



Autostrada dei Fiori

Tronco A10: Savona – Ventimiglia (confine francese)

NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE

CARREGGIATA SUD / CARREGGIATA NORD
Progr. Km 47+545

PROGETTO DEFINITIVO

GEOLOGIA E GEOTECNICA Relazione geologica

PROGETTISTA	RESPONSABILE INTEGRAZIONE ATTIVITÀ SPECIALISTICHE	IMPRESA	COMMITTENTE
Dott. Geol. Maurizio CONTE Albo dei Geologi delle Marche N° 409 Sez. A	Dott. Ing. Enrico GHISLANDI Ordine degli Ingegneri Provincia di Milano n° 16993		Autostrada dei Fiori S.p.A. Via della Repubblica, 46 18100 Imperia (IM)
			

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA GENNAIO 2020	SCALA -
							N. Progr.	
C	Marzo 2021	Recepimento prescrizioni C.S.LL.PP. parere n°58/2020 - Adunanza del 19/11/2020	SINA	DT/OC	DT	DT		
B	Febbraio 2020	REVISIONE INTERNA	SINA	DT/OC	DT	DT		
A	Gennaio 2020	PRIMA EMISSIONE	SINA	DT/OC	DT	DT		

CODIFICA	PROGETTO	LIV	TRONCO	DOCUMENTO	REV	WBS
	P280	D	A10	GEO RA 001	C	A10IBT0001
						CUP
						I44E14000810005

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	FASI DELLO STUDIO GEOLOGICO	5
4.	DOCUMENTI GEOLOGICI E GEOGNOSTICI REPERITI	6
5.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2019	8
6.	GEOLOGIA	9
6.1.	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO-TETTONICO DI BIBLIOGRAFIA	9
6.2.	QUADRO GEOLOGICO RILEVATO	21
7.	GEOMORFOLOGIA	28
7.1.	DATI GEOMORFOLOGICI DI BIBLIOGRAFIA	28
7.2.	QUADRO GEOMORFOLOGICO RILEVATO	30
7.3.	MOVIMENTI FRANOSI	32
7.3.1.	FRANA ZONA CAPPIO	32
7.3.2.	FRANE ZONA CASELLO	50
7.4.	INFORMAZIONI GEOMORFOLOGICHE SULLE SCARPATE ATTUALI	53
8.	IDROGEOLOGIA	63
9.	VINCOLISTICA GEOLOGICA	65
10.	CLASSIFICAZIONE SISMICA	66
11.	ASPETTI GEOLOGICI-GEOMORFOLOGICI DA EVIDENZIARE PER IL PROGETTO	67
12.	CONCLUSIONI	70



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



1. PREMESSA

Il progetto definitivo in esame, redatto per conto di Autostrada dei Fiori S.p.A., riguarda i lavori di realizzazione del nuovo Svincolo Autostradale di Vado Ligure; le opere ricadono nei Comuni di Vado Ligure e Quiliano.

La presente relazione descrive il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico in cui si inseriscono i lavori in oggetto sulla base del quale viene analizzata la fattibilità geologica del progetto ai sensi della normativa ad oggi vigente in materia ed in particolare delle NTC2018 e della vincolistica geologica.

Per la descrizione del contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico, oltre al presente documento, viene fatto riferimento agli elaborati “Carta geologica-geomorfologica” (P280DGEOCG001A), “Carta idrogeologica” (P280DGEOCD001A).

Per la caratterizzazione dei terreni, si rimanda invece agli elaborati “Relazione di caratterizzazione geotecnica-sismica terreni” (P280DGEOORB001A), “Fascicolo indagini geognostiche” (P280DGEOFS001A), “Carta geotecnica con ubicazione indagini geognostiche” (P280DGEOPG001A) e “Profili stratigrafici-geotecnici” (P280DGEOFG001-2-3A); si rimanda inoltre agli elaborati di progetto e alle specifiche relazioni geotecniche e di calcolo per quanto riguarda le scelte e le verifiche geotecniche e strutturali delle opere in progetto.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le normative nazionali e regionali vigenti ed in particolare:

- D.M. Infrastrutture 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- D.Lgs. 50/2016 (Codice degli Appalti)
- OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- Regione Liguria: D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 “OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”
- R.D. 3267/1923 Regio Decreto in materia forestale e di vincolo idrogeologico
- L.R. (Liguria) 22/84 Legge forestale regionale vincolo idrogeologico e s.m.i. e circolare attuativa



3. FASI DELLO STUDIO GEOLOGICO

Lo studio geologico della zona interessata dal progetto in esame è stato articolato in più fasi di lavoro che possono essere così riassunte:

- ricerca e raccolta ed analisi del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente relativo alle caratteristiche geologiche della zona;
- rilevamento di superficie di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio in esame;
- analisi incrociata dei dati del rilevamento di terreno, dei dati della campagna geognostica 2019, eseguita per il progetto in esame, e delle indagini pregresse reperite; questa analisi ha permesso la ricostruzione del modello geologico dei terreni del sottosuolo che andranno ad interagire con le opere dello svincolo in progetto
- stesura degli elaborati geologici “Relazione geologica”, “Carta geologica-geomorfologica” e “Carta idrogeologica”.

4. DOCUMENTI GEOLOGICI E GEOGNOSTICI REPERITI

Lo studio geologico è iniziato con la ricerca e raccolta del materiale bibliografico, cartografico e geognostico già esistente circa le caratteristiche geologiche della zona in esame; la documentazione reperita è servita come base sulla quale sviluppare lo studio mirato al progetto in esame.

I documenti reperiti sono:

- “Carta Geologica d’Italia Foglio 92-93 Albenga-Savona” scala 1:100.000 e relative Note Illustrative
- “Carta Geologica Regionale 229.3-246.4 Vado-Finale Ligure” scala 1:25.000
- Carte tematiche dello Studio Geologico del Piano Urbanistico Comunale di Vado Ligure
- Carte tematiche del Piano Bacino Torrente Segno
- Atti del Convegno sul tema “Geologia delle Alpi Liguri” – Volume XXVIII delle Memorie della Società Geologica Italiana – giugno 1984
- Pubblicazione scientifica “Dati sulla neotettonica di parte dei Fogli S.Remo (102), Imperia (103) ed Albenga-Savona” – A.Boni, P.Boni, G.F. Peloso & S.Gervasoni – pubblicazione n. 356 del CNR Progetto Finalizzato Geodinamica sottoprogetto Neotettonica
- Pubblicazione scientifica “Le variazioni ambientali nell’area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi” – L.Carobene, M.Firpo & A.Rovere – Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences 21(2), 2008 433-456
- Tesi di dottorato di ricerca “ Paleogeographic reconstruction of the Segno River Valley using facies analysis and in-situ produced cosmogenic nuclides: evidences from quaternary deposits” – A.Ciampalini
- Pubblicazione scientifica “Depositional architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene coarse-grained deltas along the Ligurian coast (Italy)” – A.Ciampalini & M.Firpo – J.Earth Syst. Sci. Indian Academy of Sciences Agosto 2015



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



Stratigrafie sondaggi Viadotto Celesia (archivio Autofiori)

- Stratigrafie sondaggi progetto Area di Servizio Valleggia (archivio Autofiori)
- Progetto sistemazione scarpata sulla Via Italia nel tratto in trincea compreso circa tra pk 47+133 e pk 47+319” (archivio Autofiori”)
- Planimetrie e sezioni di contabilità lavori relative ai movimenti di materia realizzati per la costruzione dell’autostrada (archivio Autofiori)
- Cartografia ante lavori costruzione Autostrada dei Fiori (archivio Autofiori)
- Elaborati geologici e geognostici dello “Studio di fattibilità tecnico economica” del Nuovo Svincolo di Vado Ligure – 2017 (archivio Autofiori)
- Prove penetrometriche superpesanti e prove laboratorio su rocce Società Green Up della Discarica Bossarino.
- Stratigrafie sondaggi eseguiti nell’area della centrale elettrica (archivio Tirreno Power)



5. CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2019

Per la ricostruzione del modello geologico dei terreni del sottosuolo che andranno ad interagire con le opere dello svincolo in progetto, è stata eseguita, ad integrazione e completamento delle informazioni e dei dati ottenuti con il rilevamento geologico di terreno e dalle indagini geognostiche pregresse, una nuova campagna geognostica dedicata che è stata articolata in:

- n. 12 sondaggi a carotaggio continuo distribuiti lungo lo sviluppo dello svincolo in progetto in funzione della geologia attesa, della posizione delle opere d'arte e della accessibilità locale dei luoghi
- n. 12 tomografie sismiche in onde P distribuite lungo lo sviluppo dello svincolo in progetto
- n. 2 linee sismiche tipo Masw
- prove geotecniche di laboratorio.

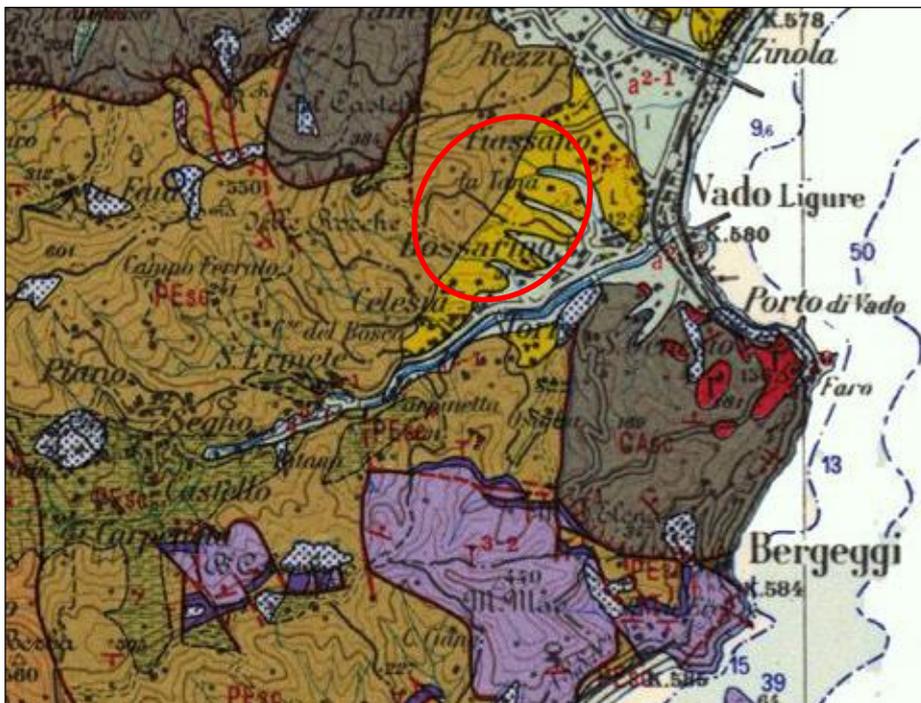
6. GEOLOGIA

6.1. Inquadramento stratigrafico-tettonico di bibliografia

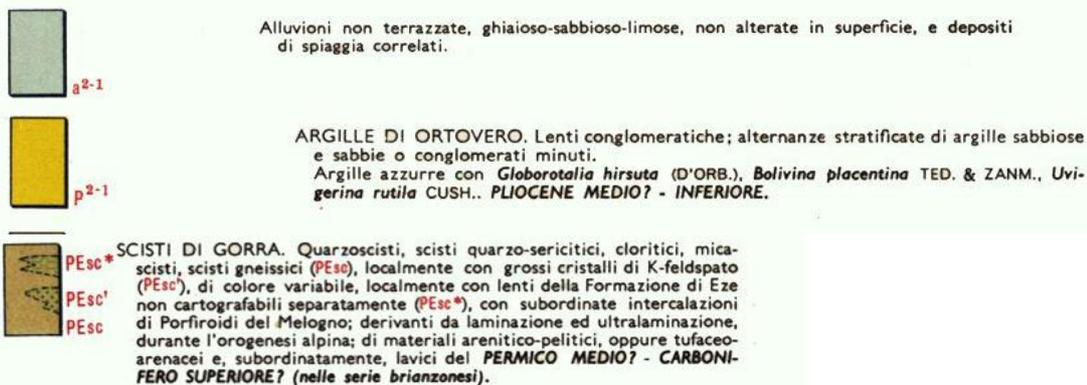
Le cartografie geologiche reperite, che comprendono l'area dello svincolo in esame, sono:

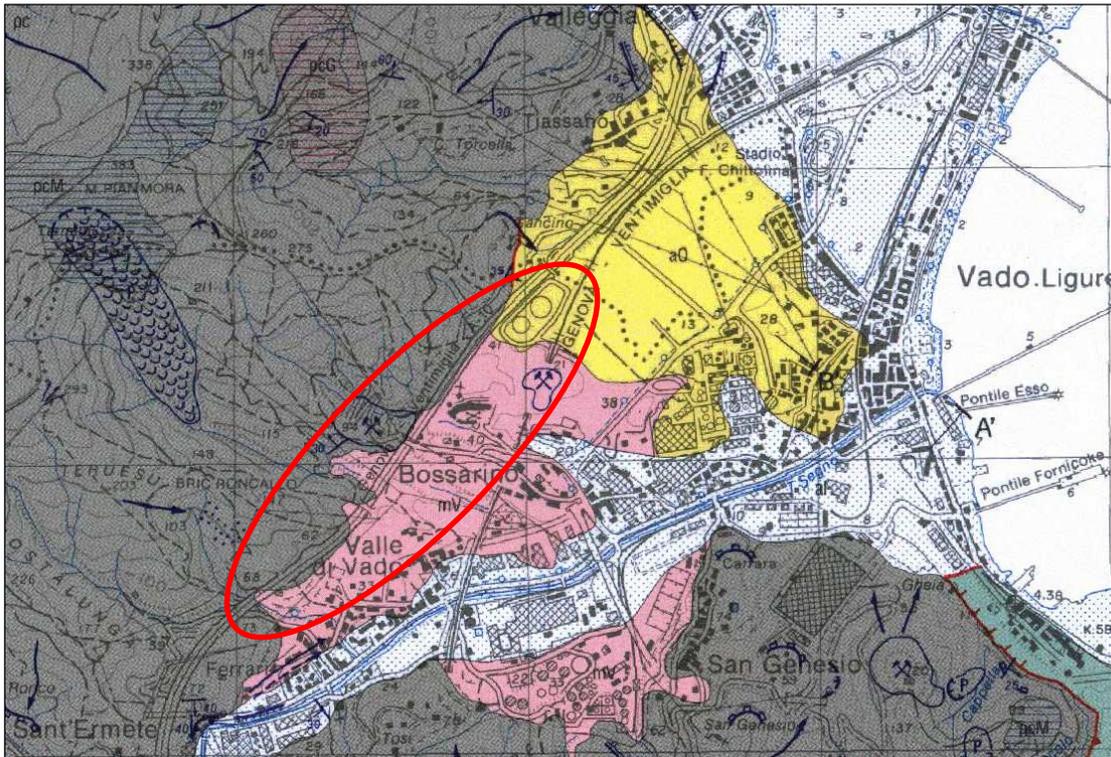
- “Carta Geologica d'Italia Foglio 92-93 Albenga-Savona” scala 1:100.000
- “Carta Geologica Regionale 229.3-246.4 Vado-Finale Ligure” scala 1:25.000
- Carta geologica dello Studio Geologico del Piano Urbanistico Comunale di Vado Ligure

Si riportano, di seguito, gli estratti di tali cartografie con cerchiatura dell'area di interesse:



CGI Foglio Albenga-Savona 1:100.000

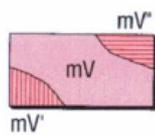




CGR Foglio Vado L.-Finale L.
1:25.000

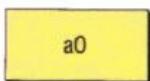


ALLUVIONI ANTICHE: conglomerati, alternanze di argille sabbiose e/o conglomerati minuti; conglomerati con matrice rossa argillosa.
Quaternario - Pliocene

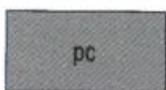


PORFIROIDI DEL MELOGNO: metavulcaniti piroclastiche, talvolta ignimbriche a composizione da riolitica a dacitica; porfidi riolitici a grossi cristalli di K-feldspato (mV'); localmente con lentif a composizione dacitica (mV").
Permiano inferiore?

(l'area colore rosa della carta che è stata erroneamente associata ai "mv" Porfiroidi del Melogno)

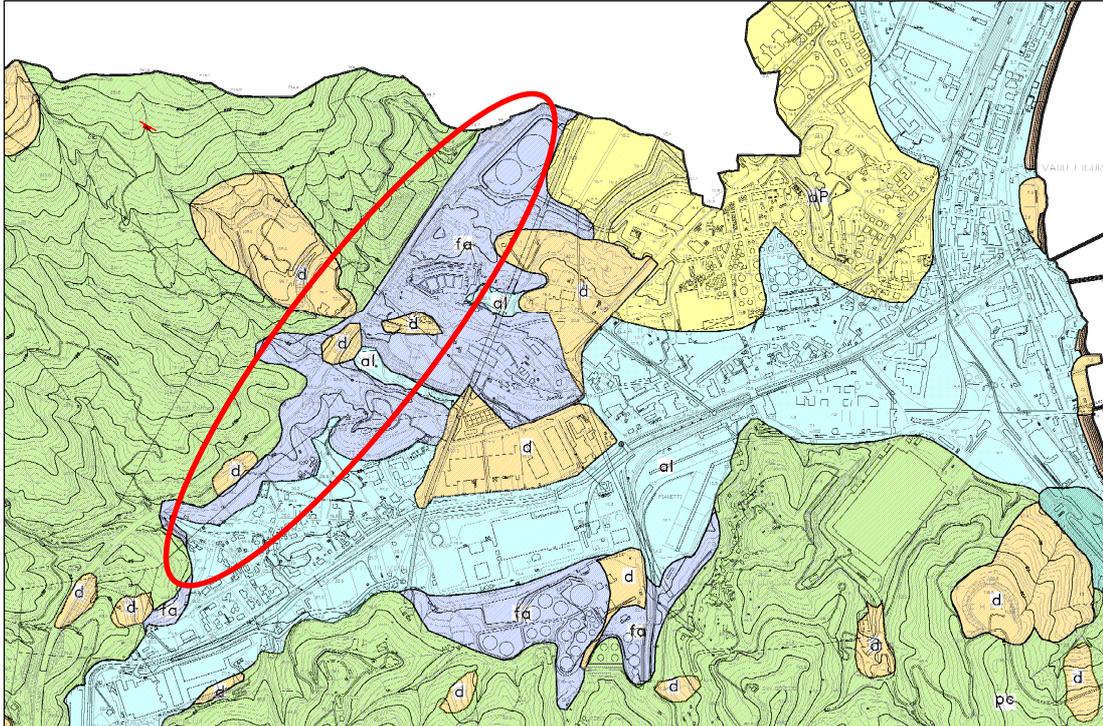


ARGILLE DI ORTOVERO: argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marne grigio azzurre; conglomerati minuti con matrice rossastra, argille gialle, marne grigie e conglomerati minuti con matrice rossastra.
Pliocene



METASEDIMENTI PERMIANI: metasedimenti riferibili alle formazioni precedenti non cartografabili separatamente.
Permiano inferiore - Carbonifero superiore

Carta geologica Piano Urbanistico Comunale
Comune di Vado Ligure



- d** Coperture detritiche e riporti potenti
- Depositi di spiaggia
- al** Depositi alluvionali (attuali, recenti, terrazzati)
- fa** Alluvioni antiche in facies generalmente conglomeratica a matrice sabbioso-argillosa, di colore giallastro
- aP** Argille marnose grigio-azzurre, argille giallastre talora con intercalazioni sabbiose
- Do** Dolomie grigie (Dolomie di S. Pietro dei Monti)
- Qz** Quarziti biancastre e scistose, quarziti verdastre e violacee (Quarziti di Ponte di Nava, Verrucano Brianzone)
- mV** metavulcaniti, metaandesiti (Porfiroidi del Melogno, Formazione di Eze)
- pc** metasedimenti: micascisti filladici, dcisti quarzoso-sericitici-actinolitici (scisti di Gorra, scisti di Viola, formazione di Murialdo, con locali intercalazioni di metaandesiti della formazione di Eze)
- m** miloniti: cataclasiti, miloniti intensamente trasformate



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



Le tre aree cerchiare sulle diverse cartografie geologiche sono accomunate, a monte dell'autostrada, dalla presenza di metasedimenti inquadrati come "Scisti di Gorra" nella CGI, come "Metasedimenti Permiani" nella CGR e come "Metasedimenti" nella carta geologica del PUC.

Esiste quindi una convergenza tra le 3 carte circa la natura dei terreni presenti a monte dell'autostrada nell'area dello svincolo in progetto.

Trattasi di metasedimenti riconducibili al Tegumento Permo-Carbonifero che si interpongono, dal punto di vista stratigrafico-tettonico, tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica.

Tali sedimenti fini hanno subito, durante le fasi di impilamento dell'orogenesi alpina, intense deformazioni e stress tettonici con conseguenti trasformazioni mineralogiche e tessiturali-geostrutturali in una roccia scistosa tipicamente metamorfica.

In campagna sono infatti visibili ripiegamenti molti fitti e serrati, alla scala centimetrica, spesso polifasici con sovrapposizione di più scistosità.

La definizione litologica più generale di "Metasedimenti Permiani" della CGR è conseguente al fatto che le diverse facies dei metasedimenti fini non sono tra loro separabili cartograficamente alle normali scale del rilevamento del terreno.

Tale formazione comprende quindi litologie riferibili alle diverse formazioni di metasedimenti rilevabili nella zona e quindi agli "Scisti di Gorra" (scisti quarzo-sericitici, scisti quarzoso-micacei bianco argentei, scisti cloritico-sericitici verdi, scisti filladico-sericitici, micascisti, scisti quarzo-sericitici carboniosi scuri), alla "Formazione di Viola" (scisti quarzoso micacei varicolori da verdi a scuri,) ed alla "Formazione di Murialdo" (filladi e micascisti carboniosi scuri, con lenti e vene contorte di quarzo).

Analizzando invece la perimetrazione dei depositi Plio-Quaternari nelle tre carte geologiche poco sopra allegare, sono riscontrabili alcune sostanziali differenze.



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



La CGI riporta, circa a valle dell'autostrada, la presenza della formazione pliocenica delle Argille di Ortovero e delle Alluvioni Recenti non terrazzate all'interno delle diverse vallecole locali affluenti del Torrente Segno.

La CGR introduce le Alluvioni Antiche nella zona di Bossarino e del Cimitero di Vado e confina la formazione delle Argille di Ortovero nella zona della Centrale Tirreno Power.

La carta geologica del PUC conferma la presenza delle Alluvioni Antiche e confina la formazione delle Argille di Ortovero nel settore più verso mare della Centrale Tirreno Power.

Considerate tali differenze è stata sviluppata una fase di ulteriore approfondimento della ricerca bibliografica che ha portato al reperimento della tesi di dottorato del geologo Andrea Ciampalini (Università di Firenze-Pisa) e di alcune pubblicazioni scientifiche dello stesso Ciampalini e di alcuni geologi di area genovese tra cui il Prof. Marco Firpo dell'Università di Genova.

Tali lavori sono:

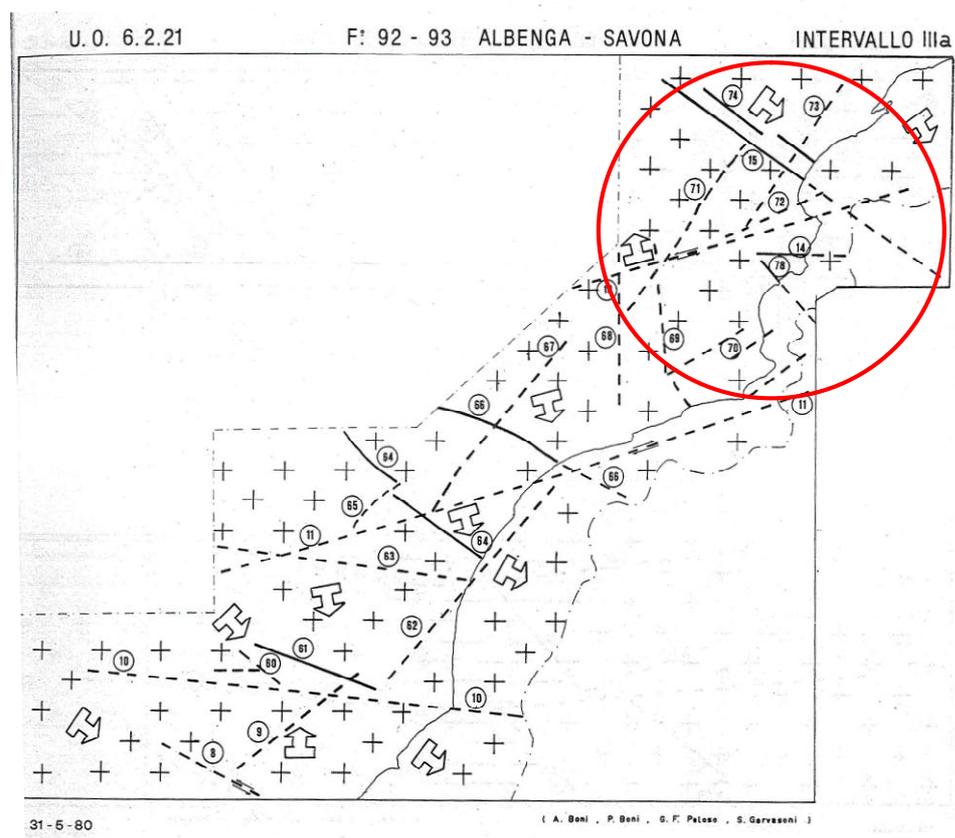
- Pubblicazione scientifica "Dati sulla neotettonica di parte dei Fogli S.Remo (102), Imperia (103) ed Albenga-Savona" – A.Boni, P.Boni, G.F. Peloso & S.Gervasoni – pubblicazione n. 356 del CNR Progetto Finalizzato Geodinamica sottoprogetto Neotettonica
- Pubblicazione scientifica "Le variazioni ambientali nell'area di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi" – L.Carobene, M.Firpo & A.Rovere – Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences 21(2), 2008 433-456
- Tesi di dottorato di ricerca "Paleogeographic reconstruction of the Segno River Valley using facies analysis and in-situ produced cosmogenic nuclides: evidences from quaternary deposits" – A.Ciampalini
- Pubblicazione scientifica "Depositional architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene coarse-grained deltas along the Ligurian coast (Italy)" – A.Ciampalini & M.Firpo – J.Earth Syst. Sci. Indian Academy of Sciences Agosto 2015

Questi lavori evidenziano che, le oscillazioni del livello eustatico del mare, correlabili alla neotettonica Plio-Quaternario della fascia costiera della zona di Vado Ligure, hanno innescato successive trasgressioni e regressioni marine alle quali hanno corrisposto processi di sedimentazione di terreni con differenti granulometrie.

Tali processi, succedutisi e sommatisi nel tempo geologico, hanno formato sequenze sedimentarie di orizzonti di terreni con granulometria variabile in funzione dell'ambiente di sedimentazione.

Carobene et alii evidenziano che i sistemi di faglie principali di attività neotettonica sono 3 ed hanno direzioni $60-65^{\circ}N$, $145-150^{\circ}N$ e $120-130^{\circ}N$.

Boni et alii hanno tracciato, su uno schema di attività neotettonica, i principali sistemi di faglia di parte del Foglio della CGI Albenga-Savona ed anche quelli della zona di Vado Ligure (rif. zona cerchiata figura successiva)

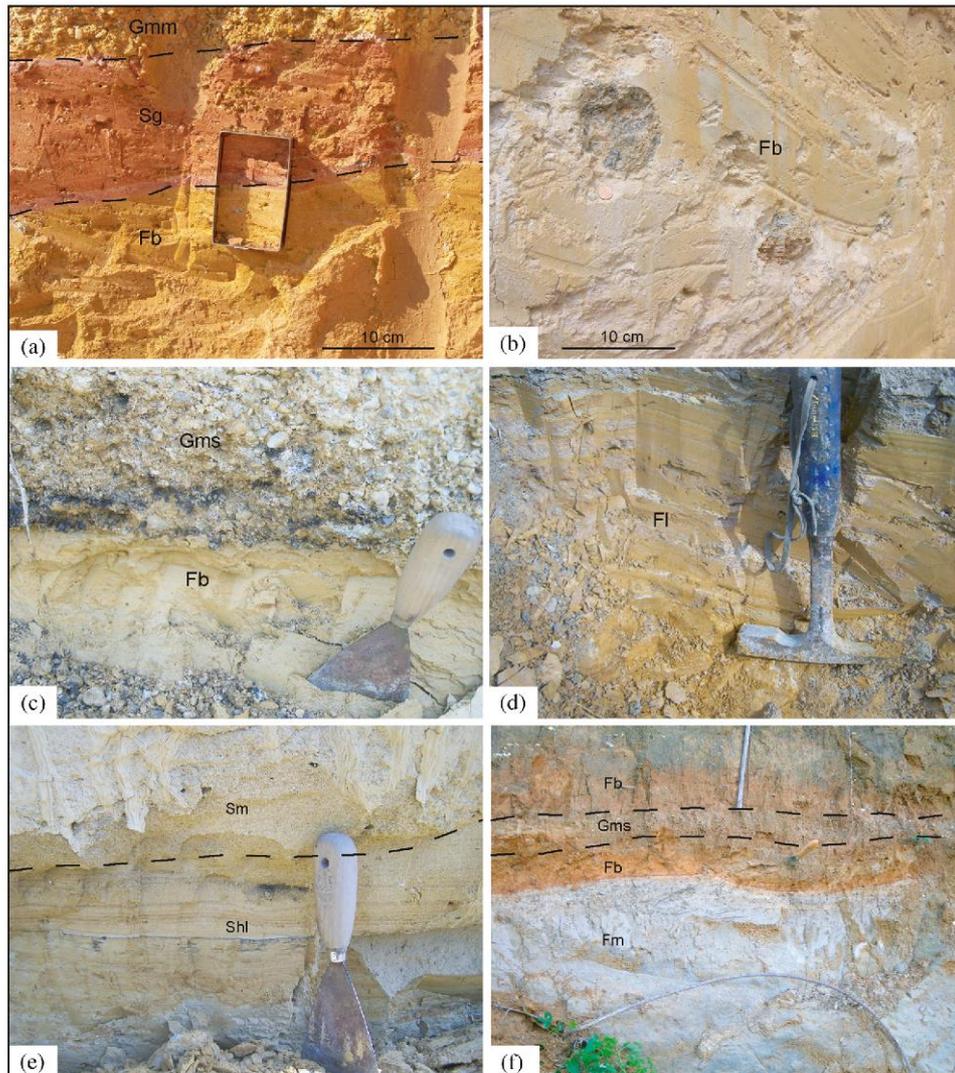


Con la tesi di dottorato Ciampalini ha studiato gli aspetti sedimentologici e di facies paleogeografica delle sequenze sedimentarie rilevabili sul terreno nella zona dove è previsto il nuovo svincolo autostradale.

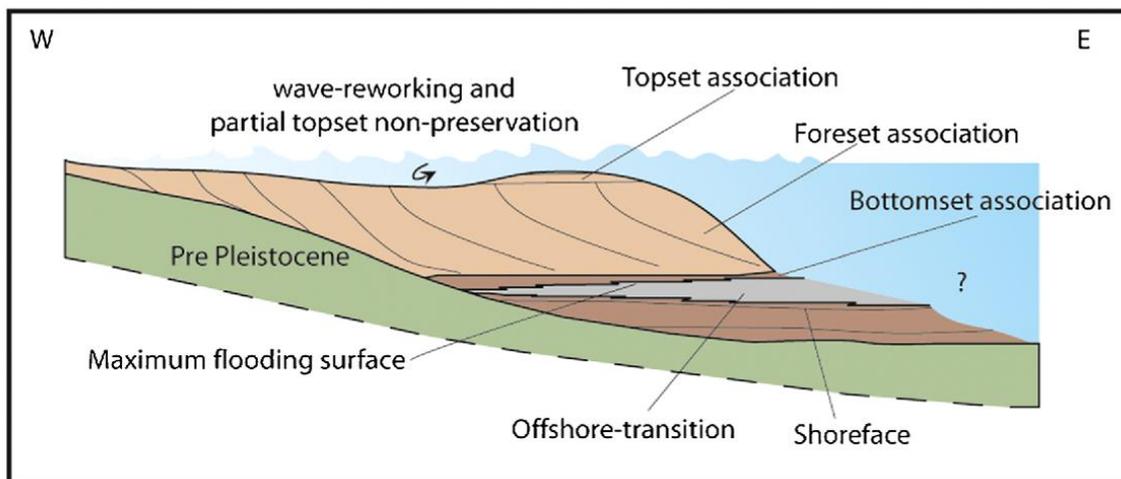
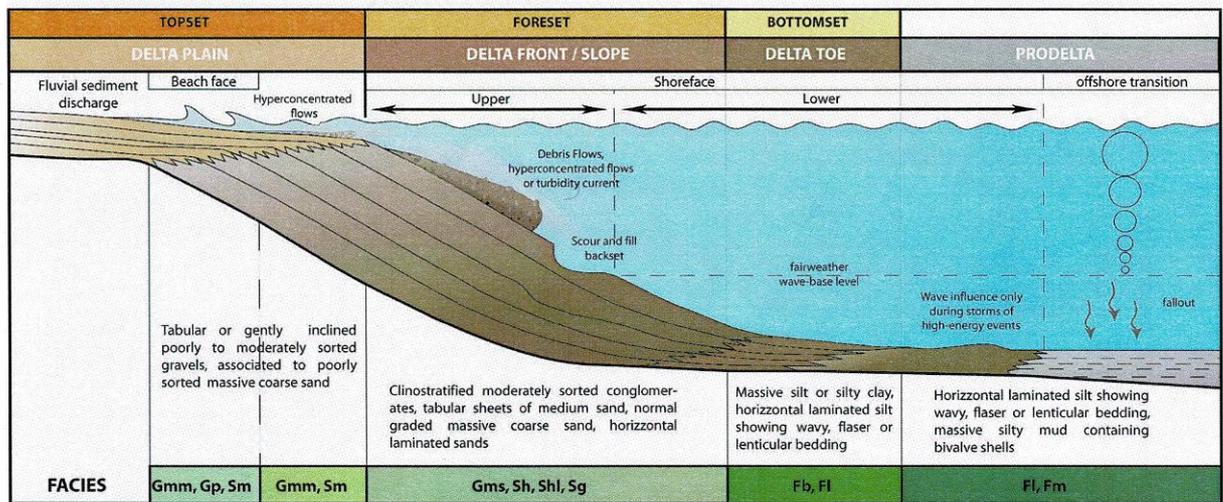
Più in particolare ha studiato n. 8 sezioni stratigrafiche la cui posizione è riportata nella figura successiva estratta dalla tesi:



L'allegato fotografico successivo, estratto dalla tesi, illustra l'aspetto di alcuni esempi dei terreni rilevati nelle sezioni di studio da parte di Ciampalini.

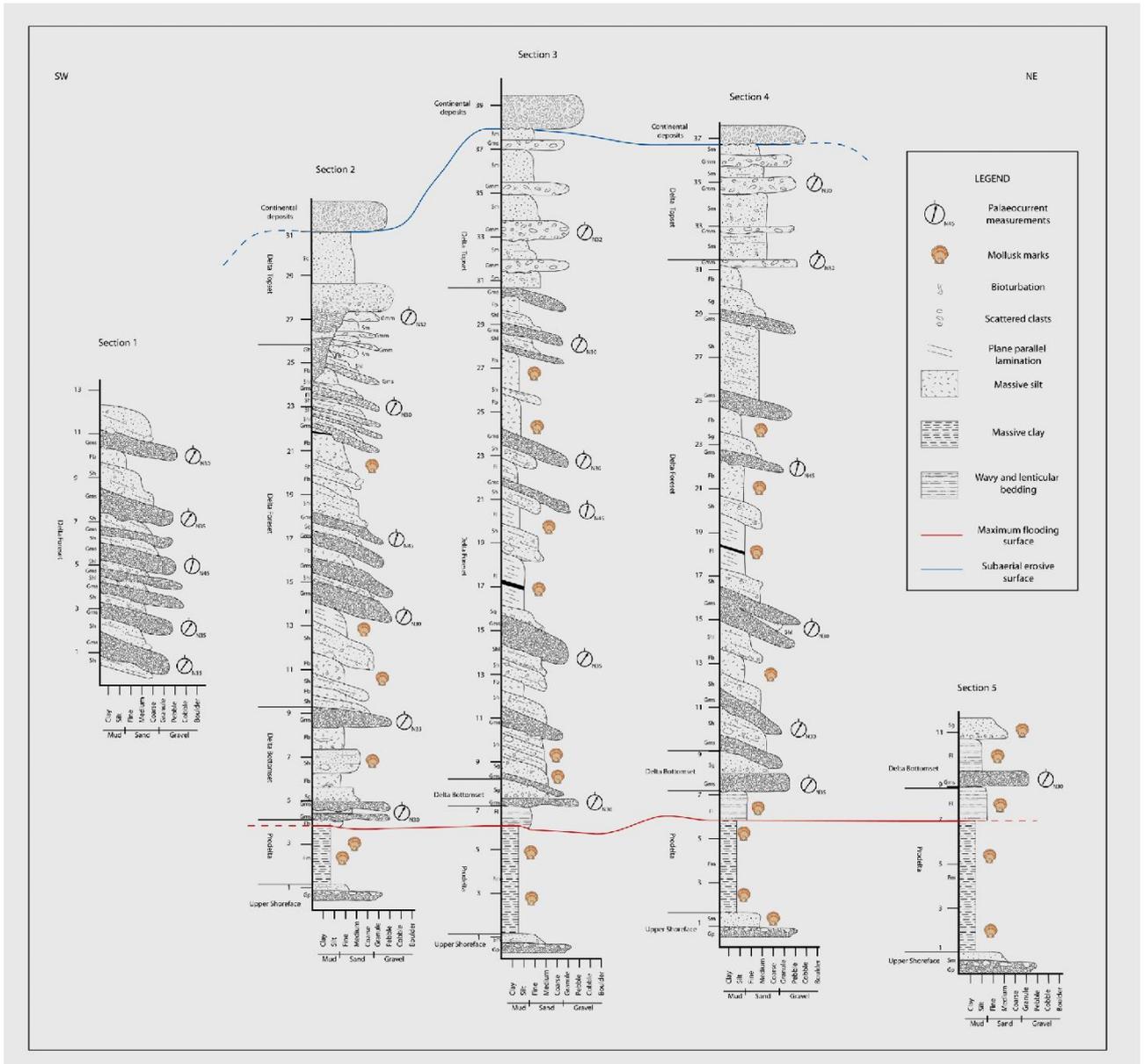


Lo studio sedimentologico di tali sezioni, supportato da analisi delle microfaune e datazioni di laboratorio, ha permesso di correlare tali sequenze di terreni ad un ambiente di delta Pleistocenico tipo Gilbert che l'autore ha ulteriormente suddiviso, dalla foce verso il mare aperto, nei seguenti sotto ambienti (rif. figg. successive estratte dalla tesi di dottorato): topset, foreset, bottomset e prodelta

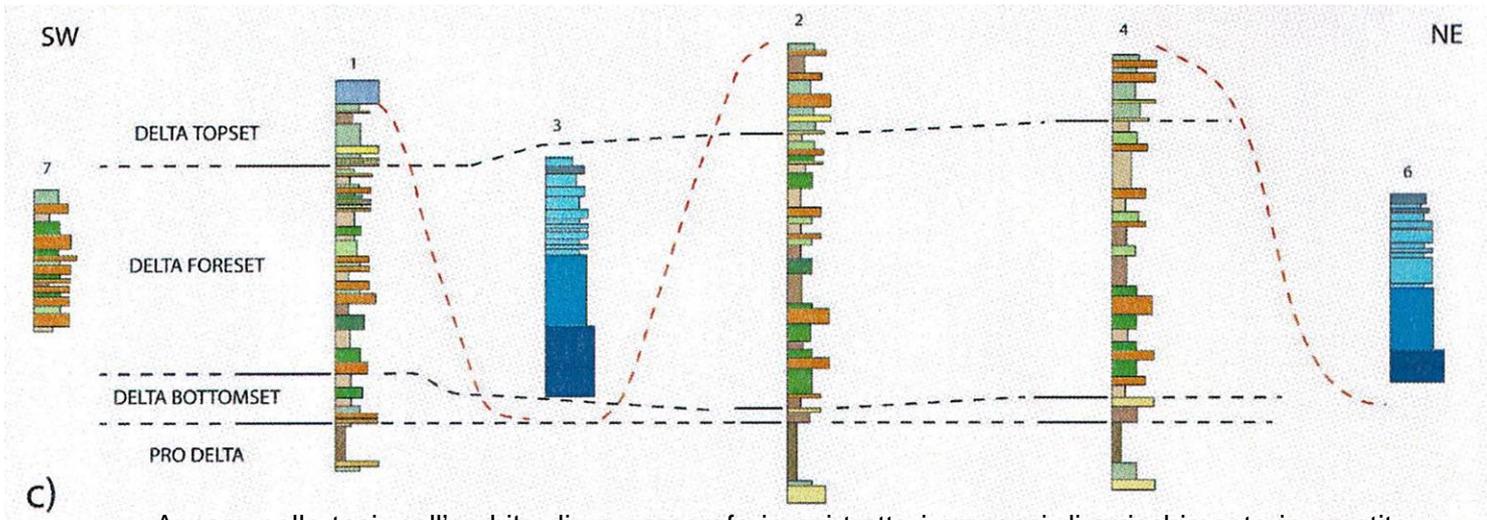


La figura successiva, estratta dal lavoro di Ciampalini & Firpo, illustra le colonne stratigrafiche rilevate da Ciampalini in corrispondenza di buona parte delle sezioni studiate.

Tali colonne distinguono, poi al loro interno, tre principali suddivisioni degli ambienti di sedimentazione e quindi delle facies correlate: i depositi continentali grossolani e sommitali, i depositi deltizi intermedi di topset, di foreset, di bottomset, caratterizzati da orizzonti con granulometrie variabili da fini a grossolane, ed i sedimenti basali di prodelta sostanzialmente fini.



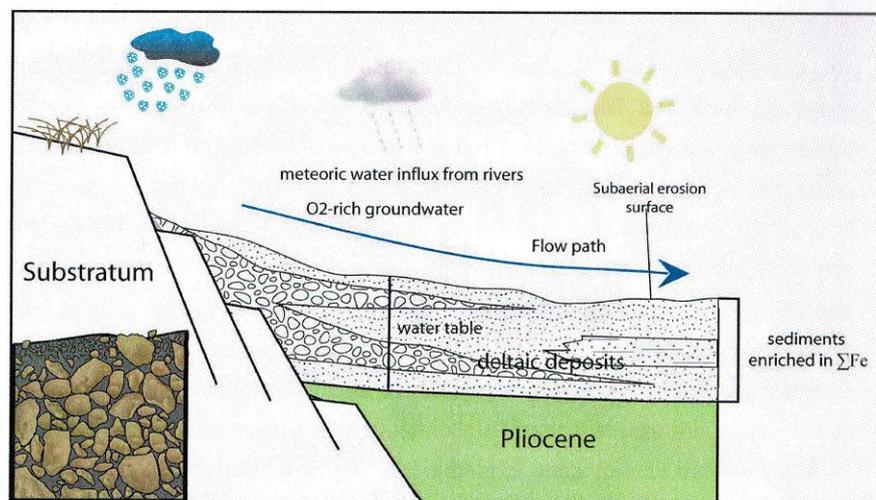
Un ulteriore fenomeno geologico evidenziato nella tesi di Ciampalini è quello dell'erosione che possono aver subito i sedimenti deltizi del Basso-Medio Pleistocene lungo le direttrici dei corsi d'acqua del Medio Pleistocene; tali canali di erosione sono stati poi colmati con sedimenti fluviali e di debris flow costituiti da ghiaie e breccie grossolane (la fig. successiva, estratta dalla tesi, schematizza tale fenomeno).



c)

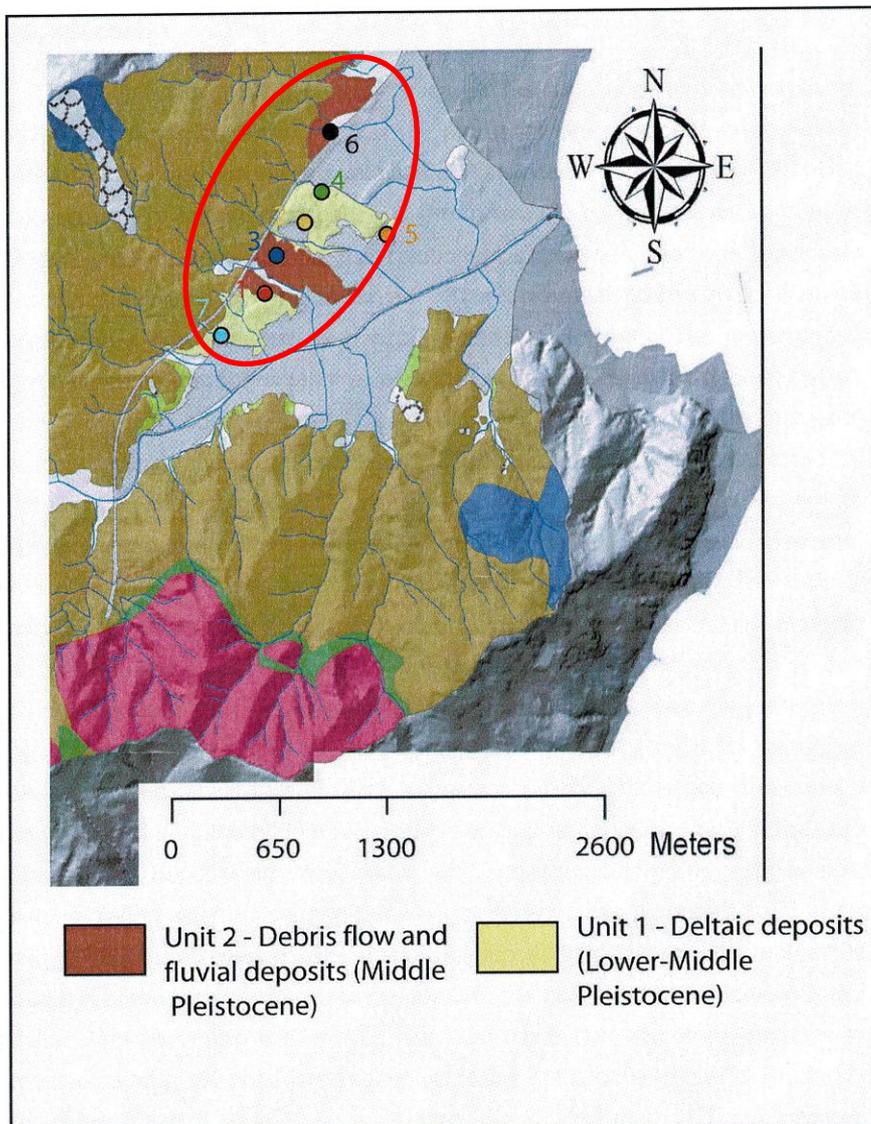
Ancora nella tesi, nell'ambito di un paragrafo in cui tratta i processi di arricchimento in ematite subiti dai depositi deltizi pleistocenici, Ciampalini inserisce una sezione (rif. fig. successiva) che evidenzia alcuni aspetti geologici importanti che possono essere di riferimento anche per la zona dello svincolo in esame:

- la verosimile presenza di un sistema di faglie dirette, circa parallelo all'autostrada, di ribasso tettonico costiero della formazione permiana di substrato, con formazione di bacini nei quali si sono depositati i sedimenti pliocenici
- il conseguente approfondimento rapido, secondo superfici molto inclinate, del substrato roccioso di monte (Metasedimenti Permiani) sotto ai depositi deltizi pleistocenici.
- la deposizione dei terreni deltizi pleistocenici sul Pliocene.



In ultimo si allega, come estratto della tesi di Ciampalini, la mappa che riporta la posizione e la perimetrazione dei depositi pleistocenici proposta dallo stesso autore con l'indicazione delle sezioni stratigrafiche di studio; i terreni pleistocenici vengono divisi in Unità 1: depositi di delta del Basso-Medio Pleistocene ed in Unità 2: debris flow e depositi fluviali continentali del Medio Pleistocene. (l'area marrone, a sinistra dell'autostrada, è in Metasedimenti Permiani).

L'ellisse rossa evidenzia la zona dello svincolo in esame; come riferimento ulteriore di inquadramento si precisa che il pallino della sezione 4 studiata è localizzato in corrispondenza del Rio Tana.





6.2. Quadro geologico rilevato

L'analisi incrociata dei dati bibliografici, riassunti nel precedente paragrafo, dei dati del rilevamento geologico di terreno, dei dati dei sondaggi pregressi e dei sondaggi della nuova campagna geognostica 2019, ha permesso la ricostruzione del modello geologico dell'area nella quale ricade il nuovo svincolo in progetto.

I caratteri principali di tale modello geologico possono essere così riassunti (rif. elab. P280DGEOCG001 "Carta geologica-geomorfologica").

Le aree a monte dell'autostrada sono caratterizzate, in generale, dall'affioramento della formazione rocciosa dei "Metasedimenti Permiani (MSP)

L'esecuzione in queste aree di alcuni sondaggi della campagna geognostica 2019 (S1-S3-S4-S5-S6-S7) ha confermato la presenza degli scisti permiani sino alle profondità raggiunte dell'ordine dei 25-30m.

Tali metasedimenti si presentano come una roccia caratterizzata da una scistosità pervasiva millimetrica, tipicamente metamorfica; in campagna, alla scala dell'affioramento, sono infatti visibili ripiegamenti molti fitti e serrati della scistosità, anche alla scala centimetrica, spesso polifasici con sovrapposizione di più scistosità.

La definizione litologica più generale di "Metasedimenti Permiani" (MSP) è conseguente al fatto che, nella zona in esame, le diverse facies dei metasedimenti permiani non sono tra loro separabili cartograficamente alle normali scale del rilevamento del terreno.

Tale formazione comprende quindi litologie riferibili alle diverse formazioni di metasedimenti rilevabili nella zona e quindi agli "Scisti di Gorra" (scisti quarzo-sericitici, scisti quarzoso-micacei bianco argentei, scisti cloritico-sericitici verdi, scisti filladico-sericitici, micascisti, scisti quarzo-sericitici carboniosi scuri), alla "Formazione di Viola" (scisti quarzoso micacei varicolori da verdi a scuri,) ed alla "Formazione di Murialdo" (filladi e micascisti carboniosi scuri, con lenti e vene contorte di quarzo).

A monte dell'autostrada l'unica zona che si differenzia dalla presenza dei Metasedimenti Permiani è quella dell'Area di Servizio dove sono presenti terreni che, per caratteristiche granulometriche, per sequenze sedimentarie rilevate e per aspetto, sono stati interpretati come depositi pleistocenici ma, a differenza di quanto indicato da Ciampalini & Firpo, di origine deltizia e quindi del Basso-Medio Pleistocene; si evidenzia inoltre che i sondaggi realizzati per il progetto dell'Area di Servizio hanno raggiunto profondità dell'ordine dei 15m senza mai incontrare i metasedimenti permiani di substrato.

Le foto successive illustrano l'aspetto in affioramento dei Metasedimenti Permiani.







A valle dell'autostrada, nell'ampia porzione compresa tra la centrale Tirreno Power ed il Rio Ballaina risultano affioranti terreni che per caratteristiche granulometriche, per sequenze sedimentarie rilevate e per aspetto, sono stati interpretati come depositi di origine continentale del Medio Pleistocene (PT2) e come depositi di origine deltizia del Basso-Medio Pleistocene (PT1) (Ciampalini&Firpo – 2015).

Dal punto di vista litologico la formazione dei depositi continentali del Medio Pleistocene (PT2) si presenta come una ghiaia eterometrica grossolana in matrice sabbiosa, sabbiosa limosa, in genere pseudocementata, di colore arrossato da ferrettizzazione (depositi fluviali) o, più localmente, come una breccia grossolana anch'essa ferrettizzata (da debris flow).

Le foto successive illustrano l'aspetto in affioramento dei depositi continentali del Medio Pleistocene (PT2).





I depositi di origine deltizia del Basso-Medio Pleistocene (PT1), visti gli spaccati stratigrafici affioranti sul terreno e viste le stratigrafie profonde dei sondaggi, possono essere descritti come prevalenti livelli ed orizzonti di limi, limi sabbiosi, limi argillosi che si alternano a livelli secondari di ghiaie in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa.

La colorazione dei terreni varia, come rilevato nei sondaggi all'aumentare della profondità, da rosata-arrossata, nei primi metri superficiali, a ocrea e grigia sino a grigia più in profondità.

Le foto successive illustrano l'aspetto in affioramento dei depositi deltizi del Basso Medio Pleistocene (PT1).





La sola visione delle stratigrafie della campagna geognostica 2019 e di quelle delle aree Tirreno Power e dell'Area di Servizio Esso, in assenza cioè di dati certi quali lo studio della microfauna presente nei livelli limosi e la datazione dei terreni, sembra escludere che i sondaggi eseguiti abbiano raggiunto i depositi Pliocenici delle Argille di Ortovero che, per aspetto e consistenza, appaiono in genere differenti rispetto ai terreni prelevati nei sondaggi appena sopra citati; solo eventuali studi paleontologici e sedimentologici dei terreni carotati con la campagna 2019 potranno confermare o meno questa ipotesi.



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



In questa ampia porzione i sondaggi realizzati dalla Tirreno Power, che hanno raggiunto profondità dell'ordine dei 12-13m a partire dalla quota ribassata (circa 15m slm) del bacino della centrale, ed i sondaggi della nuova campagna geognostica 2019 (S2-S8-S9-S10-S11-S12) che hanno raggiunto profondità dell'ordine dei 25-30m, non hanno mai incontrato i metasedimenti permiani di substrato.

Il dato geologico che i sondaggi dell'Area di Servizio Esso, della Tirreno Power e quelli nuovi di ultima perforazione (sondaggi S2-S8-S9-S10-S11-S12 del 2019) non abbiano incontrato i metasedimenti permiani di substrato porta ad ipotizzare, in linea con la sezione di Ciampalini riportata a pag. 19, la possibile presenza di un piano di faglia normale, circa parallelo all'autostrada e sviluppatosi credibilmente all'epoca della tettonica distensiva pliocenica, che ha ribassato la formazione permiana di substrato.

Sempre a valle dell'autostrada, nel settore a ponente della valletta del Rio Termini, i metasedimenti permiani sconfinano anche a valle dell'autostrada e potrebbero anche rappresentare il substrato dei depositi del Basso-Medio Pleistocene (PT1) e dei Depositi alluvionali terrazzati (AT); i soli dati del rilevamento di terreno non possono confermare in maniera definitiva questa ipotesi.

In ultimo, come terreni del Quaternario più recente e di riporto antropico, si segnalano le alluvine recenti (AR) sui fondovalle dei corsi d'acqua locali, le aree con coperture detritiche (COP) presenti sui metasedimenti permiani, i rilevati autostradali e stradali (RIL), le aree di riporto (RIP) presenti soprattutto immediatamente ad ovest del cavalcavia Strada Bossarino, i terreni di ritombamento (RIT) della galleria ferroviaria Tana ed i materiali misti abbancati nella Discarica Bossarino (DISC).

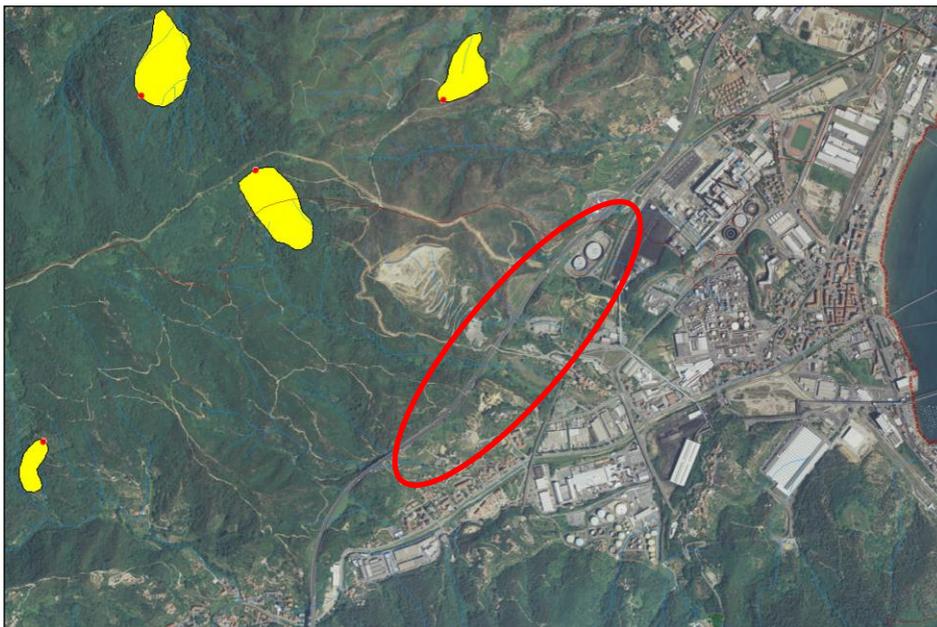
7. GEOMORFOLOGIA

Nel presente paragrafo vengono illustrati i caratteri geomorfologici dell'area in cui ricade lo svincolo in progetto.

L'illustrazione parte dai dati di bibliografia per arrivare al quadro geomorfologico rilevato sino alle descrizioni di dettaglio dei movimenti franosi; in ultimo viene posta l'attenzione sulle situazioni geomorfologiche delle scarpate attuali quali informazioni utili alla progettazione delle nuove scarpate in progetto.

7.1. Dati geomorfologici di bibliografia

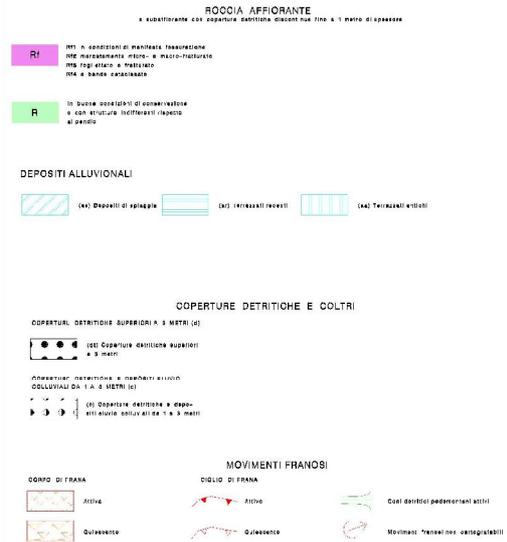
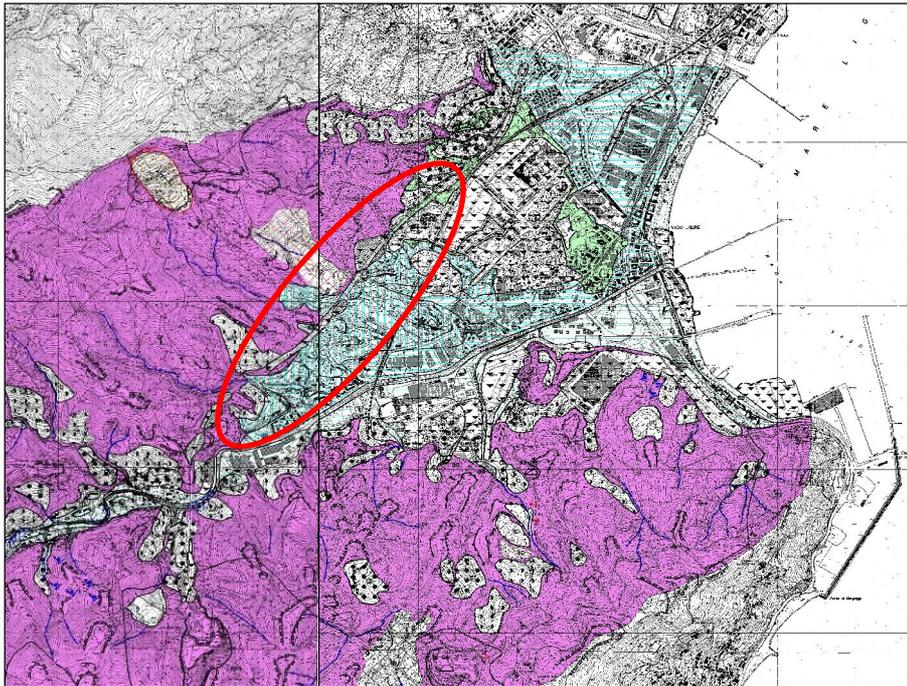
Si riportano, a seguire, gli estratti della carta dell'IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), della carta geomorfologica del Piano di Bacino T.Segno e della carta geomorfologica dello studio geologico del Piano Urbanistico Comunale (PUC).



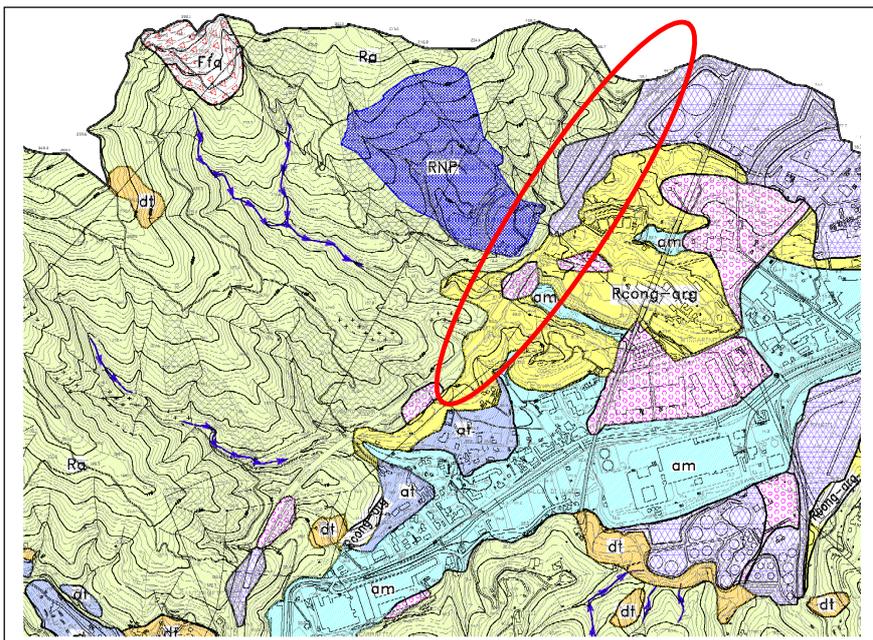
Carta IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);
l'ellisse evidenzia la zona dello svincolo



Carta geomorfologica Piano Bacino T.Segno
(l'ellisse evidenzia la zona dello svincolo)



Carta geomorfologica PUC
(l'ellisse evidenzia la zona dello svincolo)



Ra Roccia affiorante e/o sub-affiorante con copertura detritica discontinua fino a 2 m di spessore, in scadenti condizioni di conservazione, alterate e/o particolarmente fratturate, rocce cataclastate



Gli estratti delle 3 carte non evidenziano problematiche di movimenti all'interno ed al contorno dell'area interessata dal progetto dello svincolo.

L'unico movimento franoso significativo è perimetrato nella parte sommitale della valletta del Rio Termini; esso è inquadrato come uno scivolamento rotazionale-traslativo nell'IFFI, come frana quiescente nel Piano Bacino e come fenomeno franoso quiescente nel PUC.

Il PUC evidenzia inoltre le scadenti caratteristiche geomeccaniche dei Metasedimenti Permiani nella zona dello svincolo in progetto, classificandoli come "Roccia affiorante e/o subaffiorante con copertura detritica discontinua fino a 2 m di spessore, in scadenti condizioni di conservazione, alterate e/o particolarmente fratturate, rocce cataclasate".

7.2. Quadro geomorfologico rilevato

Il quadro geomorfologico della zona interessata dallo svincolo (rif. elab. P280DGEOCG001 "Carta geologica-geomorfologica") in progetto è andato evolvendosi nel tempo geologico in funzione di due fattori principali:

- il controllo tettonico sulle direttrici di erosione.
- l'erodibilità dei terreni delle formazioni affioranti nella zona

Il pattern del drenaggio ha direzioni chiaramente condizionate dalla tettonica; il Torrente Segno così come gli affluenti, tra i quali i rii che ricadono sul versante in sinistra nella zona dello svincolo, hanno direzioni che ricalcano quelle dei principali sistemi di faglia elencati nel paragrafo della geologia.

Si hanno quindi vallette e crinali allungati secondo le direttrici 60-65°N, 120-130°N e 145-150°N; la spezzata, con diverse curve a 90°, che il Rio Termini presenta nel tratto subito a monte del rilevato autostradale, è un esempio chiaro del controllo tettonico sulle direzioni del drenaggio.



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



L'erodibilità dei terreni è stato poi un elemento che ha favorito l'approfondimento delle vallette.

A monte dell'autostrada, i rii hanno infatti fortemente inciso gli scisti permiani con formazioni di vallette spesso incassate con evidenti segni di erosione di fondo.

A valle dell'autostrada, i terreni pleistocenici hanno avuto un differente comportamento sotto l'azione degli atmosferici e dell'incisione dei corsi d'acqua.

Le ghiaie grossolane pseudocementate del Pleistocene Medio (PT2), dotate di una certa resistenza meccanica, sono andate evolvendosi secondo pareti sub-verticali che ricalcano le direttrici dei rii e quindi del sistema di faglie 120-130°N.

I terreni limosi del Basso-Medio Pleistocene (PT1), rispetto alle ghiaie (PT2), hanno forme "più blande" in virtù della accentuata erodibilità; l'impermeabilità di tali terreni ha favorito l'infittimento del reticolo idrografico di drenaggio con formazione frequente di incisioni strette con le classiche forme calanchive o pseudocalanchive, evidenti soprattutto nella zona del casello in progetto.

Come terreni di copertura e mascheramento delle diverse formazioni geologiche si evidenziano:

- le coperture detritiche eluvio-colluviali (COP): sono state perimetrare due aree di copertura ricadenti a monte dell'autostrada sui metasedimenti permiani e più precisamente nella valletta del Rio Termini e immediatamente a ponente del Rio della Valle
- i terreni riportati di ritombamento (RIT) della galleria ferroviaria Tana (spessore max 20m)
- i terreni di riporto (RIP) che sono stati distinti in:
 - A: rifiuti di natura e spessore non noti che interessano la perimetrazione che fa riferimento all'Ordinanza-Diffida n. 11/2013 del 20.02.2013 del Comune di Vado Ligure)
 - B: terreni riportati all'epoca degli scavi di sbancamento del bacino della centrale ex ENEL (lavori 1967) e/o della vicina linea ferroviaria (lavori 1968-1970) (spessori mediamente compresi tra 5-15m)
 - C: terreni di riporto di livellamento locale piazzale



- i rilevati autostradali e stradali (RIL) (ricostruiti dai documenti di contabilità relativi ai movimenti di materia eseguiti all'epoca della costruzione dell'autostrada).

7.3. Movimenti franosi

Nel presente paragrafo vengono illustrati i caratteri geomorfologici dei movimenti franosi rilevati nell'area in cui ricade lo svincolo in progetto.

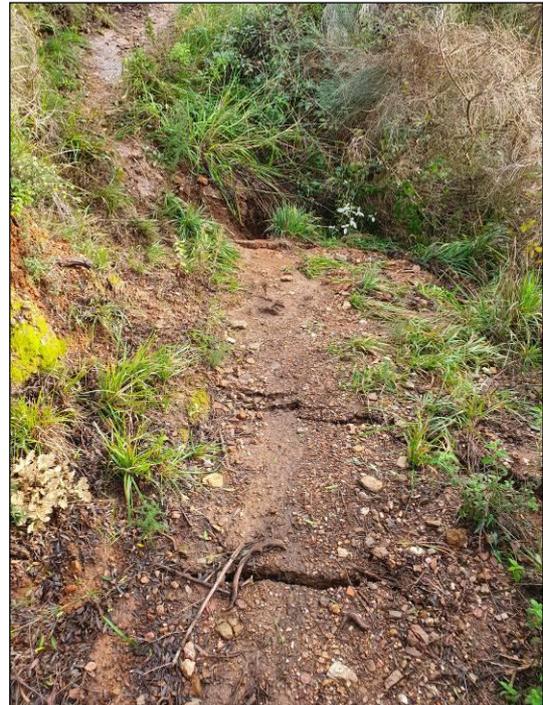
7.3.1. Frana zona cappio

Nel mese di novembre 2019 sono caduti complessivamente 589,2 mm di pioggia di cui 559 mm entro il 24 novembre; di questi 559 mm, nei giorni 23 e 24 novembre, di Allerta Meteo Rossa, ne sono precipitati 335 mm (215 mm il giorno 23 e 120 mm il giorno 24, giorni).

Dopo tale Allerta Rossa Meteo, il pendio in sinistra del Rio Termini, dove è previsto il "Cappio" dello svincolo (rif. mappa più sotto), ha evidenziato i primi indizi geomorfologici di movimento.

Si è manifestata infatti, quale primo indizio di movimento, la formazione di alcune fessure di trazione e di ribassamenti locali lungo il sentiero che, subito a monte del Cavalcavia Strada Bossarino, si stacca dall'omonima Strada e scende, tagliando il pendio, sino al Rio Termini.

Le foto che seguono illustrano alcuni esempi di tali fessure:



Dopo il riscontro delle fessurazioni sono state eseguite operazioni di taglio della vegetazione sul pendio lungo strisce orientate secondo la massima pendenza (già programmate per il rilievo topografico delle aree di progetto) in modo da comprendere l'entità del fenomeno.

Il rilevamento visivo delle strisce pulite dalla vegetazione ha permesso di evidenziare alcune prime esposizioni della corona di distacco in posizione circa intermedia tra il sentiero sopra citato e la stradina in terra sommitale che corre lungo il bordo occidentale della discarica Bossarino.

Le esposizioni della corona di distacco hanno evidenziato una apertura fino a circa 50 cm ed un ribasso di 70 cm della corona stessa (rif. foto subito successive); il distacco, considerata l'umidità e l'aspetto della corona, è stato considerato "fresco" e cioè di recente mobilitazione riconducibile, verosimilmente, alle precipitazioni di novembre con particolare riferimento a quelle dei giorni 23 e 24





Considerate tali evidenze di movimento è stata eseguita una prima perimetrazione speditiva della frana sfruttando le strisce pulite dalla vegetazione e tramite l'ausilio di rotella metrica.

La zona di piede del movimento franoso è stata individuata, in prima battuta, nella scarpata sub-verticale di discontinuità topografica di passaggio tra la base del pendio ed il terrazzo alluvionale (rif. foto subito successive).





Sempre nella zona di piede del fenomeno principale (la linea rossa rappresenta la prima indicazione del dissesto su base fotografica) è stato rilevato un dissesto superficiale localizzato (rif. freccia rossa della foto precedente) del quale si riportano alcune fotografie di inquadramento; le frecce verdi segnalano altre due situazioni simili al dissesto superficiale localizzato citato ma ancora in fase di sviluppo iniziale.





Alla luce di tutte le evidenze sopra descritte è stata quindi scritta una nota di primo inquadramento e descrizione del fenomeno franoso che è stata inviata ad Autostrada dei Fiori; in questa nota venivano evidenziate, tra le cause innescanti tale frana, oltre alle straordinarie precipitazioni del novembre 2019 e alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni, gli arrivi d'acqua concentrati che dalla stradina a mezzacosta sterrata, limitrofa alla discarica, vengono deviate, mediante una tubazione nera e numerosi solchi rompitratta trasversali alla stradina stessa, e scaricate in maniera non controllata sul versante a valle (rif. foto subito successive).





Il giorno 20.12.2019, considerato:

- l'emanazione in pari data dell'allerta rossa meteorologica da parte di ARPAL
- che il dissesto franoso ricade in aree di soggetti terzi privati
- che un'eventuale progressione del fenomeno franoso avrebbe potuto ostruire il regolare deflusso idraulico del Rio Termini con possibili ricadute sulla sicurezza autostradale,

Autostrada dei Fiori ha segnalato (nota AdF U/10743 del 20.12.2019) la presenza di tale dissesto franoso al Comune di Vado Ligure affinché attivasse tempestivamente le misure di

protezione civile necessarie a salvaguardare la pubblica incolumità e la sicurezza dell'infrastruttura viaria.

In parallelo il Comune di Vado Ligure, a seguito della nota AdF appena sopra citata, ha emesso una Ordinanza Sindacale (n. 59 del 20.12.2019) ai soggetti privati proprietari (SPC GREEN SpA con sede in Milano e proprietaria della Discarica Bossarino subito soprastante la stradina di cui alle foto di pagina prima) dei terreni affinché gli stessi si attivassero, nel tempo più breve possibile e non oltre 5 giorni dalla notifica, per l'esecuzione di una accurata verifica tecnica del movimento franoso e del monitoraggio della frana stessa.

Il giorno 20.12.2019 di Allerta Rossa, in cui sono precipitati 46mm di pioggia, è stata eseguita una ispezione del movimento franoso durante un evento piovoso significativo; tale sopralluogo è stato eseguito anche insieme ai tecnici e rappresentanti della Discarica Bossarino.

Il sopralluogo ha permesso di evidenziare che, durante gli eventi piovosi, dalle aree e piazzali della discarica provengono e vengono incanalate ingenti quantità d'acqua nella stradina in terra soprastante la frana da dove le stesse acque, attraverso una tubazione nera ed i solchi rompitratta trasversali alla stessa stradina, vengono scaricate in maniera non controllata sul versante a valle e quindi, in buona sostanza, sul movimento franoso (rif. foto subito successive).



Contributi d'acqua scaricati sul versante a valle, dove è localizzata la frana, dai solchi della stradina sommitale; tali contributi d'acqua arrivano a loro volta nella stradina dalle aree della discarica (20.12.2019)



Oltre ai contributi sversati dai solchi trasversali della stradina, un ulteriore importante apporto sul versante sottostante è apportato dal tubo nero in HDPE ubicato subito a valle della strada in corrispondenza dell'ingresso della discarica Bossarino (20.12.2019)



Contributi d'acqua che venivano scaricati dalla stradina di cui alle foto precedenti sulla ed entro la corona di distacco (foto a sx) e sul sentiero che attraversa, circa a metà versante, la frana (20.12.2019)



Contributi d'acqua da monte che raggiungevano il terrazzo alluvionale al piede della frana e che si incanalavano in corrispondenza del dissesto superficiale localizzato poco sopra citato (20.12.2019)

Nel periodo successivo all'Allerta Rossa del 20.12.2019, il personale tecnico ed operativo della Discarica Bossarino, in ottemperanza alla Ordinanza del Comune di Vado Ligure, ha iniziato una serie di attività sulla frana tra le quali anche il taglio più completo della vegetazione nel settore alto della frana dove è posizionata la corona di distacco.

L'ulteriore ispezione del pendio nel settore di nuova pulizia dalla vegetazione ha evidenziato un ulteriore sviluppo della corona di distacco più in alto sul pendio e quindi più vicino alla stradina ed alla discarica.

La visione di questa nuova parte della corona di distacco ha chiaramente evidenziato che il movimento avvenuto in occasione delle piogge di novembre-dicembre 2019 risulta in parte di nuova attivazione (settore lato Rio Termini) mentre rappresenta una riattivazione di un movimento franoso quiescente già presente sul pendio (settore lato discarica).

Il ribasso maggiore misurato della corona di distacco è rilevabile nel tratto lato discarica dove raggiunge circa i 2m di cui circa 1m, più alto e "muschiato", è riconducibile ad un movimento/i progressivo/i e circa 1m, più basso e "fresco", è invece verosimilmente ricollegabile all'evento del novembre-dicembre 2019.

Le foto successive rappresentano la corona di distacco dopo l'ultima pulizia della vegetazione.



Il ribasso della frana nel tratto della corona di distacco più alto sul pendio; l'entità del ribasso è pari a circa 2m di cui circa 1m, più alto e "muschiato", è riconducibile ad un movimento/i progressivo/i e circa 1m, più basso e "fresco", è invece verosimilmente ricollegabile all'evento del novembre-dicembre 2019.

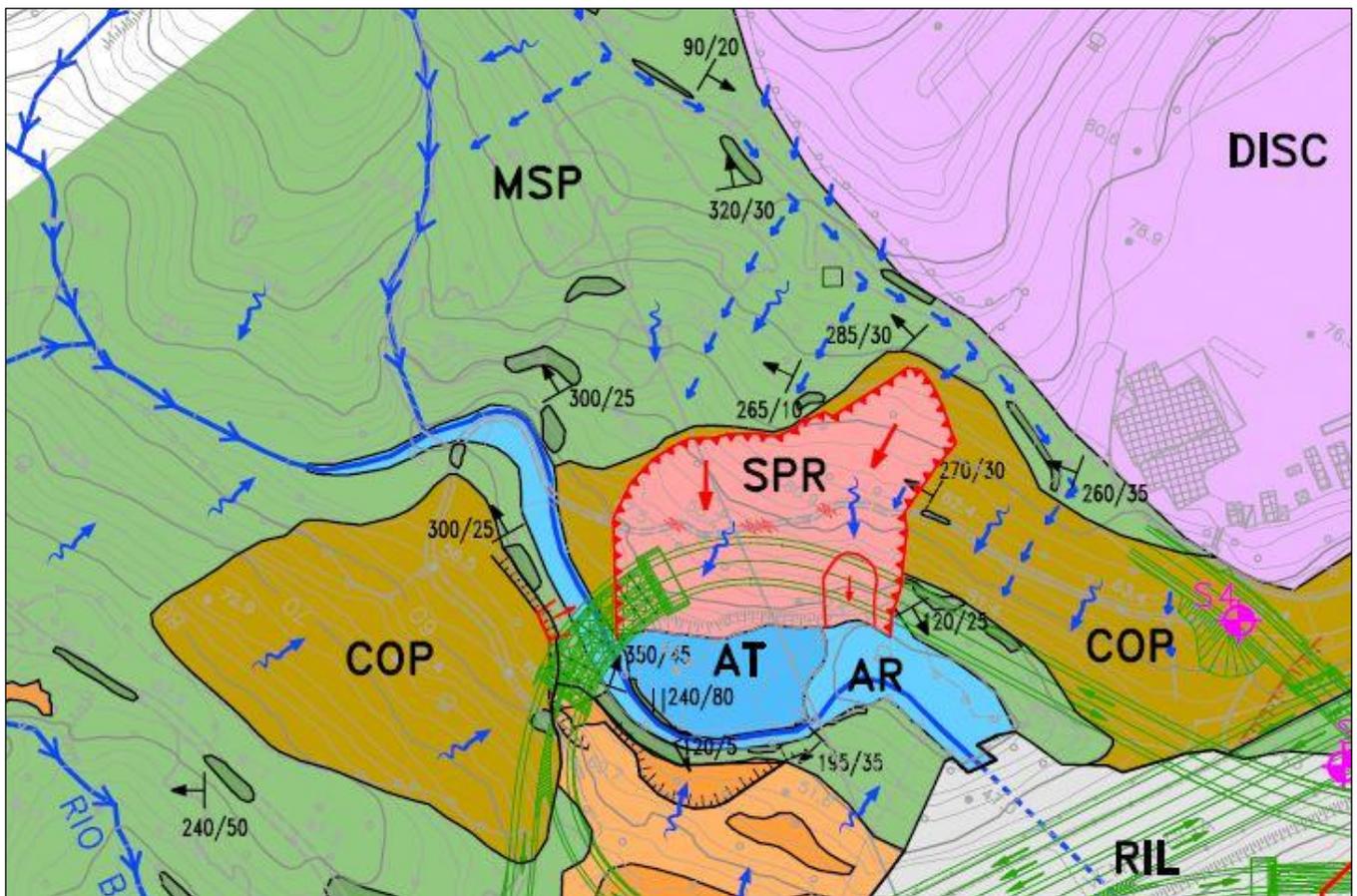


Il taglio del ribasso evidenzia la presenza di una copertura detritica arrossata il cui spessore è stato stimato, anche sulla base della tomografia sismica eseguita lungo la massima pendenza della frana, compreso tra 3-5m.



Ulteriori fotogrammi sulla corona di distacco. Le due foto centrali evidenziano la riattivazione “più fresca” del movimento della frana; l’ultimo fotogramma testimonia il coinvolgimento nel movimento del primo substrato scistoso più alterato

Si riassumono ora di seguito, sulla scorta di tutte le informazioni sopra illustrate, i caratteri della frana in esame.; si inserisce, a supporto, l'estratto della carta geologica-geomorfologica riportante la perimetrazione della frana in esame.



Nei mesi di novembre-dicembre la zona di Vado è stata interessata da precipitazioni piovose straordinarie (589,2 mm mese di novembre e 126,6 mm mese di dicembre – Dati stazione meteo Istituto Nautico di Savona). In occasione delle precipitazioni dell'Allerta Rossa meteo del 23-24 novembre (215 mm il 23 novembre e 120 mm il 24 novembre per un totale di 335 mm in 2 giorni) è verosimile ipotizzare, sulla base dei dati raccolti, che si siano verificate la riattivazione del settore della frana con corona di distacco più alta sul pendio, già innescatosi anni prima, e l'attivazione del settore della frana più a ponente con corona di distacco più bassa sul pendio.



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



Il movimento franoso si è attivato sulla porzione di versante compresa tra la stradina sterrata a mezzacosta sommitale, prossima alla recinzione della Discarica Bossarino, ed il terrazzo alluvionale in sponda sinistra al Rio Termini o il rio stesso

Dal punto di vista del progetto dello svincolo, il perimetro della frana coinvolge la spalla sinistra del Ponte Bossarino 1 ed un tratto della rampa (circa 60m) che va verso il sottopasso autostradale.

Il piede della frana nel settore della frana con corona di distacco più bassa è rappresentato verosimilmente dalla scarpata sub-verticale di discontinuità topografica che segna il passaggio tra il pendio ed il terrazzo alluvionale; nel settore con corona più alta il piede del pendio è costituito da una scarpata molto inclinata in scisti molto alterati con giacitura a franapoggio.

La corona di distacco visibile nel settore più a ponente, di nuova attivazione, evidenzia una apertura compresa tra 30-50 cm con un rigetto che, nel punto massimo, raggiunge i 70 cm; la corona di distacco visibile invece nel settore più a levante evidenzia una apertura compresa tra 30-50 cm con un rigetto che, nel punto massimo, raggiunge circa i 2m, di cui 1m di più vecchia attivazione ed 1 m di nuova riattivazione.

La frana può, in prima battuta, essere inquadrata come uno scivolamento planare-rotazionale in cui la componente traslativa planare è verosimile sia avvenuta lungo la superficie di scistosità a franapoggio ed inclinata circa come il pendio del substrato roccioso in metasedimenti permiani, molto alterati e fratturati che localmente appaiono anche in forma di cataclasite e/o breccia di faglia.

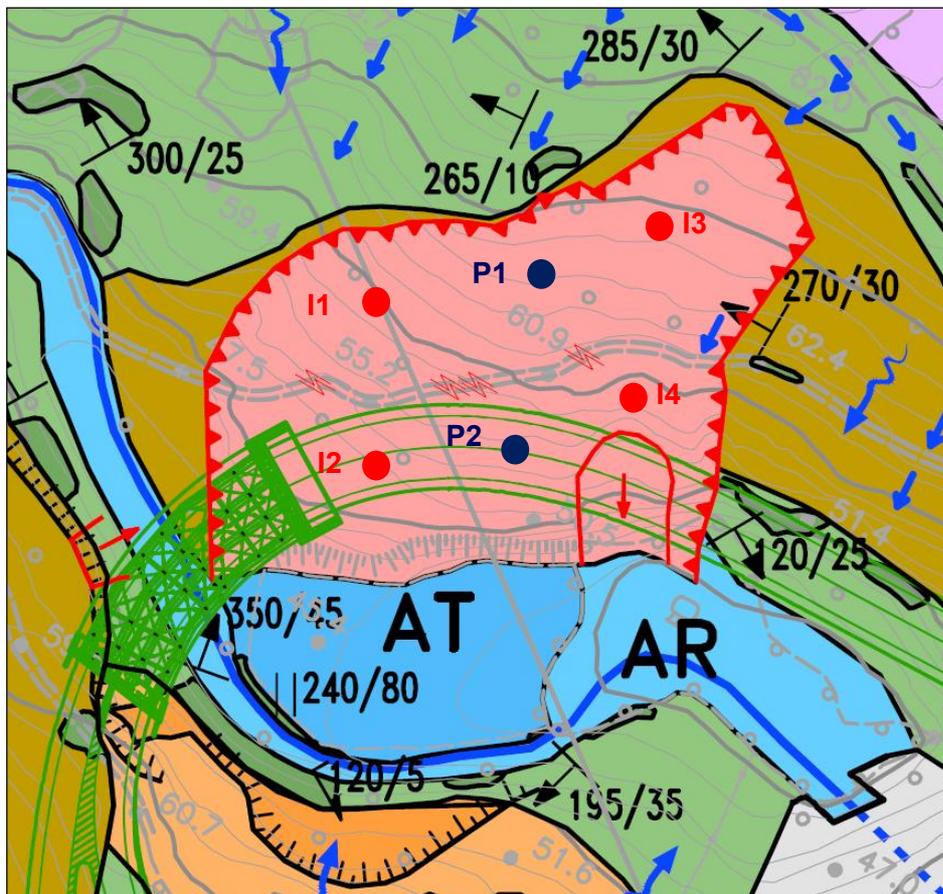
Come prima ipotesi può essere ipotizzato che il movimento franoso abbia coinvolto la copertura detritica quaternaria arrossata superficiale, che localmente ha spessori che superano i 3m, senza escludere un coinvolgimento anche dello spessore più alterato del substrato roccioso in scisti metamorfici.

Non si hanno comunque informazioni e dati sulla profondità della superficie di scivolamento e quindi del volume di terreno effettivamente coinvolto.

Si ritiene quindi opportuna e necessaria la realizzazione di n. 4 tubi inclinometrici (L=20m/cad) e n. 2 tubi piezometrici (L=20m/cad) attrezzati con sensori di lettura in continuo del livello dell'acqua (rif. pallini rossi e blu figura successiva) in modo da:

- individuare la profondità della superficie di scivolamento e quindi lo spessore ed i volumi effettivamente coinvolti nella frana
- poter monitorare nel tempo lo stato di attività in funzione della piovosità stagionali (in tale ottica potrebbe essere utile installare nella stessa zona un pluviometro).

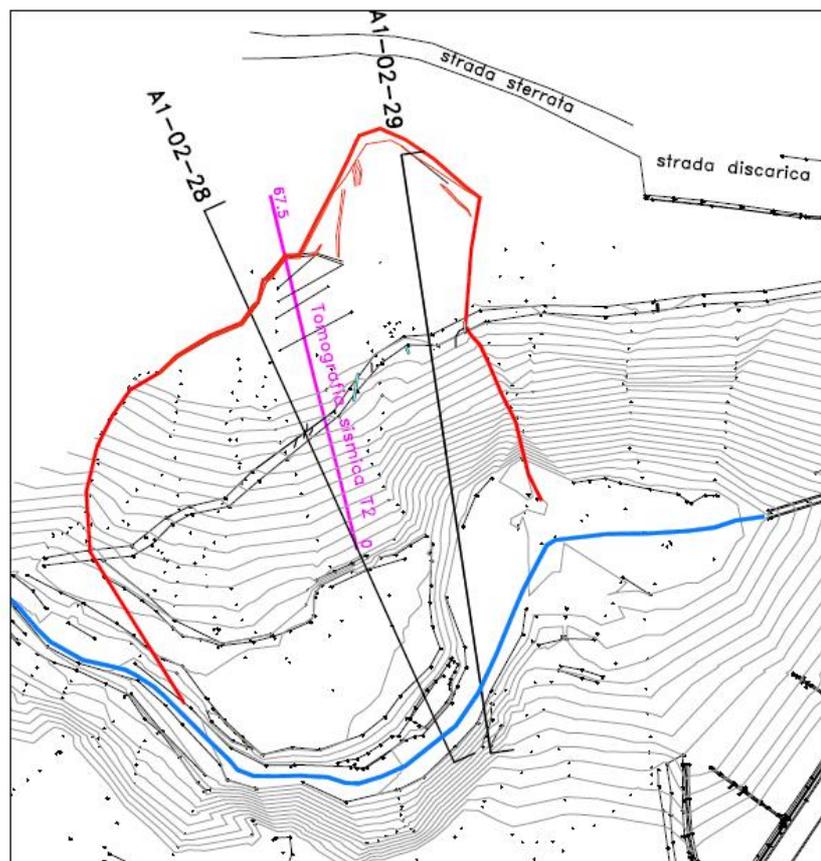
L'installazione del sistema di controllo ed il monitoraggio nel tempo della frana dovranno essere eseguiti in tempi il più possibile brevi in modo da poter ottenere le risultanze prima dello sviluppo del Progetto Esecutivo dello Svincolo, fase progettuale nella quale, sulla base dei risultati ottenuti, potranno essere verificati ed eventualmente ritirati gli interventi di bonifica, sistemazione e consolidamento della frana previsti nel presente Progetto Definitivo.

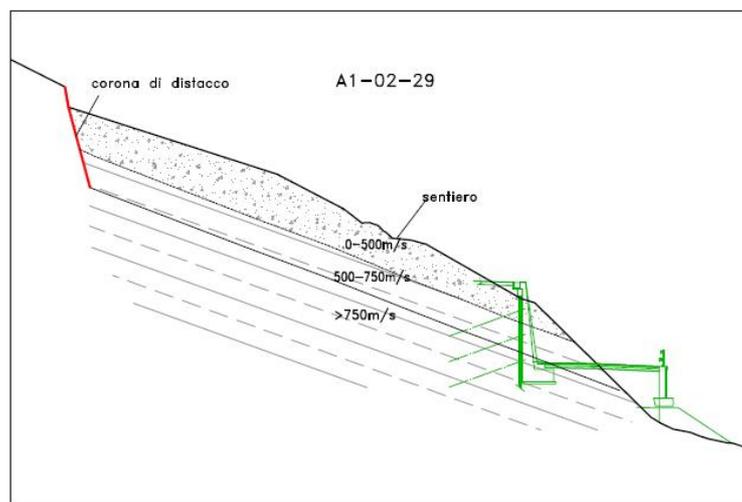
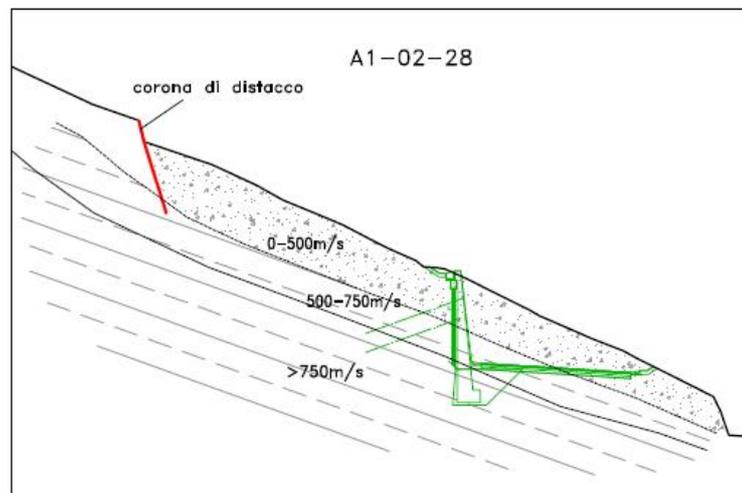
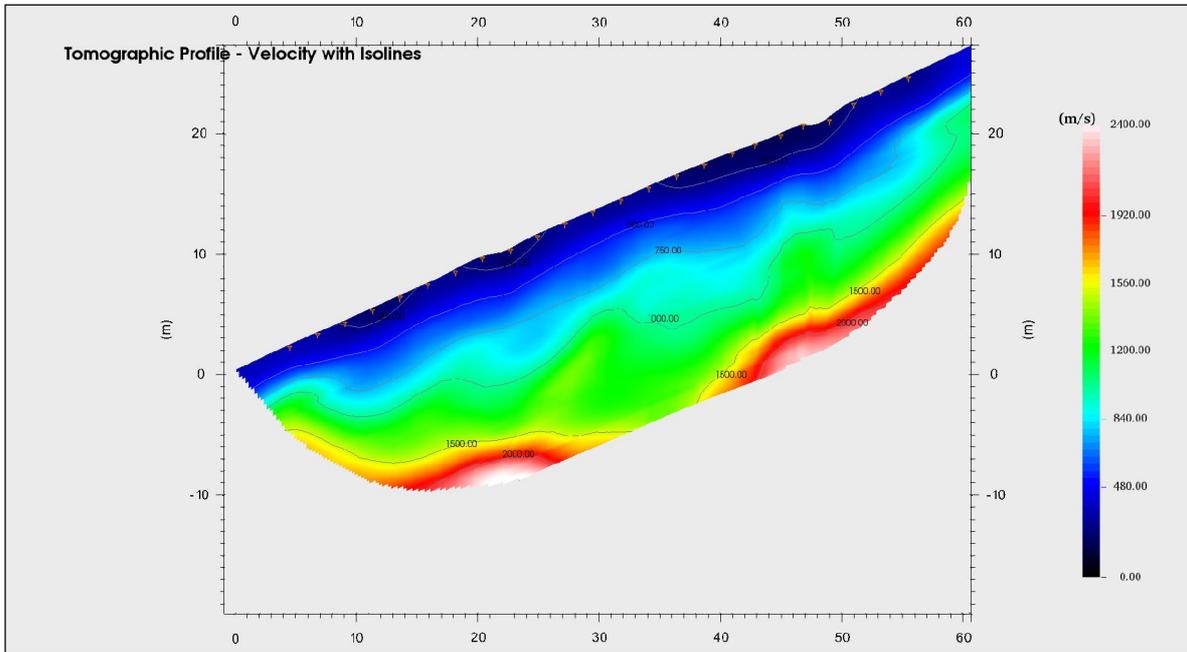


In questa fase di Progetto Definitivo, in assenza di dati strumentali ed in attesa del monitoraggio inclinometrico-piezometrico del pendio propedeutico al Progetto Esecutivo, si rimanda, per quanto riguarda la modellazione del fenomeno franoso e quindi i probabili spessori coinvolti, ai risultati delle back-analysis sviluppate ed inserite negli elaborati geotecnici e di calcolo di progetto relativi agli interventi di sistemazione e consolidamento della frana.

Si riportano di seguito le sezioni stratigrafiche che sono state ricostruite, per le back-analysis citate, sulla base dei dati del rilevamento di terreno e della tomografia sismica a rifrazione eseguita seconda la massima pendenza circa in asse alla frana.

Le sezioni ricostruite riportano, come stratigrafia di dettaglio dei primi metri del sottosuolo, un primo strato superficiale corrispondente alla copertura detritica ($V_p < 500$ m/s) ed un secondo strato in scisti permiani particolarmente alterati con giacitura a franapoggio circa coincidente con l'inclinazione del pendio ($500 < V_p < 750$ m/s).







Si rimarca in ultimo che tra le cause innescanti tale frana, oltre alle straordinarie precipitazioni del novembre 2019 e alle caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni, hanno un'importanza particolare gli arrivi d'acqua concentrati che dalla stradina a mezzacosta sterrata, limitrofa alla discarica, vengono deviate, mediante numerosi solchi "rompitratte" trasversali alla stradina stessa, e scaricate in maniera non controllata sul versante a valle dove è presente la frana; a questi contributi si aggiunge l'importante apporto scaricato dal tubo nero in HDPE ubicato subito a valle della strada in corrispondenza dell'ingresso della discarica Bossarino.

Tali arrivi d'acqua, come già più sopra segnalato, sono alimentati dalle acque provenienti dai piazzali e dalle scarpate della limitrofa discarica.

Questi arrivi d'acqua hanno verosimilmente rappresentato e rappresentano ancora la principale concausa di innesco ed attività della frana; è evidente quindi che il progetto di sistemazione e consolidamento della frana dovrà, gioco forza, comprendere il generale riordino idraulico di tale situazione mediante la realizzazione di adeguate opere idrauliche che intercettino e smaltiscano, a quota stradina, le acque provenienti dalla discarica, evitando quindi lo sversamento incontrollato di tali acque sul versante a valle sul quale insiste la frana.

Per quanto riguarda invece il locale dissesto rilevato alla base della più importante frana sopra descritta (rif. mappa della frana e fotografie sopra riportate) è possibile affermare che si è trattato un locale distacco di terreno che ha scaricato il materiale sul ripiano delle alluvioni attuali del Rio Termini, circa alla quota di scorrimento dello stesso rio.

Il distacco ha coinvolto lo spessore detritico superficiale con scivolamento lungo il tetto del substrato roccioso; il distacco si è prodotto in corrispondenza della rottura di pendenza del pendio locale.

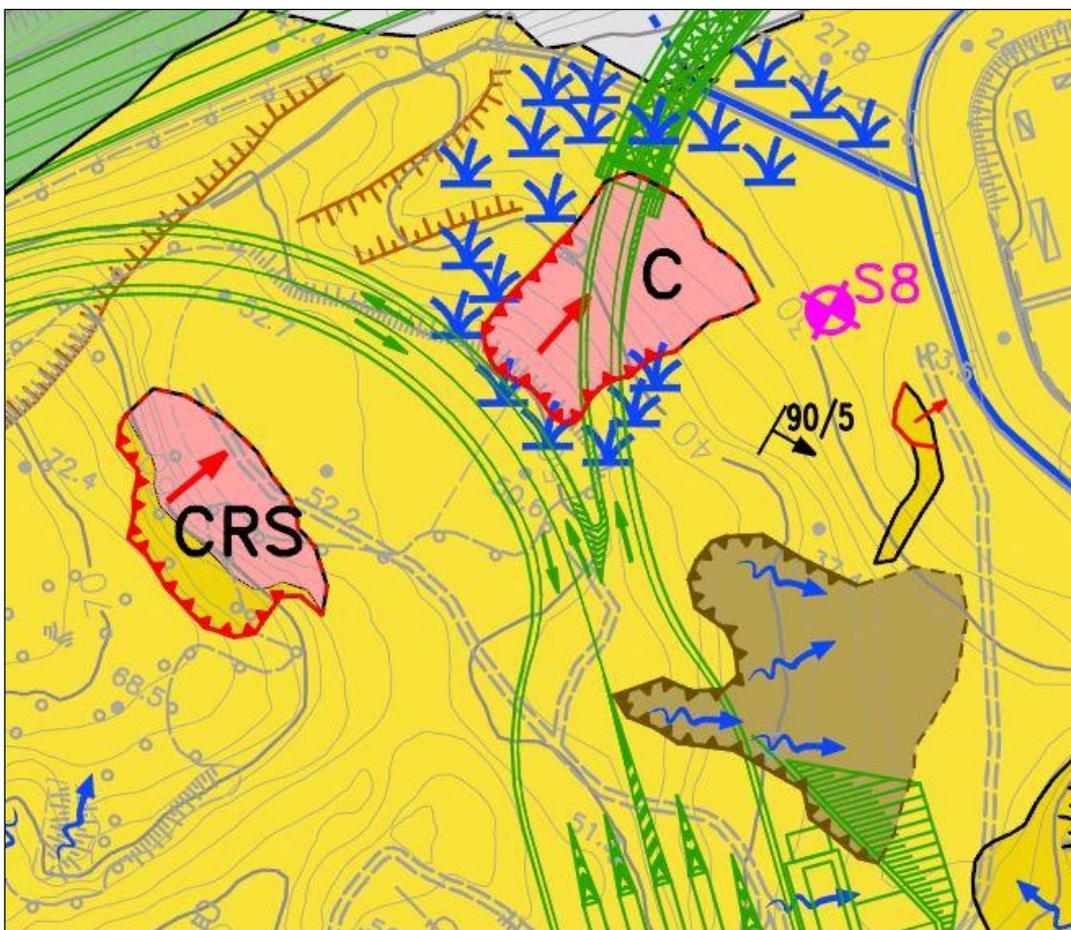
La causa di tale dissesto, oltre alle precipitazioni e all'elevata inclinazione del settore di piede della scarpata, è da ricercare soprattutto negli importanti arrivi d'acqua dalla stradina soprastante (rif. foto a pag. 39).

Le frecce verdi della foto panoramica di pag. 34 evidenziano che altri due punti, circa alla stessa quota, sono prossimi all'innesco di un fenomeno simile.

7.3.2. Frane zona casello

Sempre in occasione dell'Allerta Rossa del 23-24 novembre si sono manifestate due frane nella zona del casello in progetto.

La mappa che segue inquadra sulla cartografia le due frane.



Dissesto CSR

Questo dissesto può essere inquadrato come una riattivazione di un fenomeno di distacco dalla parete subverticale locale che, periodicamente, in occasione dei periodi piovosi più importanti, rilascia materiale.

Il materiale crollato è poi scivolato, complice la notevole presenza d'acqua, sino a raggiungere la locale spianata sub-pianeggiante circa alla quota 51 m.

Già nel 2005, in occasione di un progetto di sistemazione della vicina scarpata autostradale, lo scrivente aveva rilevato evidenti indizi di distacchi dalla stessa nicchia che, un evento dopo l'altro, sta arretrando.

La causa di tale dissesto, oltre alle precipitazioni e all'elevata inclinazione della scarpata, è da ricercare anche nella presenza di superfici di discontinuità predisponenti il distacco dei terreni pleistocenici locali.

Si riporta, di seguito, documentazione fotografica rappresentativa di quanto descritto.





Dissesto C

Questo dissesto può essere inquadrato come una colata che ha coinvolto lo strato detritico superficiale per uno spessore di 1-1,5m, con scivolamento del materiale liquefatto sul tetto della formazione pliocenica locale.

Il distacco si è prodotto in corrispondenza della rottura di pendenza tra il pianoro soprastante e la scarpata interessata dal fenomeno.

La causa di tale dissesto è correlabile alle notevoli precipitazioni, all'elevata inclinazione della scarpata e alla sensibilità dei terreni locali all'acqua senza escludere un probabile arrivo concentrato d'acqua dal pianoro soprastante.

Il perimetro delle frana interessa le rampe in arrivo ed in partenza al/dal casello in progetto.

Si riporta, di seguito, documentazione fotografica rappresentativa di quanto descritto



7.4. Informazioni geomorfologiche sulle scarpate attuali

In questo paragrafo vengono elencate alcune informazioni geomorfologiche sulle scarpate attuali osservate e rilevate nell'area di progetto, informazioni che si ritengono utili e propedeutiche alla progettazione delle nuove scarpate dello svincolo.

Le scarpate considerate hanno un'ossatura geologica-geotecnica riconducibile alle seguenti tre tipologie di terreni:



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



- ghiaie e brecce grossolane ferrettizzate (pleistocene medio)
- limi, limi sabbiosi, limi argillosi con intercalazioni secondarie ghiaiose (pleistocene medio-inferiore)
- scisti permiani.

Tra le scarpate considerate si distinguono quelle che si affacciano sull'arteria autostradale e quelle ora esterne alla stessa.

Tutte le scarpate che si affacciano sull'autostrada sono state sedi nel tempo, a prescindere dalla tipologia di terreno, di problematiche di stabilità, in genere superficiali, sulle quali, per fasi successive, Autofiori è intervenuta tramite la realizzazione di adeguate opere di sistemazione.

Le tipologie di interventi in genere adottate sono:

- posa di reti metalliche con reticolo di funi e chiodature di ancoraggio
- abbinamento alle reti di opere di controllo dell'erosione e propedeutiche alla rivegetazione della scarpata, in genere riconducibili all'ingegneria naturalistica (biostuoie, geosintetici, palizzate, palificate, posa di talee ed idrosemina, ecc)
- formazione a più livelli di canalette per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche

Per ogni singola scarpata si riportano alcune informazioni, documentazione fotografica ed eventuali immagini di archivio; le singole scarpate sono localizzate con una cerchiatura rossa inserita nell'estratto planimetrico.



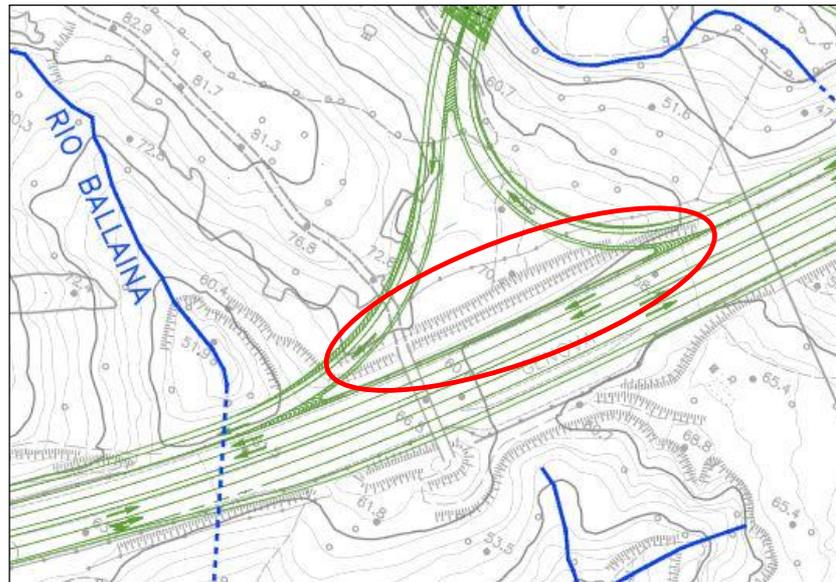
- scarpata con copertura detritica medio potente (>3m) su substrato in scisti a franapoggio
- all'epoca della costruzione la scarpata è stata interessata da un locale dissesto la cui nicchia di svuotamento è ancora visibile
- interventi di sistemazione e consolidamento realizzati da Autofiori: reti con reticolo di funi, gabbionate e putrelle con barre ancoraggio (rif. foto successive)





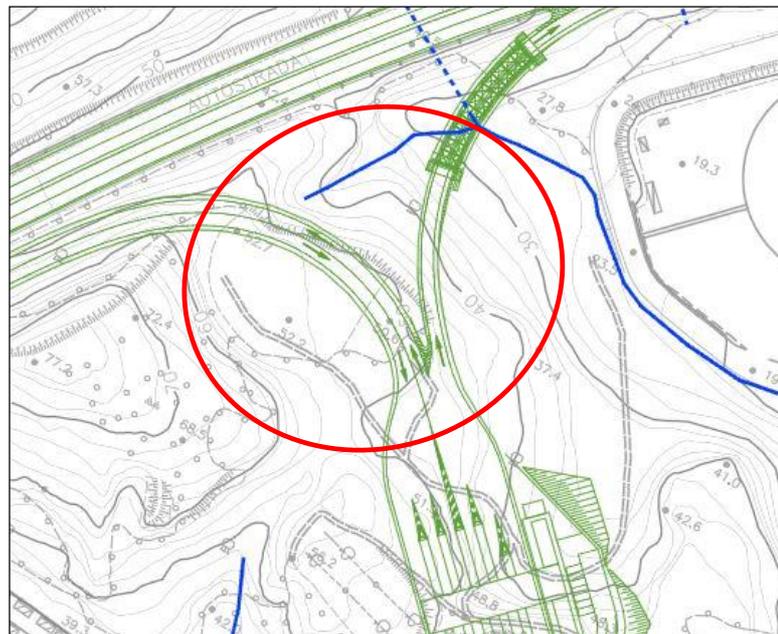
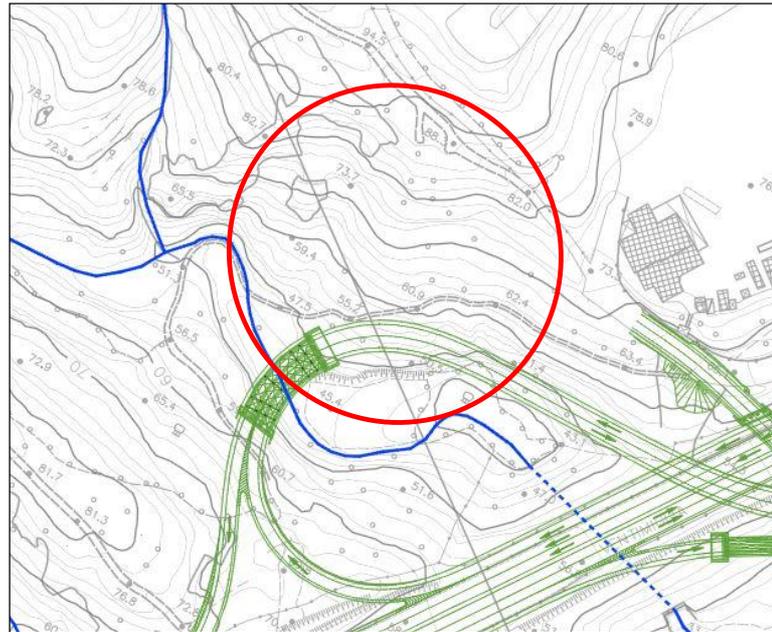
- scarpata in scisti alterati a franapoggio
- interventi di sistemazione e consolidamento realizzati da Autofiori: reti con reticolo di funi e barre di ancoraggio (rif. foto successiva)



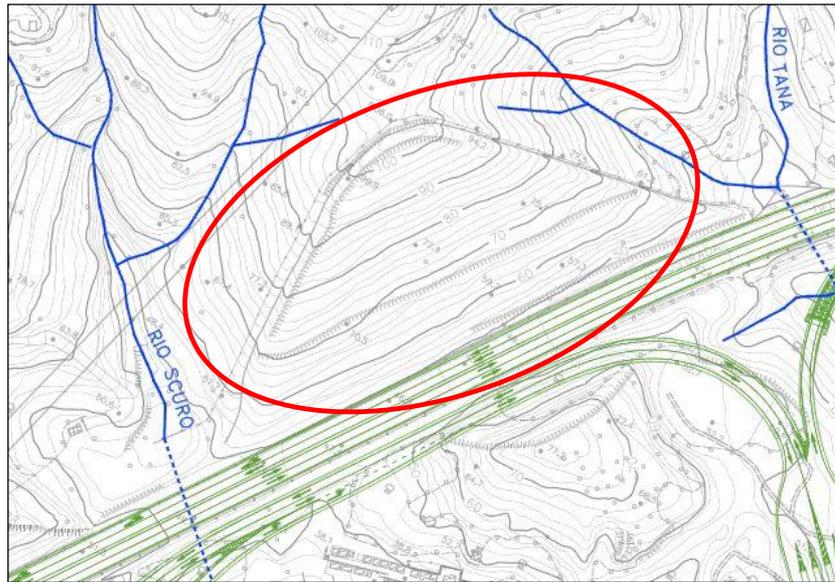


- scarpata in ghiaie ferrettizzate
- interventi di sistemazione e consolidamento realizzati da Autofiori: reti con reticolo di funi e chiodature di ancoraggio (rif. foto successive)

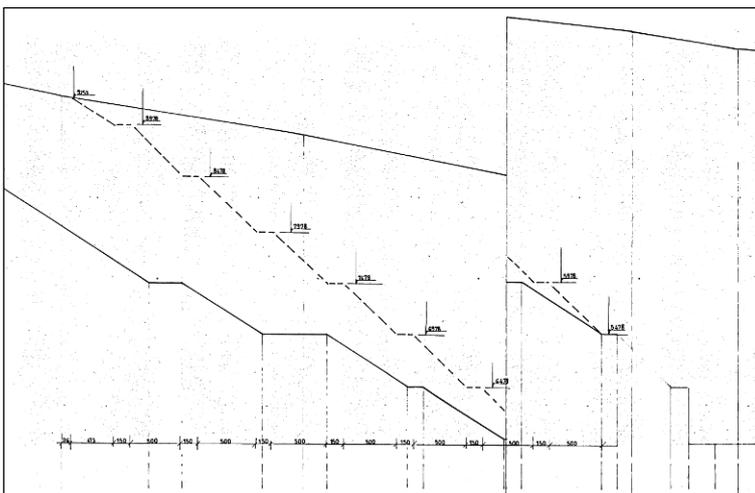


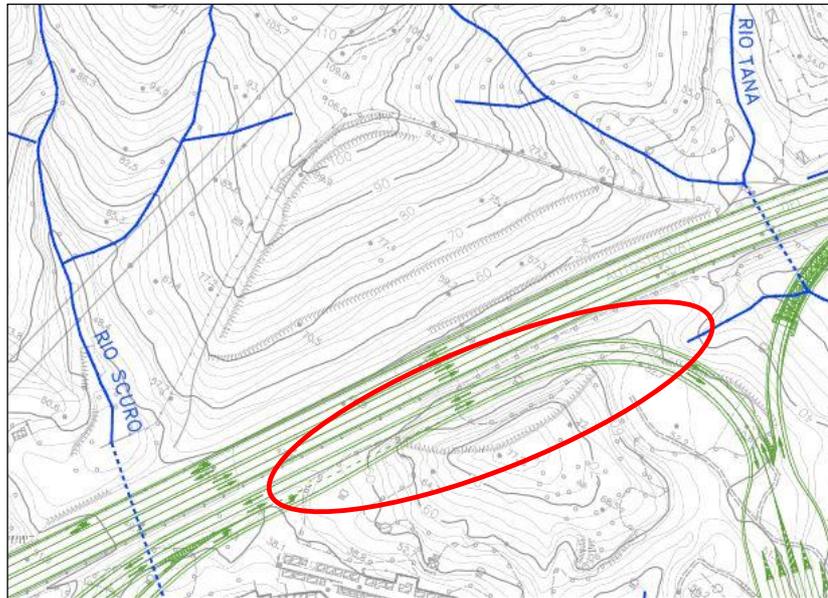


- vedere paragrafo 7.3 per le problematiche di franosità di queste scarpate zona cappio e zona casello

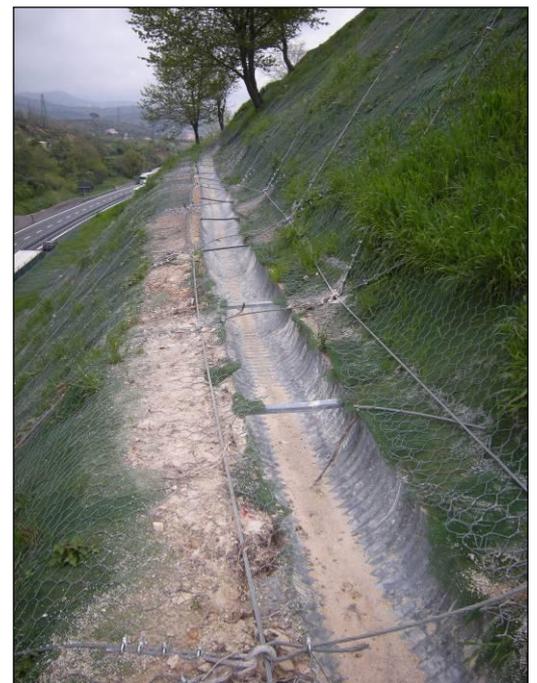


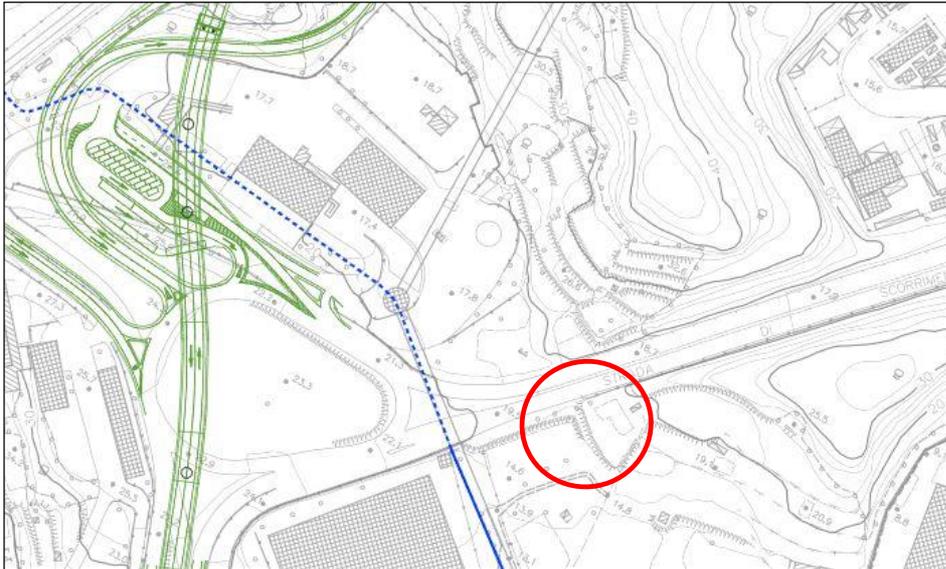
- Scarpata in scisti alterati a traverpoggio con parziale componente a franapoggio
- Interventi: scavo di riprofilatura all'epoca della costruzione ripetuto (inclinazione attuale scarpate: 34°) per problemi di stabilità e realizzazione di gabbionate in testa muro lato ponente



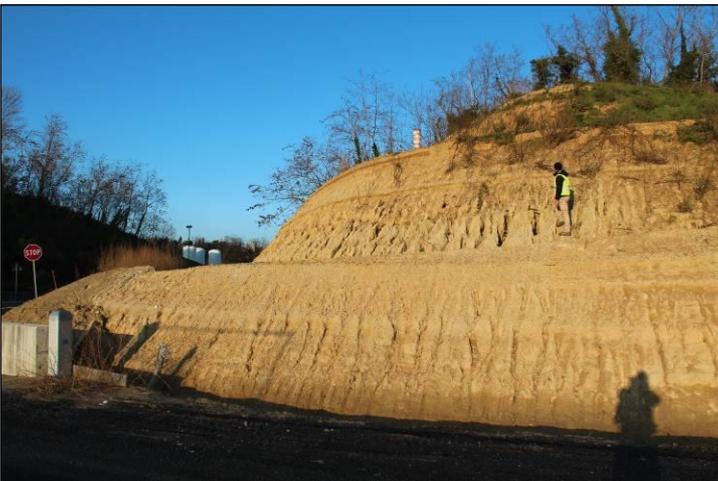


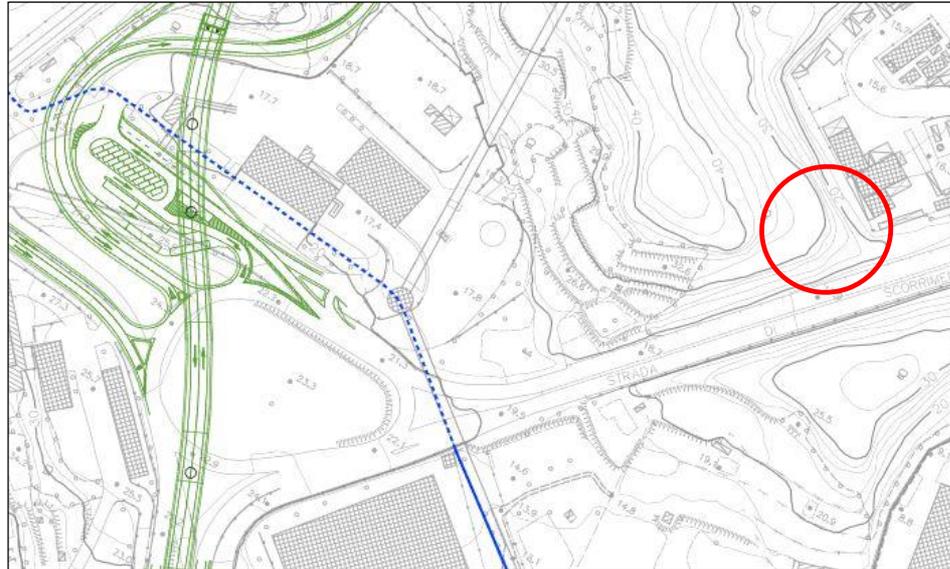
- scarpata in limi, limi sabbiosi pleistocenici (inclinazione scarpate 40-45°) che hanno avuto problematiche di dissesti superficiali
- Interventi di sistemazione e consolidamento realizzati da Autofiori: reti metalliche con reticolo di funi e chiodature di ancoraggio accoppiate con geosintetico antierosione, palificata locale di stabilizzazione dei dissesti, canalette a più livelli





- scarpata in limi sabbiosi pleistocenici (inclinazione 40°)
- evidenti problematiche di erosione





- scarpata in limi sabbiosi pleistocenici (inclinazione 40°)
- interventi di sistemazione: biostuoia antierosione e palificate



8. IDROGEOLOGIA

Nel presente paragrafo vengono illustrati i caratteri idrogeologici della zona interessata dallo svincolo in progetto.

I terreni distinti nell'area in esame presentano, in rapporto alla capacità di far circolare acqua sotterranea, caratteristiche di permeabilità tra loro differenti (vedi "Carta idrogeologica" elab. P280DGEOCD001).

Più in particolare è stata sviluppata tra i diversi terreni la seguente distinzione idrogeologica:

Terreni permeabili per porosità

- Depositi alluvionali recenti (AR)
- Terreni di ritombamento della galleria ferroviaria (RIT)
- Terreni di riporti (RIP)
- Terreni dei rilevati autostradali e stradali (RIL)
- Terreni discarica

Terreni permeabili per porosità nello spessore detritico superficiale che passano al substrato locale poco o nulla permeabile

- Depositi alluvionali terrazzati (AT)
- Coperture detritiche (COP)

Depositi poco permeabili per porosità o per locale fratturazione

- Depositi pleistocenici continentali (PT2)

Depositi nel complesso da poco permeabili per porosità ad impermeabili; permeabilità da discreta a buona nei livelli secondari ghiaiosi

- Depositi pleistocenici deltizi (PT1)

Formazione rocciosa nel complesso poco permeabile; possibili circolazioni d'acqua discontinue nell'ammasso, di entità variabile in funzione del grado di fratturazione locale, maggiori nei settori/fasce con componente quarzosa più abbondante

- Metasedimenti Permiani (MSP).

Sulla base delle differenziazioni di permeabilità appena elencate l'interesse idrogeologico progettuale è stato rivolto soprattutto ai depositi limosi pleistocenici (PT1), pressochè impermeabili ($10E-07 < K < 10E-09$ cm/s da prove edometriche), nei quali però la presenza di livelli secondari ghiaiosi e sabbiosi crea le condizioni di circolazioni d'acqua confinate in tali livelli a volte anche con carattere di debole artesianità.

I sondaggi S8, S9, S11 e S12, che hanno interessato i depositi PT1, sono stati quindi attrezzati con tubo piezometrico nei quali il livello piezometrico letto è attribuibile quindi agli apporti acquiferi dei livelli ghiaiosi.

Si riporta la tabella delle letture piezometriche (soggiacenza (m)) eseguite:

Letture	S5	S8	S9	S11	S12
	Prof	Prof	Prof	Prof	Prof
12/12/2019				6,82	4,71
21/12/2019	10,75	1,80	10,45	6,15	3,27
27/12/2019	13,75	2,40	17,80	6,70	4,70
21/01/2020	13,74	3,68	23,60	8,14	5,04

Si evidenzia che la lettura piezometrica del 21-12-2019 è stata eseguita il giorno dopo l'Allerta Meteo Rossa del 20.12.2019 ed è quindi indicativa di un minimo relativo di soggiacenza già significativo; le misure successive, in condizioni di scarse precipitazioni, indicano un progressivo approfondimento del livello dell'acqua.

Per una taratura del livello delle circolazioni d'acqua nel mezzo fratturato degli scisti permiani è stato attrezzato con piezometro il foro del sondaggio S5 del quale è riportata la soggiacenza..



9. VINCOLISTICA GEOLOGICA

Nella “Carta della Suscettività al dissesto” del Piano di Bacino del Torrente Segno, l’area includente lo svincolo in progetto rientra in aree classificate Pg2, Pg1 e Pg0 caratterizzate quindi rispettivamente da un livello di suscettività al dissesto medio, basso e molto basso (rif. estratto riportato nell’elab. P280DGEOCG001 “Carta geologica-geomorfologica”).

Il Piano di Bacino non segnala quindi problematiche particolari per l’inserimento dello svincolo nelle aree in esame; la norma di attuazione rimanda la competenza al Comune a fronte di una relazione specialistica che attesti la fattibilità geologica dell’intervento.

La visione del Geoportale della Provincia di Savona ha evidenziato una parte delle opere dello svincolo in progetto ricade all’interno di aree sottoposte a vincolo idrogeologico (rif. estratto riportato nell’elab. P280DGEOCG001 “Carta geologica-geomorfologica”).



10. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Dal punto di vista del rischio sismico, i territori dei Comuni di Vado Ligure e Quiliano ricadono, secondo la classificazione regionale di cui alla D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 “OPCM 3519/2006 Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”, in una zona 3 per la quale è fissata una accelerazione massima del suolo (a_g max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni di 0,15g.

11. ASPETTI GEOLOGICI-GEOMORFOLOGICI DA EVIDENZIARE PER IL PROGETTO

In questo paragrafo vengono evidenziati gli aspetti geologici-geomorfologici che possono avere una ricaduta più importante sul progetto.

Essi riguardano la Frana Zona Cappio e le scarpate in progetto.

Frana Zona Cappio

Questo movimento franoso è stato trattato ampiamente nel sottoparagrafo 7.3.1 al quale si rimanda per i dettagli del caso.

In questo paragrafo si vuole invece riprendere il concetto che, dal punto di vista del progetto dello svincolo, il perimetro della frana coinvolge la spalla sinistra del Ponte Bossarino 1 ed un tratto della rampa (circa 60m) che va verso il sottopasso autostradale.

E' evidente quindi che la fattibilità del progetto sarà necessariamente condizionata alla progettazione e realizzazione di adeguati interventi di bonifica, sistemazione e consolidamento di tale movimento franoso.

Tali interventi dovranno porsi come principali obiettivi:

- l'intercettazione e lo smaltimento controllato delle acque meteoriche provenienti dalla Discarica Bossarino che, ad oggi, si incanalano sulla stradina sterrata soprastante la frana, stradina dalla quale, attraverso i solchi rompi tratta trasversali ed il tubo grigio in HDPE, vengono scaricate in maniera selvaggia sul sottostante pendio dove è presente la frana stessa. L'intercettazione idraulico dovrà essere previsto alla quota della stradina sterrata soprastante il pendio interessato dalla frana ed adiacente al limite di ponente della Discarica Bossarino
- il drenaggio idrogeologico profondo del corpo di frana
- il consolidamento geotecnico-strutturale del corpo di frana

- l'intercettazione delle acque meteoriche sul perimetro sommitale della frana e sul corpo della stessa.

Si evidenzia inoltre che mancano ad oggi le informazioni e i dati sulla profondità della superficie di scivolamento e quindi del volume di terreno effettivamente coinvolto.

Si ritiene quindi opportuna e necessaria la realizzazione di un sistema di monitoraggio della frana articolato in n. 4 tubi inclinometrici e n. 2 tubi piezometrici attrezzati con sensori di lettura in continuo del livello dell'acqua.

L'installazione del sistema di controllo ed il monitoraggio nel tempo della frana dovranno essere eseguiti in tempi il più possibile brevi in modo da poter ottenere le risultanze prima dello sviluppo del Progetto Esecutivo dello Svincolo, fase progettuale nella quale, sulla base dei risultati ottenuti, potranno essere verificati ed eventualmente ritirati gli interventi di bonifica, sistemazione e consolidamento della frana previsti nel presente progetto Definitivo.

Scarpate in progetto

Le informazioni storiche relative alla costruzione ed ai lavori di manutenzione delle scarpate autostradali attuali sommate ai dati geologici-geomorfologici raccolti con il rilevamento dell'area dello svincolo in progetto hanno evidenziato una certa vulnerabilità geomorfologica delle scarpate attuali.

I fattori principali che causano tale vulnerabilità sono:

- la profilatura delle scarpate secondo pendenze eccessive
- l'erodibilità all'acqua dei terreni della zona siano essi le ghiaie pleistoceniche, i limi pleistocenici ed i meta sedimenti permiani alterati e fratturati; i fenomeni erosivi risultano amplificati in caso di arrivi d'acqua concentrati e di scorrimenti veloci dell'acqua



**NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI VADO LIGURE
PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA**



- la sensibilità all'acqua dei terreni della zona con particolare riferimento ai limi pleistocenici per i quali vale, come ulteriore fattore negativo, l'effetto di rammollimento superficiale causato dalle fuoriuscite dell'acqua dalle intercalazioni ghiaiose
- la giacitura dei terreni sia pleistocenici sia permiani con particolare riferimento alle situazioni in cui le due formazioni hanno una configurazione a franapoggio rispetto alla scarpata in progetto.

Il progetto delle scarpate dovrà porsi quindi i seguenti principali obiettivi:

- la profilatura delle scarpate secondo gradonature con altezze e pendenze adeguate alle caratteristiche geotecniche dei terreni
- la posa e realizzazione di sistemi di trattenimento e consolidamento dei terreni
- la realizzazione di opere di controllo dell'erosione e propedeutiche alla rivegetazione della scarpata
- la realizzazione di opere di intercettazione e canalizzazione delle acque meteoriche lungo il perimetro sommitale delle scarpate e all'interno delle stesse

12. CONCLUSIONI

L'elaborazione incrociata dei dati del rilevamento di terreno, dei dati geognostici pregressi e di quelli ottenuti con la nuova campagna geognostica 2019 ha permesso la ricostruzione del modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico della porzione di territorio in cui dovranno inserirsi le opere dello svincolo in progetto.

L'inserimento delle opere in tale contesto non comporta in generale alterazioni negative particolari del quadro geologico-geomorfologico rilevato.

Per quanto riguarda invece, più nel dettaglio, gli aspetti geologici-geomorfologici evidenziati nel precedente paragrafo, e cioè relativi alle problematiche della "Frana Zona Cappio" e alle scarpate di progetto, si evidenzia che il progetto ha previsto e sviluppato le opere geotecnico-strutturali necessarie per la stabilizzazione dei luoghi e per il mantenimento nel tempo della stabilità degli stessi (si rimanda agli specifici elaborati del progetto di dimensionamento e verifica geotecnico-strutturale delle opere previste).

E', di conseguenza, possibile attestare la fattibilità geologica delle opere dello svincolo in progetto ai sensi delle NTC2018, delle norme del PAI e della LR 4/99 e s.m.i del vincolo idrogeologico.

In ultimo, per quanto riguarda lo studio della "Frana Zona Cappio" ad oggi mancante dei dati sulla profondità della superficie di scivolamento e quindi del volume di terreno effettivamente coinvolto, si riprende il concetto, già espresso nei paragrafi 7.3.1 e 11, circa l'opportunità e la necessità della realizzazione di un sistema di monitoraggio della frana articolato in n. 4 tubi inclinometrici e n. 2 tubi piezometrici attrezzati con sensori di lettura in continuo del livello dell'acqua.

L'installazione del sistema di controllo ed il monitoraggio nel tempo della frana dovranno essere eseguiti in tempi il più possibile brevi in modo da poter ottenere le risultanze prima dello sviluppo del Progetto Esecutivo dello Svincolo, fase progettuale nella quale, sulla base dei risultati ottenuti, potranno essere verificati ed eventualmente ritirati gli interventi di bonifica, sistemazione e consolidamento della frana previsti nel presente progetto Definitivo.