuità	0.25÷1	0.33
Venute eccezionalmente forti o a pressione molto elevate subito dopo l'avanzamento, decrescenti nel tempo	> 1	0.2÷0.1
Venute eccezionalmente forti o a pressione molto elevate subito dopo l'avanzamento, costanti nel tempo	> 1	0.1÷0.05

Note:  
Per afflussi idrici forti o eccezionali la valutazione di  $J_w$  è di massima; se sono installati efficaci sistemi di drenaggio il valore di  $J_w$  va posto pari a 0.66÷1;  
Per una caratterizzazione dell'ammasso lontano dall'influenza dello scavo e nel caso che  $RQD/J_w$  sia sufficientemente basso (0.5÷25) in modo da assicurare una buona connettività idraulica, si possono assumere i valori di  $J_w$  (1.0; 0.66; 0.5; 0.33) in funzione degli spessori di ricoprimento (0÷5; 5÷25; 25÷250; > 250 m. Nel valore di  $J_w$  non si tiene conto di eventuali problemi legati alla formazione di ghiaccio.

- **Permeabilità:** La presenza di acqua in un ammasso roccioso è dovuta al flusso idrico che si instaura nella rete di discontinuità in esso presente in seguito alla sua permeabilità secondaria. Una classificazione idraulica descrittiva delle discontinuità è riportata di seguito (Tabella 7-)

Tabella 7-21 Classificazione delle discontinuità in relazione alle loro caratteristiche e al loro comportamento idraulico (Gonzalez de Vallejo, 2005)

Classe	Discontinuità senza riempimento o beanti	Discontinuità con riempimento
I	Discontinuità planare e chiusa. Si presenta asciutta e non sembra possibile la circolazione idrica	Riempimento secco molto consolidato e impermeabile; impossibile la circolazione idrica
II	Discontinuità asciutta senza evidenza di circolazione idrica	Riempimento umido ma senza acqua libera o gravifica
III	Discontinuità asciutta ma con evidenze che ci sia stata in passato circolazione idrica	Riempimento bagnato con stillicidio occasionale
IV	Discontinuità umida ma senza presenza di acqua libera o gravifica	Riempimento che presenta tracce di dilavamento con flusso idrico continuo (stimare la portata in l/min)
V	Discontinuità umida, con occasionali stillicidi ma senza flusso idrico continuo.	Riempimento localmente dilavato, flusso idrico considerevole e lungo canali preferenziali (stimare la portata in l/min)
VI	Discontinuità con flusso idrico continuo (stimare la pressione o la portata in l/min)	Riempimento completamente dilavato con elevata pressione idrica

- **Terminazioni:** sono i punti in cui la traccia della discontinuità sul fronte di affioramento si interrompe e/o diventa inintelligibile. La discontinuità può essere di vari tipo a seconda delle terminazione laterali:



- Interrompersi contro la roccia integra: Terminazione di tipo **r**
- Interrompersi in corrispondenza di un'altra discontinuità: Terminazione di tipo **d**
- Penetrare all'interno dell'ammasso, per cui non risulta visibile: Terminazione di tipo **x**

Ad ogni discontinuità possono associarsi due tra le lettere **r**, **d**, **x** per descrivere le sue due terminazioni (fig. 7.5)

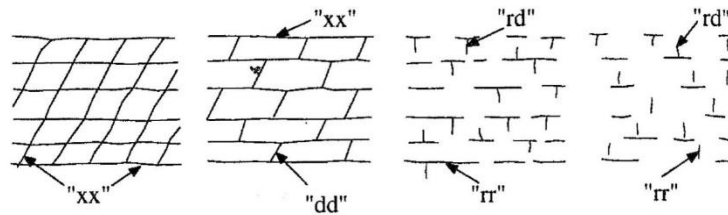


Figura 7-5 classificazione schematica delle diverse tipologie di terminazione delle discontinuità

Sono stati effettuati quattro rilievi geo-meccanici (Fig. 7.6/7.8), di cui:

- due nell'area della ex Cava Cerniglia (Stop 1 e Stop 2) nel versante orientale della ex cava di pietra , dove è prevista , tra le pk 4+400 e 4+610 , la realizzazione della galleria artificiale GA02S\_Bassano
- due a Pizzo Cannita (Stop 3 e Stop 4) dove è prevista, tra le pk 1+989 e 3+000, la realizzazione della galleria artificiale GN01\_Cannita

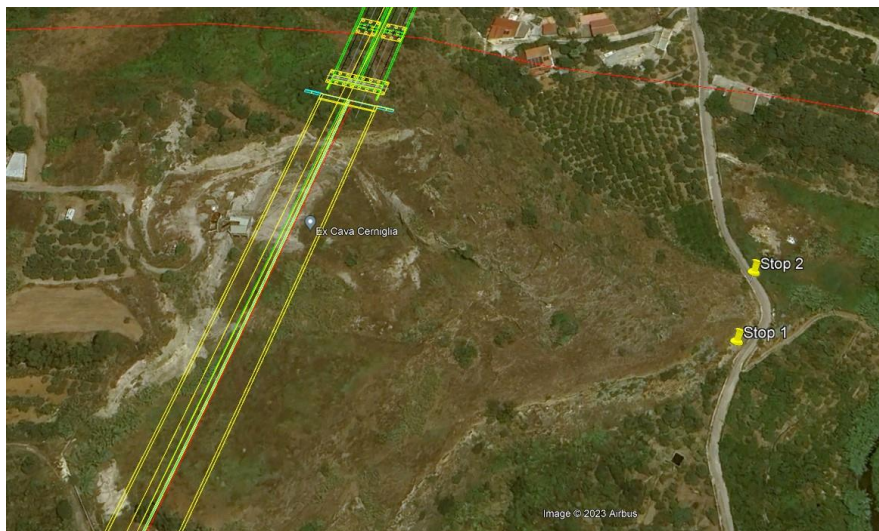


Fig. 7.6 Ubicazione dei rilievi geo-meccanici presso la ex Cava Cerniglia - Stop 1 e Stop 2-



Stop 2

Fig. 7.7 Particolare dei rilievi geo-meccanici presso la ex Cava Cerniglia - Stop 1 e Stop 2-



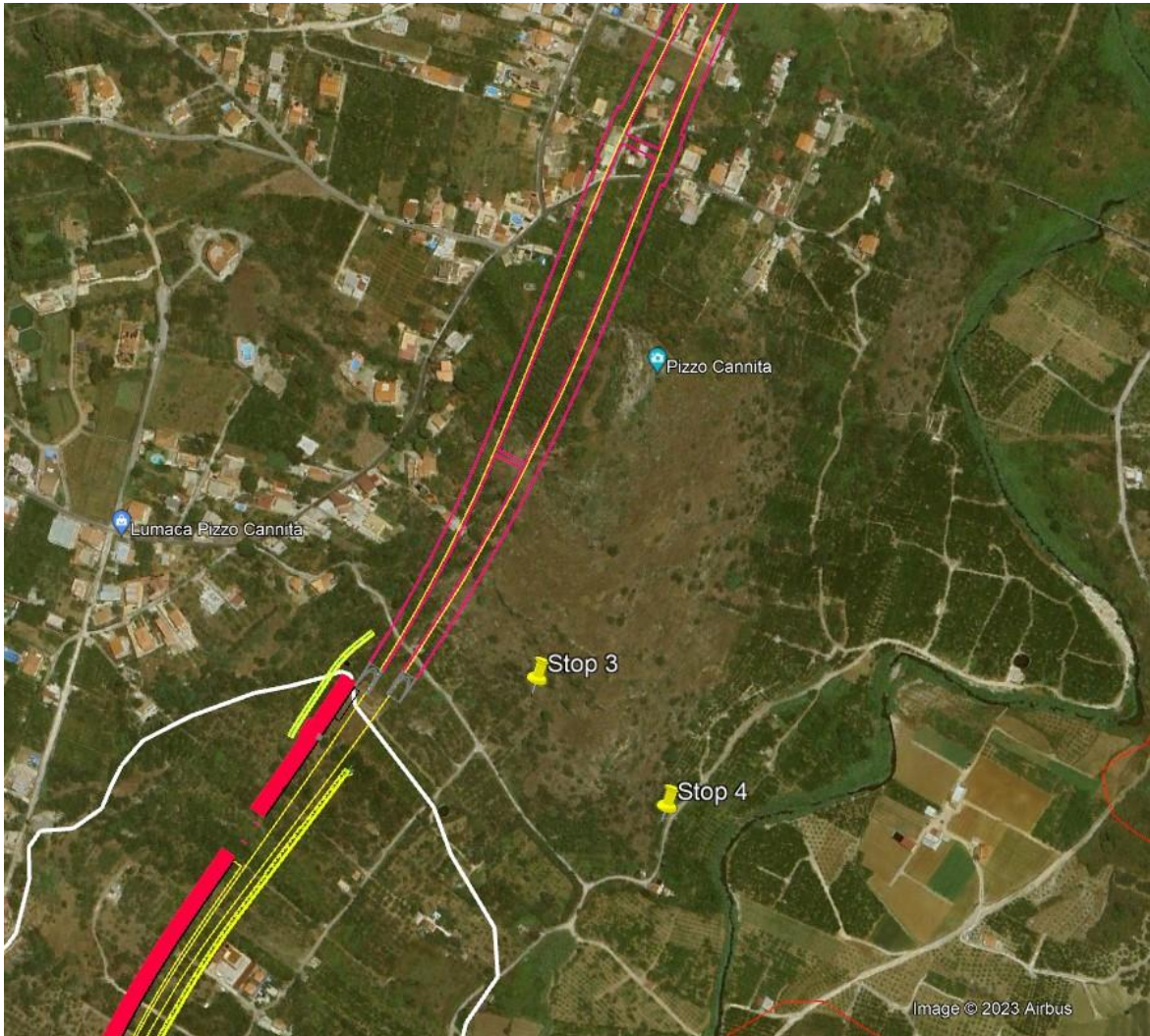


Fig. 7.8 Ubicazione dei rilievi geo-meccanici presso Pizzo Cannita- Stop 3 e Stop 4-






Fig. 7.9 a Stop 3 (a)



Fig. 7.9 b Stop 4

Fig. 7.9 a-b Particolare dei rilievi geo-meccanici presso Pizzo Cannita - Stop 3(a) e Stop 4(b)



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 7.9 Risultati rilievo geo-meccanico

### Stop 1 – Ex Cava Cerniglia

Lo Stop 1 (Fig. 7.10/11) è stato effettuato sul versante orientale dell'ex cava Cerniglia, lungo un tratto rettilineo di contrada Bassano. L'affioramento è costituito da brecce dolomitiche massive (Fm Fanusi - FUN), con stratificazione non chiaramente riconoscibile, di colore grigiastro con intervalli pelitico-arenitici di colore marrone, lateralmente evolve in dolo-ruditi e dolo-areniti debolmente cementate con dimensione dei clasti variabile da 2 a 6 cm.

Ai piedi dell'affioramento, localmente, si riconoscono depositi di detrito generato dal disfacimento di una porzione di versante costituito da clasti spigolosi aventi una dimensione variabile sino ad un massimo di 6 cm.

Al tetto dell'affioramento è presente il contatto stratigrafico con una porzione regolitica delle peliti brune del Flysch Numidico del membro di Portella Colla (FYN2). L'affioramento si presenta debolmente fratturato a causa della prevalente natura poco cementata dello stesso: sono state riconosciute in totale 3 famiglie di discontinuità intersecanti una scan-line di lunghezza pari a 10 metri, i parametri misurati sono stati riportati nella tabella seguente (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

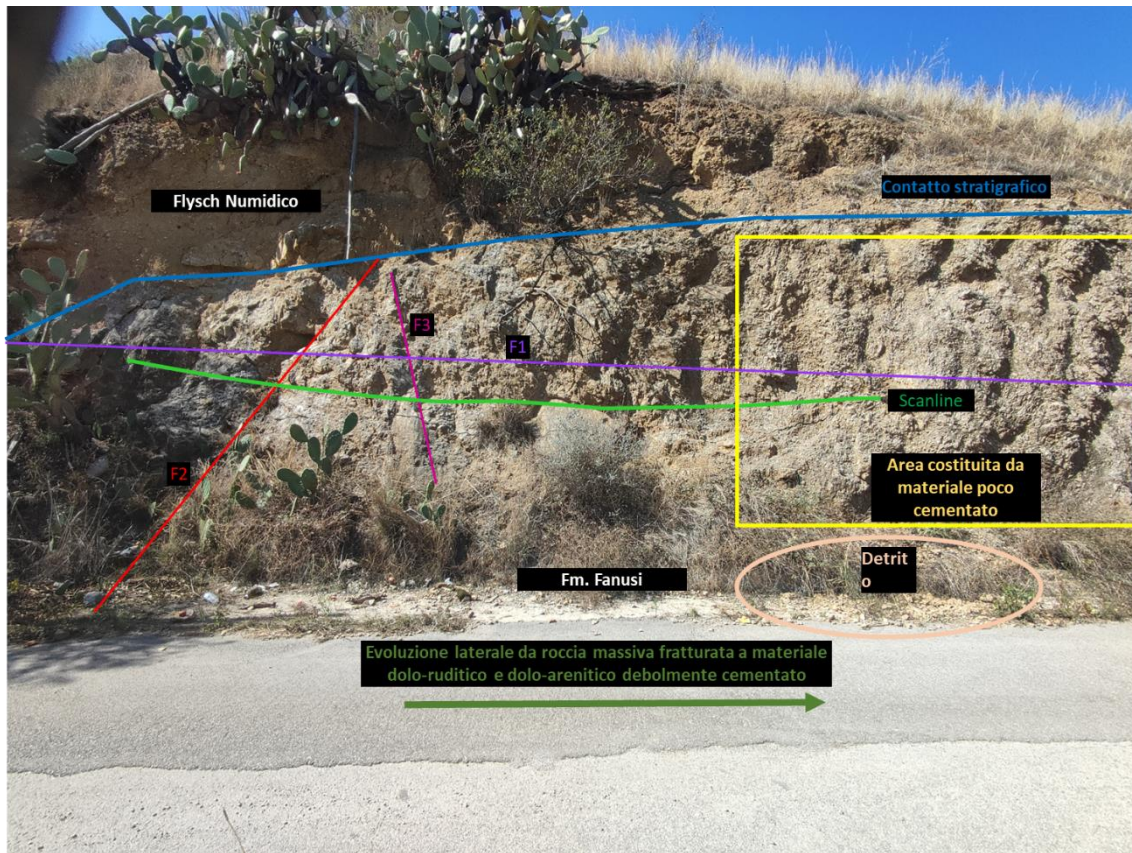


Fig. 7.10 Vista della Scan Line del rilievo geo-meccanico Stop 1.

Localmente si riconoscono livelli marnosi grigio-biancastri con tipica fratturazione concoide, lungo le principali nicchie di distacco. Talora non è stato possibile misurare la giacitura in quanto la stratificazione è assente.



Fig. 7.11 Particolare rilievo geo-meccanico Stop 1. Brecce dolomitiche massive

PARAMETRI													
Famiglia	Inclinazione $\alpha$ (°)	Immersione $\beta$ (azimut)	Apertura (mm)	Spaziatura (cm)	Persistenza (m)	Scabrezza	Dimensione blocchi $J_v$ (giunti/m <sup>3</sup> )	Riempimento	Alterazione	Condizione Idrauliche ( $J_w$ )	Permeabilità	Terminazione	Note
F1	70	110	5	-	1.8	6	7	b	Grado 4	0.66	III	xd	F1=Piano di strato
F2	30	280	10	60-200	1	7	5	b	Grado 4	0.66	III	dd	
F3	65	70	20-50	20-60	2	15	3	c	Grado 4	0.33	IV	dd	

Tabella 7-22 Valore dei parametri geotecnici misurati Stop 1



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### 7.9.1 Stop 2 – Ex Cava Cerniglia

Lo Stop 2 è stato effettuato sul versante orientale dell'ex cava Cerniglia (Fig.7.14) , lungo un tratto di contrada Bassano; si tratta della continuazione settentrionale del versante rilevato nello stop 1 L'affioramento caratterizzato dalla formazione Fanusi (FUN), in questo settore, è costituito da dolomiti brecciate di colore grigio, scarsamente alterate.

L'affioramento si presenta massivo, con stratificazione poco visibile. Localmente, si riscontra la presenza di un'area tettonizzata caratterizzata dalla presenza di un deposito caotico, costituito da clasti eterometrici spigolosi a composizione carbonatica.

Sono state riconosciute in totale 4 famiglie di discontinuità intersecanti una scan-line di lunghezza pari a 11 metri. I parametri misurati sono stati riportati nella tabella seguente (Tab. 7.23)

Lungo la "Scanline" è stato riconosciuto un piano di faglia diretta (F3-PF2) (Fig.7.12) che disloca, localmente, la normale stratificazione dell'ammasso roccioso (fig.DD). La giacitura di tale piano di faglia è la seguente: immersione 140N e inclinazione di circa 60°.

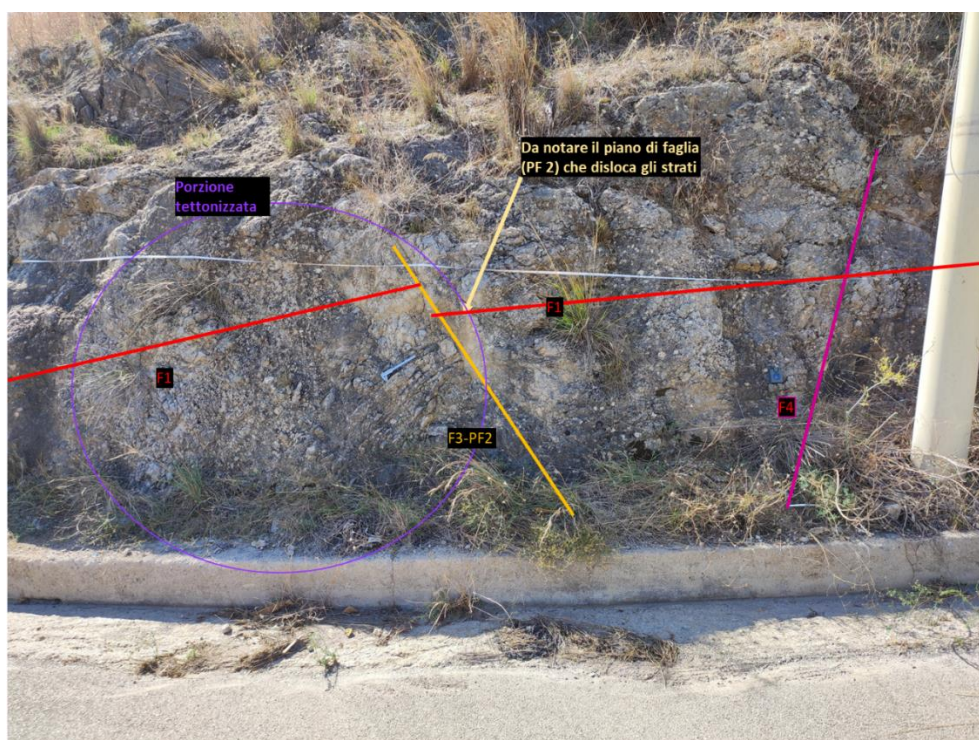



Fig. 7.12 Particolare del piano di faglia diretta (F3-PF2)



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Lungo la scanline è stato riconosciuto un altro piano di faglia (F2-PF1), avente giacitura e inclinazione verticale (fig. 7.13).

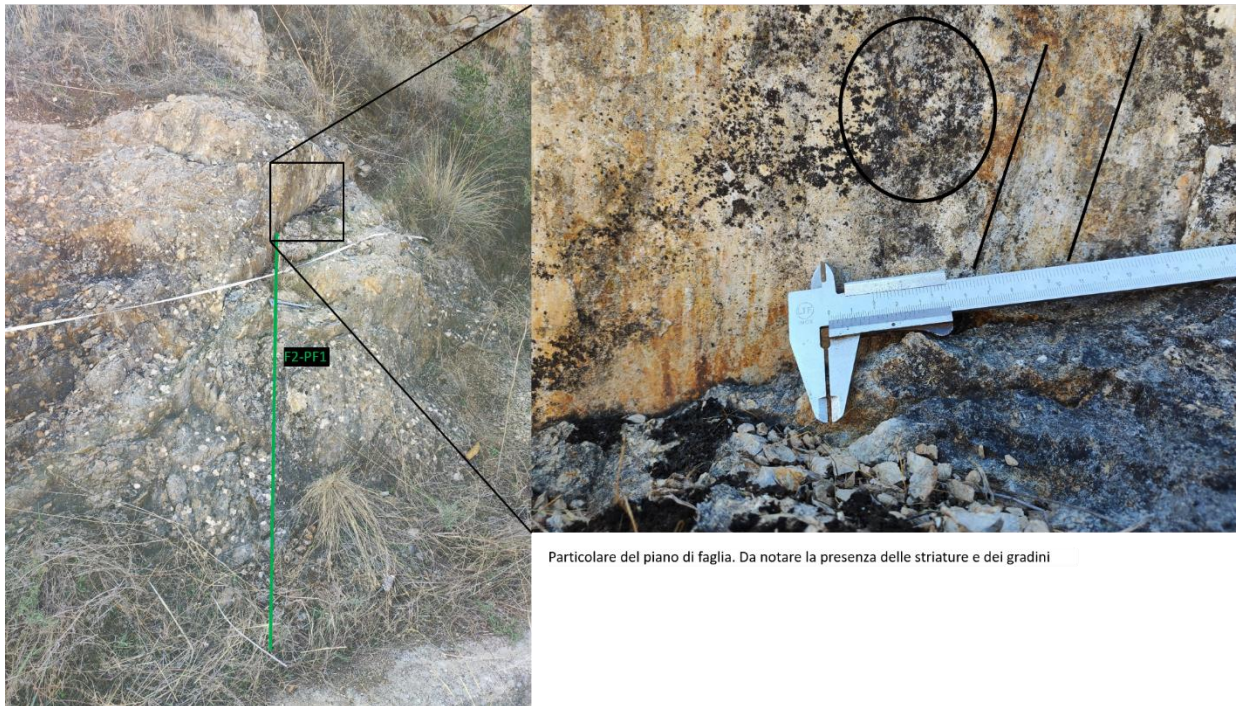



Fig. 7.13 Particolare del piano di faglia diretta (F2-PF1)

SS 121 "Catanesè"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

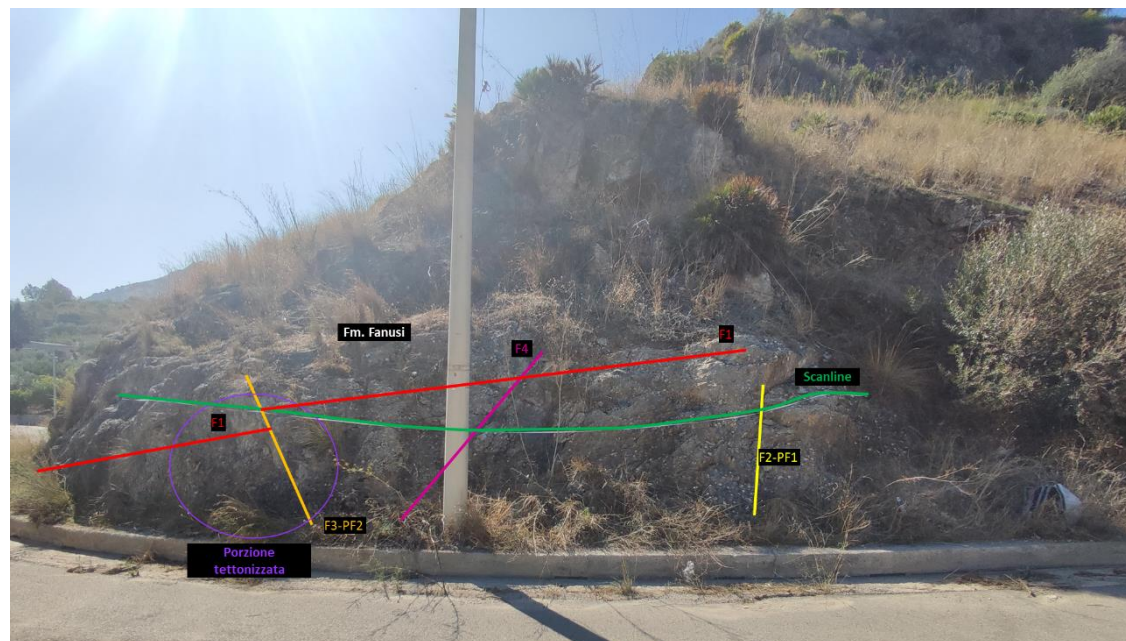


Fig. 7.14 Vista della Scan Line del rilievo geo-meccanico Stop 2.

PARAMETRI													
Famiglia	Inclinazione $\alpha$ (°)	Immersione $\beta$ (azimut)	Apertura (mm)	Spaziatura (cm)	Persistenza (m)	Scabrezza	Dimensione blocchi $J_v$ (giunti/m <sup>3</sup> )	Riempimento	Alterazione	Condizioni Idrauliche ( $J_w$ )	Permeabilità	Terminazione	Note
F1	45	130	1	60-200	1	9	4	b	Grado 2	0.5	V	dd	F1=Piano di strato
F2	85	210	3	-	2	3	1	b	Grado 3	0.33	IV	dx	Piano di faglia (PF1)
F3	60	140	1	-	2	3	1	b	Grado 4	0.33	IV	dx	Piano di faglia (PF2)
F4	25	220	10	60-200	2	9	5	b	Grado 5	0.33	IV	dx	

Tab 7-16: Parametri geomeccanici rilievo stop 2



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### 7.9.2 Stop 3 – Pizzo Cannita


Lo Stop 3 è stato effettuato sul versante SW di Pizzo Cannita (Fig.7.17) , ad una quota di circa 140 m. L'affioramento caratterizzato da calcari e/o calcari dolomitici intervallati da sottili livelli pelitici di colore grigiastro dell Fm. Fanusi – FUN, si presenta massivo o poco stratificato.

L'alterazione del costone roccioso diminuisce gradualmente procedendo dalla base verso l'alto, con moderata alterazione nella porzione più bassa a contatto col suolo regolitico in cui sono accumulati frammenti dati dal disfacimento della parete rocciosa. I livelli caratterizzati da una alterazione maggiore sono molto farinosi al tatto e con la presenza di una patina biancastra, con spessore medio di 2-3 cm, a testimoniare una circolazione idrica all'interno dell'ammasso roccioso (fig.7.15). Al taglio fresco la roccia si presenta con una struttura microcristallina.



Fig. 7.15 Particolare della presenza di patina biancastra sulle superfici di frattura.

Localmente è presente un numero moderato di fratture, che in seguito a processi carsici superficiali, risultano allargate e spesso prive di riempimento. Nella porzione superficiale dell'affioramento, lungo le aree più esposte ed inclinate, si sono riconosciuti dei segni di abrasione per ruscellamento e per carsismo.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Sono stati riconosciuti dei blocchi in precario equilibrio (Fig.7.16) di forma cubica di dimensione metrica delimitati da fratturazioni con apertura di 5 mm e prive di riempimento



Fig. 7.16 Particolare della presenza di blocchi in precario equilibrio di forma cubica di dimensione metrica

Sono state riconosciute in totale 3 famiglie di discontinuità intersecanti una scan-line di lunghezza pari a 5 metri. I parametri misurati sono stati riportati nella tabella seguente (Tab.7

17)






Fig. 7.17 Vista della Scan Line del rilievo geo-meccanico Stop 3.

PARAMETRI													
Famiglia	Inclinazione $\alpha$ (°)	Immersione $\beta$ (azimut)	Apertura (mm)	Spaziatura (cm)	Persistenza (m)	Scabrezza	Dimensione blocchi $J_v$ (giunti/m <sup>3</sup> )	Riempimento	Alterazione	Condizioni idrauliche ( $J_w$ )	Permeabilità	Terminazione	Note
F1	60	220	5	-	0.8	8	2	nullo	Grado 3	0.5	V	xd	F1=Piano di strato
F2	60	270	25	20-60	1	10	4	b	Grado 4	0.33	IV	xd	
F3	65	160	25	20-60	1.2	6	3	b	Grado 4	0.33	IV	dd	

Tab 7-17: Parametri geomeccanici rilievo stop 3

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### 7.9.3 Stop 4 – Pizzo Cannita


Lo Stop 4 è stato effettuato sul versante meridionale di Pizzo Cannita (Fig.7.19). L'affioramento, caratterizzato da calcari e/o calcari dolomitici, moderatamente alterati, ascrivibili alla Fm. Fanusi, si presenta stratificato, con strati di spessore metrico, intervallati da sottili livelli pelitici di colore grigiastro.

Si rilevano strati piegati, dislocati da un piano di faglia diretta (F4 - PF 1) avente giacitura 20N/70° (Fig.7.18) . I giunti di strato e le poche fratture riconosciute, isolano dei blocchi sferici con diametro di circa 1 m, in condizioni di precaria stabilità.



Fig. 7.18 Particolare degli strati piegati e fagliati dello stop 4



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

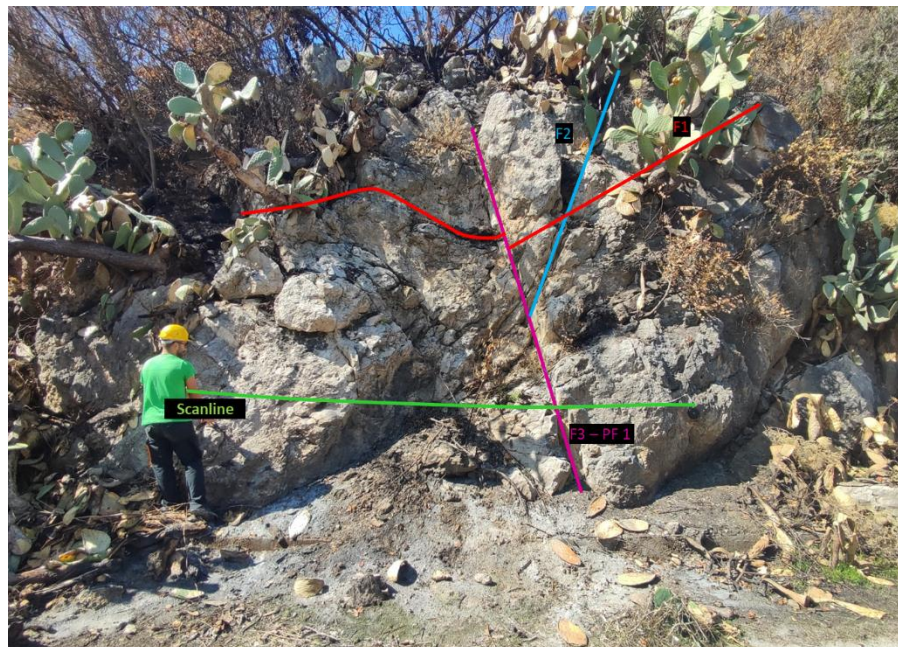


Fig. 7.19 Vista della Scan Line del rilievo geo-meccanico Stop 4.

PARAMETRI													
Famiglia	Inclinazione $\alpha$ (°)	Immersione $\beta$ (azimut)	Apertura (mm)	Spaziatura (cm)	Persistenza (m)	Scabrezza (Jr)	Dimensione blocchi $J_v$ (giunti/m <sup>3</sup> )	Riempimento	Alterazione	Classe di permeabilità (Jw)	Permeabilità	Terminazione	Note
F1	35	220	2	20-60	5	3	6	c	Grado 3	0.66	III	xd	F1=Piano di strato
F2	60	230	4	60-200	2	2	2	c	Grado 3	0.66	III	xd	
F3	70	20	2	-	3.5	2	1	c	Grado 3	0.66	III	xx	Piano di faglia (PF1)

Tab 7-19: Parametri geomeccanici rilievo stop

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

## 8 ANALISI DEL TRACCIATO

---

In questo capitolo verranno descritte le caratteristiche topografiche e geologiche di dettaglio lungo l'asse del tracciato stradale. Per semplificare la descrizione il tracciato verrà suddiviso in diversi settori che inizieranno e termineranno in corrispondenza delle opere significative previste quali, gallerie e viadotti e opportunamente indicate con le progressive di riferimento indicate nei profili geologici allegati alla presente relazione.

Il tracciato consta di due profili geologici destro (dx) e sinistro (sx), ma vista la similarità delle caratteristiche di entrambi i profili si farà riferimento, per la seguente analisi, al solo profilo sx. Solamente per differenze sostanziali si farà riferimento ad entrambi i profili indicandoli opportunamente.

### **Tratta compresa tra la progr. 0+000.00 alla progr. 0+600.00**

Il tratto di progetto iniziale è interconnesso alla viabilità esistente Strada Statale 113 mediante la "Rotatoria Bagheria". L'allaccio alla SS113 dovrà sostenere un traffico importante, costituendo una alternativa alla A19 per entrare a Palermo. Per migliorare la funzionalità della rotatoria sono state quindi previsti alcuni rami di entrata a doppia corsia.

Dalla rotatoria "Bagheria" il tracciato, dopo un primo tratto in scavo dalla progressiva 0+000.00 fino alla progressiva 0+100.00, corre, dalla progressiva 0+100.00 alla progressiva 0+485.50 in rilevato, con altezze massime di 8.80m.

Dalla progressiva 0+485.50 alla progressiva 0+555.50 è prevista la realizzazione del ponte VI01\_FERROVIA, di lunghezza 70m

Tra la rotatoria Bagheria e il successivo svincolo A19 la strada assume la categoria "C1" (extraurbana secondaria).

Il tracciato insiste, con direzione da NNO a SSE, su un versante a bassa pendenza, degradante verso N. La morfologia si configura quindi come una superficie strutturale, correlata all'affioramento di un substrato sabbioso-calcareo con giacitura debolmente inclinata e immergente verso N.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

L'area pianeggiante è incisa dal corso del F. Eleuterio che scorre, con andamento meandri forme e corso incassato, a NO del tracciato, assumendo direzione NE-SO. La valle ha un tipico profilo a fondo piatto e, sulle scarpate delimitanti la valle, affiorano le testate degli strati calcarenitici.

Correlata alla debole pendenza ed al favorevole affioramento delle calcareniti è la stabilità morfologica dell'area. Non si rilevano infatti nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali e neanche, grazie alla morfologia della valle, pericoli di esondazione, come confermato dalla consultazione della cartografia del PAI.

I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S01\_PZ ed S02\_DH.

Il tracciato, come sopra detto, interessa un affioramento di calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRSd) con spessore di oltre 30 m, indagato dai sondaggi geognostici S01\_PZ ed S02\_DH.

Litologicamente si tratta di calcareniti a grana medio grossa e calciruditi, di colore da bianco a giallo-rossastro, a stratificazione incrociata, debolmente cementate. A causa della debole cementazione, le manovre di carotaggio hanno spesso obliterato l'originaria struttura e l'indice RQD è sempre risultato quasi sempre pari a zero. Le calcareniti spesso si rinvencono ricche di fossili quali molluschi, ostracodi, radioli di echinidi, foraminiferi bentonici e planctonici e con intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa. Talvolta si intercalano alla formazione debolmente cementata, livelli di Calcarenite da mediamente a ben cementate, di colore giallastro rossastro, molto porose, vacuolari, con cavità di forma da circolare ad allungata, del  $d_{max}$  0-1 cm, talora riempite di terreno residuale (fig.8.1).



Fig. 8-1 Sondaggio S01\_PZ. calcarenite CL

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Verso l'alto, nell'intervallo superiore della formazione, compreso tra il p.c. e la profondità di circa 10 m dal p.c., le calcareniti passano a sabbie variamente limose con intercalazione di sottili livelli calcarenitici, da centimetrici a decimetrici. Il passaggio è segnato dall'intercalazione di uno strato di limi argillosi (MRSe), variamente sabbiosi, avana, di spessore variabile tra 2,50 e 4,50 m, da consistenti a poco consistenti, con venature grigie, noduli di sabbia e talora fossili anche in frammenti (Fig.8.2).



*Fig. 8-2 Sondaggio S01\_PZ da 15 m a 20 m. Alternanza di sabbia calcarenitica SC e calcarenite CL*

Le sabbie con livelli calcarenitici a tetto per uno spessore variabile tra 3 m e 6 m sono ossidate ed alterate, con concrezioni calcaree, ed assumono colorazione rossastra.

Nell'area è stata eseguita tomografia sismica LS1, di lunghezza pari a 125m (fig.8.3). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che si approfondisce da 3 m a 6 m dall'inizio alla fine della sezione. Questo livello si presenta lateralmente eterogeneo con  $V_p$  variabile tra 500 m/s e 1000 m/s, ed è compatibile con la presenza delle terre rosse.

Al di sotto le sabbie e sabbie limose, fino a 14-15 m di profondità, sono caratterizzate da  $V_p = 1100$  m/s circa. Infine si osserva un sismostrato più rigido ( $V_p$  tra 1700 m/s e 2000 m/s) con pendenza verso il basso lungo la direzione di avanzamento, interpretabile con la presenza delle calcareniti.

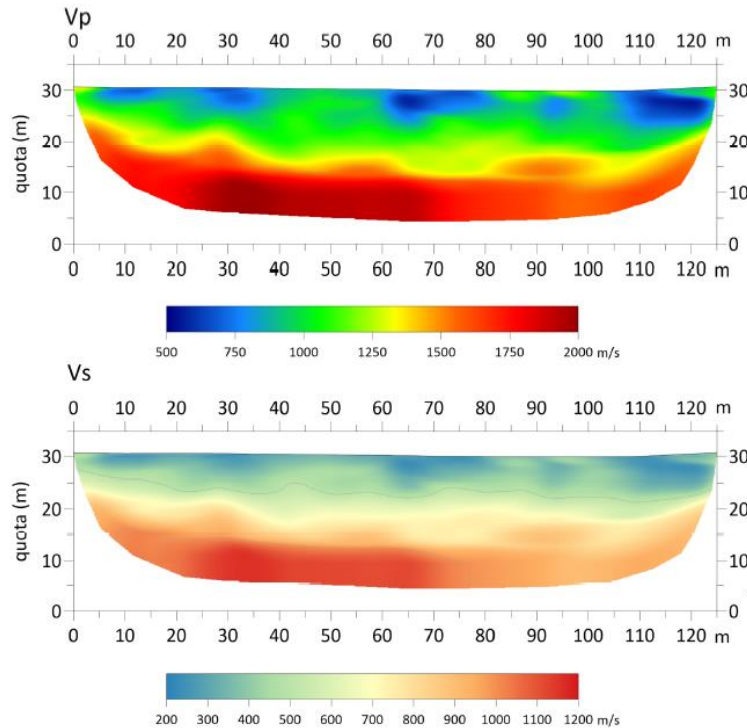


Fig.8-3 tomografia sismica LS1

La stratificazione della formazione generalmente risulta obliqua e con inclinazione variabile da 10° a 30°. L'immersione è generalmente verso Nord. Sono depositi del quaternario datati Emiliano – Siciliano per la presenza del fossile *Arctica islandica*.

La formazione è ricoperta da terreno vegetale con spessore variabile tra 20-30 cm, come evidenziato dal Pozzetto P1, e 80 cm come rilevato dal sondaggio S01Pz. Dalla progressiva 0+500.00 alla progressiva 0+555.50 le calcareniti del Sintema di Marsala sono ricoperte da circa 1m di terreno di riporto, costituito da limo variamente ghiaioso, poco addensato, come rilevato dal sondaggio S02 DH,

La formazione calcarenitico/sabbiosa è permeata da falda acquifera; in particolare è possibile ipotizzare la presenza di due falde acquifere: una superiore permeante le sabbie e sabbie variamente limose con intercalazione di sottili livelli calcarenitici, sostenuta a letto dal livello di limi argillosi (MRSe), ed una inferiore permeante le calcareniti; Il sondaggio S1PZ, attrezzato con piezometro a tubo aperto, che ha probabilmente messo in comunicazione le due falde, ha rilevato falda acquifera, con livello statico alla profondità di 28.40m dal p.c.

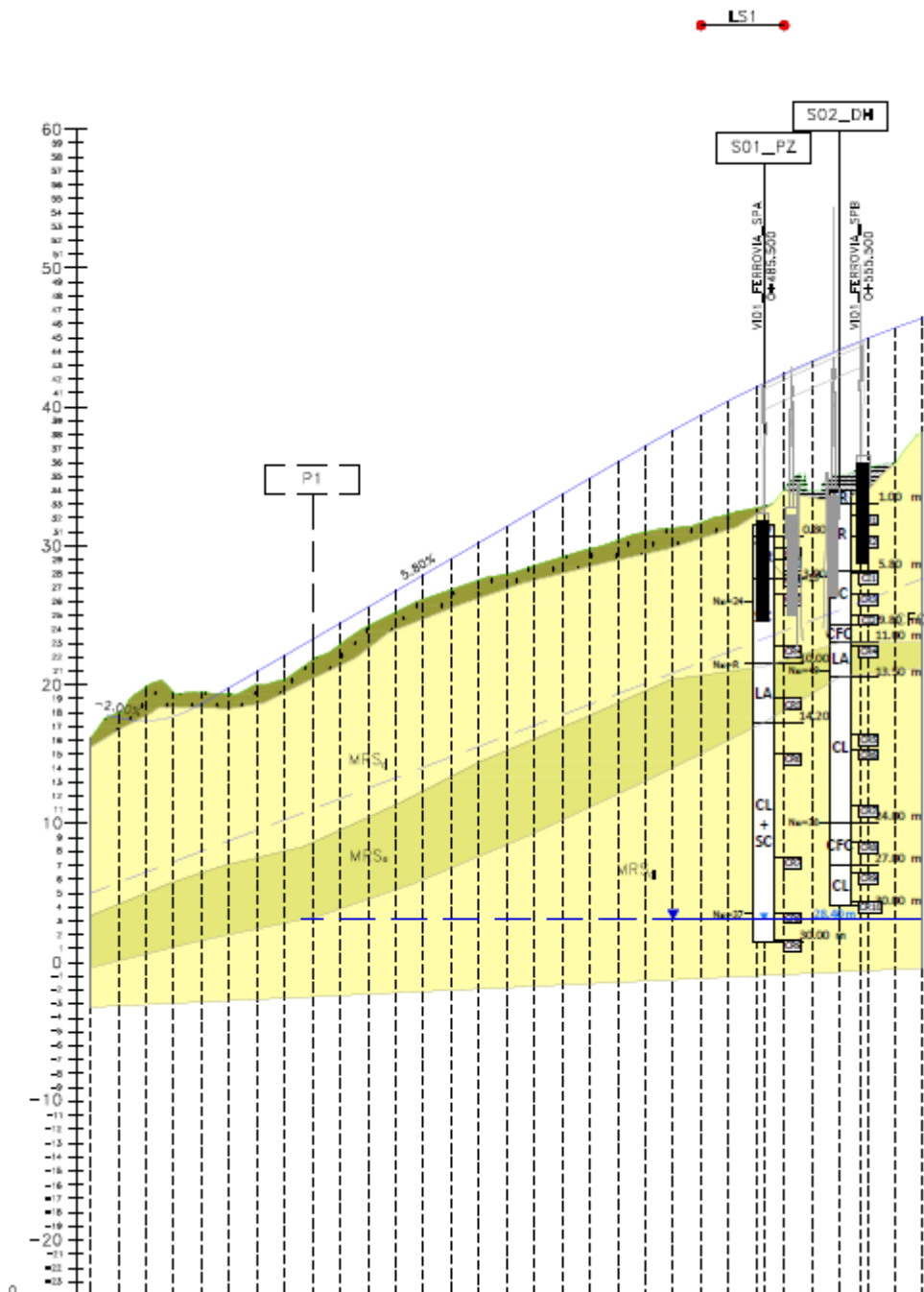


Figura 8-4: Profilo geologico tratto compreso tra la progressiva 0+000.00 e la progressiva 0+600.00



SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Facendo riferimento al profilo geologico (Fig.8.4), il tratto in scavo interesserà l'intervallo sabbioso-calcarenitico superiore della Form. Calcareniti di Palermo con addensamento medio.

Il tratto in rilevato insiste sull'intervallo alterato ed ossidato rossastro (terre rosse) della stessa formazione. Andrà previsto quindi uno scotico di 20cm di spessore dal p.c. di terreno vegetale ed una bonifica del rimanente spessore di terreno vegetale e dello strato più alterato a tetto delle terre rosse per uno spessore variabile tra 80 e 120 cm.

Per quanto riguarda il ponte VI01\_FERROVIA, di lunghezza 70m, andranno adottate fondazioni profonde del tipo pali trivellati. I pali di fondazione delle spalle e delle pile, dopo avere attraversato un livello di terre rosse di spessore medio pari a 4 m, insistono sui terreni e le rocce di natura calcarenitica. All'interno dei termini calcarenitici si rinviene uno strato di 2-4 m di limo argilloso mediamente consistente.

Andrà previsto nello scavo dei pali la presenza di livelli di spessore tra 3m e 5 m di calcarenite ben cementata e di elevata resistenza .

In particolare tali livelli sono stati individuati al di sotto della Pila 2 e della Spalla B in livelli di 3-4 m.

Gli scavi di imposta dei plinti di fondazione interesseranno il riporto e le Terre rosse.

La falda, molto profonda, si attesta a circa 28 m dal piano di campagna all'interno dei termini calcarenitico sabbiosi.

#### **Tratto compreso tra la progr. 0+600.00 alla progr. 1+564.00**

Il tracciato (*figura 8-5*), in questo tratto, prosegue in direzione SO sul versante con morfologia sopra descritta, degradante principalmente verso N e con una leggera inclinazione rivolta verso la sponda in destra idrografica del Torrente Ficarazzi. Non si rilevano nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali e neanche, grazie alla morfologia della valle, pericoli di esondazione, come confermato dalla consultazione della cartografia del PAI.

Dalla progressiva 0+600.00 alla progressiva 1+030.00 il tracciato corre in rilevato con altezza massima di 8.90m

Il tracciato interessa un affioramento di calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>) descritte per la precedente tratta.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

In particolare dal p.c. in profondità si rileva la successione di :

- ❑ terre rosse , alterate ed ossidate, per uno spessore di circa 5 m
- ❑ sabbie variamente limose con intercalazione di sottili livelli calcarenitici, da centimetrici a decimetrici, per un spessore di circa 5 m
- ❑ Calcareniti da mediamente a ben cementate, di colore giallastro rossastro, molto porose, vacuolari, con cavità di forma da circolare ad allungata, del dmax 0-1 per un spessore di circa 3 m
- ❑ Limi argillosi mediamente consistenti per uno spessore di circa 3 m
- ❑ Calcareniti da debolmente a ben cementate, di colore biancastro-giallastro, con intercalazione di livelli sabbiosi ben addensati

Il tratto in rilevato insiste sull'intervallo alterato ed ossidato rossastro ( terre rosse) della formazione di calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>) ricoperte da uno spessore di circa 20-30 cm di terreno vegetale ( Pozzetto P2). Andrà previsto quindi uno scotico di 20cm di spessore dal p.c. di terreno vegetale ed una bonifica dello strato più alterato a tetto delle terre rosse per uno spessore variabile tra 80 e 120 cm.

In prossimità della pk 1+000 è possibile rilevare la presenza di blocchi di calcilutiti della Fm. Scillato , di diametro variabile da decimetrico a metrico inglobati nelle terre rosse di alterazione del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>)

Dalla progressiva 1+030.00 alla progressiva 1+210.00 il tracciato prosegue in scavo, con profondità massime di scavo di circa 8 m.

Tale tratto dello scavo interessa argille sabbiose di colore marrone da moderatamente consistente a consistenti, indagate dal sondaggio SN1PZ. Sono presenti livelli da centimetrici a decimetrici di radiolariti fratturate di colore rossastro. A tratti la struttura è scagliettata.

Tali rocce sono ascrivibili alla Form. Scillato (SCTa). La Formazione Scillato, litologicamente, è costituita da spessori metrici di marne policrome e calciruditi ad elementi, anche decimetrici, spigolosi e per gran parte costituiti da frammenti di calcari con selce in una matrice marnosa giallastra a luoghi silicizzata. L'età è ricondotta al Carnico superiore – Retico p. -Triassico Superiore.

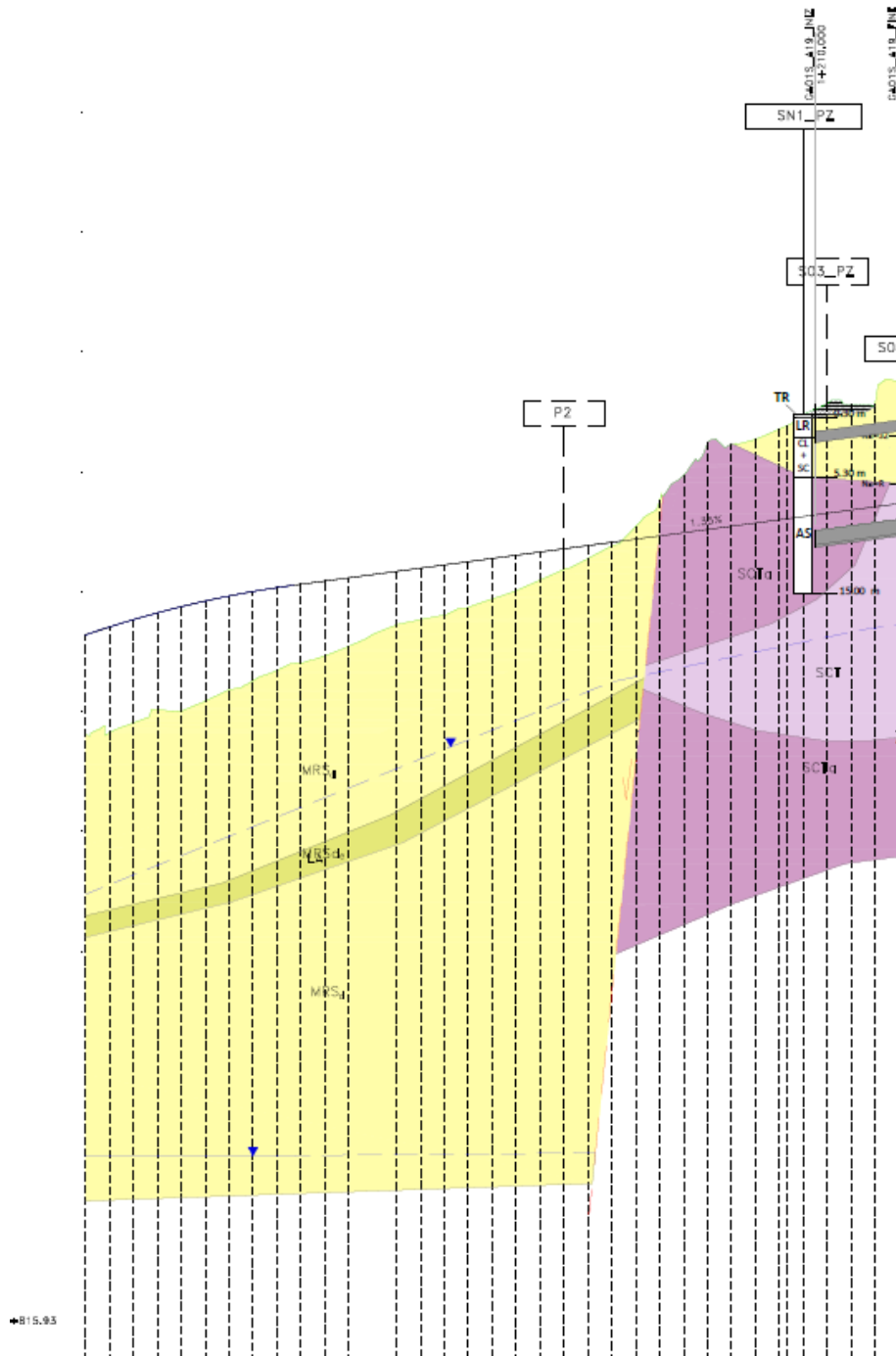



Figure 8-5: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 0+600.00 e la progressiva 1+280.00.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il contatto tra i litotipi delle due Formazioni MRS<sub>d</sub> e SCT<sub>a</sub> è imputabile ad una faglia diretta, non attiva, documentata nella cartografia ufficiale CARG nel foglio 595 Palermo, che mette a contatto i terreni più recenti del Sintema di Marsala con i terreni più antichi della Formazione Scillato.

### **Tratto compreso tra la progr. 1+210.00 alla progr. 1+280.00**

Dalla progressiva 1+210.00 alla progressiva 1+280.00 il tracciato prevede la realizzazione di una galleria artificiale, la GA01S\_A19, lunga 70m che passerà, quasi perpendicolarmente, al di sotto dell'attuale sede stradale dell'autostrada A19 PA-CT.

Lo scavo della galleria interessa nella metà superiore un affioramento di sabbie, calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>) di spessore variabile tra 5.30 m e 8 m mentre nella metà inferiore calcilutiti e calcareniti grigie con liste e noduli di selce presenti in sottosuolo sino alla profondità indagata di 30m dal p.c (fig.8.6).

Il contatto tra le due formazioni è discordante e la superficie di contatto del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>) sulla sottostante Fm.Scillato (SCT) è erosiva.


In particolare, facendo riferimento al sondaggio S04DH , i termini ascrivibili al Sintema di Marsala, interessati nella metà superiore dello scavo dalla superficie sino alla profondità di m 8 dal p.c. sono :

- ❑ Terre rosse , alterate ed ossidate, per uno spessore di circa 1.50 m
- ❑ Calcareniti da debolmente a ben cementate, di colore biancastro-giallastro, con intercalazione di livelli sabbiosi ben addensati sino a m 5.0
- ❑ Sabbie variamente limose con intercalazione di sottili livelli calcarenitici, da centimetrici a decimetrici di Calcareniti ben cementate, di colore giallastro rossastro, molto porose, vacuolari da 5 m a 8 m.

Andrà previsto nello scavo della galleria la presenza di livelli di spessore metrico tra 2m e 5 m di calcarenite ben cementata e di elevata resistenza .

I termini ascrivibili alla Fm. Scillato , interessati nella metà inferiore dello scavo dalla profondità di m 8 e terebrati sino alla profondità di 30 m sono costituiti da calcilutiti e calcareniti grigie, con liste e noduli di selce, intensamente fratturate con livelli di spessore da decimetrico a metrico di



SS 121 "Cataneſe"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

elevata resistenza . E' possibile la presenza di livelli marnosi di elevata consistenza, di spessore da decimetrico a metrico.

Lo scavo della galleria non interferisce con la falda acquifera; questa è stata rilevata dal piezometro S5 PZ alla profondità di m 21 dal p.c, permeante la Fm .Scillato, a profondità ben maggiori di quelle interessate dallo scavo della galleria.

E' possibile però ipotizzare la presenza di permeazioni al contatto tra le sabbie limose del Sintema di Marsala e le calcilutiti della Fm. Scillato.

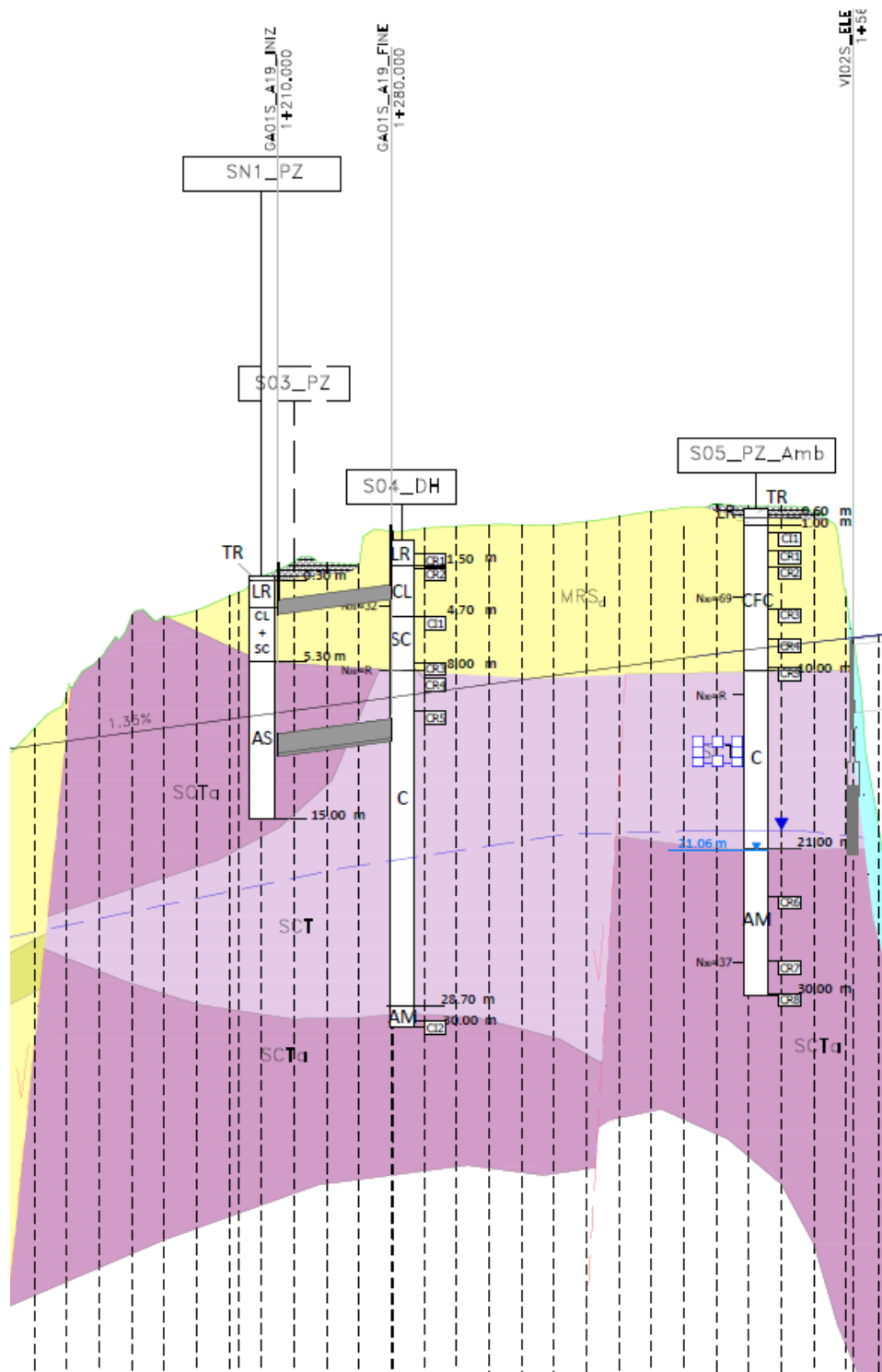


Figure 8-6: Profilo geologico tratto compreso tra la progressiva 1+210.00 e la progressiva 1+280.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dalla progressiva 1+280.00 alla progressiva 1+564.00 il tracciato procede in scavo. Lo scavo della trincea interessa un affioramento di calcareniti e calciruditi del Sintema di Marsala (MRS<sub>d</sub>) di spessore di circa 10 m che ricoprono in discordanza termini della formazione Scillato, presenti in sottosuolo sino alla profondità indagata di 30m dal p.c. (fig.8.8)

In particolare facendo riferimento al sondaggio S05\_pz, i termini ascrivibili al Sintema di Marsala, interessati dallo scavo della trincea dalla superficie sino alla profondità di m 10 dal p.c. sono :

- ❑ Terre rosse , alterate ed ossidate, per uno spessore di circa 1.00 m
- ❑ Calcareniti ben cementate, di colore rossastro da 1m a 5 m
- ❑ Calcareniti bioclastiche ben cementate, di colore giallastro con intercalazione di sottili livelli da centimetrici a decimetrici sabbiosi .

Andrà quindi prevista nello scavo della trincea la presenza di più livelli di spessore metrico, tra le profondità di 1m e 10 m di calcarenite ben cementata e di elevata resistenza .

Tai termini poggiano in discordanza su calcareniti grigie, a tratti carotate come sabbie, per l'intensa fratturazione, ascrivibili alla Fm. Scillato, presenti sino alla profondità di m 21 dal p.c. , passanti in profondità a marne grigio scure di elevata consistenza intensamente fratturate, anch'esse ascrivibili alla Fm. Scillato.

La tomografia sismica LS2, di lunghezza pari a 190 m, si estende tra il sondaggio S4DH e l'area ad Ovest dello stesso (fig.8.7). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore variabile da circa 5 m e 15 m. Questo livello mostra una V<sub>p</sub> variabile tra 600 m/s e 850 m/s, ed è compatibile con la presenza delle terre rosse e dei livelli superiori sabbioso-calcarenitici del Sintema di Marsala . Al di sotto di tale primo sismostrato si rileva un secondo sismostrato caratterizzato da V<sub>p</sub> tra 900 e 1250 m/s circa riferibile alle sabbie variamente limose con intercalazione di sottili livelli calcarenitici del Sintema di Marsala. Infine si osserva un sismostrato rigido (V<sub>p</sub> tra 1800 m/s e 2200 m/s) con pendenza verso l'alto lungo la direzione di avanzamento e quota del tetto che da z=45 m sale fino a z = 60 m. Questo livello è ascrivibile a calcilutiti e calcareniti grigie, con liste e noduli di selce, intensamente fratturate della Fm. Scillato.

Tale sismostrato in accordo ai rilievi di superficie tende ad avvicinarsi alla superficie di piano campagna.

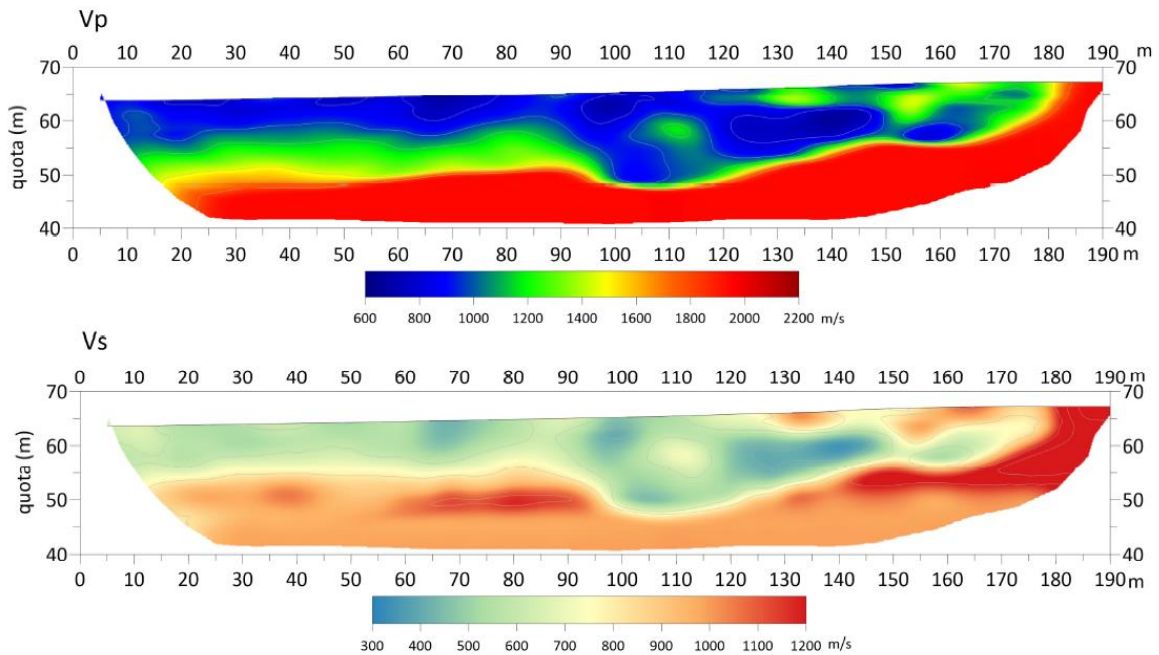


Figure8-7: Tomografia sismica dello stendimento LS2

Lo scavo della trincea, sulla scorta dei rilievi piezometrici effettuati nel piezometro S05\_pz non interferisce con la falda acquifera; nel piezometro infatti il livello statico della falda è stato rilevato alla profondità di m 21 dal p.c. , circa 10 m al di sotto del livello di scavo di base della trincea.

E' possibile però ipotizzare la presenza di permeazioni al contatto tra le sabbie limose del Sintema di Marsala e le calcilutiti della Fm. Scillato.



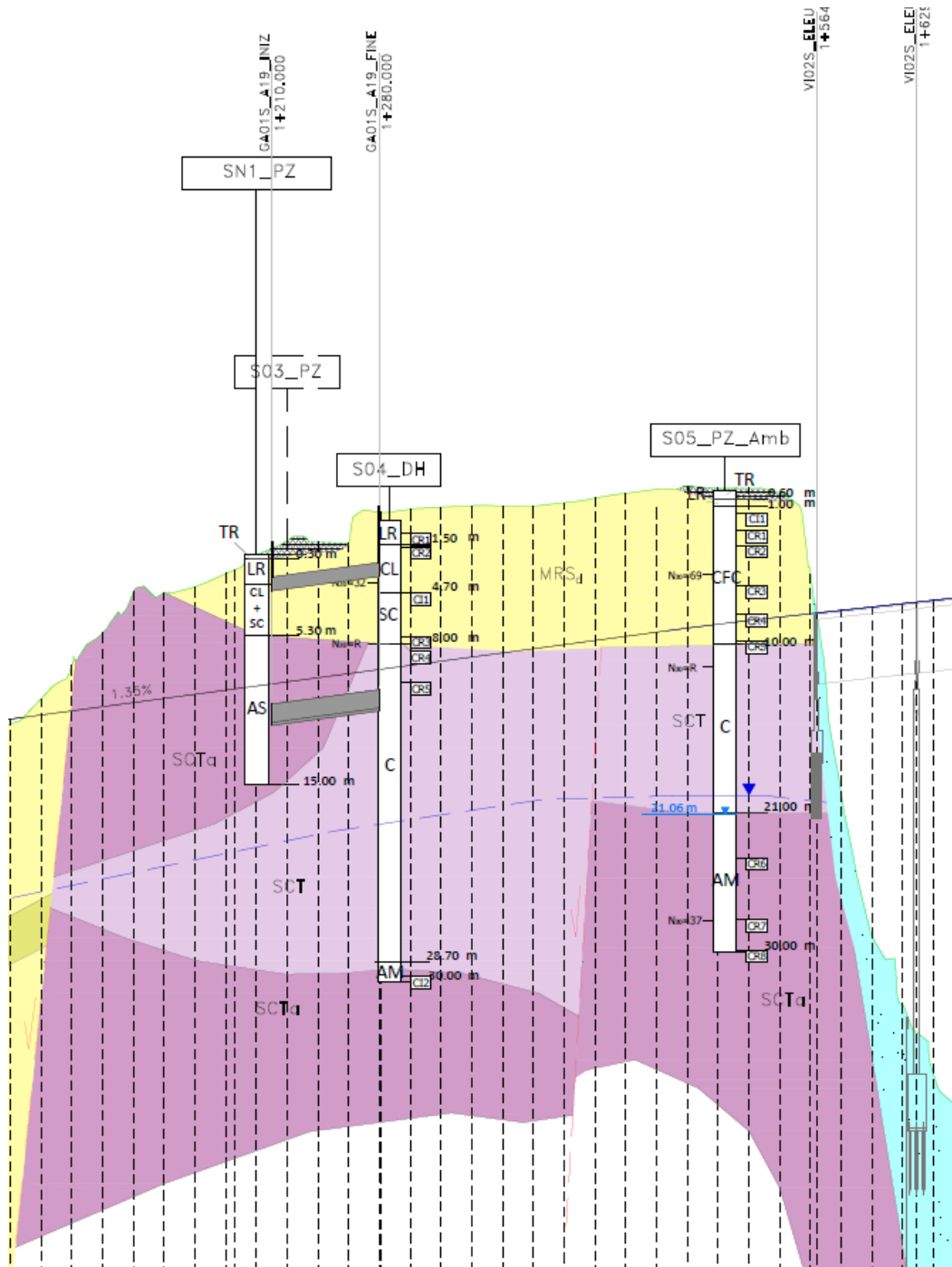



Figure 8-8: Profilo geologico tratto compreso tra la progressiva 1+280.00 alla progressiva 1+564.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Nuovo svincolo tra la SS121 e l'autostrada A19

Dalla progressiva 1+020.00 dell'asse principale si dipartono in direzione Est le rampe del nuovo svincolo tra la A19 e la SS121 che si colloca in posizione circa baricentrica tra gli esistenti svincoli di Bagheria e Villabate. La scelta della configurazione di svincolo si è orientata su un layout costituito da due semisvincoli a trombetta collegati da un ramo di scambi.

Il tracciato delle rampe dello svincolo corrono principalmente in rilevato ad eccezione di quelle che sottopassano l'autostrada A19 ( sottovia ST08\_SV02).

Non si rilevano nel tratto in studio, caratterizzato da una morfologia sub pianeggiante in leggero declivio verso Nord, dissesti né in atto né potenziali e neanche, grazie alla morfologia della valle dell'Eleuterio, ubicata ad Ovest del tracciato e profondamente incassata, pericoli di esondazione, come confermato dalla consultazione della cartografia del PAI. Solo nel tratto più orientale del progettato svincolo, in corrispondenza di una trincea dell'A19 si rileva dalle pareti calcaree intensamente fratturate distacco di blocchi con diametro dinore di 1 m (fig.8.9).

Lungo il tracciato di progetto non si hanno a disposizione indagini; sulla scorta dei rilievi di superficie è possibile stimare che sia i rilevati di progetto che lo scavo del sottovia interesserà una successione caratterizzata dalla presenza una coltre colluviale, che si accumula lungo il versante settentrionale del rilievo calcareo di M.Giancaldo, di spessore variabile tra 1 m e 5m a copertura del substrato costituito da calcilutiti e calcareniti grigie, con liste e noduli di selce, ascrivibili alla F. Scillato, come rilevato ne pozzetto P2 e PN2.

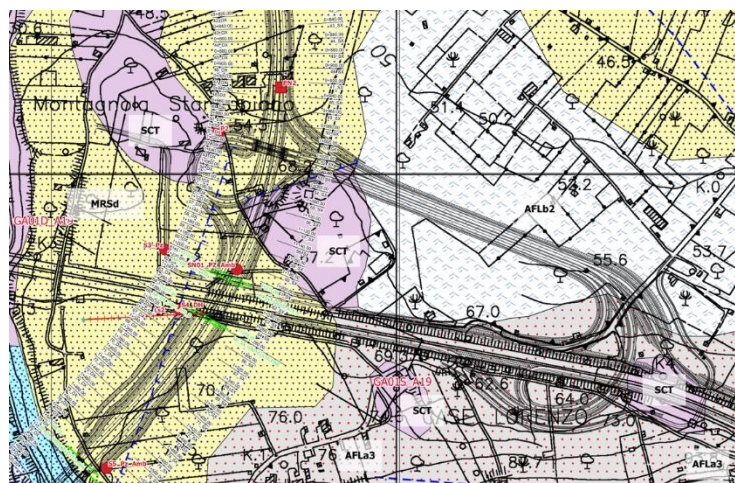




Figure 8-9: Stralcio della carta geologica nell'area dello svincolo tra la SS121 e l'autostrada A19

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

La coltre è litologicamente costituita da ghiaie e blocchi, a spigoli vivi e sub arrotondati, in matrice sabbioso-limosa rossastra, mediamente addensata.

Andrà previsto quindi uno scotico di 20 cm di spessore dal p.c. di terreno vegetale ed una bonifica del rimanente spessore di terreno vegetale e dello strato più alterato a tetto delle coltre colluviale .

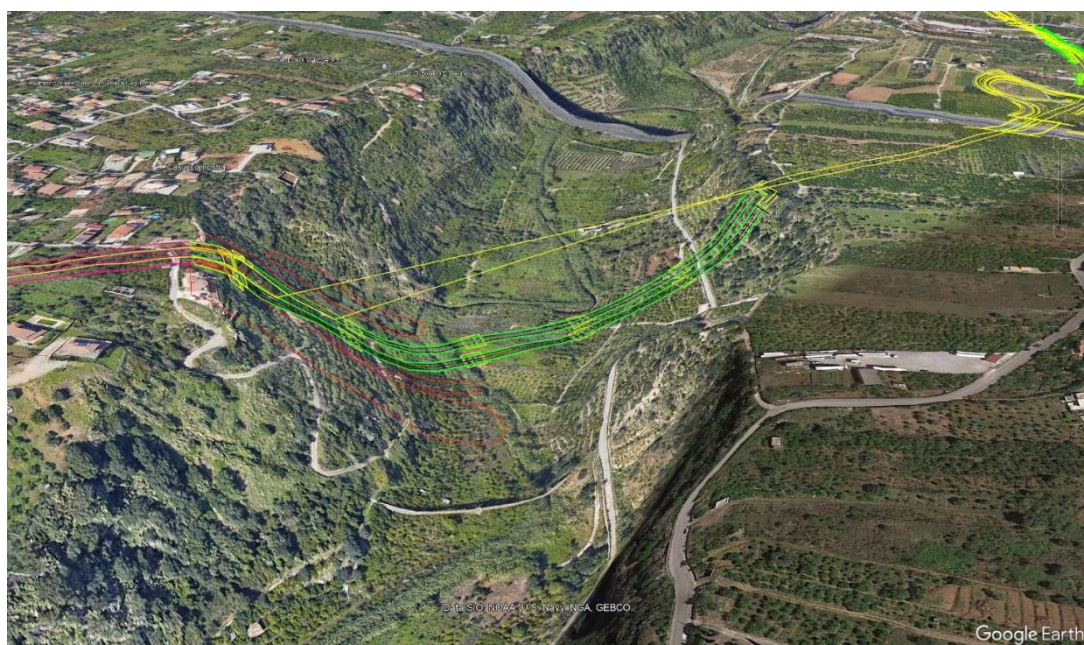
E' possibile estendere, per quanto riguarda la presenza della falda acquifera nel sottosuolo dell'area dello svincolo, le informazioni rilevate nel sondaggio S1PZ , attrezzato con piezometro a tubo aperto, che ha rilevato falda acquifera, con livello statico alla profondità di 28.40m dal p.c.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 1+564.00 alla progr. 1+989.00

In questo tratto il tracciato procede in direzione SO attraversando il corso del F. Eleuterio e prevedendo la realizzazione del viadotto VI02S\_ELEUT -1 con una lunghezza di 425m.

La morfologia dell'area fortemente è controllata dalla tettonica: il corso dell'Eleuterio, con sviluppo meandriforme, occupa una valle a fondo piatto, profondamente incisa, con un dislivello di circa 40 m rispetto alle sponde destra e sinistra, impostata su un graben, e delimitata da ripide pareti su cui affiorano differenti formazioni geologiche (*figura 8-10*).



*Figure 8-10: Foto aerea da Google Earth della valle del F. Eleuterio nell'area del viadotto VI02S\_ELEUT -1*

L'acclività delle pareti delimitanti la valle fluviale e lo stato di fratturazione connesso con la struttura tettonica del graben dell'Eleuterio favoriscono il dissesto delle pareti stesse.

L'individuazione delle aree in frana è stata inizialmente basata sull'analisi di immagini telerilevate tratte da Google Earth. A tale primo rilievo è seguito un successivo riconoscimento sul terreno, condotto tramite il rilievo delle evidenze geomorfologiche ed in particolare di tutti quegli elementi quali gradini, ondulazioni, fratture, coperture detritiche, incisioni, rotture di pendio associate contropendenze, versanti concavo-convessi, disordine nel reticolo di drenaggio, superfici di rottura, accumuli di materiale alla base dei versanti, deviazioni localizzate dell'andamento dei corsi d'acqua, che potessero denotare la presenza di dissesti morfologici. L'analisi in ambiente GIS del modello altimetrico digitale (DTM) disponibile per l'area, ha



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

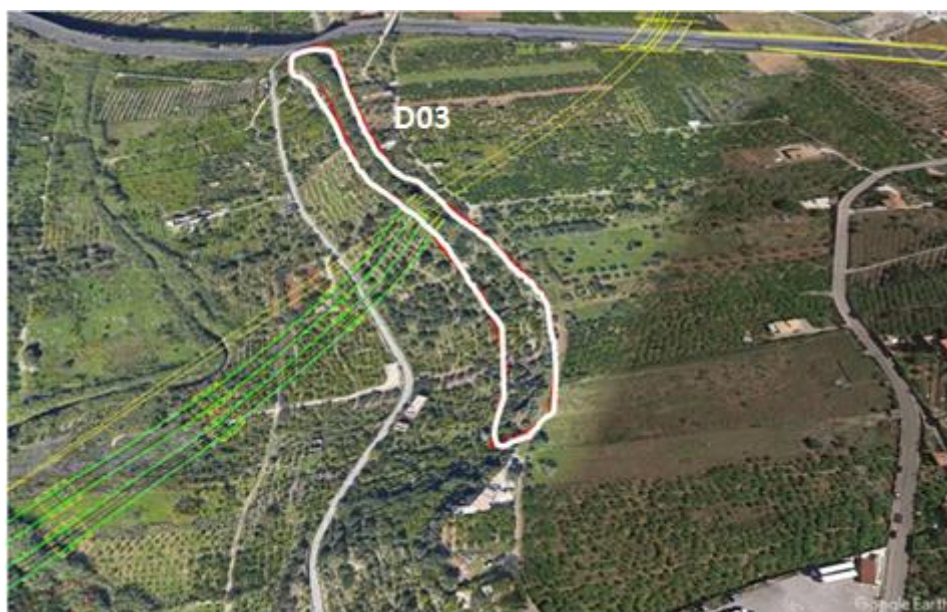
consentito una analisi più accurata della distribuzione delle pendenze e dell'esposizione dei versanti . Al fine di ricostruire l'assetto morfologico dell'area in studio e delle sue linee evolutive è stato ricostruito un modello digitale del terreno (cella 2 m x 2 m) vincolato a terra a seguito di attenti sopralluoghi.

A completamento delle indagini sopra indicate, per definire il comportamento deformativo dei versanti interessati dal tracciato di progetto, ed a seguito di una richiesta di maggior approfondimento che apportasse il maggior numero di riscontri obiettivi alle osservazioni di campagna, è stata effettuata un'analisi delle misure dei movimenti del terreno ottenute mediante interferometria SAR (Synthetic Aperture Radar) satellitare . I dataset consultati sono stati ottenuti elaborando immagini acquisite dalla costellazione di satelliti Sentinel-1 dell'ESA, tramite la tecnica multi-interferogramma SqueeSAR.

Sulla scorta della sovrapposizione di tali fasi di ricerca è stato rivisto l'assetto geomorfologico dei versanti dell'area di progetto. In particolare si rilevano dissesti sia sulla sponda destra , su cui insiste la spalla A del Viadotto VI02S\_ELEUT, che sulla sponda sinistra su cui insiste la spalla B.

Sulla sponda destra, su cui insiste la spalla A, si rileva un fenomeno di degradazione in arretramento della scarpata, di circa 20m di altezza, impostata sui terreni delle Calcareniti di Palermo (MRS<sub>d</sub>) che può generare fenomeni di crollo/ribaltamento .

Il dissesto è stato rilevato sul campo , individuato con la sigla D03, non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Si estende dalla progressiva 1+540.00 alla progressiva 1+580.00, intersecando il tracciato in corrispondenza della spalla A del Viadotto Eleuterio 1 (fig.8.11).



*Figura 8-11: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto è classificabile con una frana di crollo ed è localizzato sulla scarpata sub verticale che costituisce la sponda destra del fiume Eleuterio, nel territorio del Comune di Misilmeri (PA). Il dissesto presenta in pianta una forma allungata, con estensione di circa 480 m e dimensione trasversale di di circa 15 m.

È possibile riconoscere, sebbene la parete non sia accessibile per i rilievi geomeccanici, la presenza in affioramento di calcareniti organogene, a copertura trasgressiva di calcari biancastri, caratterizzate dall'intersecarsi dei piani di discontinuità di stratificazione sub orizzontali con piani di frattura sub verticali od inclinati variamente orientati. Tal sistemi di frattura originano blocchi di volume variabile tra pochi  $\text{dm}^3$  e  $1 \text{ m}^3$ , in condizioni di equilibrio precario. Sono presenti varie nicchie di distacco e si riconoscono blocchi ai piedi del versante.

Dai rilievi di campo sono stati individuati blocchi sub-sferici e prismatici lungo tutto il versante, visibili anche dall'immagine satellitare del 2007 ricavata da Google Earth Pro .

La spalla SP-A del viadotto VI02S\_ELEUT-1, non è interessata dal fenomeno sopra descritto, in quanto, il pendio viene risagomato nel corso degli scavi fino a raggiungere una configurazione stabile.

**L'area di imposta della spalla A** è stata indagata con il sondaggio S5\_PZ\_Amb; le sue fondazioni insistono sui terreni della Formazione Scillato, ricoperti a tetto da un detrito di falda costituito da ghiaie in matrice limo-argillosa. Litologicamente la Fm.Scillato è costituita da

calcilutiti e calcareniti grigiastre a luoghi laminate in strati, da centimetrici a decimetrici, con rari liste e noduli di selce di colore variabile (SCT). In particolare il sondaggio S5 ha rilevato, sino dalla profondità di circa 11 m dal p.c., la presenza di calcareniti di colore grigio chiaro, a grana molto fina, fratturate (talora carotate come sabbie). Sono presenti discontinuità variamente orientate, con superfici scabre, da ondulate a irregolari, con patine di alterazione giallastre.

Alla profondità di 21 m dal p.c, la calcarenite passa ad argille marnose di colore grigio scuro, e di elevata consistenza, intensamente fratturate e/o scagliettate; le stesse sono state terebrate sino alla profondità di m 30 dal p.c. A tratti la struttura è a scaglie di piccole dimensioni, di forma prismatica, con superfici debolmente lucide (fig.8.12).

I terreni della Fm. Scillato sono permeati da falda acquifera con livello statico rilevato a m 21 dal p.c; tale falda acquifera viene a giorno nel versante che delimita l'incisione dell'Eleuterio, permeando il detrito di falda presente sul versante stesso e scorrendo quindi in sottosuolo verso l'incisione dell'Eleuterio. . Per la spalla A andranno adottate fondazioni indirette del tipo plinti su micropali.

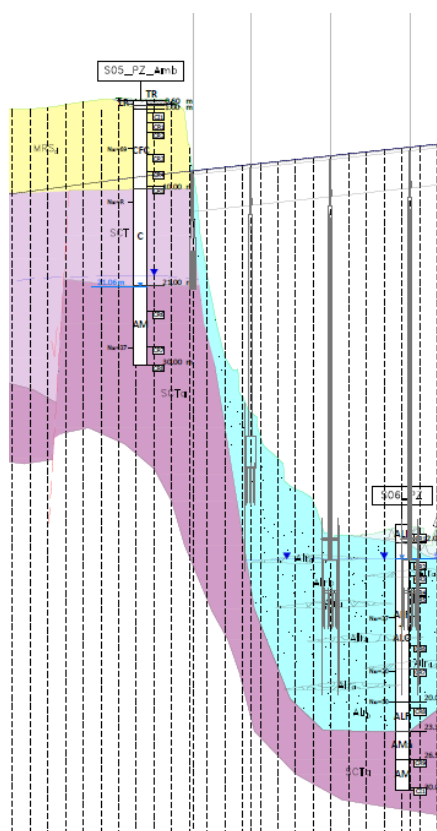



Figura 8-12: Stralcio del profilo geologico nell'area della spalla A del Viadotto Eleuterio

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Sulla sponda sinistra dell'Eleuterio si rilevano due dissesti individuati con le sigle D07 e D08.

### **Dissesto D07**

Il dissesto è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Interferisce direttamente con il tracciato e si estende trasversalmente allo stesso all'altezza delle progressive 1+900.00 -1+980.00 (fig.8.13)



*Figura 8-13: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto, oggi stabilizzato per terrazzamento antropico della superficie, può essere ascritto ad una frana per colamento, interessante la coltre di copertura del versante; presenta una forma allungata in direzione ENE-OSO e senso di scorrimento verso E lungo la direzione di massima pendenza, con lunghezza pari a circa 180 m e larghezza massima trasversale di circa 50 m. L'analisi interferometrica SAR mostra valori apprezzabili di movimento esclusivamente nell'area del piede del dissesto a confine con il corso dell'Eleuterio nell'ottobre 2019, con spostamenti massimi di 1-2 mm/anno; nell'anno 2023 non si riconoscono movimenti di alcun tipo.

Lo spessore del materiale di coltre rimaneggiata coinvolto nel dissesto ricavato dagli stendimenti sismici LS3a ed LS3b effettuati sul versante a mezzacosta è stimabile in 2-3m .

Sebbene terrazzato e mantenuto dal punto di vista agricolo, una riattivazione di tale dissesto potrebbe interferire sulle aree di realizzazione della pila PI04 e della spalla B del viadotto VI02S\_ELEUT-1 per questa ragione andranno previste delle opere a protezione delle aree interessate dagli scavi delle fondazioni.



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Dissesto D08**

Il dissesto D08 è stato rilevato sul campo e non viene censito negli inventari ufficiali di riferimento. Non interferisce direttamente con il tracciato e si estende parallelamente allo stesso all'altezza delle progressive 1+940.00 -2+000.00 (fig 8.14).



*Figura 8-14: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Il dissesto, oggi stabilizzato per terrazzamento antropico della superficie, può essere ascritto ad una frana per colamento, interessante la coltre di copertura del versante; presenta una forma allungata in direzione NE-SO e senso di scorrimento verso NE lungo la direzione di massima pendenza, con lunghezza pari a circa 180 m e larghezza massima trasversale di circa 50 m. L'analisi interferometrica SAR mostra valori apprezzabili di movimento esclusivamente nell'area del piede del dissesto a confine con il corso dell'Eleuteri, sia nell'ottobre 2020 che nel settembre 2023, con spostamenti massimi di 1-2 mm/anno.

Il dissesto D08 è stato indagato dallo stendimento sismico LS3c; lo spessore del materiale di coltre rimaneggiata coinvolto nel dissesto ricavato dallo stendimento sismico è stimabile in 6-7 m. Lo stesso è ubicato su un versante di media pendenza su cui affiorano i terreni della Formazione Caltavuturo (CAL) nella parte alta del versante, i terreni della Formazione Crisanti (CRI4) a mezzacosta e nella parte finale affiorano le alluvioni recenti dell'Eleuterio (ALra)

Il dissesto non interferisce con il tracciato; l'area della originaria corona di frana, oggi comunque stabilizzata, si avvicina all'area dell'imbocco della galleria GN01D\_CANNITA, area in cui è prevista la realizzazione di una berlinese di consolidamento.

L'area di imposta della spalla B è stata indagata con il sondaggio S07\_DH; le sue fondazioni insistono sui terreni della Formazione Caltavuturo, ricoperti a tetto da un detrito di falda costituito da ghiaie in matrice limo-argillosa (fig.8.15).

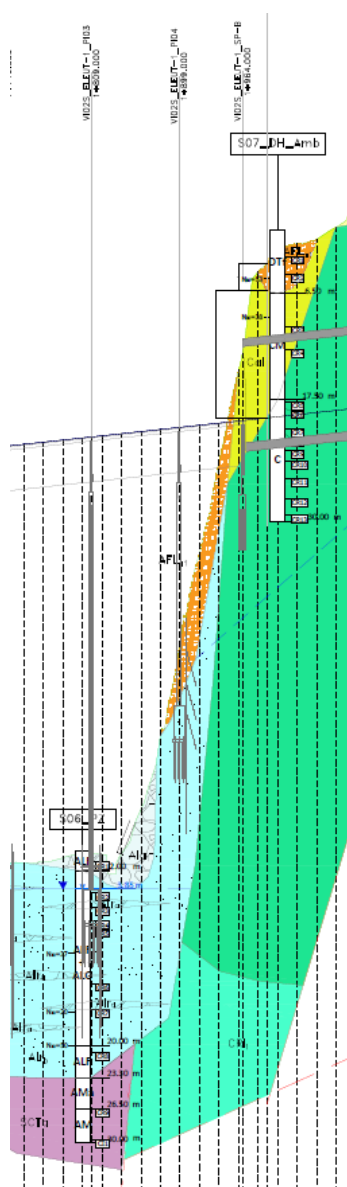


Figura 8-15: Stralcio del profilo geologico nell'area della spalla B del Viadotto Eleuterio

Litologicamente la Formazione Caltavuturo (CAL) è costituita da calcilutiti e calcari marnosi alternati a marne argillose, talora foliate, di colore rosso vinaccia, talora rosate e bianche in strati

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

centimetrici con laminazioni parallele e noduli di selce L'età viene attribuita tra il Paleocene superiore e l'Oligocene inferiore.

Il sondaggio S07DH, al di sotto di una copertura detritica di spessore di circa 6,50 m, ha rilevato la presenza di marne calcaree e calcari marnosi di consistenza lapidea sino alla profondità di 17,50 dal p.c.a, di colore variabile dal grigio chiaro al rossastro, al verde. A tratti sono presenti discontinuità da sub-verticali a 45°, talora riempite di calcite secondaria.

A 17,50 m i calcari marnosi poggiano su calcari di colore grigio chiari e rossastri, a grana molto fina, carotati come ghiaie e sabbie calcaree nell'intervallo tra 17,50 e 21.80 m, attribuibili alla Formazione Cristanti (CRI<sub>4</sub>) e terbrati sino all' profondità di 30 m. L'età attribuita a questa formazione è Cenomaniano-Maastrichtiano.

La falda acquifera permea la Fm.Crisanti, in corrispondenza della Spalla B, a profondità di circa di 27m dal p.c ; tale falda acquifera, similmente a quanto avviene nel versante opposto, viene a giorno, permeando il detrito di falda presente sul versante stesso e scorrendo quindi in sottosuolo verso l'incisione dell'Eleuterio.


Anche per la spalla B andranno adottate fondazioni indirette del tipo plinti su micropali.

**Le pile del viadotto** insistono sui depositi alluvionali del F.Eleuterio .

Litologicamente si tratta dei depositi alluvionali recenti, costituiti da elementi a granulometria limo-sabbiosa (ALrb) intercalati da lenti con elementi a granulometria più grossolana, ghiaia sabbiosa (ALra). A questi depositi viene attribuita età Olocene (fig.8.18).

La coltre alluvionale è stata indagata con il sondaggio S06\_PZ e dagli stendimenti sismici LS3a, LS3b ed LS3c.

Lo spessore massimo terbrato della coltre è di 23.30m, come indicato dal sondaggio S06 Pz. La tomografia sismica LS3a (fig. 8-17), di lunghezza pari a 125 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S6 ubicato all'estremità Sud dello stendimento. E' presente un sismostrato superficiale con spessore variabile da 1 m a 5 m e valori di Vp variabile tra 600 m/s e 900 m/s, compatibile con la presenza di limi sabbiosi. Al di sotto sono presenti alternanze di materiali alluvionali immersi in matrice limo-sabbiosa e limi argillosi. Questi terreni non mostrano netti contrasti di velocità sismica, come evidenziato dall'aumentare graduale di quest'ultima fino alla massima profondità indagata.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

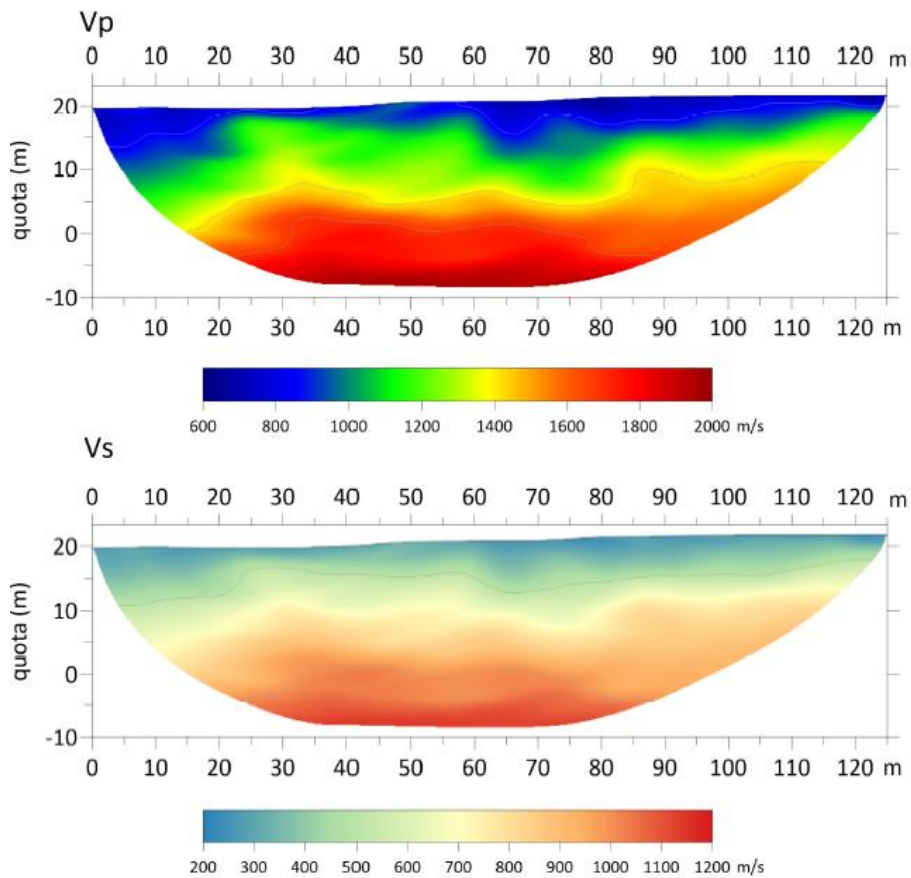
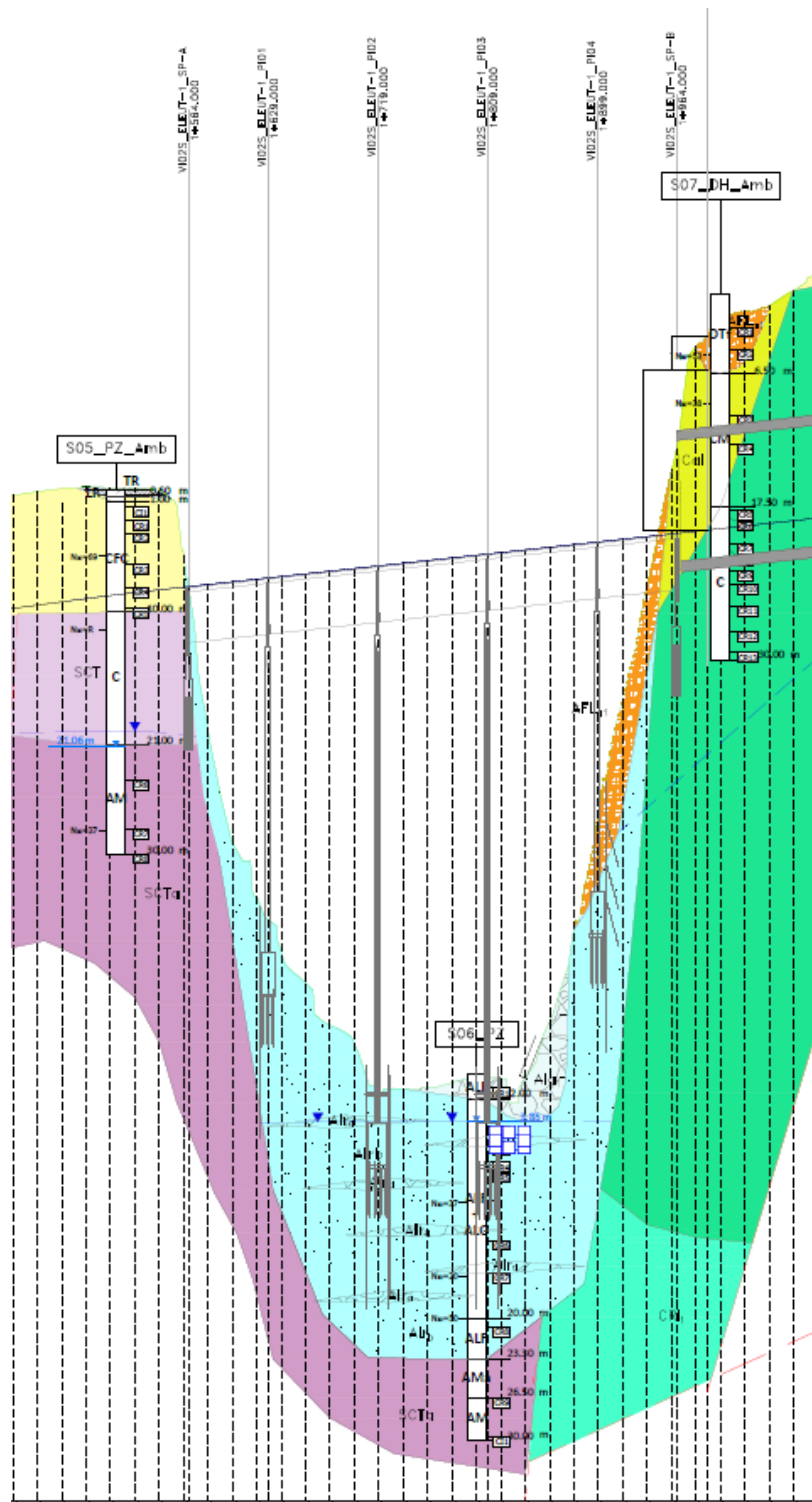


Figure 8-17: Tomografia sismica dello stendimento LS3a

La coltre alluvionale è permeata da una falda acquifera freatica con livello di falda di -3.85m rispetto al p.c. come ricavato dal sondaggio S06\_PZ.

Tale falda , che permea il materasso alluvionale e che scorre verso Nord seguendo il corso dell'Eleuterio verso mare, si distingue dalla falde acquifere permeanti il substrato dei fianchi destro e sinistro del Fiume, falde che alimentano il trabocco verso le coltri colluviali e detritiche presenti sui fianchi stessi (fig.8.18).





- Figure 8-18 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 1+564.00 e la progressiva 1+989.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 1+964.00 alla progr. 3+045.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione della galleria GN01\_CANNITA con una lunghezza di 1081 m. La galleria è composta da due canne separate, sx in direzione Palermo e dx con direzione Bolognetta e presenta coperture massime, riferite in chiave di calotta, pari a circa 100 m.

In SX Lato Palermo, dopo 7.60 m relativi al becco di flauto, si hanno 17.4 m di tratto in artificiale; lato Bolognetta, 25 m sono relativi al becco di flauto, 20 m al tratto in artificiale, ed i rimanenti 1011 sono in naturale.

Dalla progressiva 1+964.00 alla progressiva 2+260.00 ha una direzione SSO dopo tale progressiva fino a fine tratto la galleria prosegue in direzione SO. L'imbocco della galleria lato NE si imposta sul versante in sinistra idrografica della valle del Fiume Eleuterio ad una quota di circa 63m s.l.m., a circa 1km a NE di Pizzo Cannita. L'imbocco SO della galleria ricade in C.da Feotto Cannita a quota di circa 78 m s.l.m.

#### **Imbocco Nord Est**

L'imbocco NE della galleria, interessato dalla realizzazione della galleria artificiale interesserà i terreni della Formazione Caltavuturo (CAL), costituiti da marne calcaree ed argilose e calcari marnosi, di consistenza lapidea, a frattura concoide, di colore variabile dal grigio chiaro al grigio scuro, al violaceo, con bande e venatura rosa, con discontinuità da sub-verticali a 45°, talora riempite di calcite secondaria .

Le rocce mostrano giacitura a franapoggio immergente verso NO, con pendenza di circa 35°, che influenza negativamente la stabilità degli scavi.

L'area dell'imbocco è stata terebrata con il sondaggio S07 DH che ha rilevato, a copertura del substrato costituito dalla Fm . Caltavuturo, la presenza di un detrito di falda presente sul versante litologicamente costituito da detrito etrometrico a grana grossolana di natura prevalentemente carbonatica, in matrice limosa e sabbia, addensato e permeato da falda acquifera.

Il sondaggio S07DH, al di sotto di una copertura detritica di spessore di circa 6,50 m, ha rilevato la presenza di marne calcaree e calcari marnosi di consistenza lapidea sino alla profondità di 17,50 dal p.c.a, di colore variabile dal grigio chiaro al rossastro, al verde. A tratti sono presenti discontinuità da sub-verticali a 45°, talora riempite di calcite secondaria.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

A 17,50 m i calcari marnosi poggiano su calcari di colore grigio chiari e rossastri, a grana molto fina, carotati come ghiaie e sabbie calcaree nell'intervallo tra 17,50 e 21.80 m, attribuibili alla Formazione Crisanti (CRI<sub>4</sub>) e terebrati sino alla profondità di 30 m. L'età attribuita a questa formazione è Cenomaniano-Maastrichtiano.

La falda acquifera permea la Fm.Crisanti, con livello rilevato a profondità di circa di 27m dal p.c . Il versante è interessato da dissesti superficiali, attualmente stabilizzati (D07 e D08) a seguito di terrazzamento del versante stesso, classificabili come colamenti (fig.8.18) .

### Galleria naturale

La galleria naturale dello sviluppo di 1011 m interessa in sottosuolo il rilievo di Pizzo Cannita. Pizzo Cannita costituisce, dal punto di vista strutturale una scaglia tettonica sud-est vergente con sovrapposizione, per faglia inversa, di breccie dolomitiche di colore bianco grigiastro vacuolari e fratturate, ascrivibili alla Formazione Fanusi (FUN) del Lias inferiore, su argilliti ed argille marnose grigie, talora manganeseferi, scagliettate, a tratti intensamente fratturate, con livelli centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine, ascrivibili al Membro di Portella Colla della Fm. del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) dell'Oligocene superiore – Miocene inferiore.

. Il sovrascorrimento si sviluppa in direzione circa ONO –ESE e le dolomie della Fm.Fanusì sono deformate a costituire una struttura anticlinale di rampa (fig.8.19).

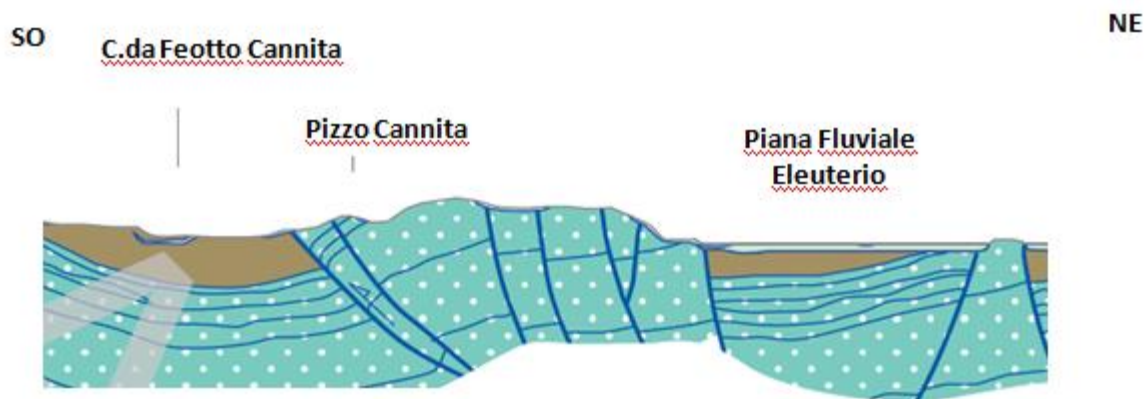



Figura 8-19 Schema geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 1+964.00 e la progr. 3+045.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Tale struttura, l'anticlinale di rampa, è complicata da una serie di faglie dirette e listriche che ribassano il suo fianco settentrionale a formare la depressione tettonica (graben) su cui è impostato il corso del F. Eleuterio, mettendo a contatto per faglia le dolomie della F.Fanusi con i sovrastanti calcari e radiolariti delle Fm. Crisanti .

Descrivendo la successione dei terreni interessata dallo scavo della galleria "Cannita" , sulla scorta dei rilievi e delle indagini eseguite costituite dai sondaggi S07\_DH\_Amb, S08\_PZ\_Amb, SN2 ed S11\_PZ\_Amb e dagli stendimenti sismici LS4a, LS4b, LS4c, procedendo dall'imbocco NE verso quello SE avremo quindi:

Dalla progressiva 1+980.00 alla progressiva 2+200.00 si riscontra il passaggio litologico dalla Formazione Caltavuturo alla Formazione Crisanti, in particolare del Membro delle breccie a Rudiste (CRI<sub>4</sub>) litologicamente costituito da calcari di colore grigio chiaro, a grana molto fina, fratturato, talora vacuolare, con discontinuità variamente orientate, con superfici scabre, da ondulate a irregolari e con patine di alterazione giallastre. La Fm. Crisanti CRI<sub>4</sub> è stata terebrata dal sondaggio S08\_pz. Alla profondità di 8 m dal p.c. si rileva la presenza di una fascia intensamente fratturata, con perdita della circolazione di perforazione.

L'indice di qualità RQD è compreso tra 5% e 79%. Nella tabella sottostante (tab.8.1) è sintetizzata la variazione lungo la verticale del sondaggio

Sondaggio	da m	a m	SIGLA	RQD (%)
S08	1	2.5		11
	2.5	4		8
	4	6		5
	6	8.5		31
	8.5	10		79
	10	12		66
	12	20		16

Tabella 8.1 Valori dell'Indice di Qualità della roccia RQD- Fm . Crisanti

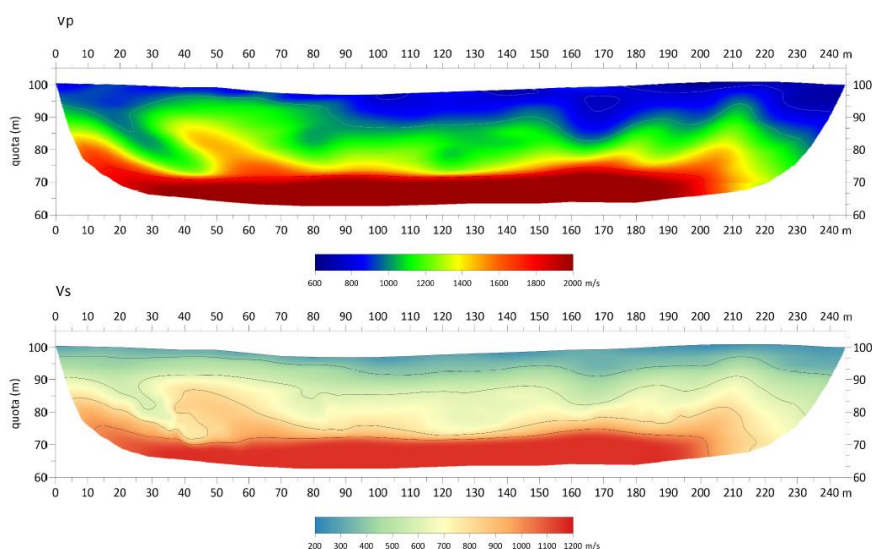
Dalla progressiva 2+200.00 alla progressiva 2+740.00 la galleria interseca il Membro delle della Formazione Crisanti (CRI<sub>1</sub>), costituito da radiolariti intensamente alterate e tettonizzate, carotate nelle dimensioni della ghiaia fina e della sabbia grossa in matrice limosa, di colore prevalentemente nerastro. Il contatto tra i due membri della stessa formazione non è stratigrafico ma tettonico, infatti una faglia diretta mette a contatto la CRI<sub>4</sub> di età più recente rispetto alla



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

CRI<sub>1</sub>. La formazione è stata terebrata dai sondaggi SN2 e S9\_pz . La percentuale di carotaggio è sempre risultata molto bassa; l'indice RQD pari a zero, tranne nell'intervallo 12-15 m lungo il sondaggio S9\_PZ, dove si è ottenuto RQD = 5%.

Nell'area è stata effettuata la tomografia sismica LS4a ha una lunghezza pari a 245 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore irregolare, da 5 a 20 m, caratterizzato da valori di Vp tra 600 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto un sismostrato ad andamento ondulato e velocità comprese 1000 m/s e 1400 m/s. Una netta discontinuità laterale è presente tra x =40 m e x = 60 m, con un'intercalazione di terreni a minore consistenza; tale discontinuità segna il contatto per faglia tra la Fm. Crisanti (CRI3) e le sabbie del Sintema di Marsala (MRSd). A circa z = 70 m si individua il tetto di un basamento più rigido, con velocità Vp maggiori di 1800 m/s (fig. 8.20).



*Figure 8-20: Tomografia sismica dello stendimento LS4a*

Dalla progressiva 2+740.00 alla progressiva 3+000.00, che segna la fine della galleria, si ha un ulteriore contatto, anch'esso tettonico e dovuto alla presenza di una faglia diretta che porta a contatto le radiolariti della Formazione Crisanti, più recente, con i terreni della Formazione Fanusi (FUN), più antica, costituiti da brecce dolomitiche e calcari bianco-grigiastri, intensamente fratturati, di colore variabile dal grigio al biancastro, con cavità di dimensioni anche decimetriche riempite di terreno residuale.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

La Formazione Fanusi è stata terebrata dal sondaggio S11\_pz che ha carotato dolomie e calcari grigio-biancastri dalla profondità di 5.80 sino alla profondità massima terebrata di 30 m dal pc. E' stata rilevata la presenza di cavità tra le profondità di 12.50 -12.90, 16.00-16.80 e 22,50-23,50. Tra le profondità di 26m e 30 m ( area di calotta) le dolomie sono state carotate sotto forma di ghiaia per l'intensa fratturazione. L'indice RQD lungo la verticale del sondaggio S11 pz è estremamente variabile in dipendenza del grado di fratturazione, con valori compresi tra zero ed un massimo del 22% (tab. 8.2)

Sondaggio	da m	a m	SIGLA	RQD [%]
S11_PZ_Amb	6.5	9.2	Cf	4
S11_PZ_Amb	9.2	10.5	Cf	18
S11_PZ_Amb	10.5	12.5	Cf	22
S11_PZ_Amb	12.9	16	Cf	5
S11_PZ_Amb	16.8	18	Cf	0
S11_PZ_Amb	18	20	Cf	10
S11_PZ_Amb	20	30	Cf	0

Tabella 8.2 Valori dell'Indice di Qualità della roccia RQD – Fm. Fanusi

Nell'area di affioramento della Fm.Fanusi sono stati eseguiti rilievi geomeccanici che hanno evidenziato l'estremo stato di fratturazione e deformazione tettonica delle dolomie e dei calcari dolomitici (fig. 8.21).

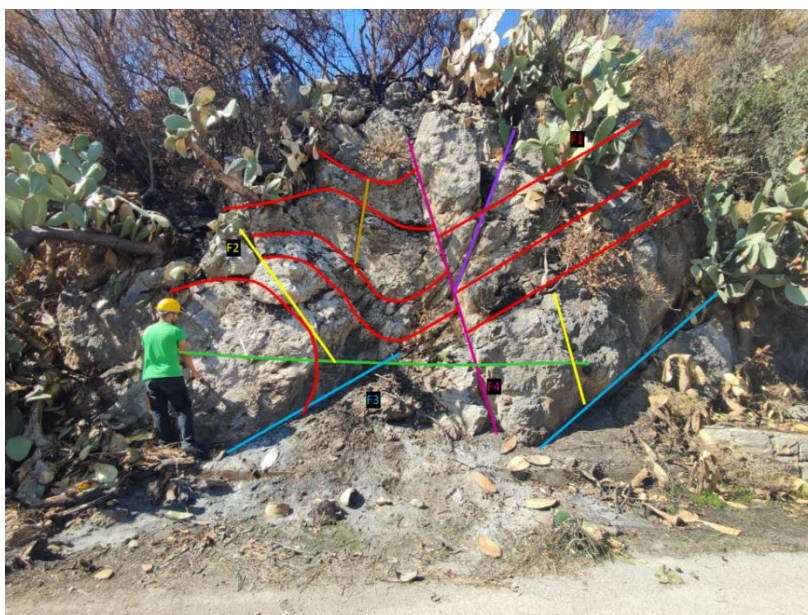


Fig. 8.21 Vista della Scan Line del rilievo geo-meccanico Stop 4 a Pizzo Cannita.

Va evidenziato che i rilievi geomorfologici di superficie effettuati hanno rilevato in sommità sul Pizzo Cannita la presenza di una grotta carsica (fig.8.22) . Questa si apre nel lato Nord, a quota 148 m. s.l.m., ( coordinate geografiche : longitudine E 1°01'10" latitudine N 38°04'09" ). La grotta presenta un'apertura a forma di triangolo isoscele con base di 5 metri e altezza di 15 metri circa; essa è profonda una trentina di metri e ha un andamento lineare discendente

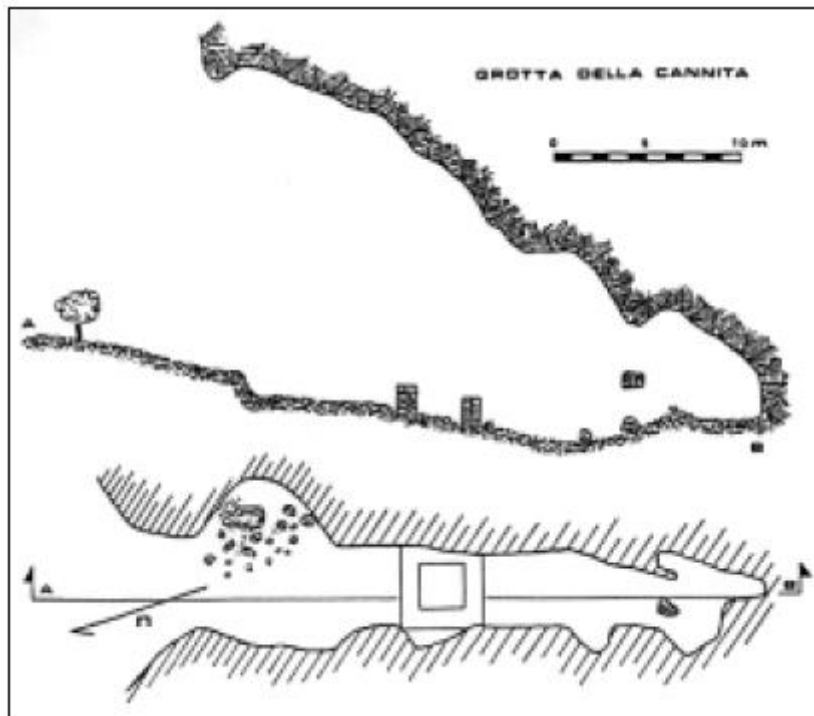


Figure 8-22 :Grotta della Cannita-Pianta e sezione longitudinale (da MANNINO, 1993).

La grotta impostata sulla faglia subverticale che porta a contatto i terreni della Formazione Crisanti con i terreni della Formazione Fanusi, sopra descritta, è stata interessata da dissoluzione carsica che, agendo su di essa, ne ha determinato la forma caratteristica che viene definita "ad Orecchio di Dioniso". Dalla grotta proviene una ricca collezione di reperti paleontologici di fauna quaternaria .

Diffusi sono sul Pizzo Cannita i resti archeologici che attestano una frequentazione dell'area fin dall'età preistorica di cui si sono conservati numerosi reperti di ceramica, industria litica ed osteologici rinvenuti nella grotta Cannita.



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Sempre nell'area sommitale del rilievo di Pizzo Cannita sono stati rilevati 3 dissesti, in cartografia geomorfologica indicati con le sigle **D11**, **D12** e **D13**; tali dissesti sono tutti censiti nelle cartografie del PAI, con i seguenti codici : 037-6MI-035 (D11), 037-6MI-004 (D12), ,037-6MI-005 (D13) . Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di crollo e tutti attivi (fig.8.23).




*Figura 8-23: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Per la scarsa profondità delle superfici di distacco e tenuto conto che sotto l'area della cima di Pizzo Cannita la copertura raggiunge il suo massimo spessore (110 m) è possibile escludere interazioni con lo scavo della galleria.

### **Imbocco Sud Ovest**

L'imbocco lato SO della galleria in C.da Feotto Cannita, ai piedi del versante meridionale di Pizzo Cannita a quota di circa 78 m s.l.m, insiste sulla principale discontinuità costituita dal sovraccorrimiento per faglia inversa a basso angolo dei calcari e delle brecce dolomitiche di colore bianco grigiastro vacuolari e fratturate, ascrivibili alla Formazione Fanusi (FUN) del Lias inferiore, su argilliti ed argille marnose grigie, talora manganesifere, scagliettate, a tratti intensamente fratturate, con livelli centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine, ascrivibili al



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Membro di Portella Colla della Fm. del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) dell' Oligocene superiore – Miocene inferiore.

Il contatto tettonico è mascherato da un detrito di falda litologicamente costituito da detrito a grana grossa di natura prevalentemente carbonatica, in matrice limosa e sabbia.

L'area è stata indagata con gli stendimenti sismici LS4c , trasversale all'asse della galleria e ubicato nell'area degli imbocchi , e LS5 parallelo all'asse della galleria.

La tomografia sismica LS4c (fig.8-24), di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S11, ubicato all'inizio dello stendimento.

La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore di circa 6-8m, caratterizzato da valori di Vp, tra 700 m/s e 1200 m/s circa, interpretabile con la presenza di marne. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (Vp da 2500 m/s a 3200 m/s) interpretabile con la presenza dei calcari e dolomie grigio-biancastre.

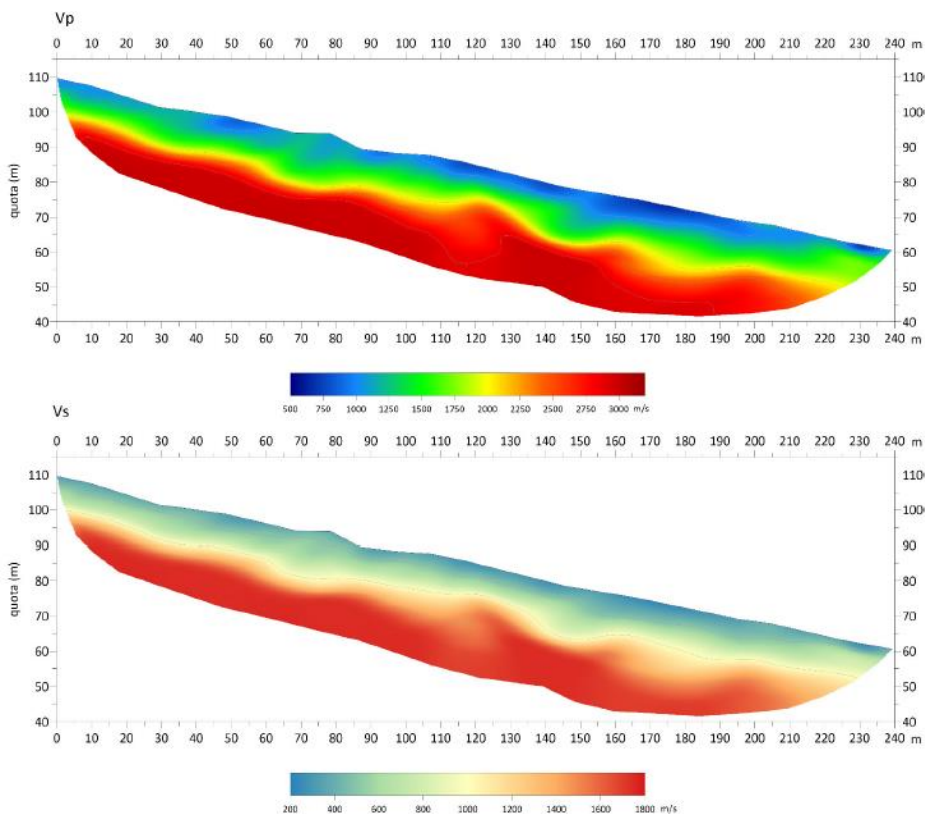



Figure 8-24: Tomografia sismica dello stendimento LS4c

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

La tomografia sismica LS5 (figura 8-25) ha una lunghezza pari a 305 m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 5-8m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 500 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione omogenea della  $V_p$ , con valori di circa 1300-1500 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, con tetto a partire da  $z = 50$  m, ma che si approfondisce fino a  $z = 40$  m nel centro della sezione, e  $V_p = 2000-2500$  m/s.

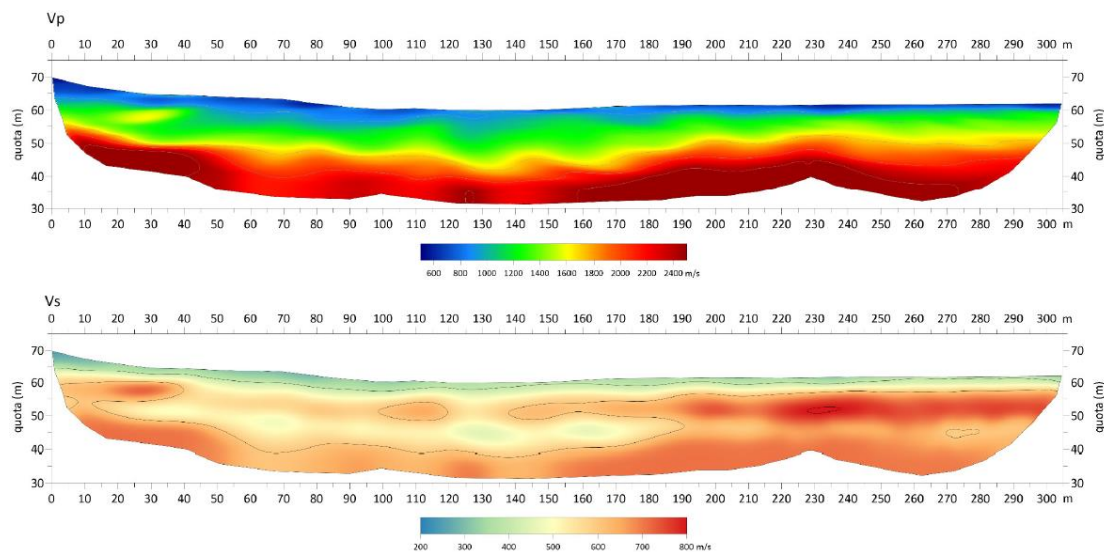



Figure 8-25 :Tomografia sismica dello stendimento LS5

Nel versante meridionale del Pizzo Cannita si rileva la presenza di dissesti a carico della coltre detritica e di falda che ricopre il versante nell'area dell'imbocco Sud Ovest della galleria Cannita. Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di scivolamento e tutti attivi. In cartografia geomorfologica tali dissesti sono indicati con le sigle **D14**, **D15** e **D16**; tali dissesti sono tutti censiti nelle cartografie del PAI, con i seguenti codici : 037-6MI-036 ( D14), 037-6MI-037 ( D15), 037-6MI-039 (D16) (fig.8.21) .

Sebbene nessuno dei dissesti rilevati interferisce con il tracciato della galleria e dell'imbocco meridionale della stessa, essi evidenziano una instabilità della detrito di falda nel versante, con superfici di scivolamento parallele al versante e con profondità pari allo spessore della coltre ( 1-5 m).

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Di tale instabilità andrà tenuto conto nella realizzazione degli scavi di imbocco sud della galleria Cannita.

L'assetto idrogeologico dell'area della galleria Cannita è stato ricostruito sulla base dei rilievi idrogeologici e dei risultati del monitoraggio dei piezometri installati S 08 Pz e S11 Pz.

Nel primo dei due piezometri S08 è stata rinvenuta falda acquifera con livello statico a m 29.60 dal p.c. , permeante le radiolariti della Fm.Crisanti.

Il piezometro installato nel S11 non ha rilevato presenza di falda acquifera.

E' possibile ipotizzare che lo scavo della galleria dall'imbocco NE sino alla alla progressiva 2+740.00 interferirà con la falda acquifera. Nella successiva tratta sino all'imbocco SO andranno previste venute d'acqua in corrispondenza dei piani di faglia rilevati , interessati da dissoluzione carsica.

## **Principali criticità**


### **Eterogeneità litologica**

Le formazioni interessate dallo scavo della galleria Cannita (fig.8.26) sono caratterizzate da una notevole variabilità litologica: si passa, in 1100 m di scavo procedendo dall'imbocco NE a quello SO, da marne calcaree e calcari marnosi di consistenza lapidea e calcari di colore grigio chiari e rossastri, ( Fm. Caltavuturo) a calcari di colore grigio chiaro, fratturati, talora vacuolari (Fm.Crisanti CRI<sub>4</sub>) radiolariti intensamente alterate e tettonizzate (Formazione Crisanti CRI<sub>1</sub>) a dolomie e calcari grigio-biancastre con presenza di cavità ed intensamente deformate e fratturate (Fm.Fanusì) ad argilliti ed argille marnose grigie, con livelli centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine, scagliettate (Fm. Flysch Numidico).

### **Elevata tettonizzazione delle formazioni geologiche interessate dal tracciato**

La struttura di Pizzo Cannita risulta deformata sia per piega (anticlinale di rampa) che dislocata da faglie dirette ed inverse . I contatti tra le sopra descritte formazioni sono tutti di carattere tettonico e caratterizzati da faglie sub verticali ed inverse a basso angolo.

Le aree di faglia sono marcate da fasce cataclastiche e di fratturazione estese diverse decine di metri come ben evidenziato dai rilievi dell'Indice di Qualità delle Rocce molto bassi lungo tutte le verticali indagate.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Carsismo e fenomeni di dissoluzione**

Nella Fm.Fanusi si rilevano rilevanti fenomeni di carsificazione come ben evidenziato dalla presenza della Grotta Cannita e dal rilievo delle cavità di diametro variabile tra 50 cm ed 1 m lungo la verticale del sondaggio S11.

La presenza dei contatti tettonici e delle relative fasce di tettonizzazione e carsificazione a cavallo degli stessi, intersecati dallo scavo della galleria costituirà una criticità da tenere in considerazione per la realizzazione della galleria.

E' possibile un rischio di presenza di gas metano in corrispondenza della fascia tettonizzata al contatto tettonico tra dolomie e calcari della Fm. Fanusi e argilliti del Flysch Numidico, nell'area di imbocco Sud Ovest.

### **Idrogeologia**

E' possibile ipotizzare che lo scavo della galleria dall'imbocco NE sino alla alla progressiva 2+740.00 interferirà con la falda acquifera. Nella successiva tratta sino all'imbocco SO andranno previste venute d'acqua in corrispondenza dei piani di faglia rilevati , interessati da dissoluzione carsica.

### **Geomorfologia**

Nell'area dell'imbocco Sud Ovest della galleria Cannita. Tutti i dissesti sono ascrivibili al tipo di scivolamento e tutti attivi. in cartografia geomorfologica tali dissesti sono indicati con le sigle **D14, D15 e D16**; Sebbene nessuno dei dissesti rilevati interferisce con il tracciato della galleria e dell'imbocco meridionale della stessa, essi evidenziano una instabilità della detrito di falda nel versante, con superfici di scivolamento parallele al versante e con profondità pari allo spessore della coltre (1-5 m). Di tale instabilità andrà tenuto conto nella realizzazione degli scavi di imbocco sud della galleria Cannita.



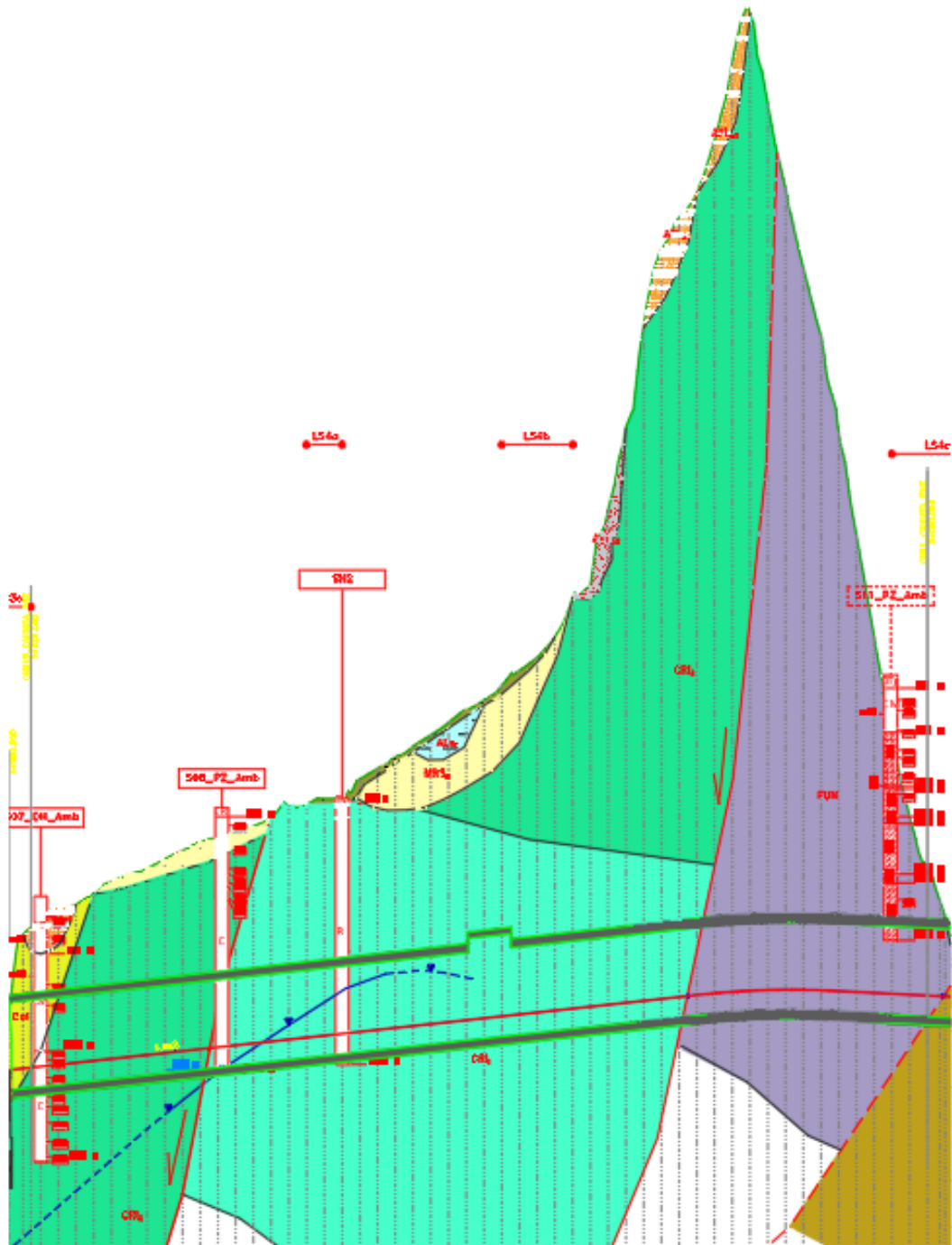


Figure 8-26 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 1+989.00 e la progressiva 3+000.00

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 3+000.00 alla progr. 4+390.00

In questo intervallo di progressive il tracciato, dopo un tratto che alterna parti in scavo e in rilevato tra le progr. 3+000 e 3+690, procede in viadotto con la realizzazione del viadotto VI03S\_FONDOVILLA, con direzione SSO a mezza costa sul versante, per una lunghezza di 700m.


Il versante, su cui il tracciato corre in rilevato, mostra pendenza media del 16% (circa 9°) e profilo irregolare. Dal punto di vista geologico il versante risulta ammantato da una coltre colluviale rimaneggiata limo-argillosa, ricoprente un substrato costituito da peliti del Flysch Numidico. Nella parte sommitale del versante, si rileva la presenza dei calcari della Formazione Fanusi (FUN) (fig.830)

I rilievi hanno evidenziato come la coltre superficiale sia interessata da un lento soliflusso. L'area, perimetrata e censita con la sigla D17 (fig.8.27), che interessa il tracciato dalla progressiva 3+110.00 alla progressiva 3+600.00, è stata individuata come area a franosità superficiale diffusa attiva.

In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, lesioni inclinate sui paramenti murari degli edifici residenziali e lesioni nei muri di contenimento. Dall'analisi interferometrica SAR si riscontra uno stato di attività che perdura dall'ottobre 2020 sino al settembre 2023 con movimentazioni registrate di 1-2 mm/anno. Lo spessore della coltre superficiale coinvolta nel dissesto varia tra 1m e 3m.



Figura 8-27: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	




*Figura 8-28: Panoramica del versante nell'area del dissesto D17*



*Figura 8-29: Particolare dei dissesti del versante nell'area del dissesto D17*

Al margine Nord dell'area sopra descritta si rileva la presenza di due dissesti ascrivibili al tipo per frana di crollo, a carico di due scarpate in roccia calcarea fratturata. I dissesti sono censiti nel PAI con le sigle 037-6MI-040 (D18) e 037-6MI-041 (D19) (fig.8.27) . E' possibile escludere

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

per tali dissesti, localizzati sulle scarpate calcaree lontane dal tracciato stradale, qualsiasi evoluzione che possa interessare il futuro tracciato di progetto.

Dal punto di vista litologico il deposito di frana (AFLa1) che ricopre il versante è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei.

Il substrato è invece caratterizzato dal Membro di Portella Colla del Flysch Numidico (FYN2) costituito, litologicamente, da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pianparallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine.

Gli spessori e le geometrie tra le formazioni sono stati definiti grazie allo stendimento sismico LS5.

La tomografia sismica LS5 (figura 8-25) ha una lunghezza pari a 305 m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 5-8m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione omogenea della Vp, con valori di circa 1300-1500 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, con tetto a partire da z = 50 m, ma che si approfondisce fino a z = 40 m nel centro della sezione, e Vp = 2000-2500 m/s.

Il pozzetto P3, al di sotto della copertura di 0,30 m di terreno agrario, rileva la presenza di una coltre rimaneggiata costituita da argille limose inglobanti clasti calcarei eterometrici sino alla profondità di 1 m dal p.c e della coltre di alterazione sino alla massima profondità indagata di 1,5m.

Sebbene non si riscontri falda acquifera è molto probabile la presenza di permeazioni al contatto tra coltre e substrato.

Al fine di evitare la riattivazione dei dissesti, che andrebbero ad interessare il tracciato stradale, andrà prevista l'esecuzione di trincee drenanti a monte del tracciato e la messa in posto di dreni sub-orizzontali nelle aree di imposta delle opere di sostegno della sede stradale.

Le trincee drenanti in particolare garantiscono al contempo una efficacia nella stabilizzazione delle coltri ed una economicità nella realizzazione.



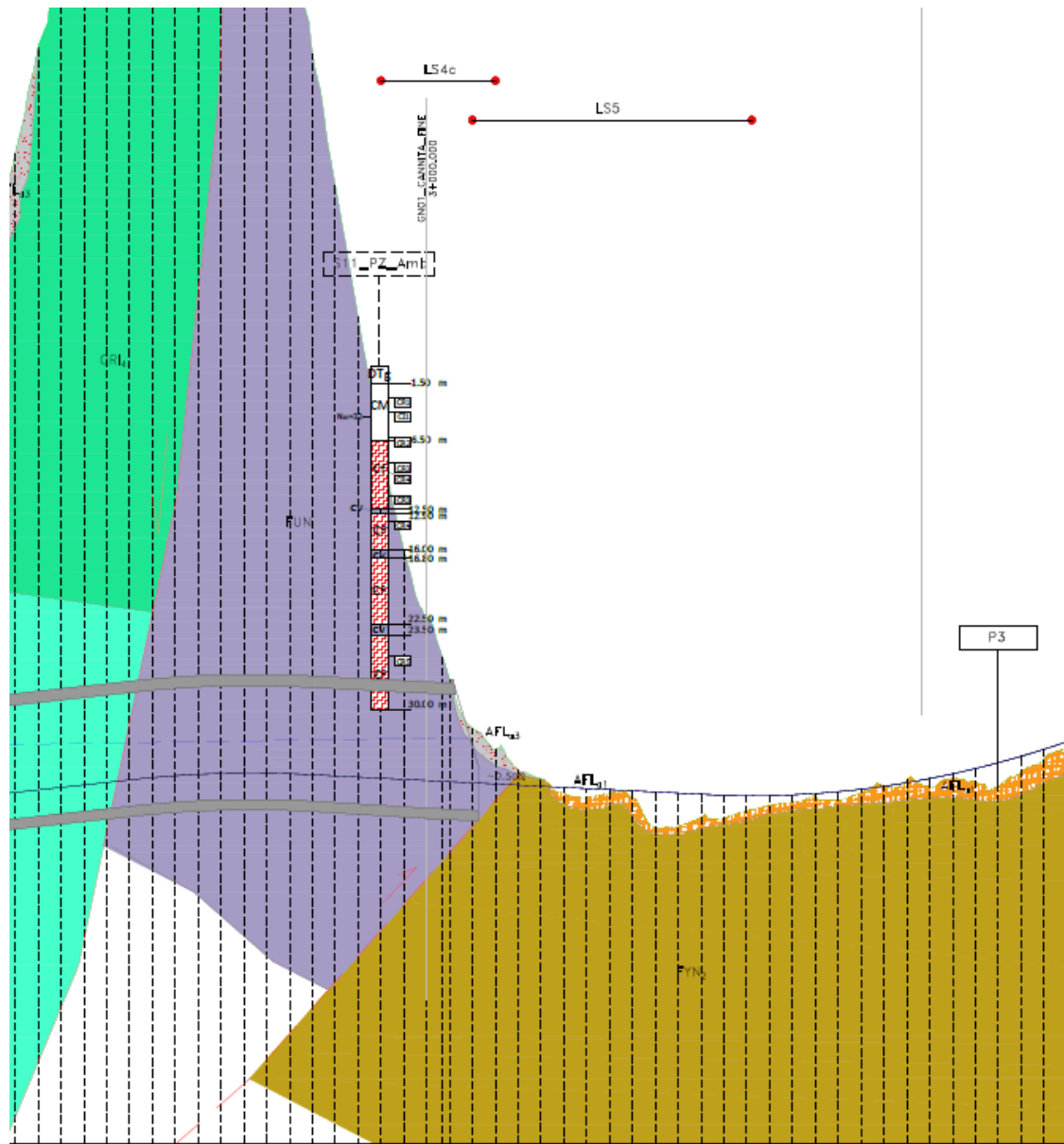



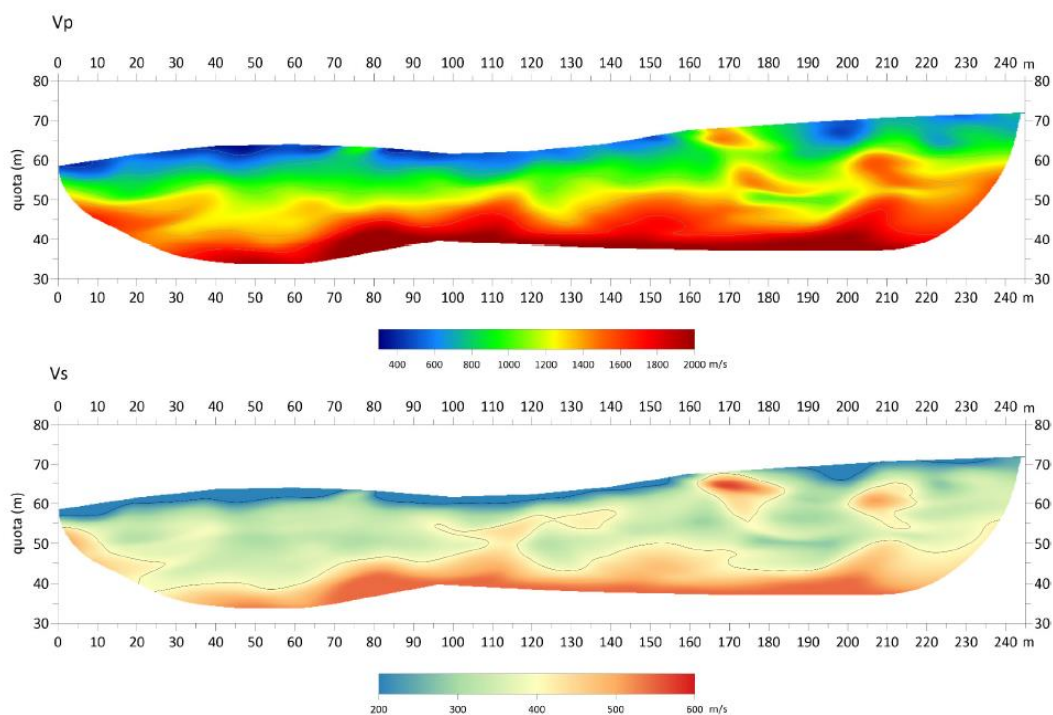
Figure 8-30 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 3+000.00 e la progressiva 3+690.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Tra la progr. 3+690 e 4+390 è prevista la realizzazione del Viadotto Fondovilla.


La geologia dell'area è stata indagata dallo stendimento sismico LS6 e dai sondaggi geognostici S12\_PZ\_Amb, S13\_PZ ed S14\_DH\_Amb (fig.8.30).

La tomografia sismica LS6 (figura 8-31), di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S12. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore da 4 m a 10 m circa, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di argille alterate. Al suo interno si evidenzia una zona anomala più rigida, localizzata a  $x = 170$  m circa. Al di sotto di questo livello l'aumento abbastanza graduale della velocità (da  $V_p = 1000$  m/s fino a  $V_p = 2000$  m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.



- *Figure 8-31: Tomografia sismica dello stendimento LS6*

Questo tratto del tracciato, ed in particolare il tratto dalla Spalla A alla Pila 3 , l'opera interagisce con l'area a franosità diffusa (D17), interessata da soliflusso sopra descritta è caratterizzata da instabilità della coltre rimaneggiata superficiale come rilevabile dal profilo irregolare del versante e dai dissesti a manufatti esistenti.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dalla pk 3+800 alla pk 4+200 Il tracciato è caratterizzato dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale (AFL<sub>b2</sub>) litologicamente costituita da argille variamente limose, inglobanti calsti calcarei eterometrici ( 2mm-50 cm) . Il sondaggio S12\_Pz e S14 rilevano uno spessore della coltre variabile tra 4 m e 4,50 m; il sondaggio S13 pz rileva uno spessore della coltre colluviale di circa 8,50 e la presenza, tra 7 m e 8,50 m, di un blocco calcareo inglobato con dimensione trasversale di 1,50 m.


Tali depositi di coltre ricoprono un substrato caratterizzato da argille variamente marnose, scagliettate, di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore variabile tra 5 m e 6 m, appartenenti al Membro di Portella Colla del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

Il sondaggio S13\_PZ ha evidenziato la presenza della falda acquifera permeante i terreni della coltre rimaneggiata ed alterata. Il livello statico nel piezometro è risultato di 6.50 m dal p.c. Andranno quindi adottate, sia per le spalle che per le pile, fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre e si ammorsino nel substrato pelitico. Lo scavo dei pali dovrà prevedere la presenza di rocce laèpidee inglobate nella coltre con diametro variabile tra 50 e 150 cm e presenza di falda acquifera.

Dalla pk 4+200 alla pk 4+360 Il tracciato è caratterizzato dalla presenza di una coltre di frana ascrivibile al dissesto D20 (fig.8.32), ascrivibile ad una frana complessa interessante i terreni della coltre superficiale. Il dissesto non è censito nelle cartografie del PAI.

Tale area è ubicata su un versante in sinistra idrografica della valle dell'Eleuterio caratterizzato da basse pendenze (12-20%) e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) , ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 3 m.

Il rilievo di campo condotto in C/da Feotto-Cannita ha permesso di rilevare come la strada interpodereale asfaltata esistente sia caratterizzata da frequenti lesioni e porzioni in stato di dissesto, confermate anche dalla presenza di un tratto con nuovo rifacimento del nastro stradale. Frequenti sono anche le lesioni riscontrate nei muri di contenimento a bordo strada. Dall'immagine storica di Google Earth del 06/2018 è possibile osservare un colamento superficiale nella porzione mediana, indice di una riattivazione superficiale del dissesto. L'analisi interferometrica SAR mostra movimenti significativi nell'ottobre del 2020 e nel settembre del 2023, con movimentazioni massime registrate di 1 mm/anno (vedi tavola T00GE00GEOSD03A allegata).

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 8-32: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Andranno quindi adottate, per le pile da 14 a 17, fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre e si ammorsino nel substrato pelitico.


La spalla SP-B del viadotto si imposta interamente sui terreni della Formazione Scillato litologicamente costituiti da rocce lapidee, ed in particolare calcilutiti e calcareniti grigiastre, con liste e noduli di selce, intensamente fratturate, di colore variabile dal grigio al biancastro.

Il contatto tra le calcilutiti della Fm. Scillato e le argille del Flysch Numidico è un contatto tettonico per sovrascorrimento, a sua volta dislocato da faglie dirette con risultato finale del contatto laterale tra le due formazioni. Le faglie sono oggi inattive (fig.8.33).





Figure 8-33 :Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 3+690.00 e la progressiva 4+390.00

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dal punto di vista morfologico il contatto tettonico origina una scarpata di faglia, orientata in senso ENE-OSO con elevata acclività. La scarpata è interessata da un dissesto censito nella cartografia morfologica con la sigla D22.

Il dissesto D22 interseca il tracciato nell'area compresa tra la pila 17 e la Spalla B del viadotto Fondovilla; lo stesso è censito nel PAI con la sigla 037-6MI-057 (fig.8.34) ; è un fenomeno di crollo collocato in contrada Feotto, nel comune di Misilmeri, classificato come attivo con estensione pari a 5944,7 m<sup>2</sup>. Il dissesto determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 23565,3 m<sup>2</sup>, interessando aree agricole, e determina rispettivamente valore di rischio elevato R3 in un'area di 12952,8 m<sup>2</sup> e rischio molto elevato R4 in un'area di 737,9 m<sup>2</sup>.



*Figura 8-34: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

La configurazione geologico-geomorfologica determina che per le fondazioni della Spalla B che insistono sulle rocce lapidee, calcilutiti e calcareniti con liste e noduli di selce, intensamente fratturate della Fm. Scillato andranno adottate fondazioni indirette del tipo micropali e che venga prevista una messa in sicurezza della scarpata.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 4+400.00 alla progr. 4+610.00


In questo tratto è prevista la realizzazione della galleria artificiale GA02S\_BASSANO, che procede in direzione SSO per una lunghezza di 210m. L'imbocco della galleria si trova a circa 108m di quota rispetto al livello del mare.

La galleria interferisce con l'area di due cave, ambedue cessate; tra le progr.4+400 e 4+460.00 , la galleria intercetta i fronti della prima cava oggi inattiva ( Ex Cava Cerniglia) (fig.8.35) . Tra la pk 4+460.00 e la pk+ 4+610 la galleria interferisce con una seconda cava il cui scavo a fossa è stato ritombato con terreno di riporto.

Il versante su cui insiste l'ex Cava Cerniglia è stato sagomato con una morfologia a gradoni ricavando tre principali livelli ; di questi gradoni i due inferiori sono evoluti con una coltivazione a fossa.



Figura 8-35: Stralcio di foto aerea da Google Earth (2008) con vista da SE dell'area di cava

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Della seconda cava non si hanno tracce delle variazioni morfologiche , essendo la stessa ritombata sin dagli anni 1990.

L'area è stata indagata dai sondaggi DS15\_PZ\_Amb e S16\_DH e dallo stendimento sismico LS7. Il sondaggio S15 ha rilevato la presenza di una coltre di riporto antropico litologicamente costituita da ghiaie e blocchi calcarei in matrice sabbioso-limosa con addensamento variabile da scarso a ben addensato, con spessore di circa 5 m, a copertura del substrato costituito da calcilutiti e calcareniti, della Fm. Scillato , terebrati sino alla profondità di 30 m dal p.c. e carotati sotto forma di ghaia.

Il sondaggio S16 DH ha rilevato la presenza di una coltre di riporto antropico litologicamente costituita da argille , alterate e rimaneggiate , ben addensate , con spessore di circa 16 m, a copertura del substrato costituito da calcilutiti e calcareniti, della Fm. Scillato , terebrati sino alla profondità di 30 m dal p.c. e carotati sotto forma di ghaia.

La tomografia sismica LS7, di lunghezza pari a 170 m, è stata eseguita in corrispondenza del sondaggio S16, ubicato a  $x = 145$  m (fig.8.36) . La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore di circa 15 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 500 m/s e 1200 m/s circa, interpretabile con la presenza di argille alterate e rimaneggiate. Al di sotto è presente un basamento piu rigido con velocità che vanno da 2400 m/s a oltre i 3000 m/s, interpretabile con la presenza di calcari brecciati con noduli di selce.

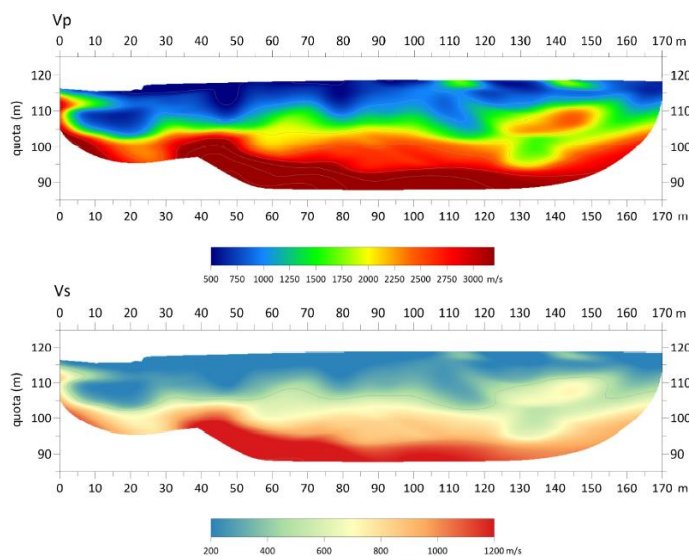


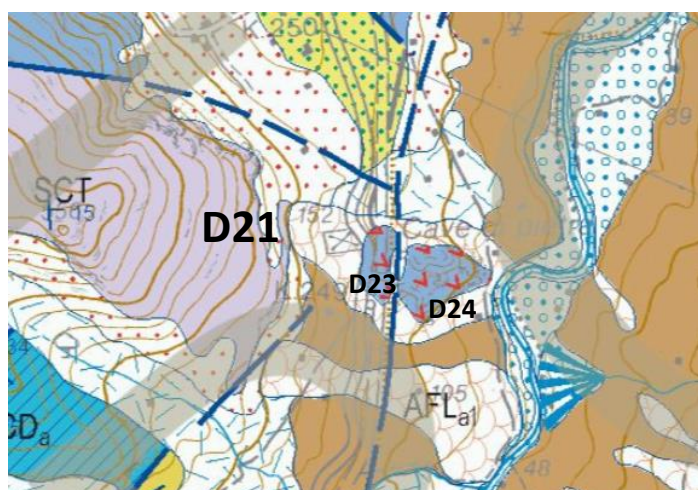
Figure 8-36 : Tomografia sismica dello stendimento LS7



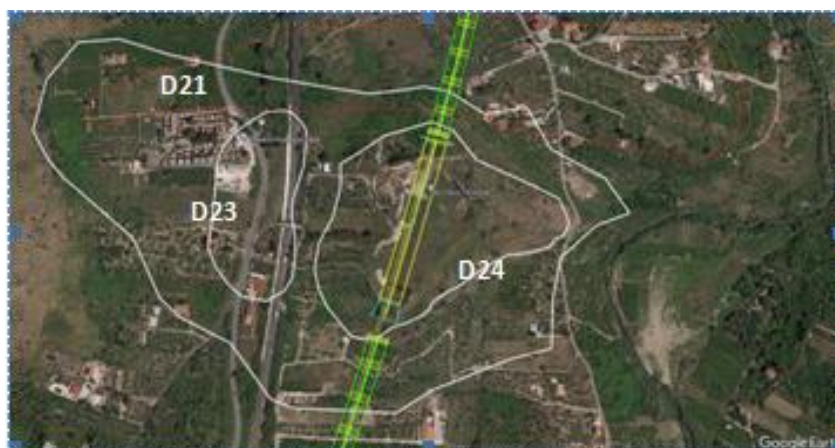
SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Dal punto di vista morfologico l'area interessata dalla realizzazione della galleria artificiale Bassano ricade su un rilievo calcareo isolato, ubicato a mezza costa lungo il versante che dal rilievo di Masto Nardo ( q. 640 s.l.m.) degrada sino all'incisione del F.Eleuterio. Tale area (D21) è censita nel CARG Foglio 595 Palermo come area a franosità diffusa .

All'interno di tale vasta area con franosità diffusa indicata nel CARG Foglio 595 Palermo, trovano ubicazione due aree di dissesto (D23 e D24) interessate, secondo l'interpretazione dei geologi rilevatori del foglio CARG, da dissesti di tipo Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DPGV), in corrispondenza di affioramenti calcarei della Fm. Fanusi e Scillato , di limitata estensione ed affioranti in modo isolato tra le argilliti del Flysch Numidico (fig.8.37).



*Figura 8-37: Stralcio del Foglio CARG 595 Palermo con individuazione dei dissesti descritti*



*Figura 8-38: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

L'indicazione di tali affioramenti come prodotto del risultato di scorrimento gravitazionale spiega per gli autori del Foglio CARG in tal modo l'esistenza di tali "Klippe" liassici galleggianti su un substrato oligo-miocenico, probabilmente dovuto al rilascio di un'unica massa rocciosa competente in corrispondenza di sistemi di discontinuità preesistenti, costituita dai termini della Formazione Scillato sovrascorsi originariamente sul Flysch Numidico, e successivamente collassati a causa di riduzioni di volume delle sottostanti formazioni a comportamento plastico.


I rilievi effettuati sebbene evidenzino la presenza nell'area di affioramenti di depositi del substrato geologico mesozoico (Formazioni Scillato, Fanusi e Crisanti) intensamente deformati e fratturati, ( vedi risultati dei rilievi geomeccanici ) non mostrano peculiari indizi morfologici di mobilitazione.

Sono stati inoltre rilevati nell'area 3 dissesti ascrivibili al tipo per frana di crollo, censiti con le sigle D22, D25 e D26.

Il dissesto D22 interseca il tracciato tra la pk 4+360 e 4+380 (fig.8.39); lo stesso è censito nel PAI con la sigla 037-6MI-057; fenomeno di crollo collocato in contrada Feotto, comune di Misilmeri, classificato come attivo con estensione pari a 5944,7 m<sup>2</sup>. Il dissesto determina valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 23565,3 m<sup>2</sup>, interessando aree agricole, e determina rispettivamente valore di rischio elevato R3 in un'area di 12952,8 m<sup>2</sup> e rischio molto elevato R4 in un'area di 737,9 m<sup>2</sup>.



Figura 8-39: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il dissesto D25 non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+640 (fog.8.40); lo stesso non è censito nel PAI .



*Figura 8-40: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*


Il dissesto, ubicato sul margine meridionale della ex cava Cerniglia è ascrivibile ad una frana di crollo ed interessa un costone roccioso in arenarie da cui si con presenza di blocchi in stato di equilibrio precario.

Il dissesto D26 non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+660; lo stesso è censito nel PAI con la sigla 037-6MI-056 (fig.8.41).



*Figura 8-41: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Il dissesto è ascrivibile al tipo delle frane di crollo ed ubicato in contrada Feotto, comune di Misilmeri, classificato come attivo con estensione pari a 4704,3 m<sup>2</sup>. Determina un valore di pericolo molto elevato P4 in un'area di 16539,2 m<sup>2</sup>, un valore di rischio elevato R3 in un'area di 13171,5 m<sup>2</sup> e rischio molto elevato R4 in un'area di 430,4 m<sup>2</sup>. Il dissesto non interseca il tracciato ma si avvicina allo stesso all'altezza della pk 4+660

La realizzazione della galleria artificiale dovrà prevedere lo scavo di rocce eterogenee costituite (fig.8.42) :

- dall'imbocco Nord sino alla progr. 4+480 : rocce lapidee costituite da calcilutiti e calcareniti grigie con liste e noduli di selce della Fm.Scillato, stratificate in strati da decimetrici a metrici ed intensamente fratturate
- dalla progr. 4+480 sino all'imbocco Sud : riporto antropico litologicamente costituito da argille , alterate e rimaneggiate , ben addensate , con spessore di circa 16 m, con blocchi di calcare inglobato di dimensione metriche.

Il piezometro installato nel sondaggio S15 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a m 28,90 dal p.c. Ciò determina che la falda non interferirà con lo scavo della galleria artificiale.

Tenuto conto della presenza di frane di crollo interferenti sia con l'imbocco Nord ( D22) che Sud ( D25) andrà previsto il consolidamento degli ammassi rocciosi nelle aree degli imbocchi.



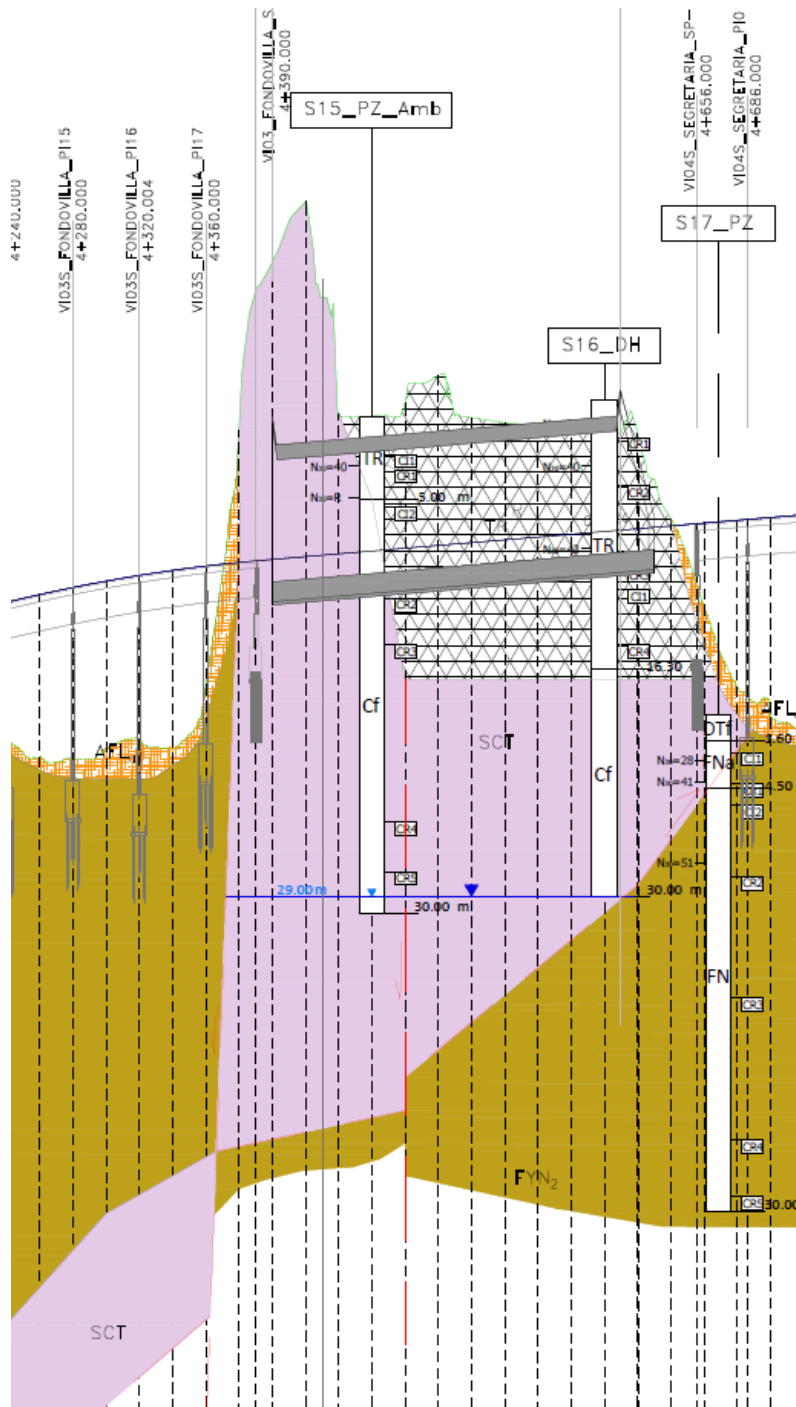


Figure8-42 :Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 4+400.00 e la progressiva 4+610.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 4+610.00 alla progr. 4+836.00

In questo tratto il tracciato procede in direzione SSO, in scavo fino alla progr. 4+656 per poi continuare in viadotto (VI04S\_SEGRETARIA) per una lunghezza di 180 m sino alla progr. 4+836. L'area è stata indagata dai sondaggi S17\_PZ\_Amb, S18\_DH e dallo stendimento sismico LS8. Il sondaggio S17 Pz ha rilevato, sino alla profondità indagata di 30 m dal p.c., la presenza del substrato di argille variamente marnose scagliettate del Flysch Numidico, di elevata consistenza, dalla profondità di m 1,50 dal p.c. , alterate a tetto per uno spessore di 3,50 m. Le stesse sono ricoperte da uno spessore di 1,60 m di coltre rimaneggiata ed humifera.

Il sondaggio S18 DH ha rilevato, sino alla profondità indagata di 30 m dal p.c., la presenza del substrato di argille variamente marnose scagliettate del Flysch Numidico, di elevata consistenza, dalla profondità di m 5,20 dal p.c., alterate a tetto per uno spessore di 3,00 m. Le stesse sono ricoperte da uno spessore totale di 5,20 m di coltre di cui 4 m di coltre rimaneggiata di frana e 1 m di terreno agrario.

La tomografia sismica LS8 (figura 8-43), di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità dei sondaggi S17 e S18. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore di circa 5 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 500 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di uno strato di alterazione superficiale. Al di sotto la velocità aumenta in modo graduale con la profondità, in correlazione con l'aumento della consistenza del substrato argilloso-marnoso del Flysch .

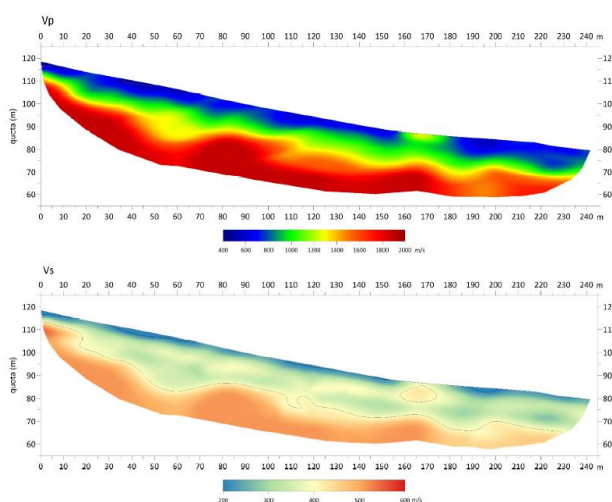



Figure 8-43: Tomografia sismica dello stendimento LS8

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

L'area in scavo fino alla progr. 4+656 ricade nell'area ove sono stati rilevati i dissesti D25 e D 26 , descritti per l'imbocco della GA Bassano.

Il tratto in scavo insiste sul terreno di riporto (TR) di ricolmamento della ex cava di pietra con uno spessore massimo di 9.30m.

Il terreno di riporto ricopre il substrato cavato costituito dai calcari della Formazione Scillato (SCT). Tali geometrie sono state ricavate dal sondaggio geognostico S16\_DH e dallo stendimento sismico LS7.

Il piezometro installato nel sondaggio S15 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a m 28,90 dal p.c. Ciò determina che la falda non interferirà con lo scavo.

Nel tratto tra la progr.4+656 e 4+836 si prevede la realizzazione del viadotto VI04S\_SEGRETARIA (fig.844).


La spalla SP-A del viadotto poggia le sue fondazioni in parte sul terreno di riporto a copertura dei terreni di cava, prima descritto, per uno spessore di 5.5m e in parte sui terreni della Formazione Scillato e del Flysch Numidico; andranno adottate fondazioni indirette del tipo micropali per tale opera.

Le fondazioni della pila PI01 attraversano, nella parte di testa, uno spessore di detrito di frana (AFLa1), riferito al dissesto D 21, di circa 1.80m, ricoprente il substrato costituito da peliti di colore bruno talora manganesefere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN2), che in questo settore hanno spessori superiori ai 25m come si riscontra dal sondaggio S17\_PZ.

Le pila PI02, PI03 E PI04 poggiano le loro fondazioni interamente nei terreni del Flysch Numidico (FYN2), come ricavato dallo stendimento sismico LS8. Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre e si ammorsino nel substrato pelitico.

La spalla SP-B del viadotto poggia le sue fondazioni in parte sul deposito di frana, costituito da detrito a grana fina rimaneggiato costituito di argilla limosa sabbiosa, limo argilloso, limo sabbioso di colore variabile dal grigio, al marrone, al rossastro e riferito al dissesto D27, con uno spessore massimo dalla superficie di 3.80m.

L' area del dissesto D27 è censita nel CARG come area a franosità diffusa ed è ubicata sul versante sud orientale del rilievo di Masto Nardo che degrada dalla zona della SS121 sino

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

all'incisione del F. Eleuterio ed limitata a Sud dal corso del Fosso Valanca scorrente con direzione Ovest-Est .

La coltre di frana poggia sui terreni del Flysch Numidico costituito da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN2) (S18\_DH\_Amb.)

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre e si ammorsino nel substrato pelitico.

Per quanto riguarda le caratteristiche geomorfologiche di dettaglio dei dissesti citati si rimanda al capitolo 4.3 della presente relazione.

Dal punto di vista litologico il deposito di frana (AFLa1) è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei.

Il piezometro installato nel sondaggio S17 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a m 18.60 dal p.c.

Per quel che riguarda gli interventi sui depositi di frana andranno previste delle risagomature per la realizzazione della spalla del viadotto e opere provvisorie a protezione degli scavi.

### **Tracciato DX**

#### **Tratto compreso tra la progr. 4+653.04 alla progr. 4+832.90**

La differenza rispetto al tracciato SX (dalla progressiva 4+656.00 alla progr. 4+836.00) si rileva nella spalla SP-A del viadotto, che poggia sui terreni della Formazione Scillato (SCT) costituite da calcilutiti e calcareniti grigie con liste e noduli di selce, intensamente fratturate. Andranno adottate fondazioni indirette del tipo micropali per tale opera.

Il detrito di frana relativo al dissesto D27 si estende dalla progressiva 4+665.00 alla progressiva 4+735.00 con uno spessore di circa 1m.



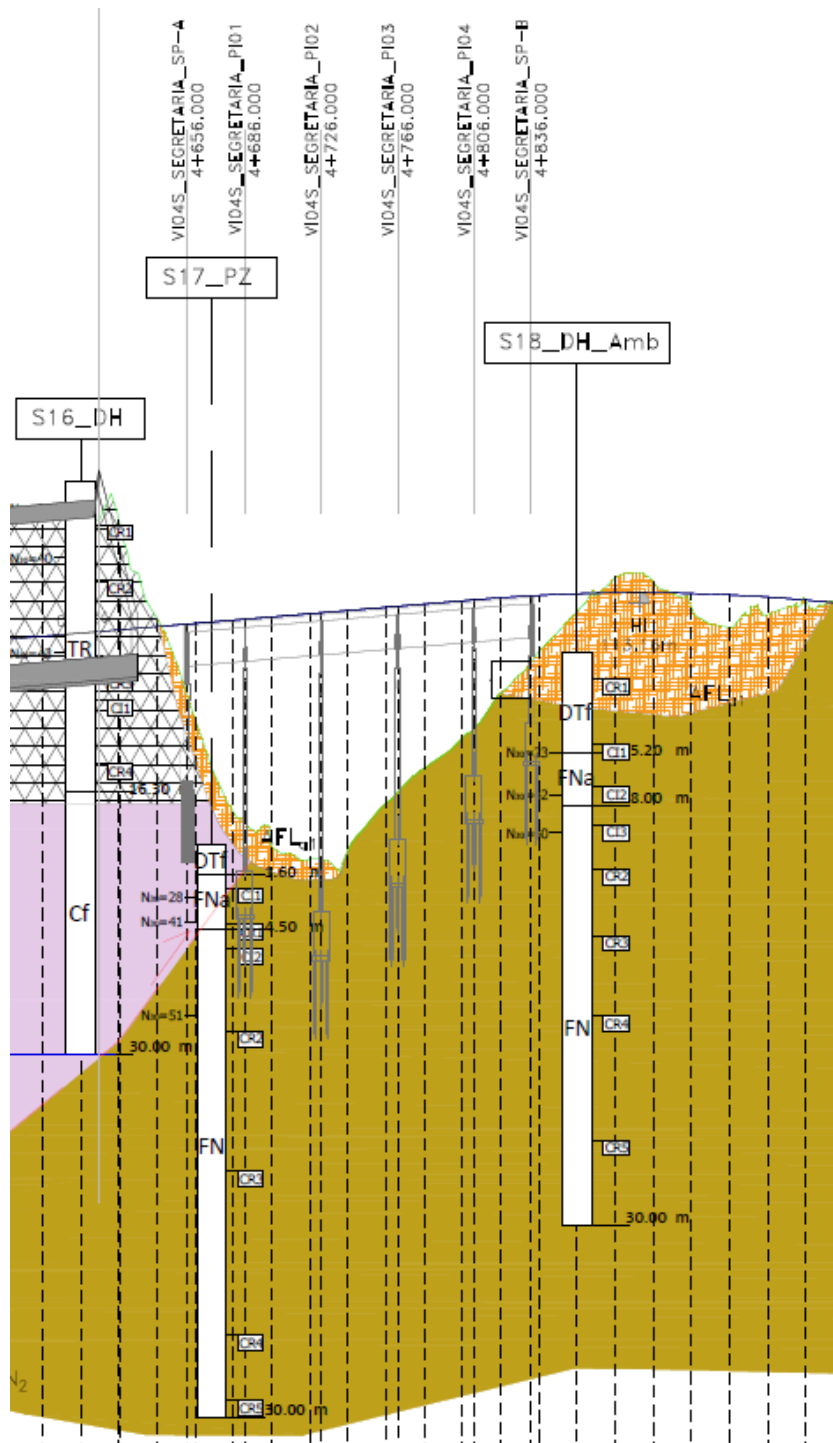



Figure 8-44 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 4+610.00 e la progr. 4+836

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 4+836.00 alla progr. 5+141.83**


In questo tratto il tracciato cambia direzione procedendo a S, corre a mezzacosta sul versante partendo da una quota di circa 113m s.l.m. per poi raggiungere i 110m s.l.m. in corrispondenza della spalla SP-A del Viadotto Valanca.

Dalla progressiva 4+836.00 alla progressiva 4+870.00 il tracciato risulta in rilevato con altezza massima di 2.90m, dalla progressiva 4+870.00 alla progressiva 4+920.00 il tracciato risulta in scavo con profondità massima di 1m. Dalla progressiva 4+920.00 alla progressiva 4+990.00 il tracciato è in rilevato con spessori massimi di 1.70m, dalla progressiva 4+990.00 alla progressiva 5+045.00 ritorna in scavo con profondità massime di 2.50m. Dalla progressiva 5+045.00 fino a fine tratto, il tracciato è in rilevato con spessori massimi di 5.85m.

Tra la progressiva 4+820 e la progressiva 4+980 si rileva un'area interessata da dissesto perimetrata e censita con la sigla D27 (fig.8.45). Tale area è censita nel CARG come area a franosità diffusa. L'area del dissesto è ubicata sul versante sud orientale del rilievo di Masto Nardo che degrada dalla zona della SS121 sino all'incisione del F.Eleuterio ed limitata a Sud dal corso del Fosso Valanca scorrente con direzione Ovest-Est .

Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 12-20% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperti da una coltre di frana costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei., di spessore variabile tra 1 e 5 m (fig.8.46).

In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale, permeata dalle acque provenienti dagli affioramenti calcarei presenti poco a monte.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 8-45: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Andrà prevista l'esecuzione di opere di sostegno per gli scavi e la messa in posto di dreni sub-orizzontali nelle aree di imposta delle opere di sostegno della sede stradale. Andrà prevista l'esecuzione di trincee drenanti a monte del tracciato.

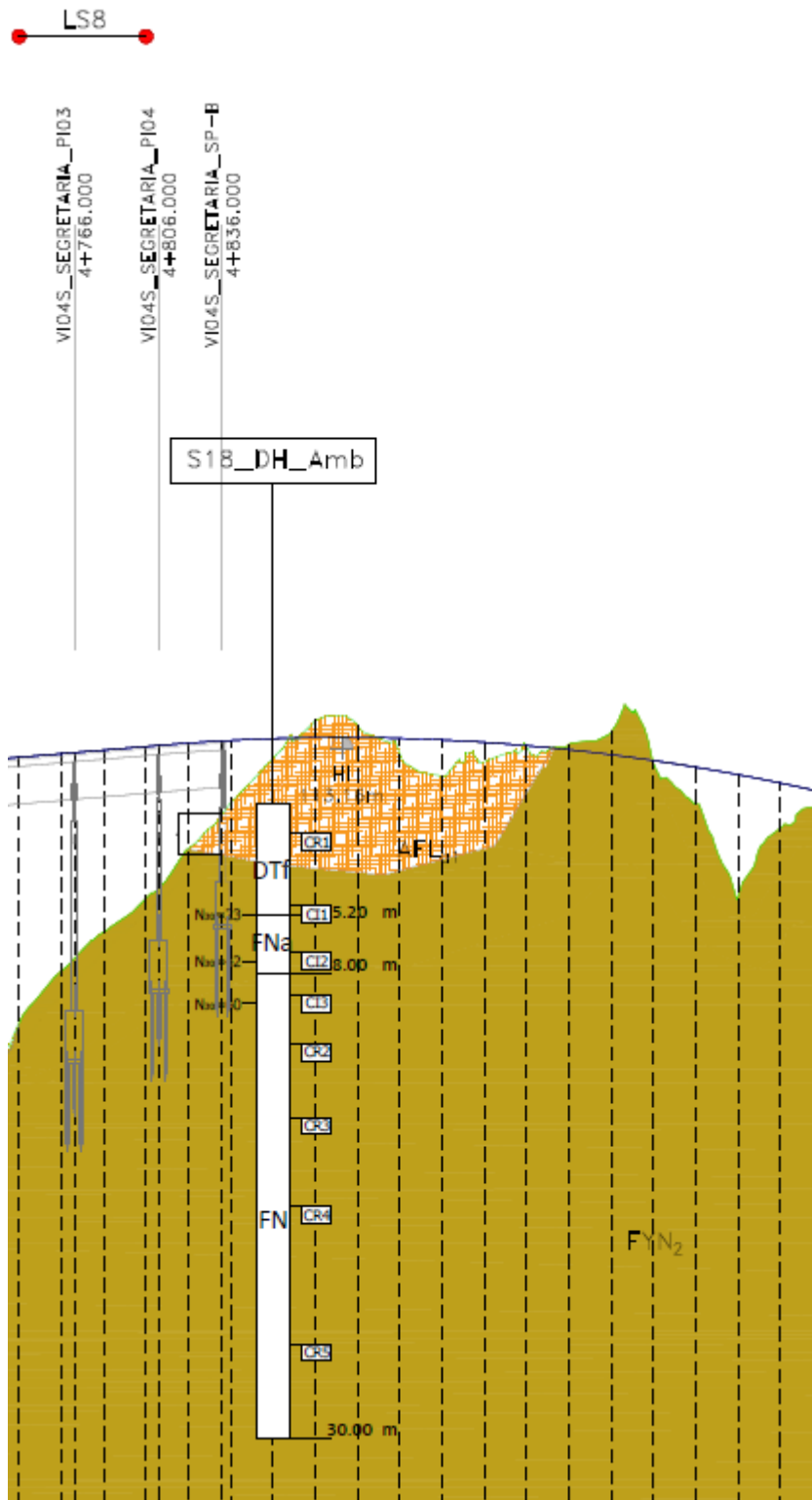



Figure 8-46: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 4+836.00 e la progressiva 5+141.83



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 5+141.83 alla progr. 5+220.90**

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI05S\_VALANCA, con direzione SSE ed una lunghezza di 79m. Il viadotto si imposta a mezzacosta lungo il versante ad una quota di 110m s.l.m (fig.8.47).

La spalla SP-A del viadotto e la pila PI01 impostano le loro fondazioni sulle argille variamente marnose, scaglietate e di consistenza elevata del Flysch Numidico. La PI02 poggia le sue fondazioni su deposito eluvio-colluviale ricoprente le peliti del Flysch Numidico.

Gli spessori del deposito colluviale, costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi, sono di circa 3m ricoperti da una coltre di terreno vegetale dello spessore di 1.0m. Tali spessori sono ricavati dal sondaggio S20\_DH\_Amb ubicato alla progressiva 5+290.00.

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre e si ammorsino nel substrato pelitico.

Non si riscontra falda acquifera, ma sono possibili permeazioni acquifere al contatto tra la coltre colluviale ed il substrato.

### **Tracciato DX**

#### **Tratto compreso tra la progr. 5+140.50 alla progr. 5+220.50**

In questo tratto tutte le fondazioni previste per il viadotto insistono sulle argille variamente marnose, scaglietate e di consistenza elevata del Flysch Numidico (FYN2).

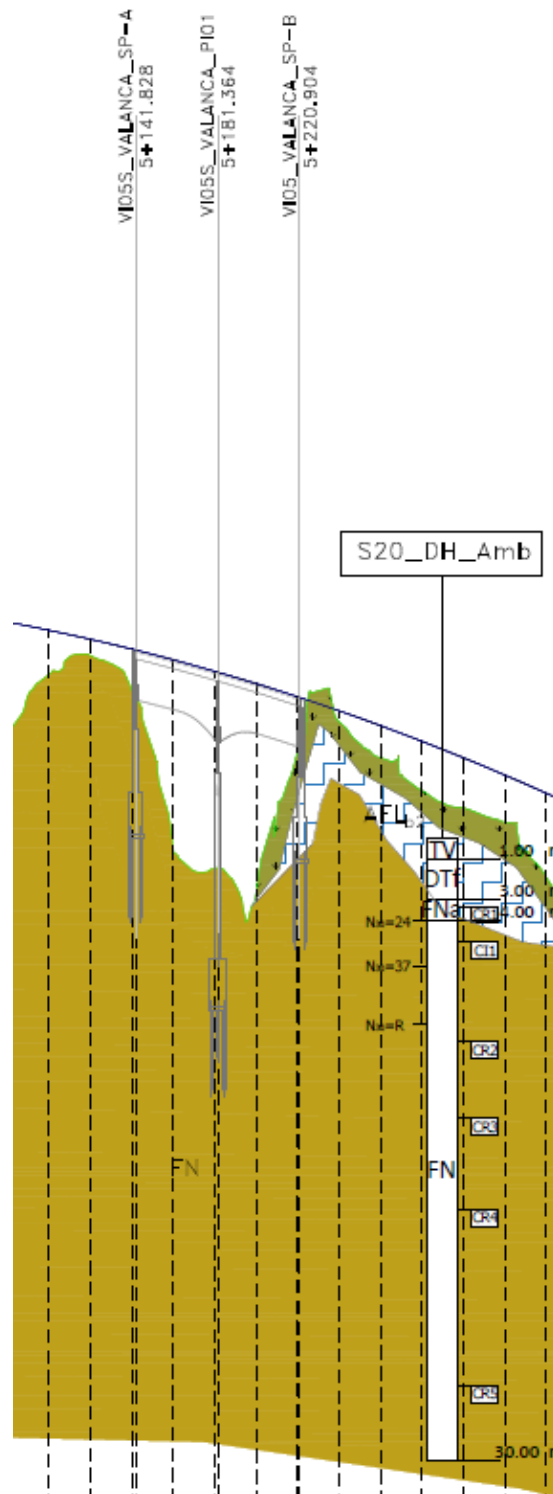


Figure 8-47 :Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 5+141.83 e la progressiva 5+220.90

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 5+220.90 alla progr. 5+794.35**

In questo tratto il tracciato procede in direzione SSO partendo da una quota di 107.60m s.l.m. fino ad arrivare a fine tratto con una quota di 82.20m s.l.m.

Dalla progressiva 5+240.00 alla progressiva 5+400.00 il tracciato è in rilevato con spessori massimi di 4.60m; dalla progressiva 5+400.00 alla progressiva 5+510.00 il tracciato continua in scavo con profondità massime di 3.30m. Dalla progressiva 5+510.00 alla progressiva 5+550.00 il tracciato prosegue a raso; dalla progressiva 5+550.00 alla progressiva 5+710.00 si ritorna in rilevato con altezze massime di 2.60m. Dalla progressiva 5+710.00 fino a fine tratto si procede in scavo con altezze massime di 7m raggiunte in corrispondenza dell'imbocco della galleria GA03\_INCORBINA.

L'area è stata indagata dal sondaggio S20\_ DH.

In affioramento il tratto è interessato, dalla progressiva 5+220.90 alla progressiva 5+690.00 da uno spessore di terreno vegetale variabile da 70cm a 2.40m. Al di sotto del terreno vegetale, da inizio tratto fino alla progressiva 5+550.00 si ha uno spessore di coltre eluvio-colluviale con spessori variabili da 80cm fino a 3.90m. Al di sotto di tali depositi ritroviamo le peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico che affiorano, alterate a tetto, dalla progressiva 5+690.00 fino a fine tratto (fig.8.48).

Lo spessore di terreno vegetale si presenta di colore marrone-nerastro, con una matrice limo-argillosa che include clasti poligenici e frustoli vegetali.

Dal punto di vista litologico il deposito eluvio-colluviale (AFL<sub>b2</sub>) è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi.

Non si riscontra falda acquifera nelle indagini effettuate, ma sono possibili permeazioni acquifere al contatto tra la coltre colluviale ed il substrato.

Per quel che riguarda le opere di intervento nei tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato rimaneggiato a copertura del substrato pelitico presente sino alla profondità di 1,50 m dal p.c. come rilevato dal pozzetto P4 .

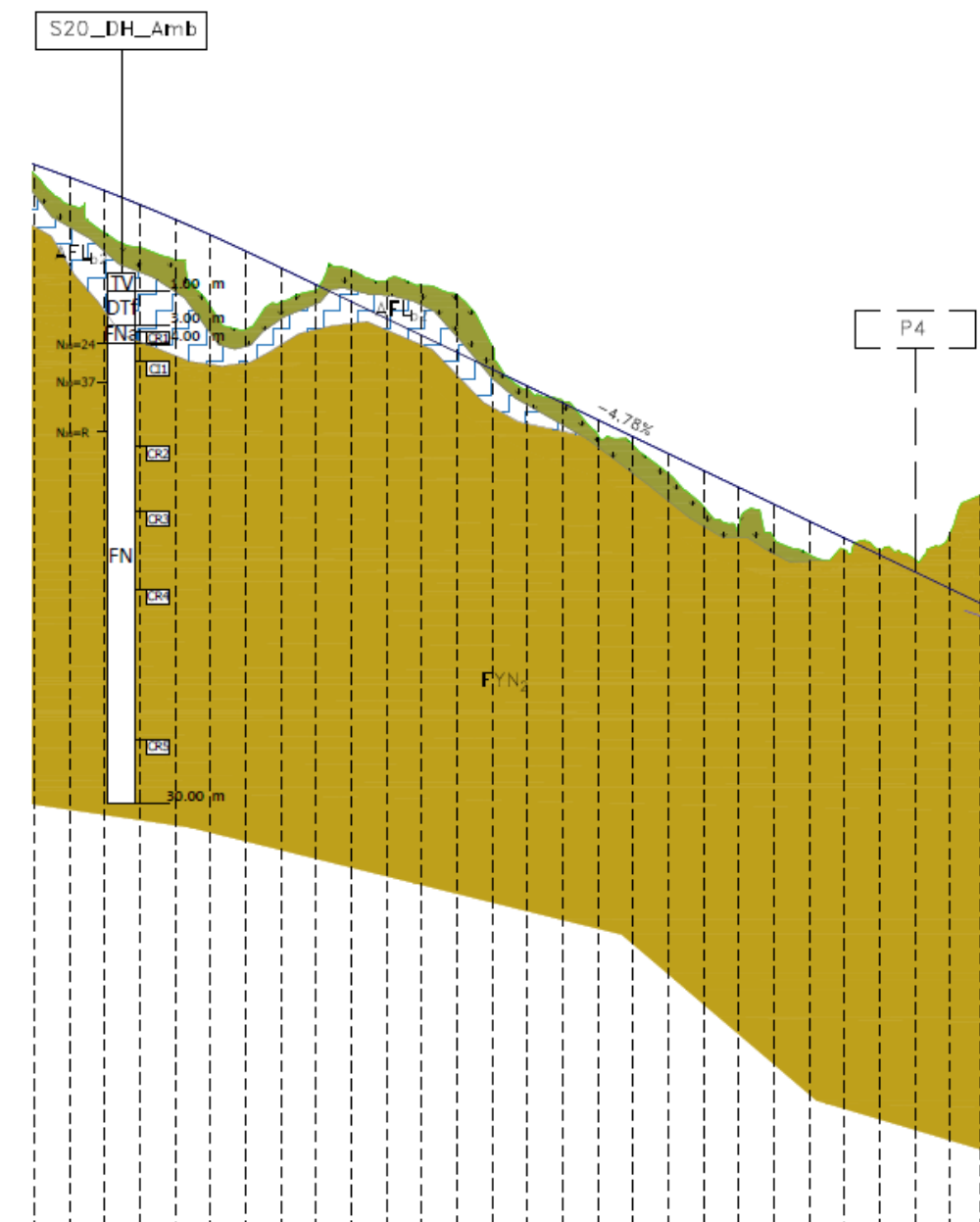



Figure 8-48: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 5+220.90 e la progressiva 5+794.35



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

**Tratto compreso tra la progr. 5+794.35 alla progr. 5+919.50**

In questo tratto si prevede la realizzazione della galleria artificiale GA03\_INCORBINA che procede in direzione SSO con una lunghezza di 125.15m (fig.8.49).

L'area è stata indagata dal sondaggio S48\_ Pz.

Lo scavo della galleria interesserà interamente le peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN2), ricoperte, in corrispondenza della verticale del S48, da terreno di riporto con spessore massimo di 1.30m.

Il terreno di riporto (TR), litologicamente, è costituito da detrito di taglia ruditica grossolana a spigoli vivi e ciottolosa con dimensione dei clasti generalmente da 3-6cm, da sciolto a mediamente addensato.

Nel piezometro del sondaggio S48\_PZ viene misurato un livello di falda di -8.80m rispetto alla quota di p.c.

Il piezometro installato nel sondaggio S48 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a m 8.80 dal p.c. , con possibile interferenza con lo scavo della galleria.

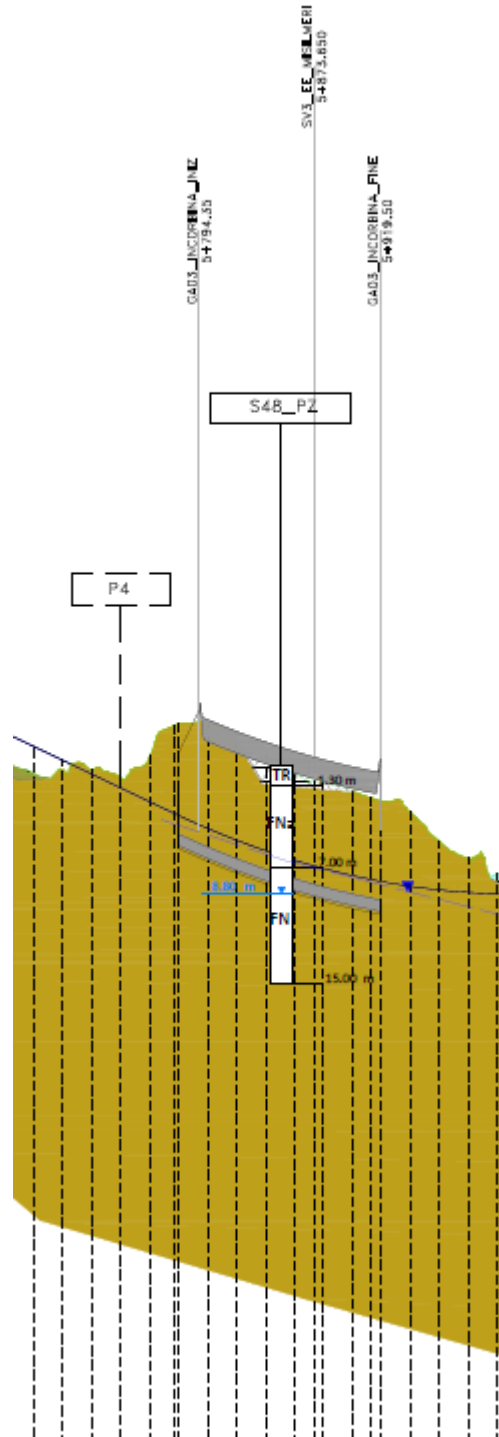


Figure 8-49: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 5+794.35 e la progressiva 5+919.50

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 5+919.50 alla progr. 6+240.00


In questo tratto il tracciato prosegue in direzione S impostandosi sulla parte bassa del versante in sinistra idrografica del Fiume Eleuterio a circa 70m a E dell'ingresso del comune di Misilmeri. Dalla progressiva 5+919.50 alla progressiva 6+185.00 il tracciato è in scavo con profondità massime di 5.90m; dalla progressiva 6+185.00 fino a fine tratto il tracciato è in rilevato con altezze massime di 3.35m.

Il tracciato insiste sulla parte terminale del versante che dall'abitato di Misilmeri degrada sino all'incisione del F.Eleuterio nell'area di Mulino Nuovo. Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 12-20% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 4 m.

Tra le pk 6+220 e 6+260 si rileva la presenza del dissesto censito con la sigla D29 che si sviluppa con lunghezza pari a circa 170 m e larghezza trasversale massima di circa 30 m, (fig.8.50) . I rilievi effettuati hanno evidenziato deformazioni del manto stradale della strada interpodereale Eleuterio e lesioni diffuse alle opere murarie nell'area ubicate ( vedi par. 4.3)



Figura 8-50: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

Il dissesto può essere ascritto al tipo per frana complessa con scorrimento rotazionale evolvente a colamento ed è attivo.

L'area è stata indagata dal sondaggio S21 \_ DH. Il sondaggio ha rilevato la presenza di una coltre rimaneggiata di spessore di circa 3,20 m, litologicamente costituita da limo argilloso con ghiaie e blocchi calcarei inglobati, humificata e con frustoli vegetali sino a 2,70 m dal p.c., a copertura del substrato argilloso-marnoso del Flysch, alterata a tetto per uno spessore di circa 5 m (fig.8.51).

Andrà prevista l'esecuzione di opere di sostegno per gli scavi e la messa in posto di dreni sub-orizzontali nelle aree di imposta delle opere di sostegno della sede stradale. Andrà prevista l'esecuzione di trincee drenanti a monte del tracciato.

Per quel che riguarda le opere di intervento nei tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato rimaneggiato della coltre per uno spessore di 1,30 m.



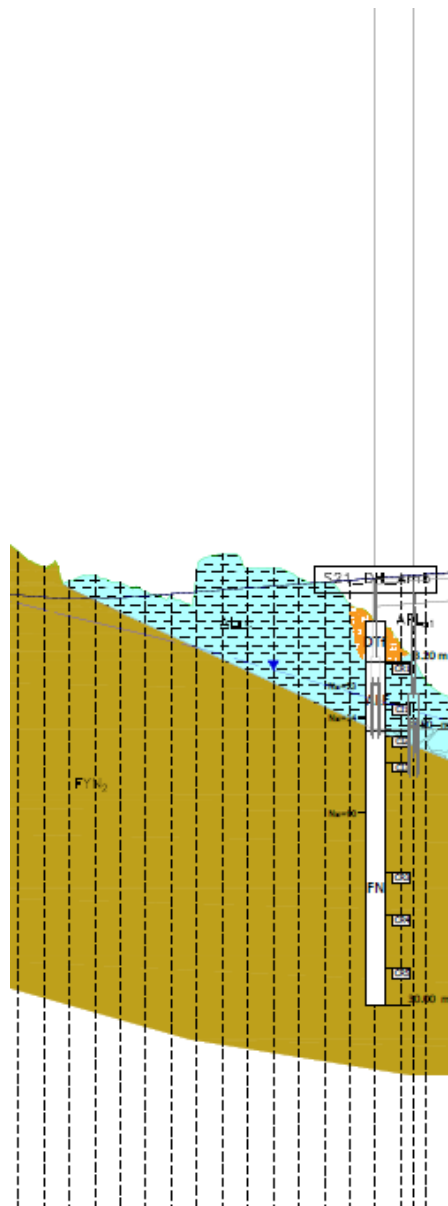


Figure 8-51 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 5+919.50 e la progressiva 6+240.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Svincolo Misilmeri Nord**

Lo svincolo di Misilmeri Nord sarà realizzato in corrispondenza della S.P. 121 con l'inserimento di una nuova rotatoria. L'allaccio sulla S.S. 121 avverrà in prossimità dello svincolo esistente tra S.S. 121 e S.P. 76. Lo svincolo assolve alla importante funzione di riconnessione con la SS121. La complessità morfologica della zona, gli elevati dislivelli tra il nuovo asse e la SS121, e la presenza di un diffuso edificato non hanno tuttavia consentito l'inserimento di tutte le manovre in un unico svincolo.

Per tale motivo, si è scelto di differenziare le manovre da/per Palermo e quelle da/per Agrigento, posizionando i due "semi-svincoli" rispettivamente a Nord e a Sud di Misilmeri.

Il tracciato della corsia d'uscita prevista (rampa SV03A\_WU), corre con direzione NE-SE dall'area del nuovo tracciato verso l'abitato di Misilmeri, parte in scavo (dalla progr. 0+000 alla progr. 0+360) e parte in rilevato.

Il tracciato della corsia d'entrata prevista (rampa SV03A\_EE), corre parallela alla prima verso l'abitato di Misilmeri, in rilevato.

L'opera è ubicata nella parte terminale del versante che dall'abitato di Misilmeri degrada sino all'incisione del F. Eleuterio nell'area di Mulino Nuovo. Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 12-20% e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5 m. Non si hanno indagini geognostiche a disposizione nell'area.

A valle dell'opera, al piede del versante, si rileva la presenza del dissesto censito con la sigla D29 (fig.8.52), ascrivibile al tipo per frana complessa con scorrimento rotazionale evolvente a colamento ed attivo, che ha causato deformazioni del manto stradale della strada interpoderele Eleuterio e lesioni diffuse alle opere murarie nell'area ubicate (vedi par. 4.3).

Il dissesto, ubicato ad una distanza minima di 100 dalla corona di frana, non interessa le aree di imposta delle rampe dello svincolo ed è possibile escludere estensioni del fenomeno per tali distanze rilevate.

Nell'area della rotatoria, in prossimità della periferia Nord Ovest dell'abitato di Misilmeri, sono perimetrata e censite due aree, individuate con le sigle D30 e D31, ubicate nel versante Sud Est del rilievo di Rocca di Ciavole (fig.8.52).


SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 8-52: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato dello svincolo*

Ambedue i dissesti sono censiti nelle cartografie del PAI; il dissesto D30, censito con la sigla 037-6MI-012 è classificato come una frana per deformazione superficiale lenta attiva che si estende per un'area di 20.407 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2 . Il dissesto D31 censito con la sigla 037-6MI-006 è classificato come una frana per scorrimento attiva che si estende per un'area di 48.071,30 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3 .

Tenuto conto della tipologia del dissesto, fortemente correlata allo scarso stato di consistenza della coltre colluviale rimaneggiata presente nel versante a copertura del substrato argilloso-marnoso ed in ultima analisi alle permeazioni acquifere che si infiltrano nella coltre, andrà prevista un adeguata bonifica con rimozione della coltre per un adeguato spessore e la realizzazione di trincee drenanti .

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 6+240.00 alla progr. 6+580.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI06S\_PALMERINO, con direzione circa N-S, con una lunghezza di 340m, che si imposta nell'area di raccordo tra il versante degradante a SE dell'abitato di Misilmeri e la piana alluvionale del Fiume Eleuterio, che scorre nell'area con corso meandriforme.

L'area è stata indagata dai sondaggi S21 \_ DH e 22 Pz e con la tomografia sismica LS9.

Il sondaggio S21 DH ha rilevato la presenza di una coltre rimaneggiata di spessore di circa 3,20 m, litologicamente costituita da limo argilloso con ghiaie e blocchi calcarei inglobati, humificata e con frustoli vegetali sino a 2,70 m dal p.c., a copertura del substrato argilloso-marnoso del Flysch, alterata a tetto per uno spessore di circa 5 m.

Il sondaggio S22 Pz ha rilevato la presenza di una coltre alluvionale di spessore di circa 9.70m, litologicamente costituita da un intervallo superiore di alluvioni a grana fine, con limo argilloso con ghiaie calcaree inglobate, sino a 4 m dal p.c., e un intervallo inferiore di alluvioni a grana grossolana costituite da ghiaie e blocchi in matrice sabbioso-limosa.

Le alluvioni ricoprono il substrato argilloso-marnoso del Flysch, alterato a tetto per uno spessore di circa 5 m.

Il sondaggio S22 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a circa 4 m dal p.c.

La tomografia sismica LS9, che si estende tra i sondaggi S21 ed S22 ha una lunghezza pari a 185 m (fig.8.53). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che varia da 3 m a 7 m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di terreni alluvionali. Al di sotto, sono presenti terreni argillosi caratterizzati da spessori irregolari, forti eterogeneità laterali e Vp tra 1300 m/s 2000 m/s. Infine, a z compreso tra 55 m e 45 m si nota il tetto di un substrato più rigido (Vp maggiore di 2000 m/s), interpretabile con la presenza di livelli flyschoidi più compatti.



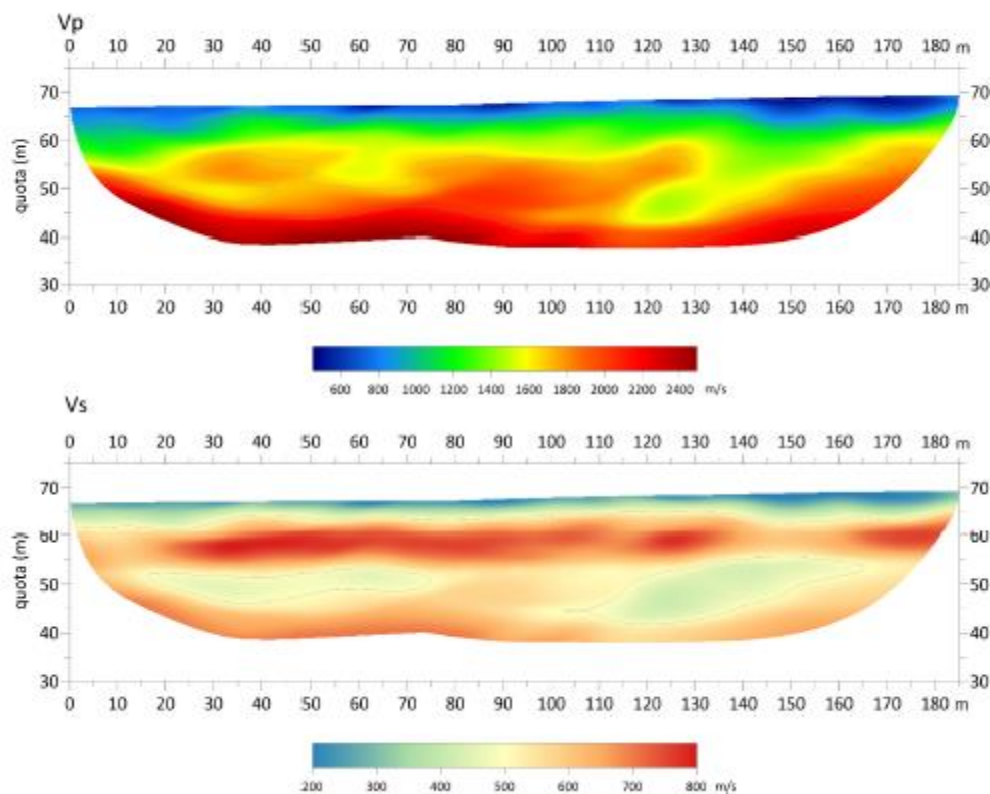
**LS9**

Figure 8-53: Tomografia sismica dello stendimento LS9

Nella parte terminale del versante che dall'abitato di Misilmeri degrada sino all'incisione del F. Eleuterio nell'area di Mulino Nuovosono ubicate dell'aree interessate da dissesto perimetrato e censite con la sigla D29, D29 bis e D29 ter (fig.8.54).

Tutti e tre i dissesti possono essere ascritti al tipo per frana complessa con scorrimento rotazionale evolvente a colamento e sono tutti attivi.

I dissesti interessando la coltre rimaneggiata che nell'area ha uno spessore di circa 3 m.



Figura 8-54: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

Le fondazioni della spalla SP-A del viadotto insistono su depositi di frana costituiti da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei, con spessore di circa 3.20m relativi al dissesto D29 sopra descritto (fig.8.55).


Tali depositi ricoprono i sedimenti alluvionali recenti a grana fine limoso-argillosa (AL<sub>rc</sub>) del Fiume Eleuterio il cui spessore è di circa 5.30m.

Lo spessore totale della coltre è pari a circa 8.50 m; il substrato è costituito da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) indagati sino alla profondità di 30 m dal p.c..

I depositi alluvionali recenti (AL<sub>rc</sub>) sono a grana fine classificati come argille, i depositi alluvionali (AL<sub>ra</sub>) sono costituiti da elementi grossolani, cioè ghiaie sabbiose. L'età attribuita è Olocene.

Le fondazioni delle pile PI01, PI02 e PI03 insistono sulle alluvioni a grana fine (AL<sub>rc</sub>) e grossolane costituite da ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa del Fiume Eleuterio, con spessori variabili da 4m a 8.70m, ricoprenti il substrato pelitico del Flysch Numidico .

A lambire la pila P3 si rileva il piede delle frane D29 bis e 29 ter.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

I piloni PI04 e PI05 impostano le loro fondazioni sulla coltre alluvionale a grana fine nell'intervallo compreso tra il p.c. e 4.70m, e a grana grossolana sino alla profondità di 9,70 m..

La spalla SP-B del viadotto insistono sulle alluvioni del Fiume Eleuterio (ALrc ed ALra); gli spessori delle alluvioni recenti fini variano da 3.40m a 6m, mentre gli spessori delle alluvioni recenti grossolane sono di circa 5.20m.

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali e di frana . Il piezometro installato nel sondaggio S22 ha evidenziato la presenza della falda acquifera con livello statico a m 4.50 dal p.c. , con possibile interferenza con gli scavi per la realizzazione dei plinti di fondazione.

Andranno adottate sia per le spalle che per le pile fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale e di frana, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.

E' possibile prevedere la presenza di ghiaie grossolane e blocchi di diametro di 1 m nelle alluvioni grossolane.

E' possibile prevedere la presenza di livelli arenacei di spessore metrico all'interno della successione arigoloso-marnosa del Flysch Numidico.

Andrà prevista l'adozione di opere provvisoriale a protezione degli scavi.

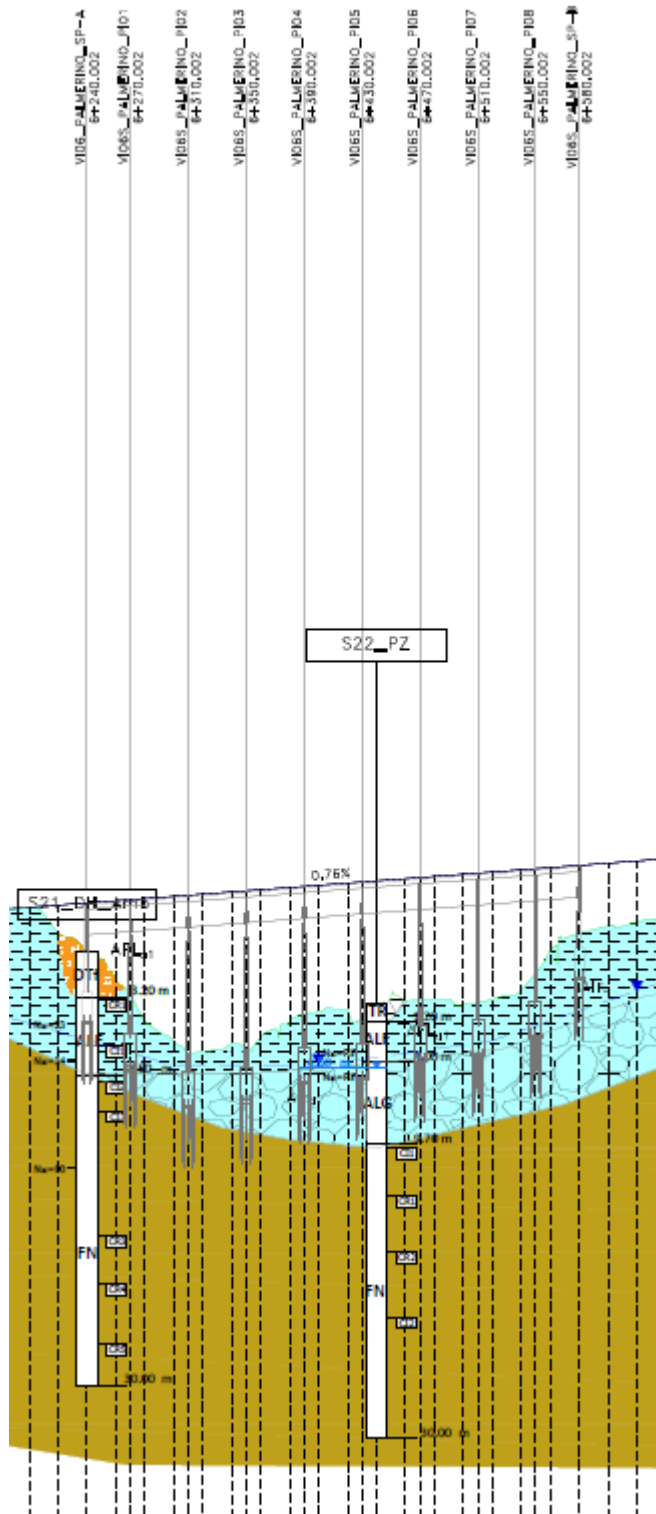



Figure 8-55: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 6+240.00 e la progressiva 6+580.00



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

**Tratto compreso tra la progr. 6+580.00 alla progr. 7+173.00**

In questo tratto, il tracciato ha una direzione SSO e si imposta sulla piana alluvionale del Fiume Eleuterio.

Per tutta la sua estensione, il tracciato è in rilevato con altezze massime di 8.60m.

Non si rilevano dissesti nell'area del viadotto.

L'area è stata indagata dai pozzetti P5 e P6 . Questi, spinti sino alla profondità di 1,50 m dal p.c. rilevano, al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di 50 cm di spessore, la coltre alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e blocchi calcarei. I terreni affioranti sono riconducibili alle alluvioni recenti fini del Fiume Eleuterio (ALr<sub>c</sub>) con spessori di circa 5.80m.

Al di sotto si ritrovano le alluvioni recenti grossolane (ALr<sub>a</sub>) con spessori variabili da 1.70m a 5.30m. Le alluvioni ricoprono le peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

I depositi alluvionali recenti (ALr<sub>c</sub>) sono a grana fine limoso-argillosa; i depositi alluvionali (ALr<sub>a</sub>) sono a grana grossolana costituiti da ghiaie sabbiose.

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare li depositi alluvionali e di frana con livello statico che varia da 5.10m a 3.20m dal p.c. ( ricavato dai livelli misurati nei sondaggi S22\_PZ ed S47\_PZ.) (fig.8.56)

Per quel che riguarda le opere di intervento nei tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato alterato della coltre alluvionale.

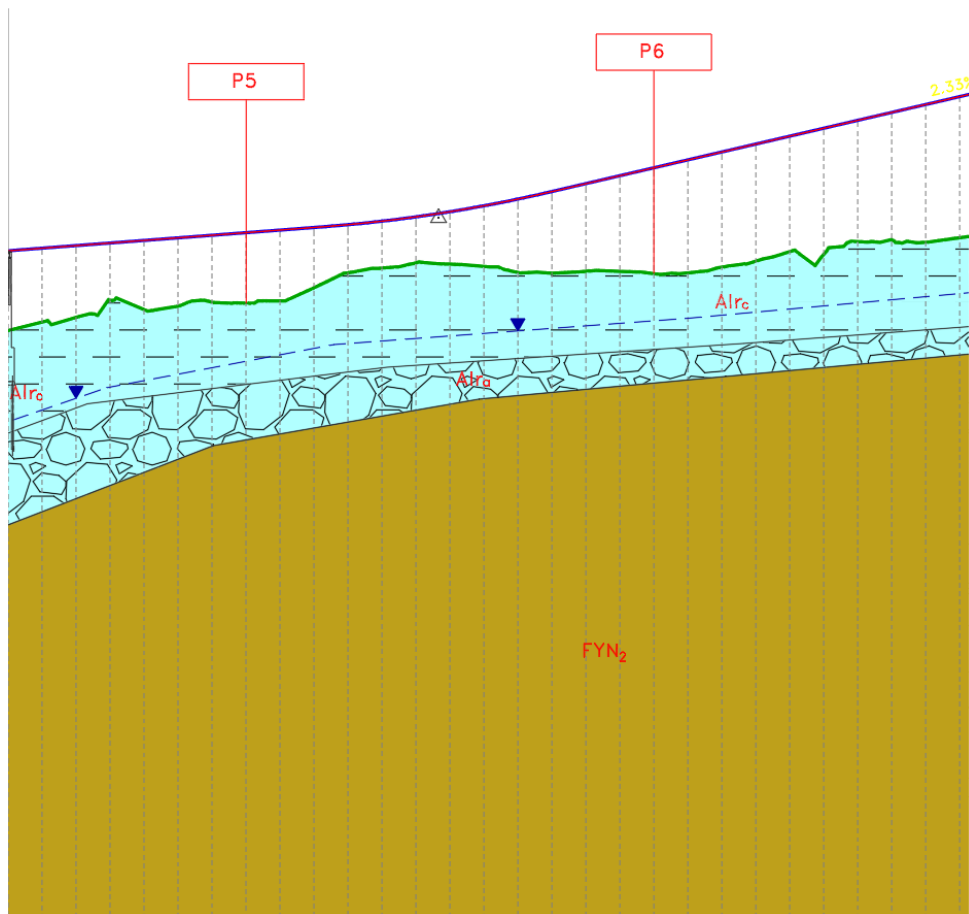


Figure 8-56 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 6+580.00 e la progressiva 7+173.00

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 7+173.00 alla progr. 7+473.00**

In questo tratto si prevede la realizzazione del viadotto VI07S\_S. ANTONIO che si imposta all'interno della piana alluvionale del Fiume Eleuterio procedendo in direzione SO per una lunghezza di 300m (fig.8.57).

Non si rilevano dissesti geomorfologici nell'area del viadotto. L'area è stata indagata dal sondaggio S47 Pz. Il sondaggio ha rilevato la presenza di una coltre alluvionale recente dello spessore di 7.70 m, litologicamente costituita da un intervallo superiore di alluvioni a grana fine, con limo argilloso con ghiaie calcaree inglobate, sino a 6.60m dal p.c., e un intervallo inferiore di alluvioni a grana grossolana costituite da ghiaie e blocchi in matrice sabbioso-limosa sino alla profondità di 7,70 m.

Entrambe le spalle del viadotto poggiano le loro fondazioni interamente nei depositi alluvionali del Fiume Eleuterio. In particolare, le fondazioni della spalla SP-A insistono sui depositi più fini delle alluvioni recenti (ALr<sub>c</sub>) per uno spessore di 5.35m rispetto al p.c.;

Tali depositi poggiano su depositi alluvionali recenti più grossolani (ALr<sub>a</sub>) presenti in sottosuolo con uno spessore massimo di 1.20m.

Le fondazioni della spalla SP-B attraversano interamente i depositi alluvionali recenti (ALr<sub>c</sub>) a granulometria fine.

Le pile da PI01 a PI06 poggiano le loro fondazioni sulle alluvioni descritte in precedenza; la pila PI07 poggia interamente sulle alluvioni a granulometria fine (ALr<sub>c</sub>).

Il substrato è costituito da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) indagati sino alla profondità di 30 m dal p.c..

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico a 3.0m dal p.c. nel piezometro installato nel sondaggio S47\_PZ .

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.

Andrà prevista l'adozione di opere provvisoriale a protezione degli scavi.

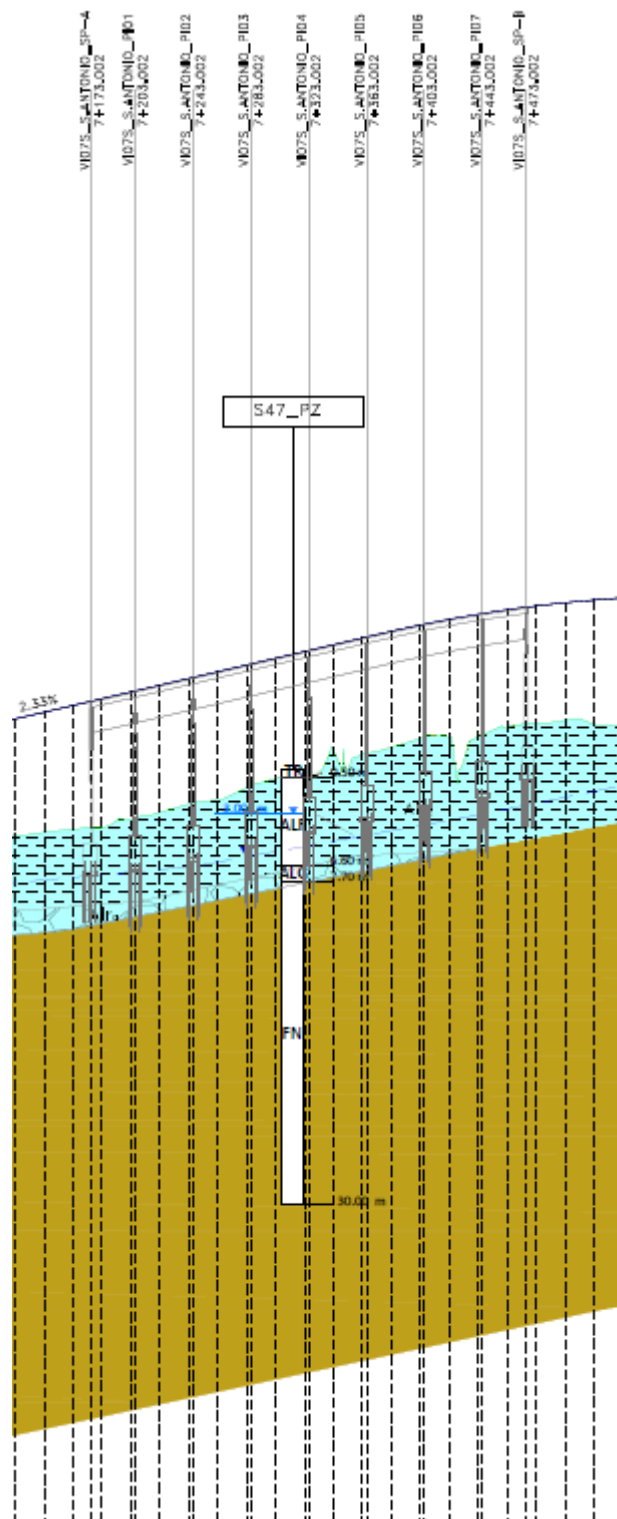



Figure 8-57: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 7+173.00 e la progressiva 7+473.00



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 7+473.00 alla progr. 8+070.93

In questo tratto il tracciato procede in direzione SO all'interno della piana alluvionale del Fiume Eleuterio. Tutto il tratto corre in rilevato con spessori massimi di 10m.

Non si rilevano dissesti nell'area del viadotto. L'area è stata indagata dai pozzetti P7 e P8 . Questi , spinti sinio alla profondità di 1,50 m dal p.c. rilevano, al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di spessore variabile tra 15 e 40 cm di spessore, la coltre alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei.

L'area è stata indagata con lo stendimento sismico LS4 (fig.8.58).

La tomografia sismica LS4e ha una lunghezza pari a 235 m. La tomografia, che si estende trasversalmente al tracciato, nell'area tra i due pozzetti P7 e P8, presenta un sismostrato superficiale caratterizzato da forti eterogeneità laterali con spessore irregolare, da circa 10 m fino a 20 m nella parte centrale, per poi risalire nell'ultima parte della sezione, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 2000 m/s circa. Questi valori sono compatibili con la presenza di terreni alluvionali di varia natura. Al di sotto si individua il tetto di un basamento più rigido, con velocità Vp maggiori di 2400 m/s, interpretabile con la presenza di terreni flyschoidi.

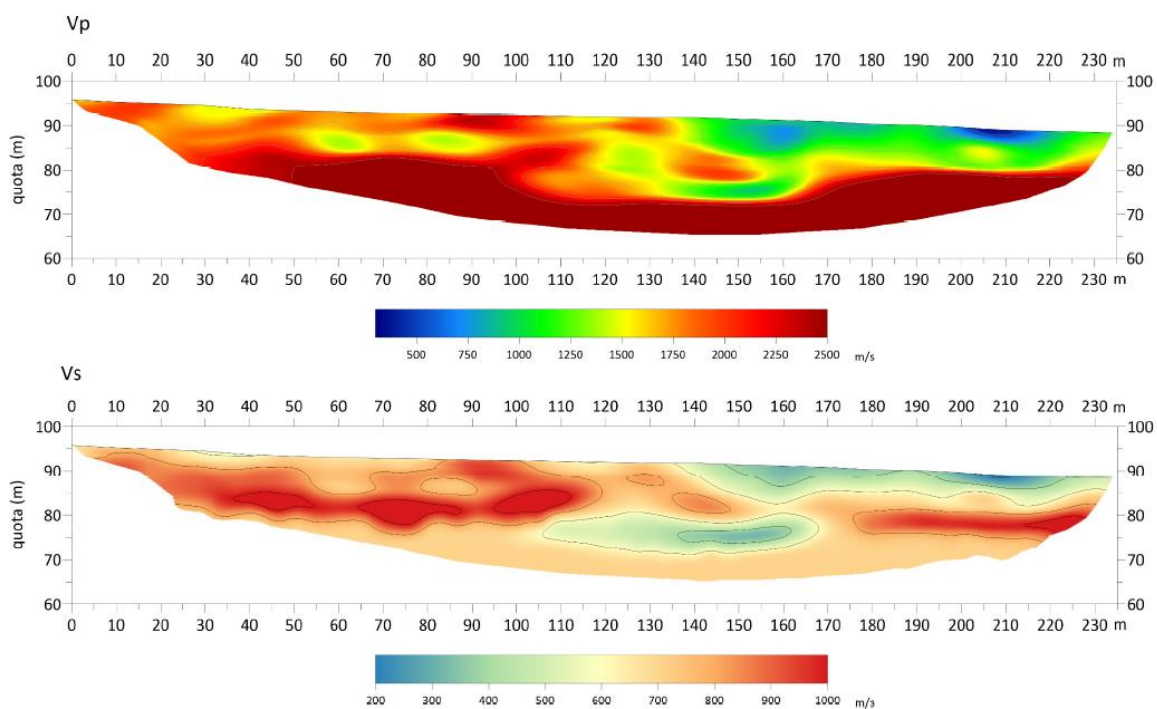



Figure 8-58: Tomografia sismica del sondaggio LS4e

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

I terreni su cui insiste il rilevato sono costituiti dai depositi alluvionali recenti a granulometria fine (ALrc) per uno spessore variabile tra 6 e 8 m che ricoprono i terreni del Flysch Numidico costituiti da argille variamente marnose grigie scagliettate e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore medio di circa 5 m (FYN2) presenti in profondità sino ad oltre 30 m (fig.8.59) Si è stimata la presenza della falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello che varia da -3.20m a -5.70m rispetto alla quota di p.c.

Per quel che riguarda le opere di intervento nel tratto in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato alterato della coltre alluvionale .

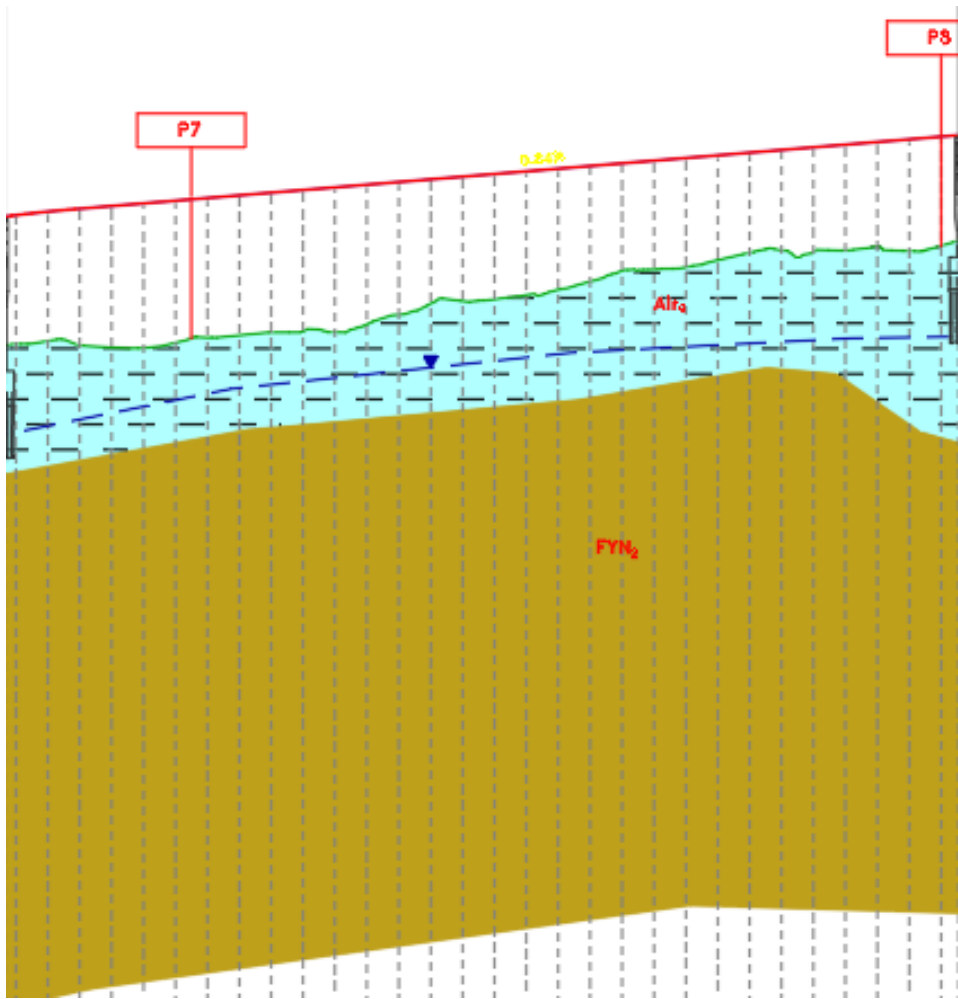



Figure 8-59 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 7+473.00 e la progressiva 8+070.93

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### SVINCOLO SV\_03B - MISILMERI SUD

Lo svincolo di Misilmeri Sud è stato progettato per completare il quadro delle manovre possibili per gli utenti che gravitano nella zona dell'abitato di Misilmeri. Il "semisvincolo" di Misilmeri Sud è stato previsto infatti per le sole manovre da/per Agrigento (fig. 8.60).


Esso si compone dunque di 3 rampe : la corsia d'uscita (rampa SV03B\_EU), il cui tracciato corre in rilevato ad Est della strada di progetto congiungendosi con un'ampia curva con la rampa Pellingra ; la corsia d'immissione (rampa SV03B\_WE), il cui tracciato corre in rilevato ad Ovest della strada di progetto congiungendosi con un'ampia curva con la strada di progetto; la via Pellingra che, presentando diversi accessi, non può essere considerata una rampa di svincolo ma una viabilità secondaria e che corre a raso.



*Figura 8-60: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Il tracciato della rampa SV03\_EU insiste sui depositi alluvionali del F. Eleuterio come rilevato dal pozzetto P 7 ; questo , spinto sino alla profondità di 1,50 m dal p.c. rileva, al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di spessore variabile tra 15 e 40 cm di spessore, la coltre alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei. Si è stimata la presenza della falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello che varia da -3.20m a -5.70m rispetto alla quota di p.c.



SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	


Non si rilevano dissesti morfologici in atto o potenziali. Essendo il tracciato in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato alterato della coltre alluvionale .

Il tracciato della rampa SV03\_WE insiste anch'esso sui depositi alluvionali del F.Eleuterio come rilevato dalla linea sismica LS 4e ; al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di spessore variabile tra 15 e 40 cm di spessore, affiora la coltre alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei. Si è stimata la presenza della falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello che varia da -3.20m a -5.70m rispetto alla quota di p.c.

Non si rilevano dissesti morfologici in atto o potenziali. Essendo il tracciato in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato alterato della coltre alluvionale .

Il tracciato della rampa Pellingra si sviluppa a raso con direzione concidente con lo stendimento sismico LS4e ; questo presenta un sismostrato superficiale caratterizzato da forti eterogeneità laterali con spessore irregolare, da circa 10 m fino a 20 m nella parte centrale, per poi risalire nell'ultima parte della sezione, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 2000 m/s circa. Questi valori sono compatibili con la presenza di terreni alluvionali di varia natura.

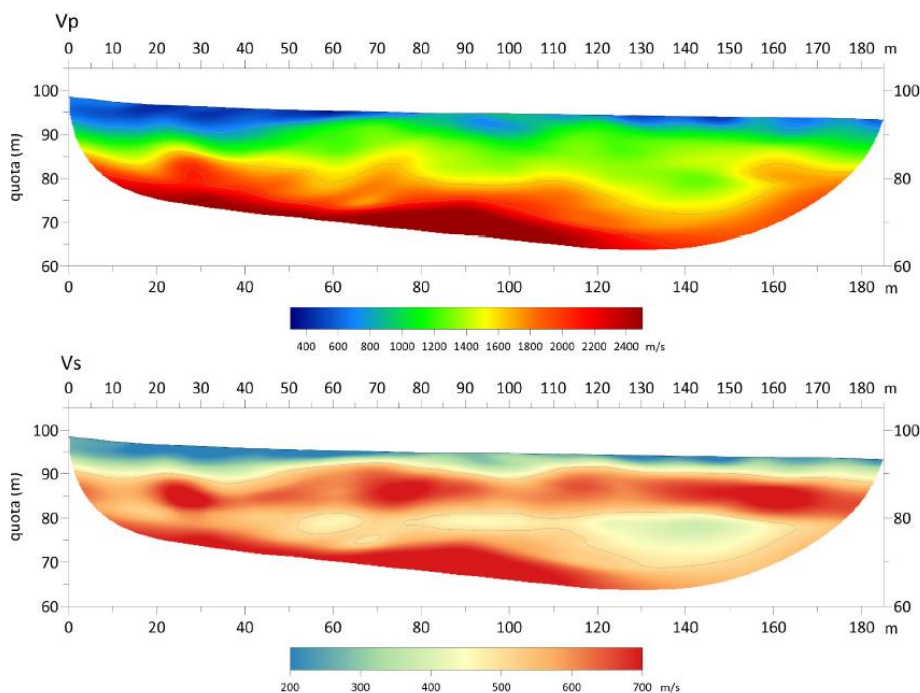
Non si rilevano dissesti morfologici in atto o potenziali. Essendo il tracciato in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato alterato della coltre alluvionale .

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

**Tratto compreso tra la progr. 8+070.93 alla progr. 8+209.82**


In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI08S\_RIGANO, che procede in direzione SSO per una lunghezza di 138.90m. Si imposta all'interno della pianura alluvionale del Fiume Eleuterio e alla progressiva 8+150.00 interseca l'alveo del Torrente Rigano, affluente in sinistra idrografica dell'Eleuterio. Non si rilevano dissetti morfologici in atto o potenziali. L'area è stata indagata con il pozzetto P8 e con la tomografia sismica LS4f

La tomografia sismica LS4f, ubicata poco a Sud del viadotto e con direzione ortogonale al tracciato stradale, ha una lunghezza pari a 185 m (fig.8.61). La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 6-8m, minore al centro della sezione, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 300 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di sedimenti alluvionali. Al di sotto la velocità aumenta in modo graduale con la profondità. Tuttavia si notano anche accentuate variazioni laterali, probabilmente causate da intercalazioni di terreni flyschoidi di differente coerenza.



*Figure 8-61: Tomografia sismica dello stendimento LS4f*

Il pozzetto P8 spinto sino alla profondità di 1,50 m dal p.c. rileva, al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di spessore variabile tra 15 e 40 cm di spessore, la coltre

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei.

Sia le fondazioni delle spalle che delle pile del viadotto insistono sulle alluvioni recenti a granulometria fine (ALr<sub>c</sub>), con spessori di circa 7 m .

Solo la fondazione della pila PI02 interessa le alluvioni recenti grossolane (ALra). Gli spessori per le alluvioni grossolane hanno spessore variabili tra 1.50 m e -4 m.

Il substrato della coltre alluvionale è costituito da peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) indagati sino alla profondità di 30 m dal p.c..

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico a circa 3.0m dal p.c. (fig.8.62) .

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.

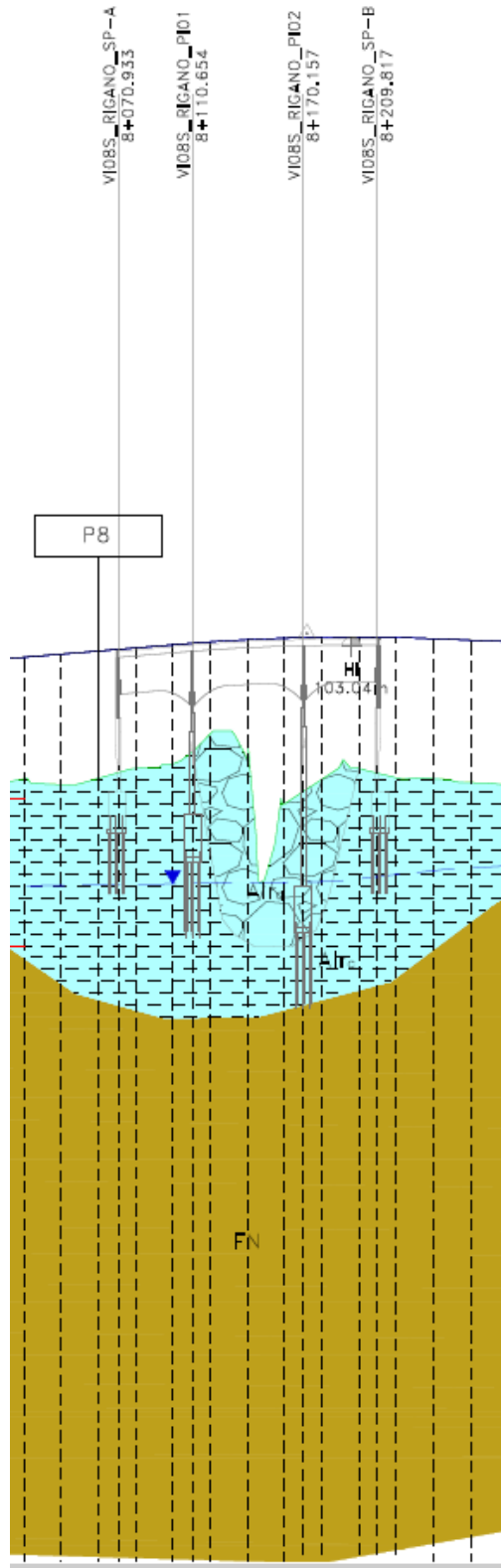


Figure 8-62: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 8+070.93 e la progressiva 8+209.82



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 8+209.82 alla progr. 8+672.00**

In questo tratto il tracciato curva in direzione S impostandosi sempre all'interno della piana alluvionale del Fiume Eleuterio.

Per tutta la sua estensione il tracciato è in rilevato con altezze massime di 8.30m. L'area è stata indagata con il pozzetto P9 ed il sondaggio SN3 Pz e con lo stendimento sismico LS4f.

Il pozzetto P9 spinto sino alla profondità di 1,50 m dal p.c. rileva, al di sotto di uno strato di terreno agrario limo-argilloso di spessore 45 cm, la coltre alluvionale a grana fine costituita da limo-argilloso bruno-giallastro con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei.

Il sondaggio SN3Pz ha rilevato la presenza di una coltre alluvionale recente dello spessore di 5.30 m, litologicamente costituita da un intervallo superiore di alluvioni a grana fine, con limo argilloso con ghiaie calcaree inglobate, sino a 3.00m dal p.c. e un intervallo inferiore di alluvioni a grana grossolana costituite da ghiaie e blocchi in matrice sabbioso-limoso sino alla profondità di 5,30 m. Le alluvioni ricoprono i terreni del Flysch Numidico costituiti da argille variamente marnose grigie scagliettate e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore medio di circa 5 m (FYN2) presenti in profondità sino ad oltre 30 m.

La tomografia sismica LS4f, ubicata poco a Nord del pozzetto P9 e con direzione ortogonale al tracciato stradale, ha una lunghezza pari a 185 m (fig.8.63). La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 6-8m, minore al centro della sezione, caratterizzato da valori di Vp tra 300 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di sedimenti alluvionali. Al di sotto la velocità aumenta in modo graduale con la profondità. Tuttavia si notano anche accentuate variazioni laterali, probabilmente causate da intercalazioni di terreni flyschoidi di differente coerenza.

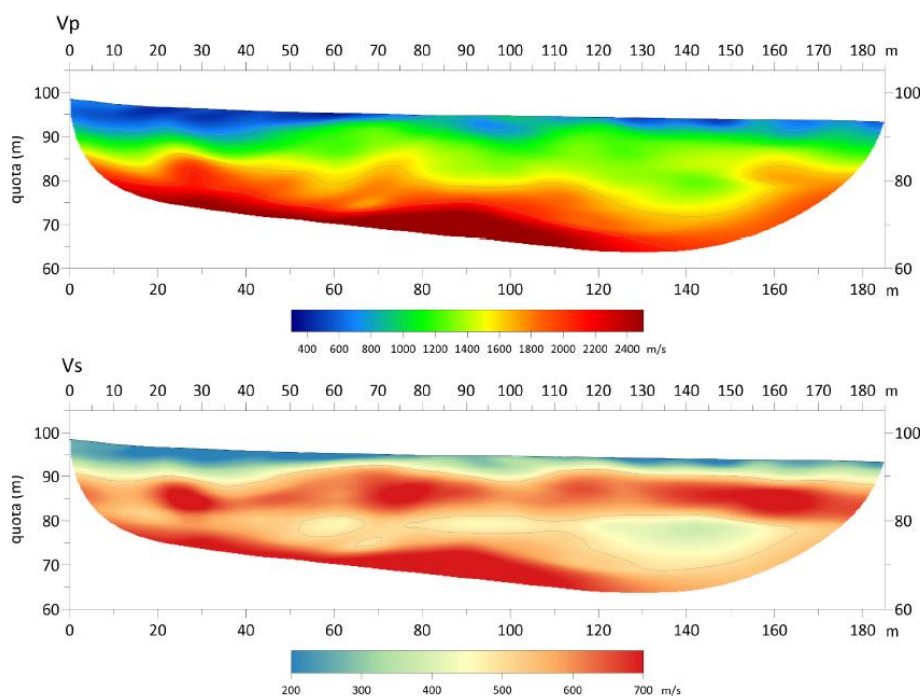


Figure8-63 Tomografia sismica dello stendimento LS4f

In affioramento si rilevano le alluvioni recenti a granulometria fine dell'Eleuterio (ALr<sub>c</sub>) costituite da limi argillosi ed argille limose. La coltre alluvionale ha spessore variabile da 3.50m a 7.0 m. Alle alluvioni a grana fine si intercala, nell'intervallo inferiore della coltre alluvionale, una lente di alluvioni grossolane (ALr<sub>a</sub>), di spessore di circa 1,50 m, costituita da ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa, rilevata dal sondaggioSN3 Pz, con uno spessore massimo di 1.50m. Al di sotto delle alluvioni ritroviamo i depositi del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) per spessori oltre i 20m (fig.8.64).

Si è stimata la presenza della falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico a circa 3.70m dal p.c. .

Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre alluvionale alterato di spessore adeguato.

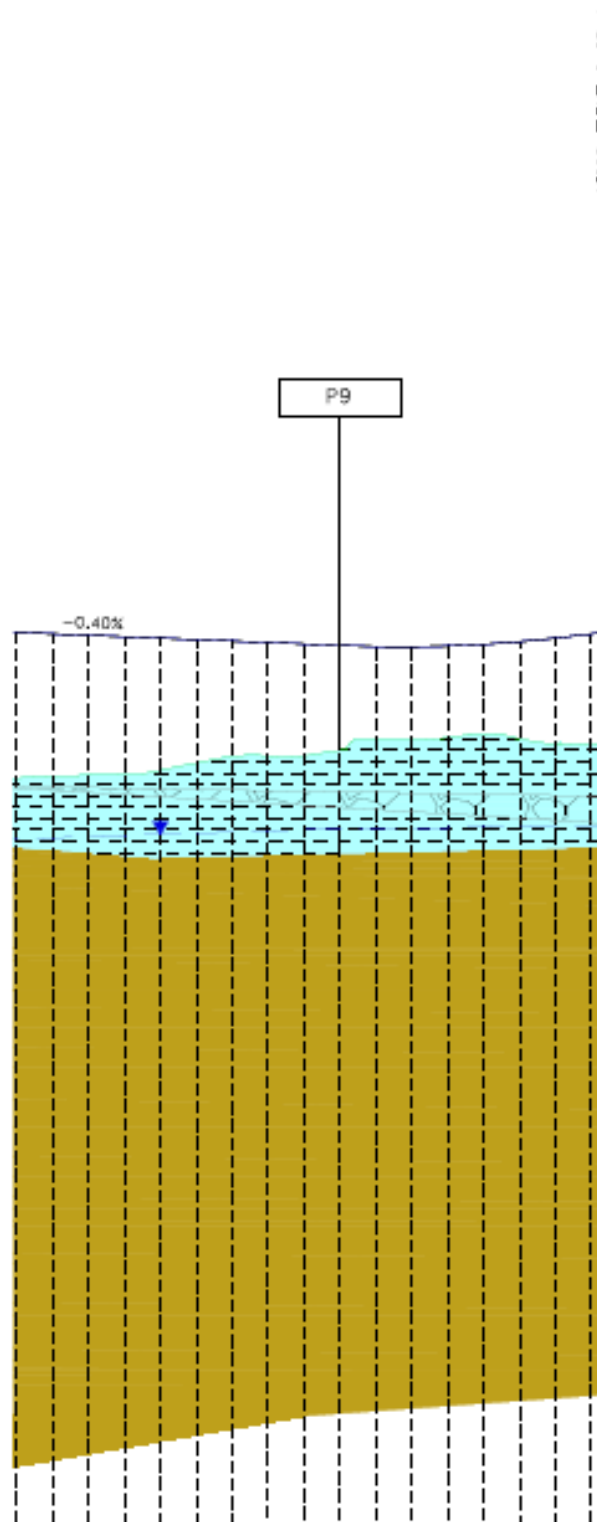



Figure 8-64 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 8+209.82 e la progressiva 8+672.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 8+672.00 alla progr. 9+052.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI09S\_ELEUT-2. Il viadotto procede in direzione SE attraversando la piana alluvionale del Fiume Eleuterio, che nell'area assume aspetto meandriforme, per una lunghezza di 380m. L'area è stata indagata con i sondaggi SN3 Pz ed S23 Amb.

In affioramento si rilevano le alluvioni recenti a granulometria fine dell'Eleuterio (ALr<sub>c</sub>) costituite da limi argillosi ed argille limose. La coltre alluvionale ha spessore variabile da 3.50m a 9.50 m. Alle alluvioni a grana fine si intercala, nell'intervallo inferiore della coltre alluvionale, una lente di alluvioni grossolane (ALr<sub>a</sub>), di spessore di circa 1,50 m-2,30 m, costituita da ghiaie e blocchi in matrice sabbiosa, rilevata dal sondaggio SN3 Pz e S23.

Il substrato della coltre alluvionale è costituito da peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) indagati sino alla profondità di 30 m dal p.c..

Il sondaggio SN3Pz ha rilevato la presenza di una coltre alluvionale recente dello spessore di 5.30 m, litologicamente costituita da un intervallo superiore di alluvioni a grana fine, con limo argilloso con ghiaie calcaree inglobate, sino a 3.00m dal p.c. e un intervallo inferiore di alluvioni a grana grossolana costituite da ghiaie e blocchi in matrice sabbioso-limosa sino alla profondità di 5,30 m. Le alluvioni ricoprono i terreni del Flysch Numidico costituiti da argille variamente marnose grigie scagliettate e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore medio di circa 5 m (FYN2) presenti in profondità sino ad oltre 30 m (fig.8.65).

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico a circa 3.70m dal p.c. .

Le fondazioni delle pile da PI01 A PI05 e la spalla SP-A del viadotto insistono sulle alluvioni grossolane dell'Eleuterio (ALr<sub>a</sub>). Le fondazioni della pila PI06 e la spalla SP-B insistono sulle alluvioni recenti fini (ALr<sub>c</sub>).

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.



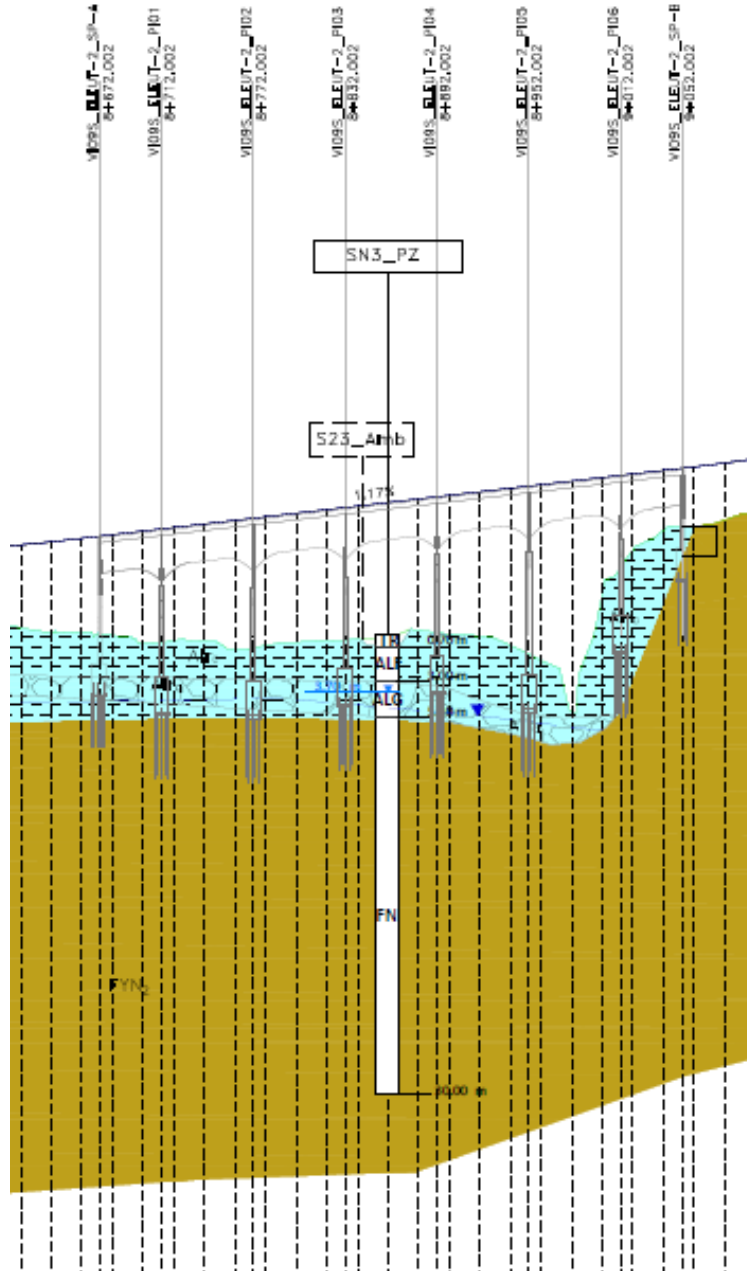


Figure 8-65 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 8+672.00 e la progressiva 9+052.00

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 9+052.00 alla progr. 9+320.00

In questo tratto il tracciato procede in direzione S, a mezzacosta sul versante in destra idrografica del Fiume Eleuterio, si posiziona a O di Cozzo Don Cola.

Dalla progressiva 9+052.00 alla progressiva 9+190.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 3.70m. Dalla progressiva 9+190.00 fino a fine tratto il tracciato è in scavo con profondità massime di 14.50m.


L'area è stata indagata con il sondaggio S24 Pz e con lo stendimento sismico LS10b.

I terreni affioranti sono riconducibili al Flysch Numidico (FYN2), che dalla progressiva 9+140.00 alla progressiva 9+320.00 vengono ricoperti da una coltre rimaneggiata (AFL<sub>a1</sub>) riconducibili al dissesto D32 tale area di dissesto interessa il tracciato tra le pk 9+080 e 9+140, risultando ubicata, sul versante che dal settore NO del rilievo di Cozzo Don Cola (q. 199 m s.l.m.) degrada sino all'incisione del F.Eleuterio (fig.8.66);



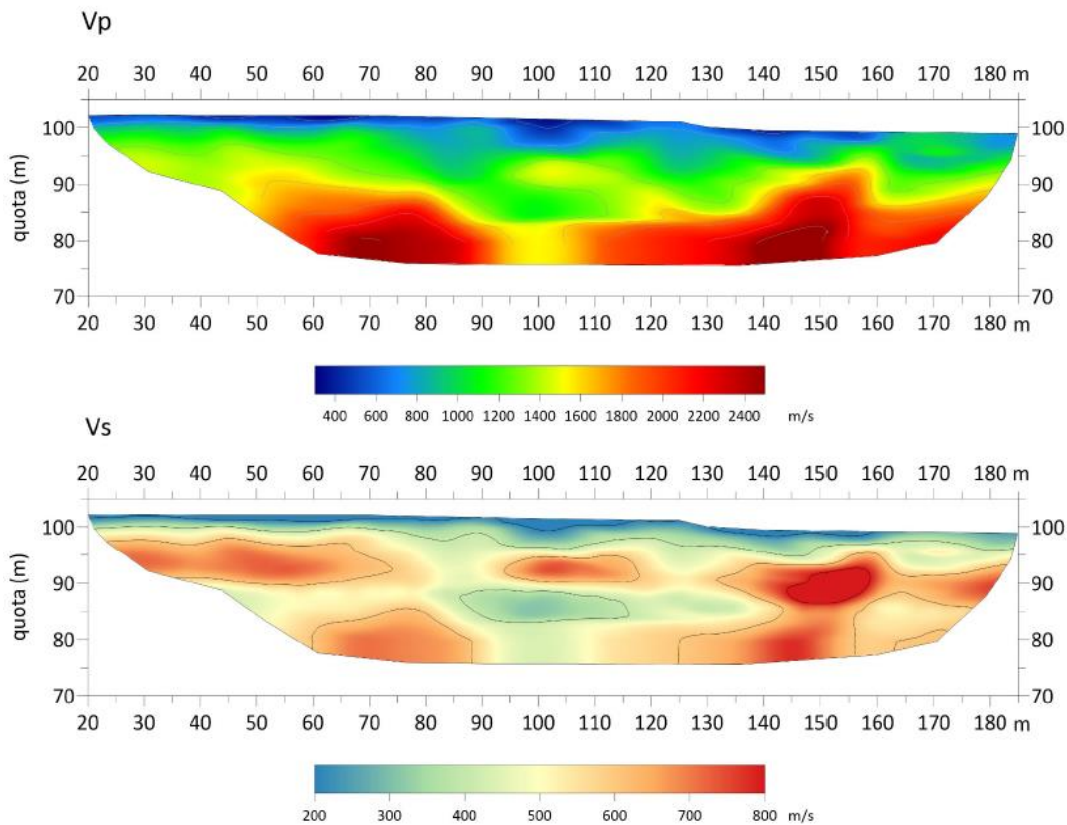
*Figura 8-66 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Tale area è censita nel CARG Foglio 595 Palermo come area a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frana.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	


Lo spessore massimo della coltre rimaneggiata interessata dal dissesto è stimato in circa 4.50m, dato ricavato dal sondaggio S24\_PZ\_Amb e dallo stendimento sismico LS10b.

La tomografia sismica LS10b di lunghezza pari a 190 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S24 (fig.8.67). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che varia da 2 m a 5 m, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto sono presenti argille grigie a struttura scagliosa, caratterizzate da spessori irregolari, forti eterogeneità laterali e Vp compreso tra 1000 m/s 1500 m/s. Infine, a z compreso tra 80 m e 90 m si nota il tetto di un substrato più rigido (Vp compreso tra 1800 m/s e 2500 m/s).



*Figure 8-67: Tomografia sismica dello stendimento LS10b*

Dal punto di vista litologico il deposito di frana (AFL<sub>a1</sub>) è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

Il Membro di Portella Colla del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) è costituito, litologicamente, da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine.

E' possibile la presenza di permeazioni acquifere al contatto tra la coltre di frana ed il substrato (fig.8.68).

Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre alluvionale di 1.5 m.



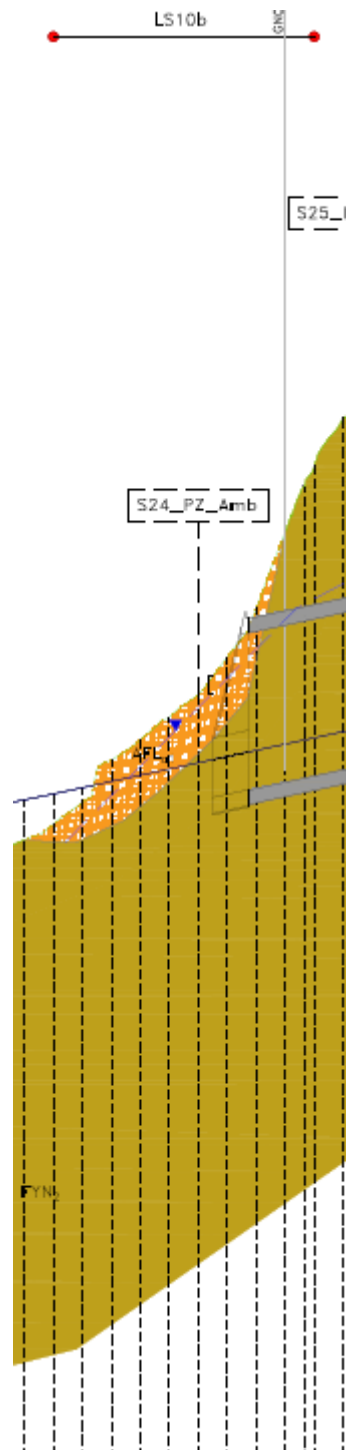



Figure 8-68 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 9+052.00 e la progressiva 9+320.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 9+320.00 alla progr. 9+705.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione della galleria naturale GN02\_DON COLA, che procede in direzione SSO, per una lunghezza di 385m, all'interno del versante occidentale di Cozzo Don Cola. La quota all'imbocco della galleria è 109m s.l.m (fig.8.69).

L'area è stata indagata con i sondaggi S25 Pz e SN4\_pz.

Il sondaggio S25Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 5 m, al di sotto di una coltre argilloso-limosa , inglobante clasti etrometrici arenacei dello spessore di 1,50 m. Si intercalano alle argille marnose ( 17 m-18,50 / 20m-21m) livelli di rocce lapidee costituite da quarzosilititi , variamente fratturate, grigie, di spessore metrico.

Il sondaggio SN4 rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 8 m.


I terreni affioranti sono riconducibili al Flysch Numidico (FYN2), che dalla progressiva 9+140.00 alla progressiva 9+320.00 vengono ricoperti da una coltre rimaneggiata (AFL<sub>a1</sub>) riconducibili al dissesto D32; tale area di dissesto interessa il tracciato tra le pk 9+080 e 9+140, risultando ubicata, sul versante che dal settore NO del rilievo di Cozzo Don Cola (q. 199 m s.l.m.) degrada sino all'incisione del F.Eleuterio.

Tale area è censita nel CARG Foglio 595 Palermo come area a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frana.

Lo spessore massimo della coltre rimaneggiata interessata dal dissesto è stimato di circa 4.50m, dato ricavato dal sondaggio S24\_PZ\_Amb e dallo stendimento sismico LS10b.

L'imbocco Nord è quindi caratterizzato dalla presenza sul versante di detrito di frana (AFL<sub>a1</sub>) riconducibile al dissesto D32, classificato come colamento lento con stato di attività quiescente, costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti arenacei.

L'imbocco Sud è caratterizzato dalla presenza sul versante delle peliti , alterate a tetto del Flysch Numidico.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

Lo scavo dell'intera galleria interessa le peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) riconducibili al Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

Dalla progressiva 9+620.00 fino all'uscita della galleria, vengono intercettati, nella zona di calotta della galleria, strati e banchi di quarzareniti e quarzosiltiti di colore grigiastro, a grana fina, con discontinuità chiuse e aperte, variamente orientate, con superfici piane e poco scabre. intercalati alla peliti del Flysch Numidico (FYN<sub>2a</sub>), con spessore variabile da decimetrico a metrico.

Sulla scorta del piezometro installato nel sondaggio S25\_PZ\_Amb è stato ricostruito un livello di falda a circa -24m rispetto alla quota di p.c. non interferendo così con lo scavo della galleria.

Andrà prevista l'adozione di opere di sostegno del versante su cui insiste sia l'imbocco Nord che quello Sud.

Lo scavo dovrà prevedere la presenza di livelli lapidei di elevata resistenza, variamente fratturati, di natura quarzoarenitica e di spessore variabile..

E' possibile e documentato il rischio di discontinue manifestazioni di gas metano dai livelli sabbiosi ed arenacei fratturati del Flysch Numidico.

### **Tracciato DX**

Nel tracciato dx dalla progressiva 9+600.00 fino all'uscita della galleria si ha il passaggio dalle peliti del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) alle quarzoareniti del Flysch (FYN<sub>2a</sub>).

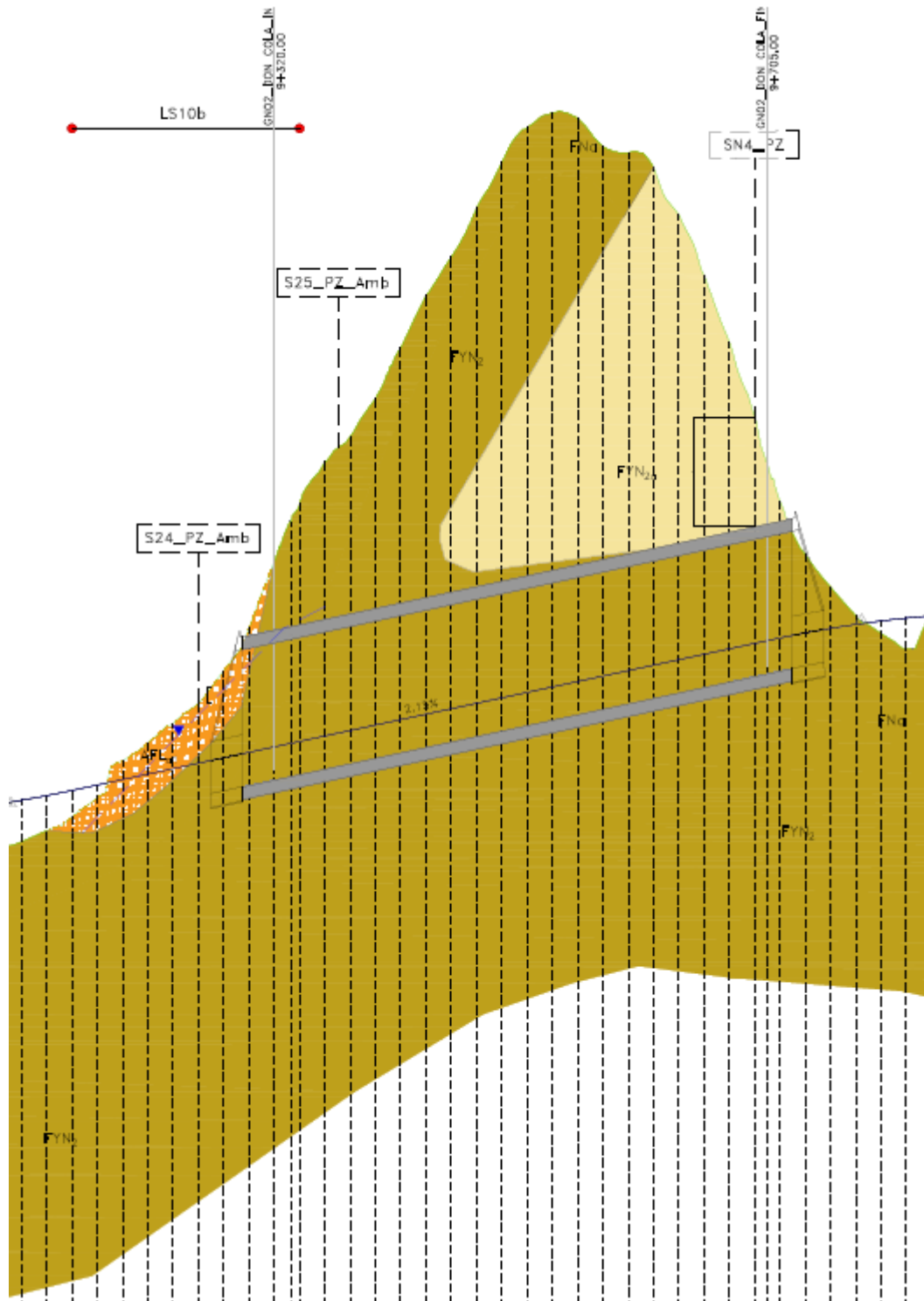



Figure 8-69: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 9+320.00 e la progressiva 9+705.00



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 9+705.00 alla progr. 9+880.00**

In questo tratto il tracciato prosegue in direzione SO, nella parte inferiore del versante in destra idrografica del Fiume Eleuterio (parte del versante SO di Cozzo Don Cola).

Dall'inizio del tratto fino alla progressiva 9+780.00 il tracciato è in scavo, con altezze massime di 14m, in corrispondenza dell'uscita della galleria GN02\_DON COLA.

Dalla progressiva 9+780.00 alla progressiva 9+840.00 il tracciato è in rilevato, con altezze massime di 2.40m; dalla progressiva 9+840.00 fino a fine tratto il tracciato è nuovamente in scavo con profondità massime di 7.40m in corrispondenza dell'imbocco della galleria artificiale GA04\_SAVONA.

L'area è stata indagata con i sondaggi SN4\_pz e S30.

Il sondaggio SN4 rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 8 m.

Il sondaggio S30 rileva il substrato costituito da argille variamente marnose e sabbiose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 6.60 m.


Il tracciato in questo tratto attraversa interamente i depositi del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), costituiti litologicamente da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine (fig. 8.70).

Non è stata rilevata falda acquifera. Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre alterata di 1.0 m.

Lo scavo dovrà prevedere la presenza di livelli lapidei di elevata resistenza, variamente fratturati, di natura quarzoarenitica e di spessore variabile.



Figura 8-70 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 9+705.00 e la progressiva 9+880.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

**Tratto compreso tra la progr. 9+880.00 alla progr. 9+960.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione della galleria artificiale GA04\_SAVONA., che si sviluppa in direzione SO per una lunghezza di 80m.

La galleria insiste su un versante mediamente acclive in destra idrografica della valle del Fiume Eleuterio. L'area è stata indagata con il sondaggio S30.

Il sondaggio S30 rileva il substrato costituito da argille variamente marnose e sabbiose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 6.60 m.

Le litologie affioranti sono riconducibili al Flysch Numidico – Membro di Portella Colla (FYN<sub>2</sub>) costituito litologicamente da peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallelà, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine.

Lo scavo della galleria in questo tratto attraversa interamente i depositi del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), costituiti litologicamente da peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallelà, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine. In questo tratto non si riscontrano livelli di falda (fig.8.71).

Lo scavo dovrà prevedere la presenza di livelli lapidei di elevata resistenza, variamente fratturati, di natura quarzoarenitica e di spessore variabile.

E' possibile e documentato il rischio di discontinue manifestazioni di gas metano dai livelli sabbiosi ed arenacei fratturati del Flysch Numidico.

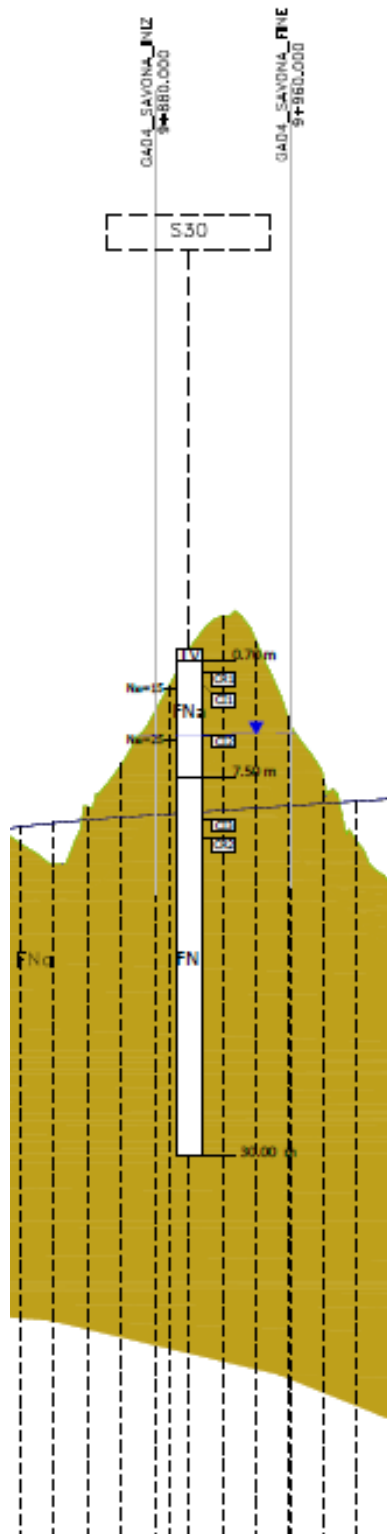



Figure 8-71 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 9+880.00 e la progressiva 9+960.00



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 9+880.00 alla progr. 10+657.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI10S\_FEOTTO che si sviluppa in direzione SO sul fianco in destra idrografica della piana alluvionale del Fiume Eleuterio, per una lunghezza di 777m.

Da inizio tratto fino alla progressiva 9+990.00 il tracciato è in scavo con profondità massime di 5m; dalla progressiva 9+990.00 alla progressiva 10+037.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 6.50m. Da questa progressiva fino a fine tratto è prevista la realizzazione del viadotto.

L'area è stata indagata con il sondaggio S26 DH, 28 Pz e con la tomografia sismica LS11.

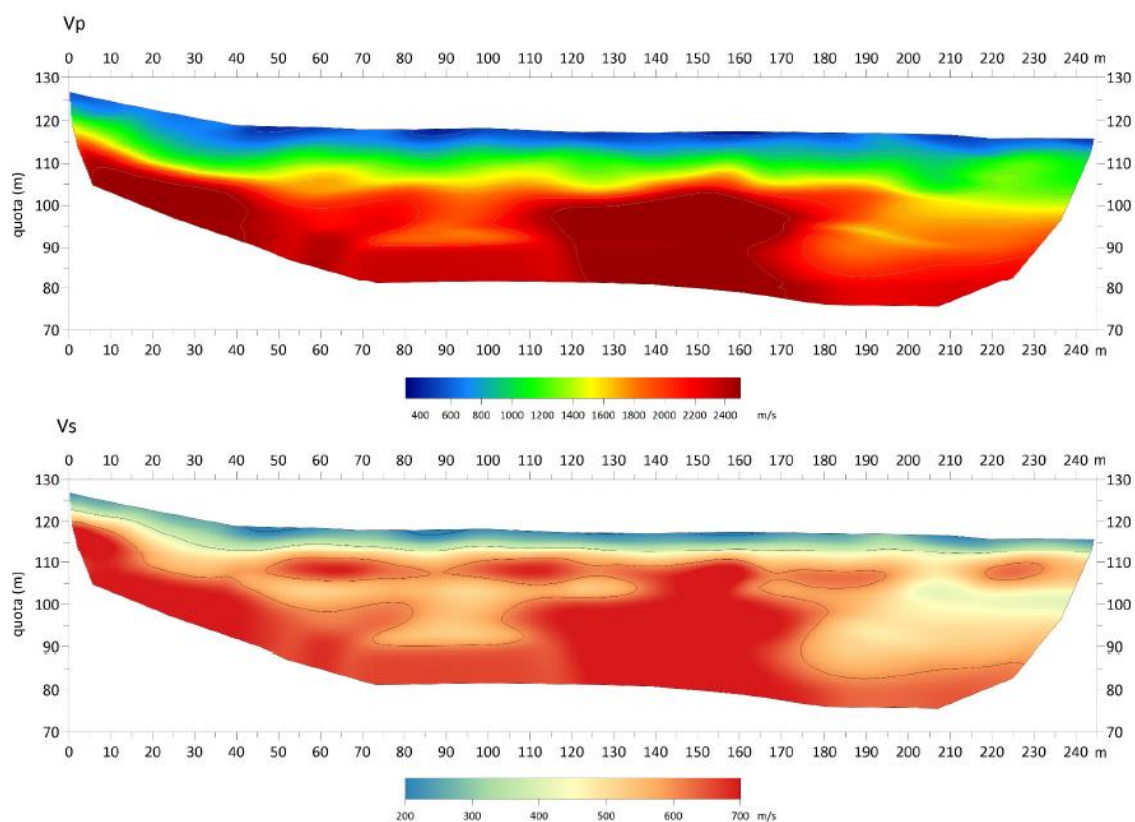
Il sondaggio S26 DH rileva il substrato costituito da argille variamente marnose e sabbiose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 2.70 m, al di sotto di una coltre alluvionale a grana grossolana costituita da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa.

Il sondaggio S28 Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose e sabbiose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, , al di sotto di una coltre alluvionale recente dello spessore di 9,50 m.

La coltre alluvionale è a grana fine è costituita da limi argillosi bruni con inclusi ghiaie e ciottoli calcarei ed arenacei. Tra 5 m e 9.50 m si rileva la presenza di blocchi di dimensioni decimetriche.

La tomografia sismica LS11 di lunghezza pari a 245 m (fig.8.72), è stata eseguita in prossimità del sondaggio S28, con stendimento parallelo al tracciato. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore di circa 5 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto l'aumento di velocità ( $V_p = 1200$  m/s) è compatibile con la variazione composizionale dei limi che presentano inclusioni di blocchi lapidei. Infine, a z compreso tra 110 m e 95 m, si nota il tetto di un substrato più rigido ma al suo interno eterogeneo ( $V_p$  compreso tra 1800 m/s e 2500 m/s), compatibile con la presenza delle argille grigie con clasti ed intercalazioni di quarzosiltiti.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	




*Figure 8-72 Tomografia sismica dello stendimento LS11*

I terreni affioranti sono costituiti dalle peliti del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), ricoperte dalla progressiva 10+060.00 fino a fine tratto dalle alluvioni del Fiume Eleuterio e dal deposito di frana (AFL<sub>a1</sub>), costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei.

Tali depositi di frana sono riferibili alle aree di dissesto perimetrato e censite con le sigle D33-D34 e D35, ubicate sul versante Ovest del rilievo di Monte Dagariato (q.438), che degrada verso l'incisione del F. Eleuterio (fig.8.73). Lo stesso versante è caratterizzato da una pendenza media del 17-20%. Dei 3 dissesti solo il D35 interessa il tracciato tra le pk 10+600 e 10+920.

Tali dissesti sono censiti nel CARG come aree a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso, interessano la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frane.

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	



*Figura 8-73: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Le fondazioni della spalla SP-A e delle pile PI01 e PI02 insistono sui terreni del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), costituiti litologicamente da peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, alterate a tetto, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine. Le fondazioni delle pile da PI03 a PI05, insistono sulle alluvioni recenti grossolane e fini, rispettivamente (ALr<sub>a</sub>) ed (ALr<sub>c</sub>), con spessore massimo di 9,50 m, poggianti sui terreni del Flysch (FYN<sub>2</sub>), indagati sino alla profondità di 30 m dal p.c. Le fondazioni delle pile da PI06 a PI10 insistono sulle alluvioni (ALr<sub>a</sub>), con spessore massimo di 9,50 m. Le fondazioni della spalla SP-B insistono sulle alluvioni (ALr<sub>c</sub>) della piana dell'Eleuterio con spessori massimi di circa 14m raggiunti vicino la spalla SP-B del viadotto.

La spalla SP-B inoltre poggia sulla parte iniziale del deposito di frana sopra citato costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei. Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico a circa 3.70m dal p.c. come rilevato nel piezometro S28 (fig.8.74) .

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico. Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre alluvionale di spessore adeguato.

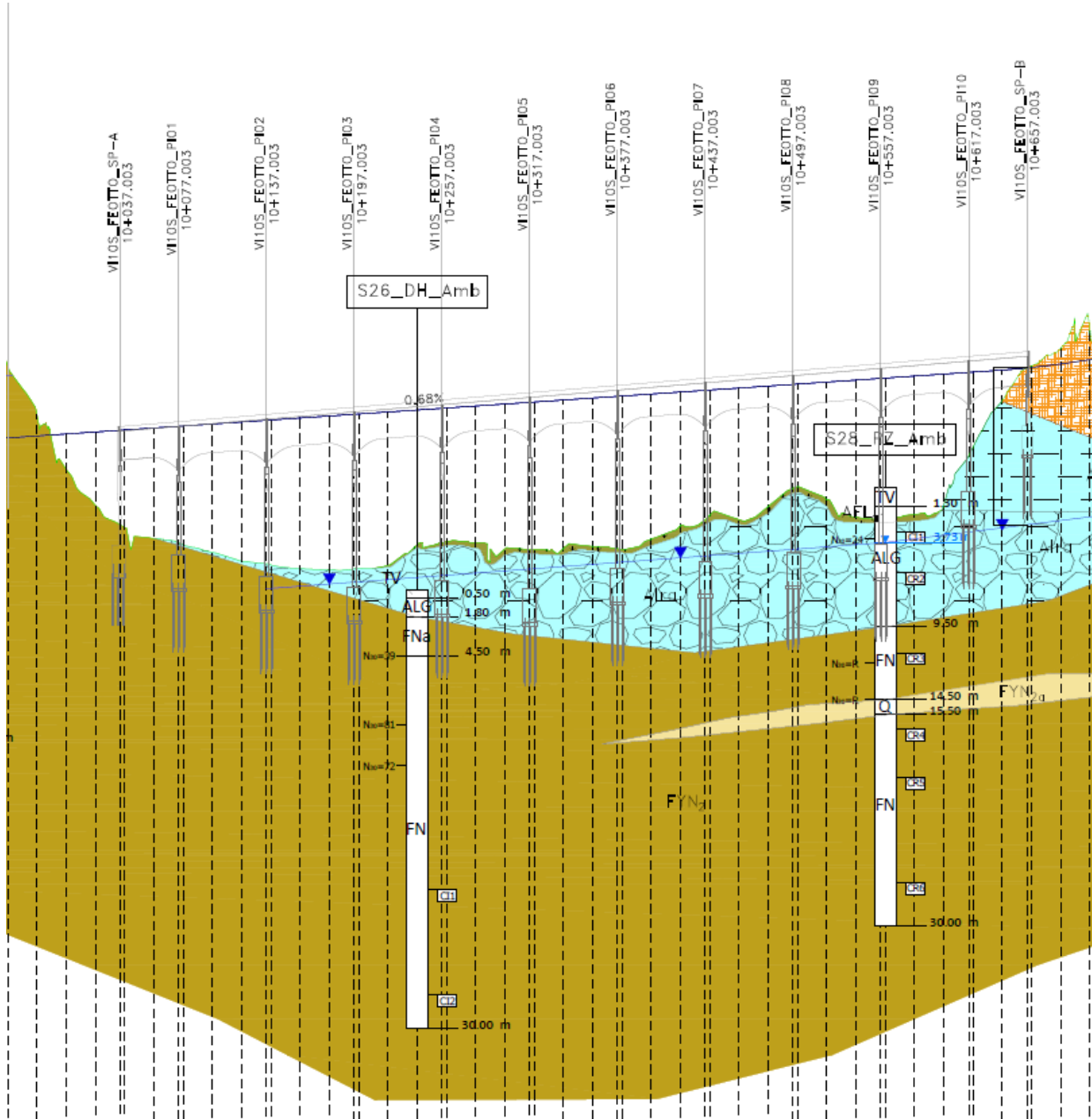


Figure 8-74 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 9+960.00 e la progressiva 10+657.00



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### Tratto compreso tra la progr. 10+657.00 alla progr. 10+918.00

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI11S\_BRASCHI dalla progressiva 10+778.00 fino a fine tratto, che si sviluppa in direzione SO sul fianco in destra idrografica della piana alluvionale del Fiume Eleuterio, per una lunghezza di 261m. Da inizio tratto alla progressiva 10+778.00 il tracciato procede in scavo con profondità massime di circa 3m. L'area è stata indagata con il sondaggio S29 DH e con la tomografia sismica LS12. Il sondaggio S29 DH rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 3.50 m, alla profondità di 5,50 m dal p.c., al di sotto di una coltre argilloso-limosa a struttura rimaneggiata con trovanti calcarei inglobati.

La tomografia sismica LS12 di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S29, con stendimento parallelo al tracciato (fig.8.75). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento omogeneo e spessore di circa 6 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa. Al di sotto la velocità sismica aumenta gradualmente con la profondità da  $V_p = 1000$  m/s a  $V_p = 2500$  m/s.

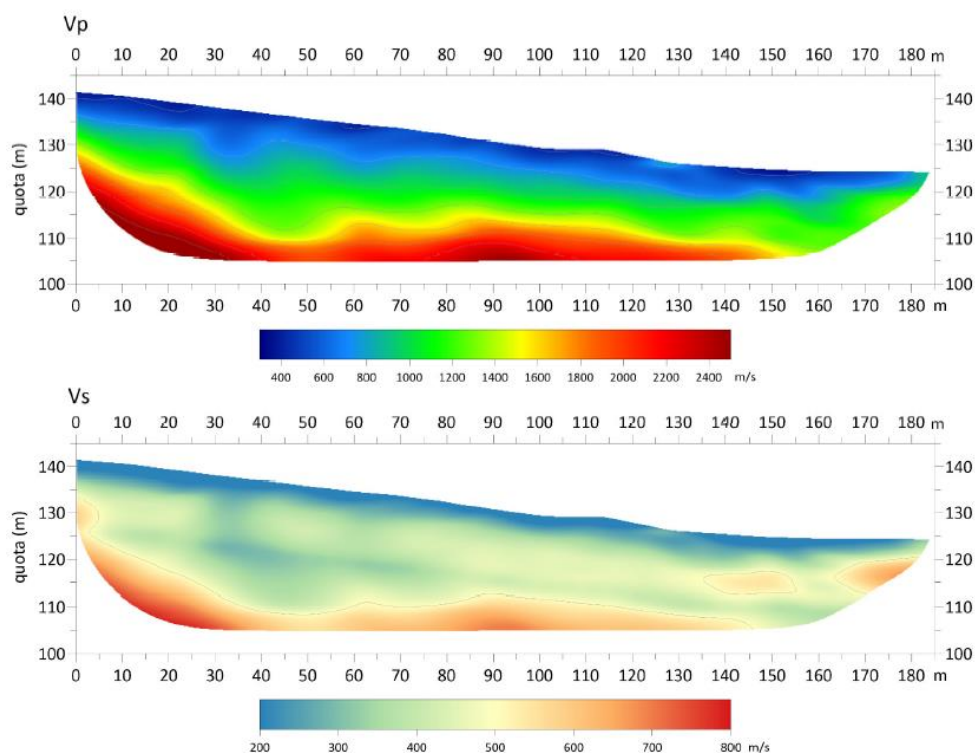



Figure 8-75 Tomografia sismica dello stendimento LS12

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

La coltre argillosa rimaneggiata con trovanti calcarei è da ascrivere ad un deposito di frana riferibile all'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D35 , ubicata sul versante Ovest del rilievo di Monte Dagariato ( q.438), che degrada verso l'incisione del F.Eleuterio (fig.8.76) Il dissesto D 35 interessa il tracciato tra le pk 10+600 e 10+920; lo stesso è censito nel CARG come area a franosità diffusa. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante, anche se mancano chiari segni di attivazione. Il dissesto, ascrivibile quindi al tipo per soliflusso, interessa la coltre superficiale. E' possibile definire quiescente lo stato di attività della frane.




*Figura 8-76: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto D35 e del tracciato.*

Nel primo tratto lo scavo interessa il detrito di frana costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei .

Il detrito di frana , alle quote interessate dallo scavo non è permeato da falda acquifera.

Le fondazioni della spalla SP-A e quelle delle pile PI01 e PI02 del viadotto imposta insistono sulla seguente successione di terreni:

- da 0,0 m a 5 m : detrito di frana costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei e d arenacei .

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

- da 5 m a 7,50 : alluvioni a grana fine limo-argillose
- da 7,50 m in profondità : Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), costituito litologicamente da peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine., alterate a tetto.

Le fondazioni della pila PI03 e la spalla SP-B del viadotto, insistono su alluvioni grossolane costituite da ghiaie sabbiose , dell spessore di di 3,50 m , poggianti sui terreni del Flysch.

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico variabile tra circa 7.50m dal p.c. in corrispondenza della spalla A a circa 3.50 m dal p.c.in corrispondenza della spalla B (fig.8.77).

Andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.

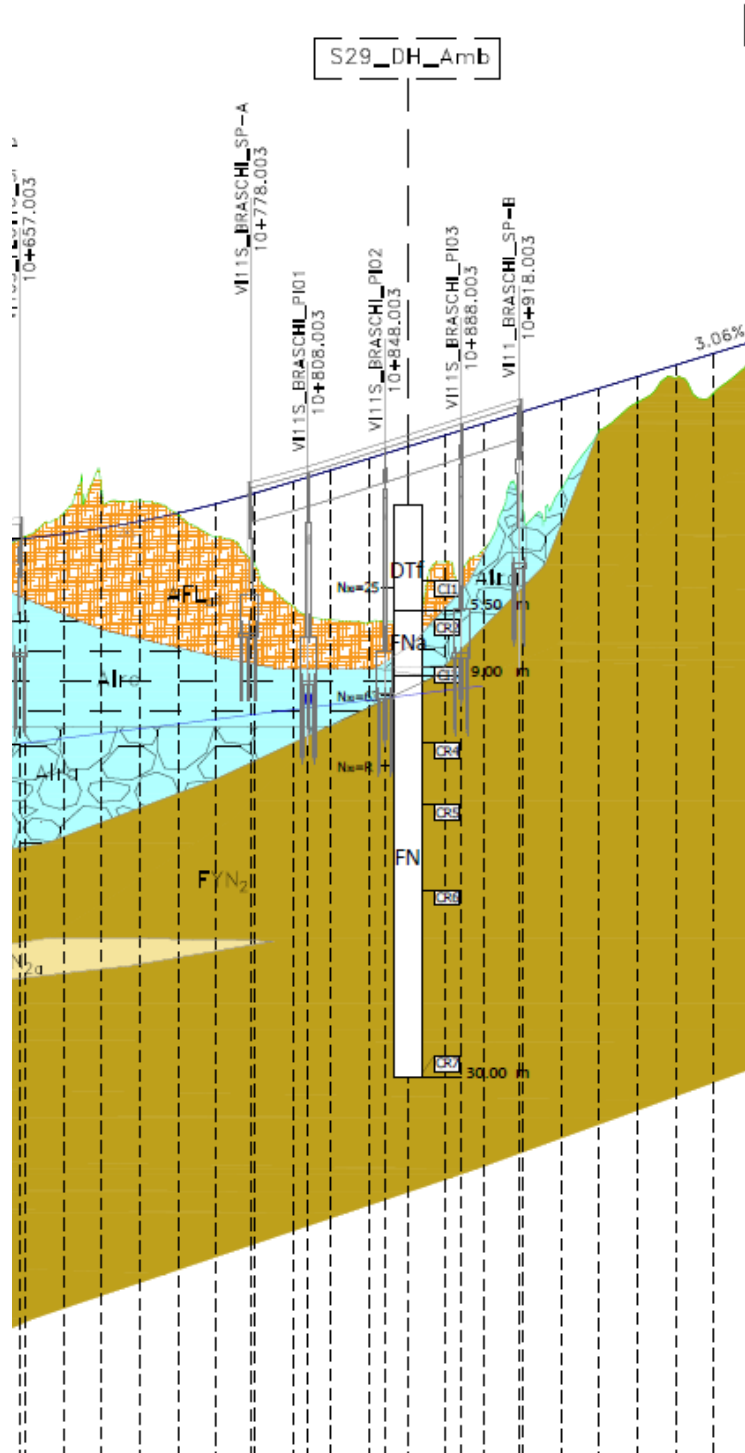


Figure 8-77 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 10+657.00 e la progressiva 10+918.00



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

### **Tratto compreso tra la progr. 10+918.00 alla progr. 12+020.00**

In questo tratto, il tracciato curva in direzione S, sviluppandosi in destra idrografica della valle dell'Eleuterio. Da inizio tratto alla progressiva 11+050.00 il tracciato corre in rilevato con altezze massime di 5.80m; dalla progressiva 11+050.00 alla progressiva 11+220.00 il tracciato è in scavo con profondità massime di 3m. Dalla progressiva 11+220.00 alla progressiva 11+260.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 1m; dalla progressiva 11+260.00 alla progressiva 11+300.00 il tracciato corre a raso; dalla progressiva 11+300.00 alla progressiva 11+390.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 4.30m..


Dalla progressiva 11+390.00 alla progressiva 11+440.00 il tracciato è in scavo con profondità massime di 4.60m. Dalla progressiva 11+440.00 alla progressiva 11+740.00 il tracciato è in rilevato, con altezza massima di 4.70m. Dalla progressiva 11+740.00 alla progressiva 11+920.00 il tracciato è in scavo con profondità massime di 5.30m. Infine dalla progressiva 11+920.00 fino a fine tratto il tracciato è in rilevato con altezze massime di 4.40m raggiunti in corrispondenza della spalla SP-A del viadotto VI12S\_CODA-DI-VOLPE.

L'area è stata indagata con il sondaggio S32 DH, 33 Pz e con i pozzetti P10 e P11.

Il sondaggio S32 DH rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterato al tetto per uno spessore di di circa 7 m, alla profondità di 9,00 m dal p.c., al di sotto di una coltre argilloso-limosa a struttura rimaneggiata con clasti inglobati eterometrici (2 mm-10 cm) .

Il sondaggio S33 Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 3.50 m, alla profondità di 1,00 m dal p.c., al di sotto di una coltre argilloso-limosa a struttura rimaneggiata con clasti inglobati eterometrici (2 mm-2 cm) .

I pozzetti P10 e P11 rilevano la presenza di una coltre rimaneggiata e /o alterata costituita da argilla variamente limosa con inclusi calsti etero metrici al disotto di una copertura di 0,30 m di terreno vegetale.


SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b><i>Relazione Geologica</i></b>	

Tutto il tratto insiste su peliti di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallelata, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine. del Flysch Numidico (FYN2).

Solamente dalla progressiva 11+740.00 alla progressiva 11+860.00, si rileva a copertura del substrato pelitico una coltre colluviale –eluviale (AFLb2), costituita da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi calcarei. per uno spessore di 9m (S32DH) (fig.8.78).

Non è prevista falda acquifera in sottosuolo.

Per la realizzazione dei tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato superficiale variabile tra 1 e 2 m.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Geologica</b>	

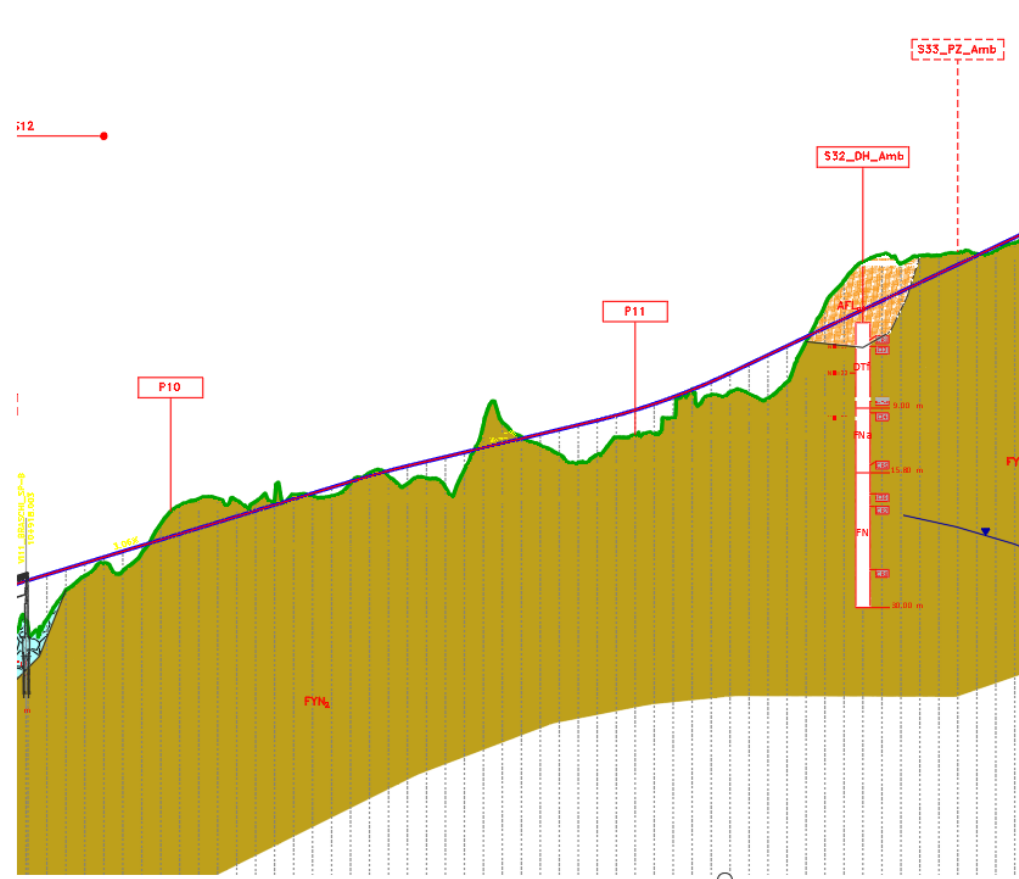



Figura 8-78 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 10+918.00 e la progressiva 12+020.00

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### **Tratto compreso tra la progr. 12+020.00 alla progr. 12+452.00**

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI12S\_CODA-DI-VOLPE, di lunghezza 200m, e la realizzazione della galleria artificiale GA06\_AMARI, di lunghezza 160m. Il tracciato procede in direzione S attraversando una valle incisa del Torrente Coda di Volpe, per poi procedere in galleria ad una quota di 186m s.l.m.

L'area è stata indagata con il sondaggio S34 Pz, S35 Pz, S37 e con le tomografie sismiche LS13 e LS14.

Il sondaggio S34 Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterato al tetto per uno spessore di circa 5 m, alla profondità di 6,00 m dal p.c., al di sotto di una coltre argilloso-limosa a struttura rimaneggiata con clasti inglobati eterometrici (2 mm-2 cm). Lo stesso rileva interclazioni arenacee da 24,40 a 25,20 e a m 29,20- 29,80.

Il sondaggio S35 Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 3.00 m, alla profondità di 1,40 m dal p.c., al di sotto di una coltre argilloso-limosa a struttura rimaneggiata con clasti inglobati eterometrici (2 mm-2 cm).

Il sondaggio S37 Pz rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 3.00 m, alla profondità di 0,20 m dal p.c., al di sotto di una coltre di terreno agrario di 0,20 cm.

La tomografia sismica LS13ha una lunghezza pari a 180 m (fig.8.79). La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 3-4m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 800 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione eterogenea della velocità, con valori di circa 900-1400 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, a una profondità fra 12 e 15 m circa, con Vp = 2000-2500 m/s.



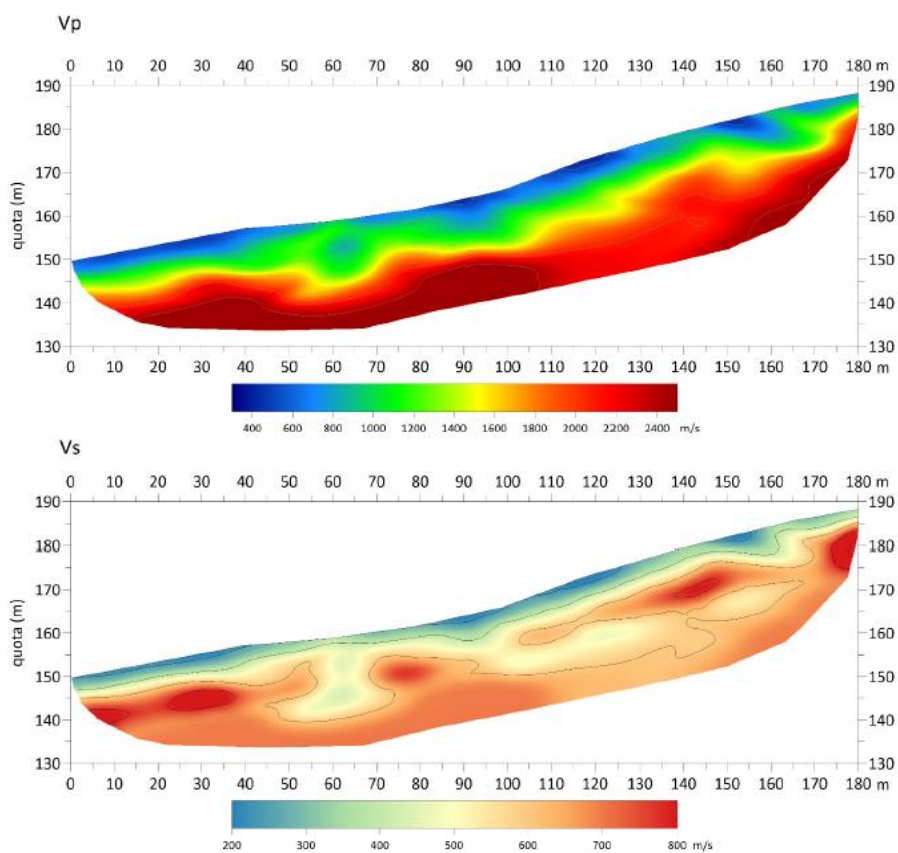


Figure 8-79 Tomografia sismica dello stendimento LS13

La tomografia sismica LS14 (fig.8.80), di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S35. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore che di circa 4m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate. Al di sotto l'aumento abbastanza graduale della velocità (da  $V_p = 1000$  m/s fino a  $V_p = 2200$  m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

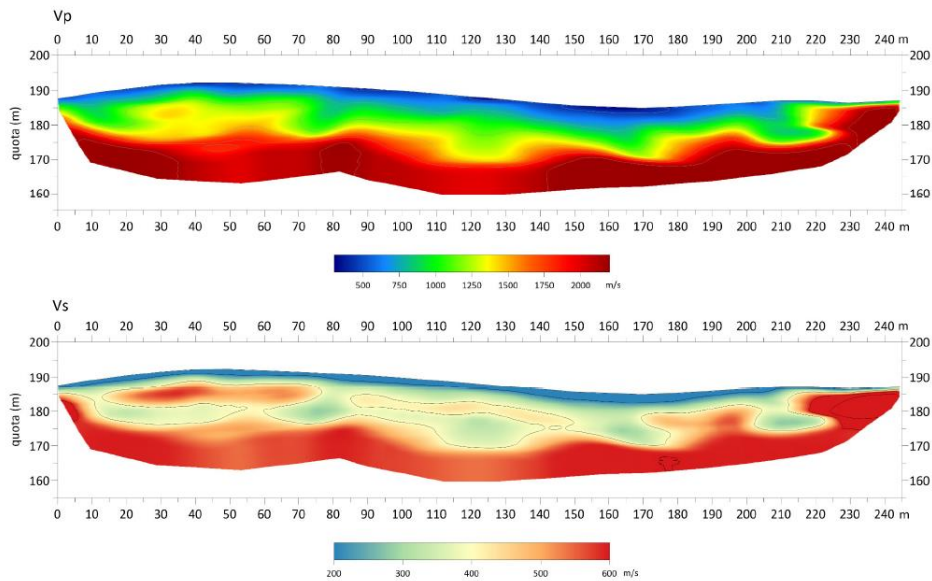



Figure 8-80 Tomografia sismica dello stendimento LS14

La coltre argillo-limosa rimaneggiata rilevata nel sondaggio S35 è da attribuire ad un dissesto , individuato con la sigla D38 che interessa il tracciato tra le pk 12+120 e 12+300 (fig.8.81) ; si tratta di un'area a franosità diffusa caratterizzata dalla presenza di tracce morfologiche di colamenti e soliflusso. Nell'area SE del dissesto D38 , subito a valle dell'impianto di depurazione del comune di Bolognetta si sono rilevati in passato dissesti a carico del muro perimetrale dell'impianto. Lo spessore della coltre in frana è variabile tra 1 e 2 m.

Sempre lungo i fianchi , sia destro che sinistro, del vallone Coda di Volpe che dal rilievo di Cozzo Coda di Volpe (q. 329 m s.l.m.) defluisce verso Est, con direzione Est-Ovest, verso il corso del F.Eleuterio sono ubicate altre aree di dissesto perimetrate e censite con le sigle D36, D37, D37 bis ; queste sono ubicate I fianchi del vallone sono caratterizzati da una pendenza media del 18-22 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). I dissesti D36 e D37 sono censiti nella cartografia del PAI rispettivamente con la sigla 037-6BO-009 (D36) e 037-6BO-004 (D37) e sono classificati come aree a franosità diffusa attive. Il dissesto 037-6BO-009 (D36) si estende per un'area di 118.061 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2; il dissesto 037-6BO-004 (D37) si estende per un'area di 150.289 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P2. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. I dissesti, ascrivibili quindi al tipo per soliflusso e colamenti , interessanti la coltre superficiale (fig.8.81).

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Il dissesto D37 bis censito nella cartografia PAI con la sigla 037-6BO-005, classificato come frana per scorrimento attiva, si estende per un'area di 54.633 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3.



*Figura 8-81 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*


I dissesti D36-D37 e D37 bis non interferiscono con il tracciato di progetto; ai dissesti D36 e D37 è da imputare invece il dissesto della vecchia sede stradale della SS121, risanata con la costruzione dell'attuale viadotto Coda di Volpe.

Il tracciato quindi insiste sulle argille di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallelà, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN2). Tra la progressiva 112+120 e 12+300, a copertura del substrato, si rileva la presenza di detrito di frana relativo al dissesto D38, classificato come area a franosità superficiale diffusa.

Dal punto di vista litologico il deposito di frana (AFL<sub>a1</sub>) è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti calcarei. Gli spessori della coltre instabile vengono ricavati dal sondaggio S35\_PZ e variano tra 1-2m.

Le fondazioni della spalla A e quelle della pila 1 insistono sulle peliti del Flysch Numidico, alterate a tetto per uno spessore di circa 11 m.

Le fondazioni della spalla B e quelle della pila 3 insistono sulla coltre di frana, con spessore di 3 m, poggiante sulle peliti del Flysch Numidico, alterate a tetto.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Sulla scorta del piezometro installato nel sondaggio S35\_PZ è stato ricostruito un livello di falda a circa - 7,50 m rispetto alla quota di p.c., non interferendo così con lo scavo della galleria (fig.8.82).

E' possibile la presenza di permeazioni acquifere permeanti la coltre di frana sostenute dal substrato pelitico .

Per il viadotto andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre di frana in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.

Lo scavo della galleria artificiale Amari interesserà le argille di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN2).

L'imbocco lato Nord è caratterizzato dalla presenza del detrito di frana sopra descritto con spessori variabili tra 2 e 3 m a copertura del substrato argilloso del Flysch Numidico. La coltre di frana è permeata da falda acquifera. L'imbocco lato Sud è caratterizzato dalla presenza della spessa coltre di alterazione a copertura del substrato argilloso del Flysch Numidico.

Andranno previste adeguate opere di sostegno per ambedue gli imbocchi. Andranno previste delle opere provvisorie a protezione degli scavi.

E' possibile e documentato il rischio di discontinue manifestazioni di gas metano dai livelli sabbiosi ed arenacei fratturati del Flysch Numidico.



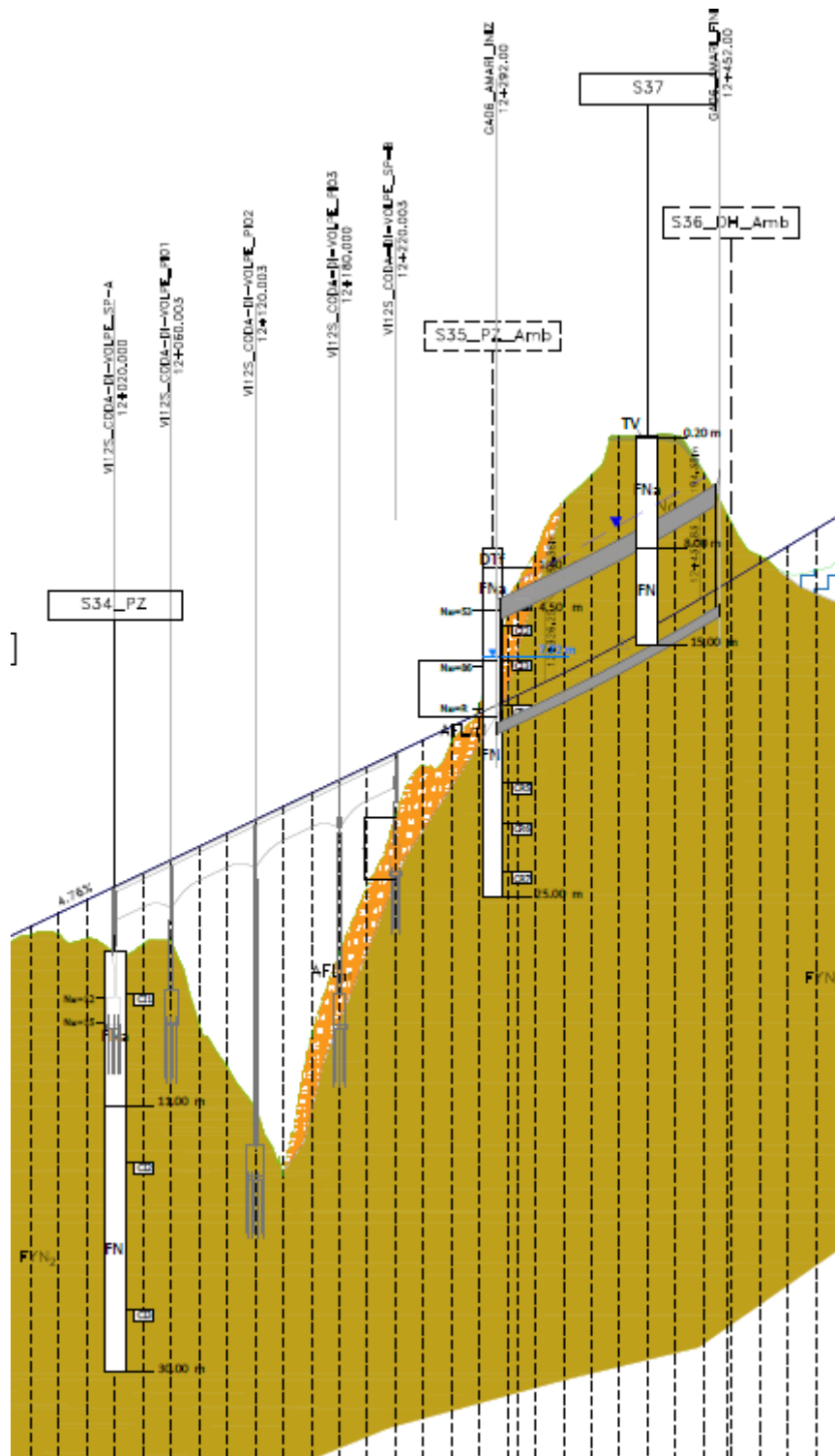



Figura 8-82: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 12+020.00 e la progressiva 12+452.00

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### Tratto compreso tra la progr. 12+452.00 alla progr. 12+782.27

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI13S\_RECUPERO, di lunghezza 330.27m che attraversa, procedendo in direzione S, il Vallone Recupero.

Da inizio tratto alla progressiva 12+480.00 il tracciato è in scavo con profondità massime, raggiunte in corrispondenza dell'uscita della galleria GA06, di 6.10m. Dalla progressiva 12+480.00 alla progressiva 12+582.27 il tracciato è in rilevato, con spessori massimi raggiunti in corrispondenza della spalla SP-A del viadotto, di 11m. Dalla progressiva 12.582.27 fino a fine tratto è prevista la realizzazione del il viadotto.

L'area è stata indagata con il sondaggio S36 DH, con la tomografia sismica LS15.

Il sondaggio S36 DH rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 4.00 m, alla profondità di 0,80 m dal p.c., al di sotto di una coltre di terreno agrario di 0,80 cm.

La tomografia sismica LS15 di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S36 (fig.8.83). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di argille alterate. Al di sotto l'aumento di abbastanza graduale della velocità con la profondità (da  $V_p = 1000$  m/s fino a  $V_p > 2000$  m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

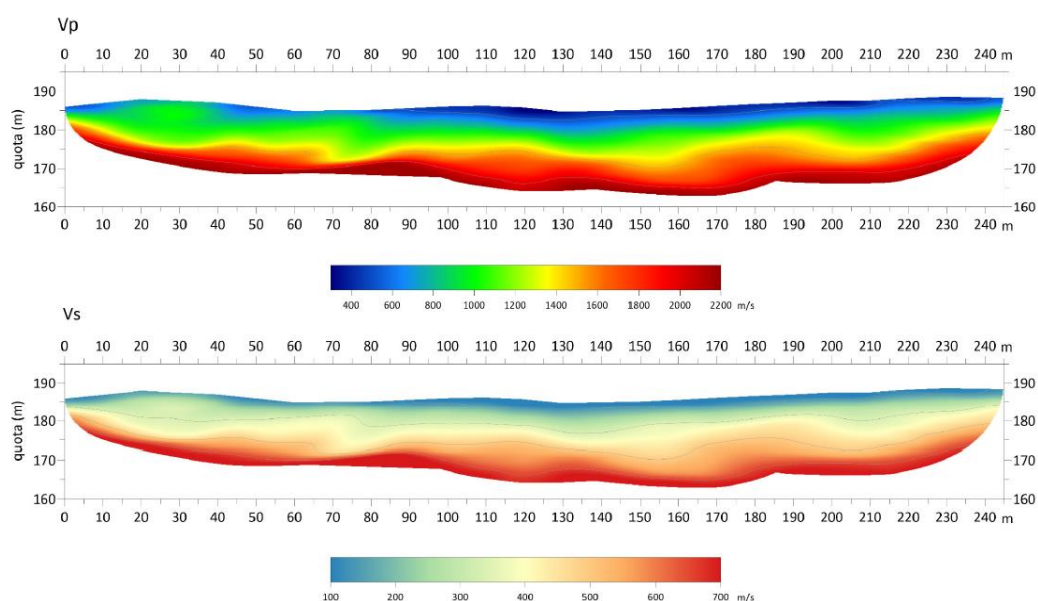



Figure 8-83 Tomografia sismica dello stendimento LS15

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Le fondazioni della spalla A ,della spalla B e quelle delle pile insistono sui depositi eluvio-colluviali (AFL<sub>b2</sub>), costituiti da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi, con uno spessore variabile tra 3m e 4.70m poggianti sulle argille del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) (fig.8.84).

Sebbene non si rilevi falda acquifera in sottosuolo, è possibile la presenza di permeazioni acquifere discontinue al passaggio tra coltre colluviale e substrato argilloso.

Andranno adottate per il viadotto fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre colluviale si ammorsino nel substrato pelitico.

Per i tratti in rilevato rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre alterata di 1 m..

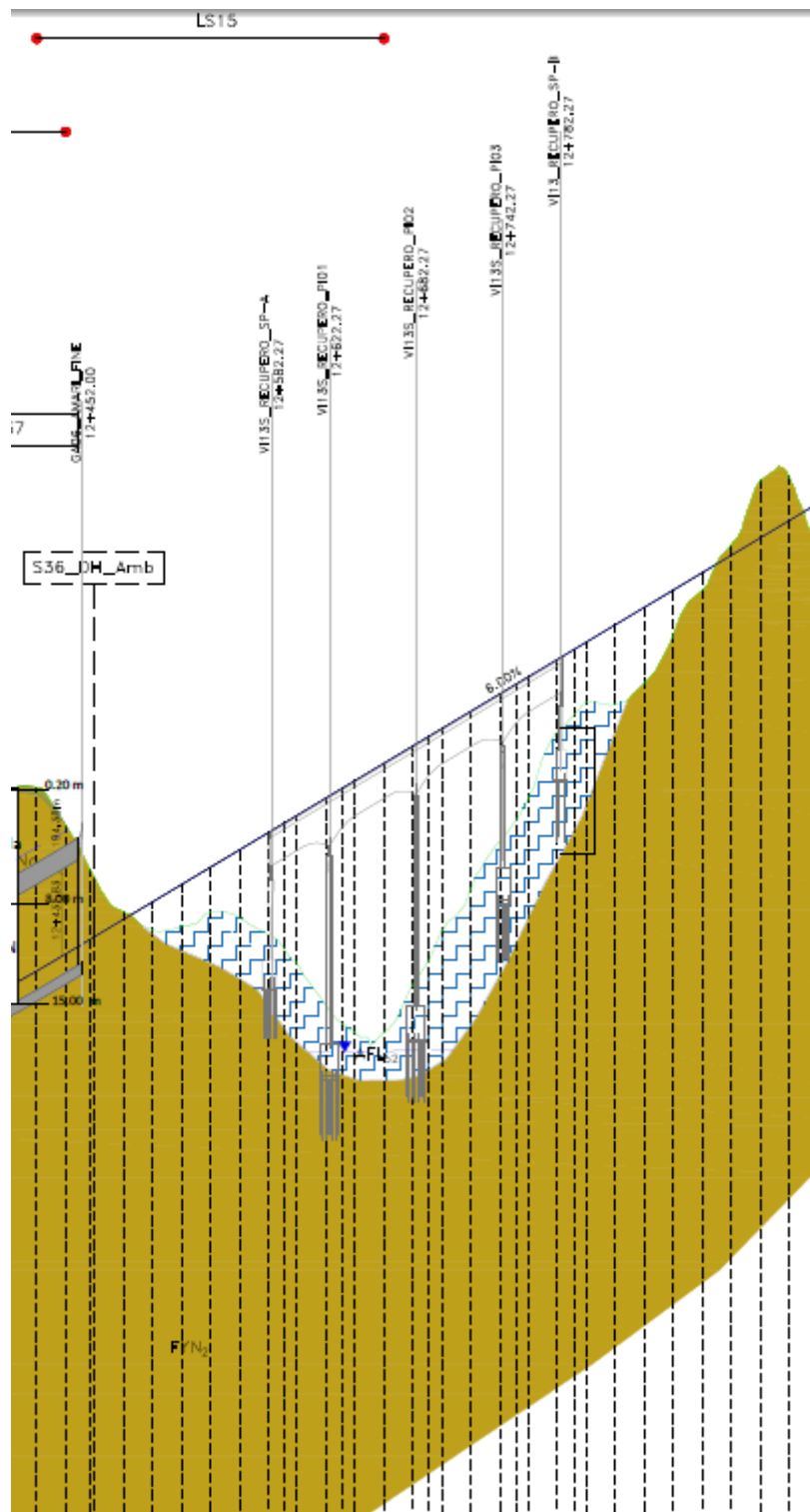



Figure 8-84 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 12+452.00 e la progressiva 12+782.27



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### **Tratto compreso tra la progr. 12+782.27 alla progr. 13+780.00**

In questo tratto il tracciato curva in direzione SSE e si sviluppa all'interno di una valle incisa, ad E di Cozzo Balestrieri.

Da inizio tratto fino alla progressiva 12+890.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 5.50m; dalla progressiva 12+890.00 alla progressiva 12+950.00 il tracciato è in scavo con altezze massime di 4.20m. Dalla progressiva 12+950.00 alla progressiva 13+420.00 il tracciato torna in rilevato con altezze massime di 9.60m. Dalla progressiva 13+420.00 alla progressiva 13+470.00, procede a raso, successivamente e fino alla fine del tratto prosegue in rilevato con spessori massimi di 8m.

L'area è stata indagata con il sondaggio S38 Pz e con il pozzetto P12 .


Il sondaggio S38 rileva il substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterate a tetto per uno spessore di circa 3.50 m, alla profondità di 1,00 m dal p.c., al di sotto di una coltre di terreno agrario.

Il pozzetto P12 rileva la presenza di una coltre rimaneggiata e /o alterata costituita da argilla variamente limosa con inclusi clasti eterometrici al disotto di una copertura di 0,80 m di terreno vegetale.

Lo spessore di tale coltre può essere stimato variabile tra 2m e 4m sulla scorta dei risultati della tomografia sismica LS15 che presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e di tale spessore, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 800 m/s circa.

La coltre argilloso-limosa rilevata dal P12 è da ascrivere ad un'area di dissesto perimetrata e censita con la sigla D38 bis è ubicata sul versante in destra idraulica del vallone Balestrieri che dall'abitato di Bolognetta scorre in direzione NNO-SSE , innestandosi nel corso del F.Eleuterio in località ex Mulino Abbadessa (fig. 8.85).

I fianchi del vallone sono caratterizzati da una pendenza media del 20-22 %. Il dissesto interessa il tracciato tra le pk 12+760 e 13+140.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	



*Figura 8-85 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

L'area perimetrata può essere definita un'area a franosità diffusa caratterizzata dalla presenza di tracce morfologiche di colamenti. In tale area si sono rilevati in passato dissesti a carico della condotta fognaria che scorre da Bolognetta verso l'impianto di depurazione, presente più a Nord. Andrà prevista l'esecuzione di opere di sostegno per gli scavi e la messa in posto di dreni sub-orizzontali nelle aree di imposta delle opere di sostegno della sede stradale. Andrà prevista l'esecuzione di trincee drenanti a monte del tracciato.

Dalla progr.13+782 alla progr.13+520 il tracciato insiste su argille di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico, alterate a tetto per uno spessore di circa 5 m.

Dalla progressiva 13+520.00 fino a fine tratto si rileva in affioramento depositi di coltre eluvio-colluviali (AFL<sub>b2</sub>) con uno spessore stimato variabile tra 1 e 5m , poggianti sulle peliti del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) (fig.8.86).

Sebbene non si rilevi falda acquifera in sottosuolo, è possibile la presenza di permeazioni acquifere discontinue al passaggio tra coltre colluviale e substrato argilloso.

Per i tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre colluviale variabile tra 1 e 1.5 m.

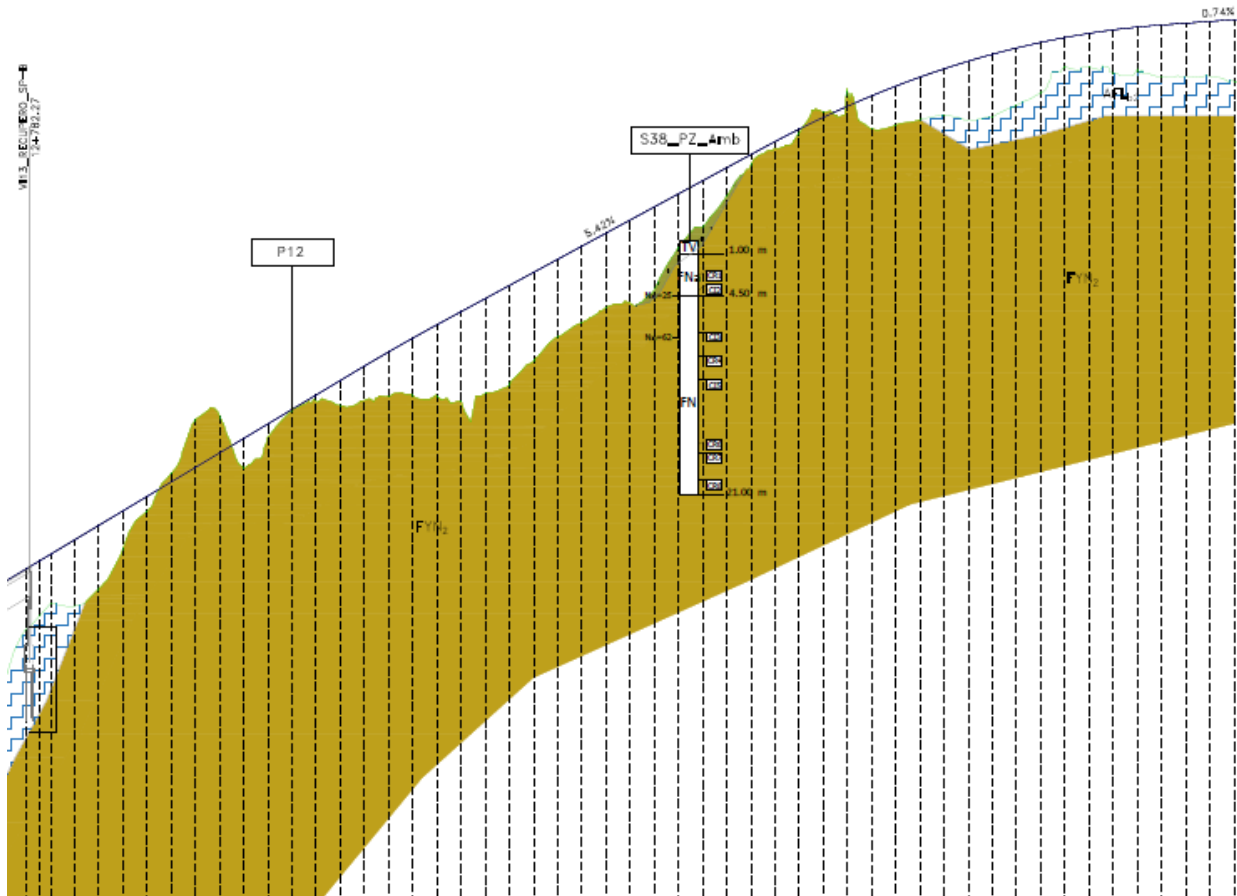



Figure 8-86: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 12+782.27 e la progressiva 13+780.00

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

## SVINCOLO BOLOGNETTA NORD

La zona dello svincolo di Bolognetta Nord è abbastanza complessa, trovandosi in un vallone tra due creste, in presenza di diversi edifici.

E' stato adottato in progetto un layout il più possibile semplice, con rampe dirette da ambo le parti della nuova strada. Dal lato Est le rampe collegano la nuova infrastruttura alla SS121 attuale, mentre dal lato Ovest la riconnessione avviene con la SP77.

Le rampe del lato Est SV04\_EE e SV04\_EU corrono in rilevato.

La rampa del lato Ovest SV04\_WE corre a raso o in modesto rilevato sino alla progr.0+140 ed in scavo nel rimanente tratto, con scavi massimi di 6,50 m; la rampa Ovest SV04\_WU corre in rilevato con eccezione di un tratto in scavo tra 0+180 e 0+210.




*Figura 8-87 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dello svincolo SV04 .*

Le rampe Ovest dello svincolo sono ubicate a mezza costa, con sviluppo lineare parallelo alle curve di livello, sul versante in sinistra idraulica del vallone Balestrieri che dall'abitato di Bolognetta scorre in direzione NNO-SSE , innestandosi nel corso del F.Eleuterio in località ex Mulino Abbadessa. La rotatoria culminale dello svincolo lato Ovest si trova sul displuvio del versante. (fig.8.87)

I fianchi del vallone sono caratterizzati da una pendenza media del 20-22 %. Non si rilevano dissesti in atto o potenziali.



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	


Sulla scorta dei risultati del sondaggio S38 Pz è possibile dedurre che i rilevati e gli scavi insistono sul substrato costituito da argille variamente marnose grigie, a struttura scagliettata e di elevata consistenza presente alla profondità di 1,00 m dal p.c., al di sotto di una coltre di terreno agrario. Il substrato argilloso consistenza risulta alterato a tetto per uno spessore di circa 3.50 m.

Andranno previsti per i rilevati uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato di coltre alterata. Per gli scavi andranno previste opere di sostegno.

Le rampe Est dello svincolo sono ubicate sul versante in destra idraulica del vallone Balestrieri che con sviluppo sviluppo lineare ortogonale alle curve di livello. In particolare le rampe corrono parallele al corso dell'impluvio che con direzione Est-Ovest convoglia le acque del versante che da Cozzo Scozzari confluiscono verso il Vallone Balestrieri. Non si rilevano dissesti in atto o potenziali.

Sulla scorta dei rilievi di superficie i rilevati insistono su una coltre colluviale argillo-limosa, presente sul versante con spessore stimato tra 1 e 3 m, ed alluvionale argillo-limosa, presente sul fondo valle, con spessore variabile tra 1 m e 3m.

La rotatoria culminale dello svincolo lato Est si trova sul dislivello del versante. Andranno previsti per i rilevati uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore adeguata bonifica dello strato di coltre colluviale ed alluvionale. Andrà prevista una adeguata regimentazione delle acque scorrenti nell'impluvio presente al fianco dei rilevati, al fine di evitare possibili fenomeni erosivi in occasione di eventi piovosi di maggiore intensità.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### Tratto compreso tra la progr. 13+780.00 alla progr. 14+045.00

In questo tratto il tracciato curva in direzione SE e si sviluppa sul versante in destra idraulica del vallone Balestrieri che dall'abitato di Bolognetta scorre in direzione NNO-SSE, innestandosi nel corso del F. Eleuterio in località ex Mulino Abbadessa.

Da inizio tratto fino alla progressiva 13+910.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime di 4.90m. Dalla progressiva 13+910.00 fino a fine tratto il tracciato è in scavo, con altezze massime di 10.80m in corrispondenza dell'imbocco della galleria GN03.

Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 18-20%. Non si rilevano dissesti in atto o potenziali.

L'area è stata indagata con il sondaggio S39Pz e con il pozzetto P13.

Il sondaggio S39 Pz rileva la presenza di una coltre colluviale di spessore di 3,50 m, costituita da argille debolmente sabbiose, rimaneggiate, con inclusi clasti da millimetrici a centimetrici a spigoli sub arrotondati. La coltre ricopre il substrato argilloso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alterato a tetto per uno spessore di 4,50 m.

Il pozzetto P13 rileva la presenza, sino alla profondità di 1,50 m, di argille sabbiose di consistenza elevata di colore bruno, alterate, sotto una copertura di 0,30 m di terreno vegetale.

Da inizio tratto fino alla progressiva 13+980.00 fino quasi a fine tratto, affiorano depositi eluvio-colluviale (AFL<sub>b2</sub>), costituiti da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi e con spessore massimo di 3,5 m, a copertura delle argille di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) presenti fino a fine tratto (fig. 8.88).

Sebbene non si rilevi falda acquifera in sottosuolo, è possibile la presenza di permeazioni acquifere discontinue al passaggio tra coltre colluviale e substrato argilloso.

Per i tratti in rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre colluviale variabile tra 1,5 e 2 m.

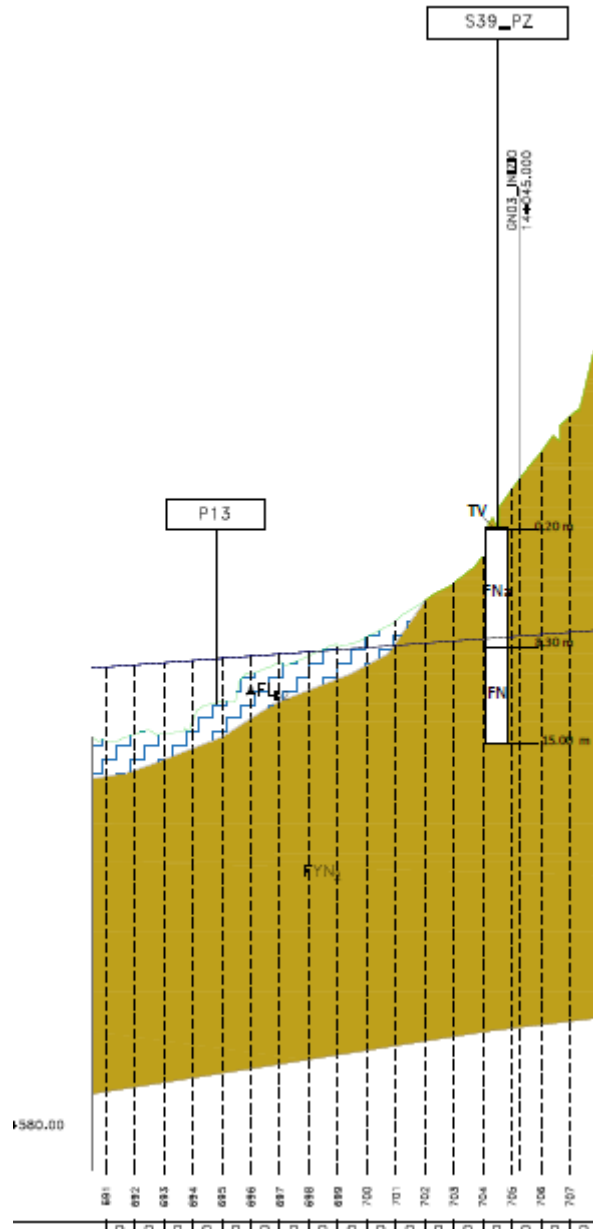



Figure 8-88 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 13+780.00 e la progressiva 14+045.00

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

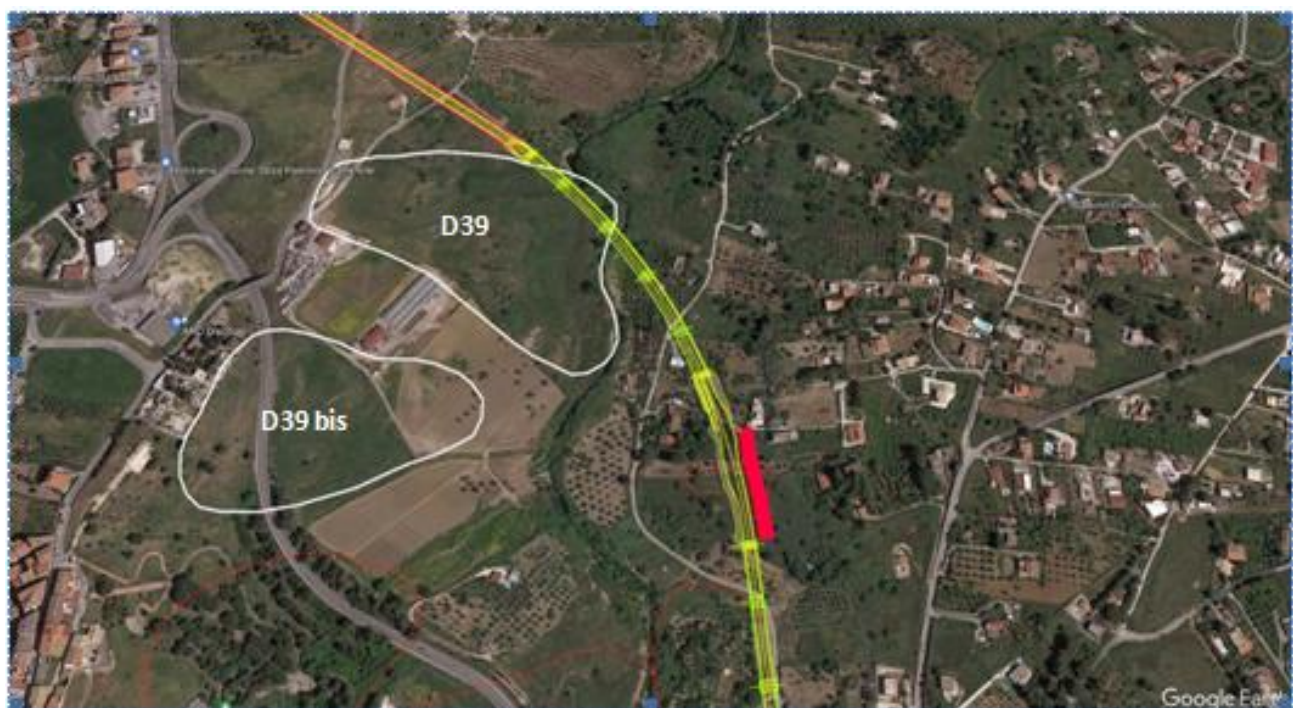
### Tratto compreso tra la progr. 14+045.00 alla progr. 14+640.00

In questo tratto è prevista la realizzazione della galleria naturale GN03, di lunghezza 595m, che si sviluppa con direzione NO-, a S di Cozzo Scozzari e nei pressi di Passo del Fico. La galleria è composta da un'unica canna a doppio senso di marcia e presenta coperture massime, riferite in chiave di calotta, pari a circa 50 m.

Dal punto di vista morfologico la galleria attraversa in sottosuolo un crinale collinare allungato in direzione N-S che dal rilievo di Cozzo Scozzari (q. 353 m s.l.m.) si allunga sino al rilievo di Passo del Fico (q. 330 m s.l.m.). Il crinale è confinato da due valli con profilo inciso e fondo piatto determinate dall'incisione del vallone Balestriere ad Ovest e del F. Mulinazzo ad Est.

Il versante Ovest, che costituisce il fianco destro del V.ne Balestriere, mostra pendenza variabile tra il 16% e il 20% ; non si rilevano fenomeni di instabilità sul versante.


Il versante Est, che costituisce il fianco sinistro del F. Mulinazzo, è interessato da un dissesto morfologico identificato con la sigla D 39 interessa il tracciato tra le pk 14+640 e 14+780 (fig.8.89).



*Figura 8-89 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Il dissesto D39 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 037-6BO-033 ed è classificato come frana complessa attiva.



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Il dissesto si estende per un'area di 35.020 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P2; I rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante.

Il dissesto D39 interessa l'opera nell'area di imbocco SE della galleria.

I rilievi geologici di superficie evidenziano come l'area interessata dal tracciato della galleria GN03 sia caratterizzata dall'affioramento di rocce argilloso-marnose, grigie al taglio a fresco, con intercalazioni di lenti e livelli, da decimetrici a metrici, di siltiti ed arenarie quarzose, ascrivibili alla Fm. del Flysch Numidico; le giaciture delle intercalazioni arenacee rilevabili a Cozzo Balestrieri, con direzione NE-SO ed immersione verso SE e pendenza di 25°, e a Cozzo Scozzaro, con direzione NE-SO ed immersione NO con pendenza di 20°, disegnano una stretta sinclinale con asse NE-SO. Il fianco Sud di tale sinclinale è attraversato dalla galleria GN03.


L'area è stata indagata con il sondaggio S39 Pz, S40 bis Pz e S41, e con la tomografia sismica LS16a.

Il sondaggio S39 Pz rileva la presenza di una coltre colluviale di spessore di 3,50 m, costituita da argille debolmente sabbiose, rimaneggiate, con inclusi clasti da millimetrici a centimetrici a spigoli sub arrotondati. La coltre ricopre il substrato argilloso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza, terebrato da 3,50 m dal p.c. sino alla profondità di 30 m; il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 4,50 m.

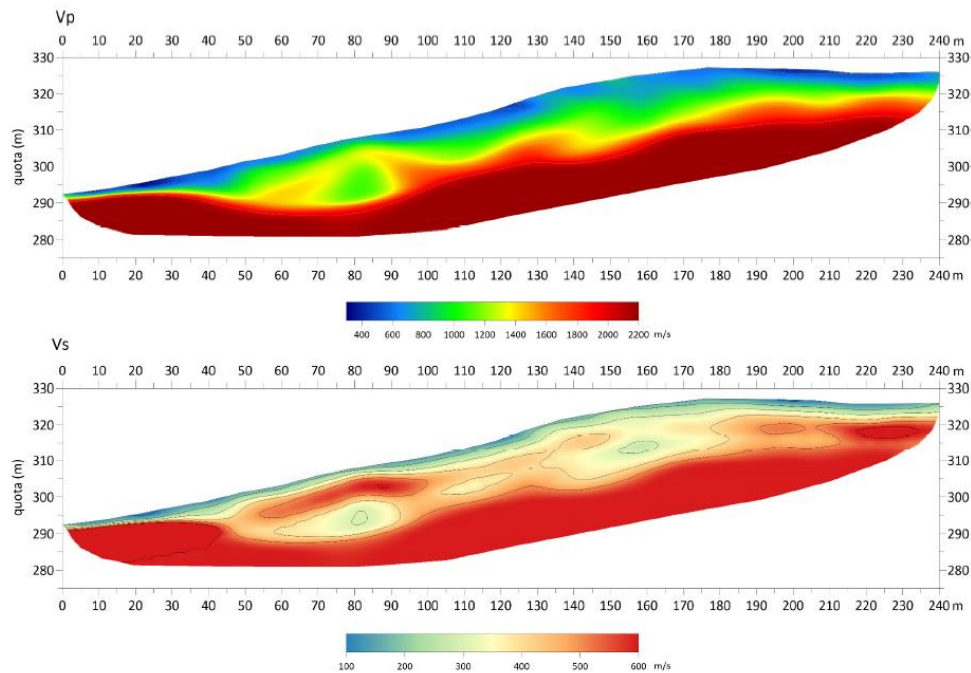
Il sondaggio S40 bis, che integrava i risultati del sondaggio S40, approfondito sino a 65 m dal p.c., rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso, grigio, a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alla profondità di 1,30 m dal p.c., al di sotto della coltre di terreno vegetale. Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 7,50 m.

Il sondaggio S41, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza, alla profondità di 5 m dal p.c. al di sotto di una coltre colluviale costituita da argille sabbioso-limose brune con inclusi clasti eterometrici (2mm-2cm). Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 7,50 m.

La tomografia sismica LS16a di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S40, ubicato alla fine del profilo (fig.8.90). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore abbastanza regolare che va da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 800 m/s circa, ascrivibile alla coltre alterata. Al di sotto sono presenti argille alterate di colore marrone caratterizzate da Vp = 1000-1300 m/s. Infine l'aumento della velocità con la profondità (da Vp = 1800 m/s fino a Vp > 2200 m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

compattezza aumenta con la profondità. La tomografia evidenzia un andamento a pieghe del tetto del substrato.




*Figure 8-90 Tomografia sismica dello stendimento LS16a*

Lo scavo della galleria naturale GN03 di Cozzo Scozzari interesserà le argille di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui possono intercalarsi in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie in lenti e livelli di spessore metrico a grana fine del Flysch Numidico (FYN2).

L'imbocco lato Nord è caratterizzato dalla presenza della spessa coltre di alterazione a copertura del substrato argilloso del Flysch Numidico, con spessori rilevati di circa 8,30 m ( S39) .

L'imbocco lato Sud è caratterizzato dalla presenza di una coltre rimaneggiata, costituita da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi, ascrivibile ad una coltre colluviale con spessori variabili tra 2 e 5 m (S41) a copertura del substrato argilloso del Flysch Numidico. La coltre è probabilmente permeata da falda acquifera (fig.8.91).

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b><i>Relazione Sismica</i></b>	

Sulla scorta del piezometro installato nel sondaggio S39\_PZ\_è possibile escludere la presenza di falda acquifera durante lo scavo della galleria, ad esclusione dell'imbocco Sud , come sopra descritto.

Andrà prevista l'adozione di opere di sostegno del versante su cui insiste sia l'imbocco Nord che quello Sud.

Lo scavo dovrà prevedere la presenza di livelli lapidei di elevata resistenza, variamente fratturati, di natura quarzoarenitica e di spessore variabile.

Sebbene i rilievi di gas nei sondaggi 39-40bis e 41 abbiano dato esito negativo, è' possibile e documentato nel Flysch il rischio di discontinue manifestazioni di gas metano dai livelli sabbiosi ed arenacei fratturati.

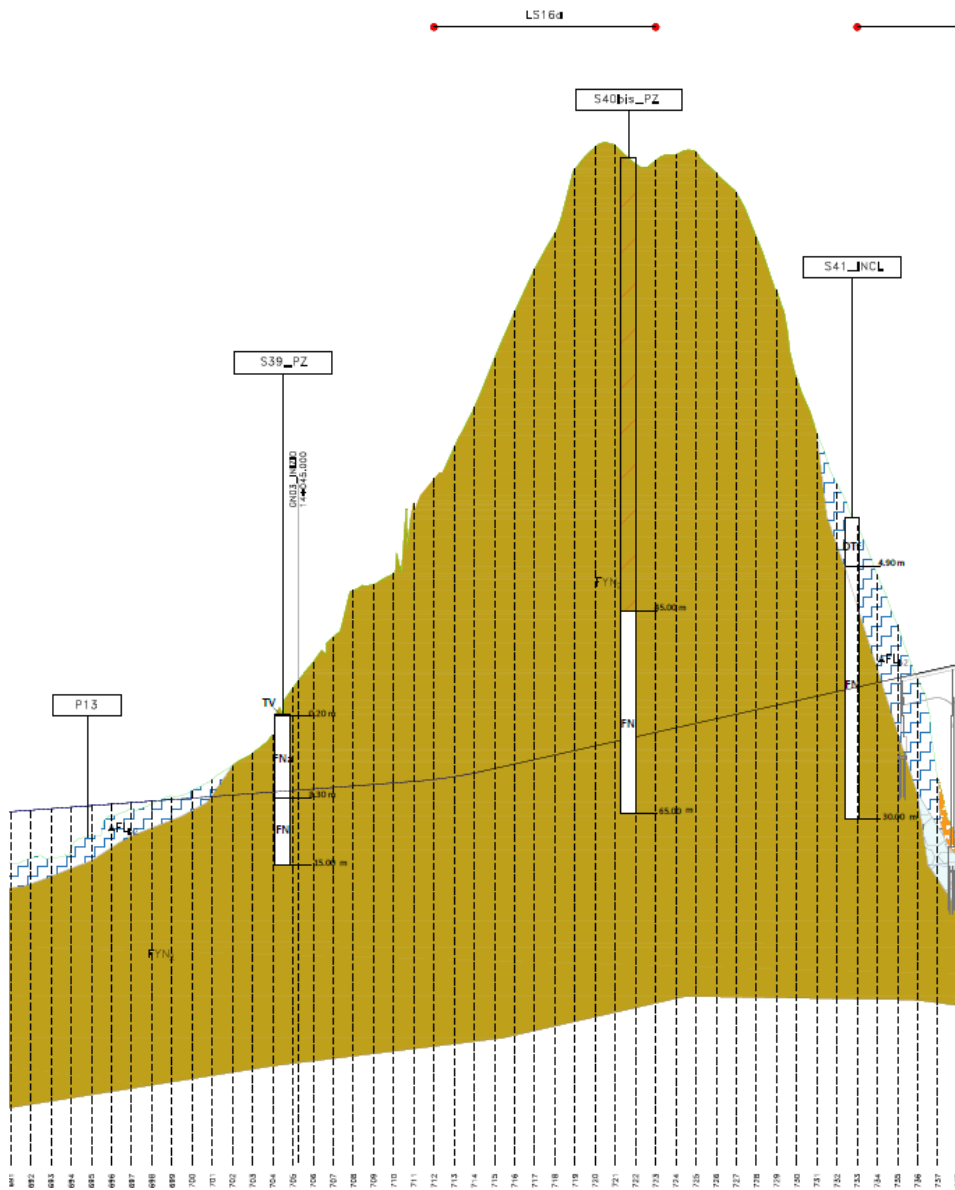



Figure 8-91: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 14+045.00 e la progressiva 14+640.00



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### Tratto compreso tra la progr. 14+640.00 alla progr. 14+960.00

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI14\_MILICIA 1, con una lunghezza di 320m, che attraversa in direzione NNO-SSE la piana alluvionale del Fiume Milicia a NE del comune di Bolognetta.

Il viadotto dalla progr. 14+640 alla progr. 14+780 insiste sulla parte terminale del versante che dalla periferia Nord dell'abitato di Bolognetta degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo. Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-17 % .

Tale versante è interessato da un dissesto morfologico identificato con la sigla D 39 interessa il tracciato tra le pk 14+640 e 14+780 (fig.8.92).




*Figura 8-92 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Il dissesto D39 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 037-6BO-033 ed è classificato come frana complessa attiva.

Il dissesto si estende per un'area di 35.020 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P2; I rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. Il dissesto coinvolge la coltre argilloso-limosa rimaneggiata presente sul versante con spessore variabile tra 1m e 5 m.

Dalla progr. 14+780 il tracciato del viadotto insiste sulla valle a fondo piatto del F.Mulinazzo, la cui morfologia è legata al deposito delle alluvioni a grana fina e grossolana del fiume. Il Mulinazzo assume

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

andamento meandriforme ed il viadotto passa dal correre prima in sinistra idraulica e poi in destra. Il corso del fiume, scorre incassato nelle alluvioni ed è in approfondimento.

L'area è stata indagata con il sondaggio S41, S42 e con le tomografie sismiche LS16b e LS17.

Il sondaggio S41, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza, della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 5 m dal p.c. al di sotto di una coltre colluviale costituita da argille sabbioso-limose brune con inclusi clasti eterometrici (2mm-2cm). Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 7,50 m.

Il sondaggio S42, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 5,30 m dal p.c. al di sotto di una coltre alluvionale costituita da argille sabbioso-limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici (2mm-2cm) e con blocchi calcarei di spessore decimetrico. Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 4 m.

La tomografia sismica LS16b ha una lunghezza pari a 250 m (fig.8.93). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento abbastanza omogeneo e spessore variabile da 10 m a 15 m circa, caratterizzato da valori di  $V_p$  crescenti con la profondità, da 400 m/s a 1200 m/s. Al di sotto si nota un substrato rigido ( $V_p = 1700-2200$  m/s) il cui tetto è attestato a quota  $z = 235$  m, per poi mostrare un gradino che porta il tetto a  $z = 255$  m circa.

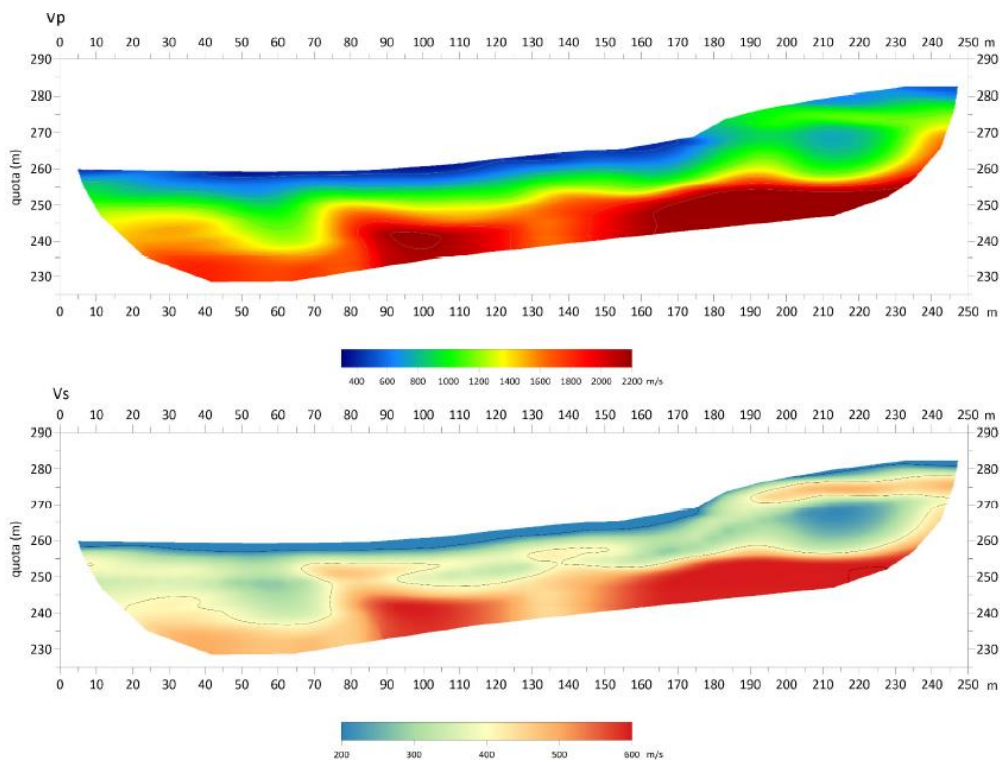


Figure 8-93: Tomografia sismica dello stendimento LS16b

La tomografia sismica LS17 di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S42 (fig.8.94). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore di 1-2 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di alluvioni a grana fine. Al di sotto sono presenti argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da  $V_p = 1000-1300$  m/s e spessori variabili da 5 m a 10 m. Infine l'aumento della velocità con la profondità (da  $V_p = 1500$  m/s fino a  $V_p > 2000$  m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

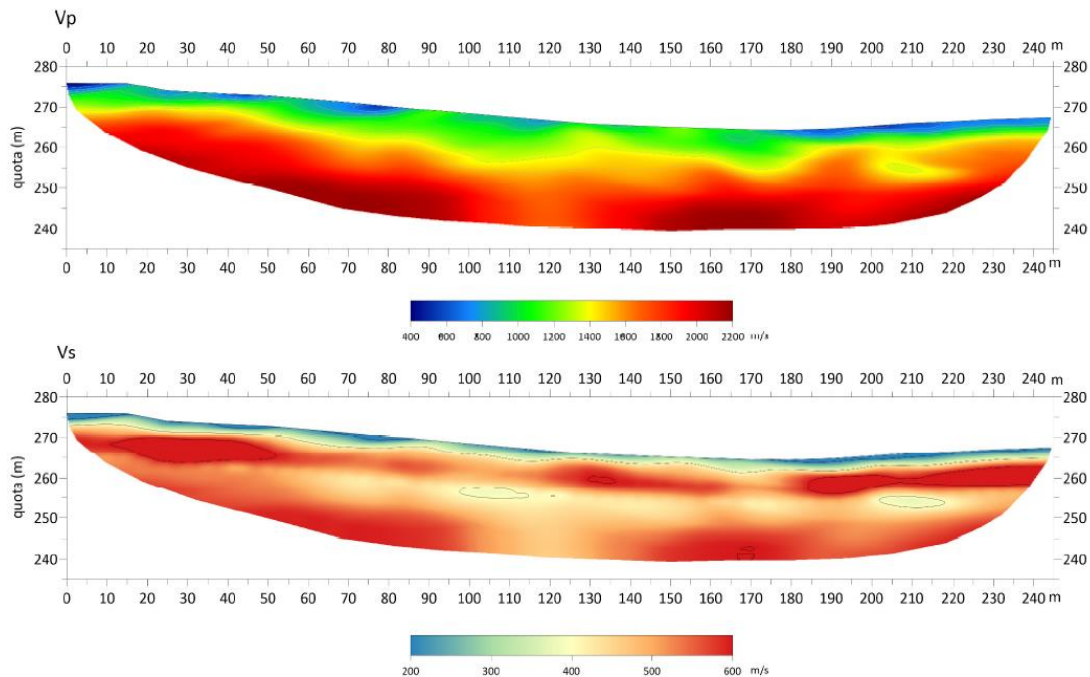



Figure 8-94 Tomografia sismica dello stendimento LS17

Le fondazioni della spalla SP-A insistono sui terreni della coltre rimaneggiata colluviale, costituita da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei e con spessore di circa 5 m (S41) ricoprenti il substrato di argille di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine, alterate a tetto del Flysch Numidico.

Le fondazioni delle pile PI01 e PI02 del viadotto imposta insistono sulla seguente successione di terreni:

- da 0,0 m a 3 m : detrito di frana costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei .
- da 3 m a 8 m : alluvioni a grana fine e grossolana del F.Milicia costituite da argille limose e ghiaia e blocchi in matrice sabbioso-limosa , permeate da falda acquifera.
- da 8 m in profondità : Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>), costituito litologicamente da argille di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine., alterate a tetto.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Le fondazioni della pila PI03 e PI04 insistono sui depositi alluvionali (Ala<sub>1</sub>) che, in questo tratto raggiungono il massimo spessore stimato circa 16 m, a copertura delle argille del Flysch.

Le fondazioni della spalla SP-B del viadotto, insistono su alluvioni a grana fine argillo-limosa e grossolane, costituite da ghiaie sabbiose, dello spessore variabile tra 3,50 m e 5 m, poggianti sui terreni del Flysch.

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi alluvionali con livello statico variabile tra circa 0.50 m dal p.c nell'area di fondo valle (fig.8.95).

Andranno adottate per il viadotto fondazioni indirette del tipo pali trivellati che superino la coltre rimaneggiata di frana ed alluvionale, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico. Lo scavo dei pali dovrà prevedere la presenza blocchi e trovanti sia calcarei che quarzoarenitici e di livelli lapidei di elevata resistenza, variamente fratturati, di natura quarzoarenitica e di spessore variabile nel substrato.



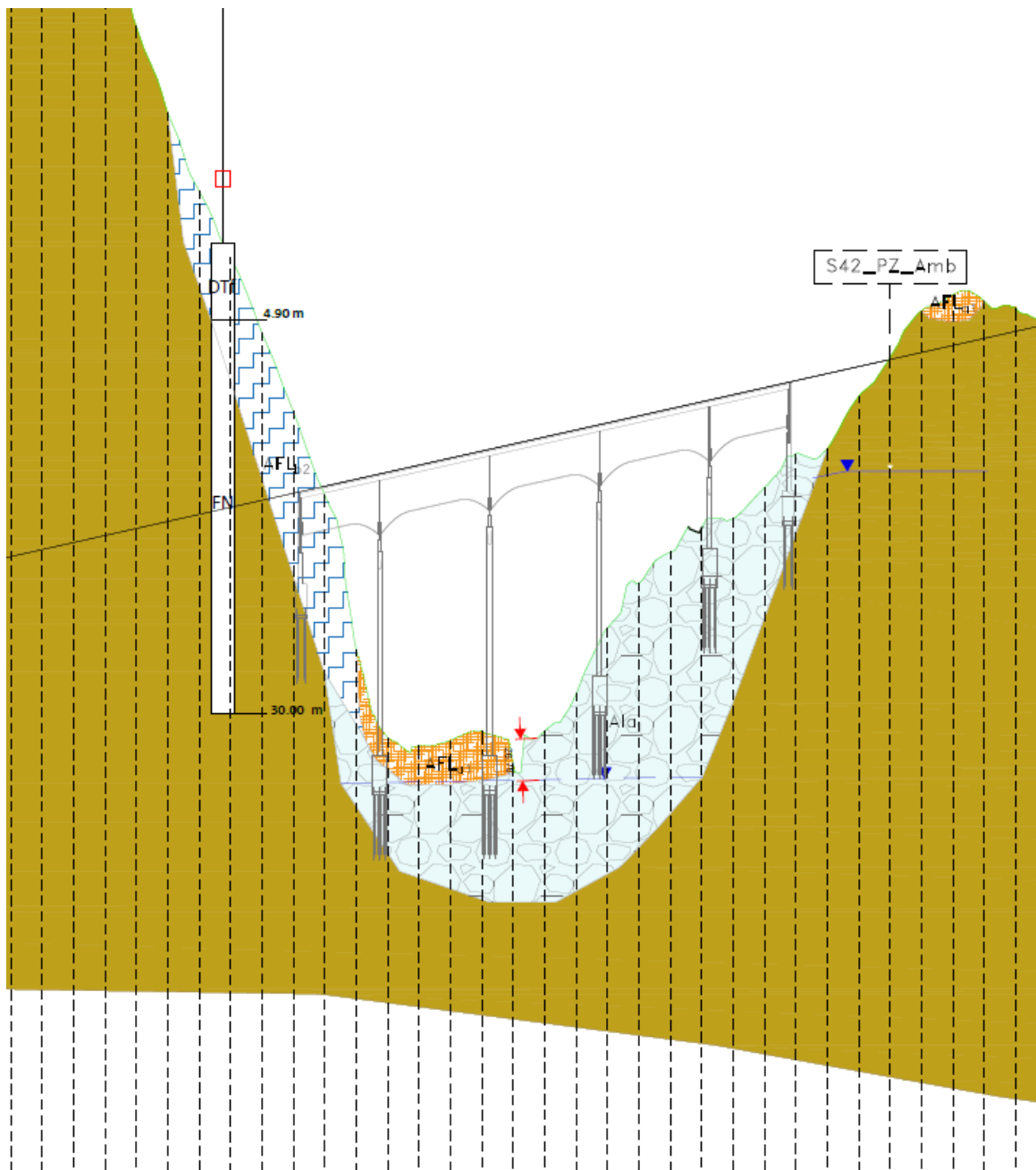



Figure 8-95 Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 14+640.00 e la progressiva 14+960.00

SS 121 "Catanesese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

**Tratto compreso tra la progr. 14+960.00 alla progr. 15+120.00**

In questo tratto il tracciato prosegue in direzione S, costeggiando in destra idrografica il Fiume Mulinazzo, ad E del comune di Bolognetta. Da inizio tratto fino alla progressiva 15+020.00 il tracciato è in rilevato con altezze massime 5.20m. Dalla progressiva 15+020.00 fino a fine tratto il tracciato è in scavo per altezze massime di 3.40m.


Il tracciato insiste sulla valle a fondo piatto del F.Mulinazzo, la cui morfologia è legata al deposito delle alluvioni a grana fina e grossolana del fiume. Il Mulinazzo assume andamento meandriforme ed il tracciato corre in destra idraulica. Il corso del fiume, scorre incassato nelle alluvioni ed è in approfondimento.

Tra la progressiva 15+040 e la progressiva 15+080 è stata rilevata un'area interessata da dissesto, perimetrata e censita con la sigla D40 ed ubicata in destra idrografica del F. Mulinazzo, nel versante che dal rilievo di Pizzo Mangiatorello (q. 620 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale (fig. 8.96). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-18 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Tale dissesto, quiescente, ascrivibile ad una frana per scorrimento, ha una forma allungata, con lunghezza e larghezza pari rispettivamente a circa 79 m e 28 m. Il rilievo di campo ha evidenziato brusche rotture di pendenza .



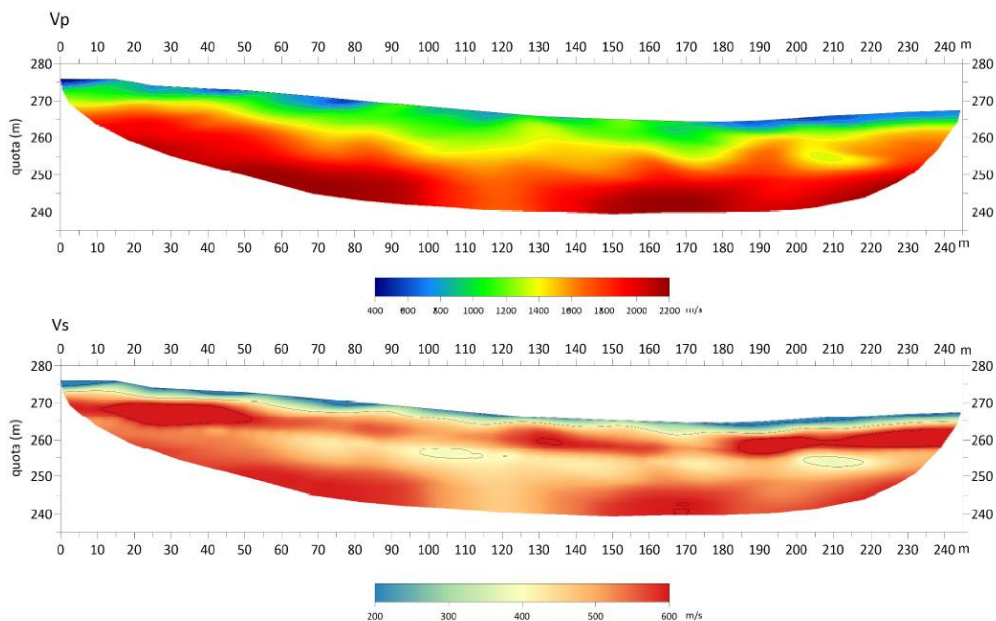
*Figura 8-96: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

L'area è stata indagata con il sondaggio S42 Pz e con la tomografia sismica LS17.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	


Il sondaggio S42, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico , alla profondità di 5,30 m dal p.c. al di sotto di una coltre alluvionale costituita da argille sabbioso-limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici ( 2mm-2cm) e con blocchi calcarei di spessore decimetrico. Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 4 m.

La tomografia sismica LS17 , di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S42, ubicato a x = 155 m (fig.8.96). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore di 1-2 m, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di alluvioni a grana fine alterate. Al di sotto sono presenti argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da Vp = 1000-1300 m/s e spessori variabili da 5 m a 10 m. Infine l'aumento della velocità con la profondità (da Vp = 1500 m/s fino a Vp > 2000 m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.



*Figure 8-96: Tomografia sismica dello stendimento LS17*

Il tracciato, dalla progressiva 14+980.00 alla progressiva 15+100.00, insiste su un detrito di frana correlato al dissesto D40, classificato come frana complessa con stato di attività quiescente e descritto nel paragrafo 4.3, a copertura del substrato argilloso del Flysch.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Il deposito di frana (AFL<sub>a1</sub>) è costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei , con uno spessore stimato di circa 5. 50m.

Il substrato è costituito da argille di colore bruno talora mangesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine., alterate a tetto per uno spessore di 4 m.

Si rileva una falda acquifera freatica a permeare i depositi della coltre di frana con livello statico variabile tra circa 7.25 m dal p.c. ( S42 Pz) (fig.8.97).

Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre di frana di 1,5 m.

Andranno previste adeguate opere di sostegno per gli scavi e opere provvisoriale a protezione degli scavi.

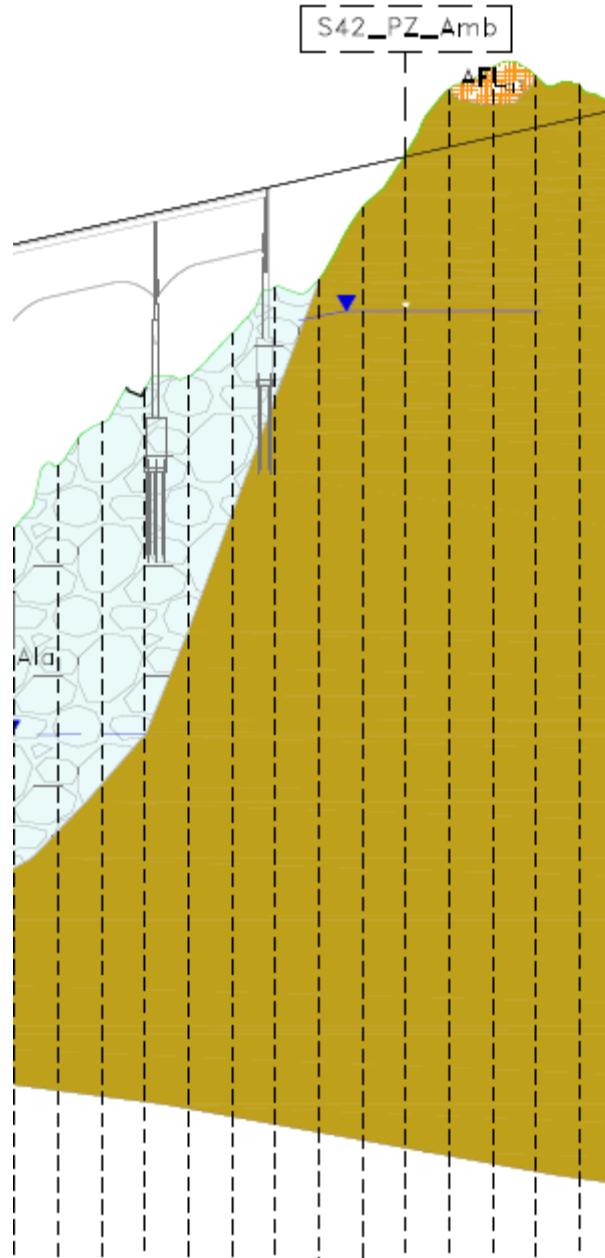



Figure 8-97: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 14+960.00 e la progressiva 15+120.00



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### Tratto compreso tra la progr. 15+120.00 alla progr. 15+780.00

In questo tratto è prevista la realizzazione del viadotto VI15\_MILICIA 2, con una lunghezza di 660m, che si sviluppa in direzione SE nella valle del Milicia, ad E del comune di Bolognetta.


Il tracciato insiste sulla valle a fondo piatto del F. Mulinazzo, la cui morfologia è legata al deposito delle alluvioni a grana fina e grossolana del fiume. Il Mulinazzo assume andamento meandriforme ed il tracciato corre prevalentemente in destra idraulica, tranne nell'ultimo tratto dove attraversa il corso fluviale passando in sinistra idraulica. Il corso del fiume, scorre incassato nelle alluvioni ed è in approfondimento.

Si rileva la presenza di dissesti interessanti ambedue i versanti ai fianchi del corso fluviale. In particolare le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D41 e D41 bis sono ubicate rispettivamente in destra idrografica il D41 ed in sinistra il D41 bis, nella parte terminale del versante che dalla periferia Nord dell'abitato di Bolognetta degrada sino all'incisione fluviale (fig.8.98). Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-17 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>). Tali dissesti D41 e D41 bis, che sono censiti nella cartografia del PAI rispettivamente con la sigla 035-6BO-001 (D41) e 035-6BO-036 (D41 bis), e sono ascrivibili al tipo per frana complessa e sono ambedue attivi.



Figura 8-98: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

Il dissesto 035-6BO-001 si estende per un'area di 10.908 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P3; il dissesto 035-6BO-036 si estende per un'area di 21.487 m<sup>2</sup> e determina un pericolosità P3. In particolare i rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza di aree in contropendenza lungo il versante. Dei 2 dissesti solo il D 41 interessa il tracciato tra le pk 15+180 e 15+280.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

Le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D42 e D43 sono ubicate lungo il versante Nord Est che dal rilievo di M.Balatelle ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo (fig.8.99) . Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).




*Figura 8-99: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*

Il dissesto D42 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 035-6BO-003 ed è classificato come frana complessa quiescente. Il dissesto si estende per un'area di 554.619 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P1; il dissesto D43, cui limiti sono contenuti nel perimetro del dissesto D42, anche esso classificato come un frana complessa, è censito nella cartografia del CARG. Dei 2 dissesti solo il D 42 interessa il tracciato tra le pk 15+500 e 15+880.

L'area del Viadotto Milicia 2 è stata indagata con i sondaggi S43 e S44 Pz e con la tomografia sismica LS18 e LS19.

Il sondaggio S43, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 6,50 m dal p.c., al di sotto di una coltre di frana costituita da argille limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici ( 2mm-2cm) e con blocchi calcarei di spessore decimetrico. Il substrato risulta alterato a tetto per uno spessore di 2 m.

SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Il sondaggio S44 Pz, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico , alla profondità di 8.80 m dal p.c. al di sotto di una coltre prevalentemente a grana fine di varia genesi:

- dalla superficie alla profondità di 5,80 m si rileva nel sondaggio la presenza di una coltre di frana costituita da argille limose variamente sabbiose e sabbie limose brune con inclusi abbondanti clasti calcarei eterometrici ( 2mm-2cm).
- Da 5,80 m a 8.80 m si rileva una coltre alluvionale a grana fine costituita da limi argillosi con inclusi ghiaia e ciottoli ( 2mm- 5 cm) eterometrici calcarei

La tomografia sismica LS18 , di lunghezza pari a 185 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S43 (fig.8.100). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore variabile da 1 m a 5 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza della coltre alluvionale a grana fine. Al di sotto sono presenti argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da  $V_p = 800-1300$  m/s e spessori variabili da 5 m a 15 m. Infine l'aumento della velocità (da  $V_p = 1800$  m/s fino a  $V_p > 2000$  m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate. Il tetto di queste ultime si presenta molto irregolare con approfondimento verso la direzione di avanzamento del profilo (da  $z = 265$  m a  $z = 255$  m).

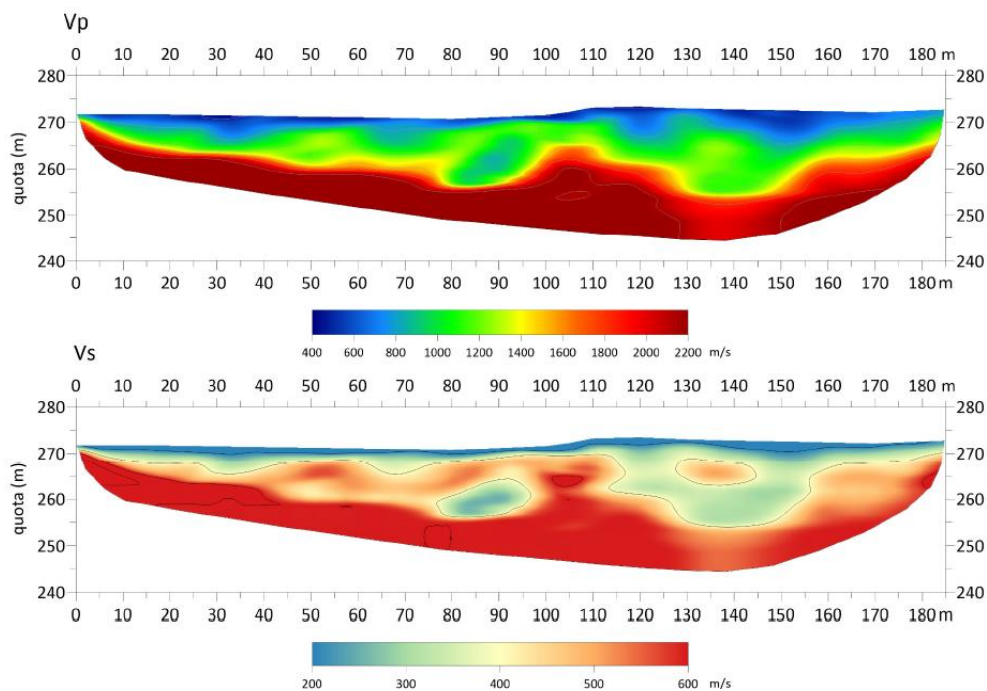


Figure 8-100 Tomografia sismica dello stendimento LS18

La tomografia sismica LS19 di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S45 (fig.101). La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore variabile da 1 m a 6 m, caratterizzato da valori di  $V_p$  tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di terreni della coltre di frana D 42. Al di sotto la velocità sismica assume un andamento alquanto irregolare, probabilmente a causa di blocchi quarzarenitici e quarzosiltitici e clasti di varia natura inglobati all'interno di limi argillosi e argille alterate. Infine, a  $z = 260$  m circa si nota un passaggio brusco a valori di velocità più elevati ( $V_p > 2000$  m/s) interpretabili con la presenza di argille grigie compatte.

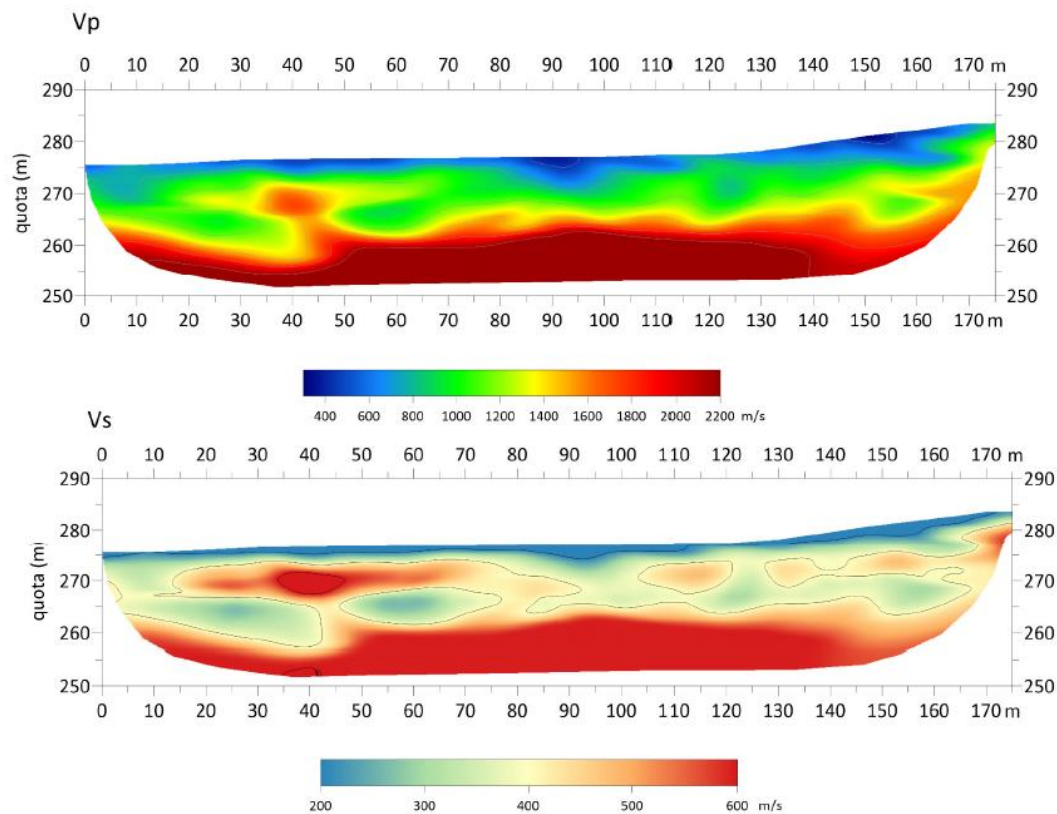



Figure 8-101 Tomografia sismica dello stendimento LS19

Le fondazioni della spalla SP-A, e delle pile da PI01 a PI04, insistono su argille di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordinate strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine, alterate a tetto per uno spessore di 4 m, del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Solo la fondazione della Pila 2 insiste su una coltre rimaneggiata costituita da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti eterometrici e blocchi arenacei, con uno spessore di circa 6,50 a copertura del substrato argilloso del Flysch. ( S43).

Tale coltre è ascrivibile al corpo di frana presente dalla progressiva 15+180.00 alla progressiva 15+280.00 ed associato al dissesto D41.

Sebbene non si rilevi falda acquifera in sottosuolo, è possibile la presenza di permeazioni acquifere discontinue al passaggio tra coltre rimaneggiata e substrato argilloso.

Le fondazioni della pila PI05 insistono sui depositi alluvionale del Mulinazzo (Ala<sub>1</sub>) costituiti da ghiaia e blocchi in matrice sabbiosa, rilevati per uno spessore di 14.00m, poggiati sulle argille del Flysch, alterate al tetto per uno spessore di 4 m.

I depositi alluvionali sono permeati da falda acquifera con livello statico a m 2 dal p.c.

Le fondazioni della pila PI07 e della spalla SP-B del viadotto insistono su una coltre rimaneggiata ascrivibile a detrito di frana (AFL<sub>a1</sub>), costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone (tabacco) con inclusi clasti e blocchi arenacei, dello spessore di circa 5,50 m (S44).

La coltre di frana è correlata al dissesto D42, che interessa il tracciato dalla progressiva 15+500.00 alla progressiva 15+860.00.

La coltre di frana poggia sulle alluvioni a grana fine argilloso-limose del F.Mulinazzo, con lenti di ghiaie e blocchi, presenti in sottosuolo sino alla profondità di m 9 dal p.c.

Il substrato è costituito da argille di colore bruno talora manganesifere, con laminazione pian-parallela, cui si alternano in subordine strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine., alterate a tetto per uno spessore di 4 m del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>).

I terreni della coltre di frana ed alluvionale nell'area della spalla B e delle Pila 07 sono permeati da falda acquifera con livello statico a 14.00m dal di p.c. in corrispondenza del piezometro S44\_PZ. (fig.8.102)

Per il viadotto andranno adottate fondazioni indirette del tipo pali trivellati o, dove necessario, a pozzo che superino la coltre alluvionale e di frana, in falda, e si ammorsino nel substrato pelitico.



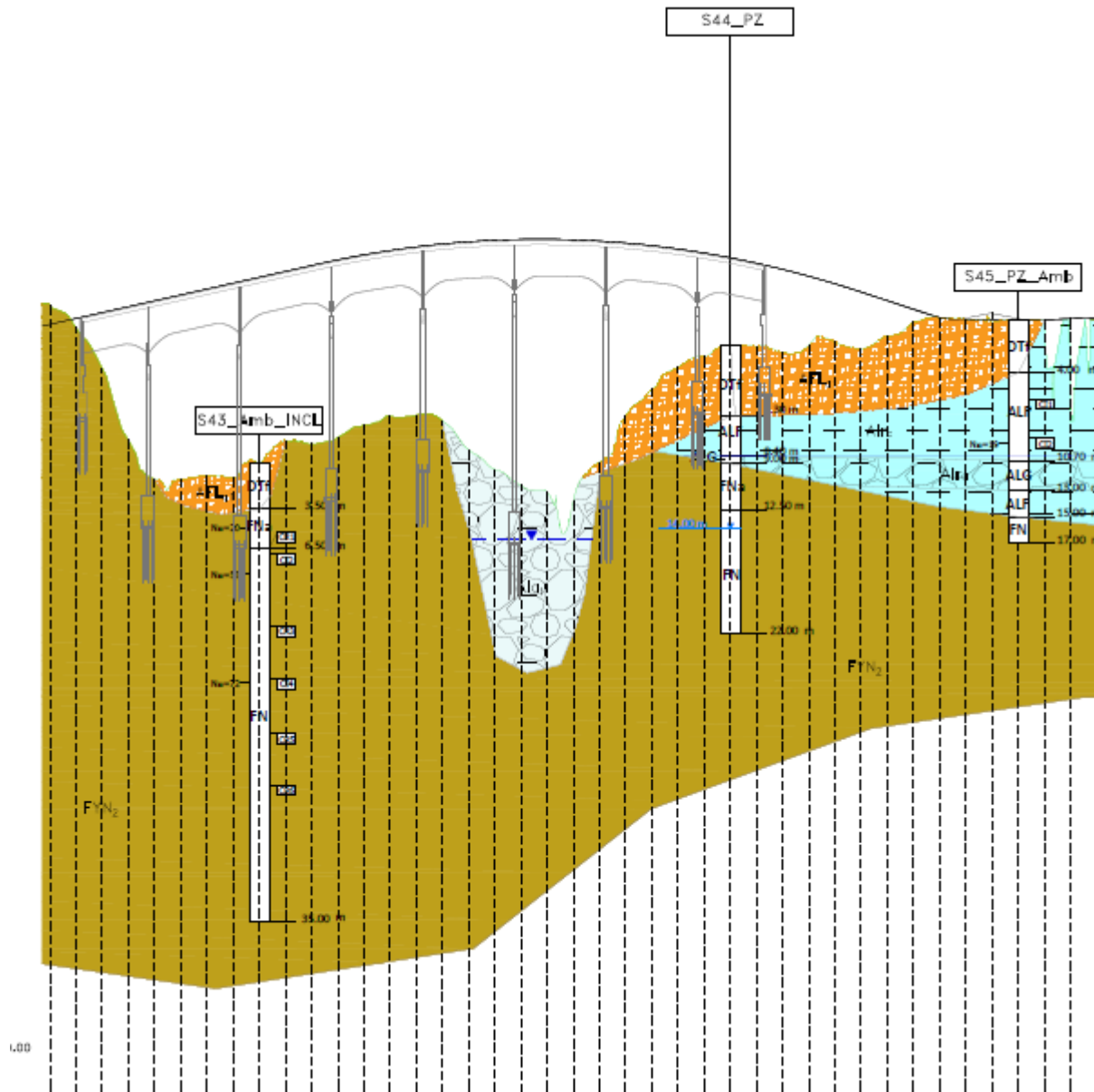



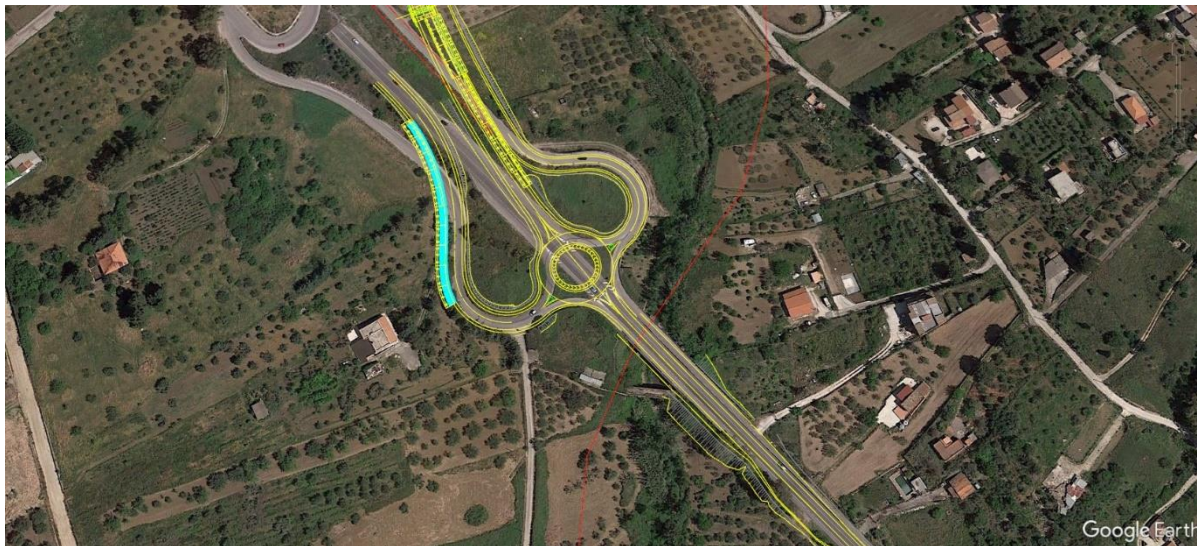
Figure 8-102: Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 15+120.00 e la progressiva 15+780.00

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

## SVINCOLO SV\_05 – BOLOGNETTA SUD

Alla pk 15+820 del nuovo tracciato avviene la riconnessione alla SS121 esistente. È stata prevista in progetto una intersezione a rotatoria (svincolo Bolognetta Sud), che va a sostituire l'attuale intersezione a raso.

A partire da tale progressiva, l'intervento prosegue con adeguamento in sede della SS121 esistente fino alla progr. 16+500 in corrispondenza della quale ha termine l'intervento riferito all'alternativa in oggetto(fig.8.103).




*Figura 8-103: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dello svincolo SV05*

Lo svincolo prevede la realizzazione di due rampe la SV05\_E e la SV05\_W . Il tracciato di ambedue si sviluppa principalmente a raso con brevi tratti in rilevato ed in scavo.

Le rampe dello svincolo insistono sulla valle a fondo piatto del F.Mulinazzo, la cui morfologia è legata al deposito delle alluvioni a grana fina e grossolana del fiume. Il Mulinazzo assume andamento meandriforme ed il tracciato corre prevalentemente in destra idraulica, tranne nell'ultimo tratto dove attraversa il corso fluviale passando in sinistra idraulica. Il corso del fiume, scorre incassato nelle alluvioni ed è in approfondimento.

Le rampe dello svincolo insistono sull' area di dissesto D42 ubicata lungo il versante Nord Est che dal rilievo di M.Balatelle ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo . Il versante è caratterizzato da una pendenza media del 15-20 % e dall'affioramento di terreni pelitici del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) (fig. 8.104).

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	



*Figura 8-104: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.*


Il dissesto D42 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 035-6BO-003 ed è classificato come frana complessa quiescente.

L'area dello svincolo 2 è stata indagata con il sondaggio S45 e con la tomografia sismica LS19.

Il sondaggio S45, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 15 m dal p.c. al di sotto di una coltre prevalentemente a grana fine di varia genesi:

- dalla superficie alla profondità di 4 m si rileva nel sondaggio la presenza di una coltre di frana costituita da argille limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici ( 2mm-2cm) e con blocchi arenacei di spessore decimetrico.
- Da 4 m a 15 m si rileva una coltre alluvionale a grana fine costituita da limi argillosi con inclusi ghiaia e ciottoli ( 2mm- 5 cm) eterometrici calcarei e quarzoarenitici, a cui si intercala dalla profondità di 10,70 m alla profondità di 13.00 m un livello di ciottoli eterometrici ( 2mm-10 cm) in matrice sabbiosa.

La tomografia sismica LS19 di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S45. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore variabile da 1 m a 6 m, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di terreni della coltre di frana D 42. Al di sotto la velocità sismica assume un andamento alquanto irregolare, probabilmente a causa di blocchi quarzoarenitici e quarzosiltitici e clasti di varia

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	


natura inglobati all'interno di limi argillosi e argille alterate. Infine, a  $z = 260$  m circa si nota un passaggio brusco a valori di velocità più elevati ( $V_p > 2000$  m/s) interpretabili con la presenza di argille grigie compatte (Fig.8-101).

I terreni della coltre di frana ed alluvionale sono permeati da falda acquifera con livello statico a circa 10.00m dal di p.c..

Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre di frana di 1,0 m (S45).

Andranno previste adeguate opere di sostegno per gli scavi e opere provvisoriale a protezione degli scavi.



SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### Tratto compreso tra la progr. 15+780.00 alla progr. 16+590.00

In questo tratto il tracciato corre a raso per tutta la sua progressione, sviluppandosi in direzione SE all'interno della piana alluvionale del Milicia; in particolare lo stesso insiste sulla valle a fondo piatto del F.Mulinazzo, la cui morfologia è legata al deposito delle alluvioni a grana fina e grossolana del fiume. Il Mulinazzo assume andamento meandriforme ed il tracciato corre in destra idraulica. Il corso del fiume, scorre incassato nelle alluvioni ed è in approfondimento.

I rilievi effettuati hanno evidenziato la presenza in sinistra idrografica del F. Mulinazzo, nel versante che dal rilievo di M.Balatele ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale, oltre al dissesto D42 prima descritto , di un dissesto quiescente (D44), ascrivibile ad una frana complessa, censito nella cartografia del CARG il cui piede lambisce il tracciato tra le pk 16+120 e 16+220 (fig.8.105) .



*Figura 8-105 Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.*

Alla fine del tracciato di progetto sono state rilevate le aree di dissesto perimetrare e censite con le sigle D45 e D46 , ubicate lungo il versante Nord Est che dal rilievo di M.Balatele ( q. 786 m s.l.m.) degrada sino all'incisione fluviale del F.Mulinazzo . I due dissesti non intersecano il tracciato ma si avvicinano allo stesso tra le pk 16+480 e 16+580(fig.8-106).

Il dissesto D45 è censito nella cartografia del PAI con la sigla 035-6VF-018 ed è classificato come una frana per colamento quiescente. Il dissesto si estende per un'area di 123.887 m<sup>2</sup> e determina una pericolosità P1; il dissesto D46, i cui limiti sono contenuti nel perimetro del dissesto D45, è anch'esso classificabile come colamento ma attivo.






Figura 8-106 : Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione dei dissesti e del tracciato.

Infine sempre sullo stesso versante è stata rilevata l'area di dissesto perimetrata e identificata con la sigla D47, censita nella cartografia del CARG, ed ascrivibile al tipo frana per colamento quiescente.



Figura 8-107: Stralcio di foto aerea da Google Earth con ubicazione del dissesto e del tracciato.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

In destra idraulica i rilievi hanno evidenziato nell'area di confluenza nel F. Mulinazzo dell'impluvio scorrente verso SO proveniente dal rilievo di P.zzo Mangiatoriello (q. 620), un modesto cono di deiezione, che con il suo accumulo ha spinto verso SE il corso del Mulinazzo.

L'area è stata indagata con i sondaggi S45 e S46 Pz e con il pozzetto P14.

Il sondaggio S45, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 15 m dal p.c. al di sotto di una coltre prevalentemente a grana fine di varia genesi:


- dalla superficie alla profondità di 4 m si rileva nel sondaggio la presenza di una coltre di frana costituita da argille limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici (2mm-2cm) e con blocchi arenacei di spessore decimetrico.
- Da 4 m a 15 m si rileva una coltre alluvionale a grana fine costituita da limi argillosi con inclusi ghiaia e ciottoli (2mm- 5 cm) eterometrici calcarei e quarzoarenitici, a cui si intercala dalla profondità di 10,70 m alla profondità di 13.00 m un livello di ciottoli eterometrici (2mm-10 cm) in matrice sabbiosa.

Il sondaggio S46, rileva il substrato argilloso marnoso debolmente sabbioso grigio a struttura scagliettata e di elevata consistenza della Fm. Flysch Numidico, alla profondità di 4.4 m dal p.c. al di sotto di una coltre prevalentemente a grana fine costituita da argille limose brune con inclusi abbondanti clasti quarzoarenitici eterometrici (2mm-2cm) ascrivibile al cono di deiezione sopra descritto

I terreni su cui insiste il tracciato dalla progr. 15+780 alla progressiva 15+860.00 sono caratterizzati dalla sovrapposizione di una coltre di frana, costituita da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate a struttura caotica, a tratti a consistenza plastica, colore marrone con inclusi clasti e blocchi arenacei, con uno spessore massimo di 4.0 rilevato dal sondaggio S45\_PZ\_Amb e riferito al dissesto D42, descritto poco sopra.

Dalla progressiva 15+860.00 fino a fine tracciato il tracciato interessa i depositi alluvionali del F. Mulinazzo, a grana limo argillosa, con spessore di circa 20 m, ricoprenti il substrato costituito dalle argille del Flysch Numidico.

Si rileva la presenza di terreno agrario e vegetale con spessore variabile tra 0,80 e 1,30 uno spessore di 1.30m di terreno vegetale che va a ricoprire i depositi alluvionali (ALr<sub>c</sub>) del Mulinazzo. In questo settore i depositi alluvionali raggiungono spessori di circa 20m.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

In corrispondenza del sondaggio S46\_PZ, al di sotto dello spessore di terreno vegetale, si riscontra uno spessore di 4.40m di deposito eluvio-colluviale (AFL<sub>b2</sub>), costituito da argille e argille marnose alterate e rimaneggiate di colore marrone, con inclusi clasti eterometrici e spigolosi, ascrivibile al cono di deiezione sopra descritto.

La coltre alluvionale del F.Mulinazzo è permeata da falda acquifera ; in corrispondenza del piezometro S 46 si rileva un livello statico della falda a 11.80m dal p.c fig.(8-108).

Per la realizzazione del rilevato, andranno previsti uno scotico di 20cm del terreno vegetale più una ulteriore bonifica dello strato di coltre di frana fino alla profondità di 1,0 m (S46).

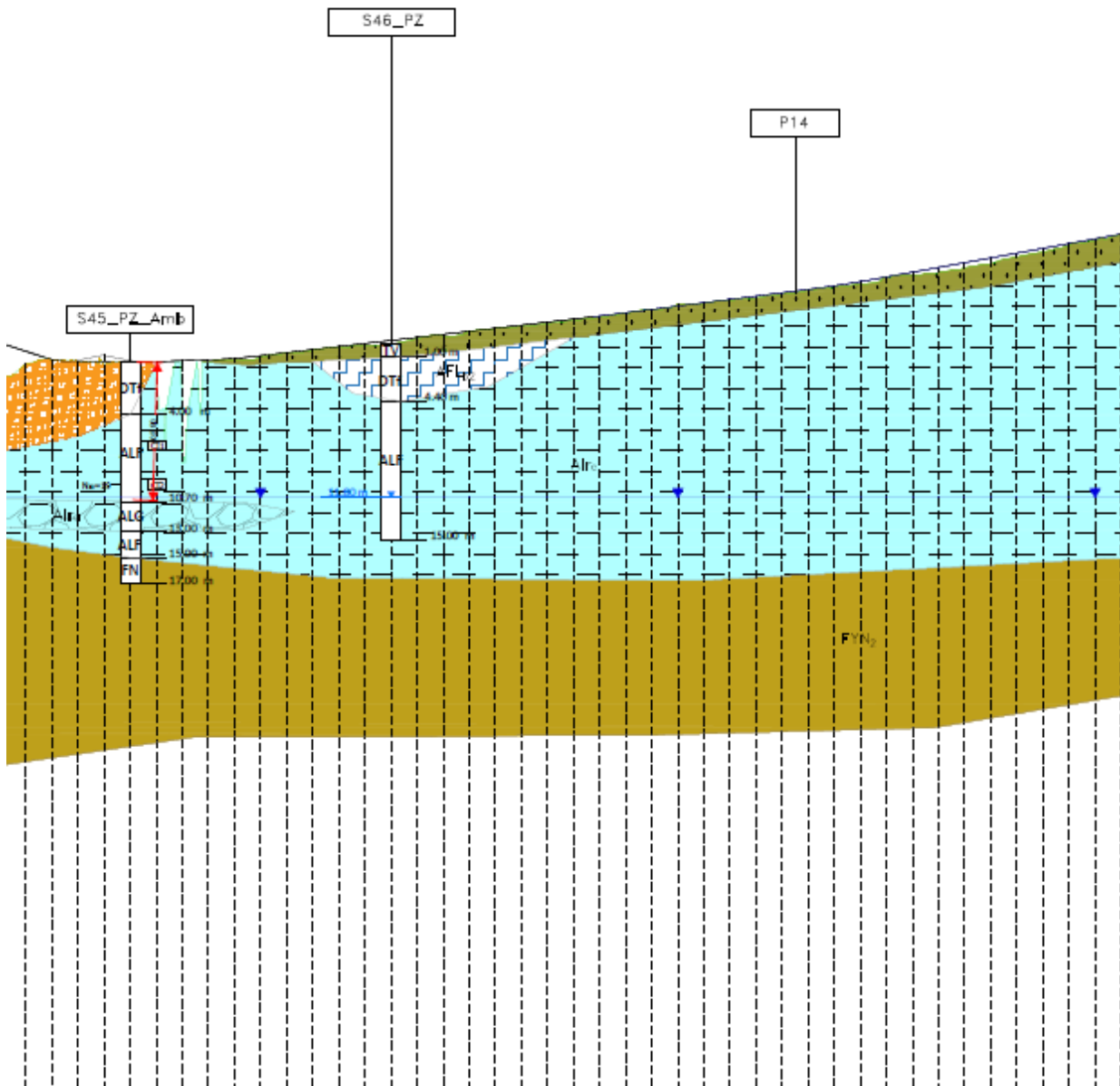



Figure 8-108 : Profilo geologico del tracciato, tratto compreso tra la progressiva 15+780.00 e la progressiva 16+590.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

## 9 SISMICITA' DELL'AREA

### 9.1 Macrosismicità dell'area

Il presente capitolo definisce il quadro macrosismico generale del territorio attraversato dall'asse stradale in progetto, nell'ottica di una complessiva macrozonazione sismica che abbia come fine ultimo la valutazione della pericolosità sismica, tanto in termini generali quanto in termini di singola opera d'arte da realizzare.

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come **terremoto di progetto**, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio –Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

Il territorio siciliano può essere suddiviso in due differenti "regioni sismogenetiche":

- **il settore orientale siciliano**
- **il settore occidentale siciliano**
- **il settore orientale siciliano**


il settore orientale si caratterizza per la presenza di macrostrutture simicamente attive e ben differenziate: l'Avampese Ibleo a SE; la Catena costiera a N; ed il massiccio etneo, ad ovest, attraversato da tre sistemi di faglie a direzione prevalente NW - SE, NE - SW ed E - W, che continuano nella catena costiera e che sono stati attivi fino al Pleistocene sup.

La regione costiera settentrionale risulta molto attiva con terremoti di **M > 7** e periodo di ritorno di circa 70 anni; la regione Iblea, Avampese, anch'essa molto attiva, con terremoti aventi magnitudo comparabili o maggiori con periodi di ritorno più lunghi (300 a). La sismicità etnea, caratterizzata da magnitudo medio – basse, anche se con ipocentri relativamente poco profondi, non sembra avere un'influenza diretta sui territori analizzati.

Oltre a tali aree "*continentali*" vanno considerati i settori ricadenti all'interno del bacino meridionale del Tirreno.

In termini di episodi parossistici, il settore orientale, si caratterizza per la frequenza di accadimento dei terremoti più significativi di tutta la regione (intensità massima **I = XI** MCS), tra i quali si ricordano gli



SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

eventi sismici del 1169 e 1693, che hanno provocato distruzione nell'area iblea e nel catenese e l'evento storicamente più vicino Messina 1908 (Fig. 9.1), con magnitudo 7.2 Richter e XI-XII Mercalli.

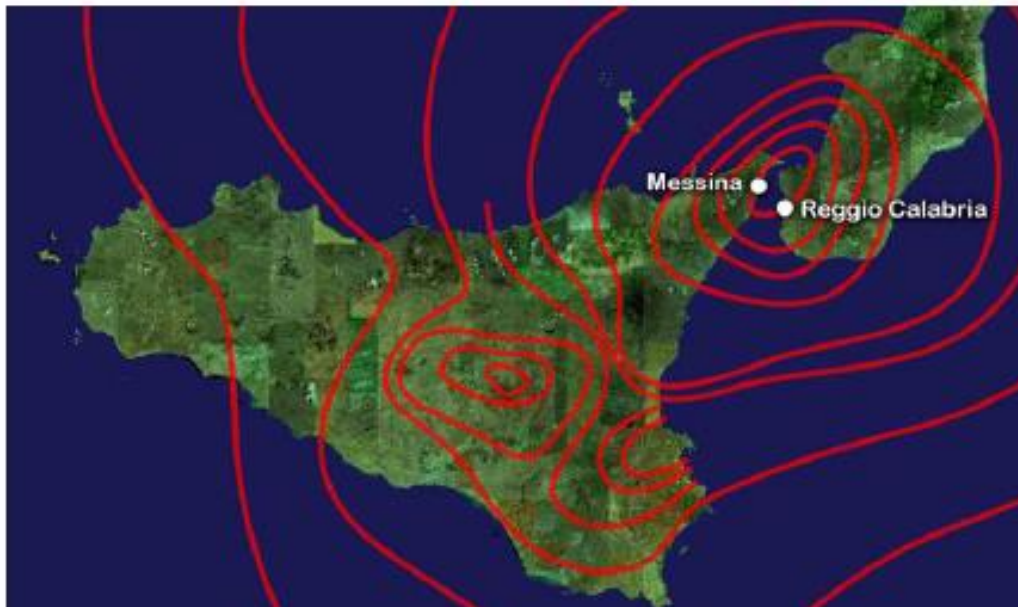


Figure 9-1: Epicentro del terremoto del 1908


□ **il settore occidentale siciliano**

La sismicità della Sicilia occidentale e i dati di tettonica recente permettono di individuare, all'interno di tale macrosettore, delle "subzone" o aree caratterizzate da un differente comportamento sismotettonico.

In particolare, tra Palermo e Termini Imerese (Area Tirrenica) la sismicità potrebbe essere associata sia alle faglie trascorrenti del Sistema Sud - Tirrenico che alle strutture distensive responsabili del sollevamento della catena costiera.

La zona sismogenetica di Corleone si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. I pochi eventi conosciuti hanno aree di avvertibilità limitate che indicano strutture sismo genetiche superficiali.

La zona sismogenetica del Belice, in cui sono localizzati gli eventi sismici del 1968, può relazionarsi sia con il proseguimento in terra della zona di trascorrenza presente nel Canale di Sicilia sia con strutture di rotture lungo una rampa di thrust cieco al di sotto della sinclinale del Belice. I meccanismi focali proposti da vari autori mostrano soluzioni variabili da trascorrenti pure a transpressive a inverse pure, non permettendo di individuare specifiche strutture sismogenetiche.

SS 121 "Catanese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Lungo la zona meridionale, la sismicità si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia ma di lunga durata che interessano quasi esclusivamente Sciacca, talvolta in concomitanza con l'attività vulcanica del Canale di Sicilia.

La zona costiera Egadi – Trapani - Mazara, si caratterizza per la presenza di una sorgente associabile all'attività del *thrust* delle Egadi o delle faglie che lo dislocano.

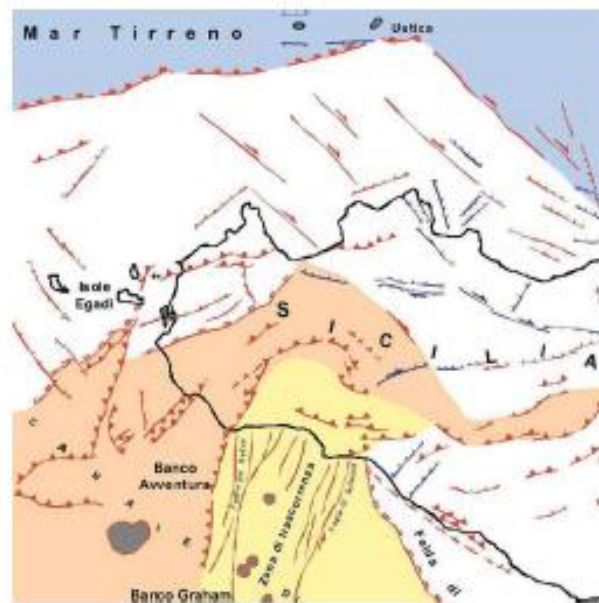



Figure 9-2: Schema strutturale della Sicilia occidentale

Nel Settore occidentale, sebbene gli eventi sismici siano caratterizzati da magnitudo minori rispetto a quello orientale, vanno ricordate le sequenze sismiche del 1968 che hanno prodotto ampie devastazioni (I= IX-X MCS) per il verificarsi di numerosi forti scosse nel giro di pochi giorni, riconoscendo pertanto l'area della Valle del Belice come sismica solo in seguito al verificarsi di tali eventi. Questo accade quando si hanno periodi sismici con forti terremoti, alternati a lunghi periodi di quiescenza (migliaia di anni).

Il territorio interessato da tale studio, ricade nel **settore settentrionale** dell'isola siciliana, in un contesto geostrutturale di *catena* a Falde *sovrapposte* legate alla genesi dell'orogene appenninico; in particolare, il territorio di stretto interesse risulta compreso nel settore dei Monti di Palermo e della zona offshore del Mar Tirreno considerata, dall'attuale bibliografia scientifica, un'area tettonica di tipo "borderlands", caratterizzata da fenomeni prevalentemente transpressivi con uplift generati dal "tilting" regionale del settore settentrionale.(fig.9-2)

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

## 9.2 Sismicità storica dell'area

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  o con magnitudo ( $M_w$ )  $\geq 4.0$  d'interesse relativi al territorio italiano.

- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Nel caso in esame, il tracciato attraversa quattro comuni, di cui vengono riportati gli eventi sismici di maggiore entità:

– Di seguito (fig.9-3) le osservazioni sismiche disponibili per Bolognetta (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

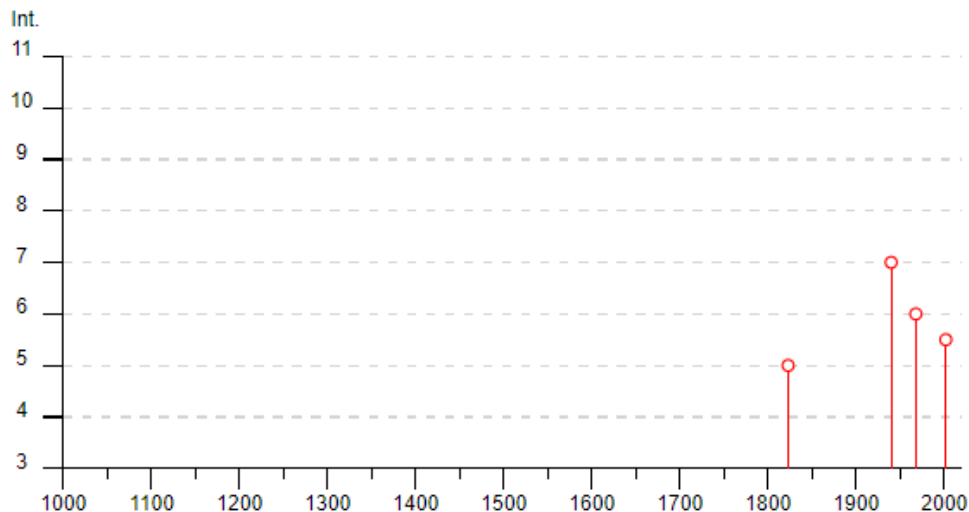


Figure 9-3: Osservazioni sismiche disponibili per Bolognetta

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15 (fig.9-4)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41

Figure 9-4: distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15

- Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Misilmeri (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) (fig.9-5)




Figure 9-5: Osservazioni sismiche disponibili per Misilmeri

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15 (fig.9-6)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
5-6	1843	12	07				Misilmeri	1	5-6	4.40
F	1876	06	11	01	20		Corleone	20	6	4.71
5	1906	09	11	19	03		Tirreno meridionale	9	7	5.02
5	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
3	1909	06	07	01	30		Corleone	16	3-4	3.73
7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
4	1968	01	14	15	48	3	Valle del Belice	18	7	4.84
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
NF	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
2	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Figure 9-6: Osservazioni sismiche disponibili nell'intero DBMI15



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

- Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Villafrati (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) (fig.9-7)

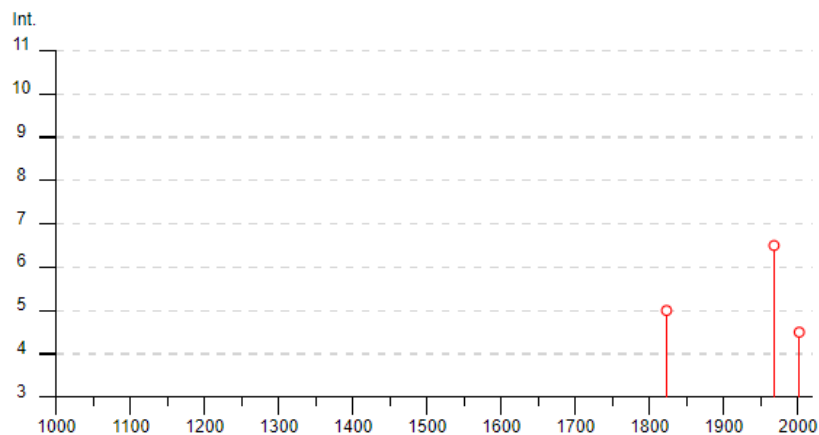


Figure 9-7 : Osservazioni sismiche disponibili per Villafrati

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15 (fig.9-8)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
6-7	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
NF	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie	45	5	4.27
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

Figure 9-8: Osservazioni sismiche disponibili nell'intero DBMI15

- Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Bagheria (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) (fig.9-9)


SS 121 "Catanesi"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	




Figure 9-9 : Osservazioni sismiche disponibili per Bagheria

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15 (fig.9-10)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1892	03	16	12	38		Alicudi	28	7	5.24
4	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
3	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
6-7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
NF	1957	05	20	19	57	3	Tirreno meridionale	3		5.19
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
2	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
3	2011	06	23	22	02	4	Monti Nebrodi	54	5-6	4.70

Figure 9-10: Osservazioni sismiche disponibili nell'intero DBMI15

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### 9.3 Caratterizzazione sismogenetica

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.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia 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. A tal fine fu pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

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 (*Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "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:

- **Zona 1** - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;
- **Zona 2** - In questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 3** - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari;
- **Zona 4** - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Il sito in oggetto ricade nel territorio della provincia di Palermo nei territori dei Comuni di Bagheria, Misilmeri, Bolognetta e Villafrati, ricadenti tutti in **zona 2**

La classificazione sismica sopra riportata è confermata dalla Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall'INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale

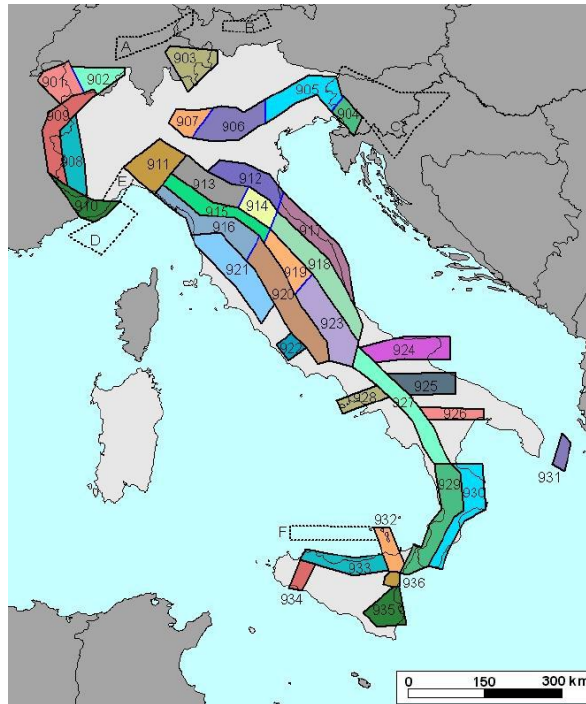



Figure 9-11 : Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004)

In particolare, nel Rapporto Conclusivo relativo alla redazione della mappa di Pericolosità sismica (**Ord. P.C.M. 3274 - 2003**) è contenuta la zonizzazione sismogenetica del territorio italiano (ZS9) (fig.9-11).. Tale zonizzazione, condotta tramite analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici equaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ha definito, per l'area siciliana le seguenti aree sismogenetiche evidenziate nella figura sottostante (fig.9-12)

SS 121 "Catanesi"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

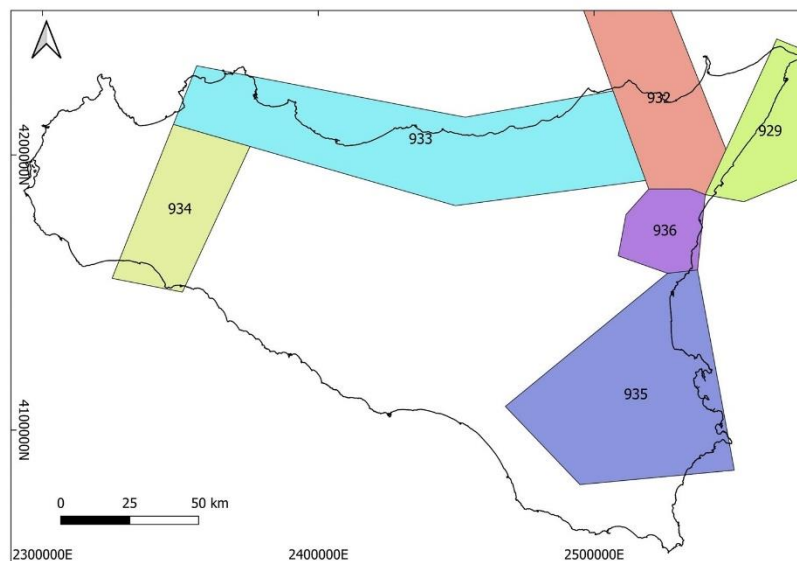



Figure 9-12: Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9 della Sicilia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004)

- **936 Etna**, sismicità associata a fagliazione superficiale e all'attenuazione del moto del suolo tipica di un ambiente vulcanico;
- **935 Iblei**, settore direttamente legato alla scarpata ibleo – maltese ed alle maggiori linee di discontinuità come la Scicli – Ragusa, responsabile dell'evento sismico del 1693.
- **934 Belice**, i caratteri sismo genetici di tale zona riconducibili all'unica e grande sequenza sismica del gennaio 1968 nell'area del Belice;
- **933 Sicilia Settentrionale**, tale zona è comunemente ritenuta avere carattere prevalentemente trascorrente (Linea **M.te Kumeta – Alcantara**). In questa zona i principali eventi sismici sembrano essere localizzati sulla costa e pertanto la sismicità andrebbe attribuita alla ZS F, molto superiore a quella della costa siciliana settentrionale e del suo immediato offshore;
- **932 Eolie - Patti**, area definita sulla scorta esclusiva di esplorazioni geofisiche profonde e legata ad una zona di "svincolo" con arretramento del dell'arco calabro e delle strutture sintetiche che segmentano il golfo di Patti



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

Zona	N. eventi Md ≥ 2.0	N. eventi Md ≥ 2.5	N. eventi Md ≥ 3.0	Magnitudo Md Max	Classe di Profondità	Profondità efficace (Km)
932	277	194	55	6.14	12 - 20	13
933	413	162	44	6.14	8 - 12	10
934	8	6	3	6.14	8 - 12	10
935	43	34	6	7.29	12 - 20	13
936	374	283	67	5.45	1 - 5	3

Tabella 9-1: Sintesi aree sismogenetiche

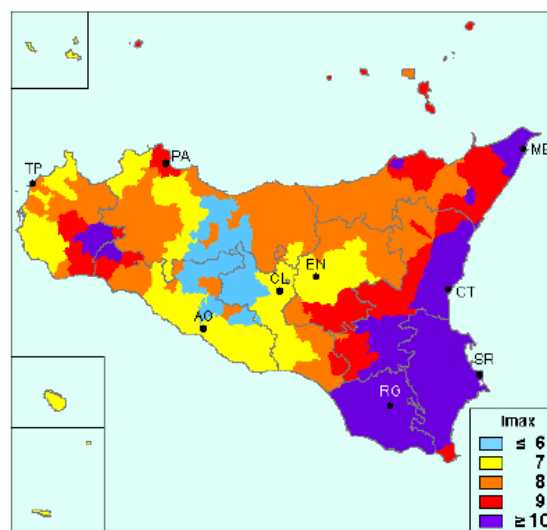



Figure 9-13 Massima intensità Sicilia (INGV)

Quanto sopra, definisce una macro area (933 - Sicilia settentrionale) soggetta al “carico sismico” di eventi sismici localizzati sulla costa con terremoti caratterizzati da meccanismi focali prevalentemente trascorrenti e caratterizzati da elevate intensità e frequenze di accadimento variabili. Il territorio in esame, quindi, è da considerarsi come una regione sismogenetica (tab.9-1).

### Faglie capaci

Sono state consultate le cartografie del CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI (<http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>) a cura dell'ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia.

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa. **Nell'area in studio non vengono evidenziate faglie capaci.**

#### 9.4 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come terremoto di progetto, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio –Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

La pericolosità sismica di base, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17/01/2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 (rimasto invariato dalla definizione delle NTC 2008) suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno ( $T_r$ ) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in  $g/10$ );
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

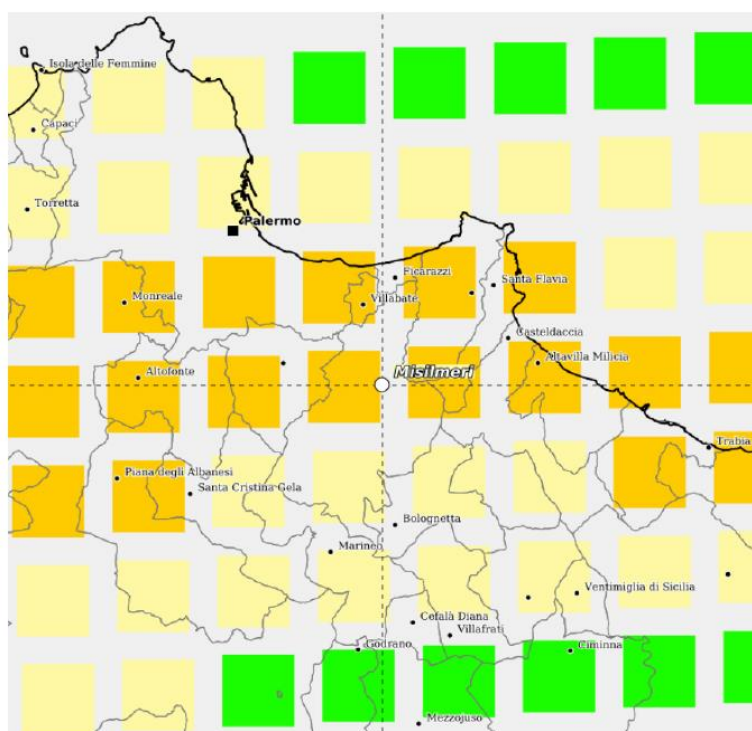


Figure 9-14 Pericolosità sismica , 50% percentile a max con probabilità  
di superamento del 10% in 50 anni

Il tracciato in oggetto ricade in una zona in cui corrispondono valori di accelerazione massima ( $a_{max}$ )  $0.075 \div 0.15$  g calcolati su un suolo di riferimento di tipo A (fig.9-14).

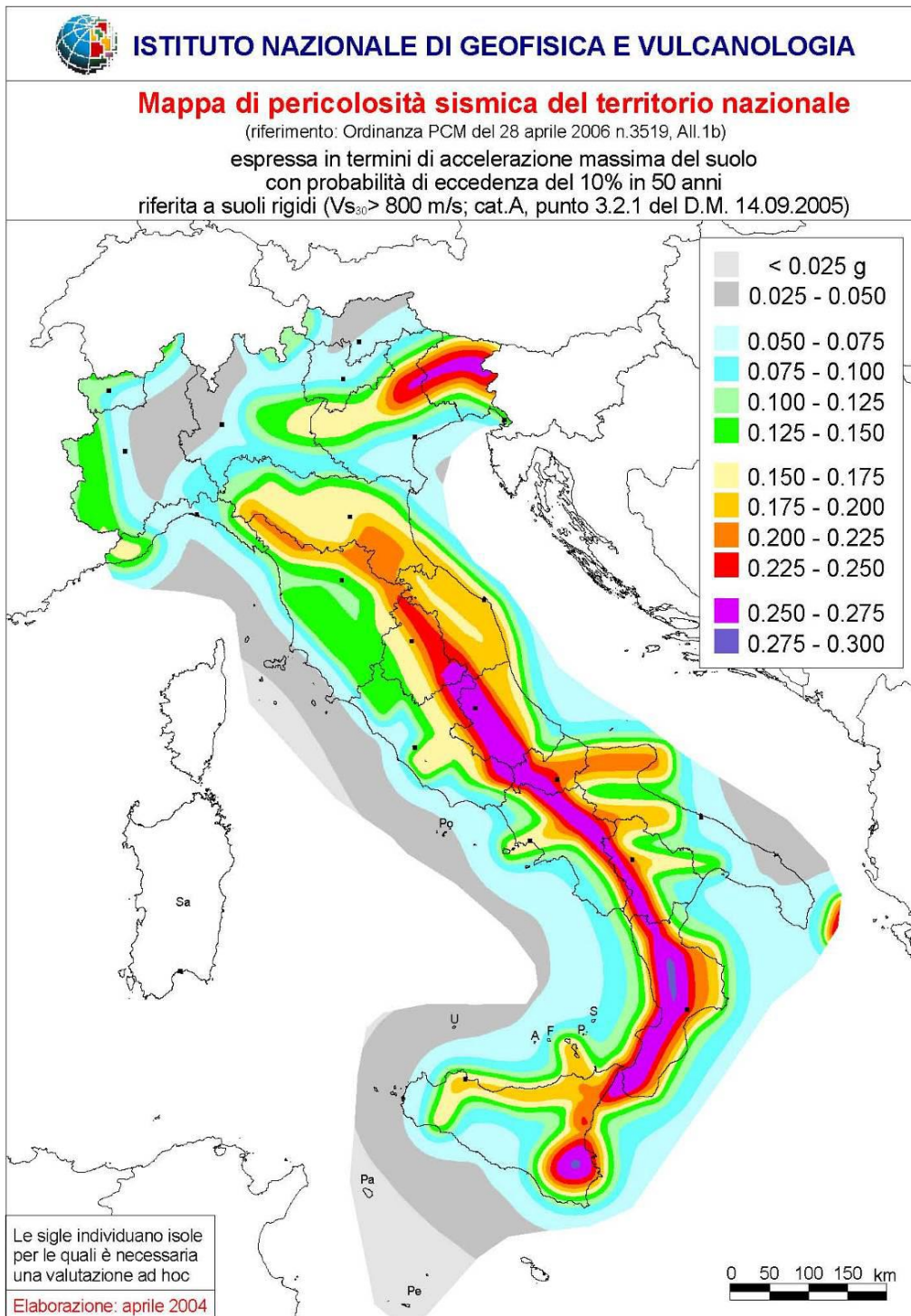



Figura 9-15 Mappa di Pericolosità sismica del territorio nazionale

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Con l'aggiornamento NTC 2018 scompaiono i riferimenti alla zonazione sismica per quanto riguarda la progettazione per azioni sismiche intraprendendo una strategia progettuale basata su livelli crescenti dell'azione sismica e dei danni corrispondenti. Questo serve anche nei casi in cui ci sia stata in precedenza una sollecitazione sismica che ha già indebolito la struttura.

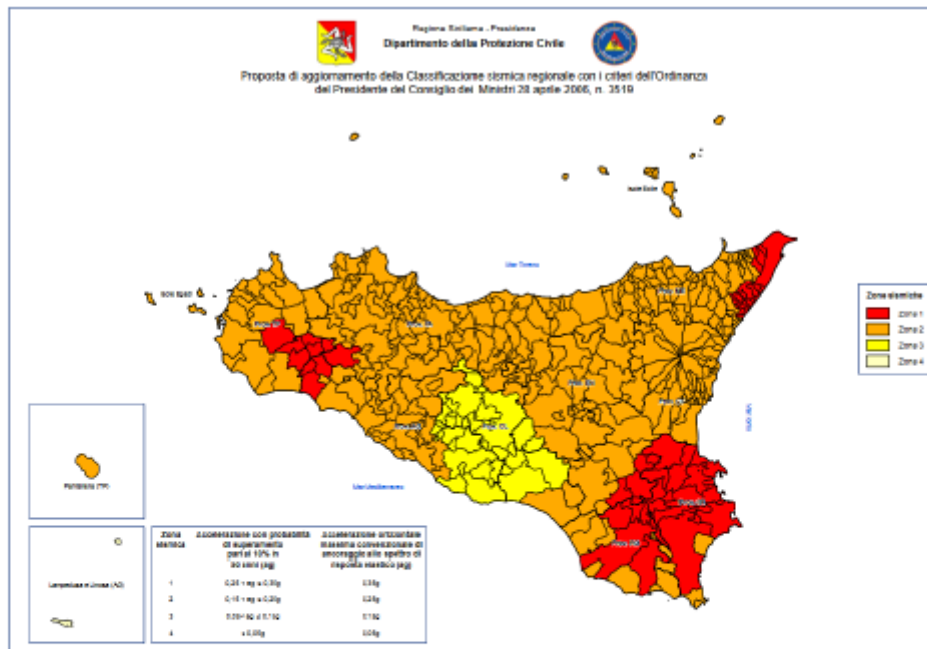
Al posto della zonazione entrano in gioco quindi:

- l'indicazione dei livelli di accelerazione ag, attesa allo SLV (stato limite di salvaguardia della vita);
- la distinzione tra progettazione in capacità (approccio concettuale con cui si persegue la duttilità) e gerarchia delle resistenze (strumento operativo impiegato per ottenerla);
- la sistematica adozione di tavole sinottiche di riepilogo dei diversi coefficienti, per facilitare i confronti sistematici tra le diverse tipologie e i diversi stati limite.

In data 24/02/2022 la classificazione sismica del territorio siciliano è stata aggiornata con aggiornamento predisposto dal Dipartimento regionale della Protezione Civile, in applicazione dei criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519, in conformità alla nota prot. n.8080/DG/DRPC Sicilia del 17 febbraio 2022 “.


I territori attraversati dal tracciato ricadono tutti in zona 2 (fig.9-16).





ZONA	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale max convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ )
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	0.15 g
4	$\leq 0.05 g$	0.05 g

Figura 9-16 Classificazione sismica Regione Sicilia

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

## 9.5 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica locale valuta la modificazione dello scuotimento sismico prodotto dalle reali caratteristiche del terreno e dalla successione litostratigrafica locale, dalle condizioni morfologiche unitamente allo sviluppo di effetti cosismici quali fenomeni di liquefazione, fagliazione superficiale, instabilità dei pendii e frane indotte .

Si è proceduto quindi alla classificazione del sottosuolo secondo un approccio semplificato, che si basa sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs.

Si è ritenuto infatti sulla scorta dei risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche effettuate che le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 delle NTC 2018, e che il sottosuolo dell'area in studio sia caratterizzato da :

- assenza di contrasti di impedenza significativi
- modello geologico del terreno uniforme con stratificazione localmente sub-orizzontale
- miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, ed assenza di inversioni di velocità rilevabili dalle prove downhole
- assenza di cavità
- Depositi sopra al bedrock di spessore stimato in 100 m

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio definita dal parametro VS,30, definito al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018:


$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove

hi = spessore dello strato iesimo;

Vsi = velocità delle onde di taglio nell' iesimo strato;

N = numero di strati;

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

La classificazione è basata sull'esito delle prove Down-Hole e delle tomografie sismiche a rifrazione, parte integrante della campagna geognostica a supporto del progetto, che vengono riportate ed elaborate di seguito.

## 9.6 CAMPAGNA INDAGINE GEOFISICA E RISULTATI

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto. Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite nella campagna sismica e geognostica del 2021.


Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.13 indagini sismiche in foro down-hole;
- n. 27 stendimenti di indagine sismica a rifrazione;
- n.6 prove HVSR.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle prove sovraelencate; i risultati delle indagini sismiche a rifrazione sono stati già relazionati nella descrizione geologica del tracciato.

Data	Linee sismiche	Lungh. di Progetto	Lungh. Eseguita	Punti battuti	Geofoni	Cavi	Scoppi
06/08/2021	LS1	92,7	125	33	24	2	5 (ogni 6 geof.)
09/08/2021	LS2	138	185	41	36	3	7 (ogni 6 geof.)
20/08/2021	LS4a	239	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
20/08/2021	LS4b	230	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
24/08/2021	LS4c	204	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
26/08/2021	LS3a	75,5	125	27	24	2	(ogni 4 geof.)
28/08/2021	LS5	288	305	57	48 + 12 roll along	4	
01/09/2021	LS13	249	185	44	36	3	7 (ogni 6 geof.)
01/09/2021	LS14	170	245	61	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS15	221	245	64	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS16a	223	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS17	166	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS18	92,3	185	45	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS9	129	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS10b	104	165	39	32	3	8 (ogni 4 geof.)
12/09/2021	LS19	106	175	41	34	3	7 (ogni 6 geof.)
15/09/2021	LS11	304	245	52	48	4	7 (ogni 8 geof.)
19/09/2021	LS7	189	185	42	36	3	7 (ogni 6 geof.)
24/09/2021	LS3b	102	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
26/09/2021	LS3c		125	30	24	2	7 (ogni 4 geof.)
30/09/2021	LS8	196	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4d	173	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4e	84,6	245	55	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4f	0	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
21/10/2021	LS6	179	245	50	48	4	7 (ogni 8 geof.)
STRALCIATA	LS10a	195					
21/10/2021	LS12	116	185	36	36	3	7 (ogni 6geof.)
21/10/2021	LS16b	256	245	50	48	4	7 (ogni 8geof.)

Tabella 9-2: Sintesi stendimenti di indagine sismica a rifrazione;

SS 121 "Catanesese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

### *Prove Downhole*

Data	DownHole	Profondità	Distanza boccaforo	Info
06/10/2021	S.02	29	0,5	Niente acqua
06/10/2021	S.04	27	0,5	Niente acqua
19/10/2021	S.07	28	0,3	Niente acqua
06/10/2021	S.16	27	0,5	
13/10/2021	S.18	29	0,5	Acqua ≈ 8 m
13/10/2021	S.20	29	0,5	Acqua ≈ 16 m
13/10/2021	S.26	29	0,5	Acqua ≈ 3-4 m
19/10/2021	S.14	28	0,5	Acqua ≈ 4 m
19/10/2021	S.21	28	0,5	Acqua ≈ 5 m
19/10/2021	S.36	30	0,5	Acqua ≈ 3 m
04/11/2021	S.23	29	0,5	Acqua ≈ 5 m
04/11/2021	S.29	29	0,5	Acqua ≈ 4 m
04/11/2021	S.32	29	0,5	Acqua ≈ 5 m

*Tabella 9-3: Sintesi prove downhole*

#### **- DH\_S2**

Il down-hole DH\_S2 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S2, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-16).



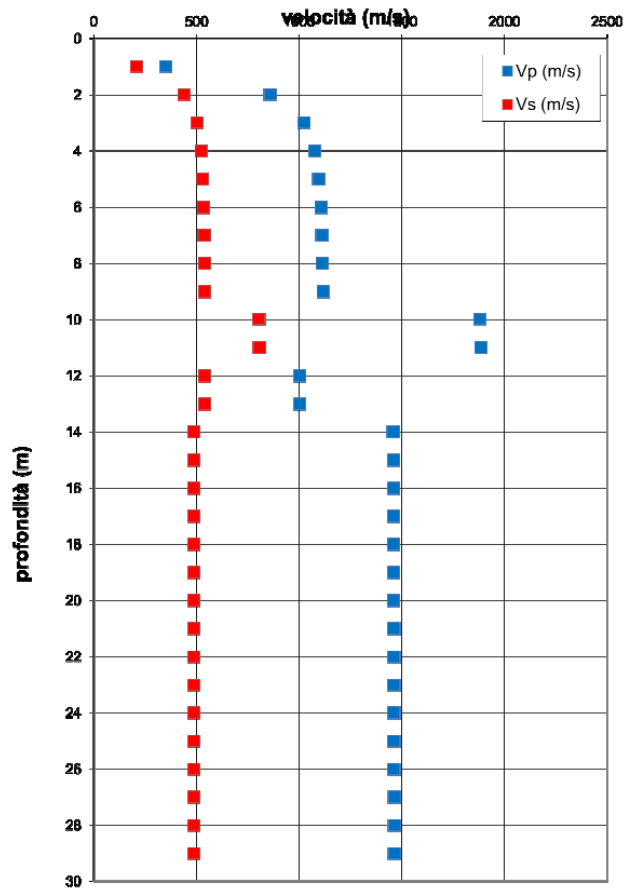


Figura 9-16 DH\_S2 grafico velocità d'intervallo/profondità

#### – DH\_S4

Il down-hole DH\_S4 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S4, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 27 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro. Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-17).

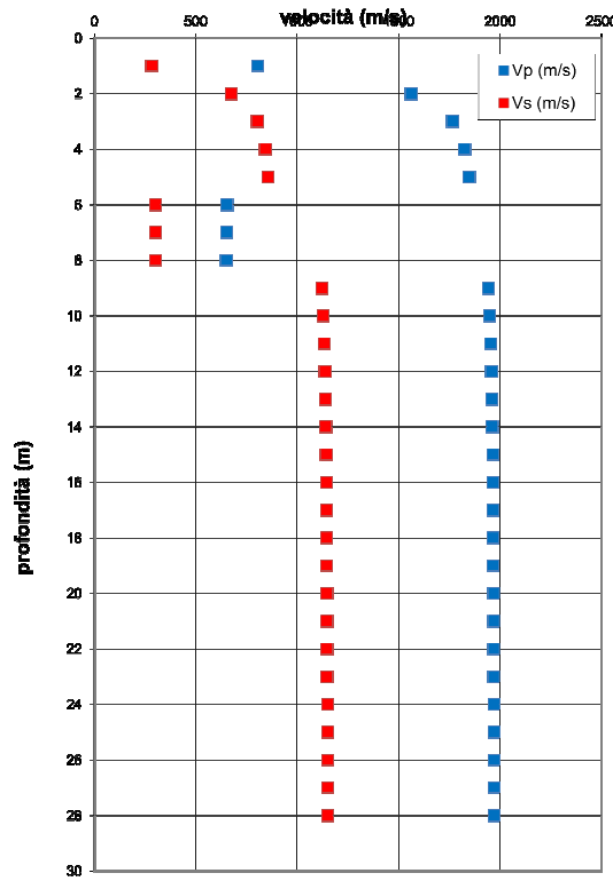


Figura 9-17 DH\_S4 grafico velocità d'intervallo/profondità

– DH\_S7

Il down-hole DH\_S7 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S7, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 30 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro. Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-18).

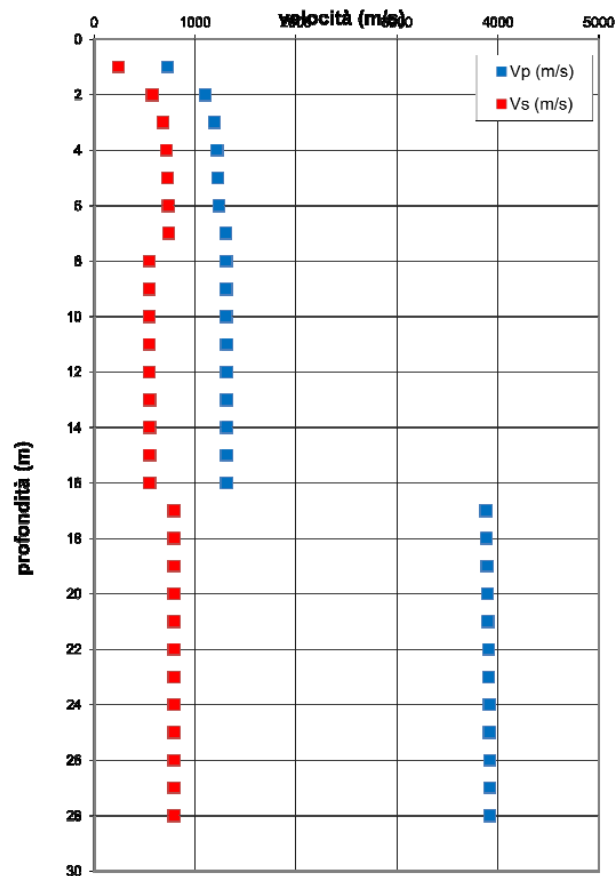


Figura 9-18 DH\_S7 grafico velocità d'intervallo/profondità

#### – DH\_S14

Il down-hole DH\_S14 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S14, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da  $z \approx 4$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-19).

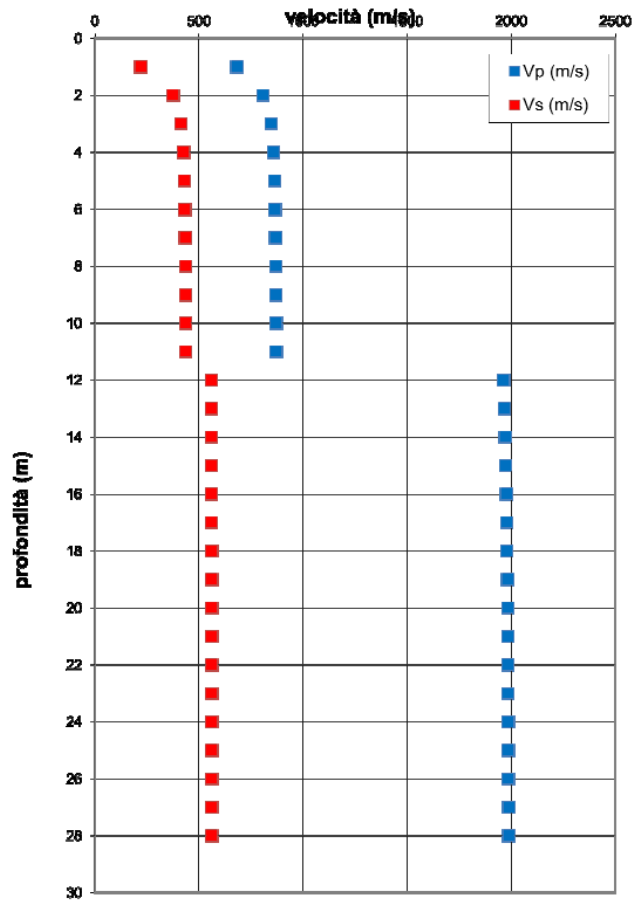


Figura 9-19 DH\_S14 grafico velocità d'intervallo/profondità

– DH\_S16

Il down-hole DH\_S16 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S16, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 27 m dal p.c.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-20).

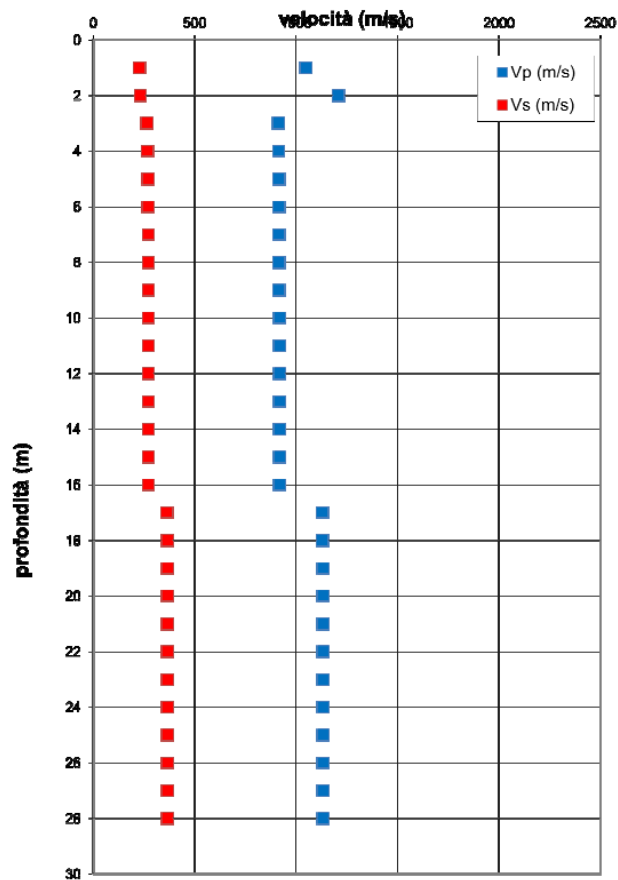


Figura 9-20 DH\_S16 grafico velocità d'intervallo/profondità

– **DH\_S18**

Il down-hole DH\_S18 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S18, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da  $z \approx 8$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-21).



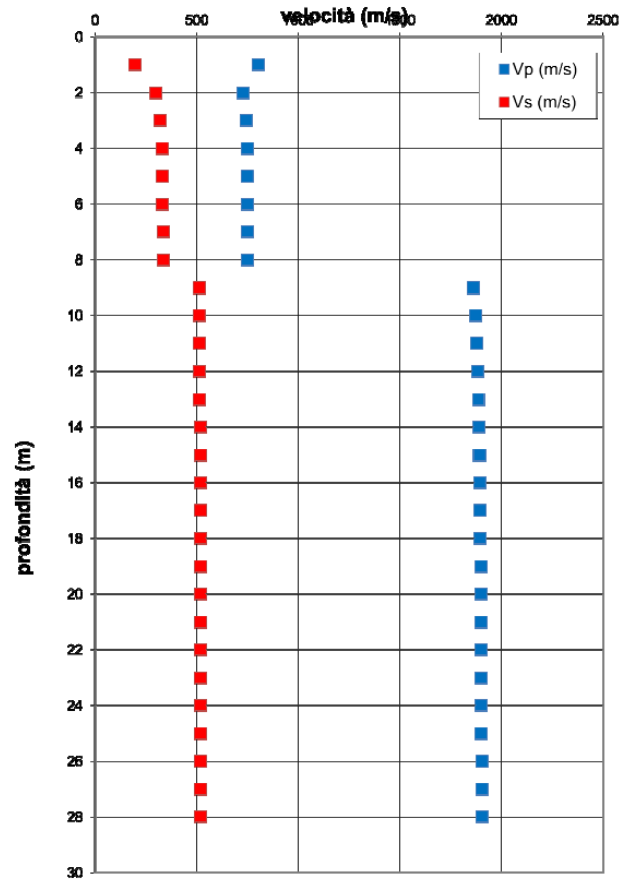


Figura 9-21 DH\_S18 grafico velocita d'intervallo/profondita

#### – DH\_S20

Il down-hole DH\_S20 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S20, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da  $z \approx 16$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riporta il grafico velocita d'intervallo/profondità (fig.9-22).

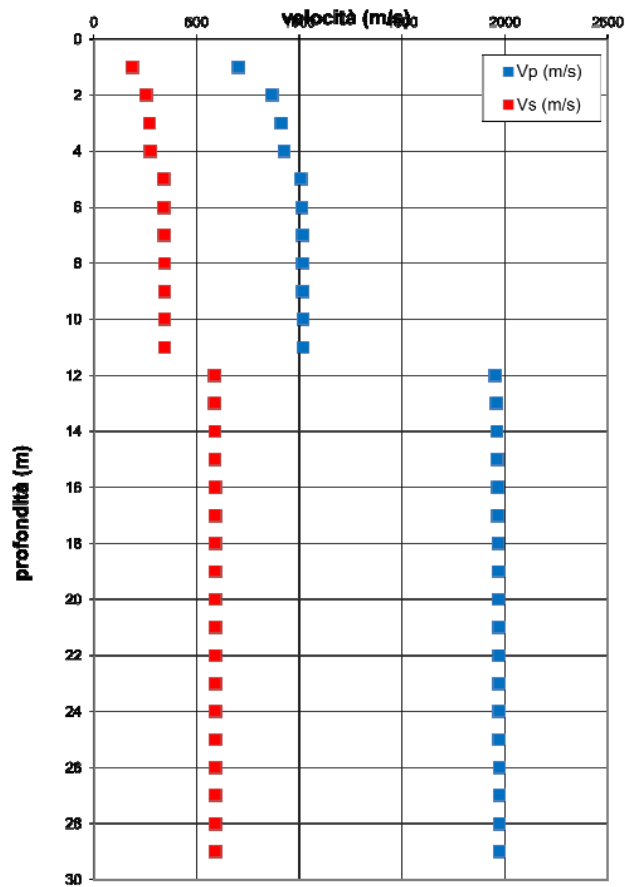


Figura 9-21 DH\_S22 grafico velocità d'intervallo/profondità

#### – DH\_S21

Il down-hole DH\_S21 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S21, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da  $z \approx 5$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-23).

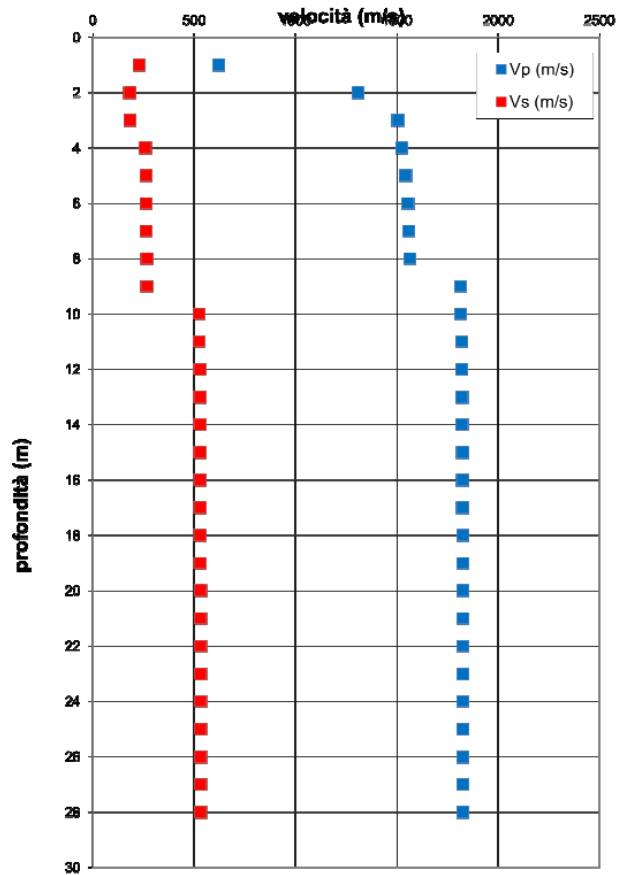


Figura 9-23 DH\_S21 grafico velocita d'intervallo/profondita

– DH\_S23

Il down-hole DH\_S23 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S23, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondita accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da  $z \approx 5$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riporta il grafico velocita d'intervallo/profondità (fig.9-24).

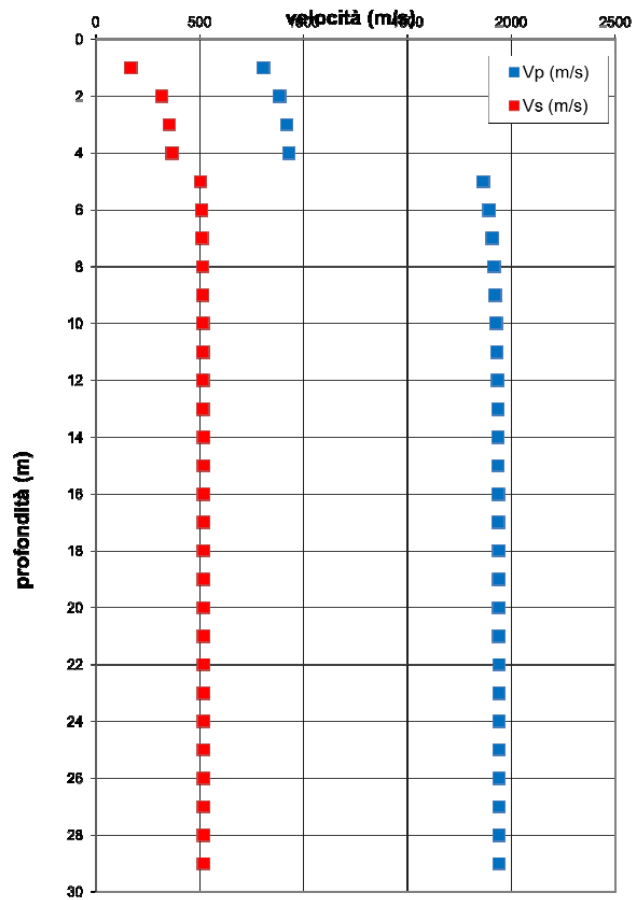


Figura 9-24 DH\_S23 grafico velocità d'intervallo/profondità

#### – DH\_S26

Il down-hole DH\_S26 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S26, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da  $z \approx 4$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-25).

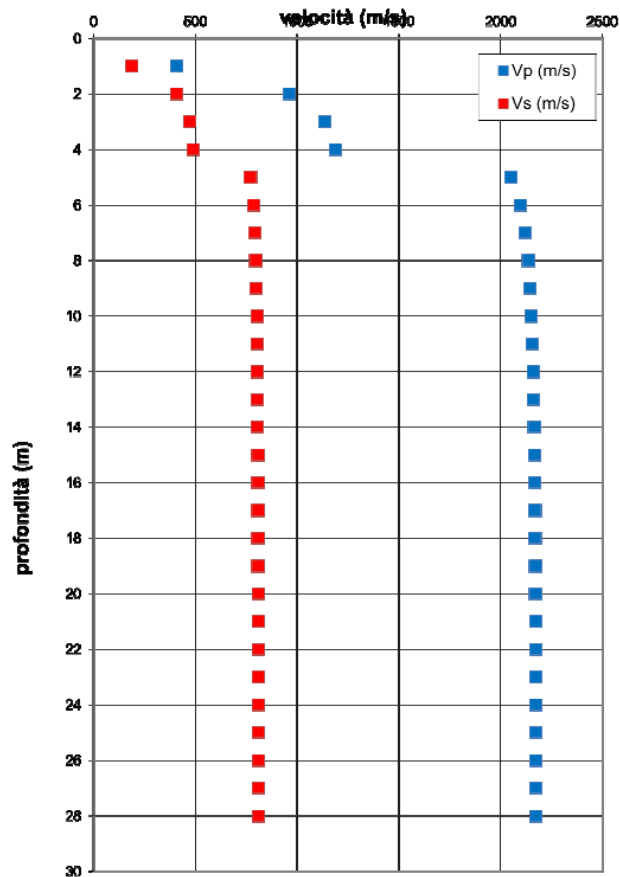


Figura 9-25 DH\_S26 grafico velocita d'intervallo/profondita

#### – DH\_S29

Il down-hole DH\_S29 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S29, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondita accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da  $z \approx 4$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocita d'intervallo/profondità(fig.9-26).



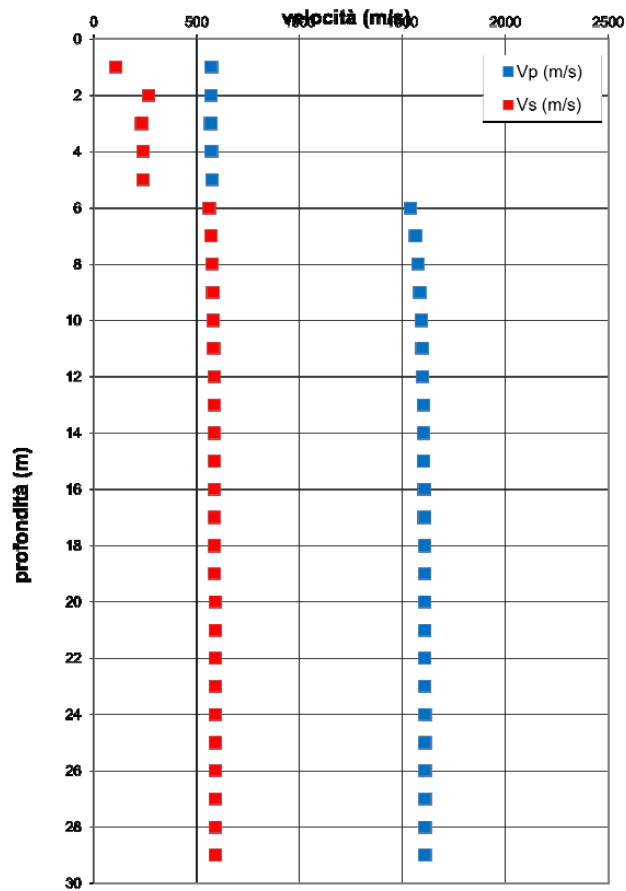


Figura 9-26 DH\_S29 grafico velocità d'intervallo/profondità

– DH\_S32

Il down-hole DH\_S32 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S32, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da  $z \approx 5$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-27).

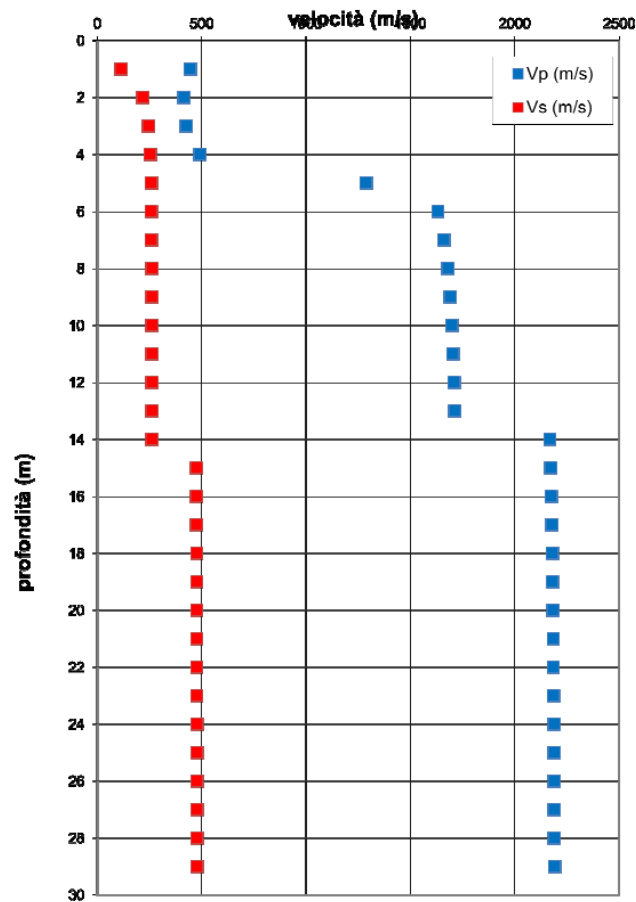


Figura 9-27 DH\_S32 grafico velocità d'intervallo/profondità

#### – DH\_S36

Il down-hole DH\_S36 è stato eseguito in corrispondenza del sondaggio S36, con distanza  $d$  tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 30 m dal piano campagna. Da  $z \approx 3$  m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riporta il grafico velocità d'intervallo/profondità (fig.9-28).

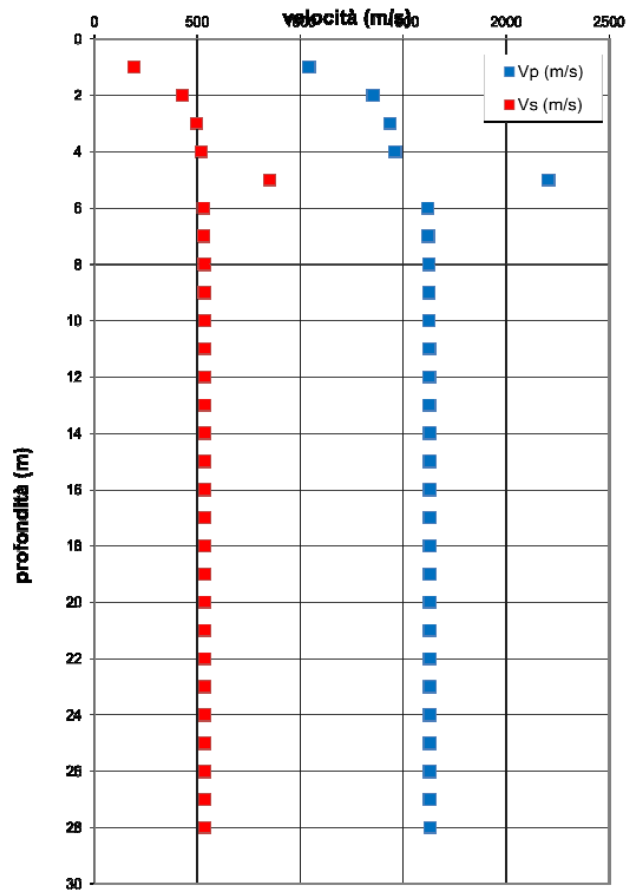



Figura 9-28 DH\_S36 grafico velocità d'intervallo/profondità

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

*Prove HVSR*

Data	HVSR	X	Y	Z
03/11/2021	33	2383646.374	4206214.538	152.265 m
03/11/2021	34	2383795.411	4206101.229	167.891 m
03/11/2021	35	2383771.507	4205805.388	199.851 m
03/11/2021	36	2383857.514	4205868.091	178.306 m
03/11/2021	37	2383849.29	4205934.629	158.782 m
03/11/2021	38	2383712.047	4205909.336	175.361 m

*Tabella 9-4: Sintesi prove HVSR*

**HVSR.33**

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:03:06 End recording: 01/01/00 00:15:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

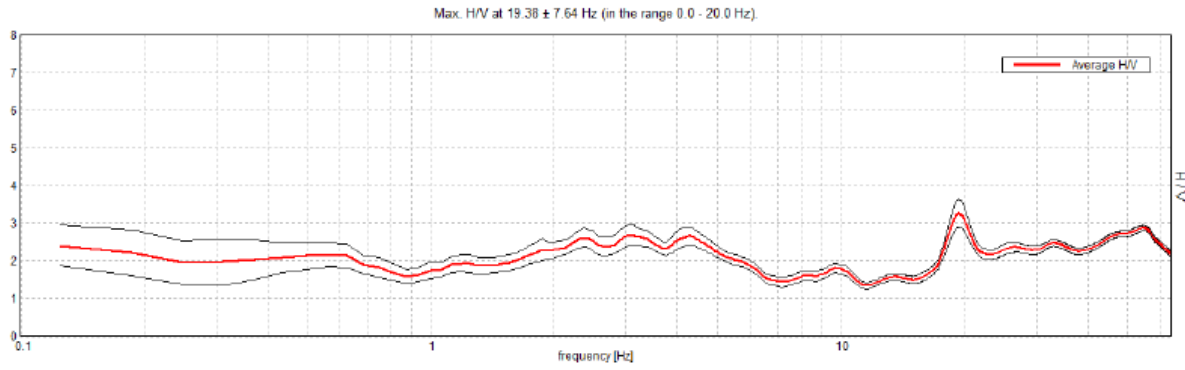
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

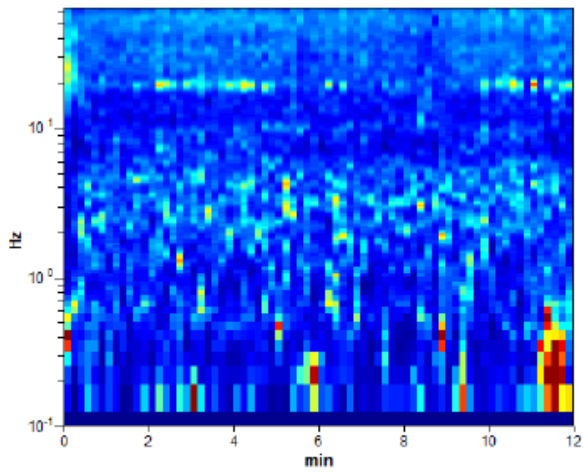
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

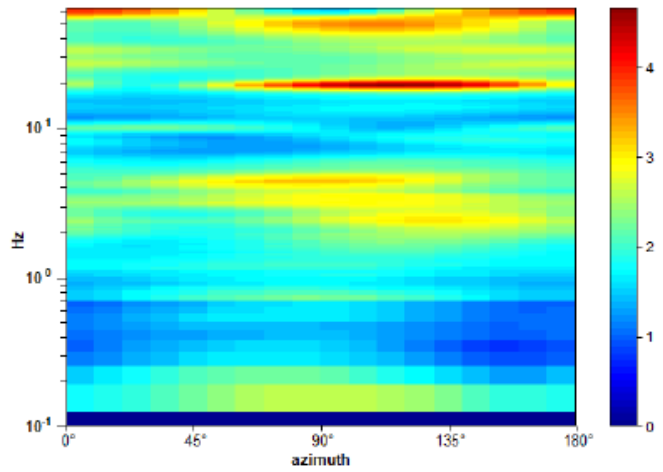
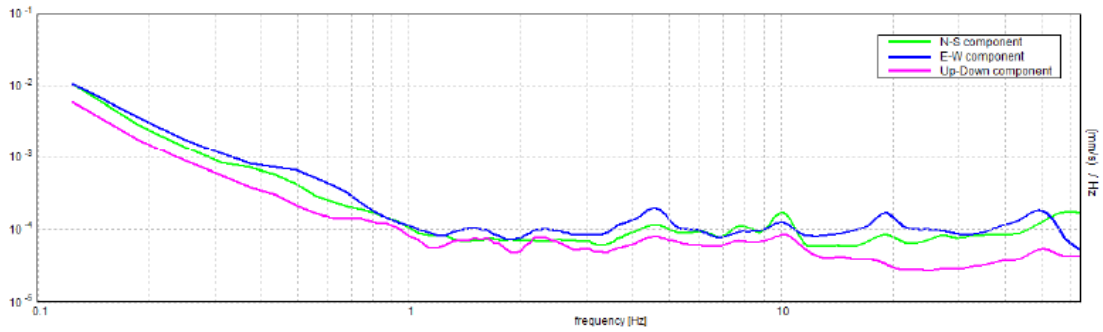


Figura 9-29 **HVSR.33** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

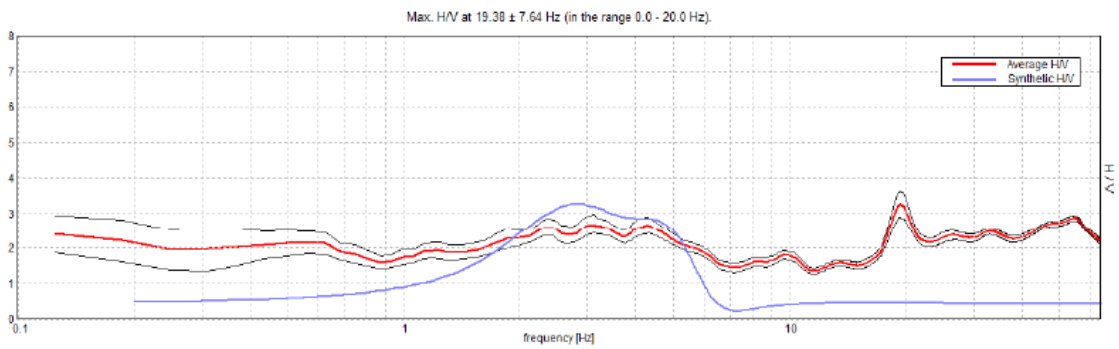


Figura 9-30 HVSr.33 experimental vs synthetic H/V

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	205	0.42
48.00	36.00	468	0.42
inf.	inf.	744	0.42

Dati

Numero di strati 2  
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	12.00	205
2	36.00	468

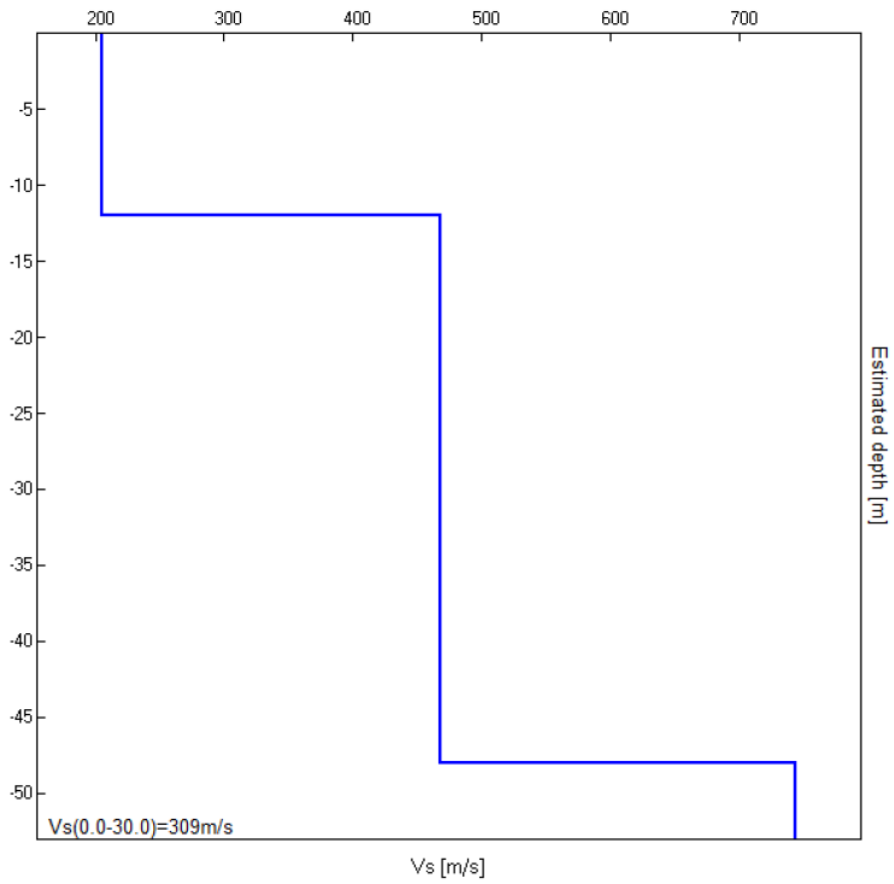


Figura 9-31 HVSR.33 sismostratigrafia

UP62

**Relazione Sismica**

Max. H/V at 19.38 ± 7.64 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	19.38 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13950.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 466 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	16.188 Hz	OK	
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.27 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39446  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.64264 < 0.96875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3703 < 1.58	OK	


$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency

15

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	153/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

**HVSR 34**

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:03:30 End recording: 01/01/00 00:15:30

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

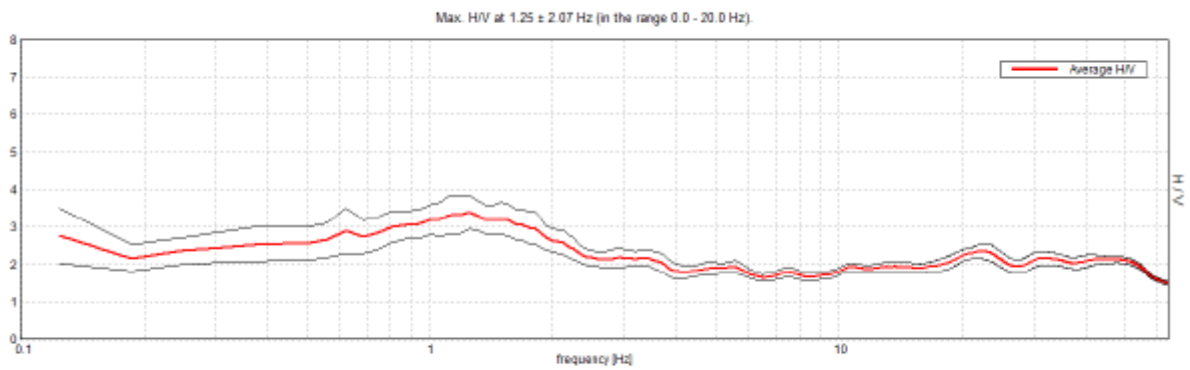
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

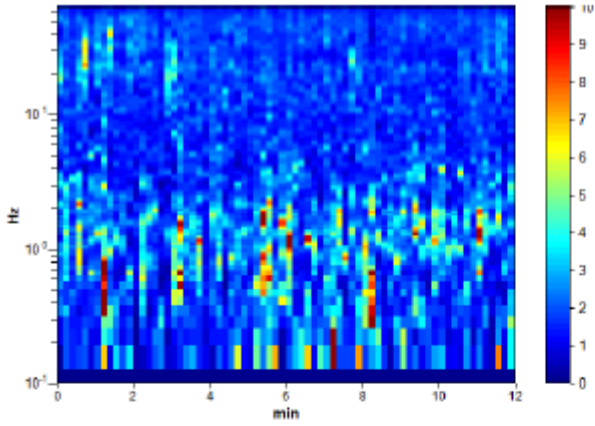
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



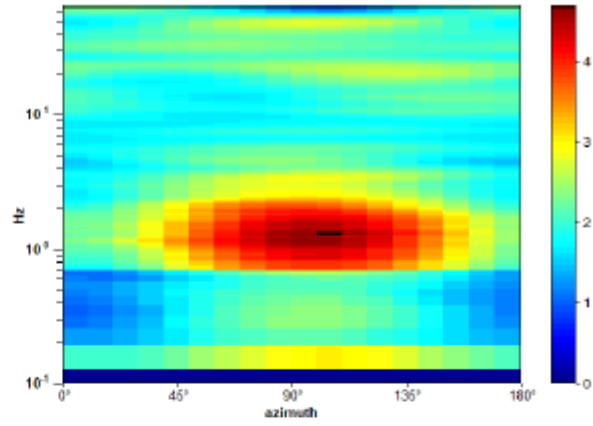
*Figura 9-32* **HVSR.34** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



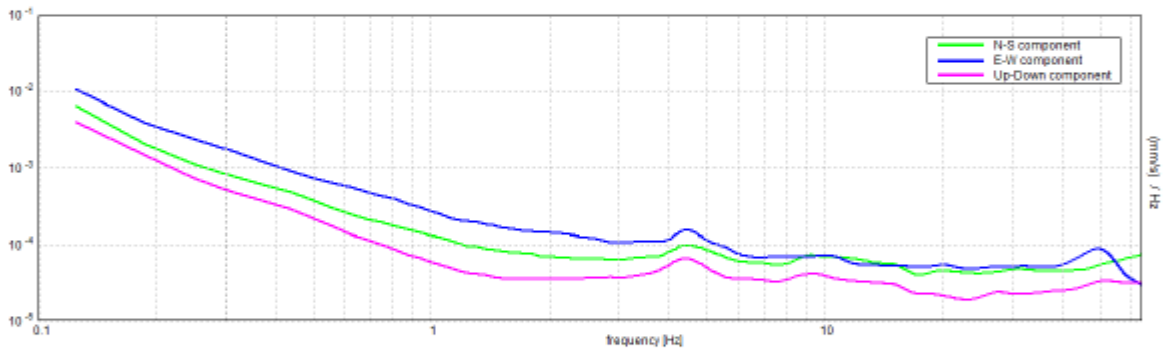
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

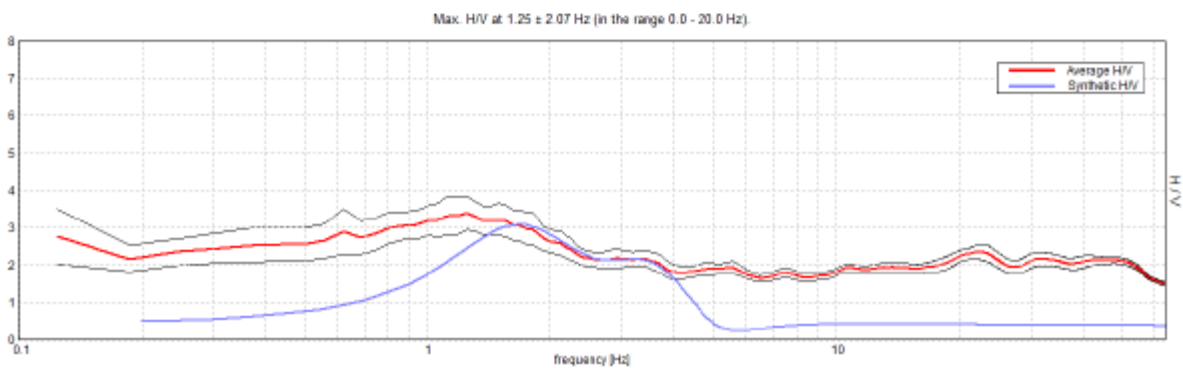


Figura 9-33 HVSR.34 experimental vs syntetic H/V

UP62

*Relazione Sismica*

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
17.00	17.00	220	0.49
66.00	49.00	435	0.49
101.00	35.00	590	0.49
inf.	inf.	650	0.49

**Dati**

Numero di strati 2

Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	17.00	220
2	49.00	435

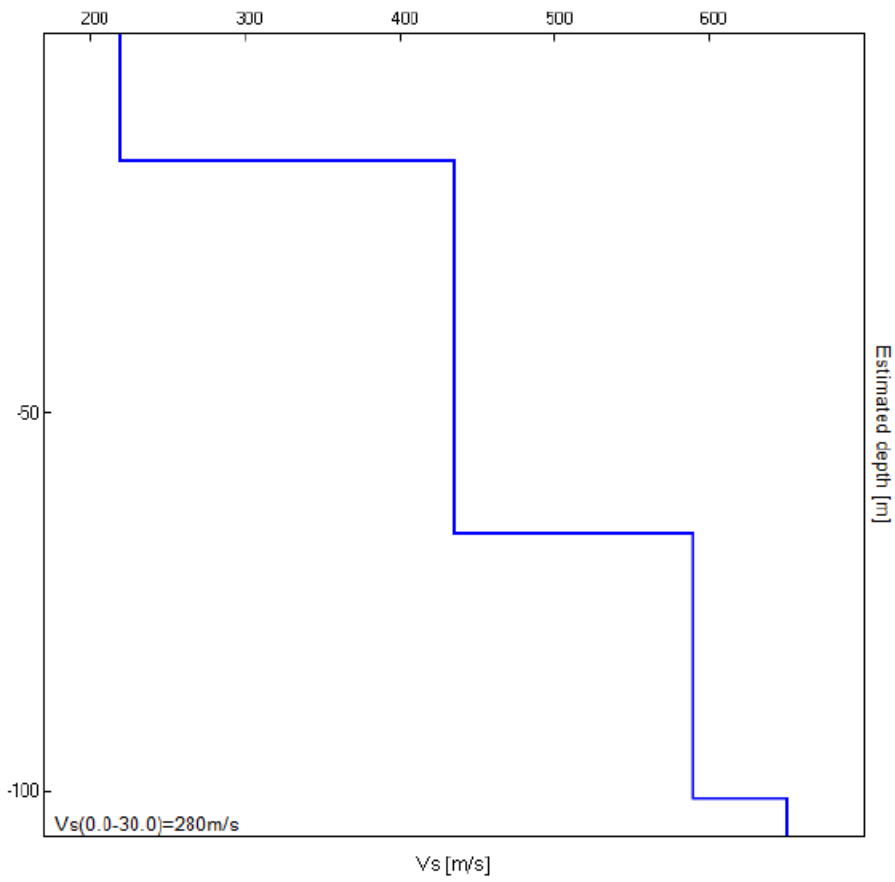


Figura 9-34 HCSR.34 sismostratigrafia

UP62

**Relazione Sismica**

**Max. H/V at  $1.25 \pm 2.07$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 1.00$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$900.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.39 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.65988  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.07485 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4464 < 1.78$	OK	


$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency

<b>Committente:</b>	<b>Rif. Lavoro</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Pag.</b>
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	159/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



SS 121 "Catanesese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

**HVSR 35**

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:02:07 End recording: 01/01/00 00:14:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 43% trace (manual window selection)

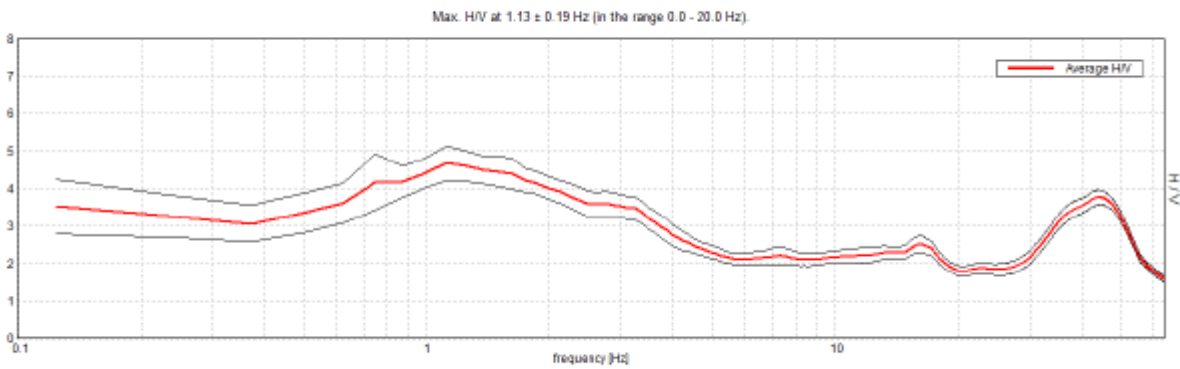
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 5 s

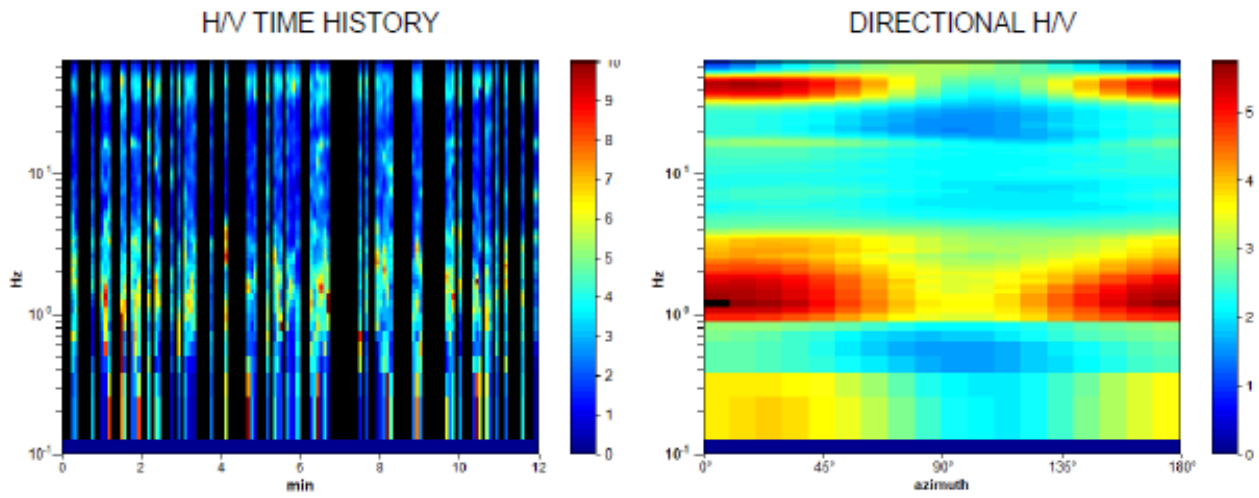
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 15%

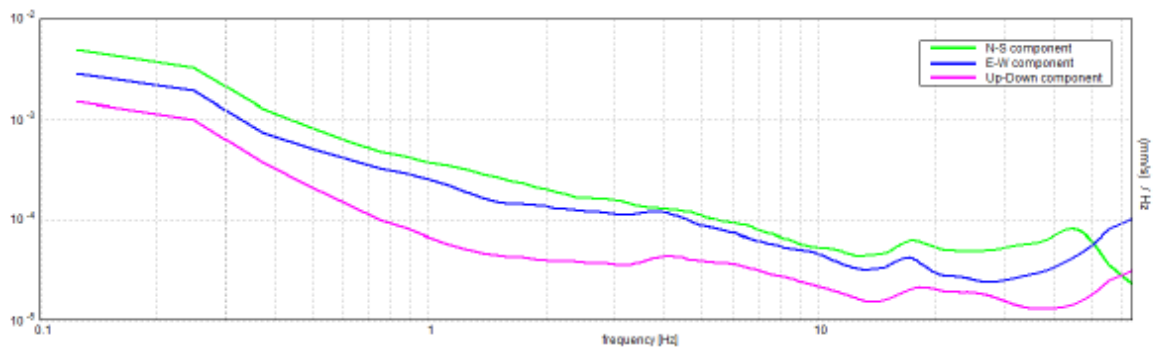
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



*Figura 9-35* **HVSR.35** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

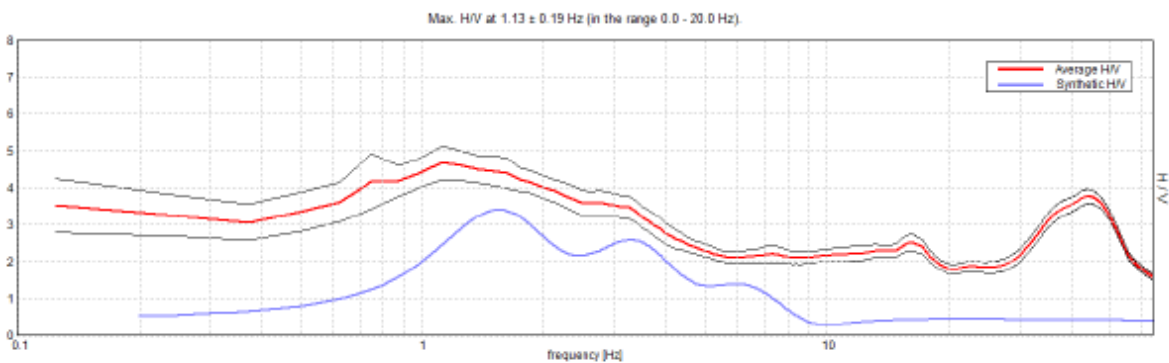


Figura 9-36 HVSr.35 experimental vs syntetic H/V

## SS 121 "Catanesa"

Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta



UP62

*Relazione Sismica*

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	205	0.45
36.00	27.00	400	0.45
116.00	80.00	650	0.45
inf.	inf.	980	0.40

**Dati**

Numero di strati 2  
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	12	205
2	40	400

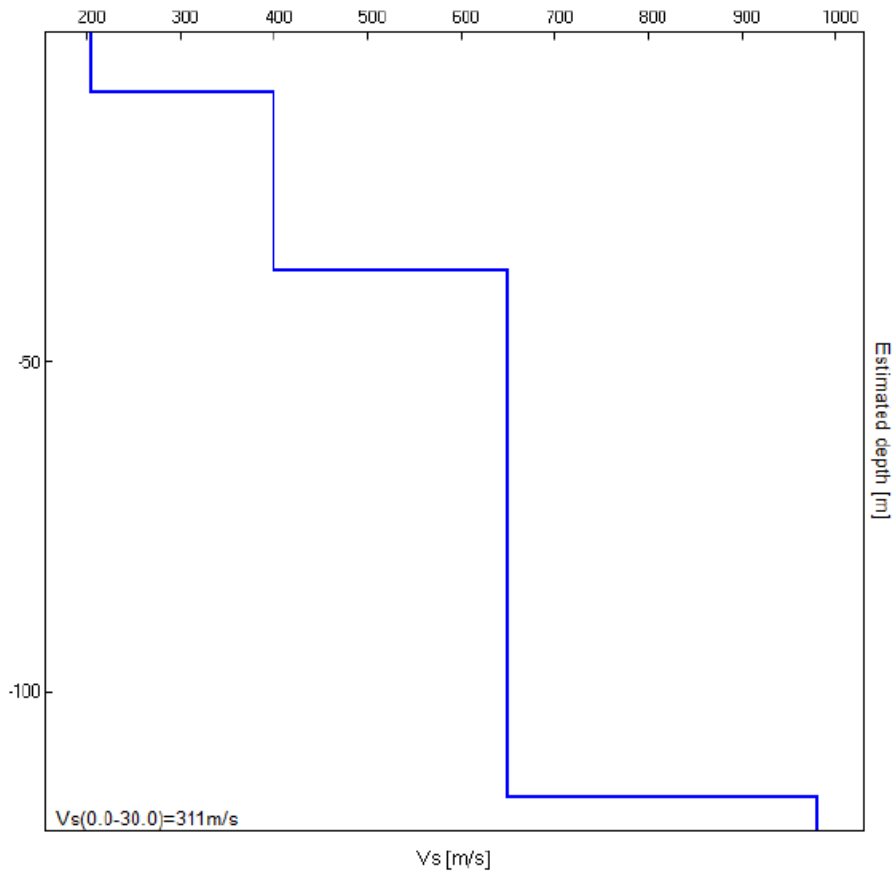


Figura 9-37 HVSR.33 sismostratigrafia

UP62

**Relazione Sismica**

**Max. H/V at 1.13 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.13 > 2.00		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	348.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 14 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	4.67 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16697  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	0.18784 < 0.1125		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.453 < 1.78	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency



UP62


**Relazione Sismica**

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	165/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

1

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### HVSR 36

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:00:47 End recording: 01/01/00 00:12:47

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

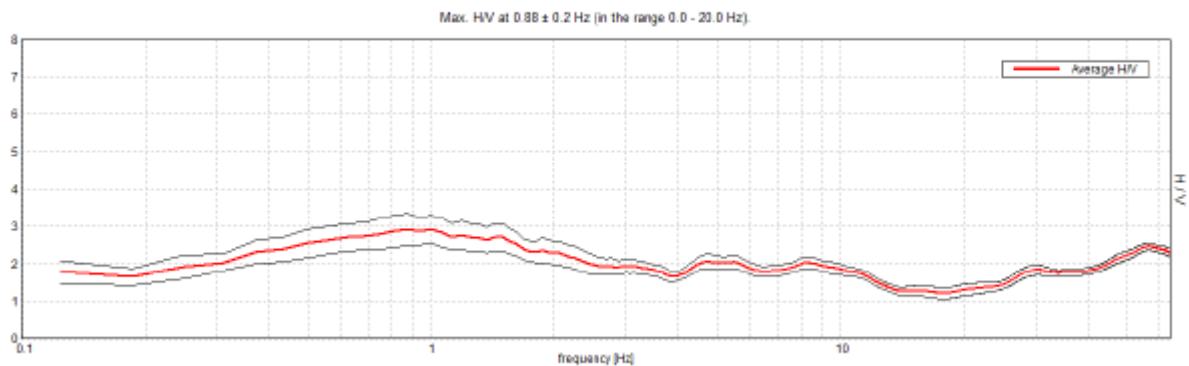
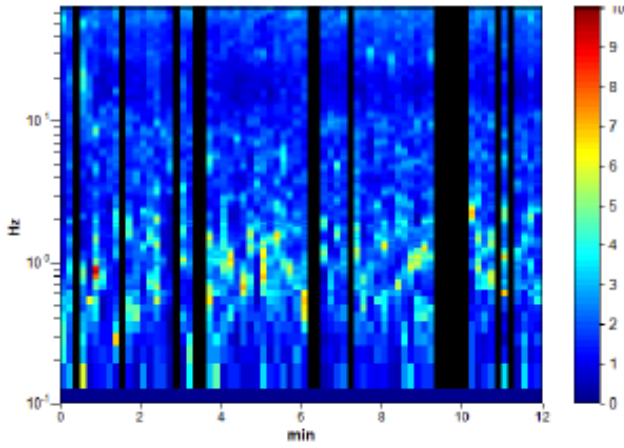
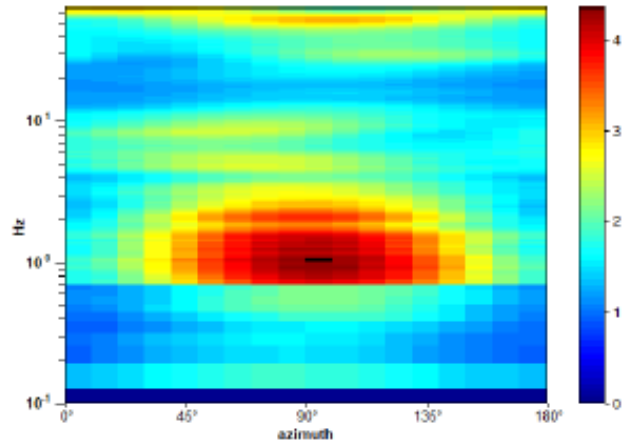


Figura 9-38 **HVSR.36** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

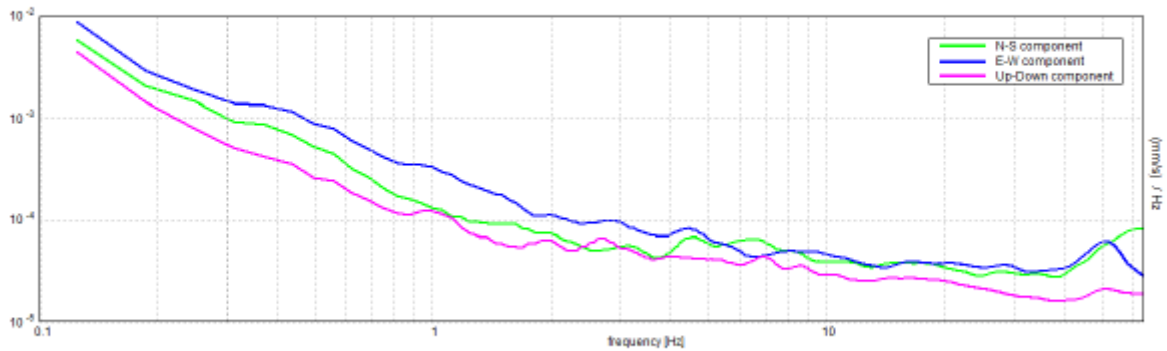
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

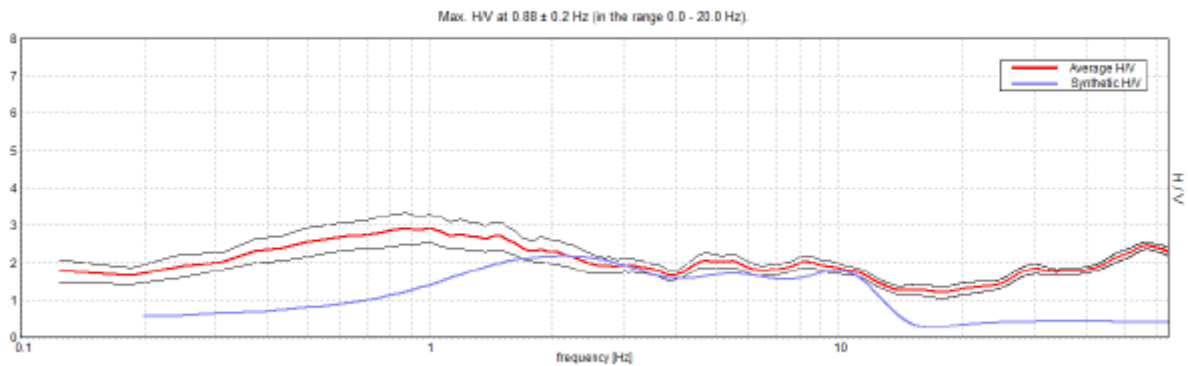


Figura 9-39 HVSR.36 experimental vs synthetic H/V

UP62

**Relazione Sismica**

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson rati
7.00	7.00	270	0.45
31.00	24.00	550	0.45
93.50	62.50	790	0.45
173.50	80.00	990	0.30
223.50	50.00	1000	0.30
inf.	inf.	1250	0.30

**Dati**

Numero di strati	2
Profondità piano di posa	0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	7	270
2	24	550

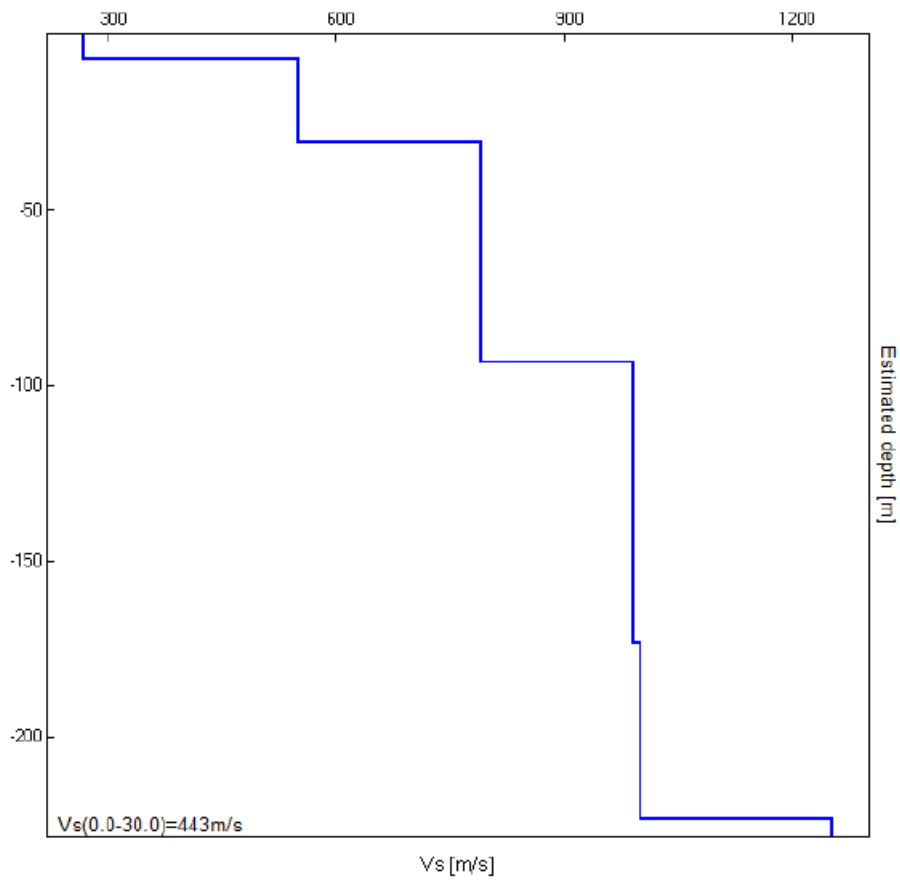


Figura 9-40 HVSR.36 sismostratigrafia



UP62

## Relazione Sismica

## Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 1.00$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$498.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 22 times	OK	

## Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$2.93 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23194  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	$0.20295 < 0.13125$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4184 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency


UP62

**Relazione Sismica**

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$ 

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SS 121 "Catanesi"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### HVSR 37

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:01:09 End recording: 01/01/00 00:13:09

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

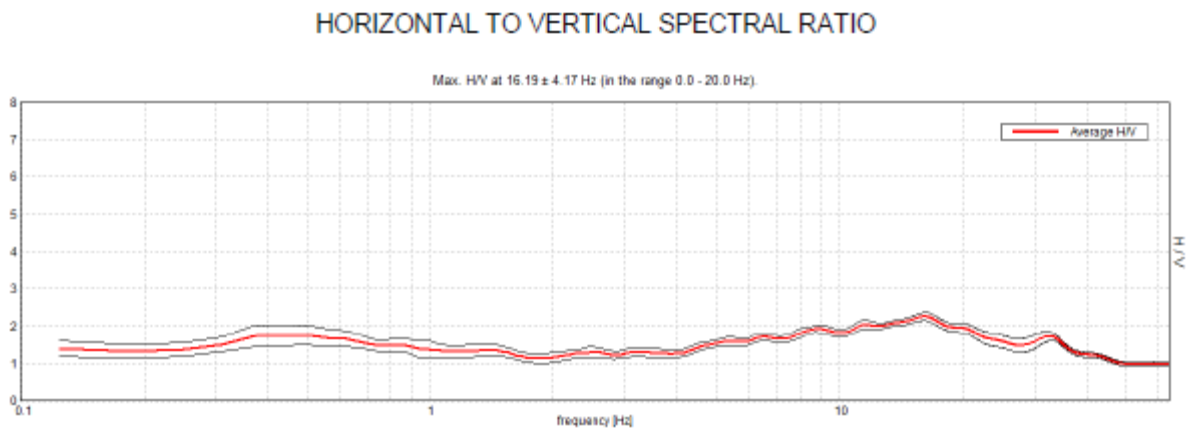
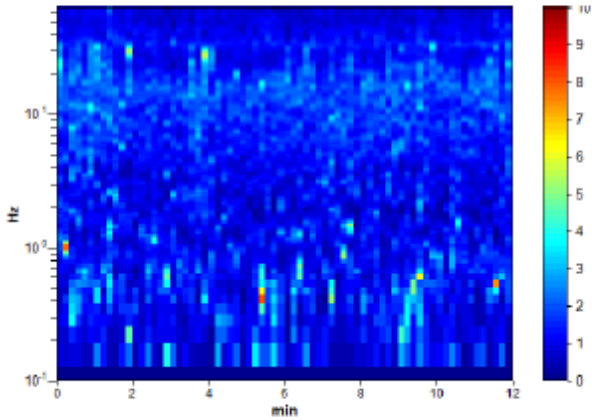
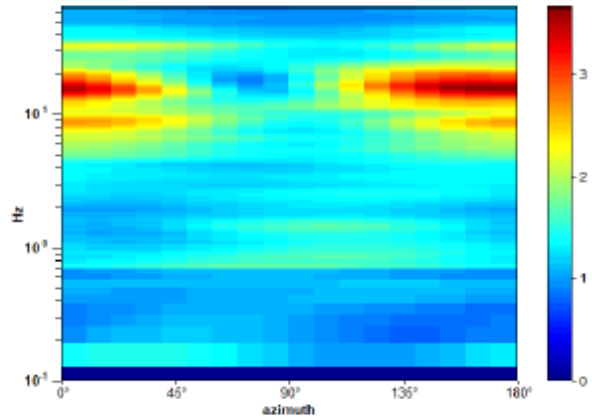


Figura 9-41 HVSR.37 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

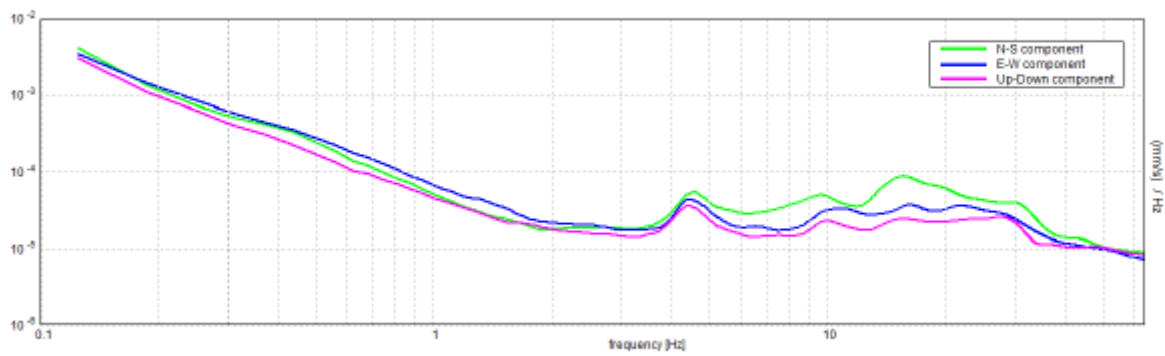
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

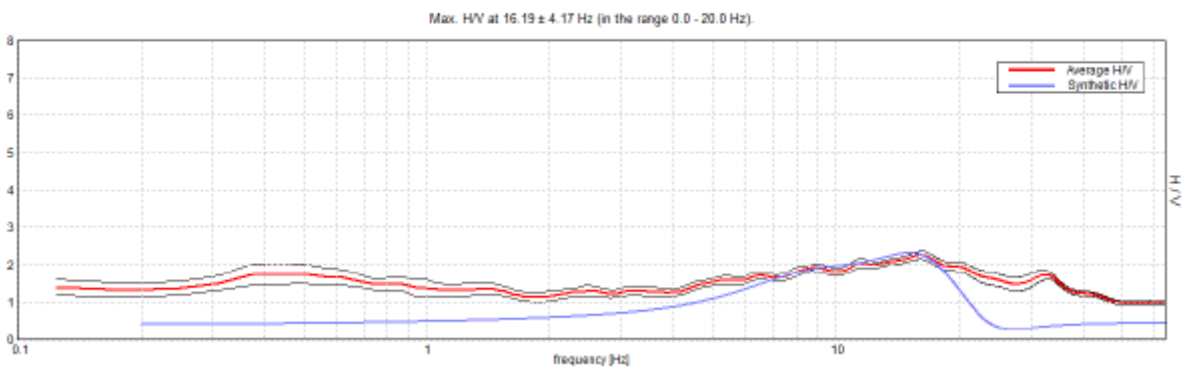


Figura 9-42 HVSr.37 experimental vs syntetic H/V

UP62

**Relazione Sismica**

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.40	3.40	210	0.45
15.40	12.00	420	0.45
inf.	inf.	480	0.45

**Dati**

Numero di strati 3  
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	3.4	210
2	12	420
3	14.6	480



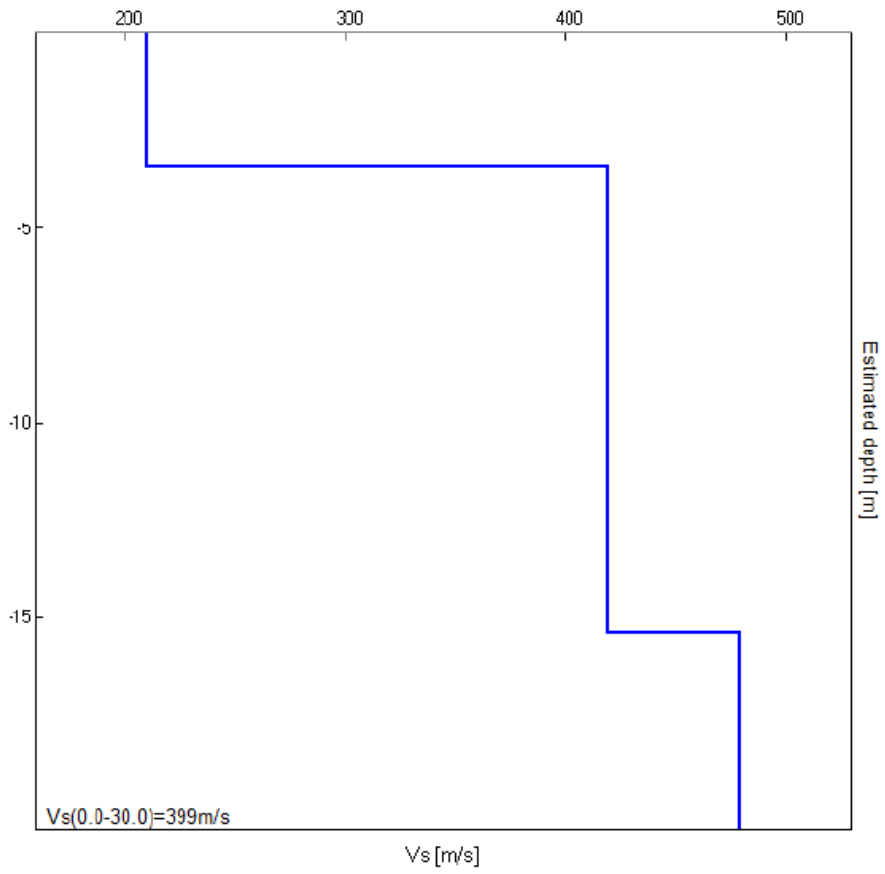


Figura 9-43 HVSR.37 sismostratigrafia

UP62

**Relazione Sismica****Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.19 > 1.00$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11655.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 390 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	45.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.26 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25787  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.17419 < 0.80938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1122 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency


UP62

**Relazione Sismica**

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$ 

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SS 121 "Catanesi"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

**HVSR 38**

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:00:37 End recording: 01/01/00 00:12:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

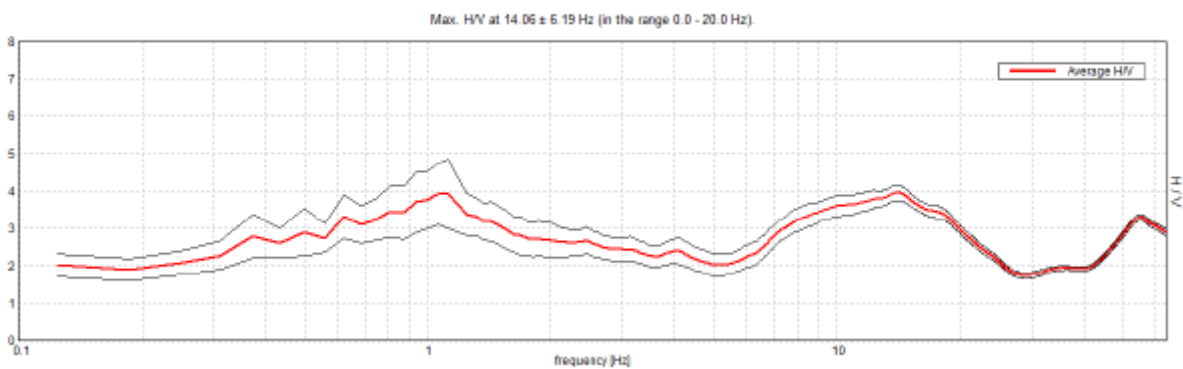
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

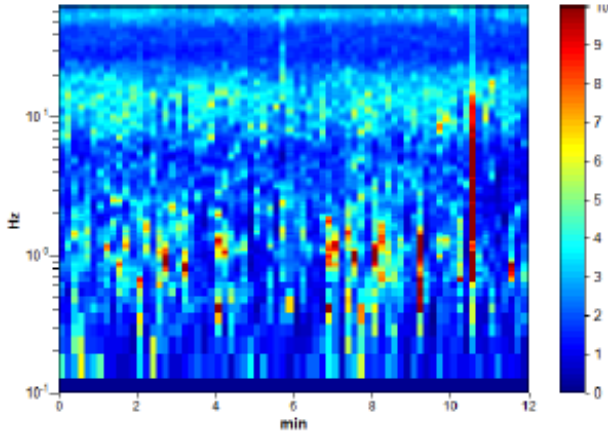
Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

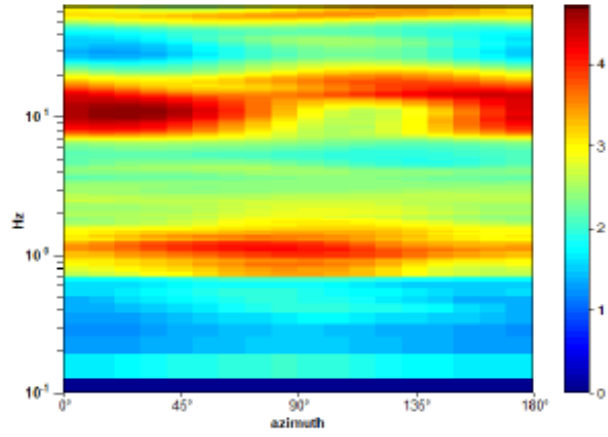


*Figura 9-44* **HVSR.38** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

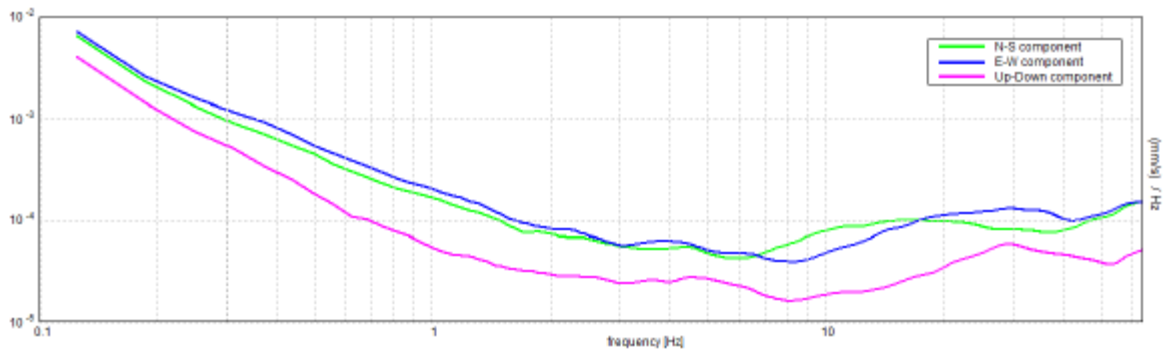
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

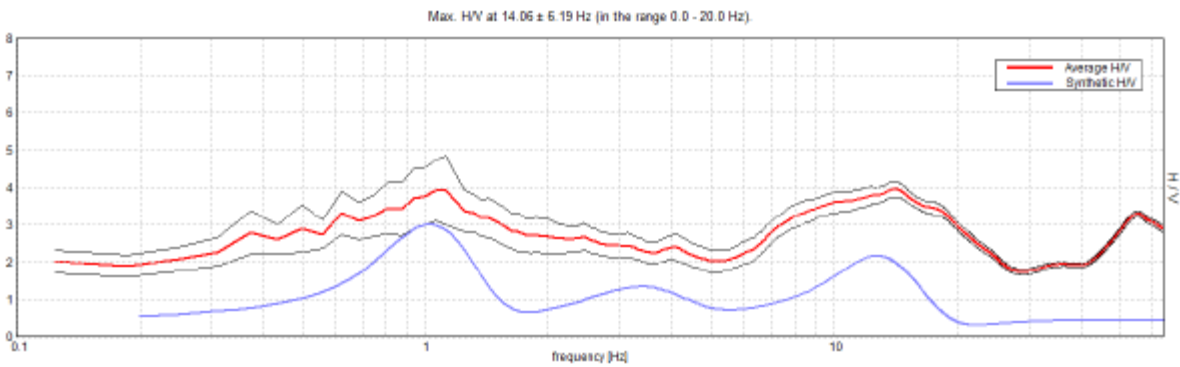


Figura 9-45 HVSR.38 experimental vs synthetic H/V



UP62

*Relazione Sismica*

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.90	3.90	200	0.40
31.30	27.40	400	0.40
151.30	120.00	600	0.42
inf.	inf.	1100	0.42

**Dati**

Numero di strati 2  
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	3.90	200
2	27.40	400

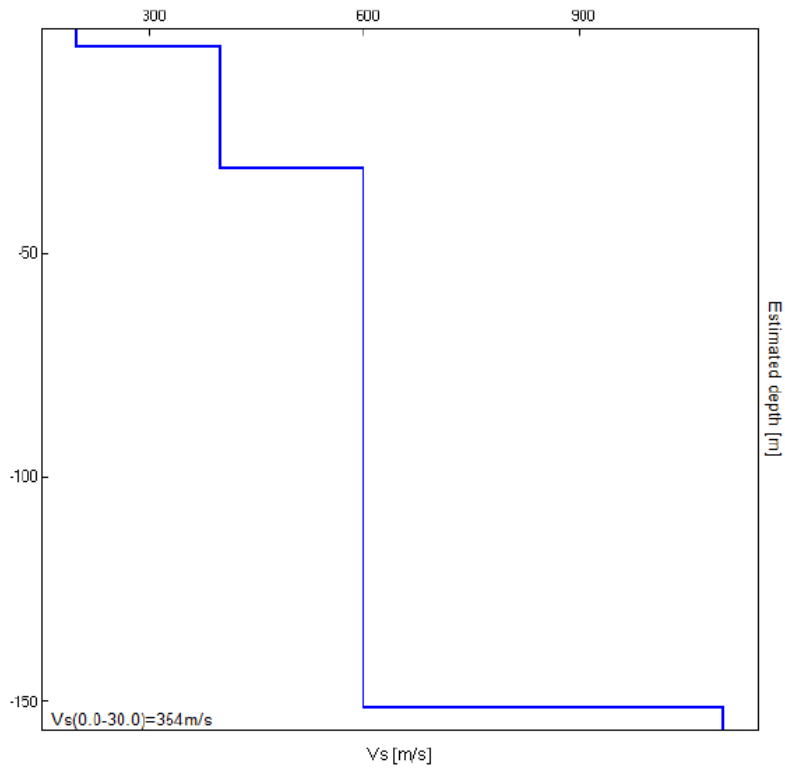


Figura 9-46 HVSr.38 sismostratigrafia

UP62

**Relazione Sismica****Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	14.06 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 338 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^*$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	25.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.95 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.44033  < 0.05$		NO
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	6.19207 < 0.70313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2045 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency


UP62

**Relazione Sismica**

$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$ 

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Relazione Sismica</b>	

### 9.7 Amplificazione stratigrafica: categoria di sottosuolo

Con riferimento alla tabella 3.2.II delle NTC2018, per la definizione dell'azione sismica locale ci si è basati (approccio semplificato) sull'individuazione di categorie di sottosuolo stimate a partire dai valori di  $V_s$ , eq ottenuti dalle indagini sismiche precedentemente descritte (indagini Down Hole e Masw):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.


Secondo la normativa vigente, per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. La presente microzonazione è riferita al p.c. Diverse valutazioni possono essere fatte tenendo in considerazione l'immorsamento della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

**Tab. 3.2.II** – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

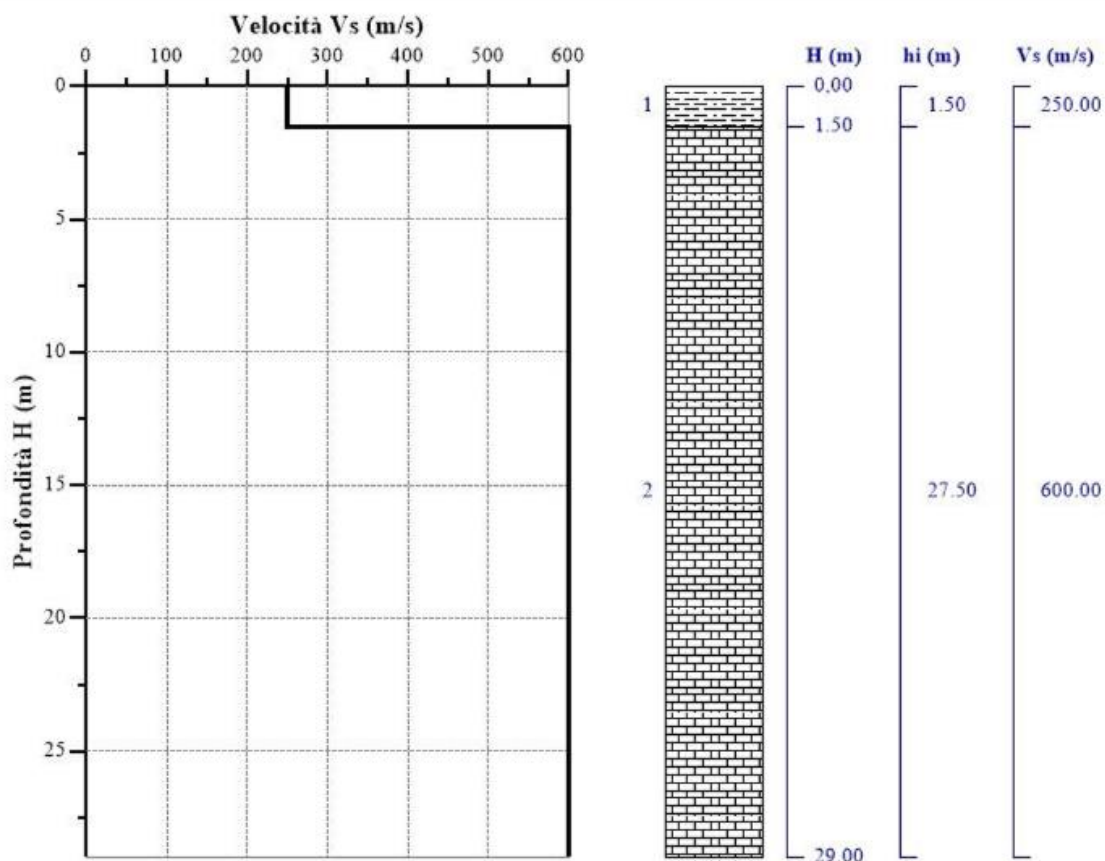
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.



SS 121 "Catanesè"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b><i>Relazione Sismica</i></b>	

Al fine di caratterizzare al meglio la categoria di sottosuolo, non si è fatto riferimento alle prove HVSR, in quanto, nella valutazione e stima della VS, risulta poco attendibile e approssimata. Di seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche tipo Down-Hole:

## Sondaggio DH\_S2



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità  $V_s$  di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

**Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.**

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.50	1.50	250.00
2	29.00	27.50	600.00

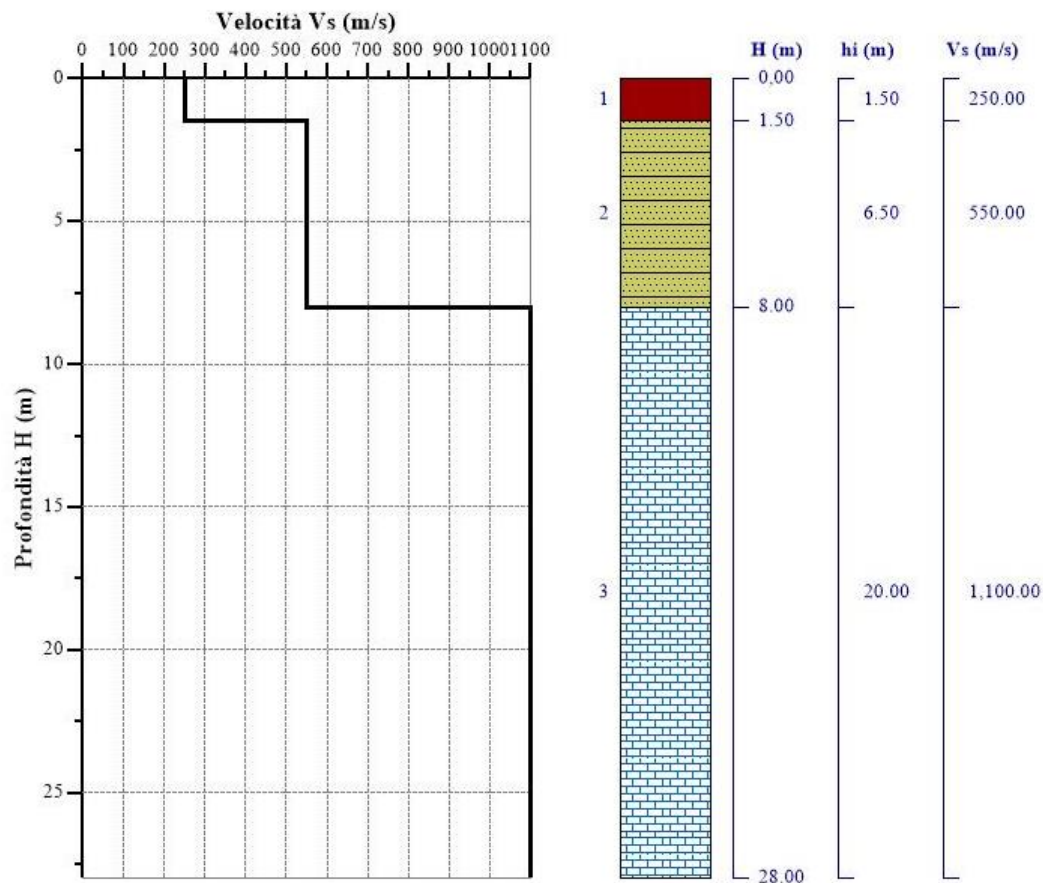
$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

**Tabella 2- Risultati finali.**

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	559.49	<b>B</b>

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S4



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità  $V_s$  di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

**Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.**

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.50	1.50	250.00
2	8.00	6.50	550.00
3	28.00	20.00	1,100.00

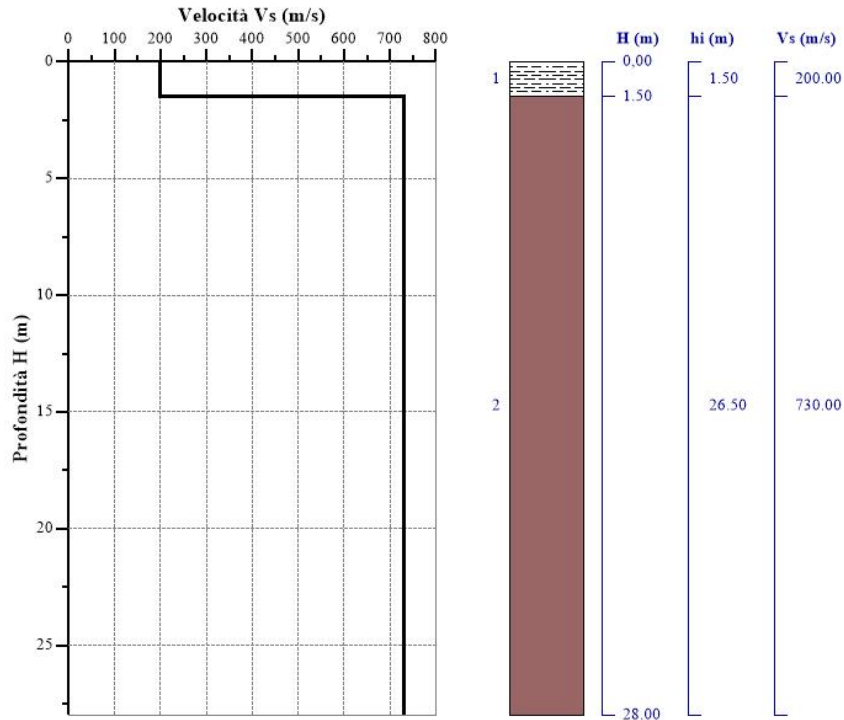
$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

**Tabella 2- Risultati finali.**

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.50	474.14	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S7



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità  $V_s$  di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

**Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.**

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.50	1.50	200.00
2	28.00	26.50	730.00

$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

**Tabella 2- Risultati finali.**

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	639.25	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S14

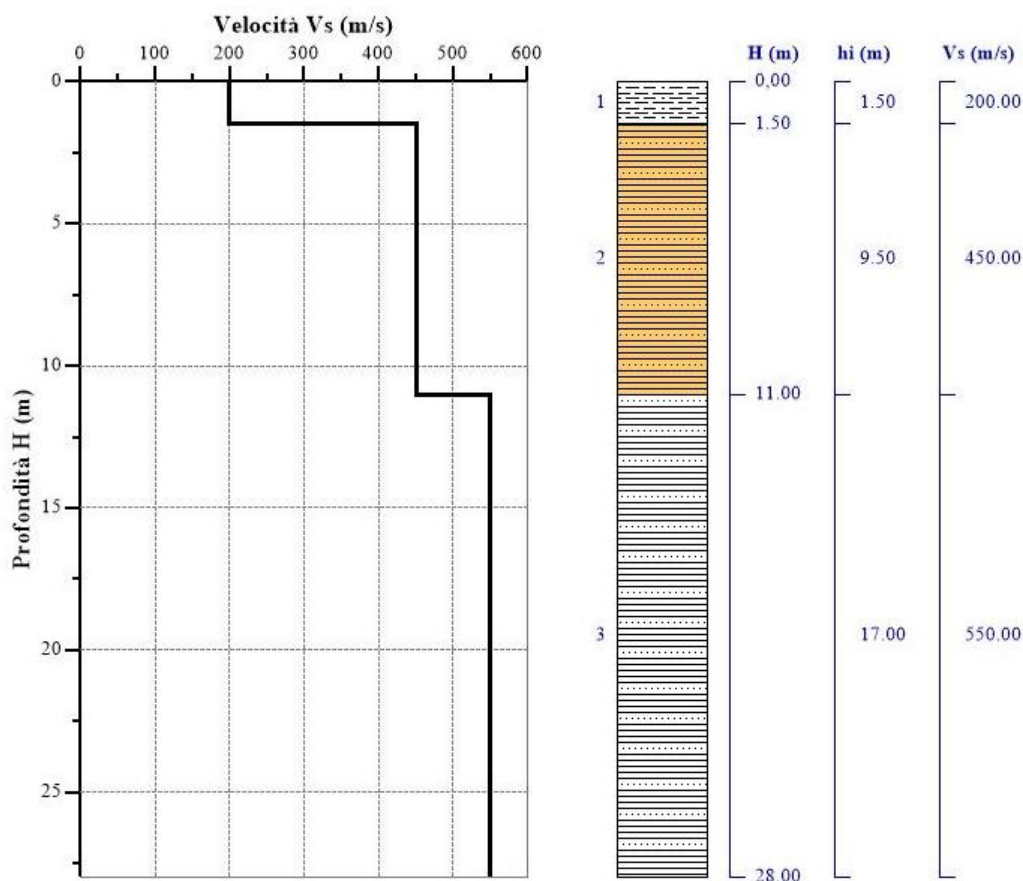


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.50	1.50	200.00
2	11.00	9.50	450.00
3	28.00	17.00	550.00

$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	470.43	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.



## Sondaggio DH\_S16

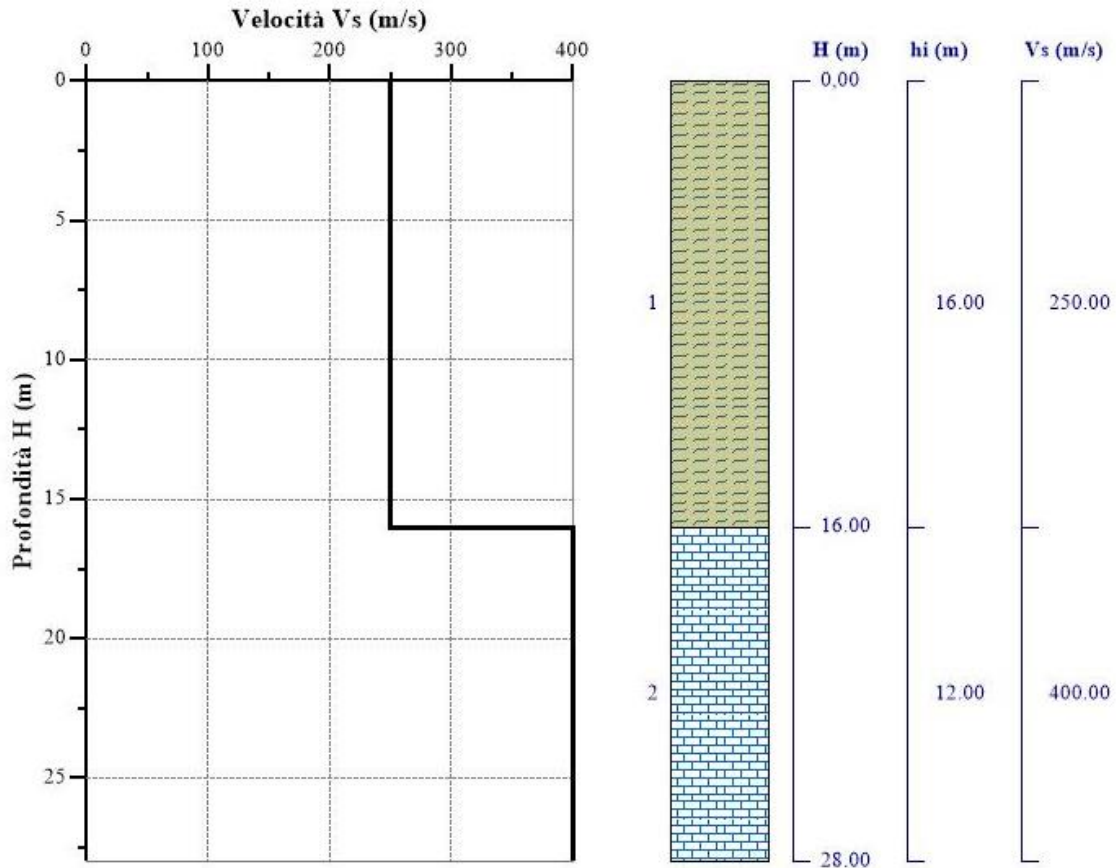


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	16.00	16.00	250.00
2	28.00	12.00	400.00

*Nr* = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
*H* = profondità, *hi* = spessori, *Vs* = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N <sub>i</sub>	Z <sub>pf</sub> (m)	V <sub>S,eq</sub> (m/s)	Categoria
1	---	653.23	B

*N<sub>i</sub>* = livello, *Z<sub>pf</sub>* = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S18

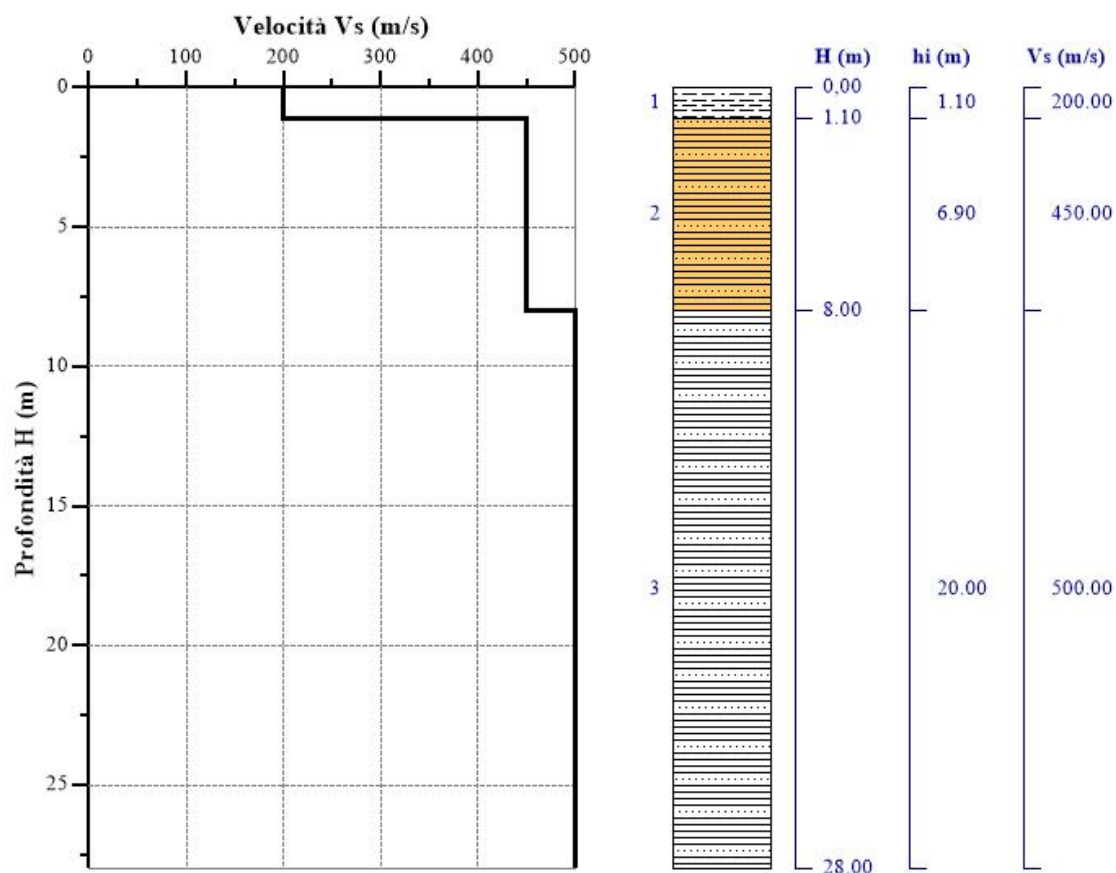


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.10	1.10	200.00
2	8.00	6.90	450.00
3	28.00	20.00	500.00

*Nr* = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
*H* = profondità, *hi* = spessori, *Vs* = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni.	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	0.00	460.27	B

*Ni* = livello, *Zpf* = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S20

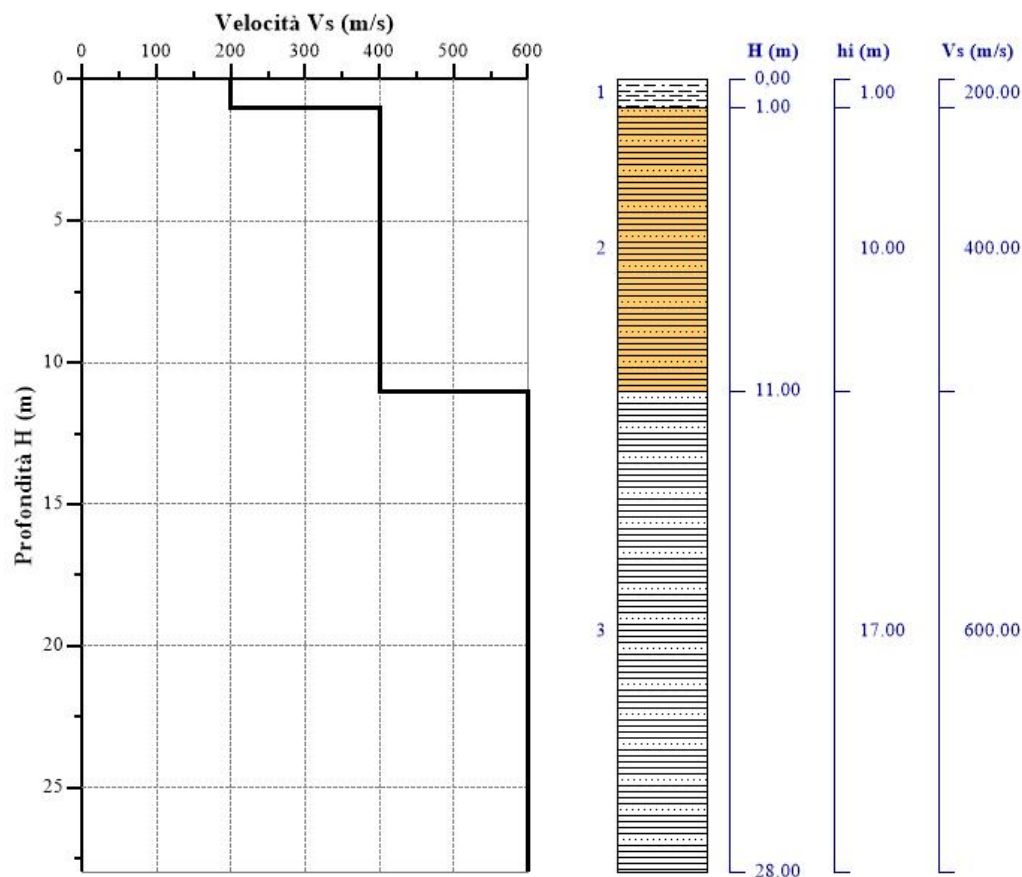


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	11.00	10.00	400.00
3	28.00	17.00	600.00

$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	480	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S21

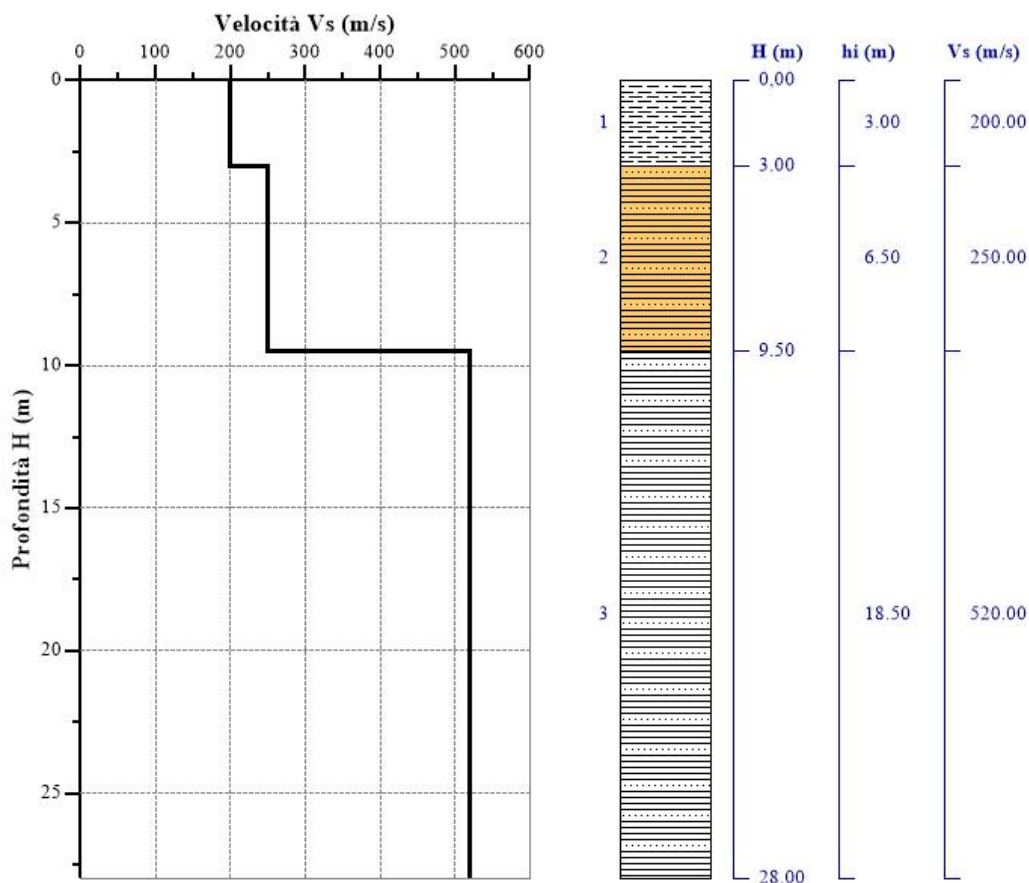


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	3.00	3.00	200.00
2	9.50	6.50	250.00
3	28.00	18.50	520.00

$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	365.65	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S23

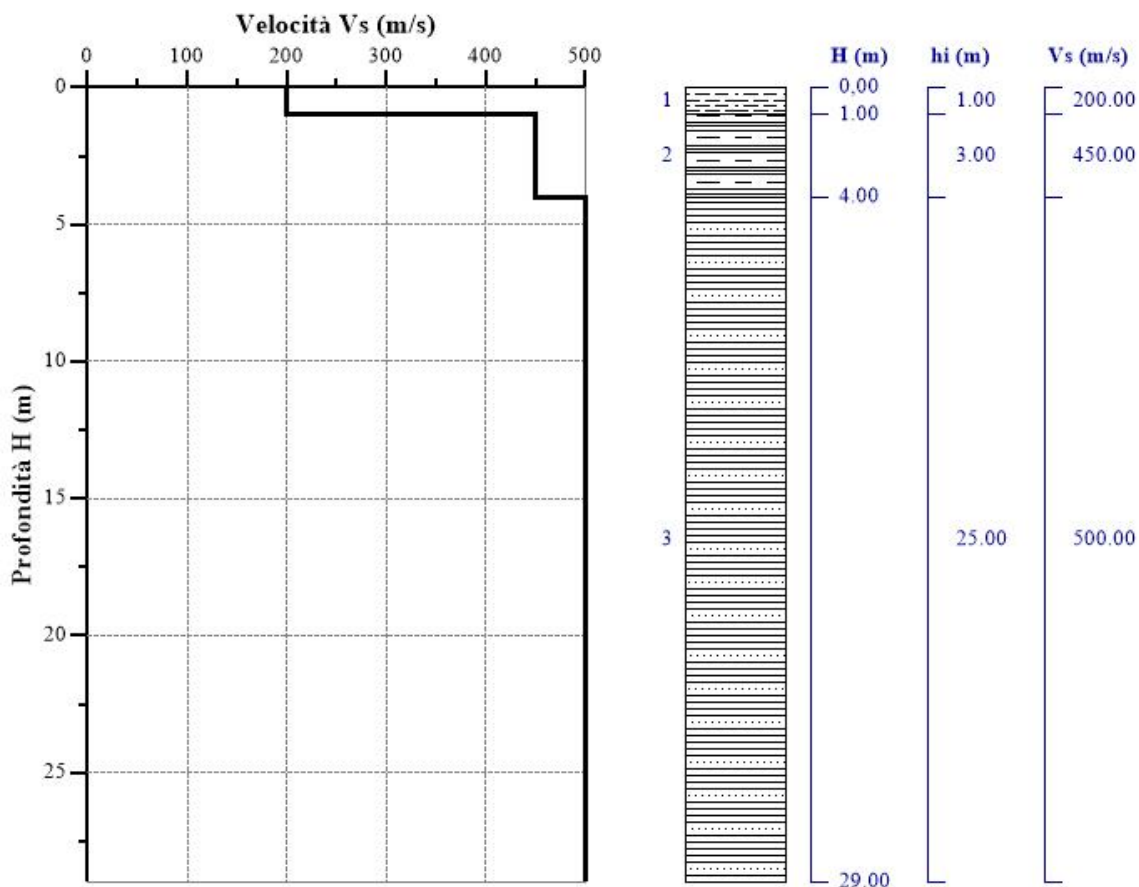


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	4.00	3.00	450.00
3	29.00	25.00	500.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N <sub>i</sub>	Z <sub>pf</sub> (m)	V <sub>s,eq</sub> (m/s)	Categoria
1	---	470.27	B

*N<sub>i</sub> = livello, Z<sub>pf</sub> = profondità del livello di fondazione.*



## Sondaggio DH\_S26

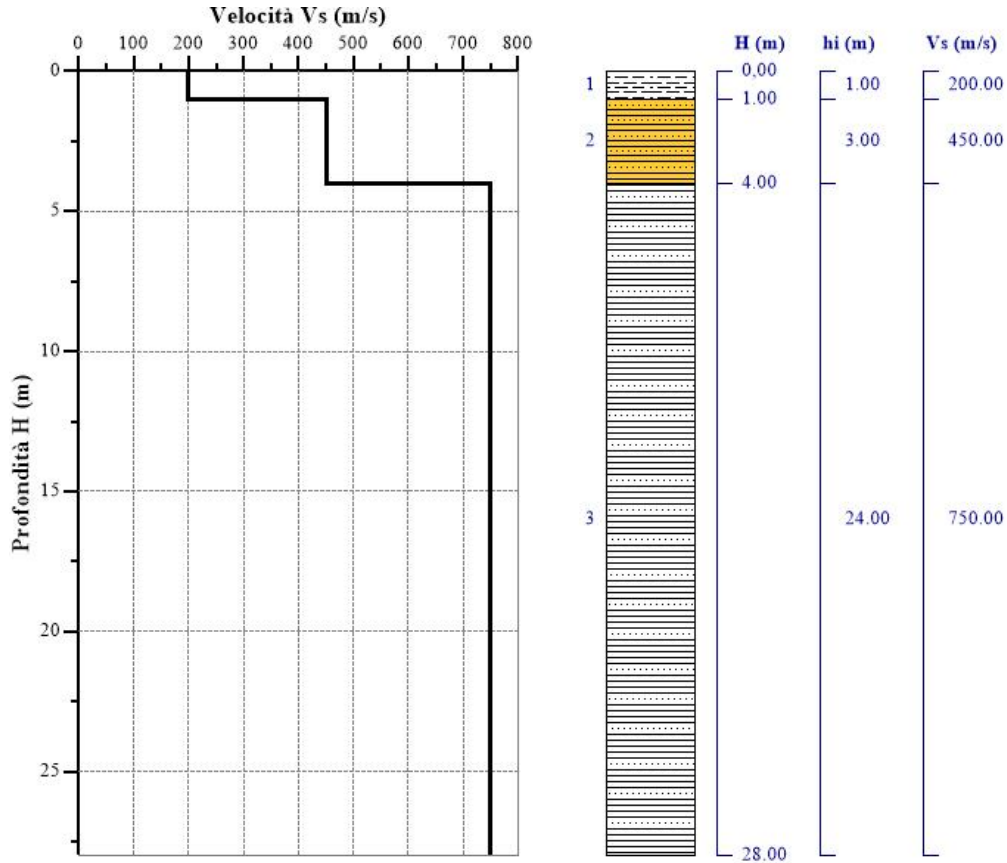


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	$V_s$ (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	4.00	3.00	450.00
3	28.00	24.00	750.00

$N_r$  = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 $H$  = profondità,  $h_i$  = spessori,  $V_s$  = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

$N_i$	$Z_{pf}$ (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	641.22	B

$N_i$  = livello,  $Z_{pf}$  = profondità del livello di fondazione.

## Sondaggio DH\_S29

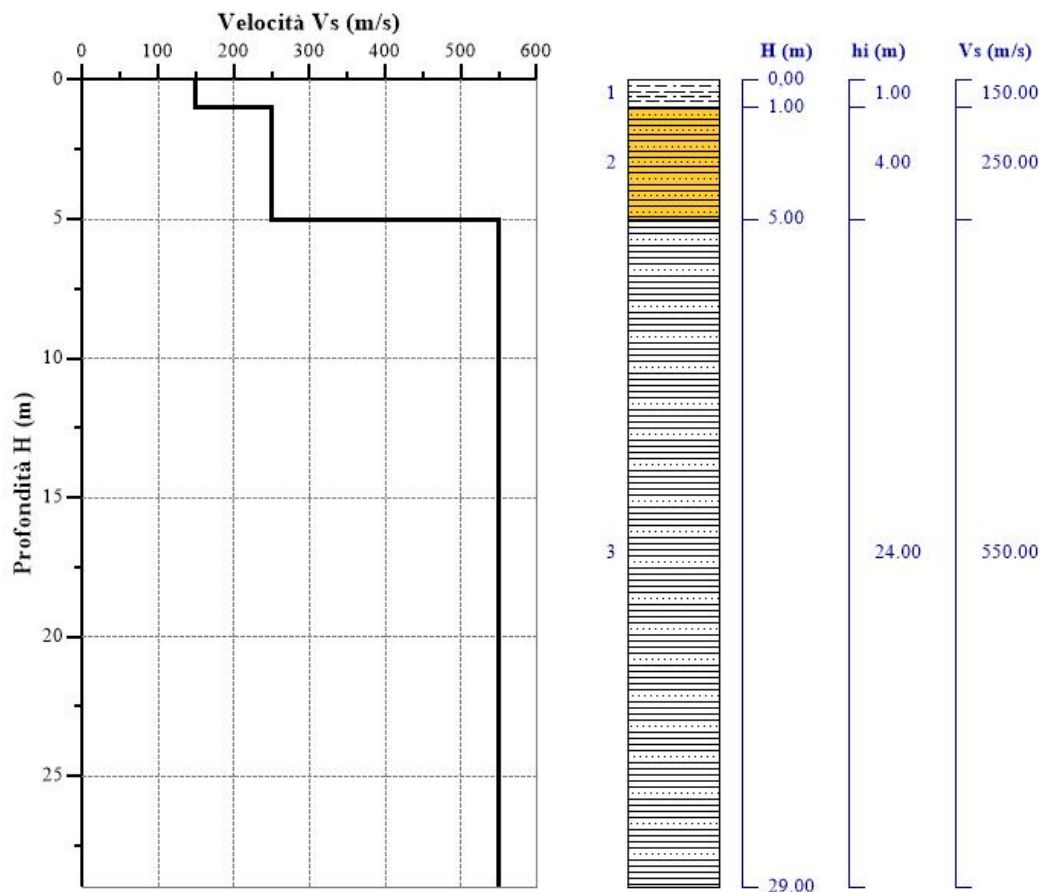


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	150.00
2	5.00	4.00	250.00
3	29.00	24.00	550.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N <sub>i</sub>	Z <sub>pf</sub> (m)	V <sub>S,eq</sub> (m/s)	Categoria
1	---	437.39	B

*N<sub>i</sub> = livello, Z<sub>pf</sub> = profondità del livello di fondazione.*

## Sondaggio DH\_S32

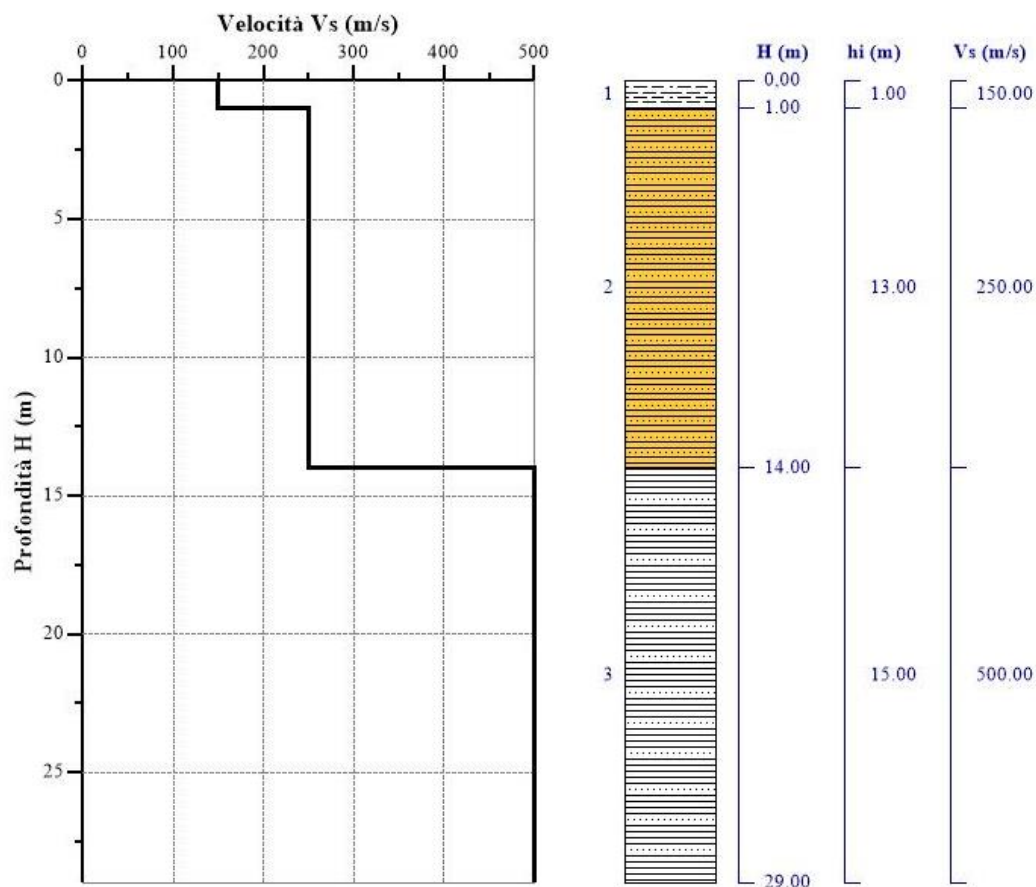


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	150.00
2	14.00	13.00	250.00
3	29.00	15.00	500.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N <sub>i</sub>	Z <sub>pf</sub> (m)	V <sub>s,eq</sub> (m/s)	Categoria
1	---	437.39	B

*N<sub>i</sub> = livello, Z<sub>pf</sub> = profondità del livello di fondazione.*

## Sondaggio DH\_S36

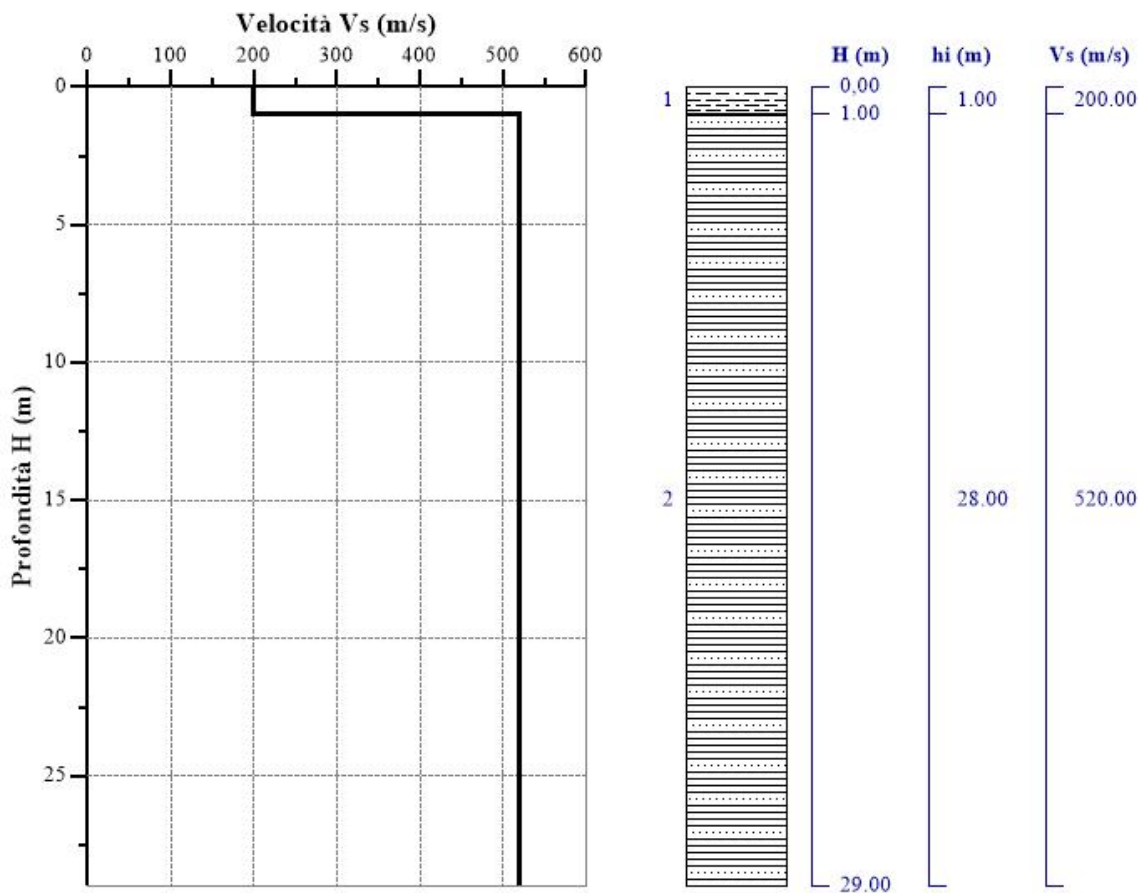


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.


Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	29.00	28.00	520.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,  
 H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	---	492.81	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

### 9.8 Amplificazione stratigrafica: categoria topografica

La morfologia superficiale riveste un'importanza determinante sull'amplificazione sismica di sito come dimostrano i rilevanti danni strutturali rilevati in corrispondenza di elementi morfologici come i rilievi, le scarpate o i canyon. Dal punto di vista ingegneristico l'amplificazione topografica del moto sismico interessa la valutazione del rischio sismico di numerosi centri storici edificati su rilievi, di manufatti in terra (rilevati, argini e dighe), di importanti opere come ponti e dighe nonché di pendii naturali e artificiali. Possiamo distinguere tre configurazioni d'interesse: cresta, scarpata e canyon. La situazione tipo rupe per piccole estensioni della larghezza in cresta può essere ricondotta al caso di rilievo isolato mentre per larghezze maggiori tende al caso limite di scarpata. Nel presente articolo vengono sintetizzate le principali conclusioni degli studi sull'amplificazione topografica in corrispondenza di rilievi isolati e scarpate.

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:


Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></i>

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella tabella sottostante, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.III delle NTC 2017 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

**Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella NTC 2018 – Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

Il tracciato non ricade su morfologie complesse. Si rilevano pendii con inclinazione media minore di 15°, facendo ricadere il tracciato in **categoria T1.-T2.**