

S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

VARIANTE TECNICA N°4

ai sensi dell'art. 176, comma 5, secondo periodo lettera "a" e lettera "b", del D.Lgs. N. 163/2006 e Art. 11 del CSA-NG

CONTRAENTE GENERALE



DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. CARLO DAMIANI

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

Relazione Geologica

Empedocle 2 s.c.p.a.

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

6757-12

Codice Elaborato:

PA12\_09 - V 0 0 0 G E 2 0 4 U P 0 5 Z R D 0 1 4 B

Scala:

F						
E						
D						
C						
B	Aprile 2021	AGGIORNAMENTO CARTIGLIO	G. QUARANTA	S. QUARANTA	A. ANTONELLI	A. FINAMORE
A	Dicembre 2018	EMISSIONE	G. QUARANTA	A. ANTONELLI	A. ANTONELLI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

Il Progettista:



Il Consulente Progettista:



Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza:



Il Direttore dei Lavori:



Responsabile del procedimento: Ing. LUIGI MUPO





**ANAS** S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

Contraente Generale:



**PROGETTO ESECUTIVO  
DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E DI MIGLIORAMENTO  
DELLA CARREGGIATA STRADALE DELLA VIA BORREMANS (EX S.S. 122 BIS)  
NEL COMUNE DI CALTANISSETTA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Dr. Geologo  
Enrico Curcuruto



## 1.- PREMESSA

Su incarico del Consorzio Empedocle 2 S.c.p.a con sede legale a Ravenna in Via Trieste 76 Partita IVA 02379310390, lo scrivente dr. geologo Enrico Paolo Curcuruto, iscritto all'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia al n° 966, ha redatto la presente relazione a supporto del Progetto Esecutivo degli interventi di riqualificazione e di miglioramento della carreggiata stradale della Via Borremans (ex S.S. 122 bis) nel Comune di Caltanissetta, nei limiti del tracciato esistente.

Gli studi si sono articolati attraverso le seguenti fasi:

- ❑ rilievo geologico di dettaglio dell'area del tracciato e di un significativo intorno della stessa
- ❑ rilievo geomorfologico di dettaglio dell'area del tracciato e di un significativo intorno della stessa
- ❑ rilievo idrogeologico di dettaglio dell'area del tracciato e di un significativo intorno della stessa
- ❑ caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'opera
- ❑ verifica della idoneità rispetto alla configurazione geologica e geotecnica dei terreni di sedime delle strutture progettate.

Sono allegati alla presente relazione geologica i seguenti allegati :

- ❑ Topografia dell'area scala 1:25.000
- ❑ Carta geologica a scala 1: 2.000
- ❑ Carta geomorfologica a scala 1:2.000
- ❑ Carta idrogeologica a scala 1:2.000
- ❑ indagini geognostiche eseguite
- ❑ sezioni geologiche

## 2. – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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**

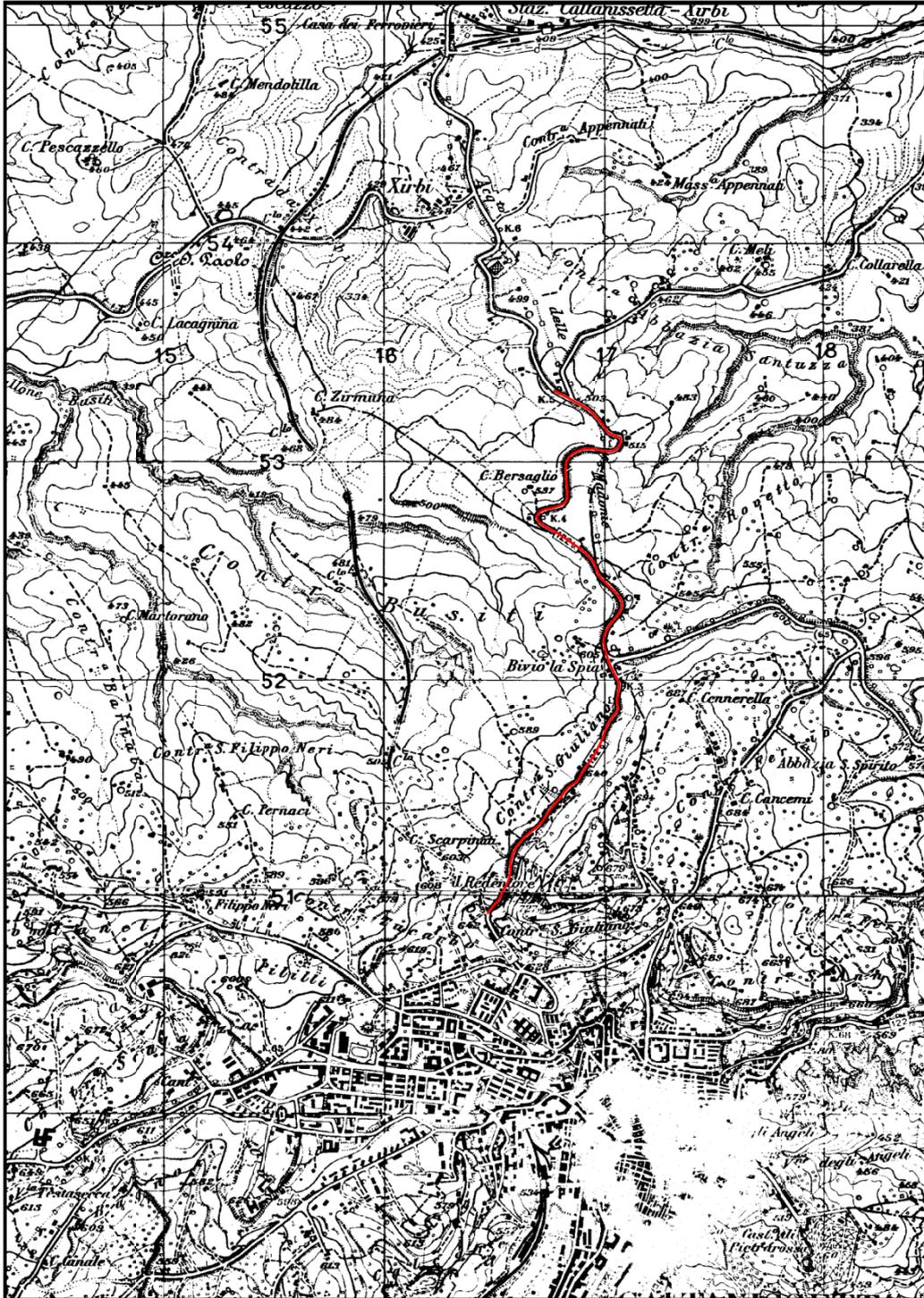
*"Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003" pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004".*



## S.S. 122 BIS - Corografia dell'area in studio

Carta IGM Foglio 268 - III - NO - Tav. "Caltanissetta"

Carta IGM Foglio 268 - IV - SO - Tav. "Xirbi"



 Tracciato S.S. 122 Bis

Scala 1:25.000



## **4.-DESCRIZIONE DELL'OPERA**

La S.S. 122 bis originava nel centro storico di Caltanissetta e precisamente in piazza Garibaldi, in corrispondenza dell'incrocio con corso Vittorio Emanuele, il quale costituisce il tratto urbano della Strada Statale 122 Agrigentina. La gestione della S.S. 122 bis dall'incrocio con il Corso Vittorio Emanuele sino allo svincolo di Caltanissetta XIRBI sulla S.S. 640 "Strada degli scrittori" è stata trasferita in capo all'Amministrazione Comunale di Caltanissetta pertanto, oggi il tracciato originario assume una diversa toponomastica sviluppandosi secondo il percorso di corso Umberto e di un tratto di via Redentore, quindi prosegue per via Messina sino alla via Borremans, oggetto della presente relazione.

La via Borremans si diparte dalla periferia nord occidentale della Città di Caltanissetta sviluppandosi lungo il versante nord-occidentale del monte San Giuliano per circa 4 Km fino a raggiungere lo Svincolo di Caltanissetta Xirbi lungo la S.S. 640.

Il percorso è caratterizzato da pendenze più o meno accentuate. Dopo un primo tratto in salita, ricadente all'interno del perimetro abitato della città, inizia un tratto in discesa con una forte pendenza che attraversa le contrade San Giuliano, La Spia e Abbazia Santuzza, fino allo svincolo con la Strada Statale 640 "Strada degli Scrittori".

La sezione stradale è caratterizzata da una carreggiata a doppio senso di circolazione larga circa 7 metri e si sviluppa per la stragrande maggioranza del tracciato a mezza costa.

### ***Inquadramento urbanistico e vincolistico***

La via Borremans, nel tratto interno all'area urbana (dalla sezione 1 alla sezione 50 circa) si trova a cavallo tra la zona B3 (Ambiti di edilizia residenziale esistente di iniziativa Pubblica) e la zona F2 (Parco Urbano e Territoriale). Continuando lungo il tracciato (dalla sezione 50 alla sezione 100 circa) l'arteria stradale ad ovest costeggia un'area classificata dal P.R.G. come zona D1 (Aree produttive esistenti caratterizzate da una promiscuità di funzioni, da completare), mentre sul lato opposto troviamo la zona C1 (aree localizzate nelle immediate adiacenze della città consolidata, caratterizzate dalla presenza di edilizia rada distribuita in un territorio che ha quasi del tutto perduto le sue originarie connotazioni agricole). Dalla sezione 100 sino alla sezione 341 il tracciato in parte è interessato dalla zona E del P.R.G. che rappresenta la parte del territorio comunale destinata ad attività agricole, zootecniche, residenziali, agrituristiche, con sottozona di tipo E5 (Parti del territorio agricolo che, per le loro caratteristiche paesaggistiche ed ambientali o per la presenza di singolarità orografiche di rilievo che contraddistinguono e contribuiscono a qualificare il paesaggio agrario).

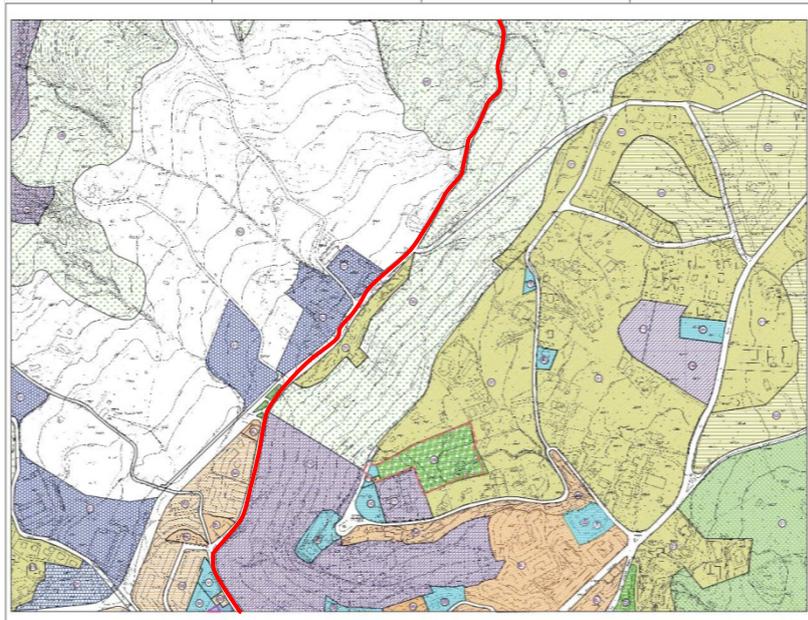


Figura Stralcio Tavola P.R.G. Comune di Caltanissetta

Dallo studio della cartografia regionale si evince che la via Borremans attraversa un'area sottoposta a vincolo idrogeologico, normato dal Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 e con il Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926. Il decreto del 1923 prevede il rilascio di nulla osta e/o autorizzazioni per la realizzazione di opere edilizie, o comunque di movimenti di terra, che possono essere legati anche a utilizzazioni boschive e miglioramenti fondiari, richieste da privati o da enti pubblici.



Figura 1 Individuazione vincolo idrogeologico

La via G. Borremans si posiziona all'interno del bacino idrografico del fiume Platani (superficie totale di 1.777,36 Km<sup>2</sup>) in prossimità del confine con il bacino idrografico del fiume Imera meridionale (superficie totale di 2.002,5 Km<sup>2</sup>). Il tracciato stradale oggetto della presente relazione è interessato da fenomeni di dissesto sia idrogeologico che gravitativi ad oggi non ancora cartografati dal Piano di Assetto Idrogeologico Regionale (Figura 2).

### ***Elementi di criticità***

Lo studio dei dissesti superficiali e profondi che interessano la sede viaria è indispensabile per compiere scelte progettuali idonee.

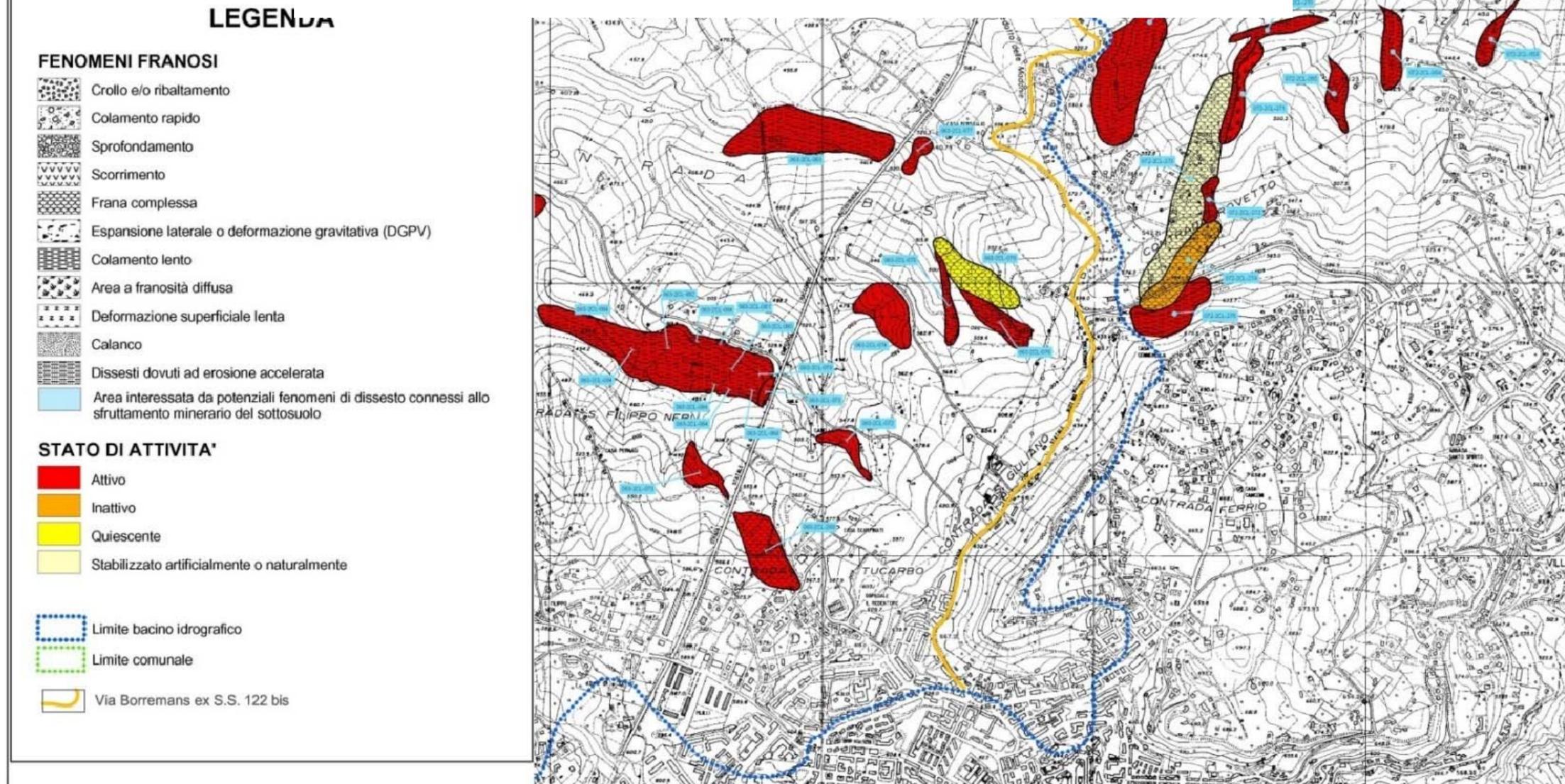
I dissesti riscontrati possono riassumersi in:

Dissesti gravitativi e idrogeologici che interessano la sezione stradale, il cui trattamento risulta necessario per garantire l'esercizio della stradae classificabili, a seconda dei casi come:

- ❑ Cedimenti;
- ❑ Avvallamenti;
- ❑ Fessure longitudinali.
- ❑ Dissesti che incidono sulla regolarità della marciae classificabili, a seconda dei casi come:
  - ❑ Rifluimento del legante;
  - ❑ Sgranamento;
  - ❑ Usura superficiale;
  - ❑ Distacco dello strato di usura;
  - ❑ Ormaie;
  - ❑ Buche;
  - ❑ Avvallamenti e dissesti in presenza di chiusini e di sottoservizi;
  - ❑ Fessure trasversali;
  - ❑ Fessure a pelle di coccodrill



Figura 2 Stralcio Carta dei Dissesti del P.A.I.



Le cause che hanno generato le problematiche sopra elencate sono ascrivibili sia a problematiche di natura geotecnica, tipiche delle formazioni geologiche attraversate, sia al mancato funzionamento dei presidi idraulici utili allo smaltimento delle acque di piattaforma e di quelle di versante (tombini, cunette e fossi) che ove presenti, allo stato risultano generalmente colme di sedimenti, tanto da inibirne completamente il funzionamento. I dissesti che interessano la sede stradale della via G.Borremans, secondo l'impostazione metodologica definita dal Catalogo dei Dissesti delle Pavimentazioni Stradali pubblicato dalla Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità della Regione Lombardia, sono classificabili con un grado di severità medio alto.

### **Interventi in progetto**

In relazione alle problematiche esposte nel capitolo precedente, si prevedono le seguenti tipologie d'intervento:

- ❑ Posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente ed eventuale risagomatura con binder (tratti interessati da difettosità degli strati superficiali);
- ❑ Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);
- ❑ Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;
- ❑ Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);
- ❑ Risagomatura delle scarpate interessate da problematiche di tipo idrogeologico e realizzazione di fossi di guardia e canali al piede dei rilevati;
- ❑ Realizzazione di trincee drenanti;
- ❑ Posa di guardrail, posa della segnaletica verticale e rifacimento della segnaletica orizzontale.

La presenza di dissesti sopra evidenziati (ormai diffuse, distacco dello strato di usura, buche e avvallamenti), con un grado di severità medio alto, incidono sulla regolarità

della marcia, mentre l'assenza di barriere stradali pregiudicano notevolmente la sicurezza del transito. L'ostruzione totale dei tombini posti lungo il tracciato, impedisce lo smaltimento delle acque meteoriche, le quali, fluendo in maniera incontrollata sulla strada sono causa di apporto di detriti ed erosione delle scarpate, pregiudicando altresì la tenuta del cassonetto stradale, infatti, l'acqua oltre a danneggiare gli strati di asfalto (effetto pumping), raggiunge anche gli strati di fondazione, determinando il peggioramento delle caratteristiche di portanza e quindi l'insorgere di cedimenti e avvallamenti della sede viaria. Per quanto riguarda la pavimentazione dei tratti interessati da difettosità superficiali, come meglio rappresentato negli elaborati grafici, si necessita della scarifica del tappetino di usura, procedendo ove necessario alla risagomatura con binder e alla posa del tappetino, nei tratti con maggiore criticità è previsto la dismissione della pavimentazione esistente, la risagomatura della fondazione con materiale da cave e quindi la posa dei nuovi strati di conglomerato bituminoso secondo le sezioni di progetto.

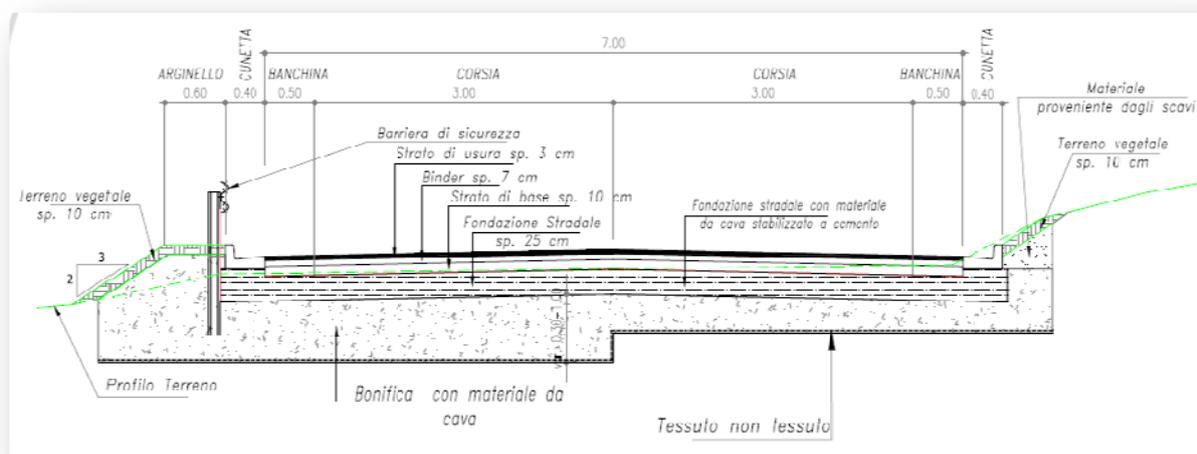


Figura 3 Particolare risagomatura fondazione stradale

Per la presenza di abbassamenti della sezione stradale dovute a cedimenti e movimenti gravitativi che possono causare la completa rottura della sezione stradale, in seguito alla redazione dello studio geologico/geotecnico di dettaglio corroborato dall'esecuzione di

sondaggi prove in sito ed in laboratorio, il progetto prevede la realizzazione di opere d'arte funzionali a stabilizzare tali fenomeni gravitativi.

Procedendo da Caltanissetta verso la S.S. 640 nel tratto compreso tra la sezione 56 e la sezione 65 circa, in sinistra è prevista la realizzazione di una paratia, in quanto lo studio geologico ha evidenziato la presenza di una spessa coltre di argille alterate che si estende in profondità sino a circa 6 mt dal piano campagna, tale criticità è confermata dalla presenza di alberatura d'alto fusto caratterizzata da un'accentuata, diffusa e generalmente uniforme inclinazione dei tronchi.

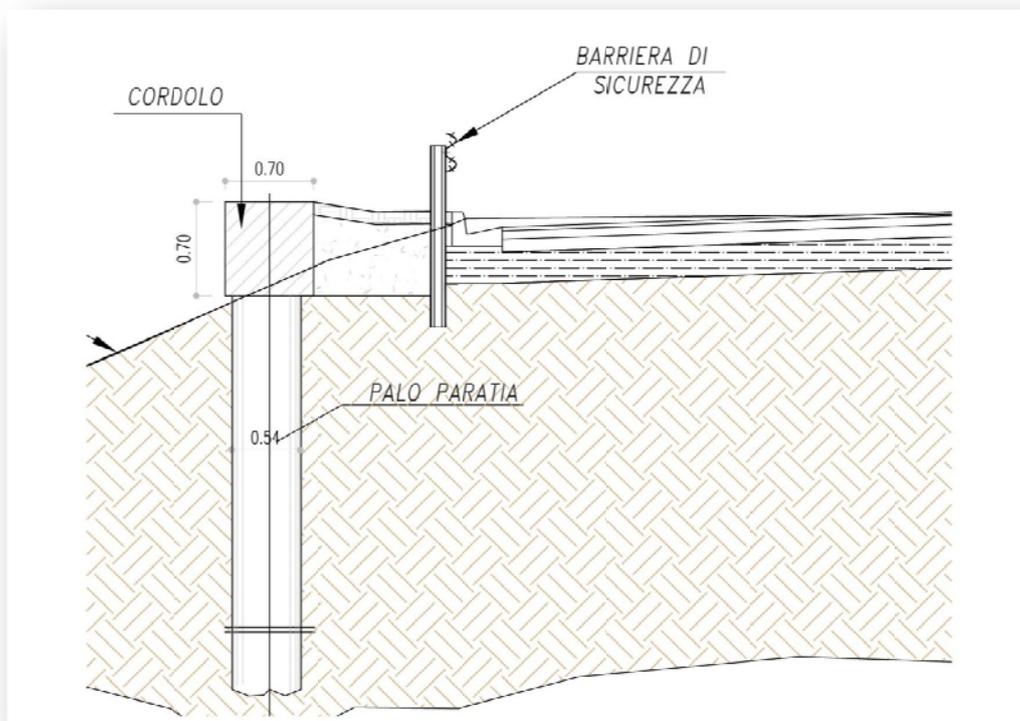


Figura 4 Sezione trasversale Paratia di Pali tratto sez.56-65

Dal lato opposto della via Borremans si prevede la realizzazione di un muro di controripa su pali, onde contenere la scarpata di monte.

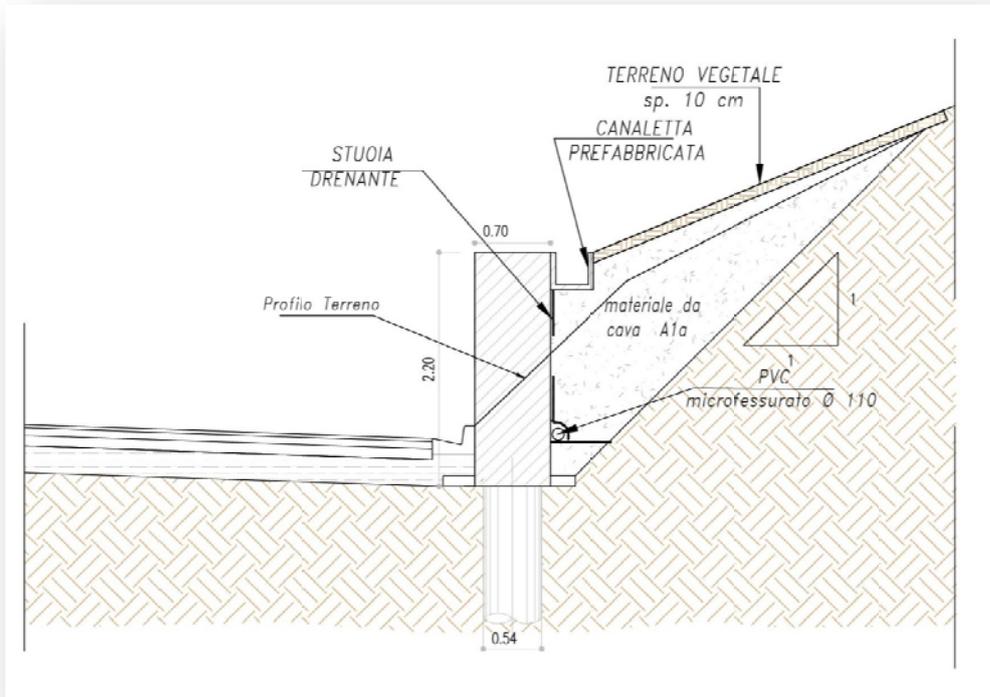


Figura 5 Muro di controripa tratto stradale da sez.57 a sez.66

Dalla sezione (67 alla sezione 72) si prevede la realizzazione di un muro di controripa con fondazione di tipo diretta.

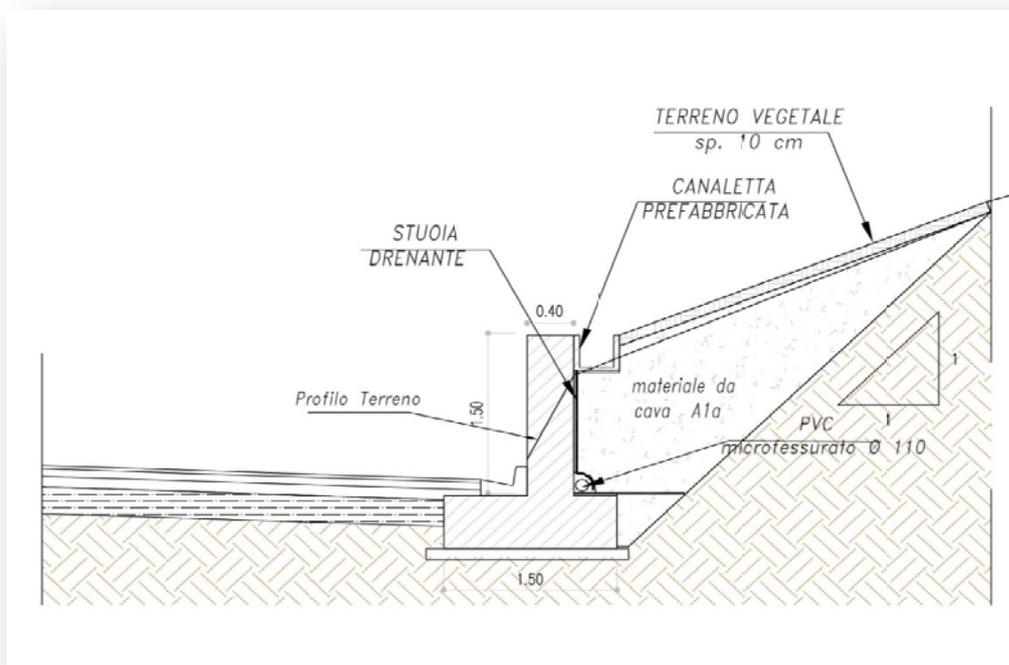


Figura 6 Muro di Controripa tratto sez.67-72

Dalla sezione 122 alla sezione 155 circa, le scarpate di destra sono caratterizzate dalla presenza di un muro in pietra sormontato da scarpate instabili ed eccessivamente ripide con evidente pericolo di scivolamento verso la sede stradale, tale fenomeno presumibilmente agevolato dalle operazioni culturali che si effettuano nei fondi prospicienti dovuto alla mancanza di fossi di guardia. In tale tratto si prevede pertanto la risagomatura delle ripe in modo da ricondurle ad un rapporto altezza larghezza di 2/3, si prevede quindi la realizzazione di fossi di guardia e la posa lungo tali scarpate di una geostuoia antierosione da ricoprire con terreno vegetale.

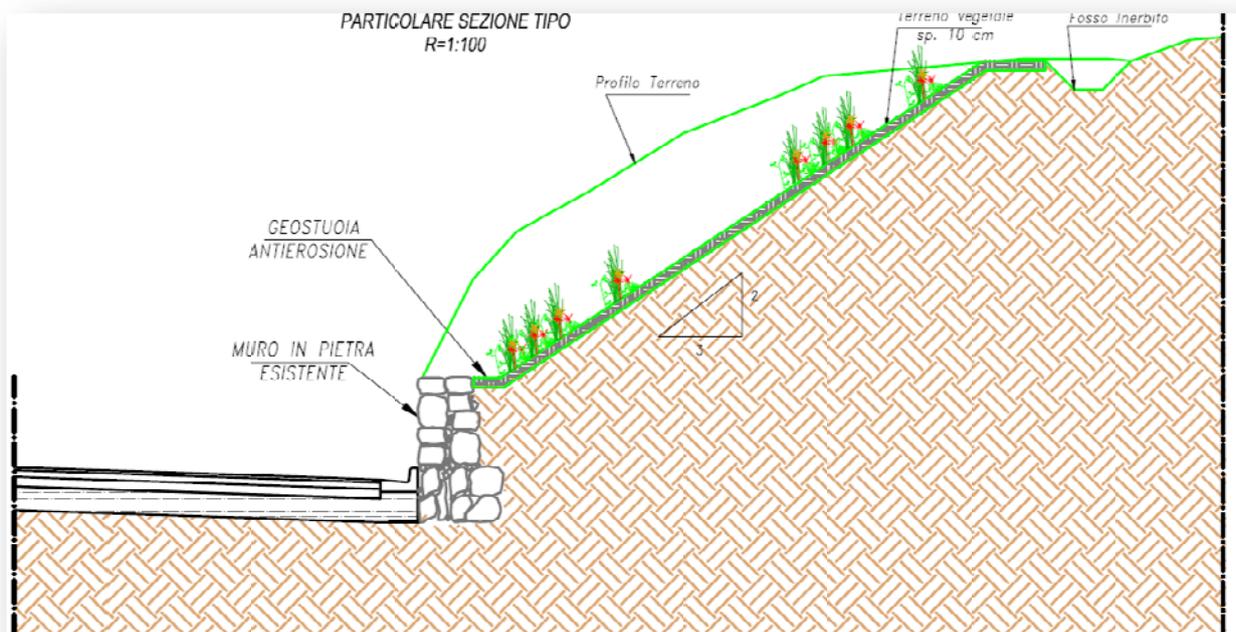


Figura 7 Particolare risagomatura scarpate

Dalla sezione 208 alla sezione 236, si prevede la realizzazione di una paratia di pali sormontata da una trave di coronamento.

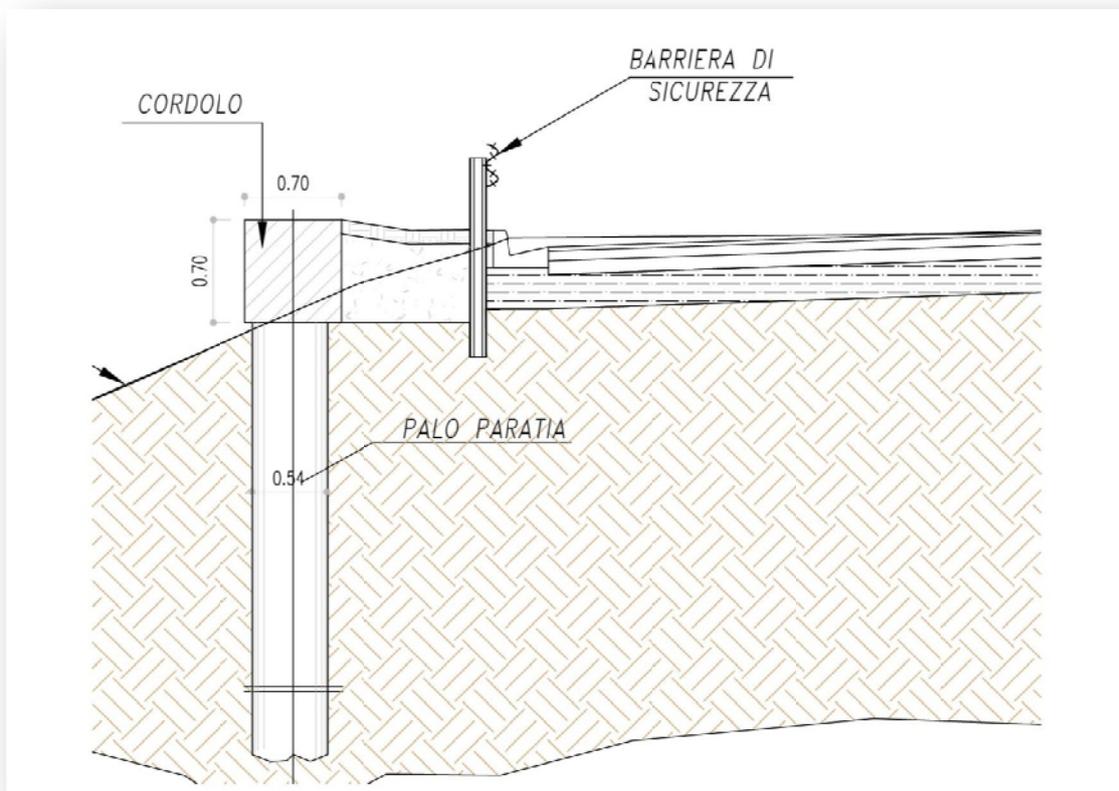


Figura 8 Paratia di pali tratto da sez. 208 a sez. 236

A seguire la paratia di pali di cui al punto precedente, in corrispondenza dell'innesto con la Via Mangialasagne, si prevede la realizzazione di un muro di sottoscarpa su pali, necessario alla ricostruzione dell'innesto stradale che è stato interessato da un movimento franoso. Il muro, origina in corrispondenza della fine della paratia di cui al punto precedente e si sviluppa sino alla sezione 244 in affiancamento alla via Borremans proseguendo quindi ad affiancare la Via Mangialasagne, riducendosi in altezza sino a raccordarsi con il terreno esistente.

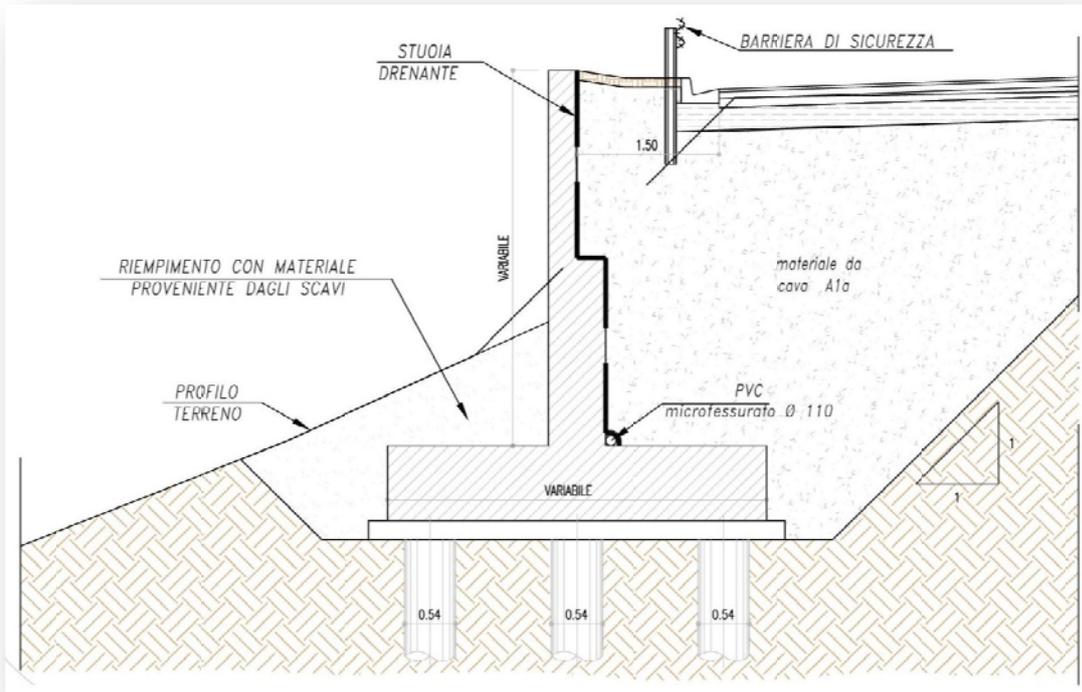


Figura 9 Muro di sottoscarpa su pali

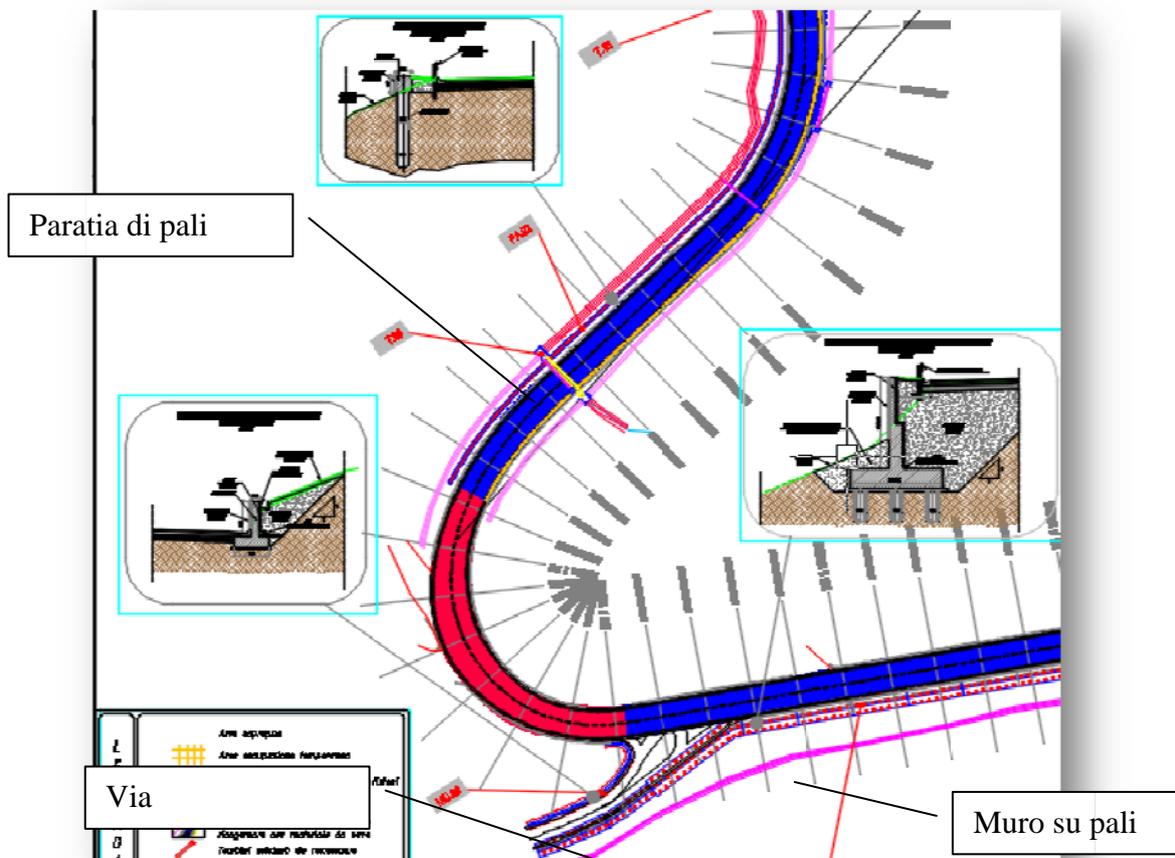


Figura 10 Stralcio Planimetrico muro su pali

In questo primo tratto della via Mangialasagne si prevede inoltre la realizzazione di un muretto di controripa.

Dalla sezione 253 alla sezione 274 si prevede la realizzazione di una paratia di pali con cordolo di coronamento.

Proseguendo oltre l'innesto con la Via Mangialasagne lungo Via Borremans sino a raggiungere lo Svincolo di Caltanissetta Xirbi sulla S.S. 640, si prevede la realizzazione di 3 strutture di sostegno costituite da gabbioni in pietrame calcareo, in particolare nel tratto dalla sezione 319 alla sezione 323 e dalla sezione 333 alla sezione 341 su entrambi i lati della strada. Si riporta di seguito una sezione tipologica.

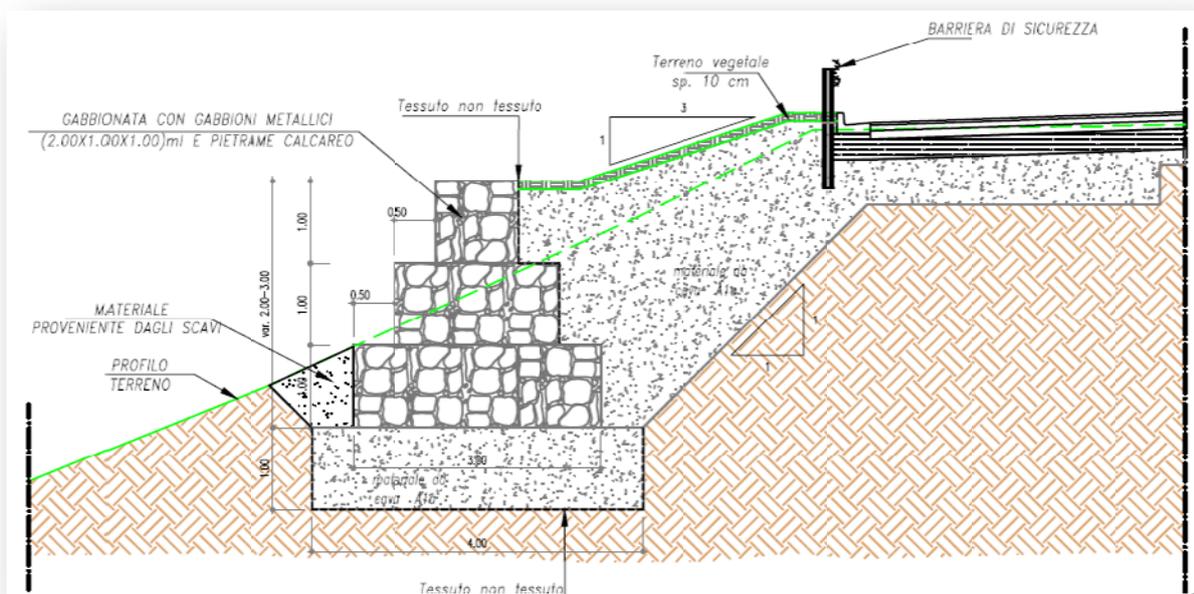


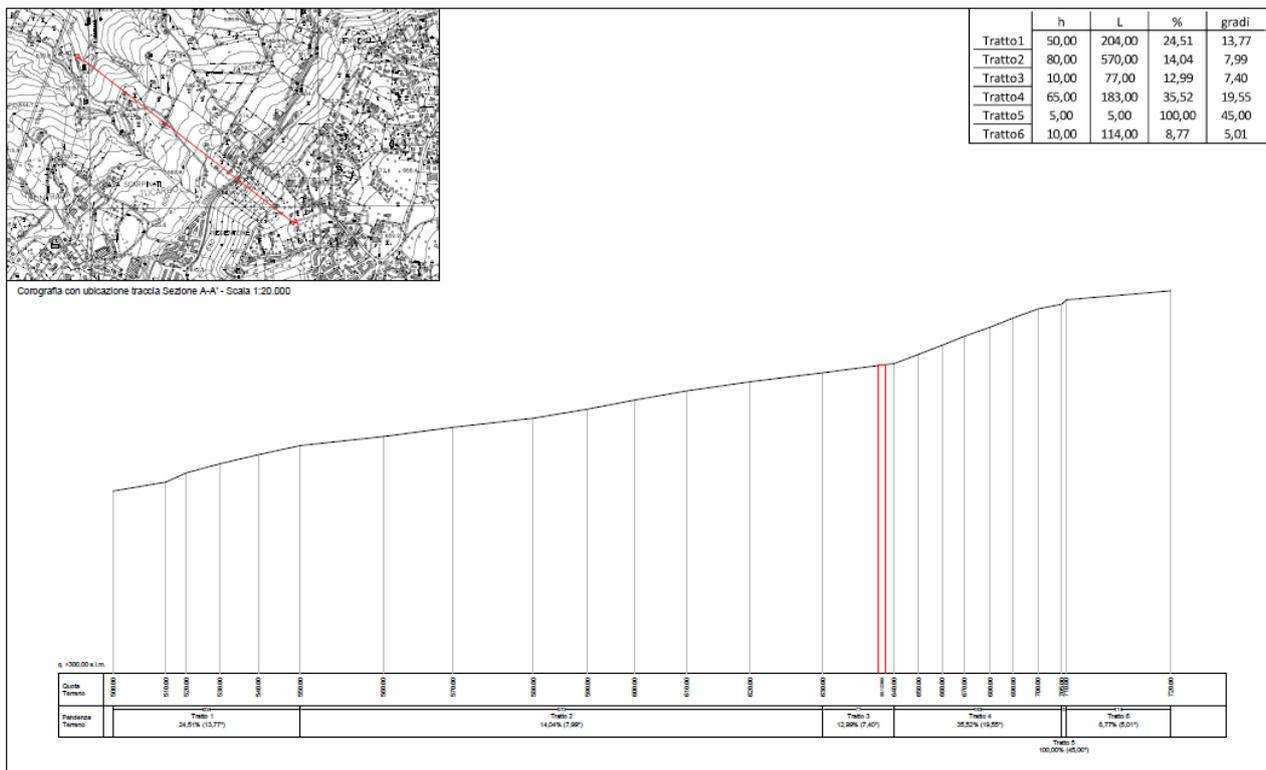
Figura 11 Sezione tipologica gabbionate



La strada si inserisce a mazza costa sul versante Ovest del Monte San Giuliano ( 727 m s.l.m.,degradante dalla sommità dell'altura ( Il Redentore) sino all'incisione del V.ne Busiti.

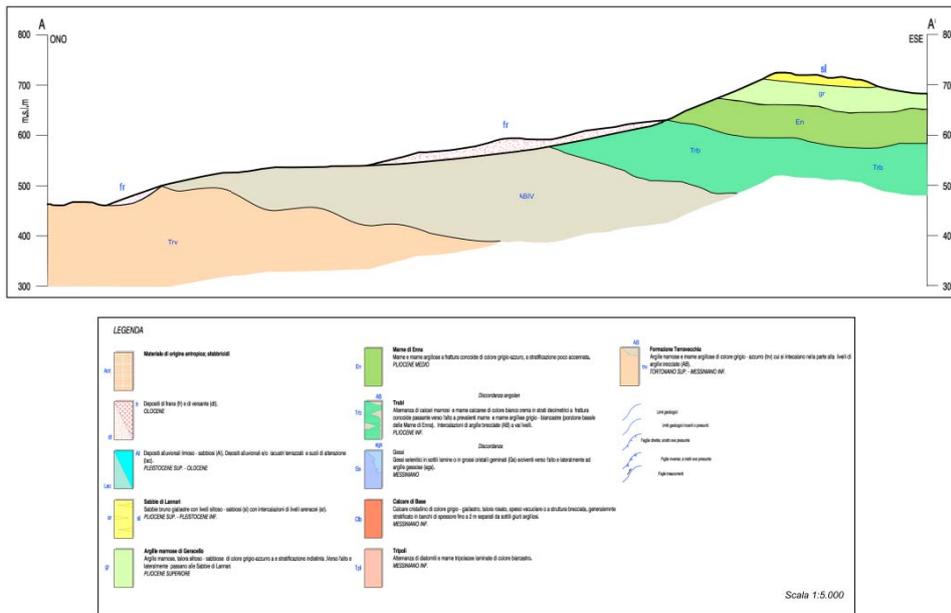
Il versante mostra pendenze differenti ; da monte verso valle si succedono:

- ❑ tra le quote 720 (sommità M. San Giuliano) e 710 una superficie sub pianeggiante blandamente degradante verso Est con pendenza del 9% (circa 5°)
- ❑ tra le quote 710 e 700 una scarpata acclive con pendenza del 100% (45°)
- ❑ tra la quota 700 e 640 una scarpata acclive con pendenza media del 37% (circa 20°)
- ❑ tra la quota 640 e 630 si rileva una area blandamente inclinata verso Ovest e Nord Nord Ovest con pendenza del 13% (circa 7°)
- ❑ tra la quota 630 e la quota 580 un pendio con pendenza del 14% (circa 8°)
- ❑ tra la quota 580 e la quota 400 (fondo valle) un pendio con pendenza del 24% (circa 14°)



La differente pendenza del versante su cui insiste la Via Borremans è da correlare alle differenti litologie affioranti ed in particolare al modo differente di rispondere all'erosione delle acque superficiali

## Via Borremans (Ex S.S.122bis) - Sezione Geologica



L'area sub pianeggiante sommitale del versante si determina in corrispondenza di una superficie strutturale, con affioramento di arenarie con giacitura sub orizzontale.

La scarpata sub verticale tra le quote 720 e 710 si determina in corrispondenza dell'affioramento delle testate degli strati arenacei sub-orizzontali.

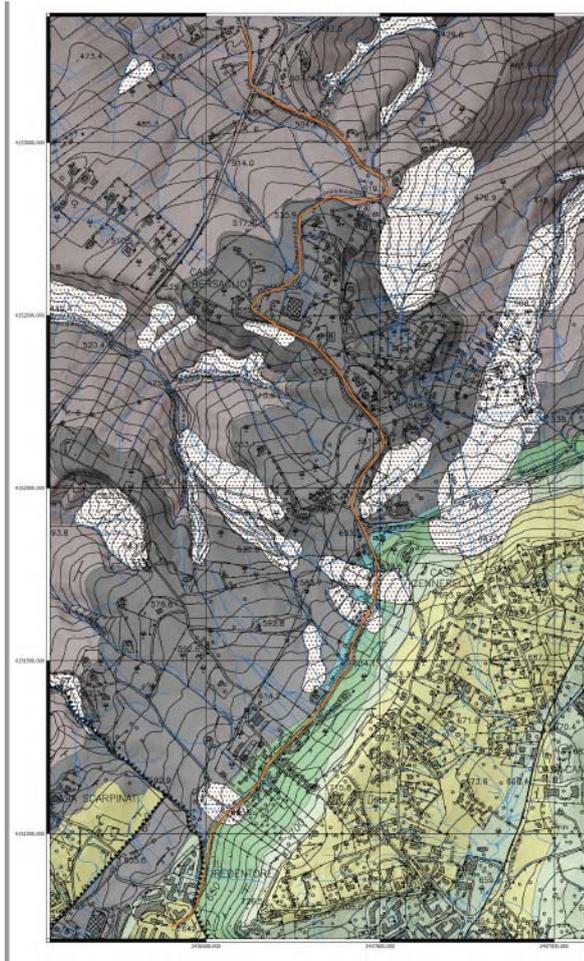
Da quota 710 a quota 630 lungo il versante Ovest del Monte San Giuliano affiorano le marne argillose della Form. Marne di Enna e nella parte inferiore le marne calcaree ed argillose della Form. dei Trubi, che, per la loro elevata resistenza all'erosione conferiscono al versante una pendenza media del 37 % (circa 20,42°) Tale pendenza elevata contribuisce al rapido deflusso delle acque piovane lungo il versante e alla tendenza all'impantanamento della successiva parte del versante, compresa tra la quota 640 e 630, caratterizzata da blande pendenze (12% circa 6°).

La blanda pendenza è determinata dall'accumulo di coltri colluviali ed eluviali limo-argillose ai piedi del versante superiore a quota 630 m s.l.m., che con il loro deposito hanno livellato l'altimetria dell'area.

E' in questa fascia altimetrica blandamente pendente, interposta tra versanti a maggiore pendenza sia a monte che a valle che fu realizzato il tracciato stradale della ex 122 bis, oggi Via Borremans.

Da quota 630 m a quota 580 affiorano sul versante argille di colore grigio a struttura brecciata, ascrivibili per l'intercalazione di Trubi, alla Form. delle Argille Brecciate IV di età pliocenica. Tali argille sono ricoperte al tetto da un coltre eluvio-colluviale relativamente permeabile. L'insieme dei terreni determina la pendenza del





**ANAS S.p.A.**  
 PA 12000  
 CORRIDOIO PLURIMODALE TORRENCO - NORD EUROPA  
 (TRABINCO AGGIUNTO - CIL FANCIETTA - A18)  
 S.S. 17 842 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
 AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 8.11.2001  
 Da un 44-000 MS SARCOG COI IATB  
 SUAVITE TECNICA I/F4

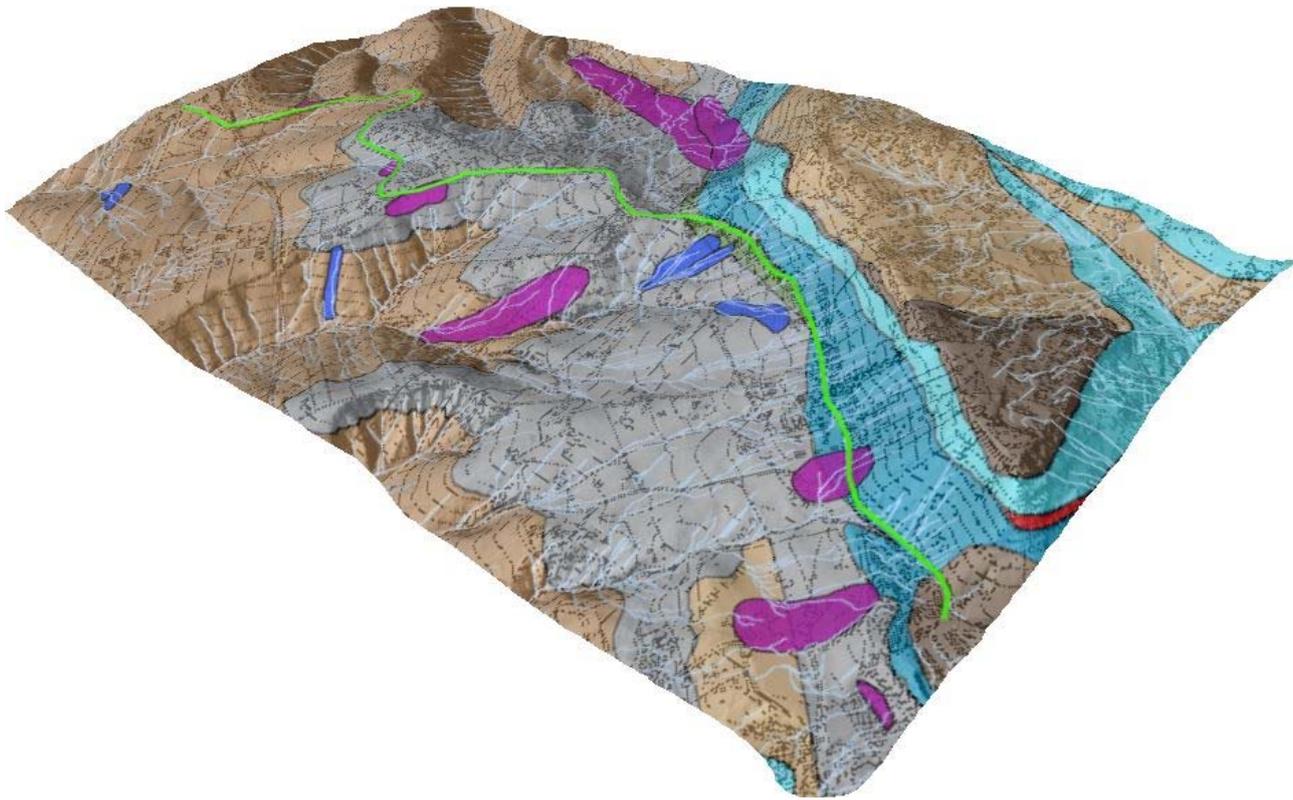
**mpofoct** **ING. CARLO GAMBARI**  
 ING. GEOMETRI GIANFRANCO  
 ING. GIANFRANCO  
 ING. GIANFRANCO

LAVORI DI RILASCIAMENTO  
 DELLA VIA SCHIRIMADI  
 DEL COMUNE DI CALPISSETTA

## CARTA GEOLOGICA

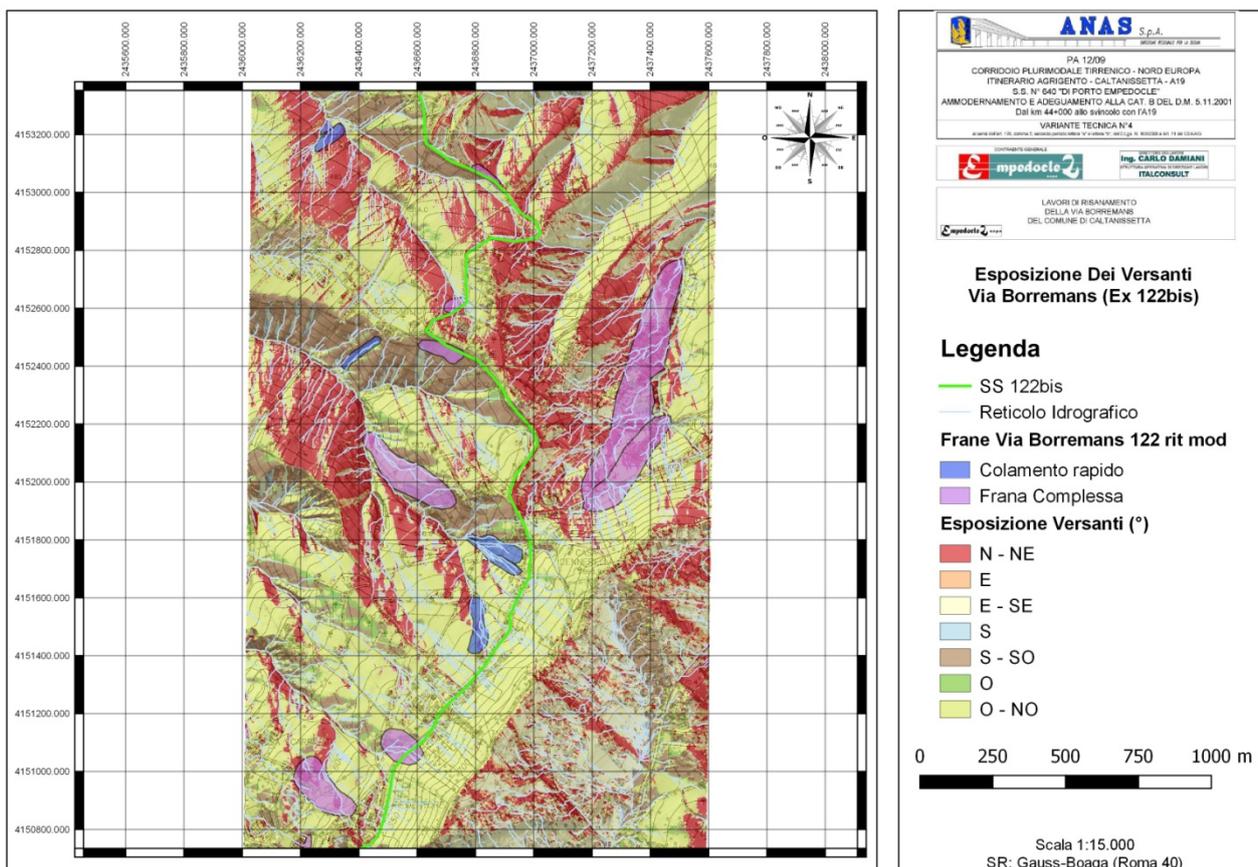
**LEGENDA**

- Depositi di frana e di versante  
**OLOCENE**
- Sabbie di Lammari  
Sabbie brecciate gialle con livelli argillo-sabbiosi  
con intercalazioni di livelli arenacei.  
**PLIOCENE SUP. - PLEISTOCENE INF.**
- Argille marnose di Geracello  
Argille marnose, idriche, argillo-sabbiose di colore  
grigio-verdastro, stratificazione sub-orizzontale. Sono talora  
intercalate passate alla Sabbia di Lammari.  
**PLIOCENE SUP.**
- Marna di Enna  
Marna e marna argillosa e fanghi sabbiosi di colore  
grigio-verdastro, a stratificazione poco accentuata.  
**PLIOCENE MEDIO**
- Argille Brecciate IV  
Argille con frammentazioni a struttura brecciata e/o  
pugliese, con strati arenacei ricchi di spiccioli rari di  
marna argillosa e marna calcarea della Formazione Trubi.  
**PLIOCENE INF.**
- Trubi  
Abitazioni di calcari marnosi e marna calcarea di colore  
blauo-azzurro in strati decussati e fessure concoidi  
passate verso l'alto a prevalenti marna e marna argilosa  
grigio-verdastro (preziosa locale delle Marni di Enna).  
Intercalazione di arenie brecciate a vari livelli.  
**PLIOCENE INF.**
- Terravecchia  
Argille marnose e marna argillosa di colore grigio-verdastro  
con stratificazione poco accentuata.  
**TORTONIANO SUP. - MESSINIANO INF.**
- Sovraccorrimiento
- Faglia diretta
- Contatto tettonico
- Giacitura
- Tracciato SS 122



Durante la realizzazione del tracciato stradale della ex SS 122 bis sono state prodotte coltri di riporto il cui accumulo ha mascherato alcune incisioni presenti nell'area. Nel confronto delle corografie (IGM scala 25.000 e CTR scala 1:10.000) si rilevano lungo il tracciato ed immediatamente a valle dello stesso più accumuli.

Statisticamente, i versanti sono esposti prevalentemente verso la direzione O-NO a monte della Via Borremans in C.da San Giuliano e N- NE e S-SO a valle della stessa.



Dal punto di vista idrologico il tracciato della Via Borremans ricade circa lungo lo spartiacque dei bacini ad Ovest del F. Salito, tributario del F. Platani, e ad Est del F. Imera Meridionale. Ciò determina che il tracciato stradale, dall'area di Via Paladini sino al Bivio La Spia, interferisce con gli impluvi defluenti verso il Vallone Busiti-Taurino, tributario del F. Salito, mentre la restante parte del tracciato dal bivio La Spia sino all'innesto con la SS 640 interferisce con gli impluvi defluenti verso il Vallone Anghillà-Arenella, tributario del F. Imera Meridionale.

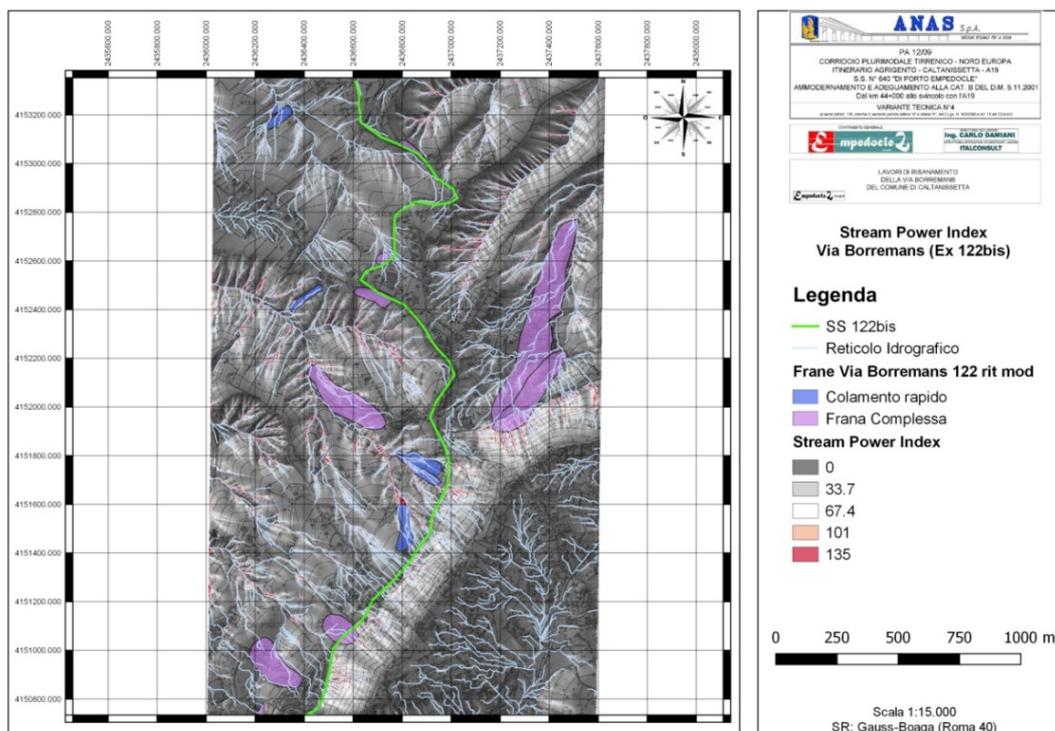
Il reticolo idrografico risente della differente pendenza dei versanti e della loro litologia;



Impluvi

Trafficiato Stradale

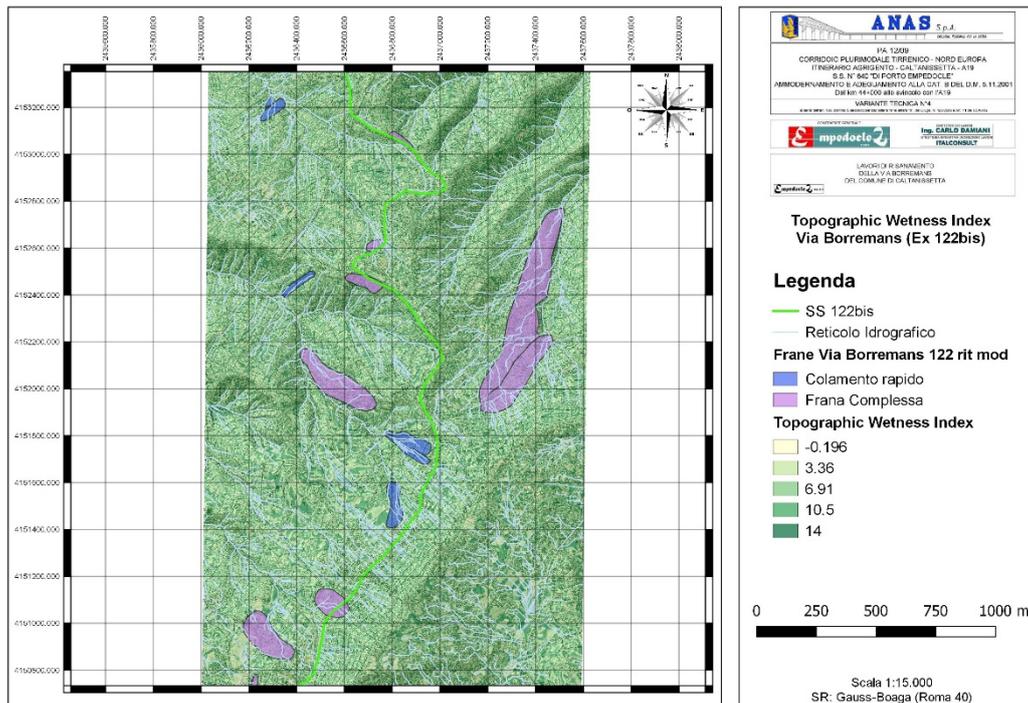
Si determina così che in C.da San Giuliano, alle falde del rilievo di Monte San Giuliano, a monte del tracciato stradale, tra le sezioni 1 e 100, il reticolo idrografico sia caratterizzato da brevi impluvi ,orientati in senso NO-SE, con elevata pendenza a causa dell'energia del rilievo ed incisi su un substrato argilloso-marnoso. L'area è caratterizzata da elevati valori del Stream Power Index (SPI) .



Lo SPI rappresenta la capacità di incisione dei corsi d'acqua. I valori di SPI elevati, nei suddetti impluvi, mostrano che vi è un incanalamento delle acque lungo linee di pendenza che raccolgono interamente gli afflussi lungo direzioni ben specifiche, riversando in punti specifici della strada un quantitativo considerevole di acqua.

Nonostante gli elevati valori di SPI il versante appare poco inciso e con una attenuata morfologia calanchiva, questo dimostra che le litologie affioranti nel versante hanno una elevata resistenza all'incisione e bassa permeabilità, di fatto non vengono interessate da alcun fenomeno franoso rilevante.

Tali impluvi durante le precipitazioni piovose scaricano sul nastro stradale la totalità degli afflussi, come evidenziato dal Topographic Wetness Index (TWI) , indice che rappresenta la capacità e la tendenza dei terreni di assorbire l'acqua. Dalla carta del TWI si può notare come alla base dei punti in cui lo SPI è elevato il TWI mostri il suo valore più alto, ciò sta a significare che in quel punto vi è un elevato ristagno di acqua.



La cunetta ed i tombini esistenti a monte del nastro stradale esistente risultano, sia per dimensionamento che per assenza di manutenzione, del tutto incapaci di smaltire l'apporto di acque meteoriche.

Lungo le stesse progressive, a valle del tracciato stradale e sino alla quota 580, il reticolo idrografico si dirada a testimonianza di una maggiore permeazione delle acque in sottosuolo. Lo stesso risulta costituito da aste orientate in senso ONO-ESE organizzate con un pattern da sub detritico a parallelo, evidenziante un controllo tettonico del suo sviluppo e caratterizzato da bassi valori del SPI.

Dalla sezione 162, all'altezza del bivio La Spia sino all'innesto con la SS 640, il tracciato stradale corre circa lungo il crinale spartiacque a cavallo tra i bacino del F.Salito ad Ovest e del F.Imera ad Est; il reticolo idrografico, in ambedue i bacini, mostra un pattern detritico con presenza di forme di erosione accelerata ed approfondimento del corso degli impluvi ed elevati valori del SPI. Gli impluvi mostrano direzione prevalente ENE-OSO nel bacino del F.Salito e NE-SO nel bacino del F.Imera.

Le valli ricadenti nel bacino del F.Salito, orientate ONO-ESE, mostrano ampiezza variabile tra gli 800 ed i 1500 m e sono profonde in media più di 50 m. I loro versanti sono inclinati mediamente del 23%. Le valli ricadenti nel bacino del F. Imera, mostrano invece ampiezze minori (300-500 m), risultando in media profonde tra i 30 ed i 40 m. I relativi fianchi mostrano in media inclinazioni di circa 15°.

L'analisi del reticolo idrografico nell'area in studio mette in evidenza come è possibile rilevare forme ascrivibili a differenti cicli morfogenetici.

Si rileva così che il tracciato dalla sezione 1 alla sezione 160 ,interferisce con forme del versante caratterizzate da una elevata maturità. Dalla sezione 160 sino all'innesto con la SS 640si rilevano forme riferibili all'attuale ciclo morfogenetico instauratosi in seguito alla variazione del livello di base dell'erosione regressiva, con presenza di forme più immature come calanchi e solchi di ruscellamento concentrato.

Si è proceduto quindi ad un rilievo delle forme di instabilità sia sul terreno che con l'ausilio dello studio stereoscopico di fotografie aeree edall'analisi di immagini tridimensionali di Google Earth . Sono state così mappate tutte le aree soggette a movimenti gravitativi individuandone forma,tipologia e stato di attività, in accordo con laclassificazione comunemente adottata nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico(PAI) della Regione Sicilia .

Nell'area in studio si individuano fondamentalmente tre tipi di dissesti:

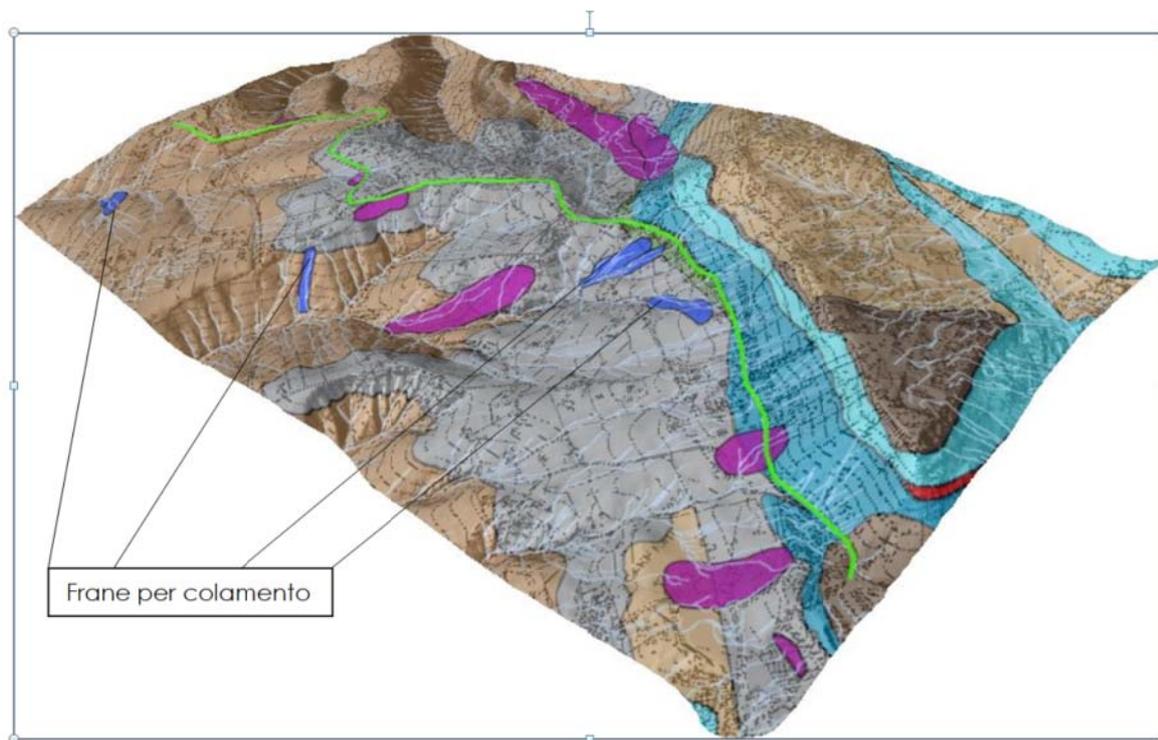
- ❑ colamenti superficiali
- ❑ forme di erosione accelerata e calanchi
- ❑ frane complesse

#### ❑ **Colamenti superficiali**

Le frane percolamento superficiale sono state rilevate principalmente lungo i fianchi acclivi delle valli fluviali. Alcuni colamenti mostrano evidenze di riattivazione recenti nell'ultimociclo stagionale.

I dissesti si rilevano su versanti con pendenza variabile tra 14 % (circa 8°) e 24% (circa 14 °) su affioramenti di argille scagliettate del Tortoniano e argille brecciate del Pliocene.

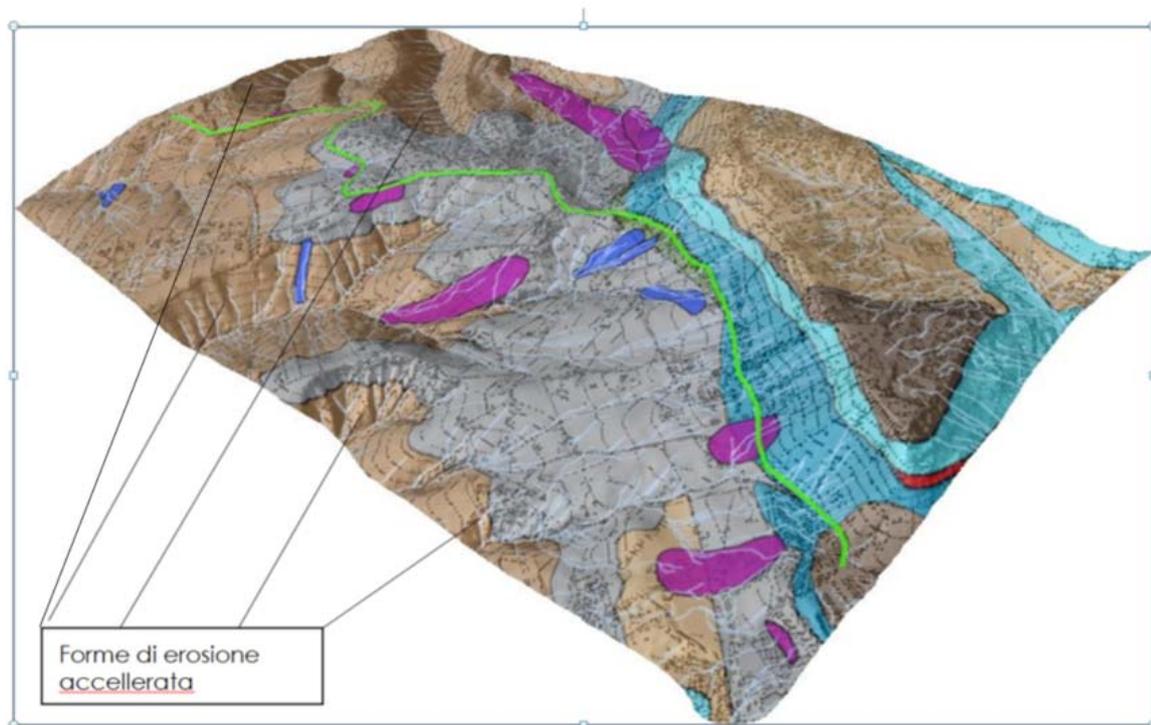
Tra quelli rilevati due instabilità per colamento hanno possibilità di interferire con il tracciato stradale, tra le sez.107 e sez. 121 e tra le sez. 142 e la sez.150



### □ **Forme di erosione accelerata e calanchi**

In accordo con i rilievi effettuati nell'ambito del PAI, si rilevano nell'area in studio numerosi processi di denudamento dei versanti per erosione accelerata, con formazione di aree calanchive. Tale tipo di dissesto si localizza nelle aree di affioramento delle argille scagliettate della Form. Terravecchia a quote inferiori a 580 m s.l.m.

Le forme erosive e calanchive attivate dall'approfondimento del corso degli impluvi, facilitate nell'azione erosiva dalla tessitura scagliettata e dalla pendenza dei versanti che non permette la formazione della coltre eluviale e l'attecchimento di copertura vegetazionale a copertura del substrato e si sviluppano maggiormente nei versanti esposti a Sud.



### □ Frane complesse

Diversi sono i dissesti di tipo complesso rilevati nell'area generalmente ascrivibili al tipo roto-traslazionale con evoluzione in colamento al piede.

Procedendo da Nord verso Sud lungo il tracciato stradale, all'altezza delle sezioni 35-45, ma non interferente con la strada, si rileva un esteso dissesto che si estende in direzione Est-Ovest su di un versante con pendenza del 15 %, con corona interessante il fabbricato della Coop.Postelegrafonica e piede estendentesi sino a Case Scarpinati.

La frana interessa diverse formazioni (Trubi, Argille Brecciate e Marne di Enna) e mostranel suo complesso un diverso grado di attività. Il corpo principale interessante la scarpata subito a valle del fabbricato della Coop.Postelegrafonica mostra segni recenti di scorrimento; a difesa delle opere sono stati effettuati degli interventi di consolidamento

costituiti da paratie di pali coronati da trave di collegamento in testa dei pali e da messa in opera di pali tirantati di consolidamento delle fondazioni esistenti. L'area a valle del dissesto in zona Casa Scarpinati è caratterizzata da una tipica morfologia superficiale con aree in contropendenza e con scarpate secondarie, zone terrazzate mammelloni. Questa parte del dissesto appare non mostrare indizi di attività recente per cui si ritiene stabilizzata naturalmente. Tuttavia, lungo il corpo di frana si osservano evidenze di riattivazione superficiale come testimoniato da alcuni manufatti danneggiati nella intermedia del corpo franoso.

L'esecuzione di opere di rilevanti opere di consolidamento a monte della zona di corona ha garantito le aree di monte e quelle del tracciato stradale da una possibile evoluzione del corpo franoso. Stessa osservazione non può essere estesa alle aree a valle del corpo franoso.

Più a Sud , questa volta interferente con il tracciato stradale tra le sezioni 56 e 71, si rileva un dissesto ascrivibile al tipo roto-traslazionale. La frana interessa nella zona di corona la Form. delle Marne di Enna ed a valle quella delle Argille Brecciate .

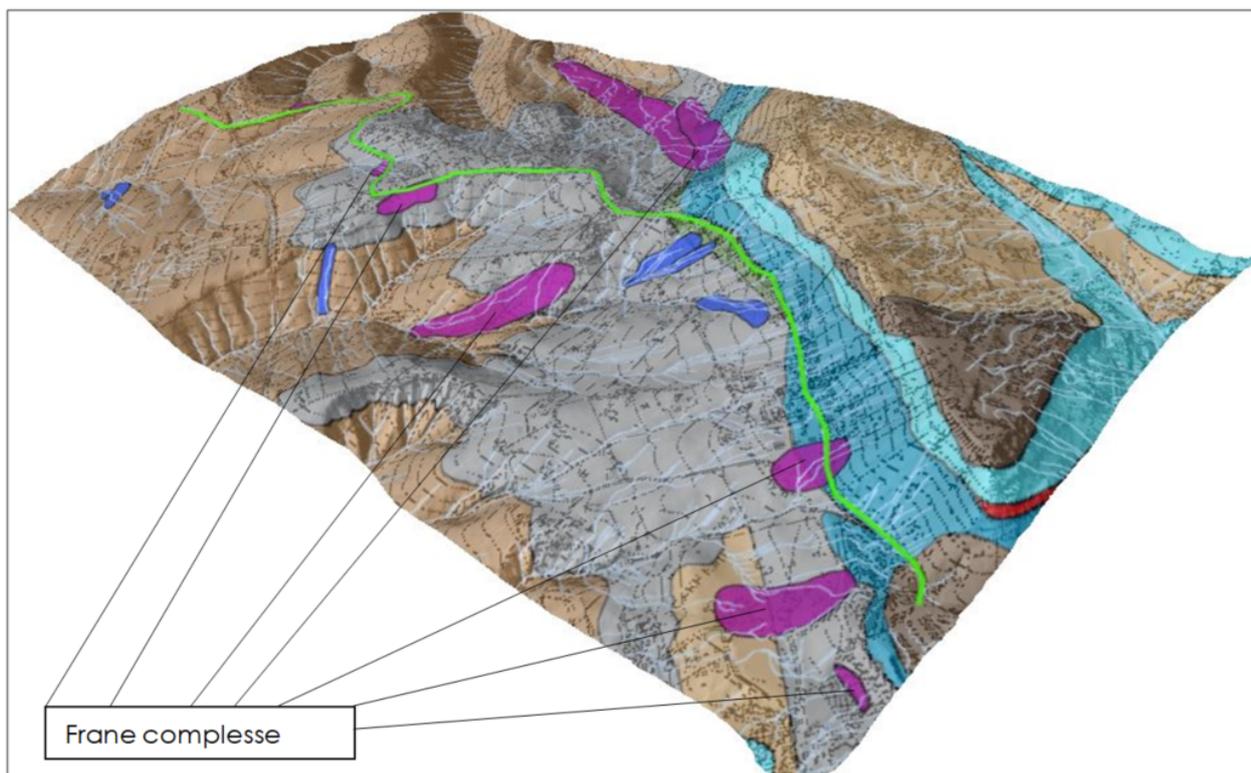
La corona è evidenziata da una scarpata sub-verticale a monte del tracciato stradale ; la rotazione verso monte del tracciato stradale e l'inclinazione verso monte della vegetazione secolare suggerisce un movimento per scorrimento rotazionale.

La frana come evidenziato dal continuo cedimento del nastro stradale è attiva.

Ancora più a Sud, interferente con il tracciato stradale tra le sezioni 236 e 246 in C.da Mangialasagne, si rileva un dissesto ascrivibile al tipo roto-traslazionale. La frana interessa la Form. delle Argille Brecciate . La corona è evidenziata da una scarpata sub-verticale che ha interessato sia il nastro stradale che un rilevato su cui era ubicata una stradina di accesso alle villette della contrada; la rotazione verso monte del tracciato stradale il rigonfiamento al piede del dissesto suggeriscono un movimento per scorrimento rotazionale. La frana come evidenziato dal continuo cedimento del nastro stradale è attiva.

Tra le sezioni 258 e 263 il tracciato stradale è interessato da un dissesto ascrivibile al tipo traslazionale è correlabile alla modifica antropica della pendenza del versante originario causato dalla realizzazione di un vaso per uso agricolo realizzato quasi interamente in scavo nelle argille brecciate affioranti.

Il dissesto si evolve lentamente ed è evidenziato dai dissesti della sede stradale evidenziati in lento cedimento del manufatto stradale.

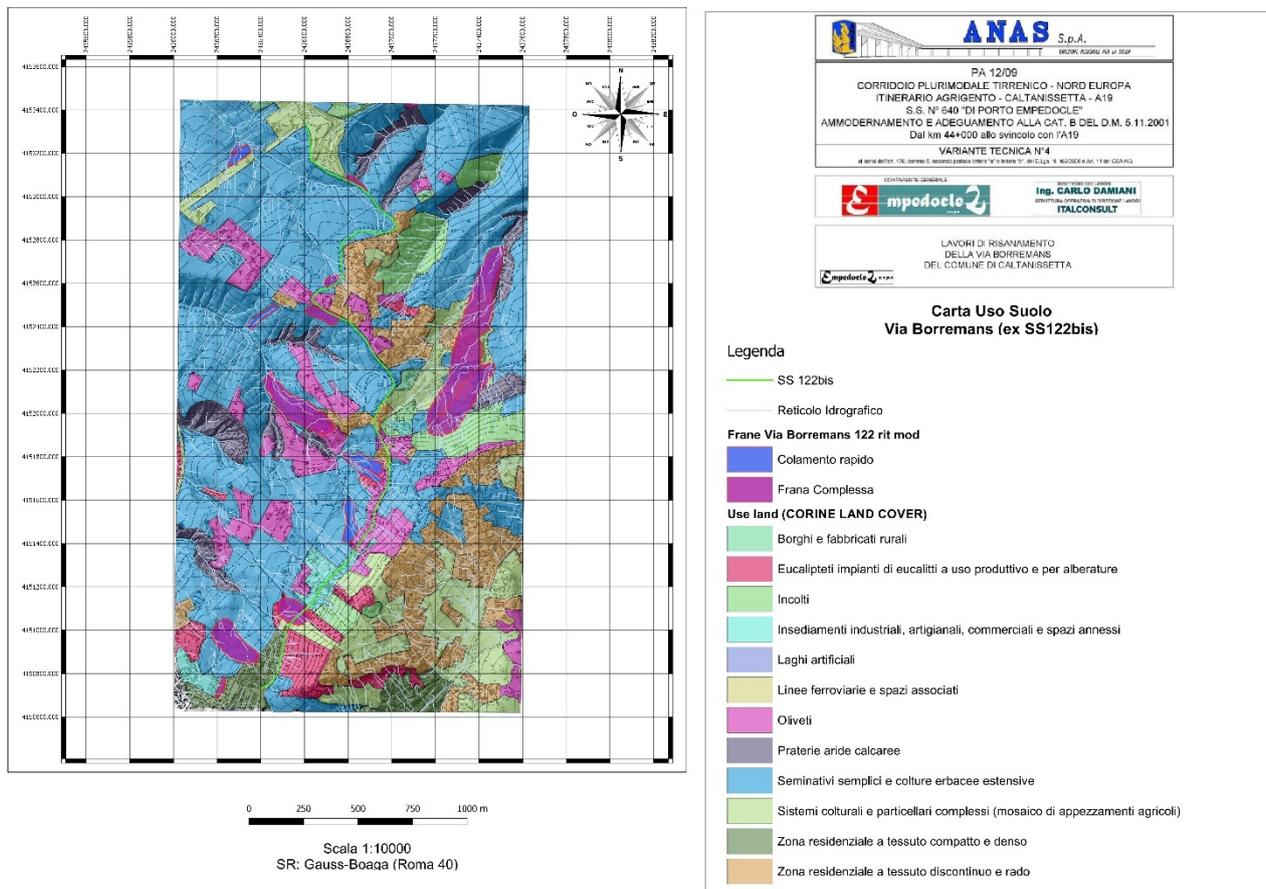


Lungo il tracciato stradale si rilevano segni di dissesto diffuso. In particolare si rilevano fessure longitudinali ed avvallamenti nella corsia di valle del nastro stradale .

Tali dissesti, come evidenziato dai rilievi, non sono correlabili a traslazioni dei terreni di sedime, bensì a cedimenti del rilevato stradale correlati all'assenza di opere di sostegno di sottoscarpa, a contenimento del rilevato stesso.

Tale dissesti, come ben evidenziato nella carta dell'uso del suolo, sono amplificati da pratiche colturali tipiche delle aree destinate a seminativo e caratterizzate da arature profonde, effettuate secondo le linee di massima pendenza e che si spingono fin sotto il

limite di valle del nastro stradale, aumentando notevolmente i cedimenti del rilevato stradale.



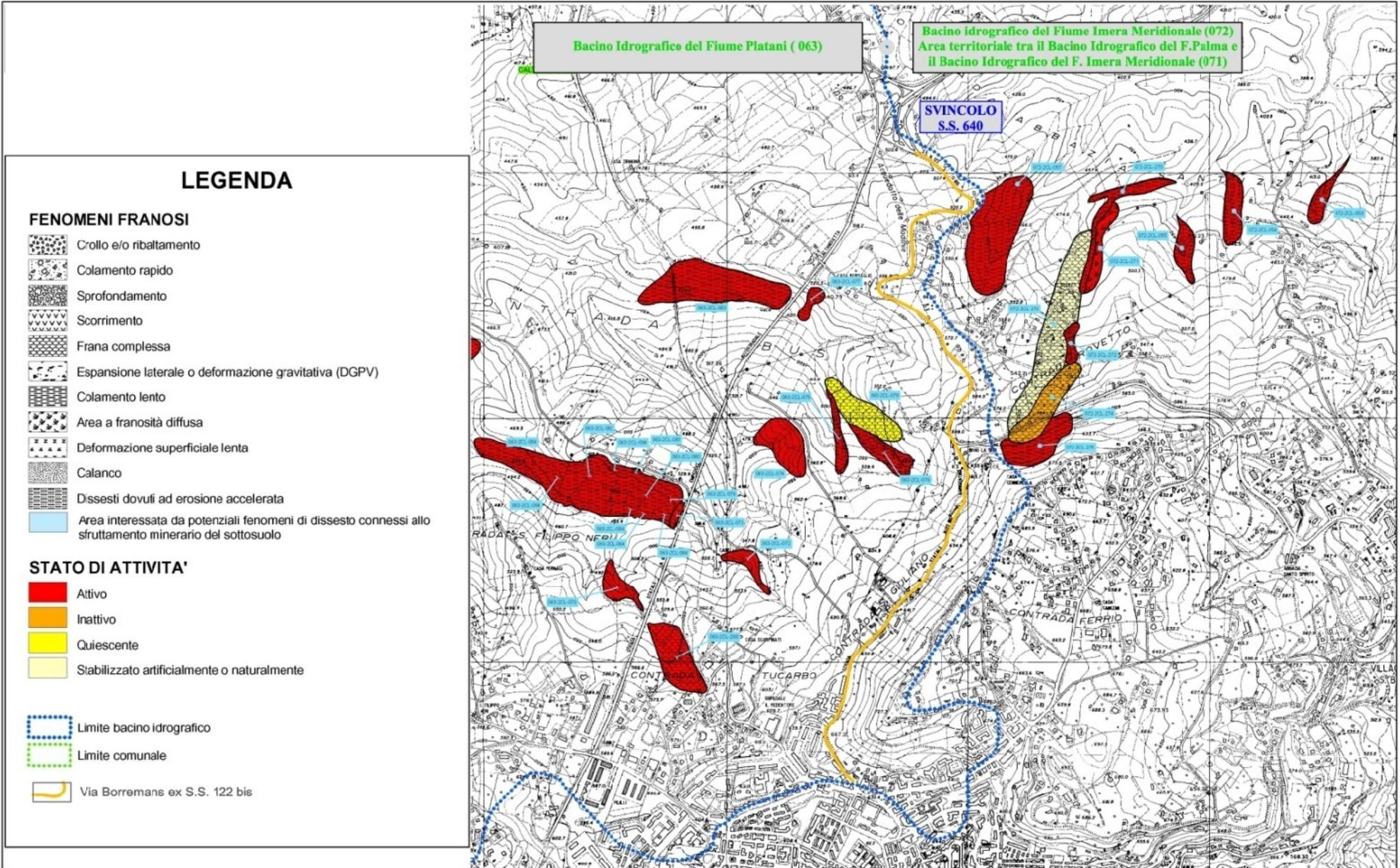
I risultati dell'indagine geomorfologica sono confermati dall'esame delle cartografie dei dissesti e della pericolosità rilevate nell'ambito dal P.A.I. dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente che confermano l'assenza di dissesti, pericolosità e rischi geomorfologici nell'area in studio.

In particolare sono state consultate le carte dei dissesti N° 45 , ricadente nel territorio del Bacino del F.Platani , e la N° 30 ricadente nel territorio del Bacino del F.Imera Meridionale. Nessuno dei dissesti cartografati del PAI interseca il tracciato stradale.

Nella tabella seguente sono sintetizzati i dissesti cartografati nell'area in studio. Si riportano in calce le schede descrittive dei dissesti .

Bacino Idrografico del Fiume Platani (063)	
Carta dei Dissesti n. 45	
CODICE DISSESTO	UBICAZIONE
063 - 2CI - 070	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 072	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 073	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 074	C.da Busiti
063 - 2CI - 075	C.da Busiti
063 - 2CI - 076	C.da Busiti
063 - 2CI - 077	C.da Busiti
063 - 2CI - 078	C.da Busiti
063 - 2CI - 079	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 080	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 081	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 083	C.da Busiti
063 - 2CI - 084	C.da San Filippo Neri
063 - 2CI - 260	C.da Tucarbo

Bacino Idrografico del Fiume Imera Meridionale (072)	
Carta dei Dissesti n. 30	
CODICE DISSESTO	UBICAZIONE
072 - 2CL - 053	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 054	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 055	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 057	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 270	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 271	C.da Abbazia Santuzza
072 - 2CL - 272	C.da Rovetto
072 - 2CL - 273	C.da Rovetto
072 - 2CL - 274	C.da Rovetto
072 - 2CL - 275	C.da Rovetto



## 6.- GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO

### 6.1- LITOLOGIA

Le informazioni necessarie per sviluppare un inquadramento geologico dell'area sono state ricavate dal rilevamento geologico di dettaglio eseguito a scala 1:5.000; nell'area affiora una successione di terreni miocenico- quaternari. La successione tettono-stratigrafica affiorante (è costituita da diversi cicli sedimentarimeogenico-quaternari (RODA, 1967a; LENTINI *et alii*, 1991; DI GRANDE & GIANDINOTO, 2002;PROGETTO CARG, 2014) deformati da varie fasi tettoniche.

Dai più antichi ai più recenti così possiamo sintetizzare la successione stratigrafica nell'area studiata:

- ❑ *FORMAZIONE TERRAVECCHIA*
- ❑ *ARGILLE BRECCIATE IV*
- ❑ *TRUBI*
- ❑ *FORMAZIONE MARNE DI ENNA*
- ❑ *GRUPPO DI GERACELLO*
- ❑ *ARGILLE MARNOSE DI GERACELLO*
- ❑ *SABBIE DI LANNARI*
- ❑ *DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI*
- ❑ *ACCUMULI DI FRANE E DETRITO DI VERSANTE*
- ❑ *ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI*
- ❑ *DEPOSITI ALLUVIONALI O LACUSTRI TERRAZZATI*

#### **FORMAZIONE TERRAVECCHIA (Tv)**

Affiorano estesamente sia ad Ovest che ad Est del tracciato della ex SS122 bis. Ad Ovest affiorano in C.da Busiti , lungo l'incisione del Vallone Busiti, e in C.da Xirbi , mentre ad Est affiorano in C.da Abbazia Santuzza lungo l'incisione del Vallone Anghillà-Arenella.

La formazione è costituita da una monotona sequenza di argille marnose e marneargillose grigio-azzurre o brune con intercalazioni di rari strati o banchi di sabbie quarzose giallastre ed intrusioni di argille brecciate (ABII). In affioramento lo spessore è di circa 300-400 metri. I sedimenti di questa formazione attribuibili in parte alla formazione Terravecchia (SCHMIDT DIFRIEDBERG, 1962) e in parte alla formazione Licata (OGNIBEN, 1954), affiorano localmente ai nuclei anticlinali. Complessivamente l'età è compresa tra il Tortoniano inferiore e il Messiniano inferiore.

## **ARGILLE BRECCIATE (AB)**

Affiorano estesamente ad Ovest del tracciato della ex SS122 bis, in C.da Busiti, tra le quote 650 m s.l.m. e 500 m s.l.m. lungo l'incisione del Vallone Busiti, ed ad Est del tracciato, in C.da Abbazia Santuzza lungo l'incisione del Vallone Anghillà-Arenella.

Con tale termine Ogniben (1953-54) individua i depositi argillosi costituiti da inserimenti olistostromici coevi o posteriori ai Trubi. Si tratta, generalmente, di argille marnose brune, a struttura spiccatamente brecciata, *puddingoide*, talvolta scagliettata per la sovrapposizione di differenti piani di taglio; contengono abbondanti elementi *esotici* calcarei e gessosi. La formazione è concordante con i Trubi e si può riscontrare a letto, a tetto o intercalata ad essi.

Le Argille Brecciate costituiscono un *melange* di notevole spessore formato in prevalenza da brecce di colore grigiastro o tabacco, passante a *beige* nei livelli più superficiali alterati. Spesso inglobano spesso blocchi esotici di altre formazioni, tra cui lembi di arenarie quarzose o glauconitiche, calcari mesozoici, argille varicolori e blocchi di vulcaniti, che conferiscono alla formazione una estrema variabilità litologica. Più recentemente (Clay diapirs in Neogene- Monaco C, Tortorici L 1996) sono state interpretate come il risultato di diapirismo di fango in presenza di sovrappressioni di fluidi in profondità e la loro risalita avviene generalmente lungo strutture tettoniche. Il fenomeno consiste nel trasporto in superficie di fluidi (liquidi e gas) e materiale sedimentario non consolidato, generalmente argilloso, all'interno del quale si trovano spesso anche blocchi di materiale lapideo che vengono strappati durante la risalita.

In genere presenta un andamento lenticolare con potenze estremamente variabili e difficilmente valutabili. Nella zona indagata la formazione affiora abbondantemente con rapporti inter-stratigrafici diversificati: a letto dei trubi e delle marne argillose piacentiane, ed a contatto della formazione tortoniana di base.

## **TRUBI (Tb)**

Affiorano in una stretta fascia allungata in senso NE-SO ai piedi del rilievo del Monte San Giuliano, lungo il tracciato della SS 122 bis, da C.da San Giuliano a Sud al Bivio La Spia a Nord.

Litologicamente si tratta di un'alternanza di argille marnose, marne argillose, marne calcaree e calcarimarnosi bianchi a foraminiferi planctonici organizzati in strati decimetrici. Gli strati calcareo-marnosi, quando non deformati tettonicamente; mostrano una tipica fatturazione a "saponetta". La formazione si presenta generalmente intensamente fratturata.

Localmente all'interno o al tetto della formazione compaiono livelli brecciati di spessore decimetrico a ettometrico, costituiti da frammenti di calcari marnosi bianchi, appartenenti ai Trubistessi, immersi in una matrice argillosa di colore scuro. Sono stati riscontrati in appoggio sulle argille brecciate. Il contatto è sempre caratterizzato da intrusioni di argille per "squeezing" in livelli intensamente fratturati di Trubi. L'intensa cataclasi che si rileva nella formazione è dovuta ai processi di piegamento con sviluppo di strain tangenziale longitudinale al contatto tra due litotipi a differente comportamento meccanico e conseguente flessurazione.

In C.da San Filippo Neri, nei pressi dell'imbocco nord della Galleria Caltanissetta in corso di realizzazione, sono state riscontrate intrusioni di argille brecciate, la cui messa in posto è da attribuire a fenomeni di diapirismo legati alla presenza di forti sovrappressioni d'acqua e di strutture compressive. La successione pelagica dei Trubi poggia con contatto discordante sui sedimenti della Form. Terravecchia e delle Argille Brecciate.

Lo spessore massimo riconosciuto è di circa 100 m. L'età è Zancleano.

### **MARNE DI ENNA (ME)**

Affiorano in C.da San Giuliano, sul versante occidentale del M. San Giuliano, tra la via Borremans e la isoipsa 700 m s.l.m. . A monte di Bivio La Spia, sotto Casa Cennerella (q. 687 s.l.m.) la formazione affiora con buona evidenza sul piano di scorrimento della grande frana di Bivio La Spia.

Litologicamente la Formazione delle Marne di Enna è costituita da marne argillose azzurre, talora siltose, a frattura concoide. Il passaggio verso la sottostante Form. dei Trubi avviene in continuità, per graduale passaggio ed alternanza tra livelli marnosi grigio-biancastri e livelli marnosi grigio-azzurri, anche se i rapporti geometrici tra le due formazioni a livello regionale sono di non-parallelismo, a causa di una fase di deformazione contrazionale intrabacinale al limite tra le due formazioni che ha prodotto locali discordanze marcate da livelli di argille brecciate. Affiorano nel versante occidentale del Monte San Giuliano. Lo spessore delle Marne di Enna raggiunge un valore massimo di circa 75 m. L'Età è Piacenziano.

### **GRUPPO DI GERACELLO**

Il gruppo di Geracello comprende una successione argillosa-sabbioso-arenacea che, nell'area rilevata, poggia prevalentemente in discordanza sulle Marne di Enna. Affiorano subito a valle della sommità del rilievo di Monte San Giuliano, Il Redentore.

Il gruppo corrisponde al ciclo sedimentario del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (RODA, 1968) ed è costituito da due unità litostratigrafiche, le argille marnose di Geracello

alla base, passanti con rapporti di eteropia latero-verticale alle Sabbiedi Lannari, facies regressiva di chiusura del ciclo.

### **Argille marnose di Geracello (GR)**

Litologicamente sono costituite da una sequenza di argille limose talora sabbiose, di colore da grigio-azzurre a grigio-giallastre e stratificazione indistinta, contenenti talora rari livellimentrici di sabbie giallastre a granulometria fine. Sono caratterizzate dalla presenza di abbondante macrofauna bentonica. Affiorano lungo le pendici di Monte San Giuliano, poggianti con contatto on-lap sulle Marne di Enna. Il contatto è marcato da un banco di una biocalcirudite ad *Ostrea Lamellosa*. Passano in alto gradualmente alle Sabbie di Lannari.

Lo spessore totale di questa unità raggiunge i 40 metri. L'età è Gelasiano.

### **Sabbie di Lannari (SI)**

Verso l'alto e lateralmente le argille limose di Geracello passano alle Sabbie di Lannari che affiorano diffusamente nell'area sommitale di Monte San Giuliano. Dall'analisi di terreno e delle carote dei sondaggi si è potuto verificare che il passaggio tra le due formazioni avviene per alternanza di livelli sabbiosi e limosi. Questo intervallo sabbioso rappresenta la facies regressiva di chiusura del ciclo del Pliocene superiore, ed i rapporti latero-verticali con le argille marnose di Geracello fanno sì che nelle porzioni più settentrionali del bacino, come ad esempio nell'area di Caltanissetta, questa formazione poggia direttamente sui Trubi.

Si tratta di una sequenza, potente fino a 40-50 metri, di sabbie bruno-giallastre a granulometria medio-fine, talora siltose e a stratificazione irregolare, cui s'intercalano livelli arenacei a grado di cementazione variabile a scarsa continuità laterale, e più raramente intercalazioni calcarenitiche. La posizione stratigrafica di questo intervallo e le età riscontrate nelle limitrofe aree sudorientali, dove l'intera successione del gruppo di Geracello risulta più completa (WEZEL, 1966; DIGERONIMO, 1979), permettono di attribuire alle sabbie di Lannari un'età Gelasiano-Calabrian.

### **DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI**

A chiusura della successione mio-pliocenica, nell'area in studio si rilevano terreni di oltre di età Quaternaria e di origine e facies differenti. I sedimenti più recenti rilevati sono rappresentati dai sedimenti lacustri ed alluvionali terrazzati di età prevalentemente supra pleistocenica-olocenica (al) (lac), da depositi di versante (dt) e da corredi di frana (fr).

### **DEPOSITI ALLUVIONALI E LACUSTRI TERRAZZATI**

Questi depositi affiorano prevalentemente nell'area di Caltanissetta, dove occupano le depressioni che si estendono al di sopra delle Sabbie di Lannari (C.da Pian del

Lago e C.da Pantano –fuori dall'area in studio) o come in C.da Tucarbo e Via Pietro Leone , a SO di Via Borremans, dove ricoprono la formazione dei Trubi , delle Argille Brecciate (AB IV) e dei Calcari di base.

Si tratta in genere di sedimenti limosi di colore da bruno-nerastro a rossastro, contenenti abbondante materiale organico vegetale e clasti calcarei e calcarenitici eterometrici, cui s'intercalano rari livelli centimetrici di sabbie a granulometria molto fine. Lo spessore massimo di questi depositi varia da 1 m a 8 m. L'età è Pleistocene superiore.

#### **DEPOSITI ALLUVIONALI LIMOSO-SABBIOSI**

Si tratta di prevalenti limi sabbiosi, con livelli di ghiaie e sabbie, che riempiono il fondo valle delle principali incisioni fluviali e torrentizie, queste ultime solitamente asciutte. Eccezionalmente possono essere rielaborati da fenomeni di piena. Lo spessore varia da pochi metri fino ad una decina di metri. L'età è Olocene.

#### **DEPOSITI COLLUVIALI**

Affiorano a copertura delle rocce in posto in tutta l'area studiata. Si tratta di depositi detritici costituiti da materiali a grana fine, generalmente limi con argille e argille con limi, variamente sabbiosi e ghiaiosi, accumulati essenzialmente per gravità come evidenziato dalla struttura caotica o rimaneggiata. Sono generalmente alterati ed ossidati con depositi e concrezioni calcitiche e frustoli vegetali. Lo spessore varia da 1 m a 5-6 m. L'età è Olocene - Attuale

#### **DEPOSITI ELUVIALI**

Affiorano a copertura delle rocce in posto in tutta l'area studiata. Si tratta di coltri di alterazione delle rocce in posto, costituiti da materiali a grana fine, generalmente limi con argille e argille con limi, talora humificate con struttura assente. Sono generalmente alterati ed ossidati con depositi e concrezioni calcitiche e frustoli vegetali. . Lo spessore varia da 1 m a 4 m. L'età è Olocene– Attuale

#### **DEPOSITI DI FRANA**

Si tratta d'accumuli gravitativi caotici di materiali generalmente a grana fine, (limi con argille e argille con limi), variamente sabbiosi e ghiaiosi, accumulati essenzialmente per gravità come evidenziato dalla struttura caotica o rimaneggiata. Sono generalmente alterati ed ossidati con depositi e concrezioni calcitiche e frustoli vegetali.

La maggior parte dei corpi di frana cartografati interessano prevalentemente i versanti argillosi e presentano indizi di evoluzione recente. Raramente si presentano fortemente

erosi e stabilizzati. Il deposito di frana più esteso e spesso è quello rilevabile a monte del Bivio La Spia (frana del 1976). L'età è Olocene- Recente

### **COLTRI DI RIPORTO**

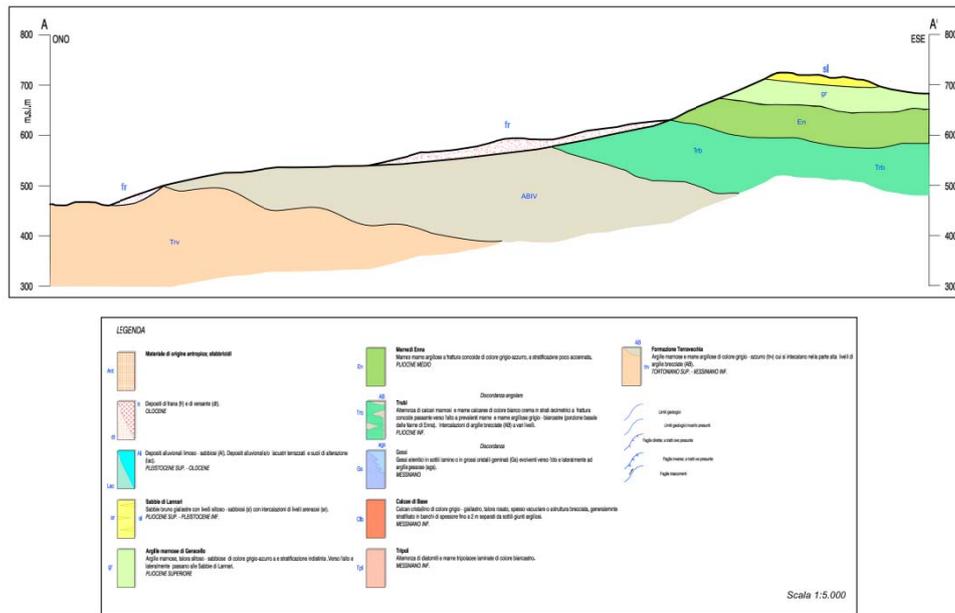
Affiorano a copertura delle rocce in posto in tutta l'area studiata. Si tratta di depositi detritici costituiti da materiali a grana fine, generalmente limi con argille e argille con limi, variamente sabbiosi e ghiaiosi, con struttura rimaneggiata. Sono generalmente alterati ed ossidati con depositi e concrezioni calcitiche e frustoli vegetali. Lo spessore varia da 1 m a 3 m.

## **6.2- TETTONICA**

Le giaciture dei terreni affioranti nell'area disegnano una monoclinale dei terreni mio-pliocenici con direzione NE-SO immergente verso SE, con giacitura a reggi poggio, con pendenza variabile tra 30° alla base della successione e via via decrescente alla sommità della stessa, dove assume giacitura da sub-orizzontale a debolmente pendente (5°-10°).

Le unità della Form. Terravecchia, delle Argille Brecciate e dei Trubi mostrano pieghe sinclinali ed anticlinali accentuate, con assi diretti NE-SO, e faglie inverse. Pieghe meno accentuate mostrano le Marne di Enna, caratterizzate anch'esse da assi orientati NE-SO. Blandamente piegate risultano le unità delle Argille di Geracello e delle Sabbie di Lannari. L'intera successione è stata interessata da un marcato sollevamento durante il Pleistocene, che ha portato all'emersione dell'intero pacco di rocce mio-pliocenico, con formazione di faglie dirette, oggi non più attive, con andamento ONO-ESE e NE-SO, che hanno creato una gradinata di faglia degradante a quote via via inferiori procedendo da NE verso SO, con terrazzi sub pianeggianti, litologicamente costituiti dalle Sabbie di Lannari, separati da scarpate di faglia con affioramento delle Argille di Lannari.

## Via Borremans (Ex S.S.122bis) - Sezione Geologica



## 7.- IDROGEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO

Nell'area presa in esame 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 .

Per quanto concerne il quadro idrogeologico generale la caratteristica peculiare dell'area interessata dal progetto è rappresentata dalla prevalenza di sedimenti argillosi e argilloso-marnosi a coefficiente di permeabilità (**k**) molto basso o addirittura nullo .

Con lo scopo di descrivere ed al contempo definire il modello idrogeologico del settore interessato dalle opere di progetto sono stati distinti, tre principali classi di terreni, ascrivendo ad ognuno di essi l'insieme dei termini litologici caratterizzati da una dimostrata unità spaziale e giacitura e analogo *range* di variabilità del coefficiente di permeabilità (**k**).

Sulla scorta della litologia è possibile distinguere i terreni affioranti in tre classi:

- ❑ I Classe: terreni con permeabilità da alta a media
- ❑ II Classe: terreni con permeabilità da media a bassa
- ❑ III Classe: terreni con permeabilità da bassa a nulla

### ***I CLASSE: TERRENI CON PERMABILITÀ DA ALTA A MEDIA***

In questa classe rientrano le arenarie e le calcareniti della Form. Sabbie di Lannari, con permeabilità prevalente per fratturazione. Il complesso risulta sede di un modesto acquifero, sostenuto alla base dalle argille plioceniche (**Form. Geracello**). La geometria dell'acquifero risulta estremamente variabile sia in senso orizzontale che verticale per la natura *eteropica* delle successioni interessate. Le falde in esso contenute sono per lo più modeste ed isolate lateralmente, e si trovano localizzate nei livelli sabbiosi. Da ciò deriva la presenza di un livello piezometrico poco uniforme ed un'oscillazione eterogenea.

In base alle caratteristiche litologiche è possibile stimare un coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^2 \text{cm/sec} < K < 10 \text{cm/sec}$ .

Le alluvioni attuali, permeabili per porosità, presenti lungo il corso delle aste torrentizie. La permeabilità è in genere medio – alta ed localmente condizionata dalla presenza della frazione limo-argillosa. In base alle caratteristiche litologiche è possibile stimare un coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^2 \text{cm/sec} < K < 10 \text{cm/sec}$ . La geometria dell'acquifero risulta estremamente variabile sia in senso orizzontale che verticale per la rilevante variabilità granulometrica dei depositi alluvionali.

### ***II CLASSE: TERRENI CON PERMEABILITÀ DA MEDIA A BASSA***

In questa classe rientrano i seguenti litotipi: coltri di riporto, coltri colluviali, coltri di frana, marne calcaree e calcari marnosi (Form. dei Trubi).

Le coltri colluviali e di frana risultano permeabili per porosità e il loro grado di permeabilità varia in relazione alla percentuale di frazione ghiaiosa e sabbiosa che le compongono.

La geometria dell'acquifero risulta estremamente variabile sia in senso orizzontale che verticale per la rilevante variabilità granulometrica dei depositi detritici.

In base alle caratteristiche litologiche è possibile stimare un coefficiente di permeabilità variabile tra  $10 \text{cm/sec} < K < 10^{-4} \text{cm/sec}$ .

Permeabili per fratturazione risultano le marne calcaree della Form. dei Trubi con permeabilità decrescente in profondità per il serrarsi delle fratture. Possono essere sede di limitati livelli acquiferi. Le intercalazioni argillose, difatti, interrompendo la continuità idraulica dell'acquifero danno luogo a locali emergenze idriche di limitata entità.

La circolazione idrica, localmente importante, risulta quindi fortemente condizionata dall'estensione e dal grado di fratturazione e porosità delle marne calcaree (Trubi).

In base alle caratteristiche litologiche è possibile stimare un coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^{-2} \text{cm/sec} < K < 10^{-4} \text{cm/sec}$ .

### III CLASSE: TERRENI CON PERMEABILITÀ DA BASSA A NULLA

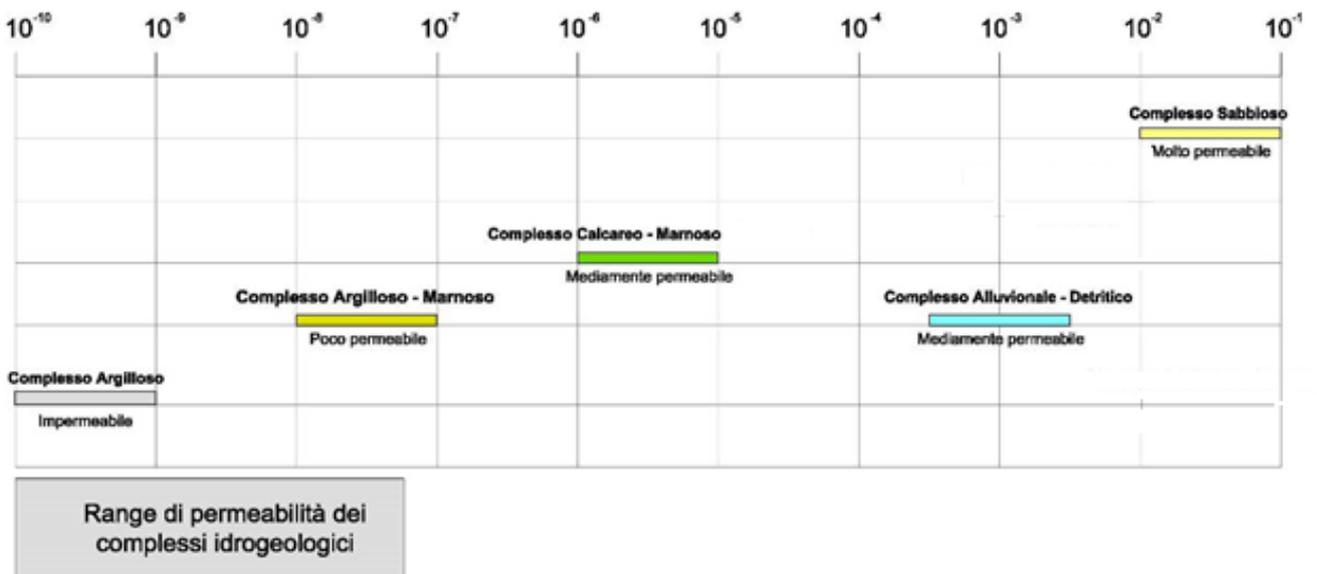
Rientrano in questa classe le argille marnose della Formazione Terravecchia, le marne argillose della Form. dei Trubi, le argillebrecciate plioceniche, le argille marnose della Form. Marne di Enna e le Argille variamente sabbiose della Form. Argille di Geracello . Rientrano altresì le coltri eluviali.

Tale classe di terreni si caratterizza per la sostanziale assenza di una circolazione idrica degna di nota ad eccezione delle coltri superficiali alterate ed allentate che possono assumere una modesta permeabilità capace di favorire una circolazione idrica sub-superficiale, oltre ai volumi marnosi fratturati e non ancora alterati e alle zone intensamente fratturate individuabili nelle fasce tettonizzate interessate da dislocazioni tettoniche e sovrascorimenti, cui sono associabili a valori di permeabilità notevolmente più elevati ( $k \approx 10^{-5}$ ).

Nella norma, tale formazione assume il ruolo di limite o soglia di permeabilità nei rapporti con gli altri acquiferi, soprattutto quelli sabbioso – arenacei, con cui è a contatto

In base alle caratteristiche litologiche é possibile stimare un coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^{-5}$  cm/sec  $<K < 10^{-7}$  cm/sec.

Coefficiente di permeabilità K (m/s)



## 9.-INDAGINI GEOGNOSTICHE

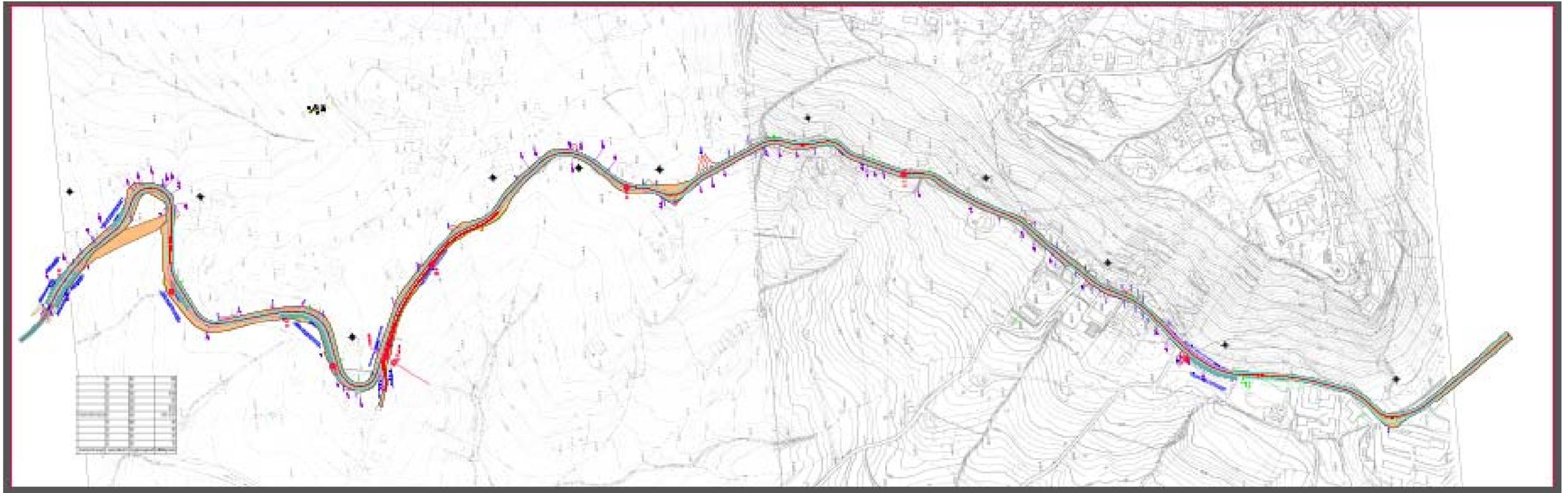
Al fine di dettagliare le osservazioni eseguite nei rilievi sopra descritti è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche, svolta nei mesi di Marzo ed Aprile 2018.

A tal fine sono stati effettuati n° 10 sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 15 e 20 m dal p.c.

L'esecuzione delle indagini geognostiche è stata affidata alla ditta Geogav s.r.l. di Favara. Lungo la verticale dei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati, mediante utilizzo di campionatore Shelby infisso a pressione. In particolare sono stati prelevati i seguenti campioni a basso grado di disturbo.

Sondaggio	Tipologia	Prof. (m)	Campioni		
			N°	Sigla	Profondità Prelievo
S1	Carotaggio Continuo	20.00	1	S1 C1	1.50-2.00
			2	S1 C2	5.00-5.50
			3	S1 C3	13.00-13.50
S2	Carotaggio Continuo	15.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.50
			3	S2 C3	14.50-15.00
S3	Carotaggio Continuo	15.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.50
			3	S2 C3	14.50-15.00
S4	Carotaggio Continuo	20.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.40
			3	S2 C3	15.00-15.40
S5	Carotaggio Continuo	20.00	1	S2 C1	3.00-3.50
			2	S2 C2	5.00-5.40
			3	S2 C3	15.00-15.50
S5A	Carotaggio Continuo	20.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.50
			3	S2 C3	14.70-15.00
S6	Carotaggio Continuo	20.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	4.00-4.50
			3	S2 C3	15.00-15.50
S6.1	Carotaggio Continuo	20.00	1	S2 C1	1.50-1.90
			2	S2 C2	3.00-3.50
			3	S2 C3	15.00-15.40
S7	Carotaggio Continuo	15.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.50
			3	S2 C3	14.50-15.00
S8	Carotaggio Continuo	15.00	1	S2 C1	1.50-2.00
			2	S2 C2	3.00-3.40
			3	S2 C3	14.50-15.00

L'ubicazione delle indagini effettuate è mostrata in figura.



Corografia con ubicazione delle indagini geognostiche

I sondaggi eseguiti a carotaggio sino a profondità di 20 m dal p.c. hanno permesso di rilevare lungo tutto il tracciato, sino alle profondità indagate, la presenza un substrato argilloso, costituito dalle argille brecciate (AB IV) di elevata consistenza, o argilloso marnoso, costituito dalla Form. dei Trubi, ricoperto in superficie da coltri di diversa genesi, a grana fine di spessore variabile tra 2.50 m e 7 m .

In particolare nella tabella sinottica seguente è ricostruita la stratigrafia dedotta dai sondaggi :

SONDAGGIO	UNITA' GEOLOGICA							
	COLTRE DI RIPORTO		COLTRE COLLUVIALE		COLTRE ALTERAZIONE		SUBSTRATO	
							TRUBI	ARGILLE BRECCIATE
	Prof. (da m a m)	SPESSORE (m)	Prof. (da m a m)	SPESSORE (m)	Prof. (da m a m)	SPESSORE (m)	Prof. (da m a m)	Prof. (da m a m)
<b>S1</b>	0-2.50	2.50	2.50-3.00	0.50	3.00-6.00	3		6.00-20.00
<b>S2</b>	0-0.50	0.50	0.50-2.50	2.00	2.50-3.00	0.50	3.00-15.00	
<b>S3</b>			0-3.50	3.50	3.50-7.00	3.50		7.00-15.00
<b>S4</b>	0-1.50	1.50	1.50-2.50	1.00	2.50-4.50	2.00		4.50-20.00
<b>S5</b>	0-2.80	2.80			2.80-4.00	1.20		4.00-20.00
<b>S5A</b>					0-2.60	2.60	2.60-13.00	13.00-20.00
<b>S6</b>	0-1.00	1.00	1.00-2.60	1.60	2.60-4.50	1.90		4.50-20.00
<b>S6.1</b>	0-2.20	2.20	2.20-5.50	3.30	5.50-9.50	4.00		9.50-20.00
<b>S7</b>	0-2.50	2.50	2.50-4.20	3.70	4.20-5.50	1.30		5.50-15.00
<b>S8</b>	0-2.00	2.00	2.00-4.00	2.00	4.00-4.80	0.80		4.80-20.00

I sondaggi S5A e 1 sono stati attrezzati con inclinometri.

## 11.- CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

I dati relativi alle proprietà fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce, che consentono una caratterizzazione del sottosuolo ai fini geotecnici, riportati nel presente capitolo sono stati dedotti dai risultati della sperimentazione geotecnica eseguita sui campioni prelevati durante le indagini geognostiche e nell'ambito di altri lavori svolti in zone limitrofe sui medesimi terreni.

La sperimentazione sui campioni prelevati nei sondaggi geognostici è stata affidata al Laboratorio Geotecnico "SIDERCEM srl" di Caltanissetta, laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 246/93 - Circ. 349/STC/99.

Sulla scorta delle indagini geognostiche effettuate è possibile individuare nel sottosuolo dell'area del tracciato stradale le seguenti unità geologiche da caratterizzare geotecnicamente e cioè :

- ❑ COLTRE DI RIPORTO
- ❑ COLTRE COLLUVIALE
- ❑ COLTRE ALTERATA
- ❑ ARGILLE BRECCIATE
- ❑ TRUBI

Nella tabella sinottica seguente sono riportati i campioni prelevati evidenziando le unità geologiche di appartenenza individuate sulla scorta dei rilievi geologici e delle indagini geognostiche.

SONDAGGIO	CAMPIONI			
	N°	SIGLA	PROFONDITÀ PRELIEVO	UNITA' GEOLOGICA
S1	1	S1C1	1.50-2.00	Coltre di Riporto
	2	S1 C2	5.00-5.50	Coltre di Alterata
	3	S1 C3	13.00-13.50	Substrato Argille Brecciate
S2	1	S2 C1	1.50-2.00	Coltre Colluviale
	2	S2 C2	3.00-3.50	Coltre Alterata
	3	S2 C3	14.50-15.00	Substrato Trubi

S3	1	S3 C1	1.50-2.00	Coltre Colluviale
	2	S3 C2	3.00-3.50	Coltre Alterata
	3	S3 C3	14.50-15.00	Substrato Argille Brecciate
S4	1	S4 C1	1.50-2.00	Coltre Colluviale
	2	S4 C2	2.00-3.40	Coltre Alterata
	3	S4 C3	15.00-15.40	Substrato Argille Brecciate
S5	1	S5 C1	3.00-3.50	Coltre Alterata
	2	S5 C2	5.00-5.40	Substrato Argille Brecciate
	3	S5 C3	15.00-15.50	Substrato Argille Brecciate
S5A	1	S5A C1	1.50-2.00	Coltre Alterata
	2	S5A C2	3.00-3.50	Substrato Trubi
	3	S5A C3	14.70-15.00	Substrato Argille Brecciate
S6	1	S6 C1	1.50-2.00	Coltre Colluviale
	2	S6 C2	4.00-4.50	Coltre Alterata
	3	S6 C3	15.00-15.50	Substrato Argille Brecciate
S6.1	1	S61 C1	1.50-1.90	Coltre di Riporto
	2	S6 1 C2	3.00-3.50	Coltre Colluviale
	3	S6 1 C3	15.00-15.40	Substrato Argille Brecciate
S7	1	S7 C1	1.50-2.00	Coltre di Riporto
	2	S7 C2	3.00-3.50	Coltre Colluviale
	3	S7 C3	14.50-15.00	Substrato Argille Brecciate

<b>S8</b>	<b>1</b>	<b>S8 C1</b>	<b>1.50-2.00</b>	<b>Coltre di Riporto</b>
	<b>2</b>	<b>S8 C2</b>	<b>3.00-3.40</b>	<b>Coltre Colluviale</b>
	<b>3</b>	<b>S8 C3</b>	<b>14.50-15.00</b>	<b>Substrato Argille Brecciate</b>

I terreni e le rocce che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici, sono stati raggruppati in 5 classi indicate nella seguente tabella.

<b>DT</b>	Coltre di riporto e colluviale a grana fina costituite di limi con argille e argille con limi variamente sabbiosi e ghiaiosi, di colore marrone a struttura rimaneggiata, alterate ed ossidate , talvolta humifere.
<b>TRB α</b>	Coltre di alterazione del substrato dei Trubi (TRB) : marne argillose e argille marnose avana con struttura fratturata , alterate.
<b>TRB</b>	Trubi : marne argillose e argille marnose grigio-azzurre chiaro con struttura fratturata .
<b>ABα</b>	Coltre di alterazione del substrato delle Argille Brecciate (AB) : argille con limo giallastre con bande azzurre a struttura brecciata
<b>AB</b>	Argille Brecciate: argille con limo grigio azzurre a struttura brecciata

#### Classificazione geotecnica dei terreni

#### **COLTRE DETRITICA – DT -**

Litologicamente l'unità è costituita da argille ( 44,93 %<A< 61,24%) con limo (39,47%<L<30,31%) bruno-marroni con struttura rimaneggiata, inglobanti clasti delle dimensioni della Ghiaia fine ( 0,38%<G<7,73%) a spigoli vivi e sub arrotondati. Risulta alterata ed ossidata e con tracce di humus.

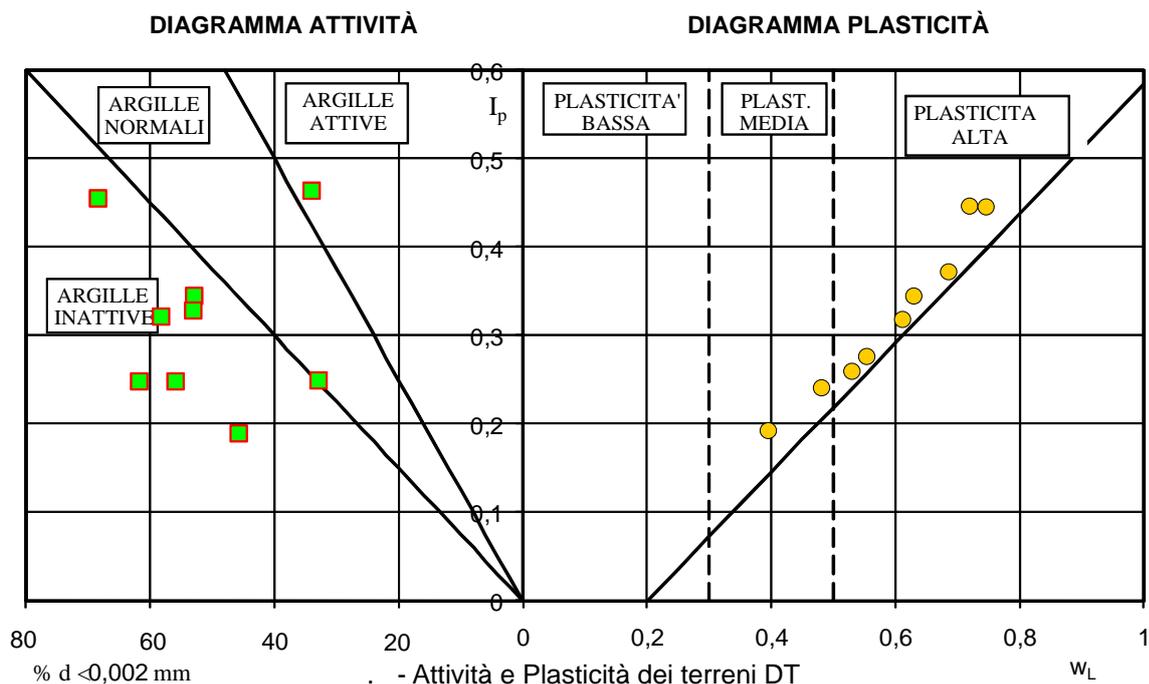
Nella seguente tabella, sono sintetizzati i campioni su cui è basata la caratterizzazione e le relative caratteristiche geotecniche derivanti dalla sperimentazione in laboratorio.

SONDAGGIO		CARATTERISTICHE FISICHE CAMPIONI																	
		°	Z	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITÀ GEOLOGICA	$W_n$	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	$e$	$w$	$s$	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	$W_L$	$W_p$
S8	1	S8 C1	1.50 · 2.00	Ripporto	28,60	2.725	1.882	1.463	0,863	0,463	89	0,88	8,33	39,87	50,91	54,9	28	26,9	26
	2	S8 C2	3,00 · 3,40	Colluvio	24,80	2.719	1.927	1.544	0,761	0,432	89	0,88	8,33	39,87	50,91	54,9	28	26,9	26
S7	1	S7 C1	1.50 · 2.00	Ripporto	25,7	2.585	1.935	1.539	0,679	0,397	90,5	3,69	7,73	21,47	67,11	74,2	28,3	45,9	
	2	S7 C2	3,00 · 3,50	Colluvio	26,60	2.605	1.918	1.515	0,720	0,418	96,5	1,36	10,28	33,92	54,44	62,1	29,1	33,0	
S6.1	1	S6.1 C1	1.40 · 1.80	Colluvio	27,9	2.655	1.898	1.5483	0,790	0,441	94					66,2	28,4	37,8	
	1	S6 C1	1.50 · 2.00	Colluvio	22,9	2.600	1.926	1.567	0,659	0,769	90,5	7,73	21,47	67,11	35,18	74,2	28,3	45,9	
S3	1	S3 C1	1.50 · 2.00	Colluvio	39,5	2.726	1.756	1.259	1.165	0,538	93	0,38	8,54	31,86	59,21	63,2	30,5	32,7	
	1	S6 C2	1.50 · 2.00	Colluvio	21,6	2.725	2.065	1.699	0,604	0,377	97	0,44	15,16	39,47	44,93	40,06	21,5	19,1	
S2	1	S2 C1	1.50 · 2.00	Colluvio	21,6	2.725	2.065	1.699	0,604	0,377	97	0,44	15,16	39,47	44,93	40,06	21,5	19,1	
	1	S1 C1	1.50 · 2.00	Ripporto	15,6	2.622	1.993	1.723	0,521	0,343	78,7	1,64	17,48	45,70	35,18	46,5	19,6	26,9	

Il peso minimo dell'unità volume  $\gamma$  è risultato pari a 17,22 KN/ m<sup>3</sup>, mentre il massimo è risultato di 20.25 KN/ m<sup>3</sup>.

I valori di umidità naturale  $W_n$  variano da un minimo di 15,6% ad un massimo di 39,5 % sono paragonabili o superiori ai valori del limite plastico determinando uno stato di consistenza solido-plastico, caratterizzato da valori dell'indice di consistenza  $I_c$  variabili tra 0.75 e 1.

Nella carta di plasticità i campioni rientrano nel campo delle argille inorganiche di media ed alta plasticità.



Nella carta di attività i campioni rientrano nel campo delle argille inattive.

La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito valori variabili tra un minimo di 44,75kN/m<sup>2</sup> ed un massimo di 282 kN/m<sup>2</sup>.

Le caratteristiche meccaniche determinate mediante prove di taglio CD hanno determinato valori della coesione efficace  $c'$  variabili tra un minimo di 2,40 kPa ed un massimo di 47.80 kPa . L' angolo di attrito  $\phi'$  varia tra un minimo di 14,60° ed un massimo di 28.50°.

SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITA' GEOLOGICA	γ	Taglio Diretto		ELL	Prova compressione triassiale UU		Pocket
						C' KPa	φ	Cu KPa	Cu KPa	φ	KPa
S1	1	S1 C1	1.50-2.00	Ripporto	1,993	31,40	19,70	282			>600
S2	1	S2 C1	1.50-2.00	Colluvio	2.065						487
S3	1	S3 C1	1.50-2.00	Colluvio	1.756	23,10	27,10		187	0°	>600
S6	1	S6 C1	1.50-2.00	Colluvio	1,926	2,40	25,70	213,72			>600
S6.1	1	S6.1 C1	1.40-1.80	Colluvio	1,898	16,70	19,70		54,10	0°	147
S7	1	S7 C1	1.50-2.00	Ripporto	1,935	33,30	15,60		54,10	0°	307
	2	S7 C2	3.00-3.50	Colluvio	1,918	47,0	15,00	44,75			233
S8	1	S8 C1	1.50-2.00	Ripporto	1,882	29,00	14,60	63,67			187
	2	S8C2	3.00-3.40	Coltre Colluviale	1,927	47,80	28,50		108,30	0°	547

## COLTRE DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO DEI TRUBI (TRB) –TRB 1-

Litologicamente l'unità è costituita da argille (A - 69,27%) con limo L - 26,71%) o Limo ( L 45,19%) con Argilla (43,64 %) , debolmente sabbiosa (3,25% <S< 10,13 5) bruno-avana con struttura assente.. Risulta alterata ed ossidata e con tracce di sostanza organica.

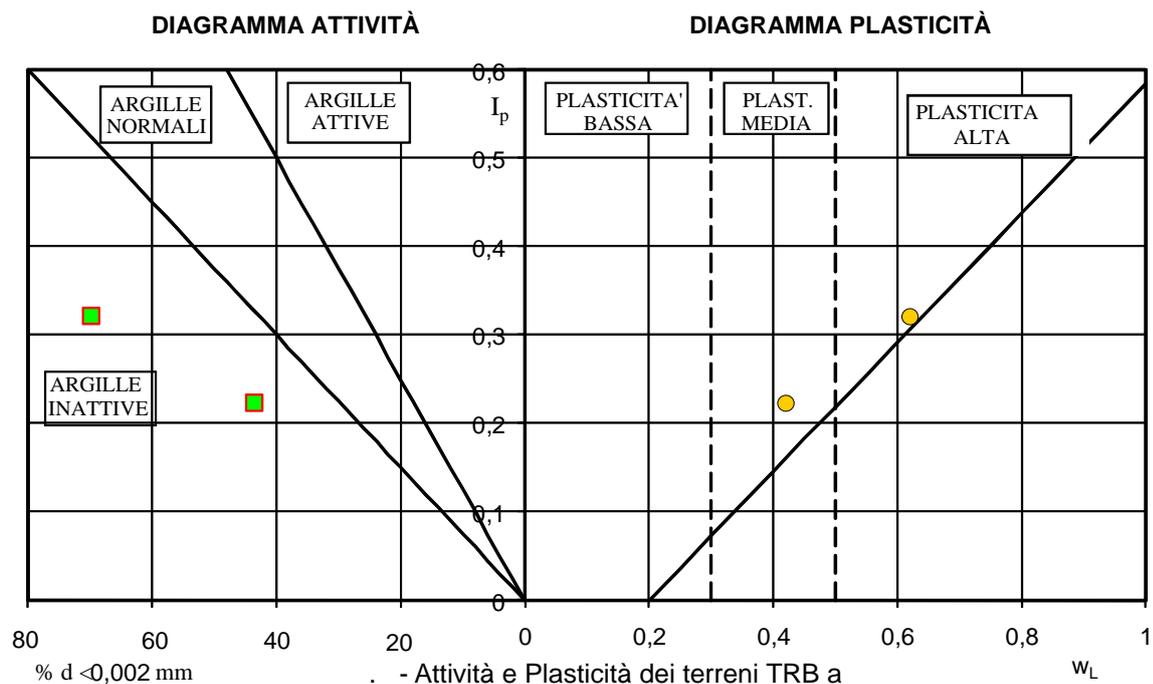
Nella seguente tabella, sono sintetizzati i campioni su cui è basata la caratterizzazione e le relative caratteristiche geotecniche derivanti dalla sperimentazione in laboratorio

CARATTERISTICHE FISICHE CAMPIONI																			
SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITÀ GEOLOGICA	Wn	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	e	n	s	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	WI	Wp	Ip	
S2	1	C2	3.00 3.50	TRB 1	19,90	2,719	2,022	1,687	0,612	0,380	88	1,05	10,13	45,19	43,64	41,10	17,90	23,20	
S5A	1	C1	1.50 2.00	TRB 1	30,09	2,733	1,911	1,460	0,871	0,466	97	0,07	3,25	26,71	69,97	63,1	31,80	31,3	

Il peso minimo dell'unità volume  $\gamma$  è risultato pari a 18,74 KN/ m<sup>3</sup>, mentre il massimo è risultato di 19.22 KN/ m<sup>3</sup>.

I valori di umidità naturale Wn variano da un minimo di 19,90% ad un massimo di 30,09 % e sono paragonabili o superiori ai valori del limite plastico determinando uno stato di consistenza solido-plastico, caratterizzato da valori dell'indice di consistenza Ic variabili tra 0.75 e 1.

Nella carta di plasticità i campioni rientrano nel campo delle argille inorganiche di media ed alta plasticità.



Nella carta di attività i campioni rientrano nel campo delle argille inattive.

La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito un valore di 61 kPa.

#### SUBSTRATO DEI TRUBI -TRB -

Litologicamente l'unità è costituita da argille (45,64% <math>A < 55,97\%</math>) con limo (44,51% <math>L < 45,64\%</math>), debolmente sabbiosa (6,64% <math>S < 7,48\%</math>) grigio-avana con struttura fratturata,.

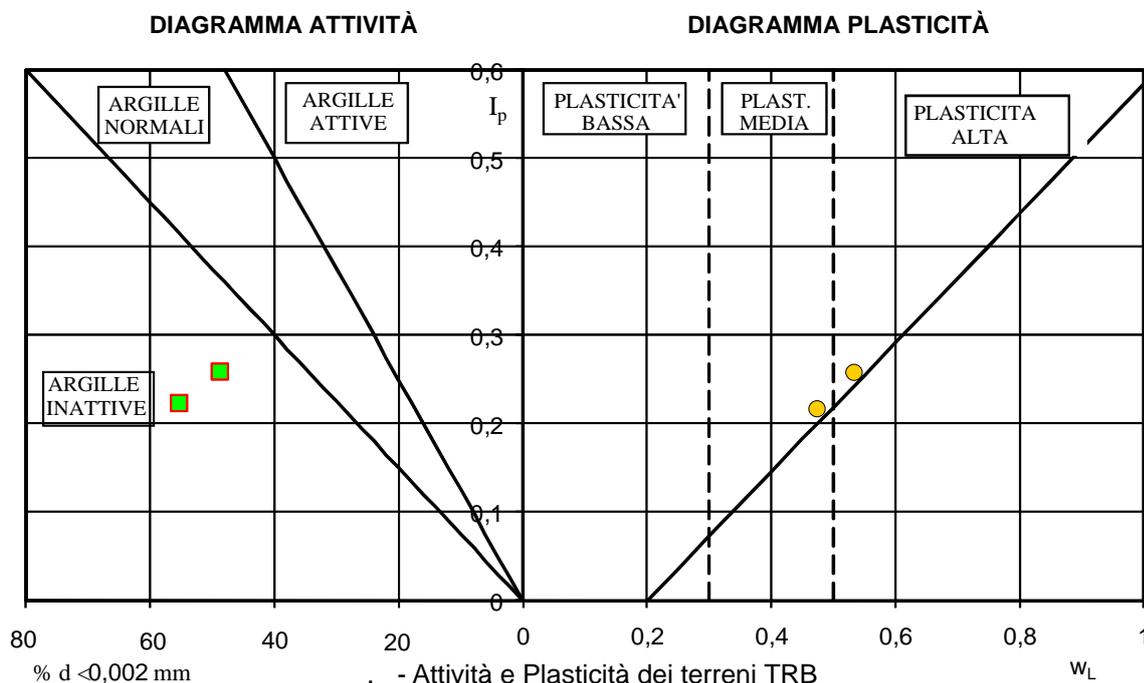
Nella seguente tabella, sono sintetizzati i campioni su cui è basata la caratterizzazione e le relative caratteristiche geotecniche derivanti dalla sperimentazione in laboratorio

CARATTERISTICHE FISICHE CAMPIONI																		
SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITA' GEOLOGICA	$w_n$	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	$e$	$n$	$s$	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	$w_l$	$w_p$	$I_p$
S2	1	S2 C3	14.50 - 15.00	TRB	32,30	2,723	1,748	1,321	1,061	0,515	83	0	6,64	37,39	55,97	48,80	27,90	20,90
S5A	2	S5A C2	3.20- 3.60	TRB	23,80	2,716	2,018	1,630	0,667	0,40	97	2,37	7,48	44,51	45,64	53,3	28,60	24,70

Il peso minimo dell'unità volume  $\gamma$  è risultato pari a 17,14 KN/ m<sup>3</sup>, mentre il massimo è risultato di 19.78 KN/ m<sup>3</sup>.

I valori di umidità naturale  $w_n$  variano da un minimo di 23,80% ad un massimo di 32,30 % e sono paragonabili o superiori ai valori del limite plastico determinando uno stato di consistenza solido-plastico, caratterizzato da valori dell'indice di consistenza  $I_c$  variabili tra 0.75 e 1.

Nella carta di plasticità i campioni rientrano nel campo delle argille inorganiche di media ed alta plasticità.



Nella carta di attività i campioni rientrano nel campo delle argille inattive.

La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito un valore variabile tra un minimo di 27 kPa ed un massimo di 39 kPa.

Le caratteristiche meccaniche determinate mediante prove di taglio CD sul campione S2C2 hanno determinato valori della coesione efficace  $c'$  di kPa . L' angolo di attrito  $\phi'$  è risultato di 17,70°.

#### **COLTRE DI ALTERAZIONE DEL SUBSTRATO DELLE ARGILLE BRECCIATE – AB $\alpha$ -**

Litologicamente l'unità è costituita da argille ( 54,90 %<A< 59,81%) con limo (31,56%<L<45,70%) bruno-giallastre con bande azzurre con struttura assente o brecciata. Risulta alterata ed ossidata.

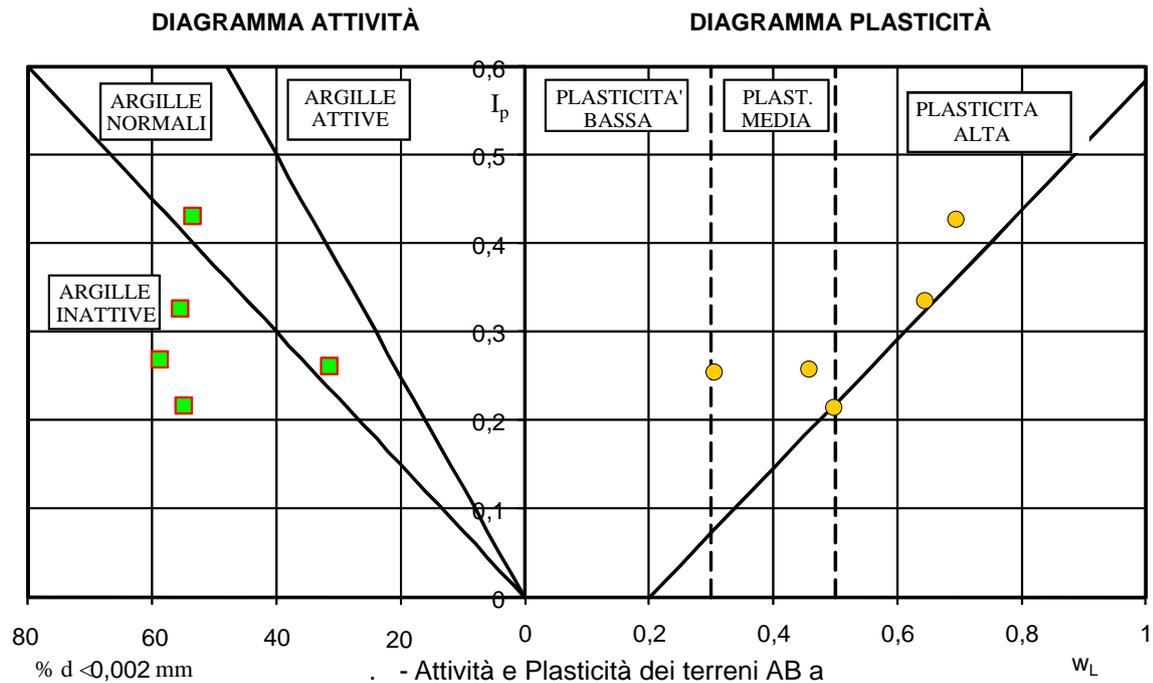
Nella seguente tabella, sono sintetizzati i campioni su cui è basata la caratterizzazione e le relative caratteristiche geotecniche derivanti dalla sperimentazione in laboratorio.

		CARATTERISTICHE FISICHE CAMPIONI																	
SONDAGGIO	°	Z	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITÀ GEOLOGICA	W <sub>n</sub>	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	e	n	s	Gh <sub>100</sub>	Sabbia	Limo	Argilla	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	Ip
S1	2		S1 Q2	5.00 5.50	AB1	15,6	2,622	1,993	1,723	0,521	0,343	78,7	1,64	17,48	45,70	35,18	46,5	19,6	26,9
S3	2		S3 Q2	3.00 3.50	AB1	31,7	2,722	1,859	1,412	0,928	0,481	93	1,44	7,24	34,72	56,60	65,1	33,5	31,6
S4	2		S4 Q2	5.00 5.30	AB1	27,7	2,722	1,951	1,527	0,782	0,439	97	0,69	7,17	37,24	54,90	50	29,7	20,3
S5	1		S5 Q1	3.00 3.50	AB1	32,5	2,727	1,839	1,389	0,964	0,491	92	2,95	5,68	31,56	59,81	57,3	30,0	27,3
S6	2		S6 Q2	4.00 4.50	AB1	23,50	2,618	1,992	1,613	0,624	0,418	98,8	0,82	9,39	34,47	55,32	71,0	27,5	43,50

Il peso minimo dell'unità volume  $\gamma$  è risultato pari a 18,03 KN/ m<sup>3</sup>, mentre il massimo è risultato di 19,54 KN/ m<sup>3</sup>.

I valori di umidità naturale W<sub>n</sub> variano da un minimo di 15,6% ad un massimo di 32,5 % sono inferiori ai valori del limite plastico determinando uno stato di consistenza semi-solido, caratterizzato da valori dell'indice di consistenza I<sub>c</sub> superiori 0.75 .

Nella carta di plasticità i campioni rientrano nel campo delle argille inorganiche di media ed alta plasticità.



Nella carta di attività i campioni rientrano nel campo delle argille inattive e normali.

La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito valori variabili tra un minimo di 44,75 kPa ed un massimo di 282 kPa.

SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITA' GEOLOGICA	$\gamma$	Taglio Diretto		ELL	Prova compressione triassiale UU		Pocket
						C' KPa	$\phi$	$C_u$ KPa	$C_u$ KPa	$\phi$	KPa
S1	2	S1 C2	5.00-5.50	AB $\alpha$	1,993	42,90	24	304			>600
S3	2	S3 C2	3.00-3.50	AB $\alpha$	1,859	30,60	32,5	94			487
S4	2	S4 C2	5.00-5.30	AB1	1,951	6,80	29,20		140	0°	413
S5	1	S5 C1	3.00-3.50	AB1	1,839	4,40	19,50		94,60	0°	260
						2,5	18,50				
S6	2	S6 C2	4.00-4.50	AB1	1,992	35,0	20,80	74,92			373

Le caratteristiche meccaniche determinate mediante prove di taglio CD hanno determinato valori della coesione efficace  $c'$  variabili tra un minimo di 4,40 kPa ed un massimo di 42.90 kPa . L' angolo di attrito  $\phi'$  varia tra un minimo di 19,50° ed un massimo di 28.50°.

Una prova di taglio per la valutazione dei parametri di taglio residuo per il campione S 5 C1 hanno fornito i seguenti valori  $c'$  2,50 kPa e angolo di attrito  $\phi'$  18,50°.

La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito un valore variabile tra un minimo di 74,92 kPa ed un massimo di 304 kPa.

I valori della coesione non drenata  $c_u$ , ricavati da prove triassiali UU variano da 94,60 kPa a 140 kPa.

### SUBSTRATO DELLE ARGILLE BRECCIATE – AB -

Litologicamente l'unità è costituita da argille (43,18%<A<51,19%) con limo e limi con argilla (43,17%<L<50,17%) grigio azzurre con struttura brecciata o puddingoide. Nella seguente tabella, sono sintetizzati i campioni su cui è basata la caratterizzazione e le relative caratteristiche geotecniche derivanti dalla sperimentazione in laboratorio.

CARATTERISTICHE FISICHE CAMPIONI																		
SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITA' GEOLOGICA	$W_n$	$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	$e$	$n$	$s$	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Wl	Wp	Ip
S1	2	S1 C3	13.00- 13.50	AB	15,6	2,622	1,993	1,723	0,521	0,343	78,7	1,64	17,48	45,70	35,18	46,5	19,6	26,9
S3	3	S3 C3	14,5015.00	AB	24.8	2.715	1.969	1.577	0.721	0,419	94	2.90	7.59	44.18	45.33	69.3	29.1	40.2
S4	3	S4 C3	15.00- 15.40	AB	21.3	2.718	2.039	1.681	0.617	0.382	94	0.36	7.52	49.13,	43.0	59.6	27.8	31.80
S5	3	S5 C3	15.00- 15.50	AB	21.0	2.722	2.046	1.692	0.609	0.379	94	0.09	5.55	43.17	51.19	66.7	28.4	38.3



La coesione non drenata  $C_u$ , determinata sulla base di prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), ha fornito valori variabili tra un minimo di 105,61 kPa ed un massimo di 378 kPa.

SONDAGGIO	N°	SIGLA	PROFONDITÀ	UNITA' GEOLOGICA	$\gamma$	Taglio Diretto		ELL	Prova compressione triassiale UU		Pocket
						C' KPa	$\phi$	$C_u$ KPa	$C_u$ KPa	$\phi$	KPa
S1	2	S1 C3	13.00-13.50	AB	1.993	14,70	23,80		245,2	0°	250
S3	3	S3 C3	14,50-15.00	AB	1.969	64,40	10,4		224.7	0°	543
S4	3	S4 C3	15,00-15.40	AB	2.039	53,9	16,50	378			600
S5	3	S5 C3	15,00-15.50	AB	2.046	36,20	25,60	318			>600
S5 A	3	S5A C3	14,70-15.00	AB	2.098	57.5	27,0				>600
S6 1	3	S6 1 C3	15,00-15.40	AB	1.885	26,70	23.20	105,61			>600
S8	3	S8 C3	14,50-15.00	AB	1.965	9.0	21.7				>600

I valori della coesione non drenata  $C_u$ , ricavati da prove triassiali UU variano da 224,70 kPa a 245,20 kPa.

Le caratteristiche meccaniche determinate mediante prove di taglio CD hanno determinato valori della coesione efficace  $c'$  variabili tra un minimo di 9.0 kPa ed un massimo di 53.90 kPa . L' angolo di attrito  $\phi'$  varia tra un minimo di 16,50° ed un massimo di 27. 0°.

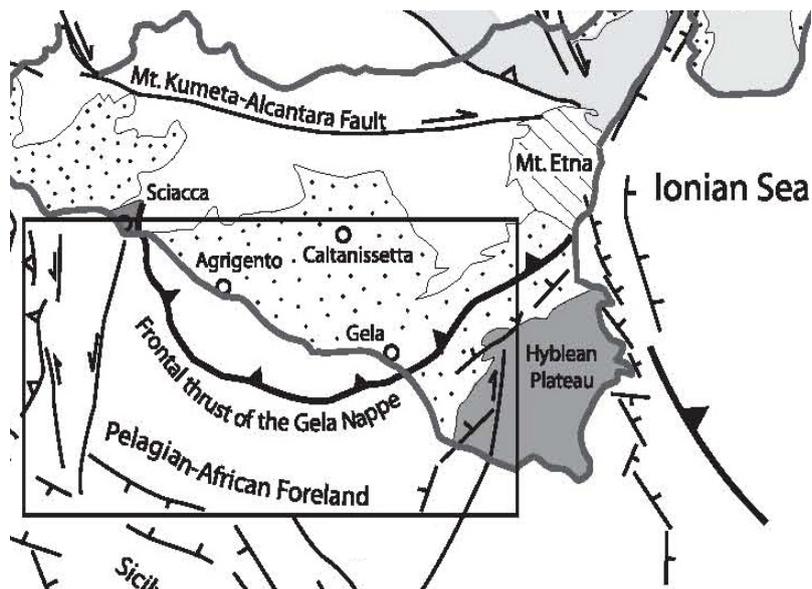
La prova di taglio CD sul campione S3 C3 ha fornito valori anomali sia dell'angolo di attrito ( 10,4 °) sia della coesione ( 64,40 KPa)

## 12.- SISMICITA' DELL'AREA IN STUDIO

### Macrosismicità dell'area

Il presente capitolo definisce il quadro macrosismico generale del territorio attraversato dall'opera 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.

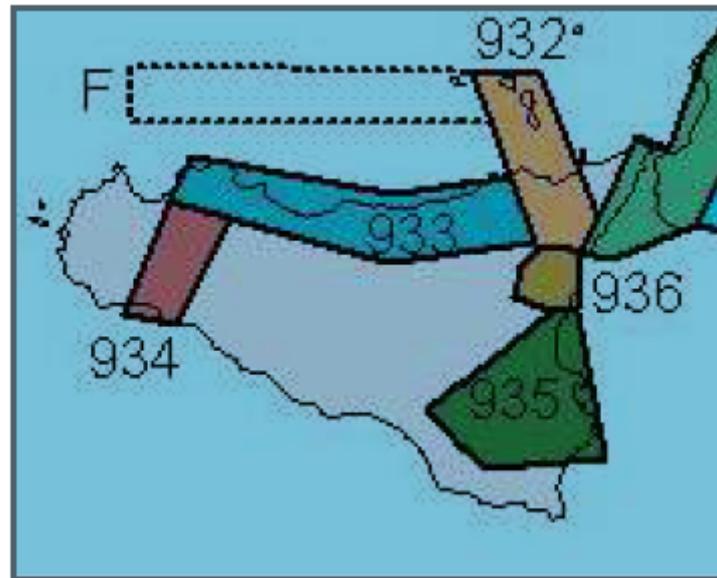
Il tracciato stradale in studio rientra, dal punto di vista geotettonico, nella macro area del Bacino di Caltanissetta; tale area, sebbene soggetta al "carico sismico" di diverse "regioni sismogenetiche" con terremoti diversi sia in termini focali che di sorgente, legati all'attiva tettonica regionale, e caratterizzati da elevate intensità e frequenze di accadimento variabili, non rientra tra quelle con presenza di macrostrutture sismicamente attive.



Sebbene quindi il Bacino di Caltanissetta, come macroarea sia soggetta al "carico sismico" di diverse "regioni sismogenetiche" con terremoti diversi sia in termini focali che di sorgente, legati all'attiva tettonica regionale, e caratterizzati da elevate intensità e frequenze di accadimento variabili, lo stesso non è da considerarsi come una regione sismogenetica.

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 (Z69). Tale zonizzazione, condotta tramite analisi cinematica degli elementi

geologici cenozoici e quaternari 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.



Zonizzazione sismogenetica del territorio italiano (Z69)

- 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

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

*Sintesi aree sismogenetiche*

### Sismicità storica

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.

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.

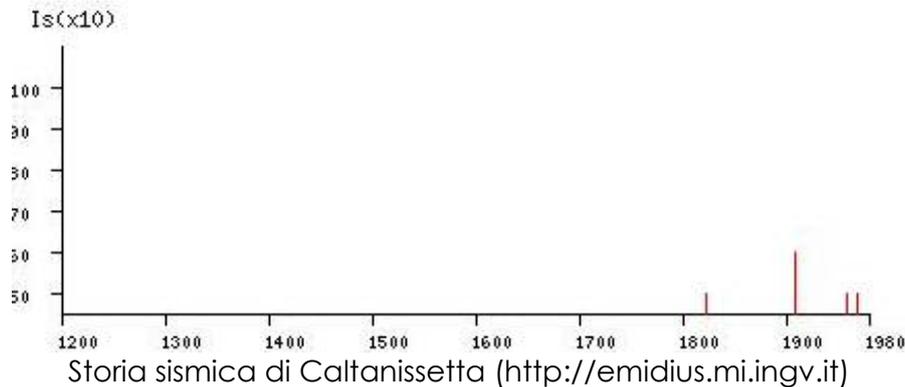
Per l'area nissena le seguenti tabelle sintetizzano gli eventi sismici di maggiore entità.

<b>Comune</b>	<b>Lat</b>	<b>Lon</b>	<b>I max</b>
<b>ACQUAVIVA PLATANI</b>	<b>37.57153</b>	<b>13.70284</b>	<b>≤ 6</b>
<b>BOMPENSIERE</b>	<b>37.47221</b>	<b>13.78185</b>	<b>≤ 6</b>
<b>BUTERA</b>	<b>37.18796</b>	<b>14.18390</b>	<b>7</b>
<b>CALTANISSETTA</b>	<b>37.51104</b>	<b>13.71363</b>	<b>≤ 6</b>
<b>CAMPOFRANCO</b>	<b>37.51104</b>	<b>13.71363</b>	<b>≤ 6</b>
<b>DELIA</b>	<b>37.35699</b>	<b>13.92736</b>	<b>≤ 6</b>
<b>GELA</b>	<b>37.07099</b>	<b>14.24023</b>	<b>8</b>
<b>MARIANOPOLI</b>	<b>37.59787</b>	<b>13.91538</b>	<b>≤ 6</b>
<b>MAZZARINO</b>	<b>37.30464</b>	<b>14.21694</b>	<b>8</b>
<b>MILENA</b>	<b>37.47063</b>	<b>13.73563</b>	<b>≤ 6</b>
<b>MONTEDORO</b>	<b>37.45418</b>	<b>13.81548</b>	<b>≤ 6</b>
<b>MUSSOMELI</b>	<b>37.57784</b>	<b>13.75336</b>	<b>≤ 6</b>
<b>NISCEMI</b>	<b>37.14689</b>	<b>14.38920</b>	<b>9</b>
<b>RESUTTANO</b>	<b>37.67917</b>	<b>14.02999</b>	<b>8</b>
<b>RIESI</b>	<b>37.28233</b>	<b>14.08321</b>	<b>7</b>
<b>SAN CATALDO</b>	<b>37.48483</b>	<b>13.98916</b>	<b>≤ 6</b>
<b>SANTA CATERINA VILLARMOSSA</b>	<b>37.58988</b>	<b>14.03174</b>	<b>7</b>
<b>SERRADIFALCO</b>	<b>37.45610</b>	<b>13.88141</b>	<b>≤ 6</b>
<b>SOMMATINO</b>	<b>37.33304</b>	<b>13.99246</b>	<b>7</b>
<b>SUTERA</b>	<b>37.52377</b>	<b>13.73314</b>	<b>≤ 6</b>
<b>VALLELUNGA PRATAMENO</b>	<b>37.68243</b>	<b>13.83084</b>	<b>≤ 6</b>
<b>VILLALBA</b>	<b>37.65352</b>	<b>13.84343</b>	<b>≤ 6</b>

Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Caltanissetta  
(<http://emidius.mi.ingv.it>)

<b>Data Anno</b>	<b>Effetti Is (MCS)</b>	<b>Epicentro</b>	<b>Ix</b>	<b>Ms</b>
<b>1908</b>	<b>60</b>	<b>CALABRO MESSINESE</b>	<b>110</b>	<b>73</b>
<b>1823</b>	<b>50</b>	<b>SICILIA N. OCC.LE</b>	<b>85</b>	<b>59</b>
<b>1959</b>	<b>50</b>	<b>PIANA DI CATANIA</b>	<b>65</b>	<b>47</b>
<b>1968</b>	<b>50</b>	<b>VALLE DEL BELICE</b>	<b>100</b>	<b>59</b>
<b>1967</b>	<b>45</b>	<b>SPERLINGA</b>	<b>80</b>	<b>51</b>
<b>1848</b>	<b>30</b>	<b>AUGUSTA</b>	<b>85</b>	<b>55</b>
<b>1978</b>	<b>30</b>	<b>GOLFO DI PATTI</b>	<b>80</b>	<b>61</b>
<b>1934</b>	<b>20</b>	<b>MADONIE</b>	<b>65</b>	<b>46</b>
<b>1818</b>	<b>NF</b>	<b>MADONIE</b>	<b>75</b>	<b>52</b>
<b>1819</b>	<b>NF</b>	<b>CASTELBUONO</b>	<b>75</b>	<b>52</b>
<b>1977</b>	<b>NF</b>	<b>MISTRETTA</b>	<b>65</b>	<b>40</b>
<b>1980</b>	<b>NF</b>	<b>MODICA</b>	<b>55</b>	<b>40</b>

Osservazioni sismiche disponibili per Caltanissetta  
(<http://emidius.mi.ingv.it>)



In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

### **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.

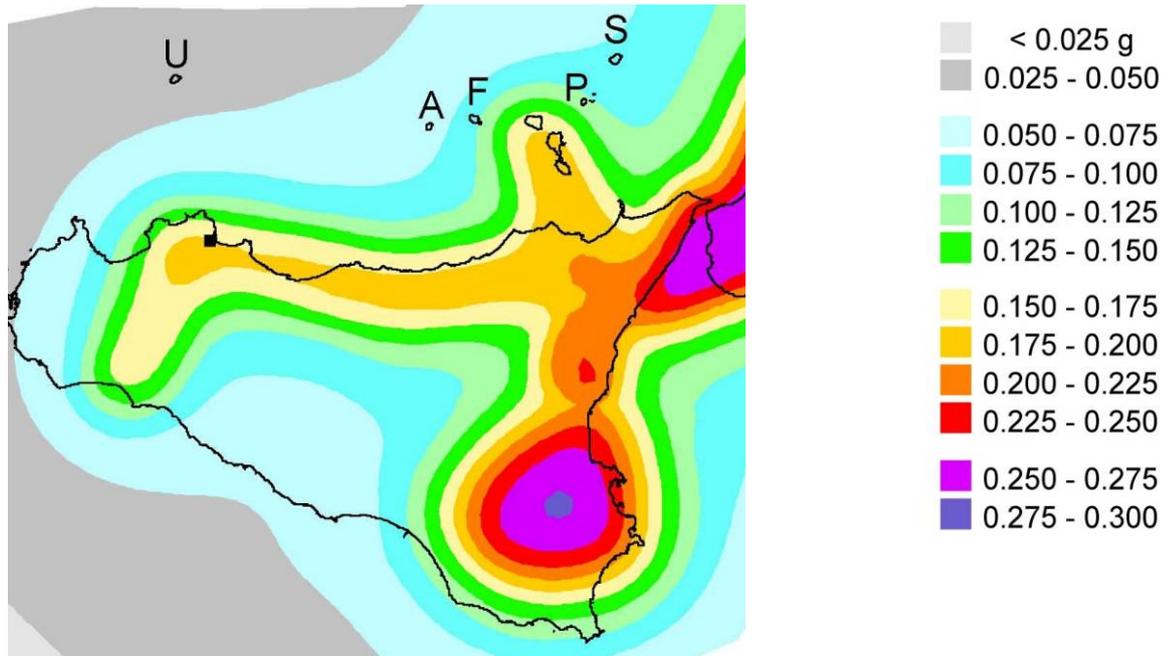
Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 (rimasto invariato dalla definizione delle NTC 2008) suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

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).



Pericolosità sismica, 50° percentile  $a_{max}$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni

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  $a_g$ , 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.

### **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,  $V_s$ . Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio definita dal parametro  $V_{S,30}$ , 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

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ esimo;

$V_{S,i}$  = 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/sec

La classificazione è basata sull'esito delle prove Down-Hole

### **Elaborazione dati geofisici e definizione della categoria del suolo di fondazione**

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. In particolare è stata eseguita n° 1 prove MASW .

I valori delle velocità delle onde sismiche sono stati elaborati con l'obiettivo di definire il parametro  $V_{seq}$  definito dall'espressione

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{S_i}}}$$

dove

$h_i$  = spessore dello strato iesimo;

$V_{si}$  = velocità delle onde di taglio nell' iesimo 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/sec.

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. L'elaborazione è finalizzata all'individuazione della categoria del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018.

I valori ottenuti di  $V_{s30}$  sono ascrivibili alla categoria di sottosuolo C, ai sensi della normativa tecnica NTC2018.

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

### **Rischio liquefazione dei terreni**

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale. La liquefazione è l'insieme dei fenomeni associati alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche che può avvenire nei terreni sabbiosi saturi quando sottoposti ad azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Sebbene terreni in sito appaiono caratterizzati da un generale graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, è stato verificato il rischio di liquefazione dei terreni.

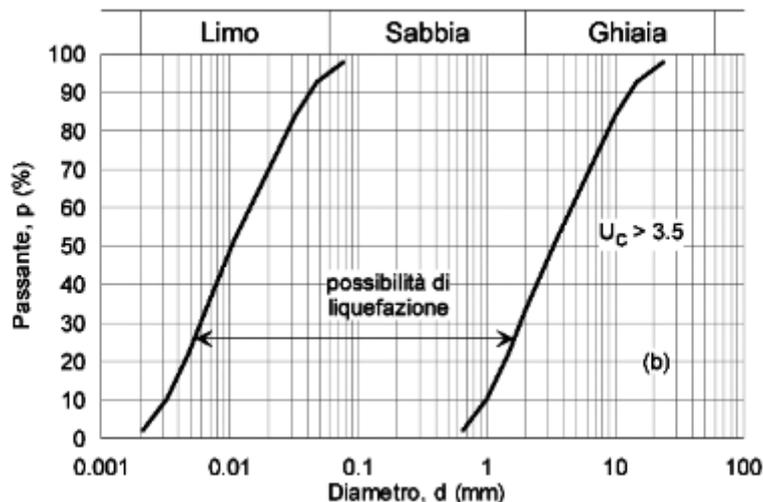
I requisiti che permettono di escludere la verifica, anche in presenza di uno solo di essi, (par. 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" -D.M. 17/01/2018) sono di seguito elencati:

- a) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- b) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- c) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- d) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in esame è possibile escludere la verifica alla liquefazione perché vengono soddisfatte le condizioni a) e d).

In particolare l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta nell'area in studio di 0,05 g (minore di 0.1 g);

Inoltre la composizione granulometrica, per la abbondante presenza di frazione limo-argillosa, si estende ben oltre il fuso granulometrico (con  $U_c > 3,5$ ) all'interno del quale i terreni possono essere suscettibili di liquefazione.



b)

Condizioni Topografiche

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 tengono conto degli effetti morfologici locali prendendo in considerazione il fattore di amplificazione topografica, definito sulla base dell'inclinazione media dei versanti. Per il sito in esame si è scelto la categoria topografica T2.

## 13.-GEOLOGIA APPLICATA- CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO DEL TRACCIATO

Nel paragrafo che segue si analizzerà nel dettaglio l'interazione tra il tracciato in esame e l'assetto geologico, geotecnico e idro-geomorfologico del territorio, al fine di fornire le specifiche caratterizzazioni geologiche propedeutiche e indispensabili per le scelte progettuali, in riferimento ai singoli tratti in cui è stato suddiviso l'intero tracciato

Tratto	Tavola	Progressive
1	1	0+000 ÷ 0+510
2	2	0+510 ÷ 0+990
3	3	0+990 ÷ 1+1450
4	4	1+1450 ÷ 1+960
5	5	1+960 ÷ 2+440
6	6	2+440 ÷ 2+960
7	7	2+960 – 3+397.74

## TRATTO 1 DALLA PROGR. 0+000 ÷ 0+510

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente, con inizio poco a Nord Ovest dell'incrocio tra la Via Borremans con le Vie Paladini ed Amari, (all'altezza del rifornimento di carburante Esso) con direzione NNO dalla progressiva 0+000 alla progr.0+260 per poi cambiare direzione con un'ampia curva proseguendo in direzione NNE . Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite dalla posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.



### **Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto compreso tra la progr 0+000 e la progr.0+500 , non sono state effettuate indagini geognostiche, per l'affioramento delle formazioni geologiche in superficie, ben visibili sulle scarpate a monte ed a valle della strada esistente:

### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata da una dissimmetria nei terreni affioranti ai lati della strada. A monte della sede stradale, al piede del versante acclive di Monte San Giuliano, affiorano le marne argillose della Form. Marne di Enna del Pliocene Medio, ricoperte da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5m.

A valle della sede stradale, in una area sub-pianeggiante affiorano le sabbie con intercalazione arenacee della Form. Sabbie di Lannari del Pliocene Superiore, anche esse ricoperte da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 3 m.

Il contatto tra le due formazioni di litologia e età differente è tettonico; la scarpata a monte della strada è da ascrivere ad una scarpata di faglia così come il terrazzo a valle.

Il contatto tettonico è databile al Pliocene Sup-Pleistocene ed è oggi inattivo.

### **Caratteristiche geomorfologiche**

L'asimmetria delle formazioni affioranti tra le due formazioni e la particolare situazione strutturale con contatto tettonico tra le due formazioni influenza la morfologia dell'area. A monte del tracciato stradale si sviluppa un versante che con pendenza del 30% si eleva da quota 642 m s.l.m. a quota 700 m s.l.m.

A valle dello stesso le pendenza si annullano degradando blandamente verso Nord.

I versanti intercettati dal tracciato sia quello a monte che quello a valle risultano stabili e non sono stati rilevati fenomeni erosivi tali da compromettere o influenzare significativamente le opere in progetto.

I fabbricati presenti nell'area non mostrano quadri fessurativi imputabili a traslazione dei terreni di sedime.

I risultati dell'indagine geomorfologica sono confermati dall'esame delle cartografie dei dissesti e della pericolosità rilevate nell'ambito dal P.A.I. dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente (Carta dei dissesti n° 04 Bacino F. Platani-063-) che confermano l'assenza di dissesti, pericolosità e rischi geomorfologici nell'area interessata dal tracciato stradale.

All'altezza delle sezioni 35-45, ad Est della strada in zona non interferente con essa, si rileva un esteso dissesto che si estende in direzione Est-Ovest su di un versante con pendenza del 15 %, con corona interessante il fabbricato della Coop.Postelegrafonica e piede estendentesi sino a Case Scarpinati.

La frana interessa diverse formazioni (Trubi, Argille Brecciate e Marne di Enna) e mostra nel suo complesso un diverso grado di attività. Il corpo principale interessante la scarpata subito a valle del fabbricato della Coop.Postelegrafonica mostra segni recenti di scorrimento; a difesa delle opere sono stati effettuati degli interventi di consolidamento costituiti da paratie di pali coronati da trave di collegamento in testa dei pali e da messa in opera di pali tirantati di consolidamento delle fondazioni esistenti. L'area a valle del dissesto in zona Casa Scarpinati è caratterizzata da una tipica morfologia superficiale con aree in contropendenza e con scarpate secondarie, zone terrazzate mammelloni. Questa parte del dissesto appare non mostrare indizi di attività recente per cui si ritiene stabilizzata naturalmente. Tuttavia, lungo il corpo di frana si osservano evidenze di riattivazione superficiale come testimoniato da alcuni manufatti danneggiati nella intermedia del corpo franoso.

L'esecuzione di opere di rilevanti opere di consolidamento a monte della zona di corona ha garantito le aree di monte e quelle del tracciato stradale da una possibile evoluzione del corpo franoso. Stessa osservazione non può essere estesa alle aree a valle del corpo franoso.

Da segnalare la necessità di regimentare il flusso delle acque superficiali scorrenti a monte del tratto stradale che, per la pendenza del versante, vengono concentrate verso il manto stradale.

In particolare modo si rileva flusso di acque superficiali canalizzato da una strada di accesso a proprietà private ed al fabbricato della scuola materna sita a monte della sede stradale, e tra le sezioni 37 e 52, come indicato nelle immagini con freccia azzurra.



Versante a monte del tracciato con flusso di acque superficiali verso la sede stradale

Durante le precipitazioni piovose si registra un flusso d'acqua sul nastro stradale (quasi la totalità degli afflussi, come evidenziato dal Topographic Wetness Index -TWI-, indice che rappresenta la capacità e la tendenza dei terreni di assorbire l'acqua)

Sulla sede stradale per la variazione della pendenza, vi è un elevato ristagno di acqua.

La cunetta ed i tombini esistenti a monte del nastro stradale esistente risultano, sia per dimensionamento che per assenza di manutenzione, del tutto incapaci di smaltire l'apporto di acque meteoriche.

Andrà quindi prevista la manutenzione straordinaria, e dove necessario la demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi) con realizzazione di fossi di guardia e canali al piede del versante.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili, a monte della sede stradale e di aree impermeabilizzate per intensa urbanizzazione non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

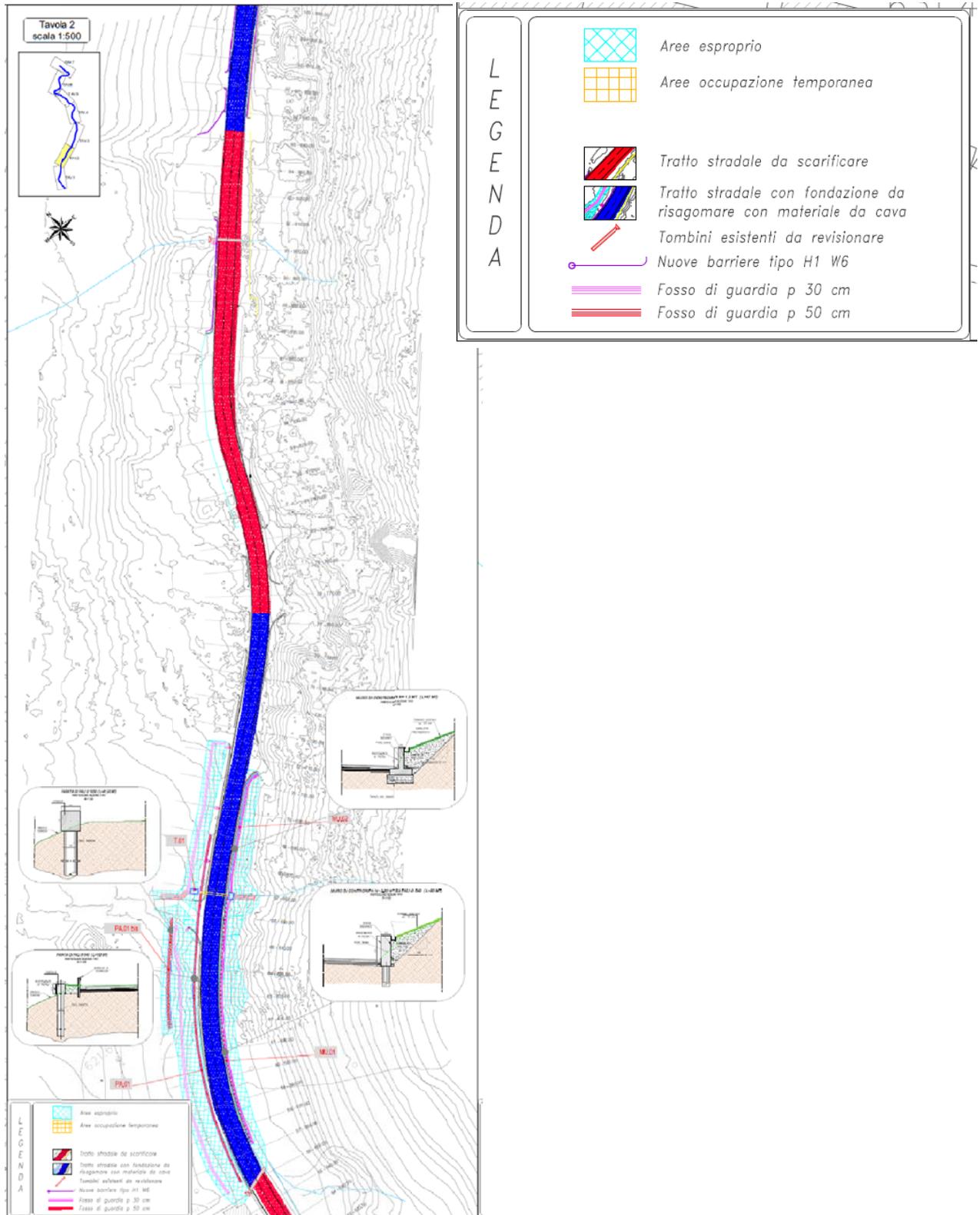
- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ assenza di dissesti interferenti con il tracciato sia in atto che potenziali
- ❑ assenza di dissesti sui fabbricati al limite della strada denotanti traslazione dei terreni di sedime
- ❑ assenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ presenza di deflusso superficiale e ruscellamento diffuso sul versante a monte e scarsamente
- ❑ rischio di ristagno d'acqua per scarso drenaggio delle stesse
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere

è possibile definire bassa la pericolosità geologica di tale porzione del tracciato-



## TRATTO 2 DALLA PROGR. 0+510 ÷ 0+990

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente dalla progr. 0+510 alla progr. 0+990 con direzione circa N-S



Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 0+510 alla progr. 0+550:**

1. posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

**dalla progr 0+550 alla progr. 0+760:**

2. Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);
3. Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;
4. Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto compreso tra la progr 0+510 e la progr. 0+990, alla progr. 0+ 640 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S1.

Il sondaggio geognostico, a rotazione a carotaggio continuo , spinto sino alla profondità di m 20 dal p.c., è stato ubicato in asse ad un dissesto morfologico presente tra le sezz. 56 e 69 circa ; lo stesso ha evidenziato la seguente stratigrafia :

da m 0.0 a m 2,50	Coltre di Riporto limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 2.50 a m 3.00	Coltre colluviale argilloso-sabbiosa con struttura rimaneggiata
da m 3.00 a m 6.00	Limi con argilla sabbiosi, alterati( Form. Marne di Enna)
da m 6.00 a m 20.00	Substrato costituito da argille limose con struttura brecciata

Il sondaggio geognostico è stato attrezzato con posa di tubo inclinometrico sino alla profondità di m 20 dal p.c.

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m , 5 m e 13 m dal p.c.

Le letture inclinometriche , effettuate dalla ditta TREESSE Engineering sono state eseguite con cadenza mensile dalla lettura di zero effettuata in data 28 maggio 2018 sino a Novembre 2018 per un totale di sei letture oltre quella di zero.

### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata da una dissimmetria nei terreni affioranti ai lati della strada. A monte della sede stradale, al piede del versante acclive di Monte San Giuliano, affiorano le marne argillose della Form. Marne di Enna del Pliocene Medio, ricoperte da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5m.

A valle della sede stradale, ad Ovest del tracciato della ex SS122 bis, in C.da Busiti, tra le quote 650 m s.l.m. e 500 m s.l.m. lungo l'incisione del Vallone Busiti affiorano le Argille Brecciate plioceniche. Il contatto tra le due formazioni di litologia e età differente è mascherato da depositi colluviali e di riporto

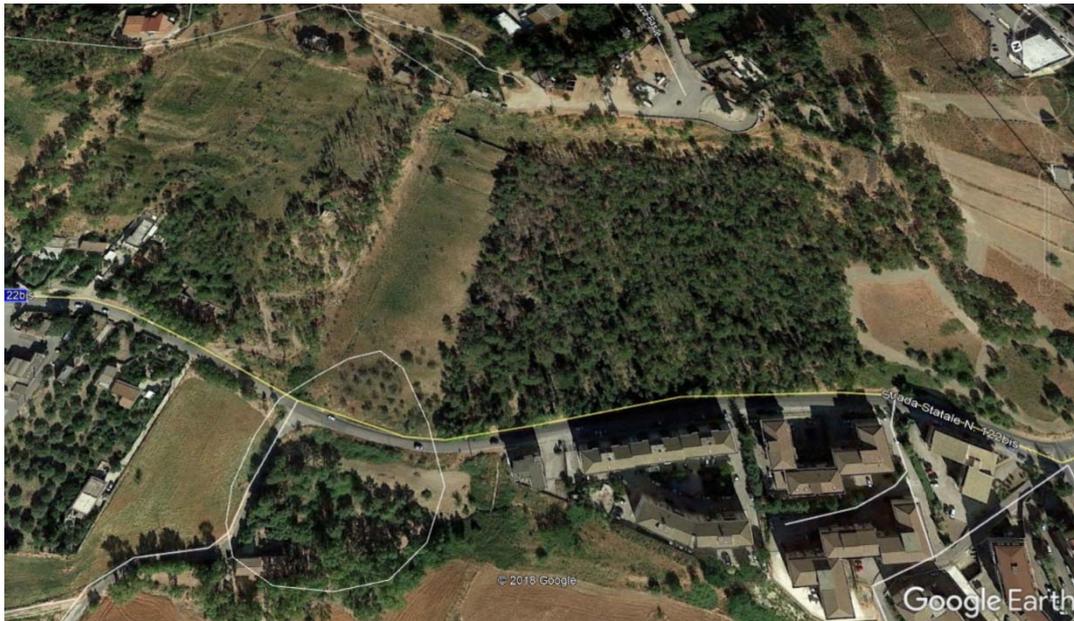
### **Caratteristiche geomorfologiche**

L'asimmetria delle formazioni affioranti tra le due formazioni influenza la morfologia dell'area. A monte del tracciato stradale si sviluppa un versante che con pendenza del 30% si eleva da quota 642 m s.l.m. a quota 700 m s.l.m.

A valle dello stesso il versante è caratterizzato da valori di pendenza del 14% (circa 8°) : Si osserva una filtrazione delle acque in sottosuolo evidenziata dalla scarsa incisione del reticolo idrografico.

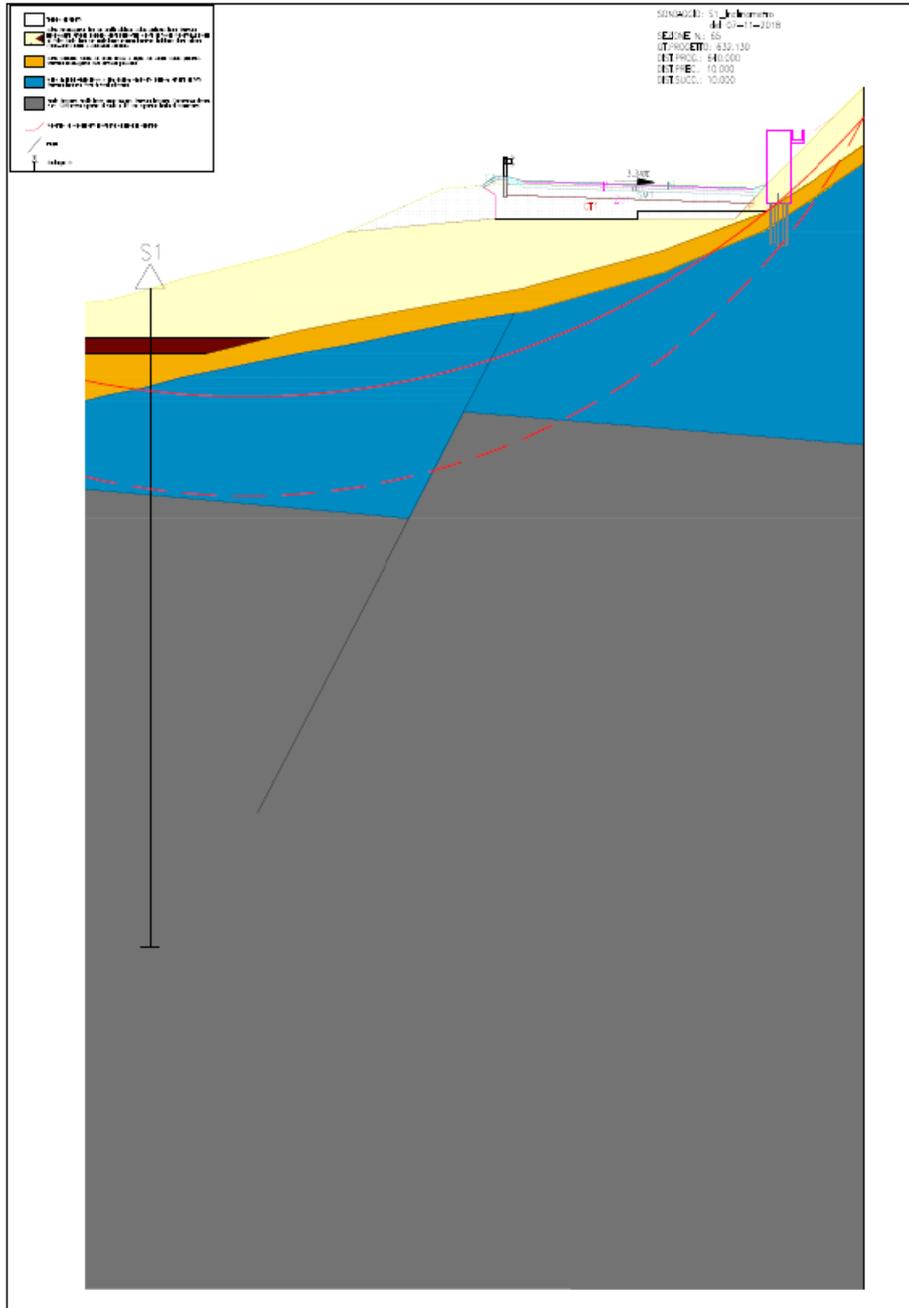
Tra le sezioni 56 e 71, interferente con il tracciato stradale, si rileva un dissesto ascrivibile al tipo roto-traslazionale. La frana interessa a monte del tracciato stradale, nella zona di corona la Form. delle Marne di Enna, mentre a valle del tracciato, nella zona di accumulo, la Form. delle Argille Brecciate plioceniche.

La corona a monte del tracciato stradale è evidenziata da una scarpata sub-verticale; il tracciato stradale è interessato da un sensibile avvallamento delimitato da fratture che evidenziano l'estensione trasversale del corpo di frana. A valle della sede stradale, il piede della frana è evidenziato dall'inclinazione verso monte della vegetazione secolare e dai dissesti di un vetusto fabbricato. La geometria del dissesto è ascrivibile ad un movimento per scorrimento rotazionale.



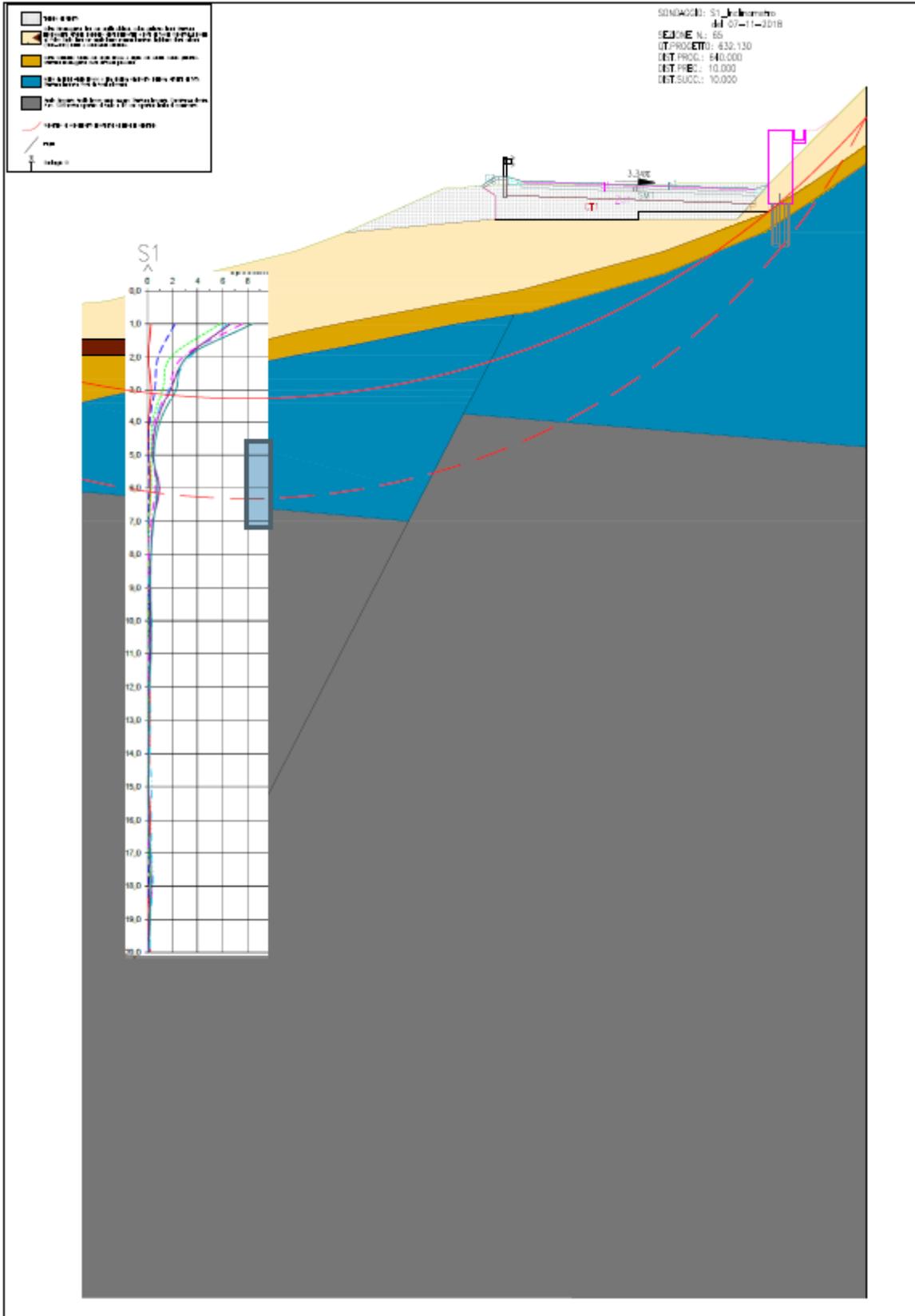
Delimitazione del dissesto tra le sezz. 56 e 71

La ricostruzione geologica della sezione in asse al dissesto rilevato ha evidenziato, come la superficie di contatto tra la coltre rimaneggiata, che nell'area raggiunge o spessore di circa 3 m, ed i limi argillosi sabbiosi della Form. Marne di Enna, costituisca la superficie preferenziale per lo scorrimento di tipo complesso che si è originato;



Sezione geologica in asse al dissesto tra le sezz. 56 e 71

I rilievi inclinometrici hanno confermato tale ipotesi , evidenziando altresì sebbene con minore evidenza un disturbo a - 6mt.. Andranno continuati i rilievi inclinometrici al fine di confermare l'esistenza di una ulteriore superficie di scivolamento.



Da segnalare la necessità di regimentare il flusso delle acque superficiali scorrenti a monte del tratto stradale che, per la pendenza del versante, vengono concentrate verso il manto stradale.

Sulla sede stradale per la variazione della pendenza, vi è un elevato ristagno di acqua.

La cunetta ed i tombini esistenti a monte del nastro stradale esistente risultano, sia per dimensionamento che per assenza di manutenzione, del tutto incapaci di smaltire l'apporto di acque meteoriche.

Andrà quindi prevista la manutenzione straordinaria, e dove necessario la demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi) con realizzazione di fossi di guardia e canali al piede del versante.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ presenza di dissesti franosi attivi, ascrivibili al tipo complesso, interferenti con il tracciato
- ❑ assenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ presenza di deflusso superficiale e ruscellamento diffuso sul versante a monte
- ❑ rischio di ristagno d'acqua per scarso drenaggio delle stesse
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

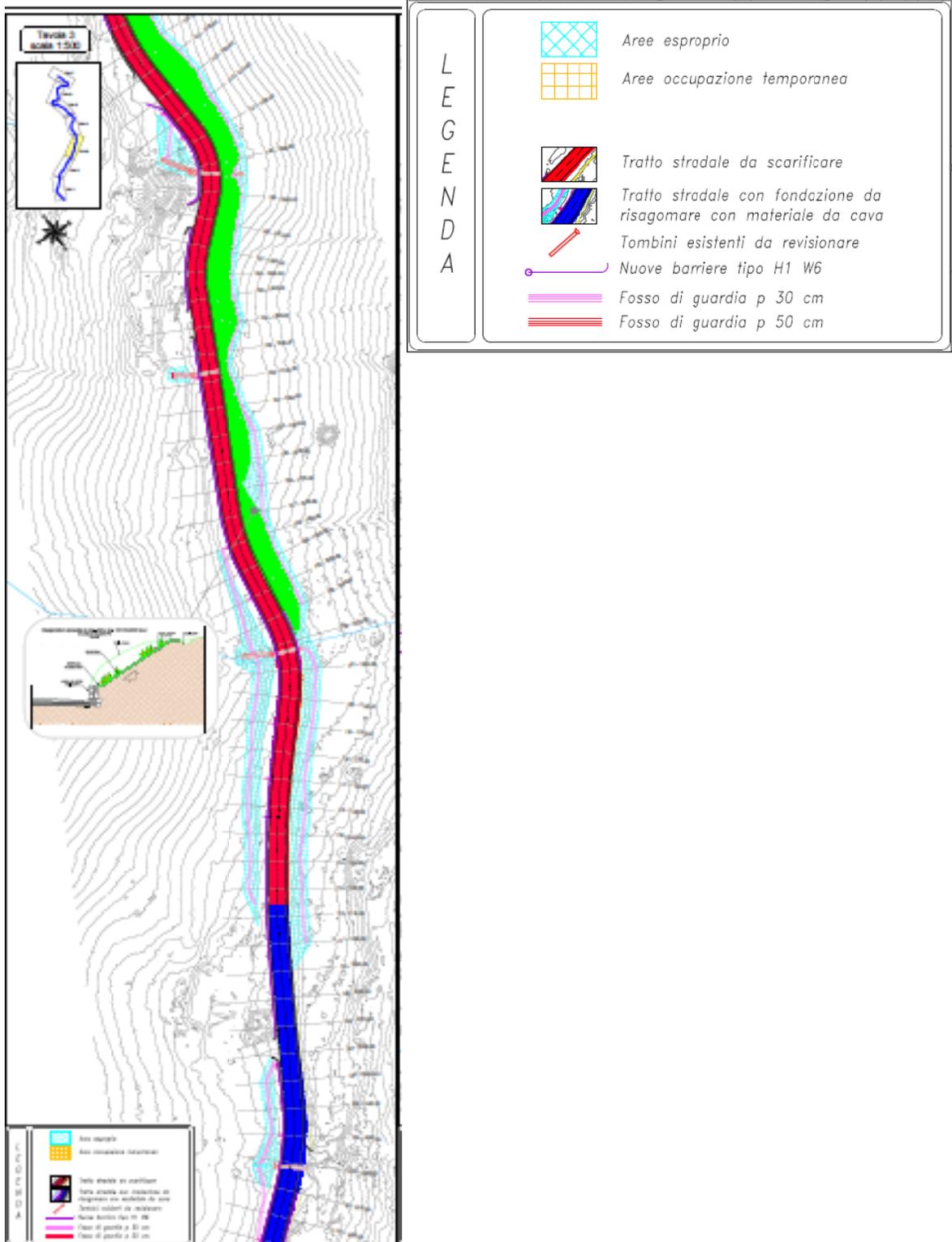
è possibile definire alta la pericolosità geologica dell'area.

TRATTO 2 DALLA PROGR. 0+510 ÷ 0+990



## TRATTO 3 DALLA PROGR. 0+990 ÷ 1+450

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente dalla progr. 0+990 alla progr. 1+450 con direzione circa NE-SO



Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 0+990 alla progr. 1+110:**

Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**dalla progr 1+110 alla progr. 1+450:**

posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

Risagomatura della scarpata a monte della sede stradale con pendenza 2/3 ed adozione di geostuoia ed idrosemina e realizzazione di fossi di guardia;

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto in esame alla progr. 1+ 170 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S2.

Il sondaggio geognostico, a rotazione a carotaggio continuo , è stato spinto sino alla profondità di m 15 dal p.c ; lo stesso ha evidenziato la seguente stratigrafia :

da m 0.0 a m 2,50                      Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata

da m 2.50 a m 3.00                      Coltre alterata del substrato argilloso-marnoso

da m 3.00 a m 6.00                      Substrato costituito da argille marnose della Fm. dei Trubi

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m , 5 m e 13 m dal p.c.

### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata da una dissimmetria nei terreni affioranti ai lati della strada. A monte della sede stradale, al piede del versante acclive di Monte San Giuliano, affiorano le marne argillose della Form. Marne di Enna del Pliocene Medio, ricoperte da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5m.

A valle della sede stradale, ad Ovest del tracciato della ex SS122 bis, in C.da Busiti, tra le quote 650 m s.l.m. e 500 m s.l.m. lungo l'incisione del Vallone Busiti affiorano le Argille Brecciate plioceniche. Il contatto tra le due formazioni di litologia e età differente è mascherato da depositi colluviali che hanno obliterato anche l'affioramento di un livello di argille marnose e marne argillose biancastre della Fm. dei Trubi, intercettate, sotto la coltre colluviale, dal sondaggio S2.

### **Caratteristiche geomorfologiche**

L'asimmetria delle formazioni affioranti tra le due formazioni influenza la morfologia dell'area. A monte del tracciato stradale si sviluppa un versante che con pendenza del 30% si eleva da quota 642 m s.l.m. a quota 700 m s.l.m. Le scarpate sono interessate per l'acclività da scivolamento della coltre di terreno agrario durante le manifestazioni piovse più intense. Si rileva la presenza di linee d'impluvio con direzione ONO-ESE, segnalate nella carta geomorfologica, non regimentate e defluenti sulla sede stradale.

A valle dello stesso il versante è caratterizzato da valori di pendenza del 14% (circa 8°): Si osserva una filtrazione delle acque in sottosuolo evidenziata dalla scarsa incisione del reticolo idrografico.

A valle della sede stradale, in corrispondenza della progr. 1+100, si rileva un dissesto franoso per colamento della coltre superficiale rimaneggiata. Il dissesto non interferisce con le opere in progetto e con la stabilità della sede stradale.

Si rileva altresì tra le progr. 1.310 e 1.390 una variazione di pendenza del versante attribuibile ad un pregresso colamento, oggi stabilizzato.

Da segnalare la necessità di regimentare il flusso delle acque superficiali scorrenti a monte del tratto stradale che, per la pendenza del versante, vengono concentrate verso il manto stradale.

Sulla sede stradale per la variazione della pendenza, vi è un elevato ristagno di acqua.

La cunetta ed i tombini esistenti a monte del nastro stradale esistente risultano, sia per dimensionamento che per assenza di manutenzione, del tutto incapaci di smaltire l'apporto di acque meteoriche.

Andrà quindi prevista la manutenzione straordinaria, e dove necessario la demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi) con realizzazione di fossi di guardia e canali al piede del versante.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ assenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ presenza di deflusso superficiale e ruscellamento diffuso sul versante a monte
- ❑ rischio di ristagno d'acqua per scarso drenaggio delle stesse a valle della sede stradale
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

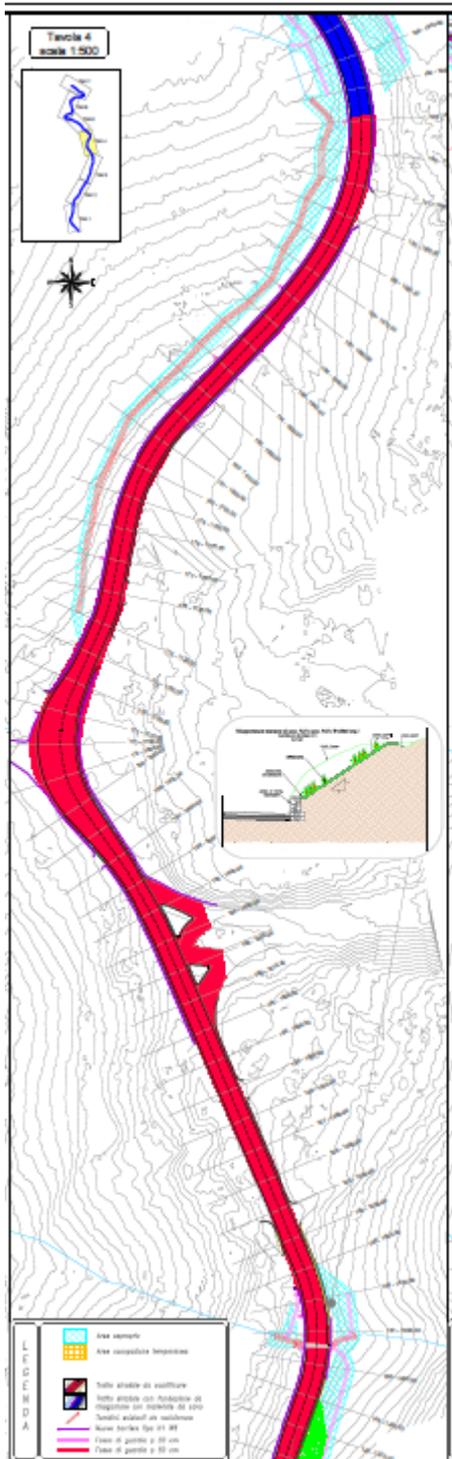
è possibile definire media la pericolosità geologica dell'area.

**TRATTO 3 DALLA PROGR. 0+990 ÷ 1+450**



# TRATTO 4 DALLA PROGR. 1+450 ÷ 1+960

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente dalla progr. 1+450 alla progr. 1+950 con direzione circa NE-SO



**L  
E  
G  
E  
N  
D  
A**

-  Aree esproprio
-  Aree occupazione temporanea
-  Tratto stradale da scarificare
-  Tratto stradale con fondazione da risagomare con materiale da cava
-  Tombini esistenti da revisionare
-  Nuove barriere tipo H1 W6
-  Fosso di guardia p 30 cm
-  Fosso di guardia p 50 cm

Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 1+450 alla progr. 1+920:**

posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

Risagomatura della scarpata a monte della sede stradale con pendenza 2/3 ed adozione di geostuoia ed idrosemina.

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**dalla progr 1+920 alla progr. 1+960:**

Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto in esame alla progr. 1+ 795 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S3.

Il sondaggio geognostico, a rotazione a carotaggio continuo , è stato spinto sino alla profondità di m 15 dal p.c ; lo stesso ha evidenziato la seguente stratigrafia :

da m 0.0 a m 3,50	Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 3.50 a m 7.00	Coltre alterata del substrato argilloso
da m 7.00 a m 15.00	Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m , 3,5 m e 15 m dal p.c.

### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata da una dissimmetria nei terreni affioranti ai lati della strada. A monte della sede stradale, al piede del versante acclive di Monte San Giuliano, affiorano le marne argillose della Form. Marne di Enna del Pliocene Medio e le argille marnose e le marne argillose biancastre della pliocenica Form. dei Trubi , ricoperte da una coltre colluviale di spessore variabile tra 1 e 5m.

A valle della sede stradale, ad Ovest del tracciato della ex SS122 bis, in località Casa Cinnirella, a valle della quota 620 m s.l.m. affiorano le Argille Brecciate grigie plioceniche.

### **Caratteristiche geomorfologiche**

L'asimmetria delle formazioni affioranti tra le due formazioni influenza la morfologia dell'area. A monte del tracciato stradale si sviluppa un versante che con pendenza del 30% si eleva da quota 642 m s.l.m. a quota 700 m s.l.m. Si rileva la presenza di linee d'impluvio con direzione ONO-ESE , segnalate nella carta geomorfologica, non regimentate e defluenti sulla sede stradale.

A valle dello stesso il versante è caratterizzato da valori di pendenza del 14% (circa 8°) : Si osserva una filtrazione delle acque in sottosuolo evidenziata dalla scarsa incisione del reticolo idrografico. Dalla quota 590 m s.l. a valle il reticolo idrografico risulta inciso ed in approfondimento .

Dalla progr. 1+610 alla progr. 1+960 la strada corre sullo spartiacque morfologico tra i bacini del F. Platani ad Ovest e del F.Imera Meridionale ad Est.

Si rileva tra le progr. 1.390 e 1+470 una variazione di pendenza del versante attribuibile ad un pregresso colamento, oggi stabilizzato. Tracce di riattivazione sono state evidenziate solo in corrispondenza della sponda destra dell'impluvio in corrispondenza della progr. 1+390.

Ad Est del tracciato stradale tra le progr. 1+610 e le progr. 1+960 si rileva il piede della grande frana complessa del Bivio La Spia attivatasi nel Dicembre 1976; non si rilevano riattivazioni del corpo franoso ed interferenze con la stabilità della sede stradale-

Da segnalare la necessità di regimentare il flusso delle acque superficiali scorrenti a monte del tratto stradale che, per la pendenza del versante, vengono concentrate verso il manto stradale.

Sulla sede stradale per la variazione della pendenza, vi è un elevato ristagno di acqua.

La cunetta ed i tombini esistenti a monte del nastro stradale esistente risultano, sia per dimensionamento che per assenza di manutenzione, del tutto incapaci di smaltire l'apporto di acque meteoriche.

Andrà quindi prevista la manutenzione straordinaria, e dove necessario la demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi) con realizzazione di fossi di guardia e canali al piede del versante.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

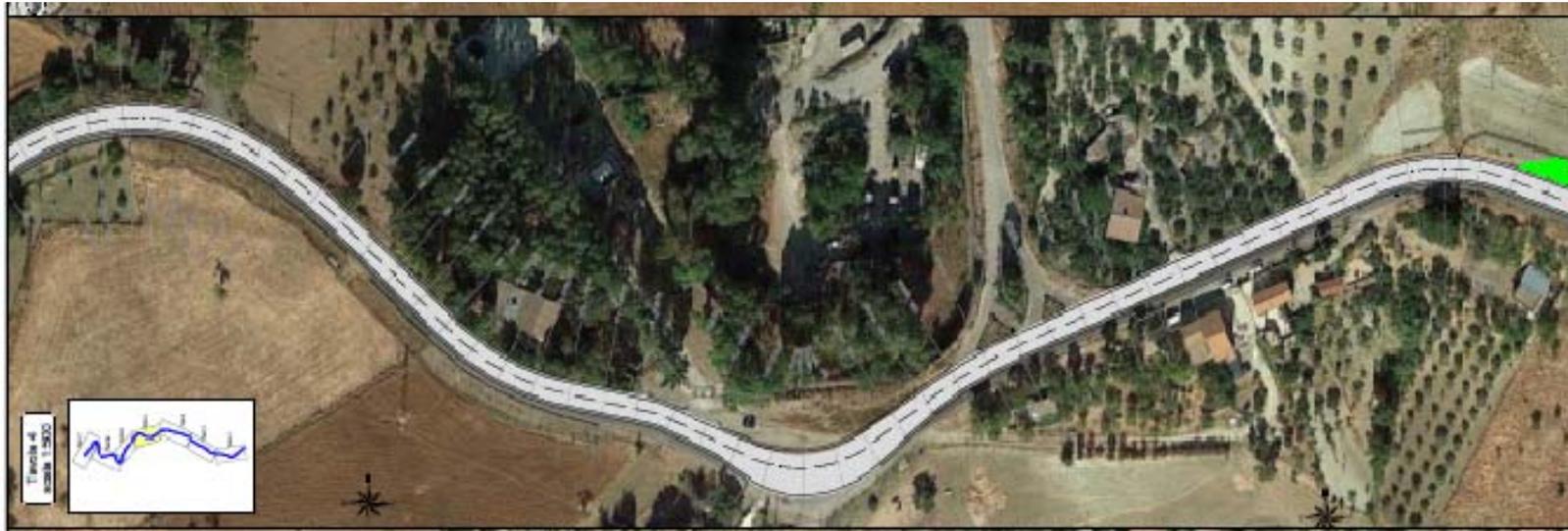
### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ assenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ presenza di deflusso superficiale e ruscellamento diffuso sul versante a monte
- ❑ rischio di ristagno d'acqua per scarso drenaggio delle stesse
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

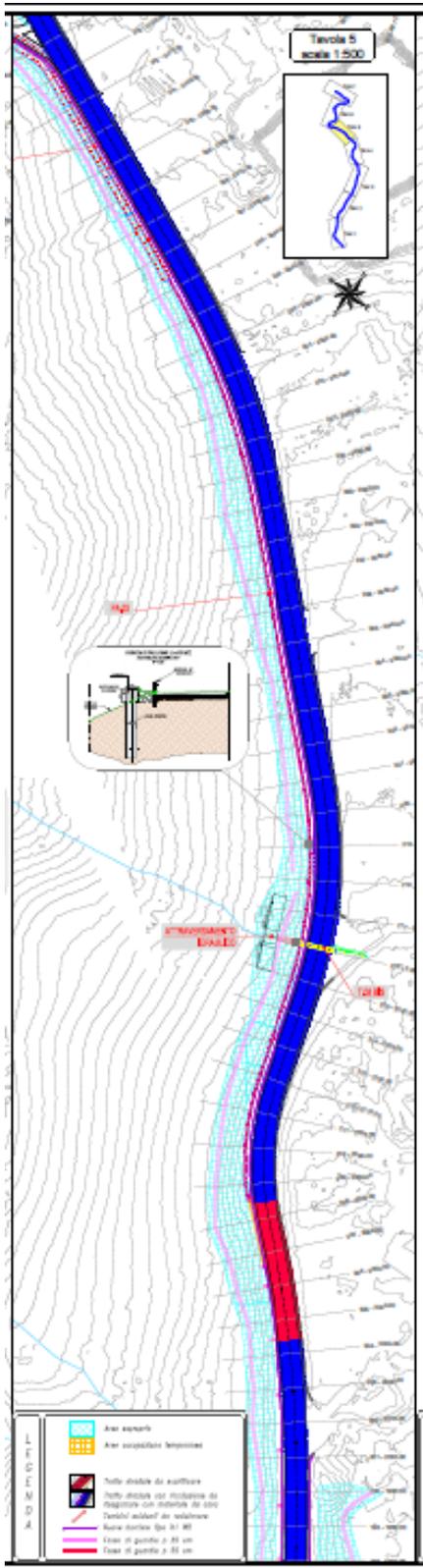
è possibile definire media la pericolosità geologica dell'area.

## TRATTO 4 DALLA PROGR. 1+450 ÷ 1+960



# TRATTO 5 DALLA PROGR. 1+960 ÷ 2+400

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente dalla progr. 1+960 alla progr. 2+440 con direzione circa NO-SE



**L  
E  
G  
E  
N  
D  
A**

-  Aree esproprio
-  Aree occupazione temporanea
-  Tratto stradale da scarificare
-  Tratto stradale con fondazione da risagomare con materiale da cava
-  Tombini esistenti da revisionare
-  Nuove barriere tipo H1 W6
-  Fosso di guardia p 30 cm
-  Fosso di guardia p 50 cm

Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 1+960 alla progr. 2+040 e dalla progr.2+080 alla progr. 2+400 :**

Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti a valle interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**dalla progr 2+040 alla progr.2+080**

posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto in esame alla progr. 2+ 230 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S4 ed alla progr. 2+ 415 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S5. A valle dello stesso è stato ubicato il sondaggio S 5°.

I sondaggi geognostici, a rotazione a carotaggio continuo , sono stati spinti sino alla profondità di m 20 dal p.c ; i sondaggi hanno evidenziato la seguente stratigrafia :

**S4**

da m 0.0 a m 2,80	Coltre di riporto limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 1.50 a m 2.50	Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 2.50 a m 4.50	Coltre alterata del substrato argilloso
da m 4.50 a m 20.00	Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m , 3,5 m e 15 m dal p.c.

## **S5**

da m 0.0 a m 2,80            Coltre di riporto limo-argillosa-ghiaiosa con struttura rimaneggiata

da m 2.80 a m 4.00            Coltre alterata del substrato argilloso

da m 4.00 a m 20.00            Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 3,5 m, 5m e 15 m dal p.c.

## **S5 A**

da m 0.0 a m 2,60            Coltre alterata del substrato argilloso-marnoso

da m 2.60 a m 13.00            Substrato costituito da argille marnose della Fm. dei Trubi

da m 13.00 a m 20.00            Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2m, 3,5m e 15 m dal p.c.

## **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata dall'affioramento delle Argille Brecciate plioceniche, con lenti e livelli di argille marnose biancastre della Fm. dei Trubi.

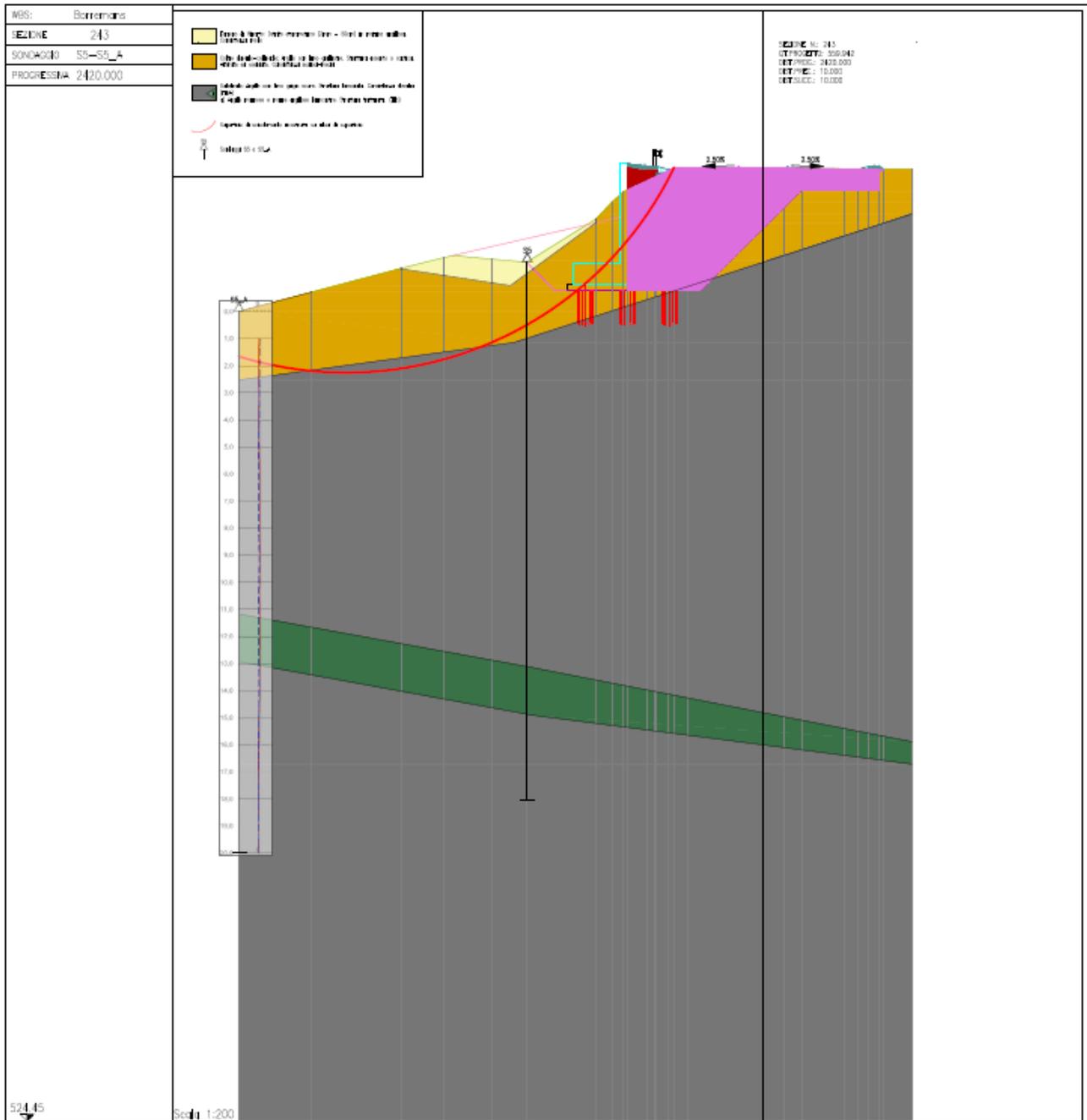
## **Caratteristiche geomorfologiche**

La strada corre sullo spartiacque morfologico tra i bacini del F. Platani ad Ovest e del F. Imera Meridionale ad Est. Il versante Sud Ovest mostra pendenza elevata variabile tra 22 e 30% . Il reticolo idrografico, in ambedue i bacini, mostra un pattern dentritico con presenza di forme di erosione accelerata ed approfondimento del corso degli impluvi ed elevati valori del SPI.

Si rileva a valle della sede stradale in corrispondenza delle progressive dalla 2+250 alla progr. 2+450 forme di erosione accelerata.

Ancora più a Sud, interferente con il tracciato stradale tra le sezioni 236 e 246 in C.da Mangialasagne, si rileva un dissesto ascrivibile al tipo roto-traslazionale. La frana interessata Form.delle Argille Brecciate . La corona è evidenziata da una scarpata sub-verticale che ha interessato sia il nastro stradale che un rilevato su cui era ubicata una

stradina di accesso alle villette della contrada; la rotazione verso monte del tracciato stradale il rigonfiamento al piede del dissesto suggeriscono un movimento per scorrimento rotazionale. La frana come evidenziato dal continuo cedimento del nastro stradale è attiva.



Sezione geologica in asse al dissesto sez.243

La ricostruzione geologica della sezione in asse al dissesto rilevato ha evidenziato, come la superficie di contatto tra la coltre rimaneggiata, che nell'area raggiunge o spessore di circa 2,50 m, e le argille brecciate di substrato ,costituisca la superficie preferenziale per lo

scorrimento di tipo rotazionale che si è originato. I rilievi inclinometrici hanno confermato tale ipotesi.

Andranno quindi previste forme di protezione della sede stradale dall'erosione regressiva del versante e dai dissesti per colamento o roto-traslazione.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

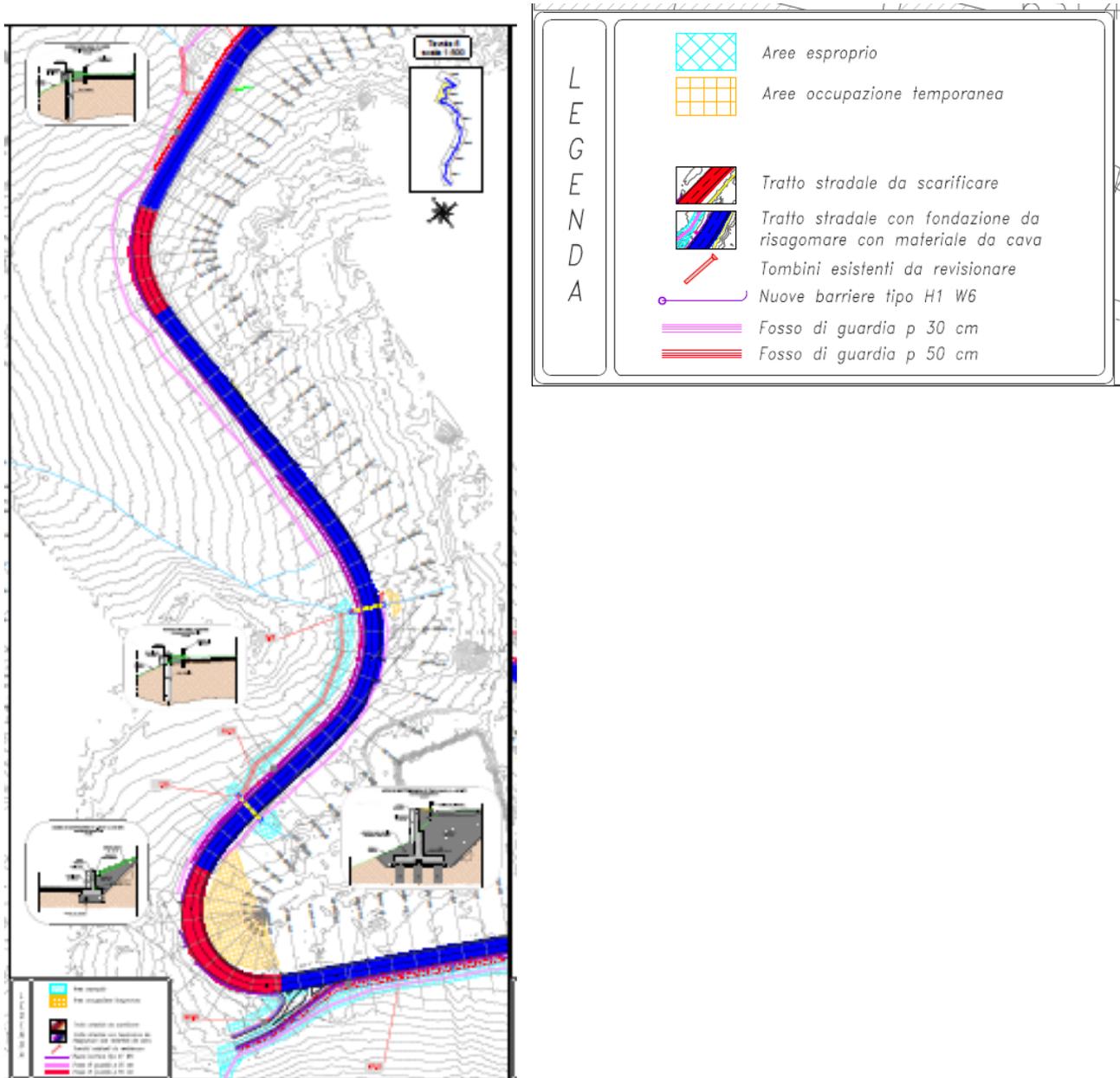
Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ presenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ elevata pendenza dei versanti su cui insiste la strada
- ❑ presenza di frane di tipo complesso
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

è possibile definire alta la pericolosità geologica dell'area.

## TRATTO 6 DALLA PROGR. 2+400÷3+000

Il tracciato corre alla stessa quota dell'esistente dalla progr. 2+400 alla progr. 2+980 con direzione circa NE-SO



Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 2+400 alla progr. 2+450 ,dalla progr.2+520 alla progr. 2+810 e dalla progr.2+870 alla progr. 3+000 :**

Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti a valle interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**dalla progr 2+450 alla progr.2+520 e dalla progr.2+820 alla progr. 2+860**

posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

### **Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto in esame alla progr. 2+ 550 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S6, alla progr. 2+700 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S6<sub>1</sub> ed alla progr. 2+920 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S7. I sondaggi geognostici, a rotazione a carotaggio continuo , sono stati spinti sino alla profondità di m 20 dal p.c ; i sondaggi hanno evidenziato la seguente stratigrafia :

#### **S6**

da m 0.0 a m 1,00	Coltre di riporto limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 1.00 a m 2.60	Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 2.60 a m 4.50	Coltre alterata del substrato argilloso
da m 4.50 a m 20.00	Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m , 4,5 m e 15 m dal p.c.

#### **S6.1**

da m 0.0 a m 2,20            Coltre di riporto limo-argillosa-ghiaiosa con struttura rimaneggiata

da m 2.20 a m 5.50            Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata

da m 5.50 a m 9.50            Coltre alterata del substrato argilloso

da m 9.50 a m 20.00            Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m, 3,5m e 15 m dal p.c.

#### **S7**

da m 0.0 a m 2,50            Coltre di riporto limo-argillosa-ghiaiosa con struttura rimaneggiata

da m 2.50 a m 4.20            Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata

da m 4.20 a m 5.50            Coltre alterata del substrato argilloso

da m 5.50 a m 20.00            Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m, 3,5m e 15 m dal p.c.

#### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata dall'affioramento delle Argille Brecciate plioceniche, con lenti e livelli di argille marnose biancastre della Fm. dei Trubi.

#### **Caratteristiche geomorfologiche**

La strada corre sullo spartiacque morfologico tra i bacini del F. Platani ad Ovest e del F. Imera Meridionale ad Est. Sia il versante Ovest che quello Est mostrano pendenza elevata variabile tra 22 e 30% . Il reticolo idrografico, in ambedue i bacini, mostra un pattern dentritico con presenza di forme di erosione accelerata ed approfondimento del corso degli impluvi ed elevati valori del SPI.

Si rilevano a valle della sede stradale sul versante Est forme di erosione accelerata.

Tra le sezioni 256 e 263 il tracciato stradale è interessato da un dissesto ascrivibile al tipo traslazionale è correlabile alla modifica antropica della pendenza del versante originario causato dalla realizzazione di un invaso per uso agricolo realizzato quasi interamente in scavo nelle argille brecciate affioranti.

Il dissesto si evolve lentamente ed è evidenziato dai dissesti della sede stradale evidenziati in lento cedimento del manufatto stradale.



Limiti del dissesto tra le sezioni 256 e 263

La ricostruzione geologica della sezione in asse al dissesto rilevato ha evidenziato, come la superficie di contatto tra la coltre rimaneggiata, che nell'area raggiunge lo spessore di circa 2,50 m, e le argille brecciate di substrato, costituisca la superficie preferenziale per lo scorrimento di tipo traslazionale che si è originato. I rilievi inclinometrici hanno confermato tale ipotesi.

Andranno quindi previste forme di protezione della sede stradale dall'erosione regressiva del versante e dai dissesti per colamento o roto-traslazione.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- ❑ blanda pendenza del tracciato stradale
- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ presenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ elevata pendenza dei versanti su cui insiste la strada
- ❑ presenza di frane di tipo complesso
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

è possibile definire alta la pericolosità geologica dell'area.



Le opere previste in progetto in questo tratto sono costituite:

**dalla progr 3+000 alla progr. 3+220 e dalla progr.3+310 alla progr. 3+397.74 :**

Risagomatura profonda della sezione stradale con asportazione e rifacimento del cassonetto stradale (tratti stradali interessati da avvallamenti e cedimenti di grado severo);

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti a valle interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**dalla progr 3+220 alla progr.3+310**

posa di Tappetino di usura previa scarifica del manto preesistente e dalla eventuale risagomatura con binder nei tratti interessati da difettosità degli strati superficiali.

Realizzazione di opere d'arte (Muri, Paratie, e Gabbionate in pietrame) per la stabilizzazione dei versanti interessati da problemi geotecnici ed idrogeologici;

Manutenzione straordinaria, e in alcuni casi demolizione e ricostruzione dei presidi idraulici esistenti (tombini, canali e fossi);

**Indagini geognostiche eseguite**

Nelle tratto in esame alla progr. 2+920 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S7 ed alla progr. 3+340 m è stato effettuato il sondaggio geognostico S8 . I sondaggi geognostici, a rotazione a carotaggio continuo , sono stati spinti sino alla profondità di m 20 dal p.c ; i sondaggi hanno evidenziato la seguente stratigrafia :

**S7**

da m 0.0 a m 2,50	Coltre di riporto limo-argillosa-ghiaiosa con struttura rimaneggiata
da m 2.50 a m 4.20	Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 4.20 a m 5.50	Coltre alterata del substrato argilloso
da m 5.50 a m 20.00	Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m, 3,5m e 15 m dal p.c.

## **S8**

da m 0.0 a m 2,00	Coltre di riporto limo-argillosa-ghiaiosa con struttura rimaneggiata
da m 2.00 a m 4.00	Coltre colluviale limo-argillosa con struttura rimaneggiata
da m 4.00 a m 4.80	Coltre alterata del substrato argilloso
da m 4.80 a m 20.00	Substrato costituito da argille brecciate (AB IV)

Durante la perforazione sono stati prelevati, con campionatore Shelby, campioni indisturbati a profondità di 2 m, 3,5m e 15 m dal p.c.

### **Caratteristiche geolitologiche**

La geologia dell'area è caratterizzata dall'affioramento delle Argille Brecciate plioceniche, con lenti e livelli di argille marnose biancastre della Fm. dei Trubi.

### **Caratteristiche geomorfologiche**

La strada corre ancora sullo spartiacque morfologico tra i bacini del F. Platani ad Ovest e del F. Imera Meridionale ad Est. Sia il versante Ovest che quello Est mostrano pendenza elevata variabile tra 22 e 30% . Il reticolo idrografico, in ambedue i bacini, mostra un pattern dentritico con presenza di forme di erosione accelerata ed approfondimento del corso degli impluvi ed elevati valori del SPI.

Si rilevano a valle della sede stradale sul versante Est forme di erosione accelerata.

Andranno quindi previste forme di protezione della sede stradale dall'erosione regressiva del versante e dai dissesti per colamento o roto-traslazione.

### **Caratteristiche idrogeologiche**

L'affioramento di formazioni impermeabili , a monte ed a valle della sede stradale non rendono possibile l'instaurarsi di falde acquifere nel sottosuolo interessato dal tracciato stradale a profondità interferenti con l'opera.

### **Pericolosità geologica**

Sulla base dei rilievi effettuati ed in particolare dei seguenti fattori:

- blanda pendenza del tracciato stradale

- ❑ presenza di dissesti sul manto stradale costituiti da avvallamenti e lesioni beanti
- ❑ presenza di incisioni e di forme erosive
- ❑ elevata pendenza dei versanti su cui insiste la strada
- ❑ Assenza di falda acquifera interferente con le opere lungo la sede stradale

è possibile definire alta la pericolosità geologica dell'area.

## 14.- CONCLUSIONI

Sulla scorta dei risultati dello studio geologico è stato definito un modello geologico-geotecnico del sottosuolo che costituirà la base per la progettazione degli interventi di riqualificazione e di miglioramento della carreggiata stradale della Via Borremans (ex S.S. 122 bis) nel Comune di Caltanissetta, nei limiti del tracciato esistente.

E' possibile concludere che le opere da realizzare tenendo conto delle caratteristiche del modello geologico e delle prescrizioni effettuate nel capitolo della geologia applicata si inseriranno nell'area senza turbare l'equilibrio geologico, geomorfologico e ambientale dell'area stessa e senza recare turbative alle opere limitrofe.



The image shows a circular professional stamp in blue ink. The text inside the stamp reads: "ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA" around the perimeter, "Dott. Geol. ENRICO CURCURUTO" in the center, and "n. 966" below the name. To the right of the stamp is a handwritten signature in blue ink that reads "Enrico Curcuruto".