

S.S.45 DELLA VAL DI TREBBIA

AMMODERNAMENTO DELLA STRADA STATALE N. 45 DELLA VAL TREBBIA NEL TRATTO CERNUSCA-RIVERGARO

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS DPRL

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE:

I PROGETTISTI:

ing. Antonio SCALAMANDRÉ
Ordine Ing. di Frosinone n.1063



IL GEOLOGO:

geol. Maurizio MARTINO
Ordine Geol. del Lazio ES n.457



IL RESPONSABILE DEL SIA:

Ing. Laura TROIANI
Ordine Arch. di Roma n.A-31890



IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. E PAIELLA

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ing. Anna Maria NOSARI



PROTOCOLLO

DATA

DOTT. GEOL.
DANILO GALLO

ING. RENATO
DEL PRETE

BA01

B - GEOLOGIA E GEOTECNICA

BA – GEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

BO0067 D 1801

NOME FILE

BA01 - T00GE00GEORE01_B.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00GE00GEORE01

B

-

C

B

EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA

LUGLIO
2020

A

EMISSIONE

APRILE
2020

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
3	ASSETTO GEOLOGICO	2
3.1	Cartografia di riferimento geologica	2
3.2	Descrizione delle formazioni affioranti lungo il tracciato.....	8
3.2.1	Unità del substrato pre-Quaternario	8
3.2.2	Unità del Quaternario marino e continentale	10
3.3	Assetto geologico strutturale	11
4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DEL DISSESTO LOCALE	13
4.1	Geomorfologia e dinamica del reticolo idrografico	13
4.1.1	Generalità.....	13
4.1.2	Dinamica fluviale – F.Trebbia.....	13
4.1.3	Dinamica fluviale – rete idrografica secondaria.....	15
4.2	Geomorfologia e dinamica gravitativa di versante	17
4.2.1	Generalità.....	17
4.2.2	Franosità in atto.....	18
4.2.3	Evidenze deformative.....	25
4.2.4	Franosità potenziale	33
5	IDROGEOLOGIA	34
6	CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SOTTOSUOLO	38
6.1	Inquadramento sismico e sismotettonico	38
6.2	Indagini sismiche lungo il tracciato.....	50
7	SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	55
8	MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL TRACCIATO IN PROGETTO	57
8.1	Introduzione.....	57
8.2	Descrizione delle sezioni geologiche	57
8.3	Descrizione del profilo geologico.....	59
8.4	Sintesi delle problematiche geologiche influenti sull'opera	61

1 PREMESSA

La presente relazione forma parte integrante del "Progetto definitivo per l'ammmodernamento della S.S. n. 45 "della Val Trebbia" nel tratto Cernusca-Rivergaro" (codice intervento B067), avente una lunghezza totale di circa 11 Km.

Per la redazione del presente elaborato, ed in particolar modo per la caratterizzazione geologica e geotecnica del sito, si è fatto riferimento alla documentazione relativa alle campagne di indagini geognostiche e geofisiche effettuate, corredate da prove in sito e in laboratorio, nonché a sistematici sopralluoghi di verifica.

Trattandosi di area di raccordo fra fondovalle e settore collinare, le problematiche principali relative alla realizzazione del tratto viario sono riconducibili alla definizione della stratigrafia dei luoghi, del profilo geotecnico e delle condizioni di stabilità dei versanti.

La presente redazione è corredata dai seguenti elaborati grafici descrittivi:

- Carta geologica, scala 1:2.000
- Carta geomorfologica, scala 1:2.000
- Carta geoidrologica, scala 1:2.000
- Profilo geologico lungo l'asse del tracciato di progetto (scala 1:2.000 – 1:200)
- Sezioni geologiche interpretative (scala 1:500)

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'intervento, posta sul fondovalle del Fiume Trebbia, nei comuni di Travo e Rivergaro (PC), si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 11 Km. Nella Carta Tecnica Regionale, il tracciato è identificato negli elementi, alla scala 1:5000, n°179083 "Rivergaro", n°179111 "Cisiano", n°179112 "Travo", n°179124 "Fabbiano", n°179151 "Grilli" e n°179154 "Quadrelli".

L'analisi geologica di dettaglio è stata sviluppata entro una fascia significativa nel contesto della quale si esplica la dinamica geologica, geomorfologica e idrogeologica, estesa in un intorno di 500 metri dall'asse del tracciato in progetto.

3 ASSETTO GEOLOGICO

3.1 CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO GEOLOGICA

L'ambito territoriale in esame è ricompreso nei seguenti fogli geologici della cartografia ufficiale

- Foglio 72 – Fiorenzuola d'Arda – della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
- Foglio 179 – Ponte dell'Olio – della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000

Costituisce inoltre elemento di riferimento peculiare la Cartografia Geologica in formato digitale del Geoportale della Regione Emilia Romagna, nell'ambito del quale è valorizzato un patrimonio documentale di base, di elementi geologici areali, lineari e puntuali rilevati alla scala di acquisizione 1:10.000 e successivamente confluiti nell'elaborazione del progetto CARG alle scale 1:25.000 e 1:50.000.

In tale contesto, la presente relazione adotta come riferimento la classificazione delle unità geologiche del progetto CARG.

Si riportano nel seguito stralci esemplificativi della cartografia di riferimento ufficiale suddetta.

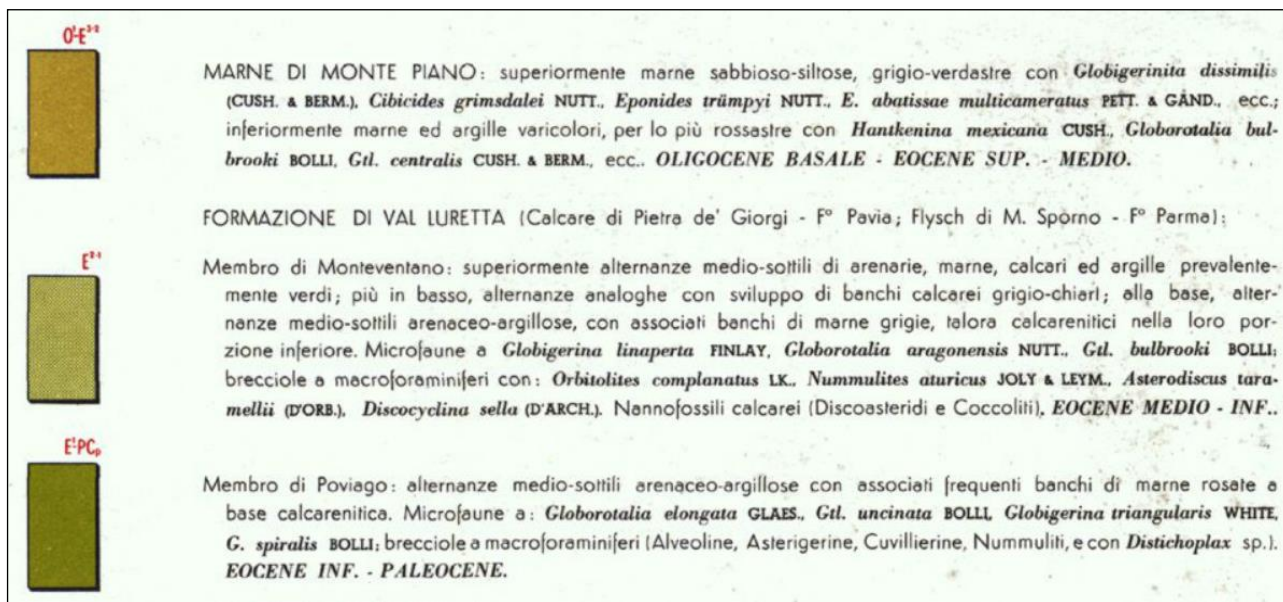
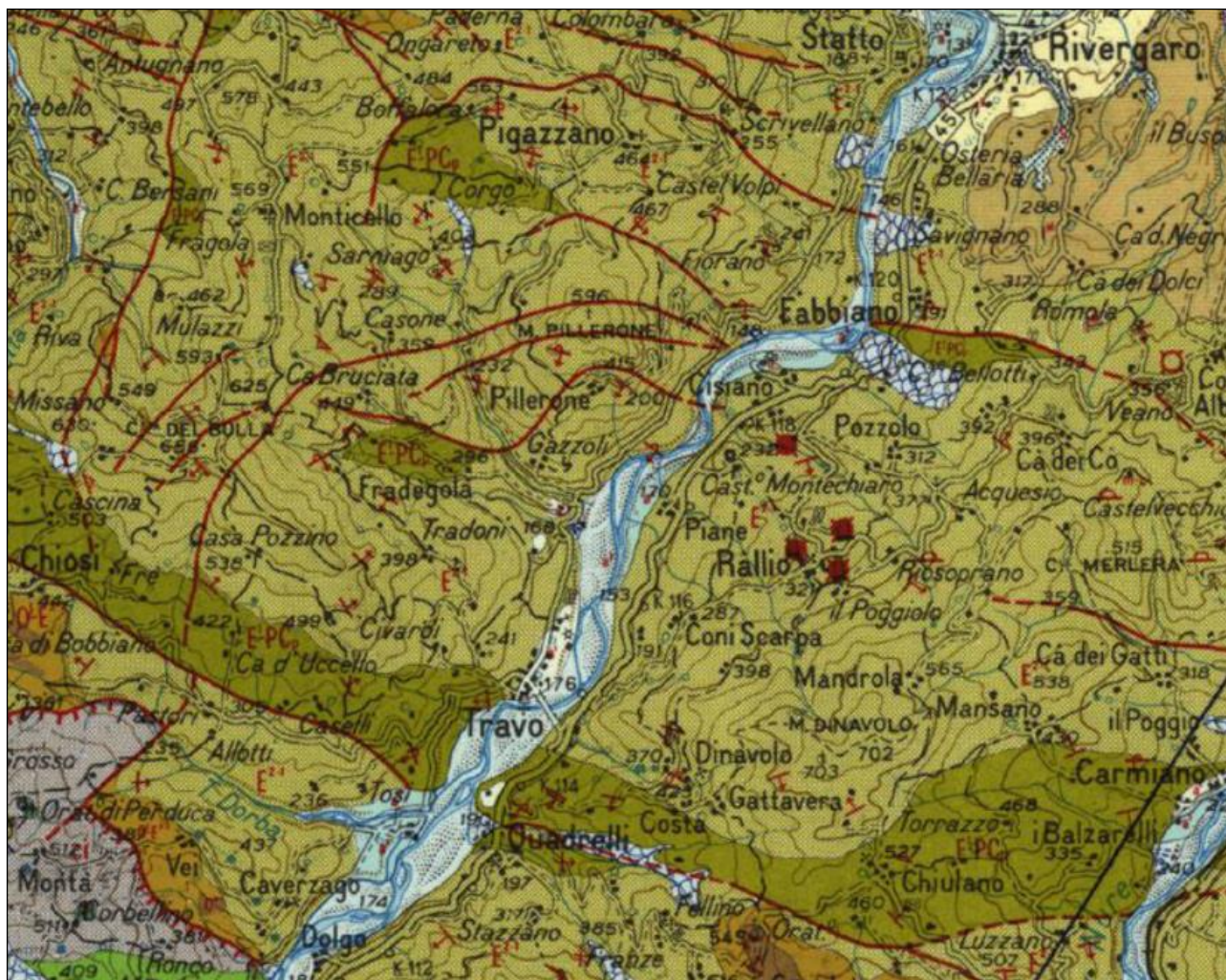
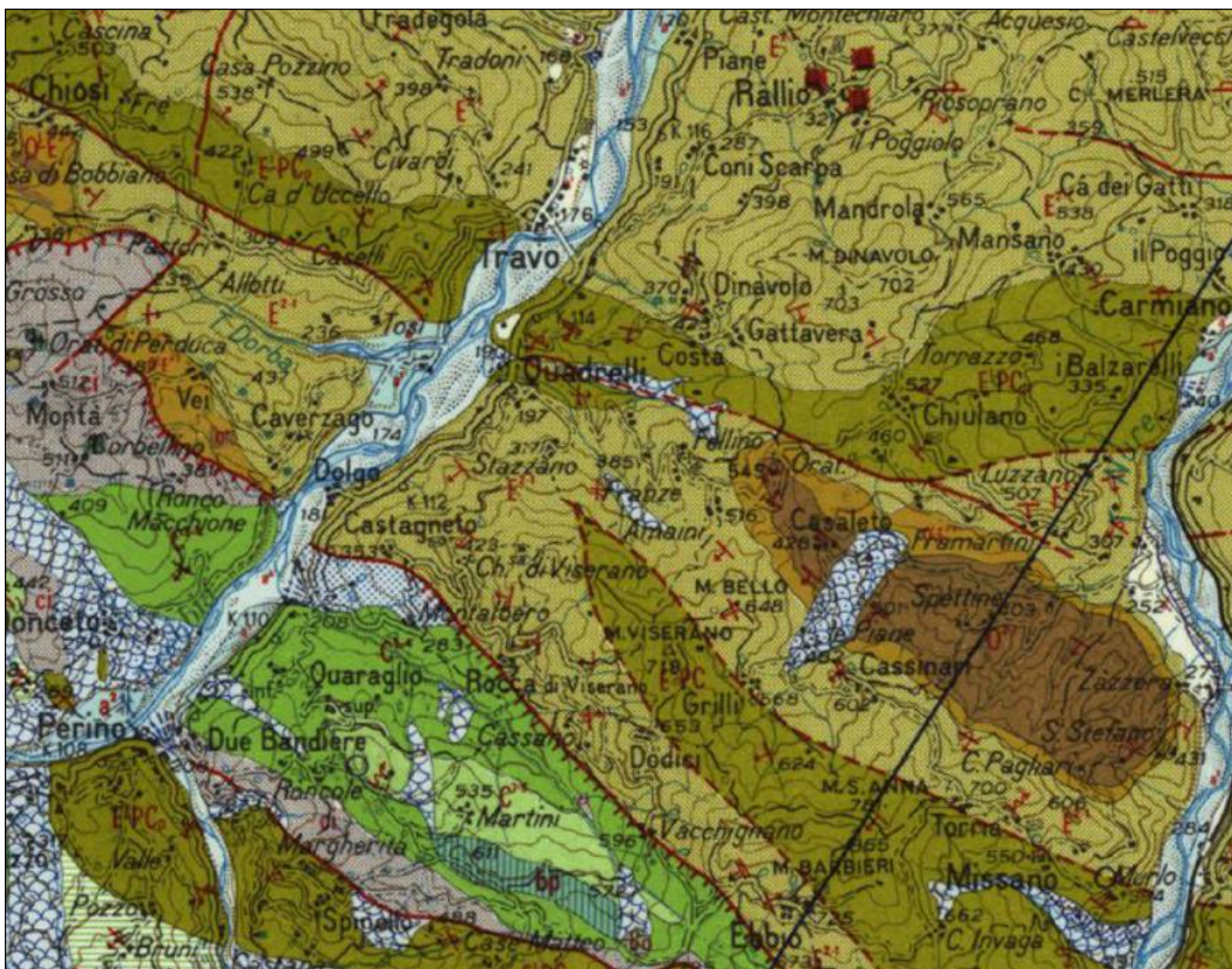


Figura 1 – Stralcio del Foglio 72 – Fiorenzuola d’Arda – della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 (parte settentrionale del tracciato di progetto, tra Rivergaro, Cisiano e Travo)



FORMAZIONE DI VAL LURETTA (Calcere di Pietra de' Giorgi - F° Pavia; Flysch di M. Sporno - F° Parma);



E⁴

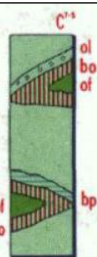
Membro di Monteventano: superiormente alternanze medio-sottili di arenarie, marne, calcari ed argille prevalentemente verdi; più in basso, alternanze analoghe con sviluppo di banchi calcarei grigio-chiarì; alla base, alternanze medio-sottili arenaceo-argillose, con associati banchi di marne grigie, talora calcarenitici nella loro porzione inferiore. Microfauna a *Globigerina linaperta* FINLAY, *Globorotalia aragonensis* NUTT., *Gt. bulbrooki* BOLLI; brecciole a macroforaminiferi con: *Orbitolites complanatus* LK., *Nummulites aturicus* JOLY & LEYM., *Asterodiscus taramellii* (DORB.), *Discocyclina sella* (D'ARCH.). Nannofossili calcarei (Discoasteridi e Coccoliti), **EOCENE MEDIO - INF..**



E^{PC6}

Membro di Poviago: alternanze medio-sottili arenaceo-argillose con associati frequenti banchi di marne rosate a base calcarenitica. Microfauna a: *Globorotalia elongata* GLAES., *Gt. uncinata* BOLLI, *Globigerina triangularis* WHITE, *G. spiralis* BOLLI; brecciole a macroforaminiferi (Alveoline, Asterigerine, Cuvillierine, Nummuliti, e con *Distichoplax* sp.). **EOCENE INF. - PALEOCENE.**

Cretacico



ARGILLE A PALOMBINI DI MONTE VERI: alternanze di argille scure e di calcari tipo palombino, con intercalazioni di biocalcareni (C⁴); breccie a matrice argillosa ("olistostromi"), prevalentemente calcaree (ol); breccie e arenarie ofiolitiche (bo), breccie poligeniche (bp); la formazione ingloba masse, anche molto rilevanti, di ofioliti (S, β, ε) più o meno brecciate (ol); nelle biocalcareni, associazioni a Trocoline, Orbitolinidi, Dascioldacee; nei calcari tipo palombino presenza di Radiolari, Tintinnidi (rimaneggiati?), Nannoconi e *Globigerinaceae*; in elementi di olistostromi (Monte Grattera nel Foglio Rapello), presenza di *Rotalipora apenninica* (RENZ), *Planomalina buxtorfi* (GAND.), *Praeglobotruncana stephani* (GAND.); questi elementi faunistici denotano un'età non più antica del Cenomaniano. **TUROMIANO? - ALBIANO?**

Figura 2 – Stralcio del Foglio 72 – Fiorenzuola d'Arda – della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (parte meridionale del tracciato di progetto, tra Piane, Travo e Cernusca)

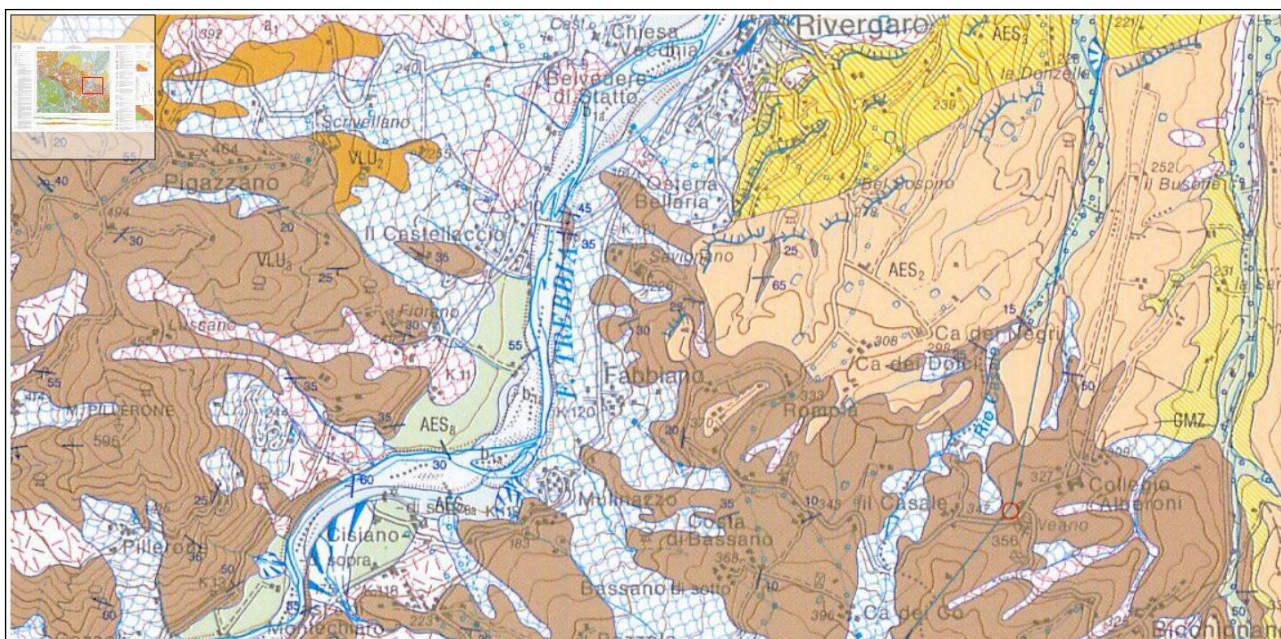


Figura 3 – Stralcio del Foglio 179 – Ponte dell’Olio – della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (parte settentrionale del tracciato di progetto, tra Rivergaro e Cisiano)

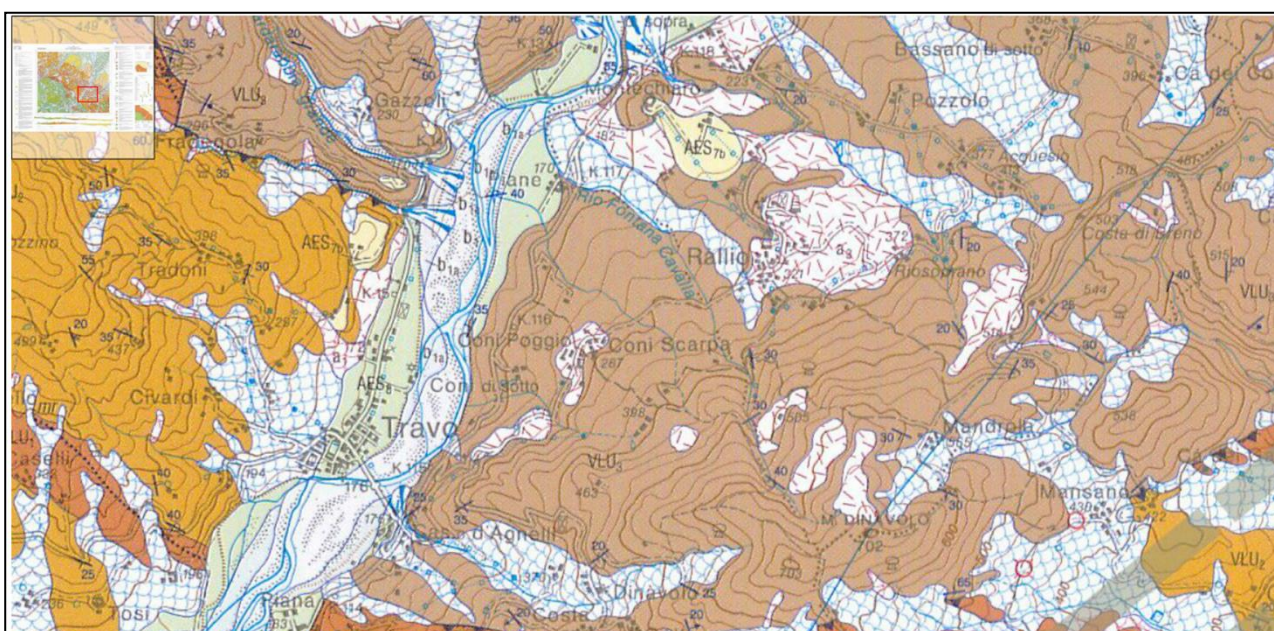


Figura 4 – Stralcio del Foglio 179 – Ponte dell’Olio – della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (parte centrale del tracciato di progetto, tra Montechiaro e Piana)

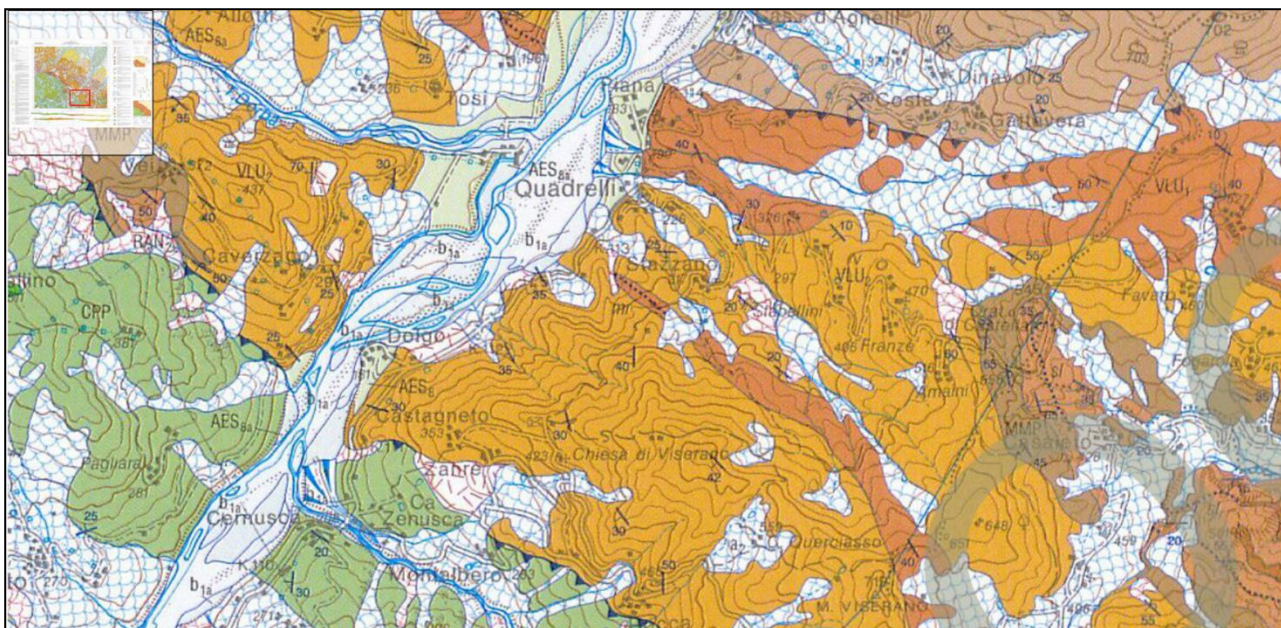


Figura 5 – Stralcio del Foglio 179 – Ponte dell’Olio – della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (parte meridionale del tracciato di progetto, tra Piana, Quadrelli e Cernusca)

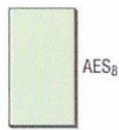
UNITA' QUATERNARIE

Subsistema di Ravenna

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi: depositi di interconoide. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche.

PLEISTOCENE SUP.-OLOCENE; post circa 18.000 anni B.P.

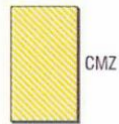
Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica viene distinta, all'interno del Subsistema di Ravenna, l'Unità di Modena.



SISTEMA DI COSTAMEZZANA

Limi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocrei all'alterazione; sono frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica: depositi di piana alluvionale e deltizia. Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocree all'alterazione: depositi di riempimento di canale distributore e, localmente, di conoide alluvionale distale o delta conoide. In corrispondenza dei paleo-apparati fluvio-deltizi maggiori (Trebbia) i depositi grossolani diventano predominanti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri. Il contatto di base è erosivo e discordante su MRL, MMP e VLU.

PLEISTOCENE INF.



UNITA' PRE-QUATERNARIE

UNITÀ TETTONICA BETTOLA

FORMAZIONE DI VAL LURETTA (VLU)

Formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, suddivisibile, sulla base delle litologie dominanti, in tre membri. Torbiditi di bacino relativamente profondo.

PALEOCENE INF.-EOCENE MEDIO

membro di Genepreto

Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scuere, in strati medi e di argille marnose rosso vinate. Spessore parziale del membro valutabile in 250-300 m circa. Passaggio per alternanza a VLU₂.

LUTEZIANO

membro di Monteventano

Alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali intercalazioni di arenarie grigie). Spessore del membro valutabile in 230 m circa. Contatto su VLU₁.

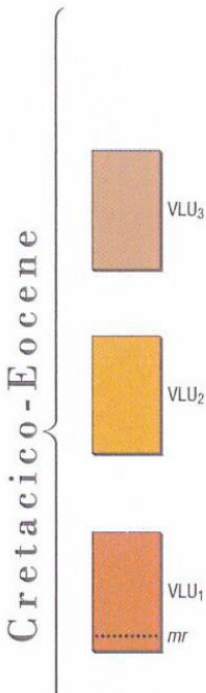
THANETIANO-YPRESIANO

membro di Poviago

Arenarie grigio-nocciola, medie e fini, talora gradate e marne siltose in strati medi e spessi. Il membro è caratterizzato dalla presenza di 4 banchi di marne rosate (*mr*), spesso a base calcarenitica (biocalcareni nocciola, grossolane e medie, a Nummuliti e Discocicline). Verso la base è presente un orizzonte di spessore decametrico di calcari marnosi grigio-chiari. Spessore del membro valutabile in 450 m circa.

Contatto, localmente tettonizzato, con BET.

DANIANO-THANETIANO



UNITÀ TETTONICA GROPPALLO

COMPLESSO DI PIETRA PARCELLARA

Argilliti ed argilliti siltose color grigio piombo, fogliettate, con intercalazioni di calciliti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi e, in subordine, di calcari marnosi e marne calcaree grigio scure o verdi, in strati medi e spessi. Localmente sono presenti lembi di argille rossastre.

CRETACICO SUP.?

Sono altresì presenti olistoliti di:

Serpentiniti (Σ): Peridotiti lherzolitiche serpentinizzate, di colore scuro, verde chiaro all'alterazione, talora brecciate.

Brecce poligeniche (bp): Brecce grano-sostenute, a prevalenti clasti di serpentine, localmente oficalci.

Calcari a calpionelle (cc): Calcari micritici biancastri in strati medi, contenenti liste e noduli di selce.

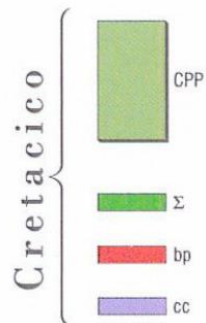


Figura 6 – Legenda della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 tratta dal Foglio 179 – Ponte dell'Olio.

Unità geologiche Quaternarie e pre-Quaternarie interferenti con il tracciato.

3.2 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI LUNGO IL TRACCIATO

3.2.1 UNITÀ DEL SUBSTRATO PRE-QUATERNARIO

Per quanto concerne il substrato pre-Quaternario, procedendo da Sud verso Nord, e quindi prendendo in considerazione dapprima le unità stratigraficamente e tettonicamente più profonde ed antiche e quindi le più superficiali e recenti, il tracciato in esame si imposta nell'ambito delle seguenti formazioni:

- *Complesso di Pietra Parcellara (CPP – già "Argille a Palombini" APA);*
- *Formazione della Val Luretta (VLU);*
- *Sintema di Costamezzana (CMZ).*

Il Complesso di Pietra Parcellara nel Foglio CARG 50.000 n°172 (già noto come formazione delle *Argille a Palombini - Cretaceo superiore*) è costituito da argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre in superficie alterata, talora a base calcarenitica laminata, e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi e marne calcaree grigio scure o verdi, in strati medi e spessi. Possono essere presenti, verso la parte sommitale della formazione, marne e marne calcaree in strati medi e spessi e areniti fini in strati sottili. Si possono presentare in breccie monogeniche con abbondante matrice pelitica e clasti calcarei; la potenza geometrica è variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

La *Formazione della Val Luretta (VLU)* è costituita da depositi di natura torbiditica arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa del Paleocene inf.-Eocene medio, e viene a sua volta suddivisa nei seguenti membri (da Sud a Nord):

- *Membro di Monteventano (VLU2)*
- *Membro di Poviago – litofacies arenaceo-pelitica (VLU1a)*
- *Membro di Genepreto (VLU3)*

Il *Membro di Genepreto (VLU3) - Eocene medio*, che rappresenta il tetto della Formazione, è costituito da alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi; sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medi e di argille marnose rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scure in set di strati sottili e medi.

Il *Membro di Monteventano (VLU2) - Paleocene superiore-Eocene inferiore* è costituito da alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali intercalazioni di arenarie grigie).

Il *Membro di Poviago in litofacies arenaceo-pelitica (VLU1a) - Paleocene medio-inferiore* è composto da arenarie grigio-nocciola, medie e fini, talora gradate e marne siltose in strati medi e spessi.



Figura 7 – Affioramento in sponda destra del F.Trebbia presso Dolgo del Membro di Monteventano della Formazione della Val Luretta. Vista verso Sud-Ovest.



Figura 8 – Affioramento di marne calcaree fittamente fogliettate e tettonizzate del Membro di Genepreto (Formazione della Val Luretta) sul versante presso Fabbiano-località Molinasso vallone dell'Acqua Rossa

Ciascuna delle unità litologiche del substrato mostra una zona di transizione verso i sovrastanti terreni di copertura eluvio-colluviali, la cui potenza risulta variabile e difficilmente quantificabile in linea generale, in relazione alle condizioni tettoniche di giacitura, alla fratturazione, al grado di alterazione. Alla luce dei dati emergenti dalle campagne di indagine geognostica e geofisica, è stato comunque ipotizzato nei profili geologici e nelle sezioni geologiche l'andamento della superficie limite di separazione tra il substrato propriamente detto ed i sovrastanti terreni di copertura, comprendenti la zona di alterazione e disgregazione più superficiale. I terreni di copertura sono stati oggetto di una trattazione specifica nell'ambito della successiva caratterizzazione geotecnica.

3.2.2 UNITÀ DEL QUATERNARIO MARINO E CONTINENTALE

Il *Sintema di Costamezzana (CMZ) - Pleistocene inferiore* è costituito dai depositi della successione marina neogenico quaternaria del margine appenninico padano; si tratta di depositi pleistocenici di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione con frequenti livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica e ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione. In corrispondenza dei paleo-apparati fluvio-deltizi maggiori (Tebbia) i depositi grossolani diventano predominanti.

Il *Sub-sintema di Ravenna (AES8) - Pleistocene medio-Olocene* include depositi di conoide ghiaiosa del Trebbia allo sbocco vallivo e depositi intravallivi terrazzati. Include una varietà deposizionale di facies granulometriche dalle ghiaie sabbiose, alle sabbie, ai limi stratificati; poggia in contatto discordante erosivo sulle unità stratigrafiche più antiche.

Per quanto concerne i *depositi quaternari continentali*, sono ricompresi i seguenti:

- Corpi di frana in evoluzione (a1); Olocene
- Corpi di frana senza indizi di evoluzione (a2); Pleistocene-Olocene
- Depositi di versante (a3); Olocene
- Depositi alluvionali intravallivi (distinti tra depositi recenti "b1a", fissati dalla vegetazione, esondabili in condizioni di piena ordinaria, e depositi in evoluzione "b1" entro l'alveo attivo dei corsi d'acqua); Olocene.

In corrispondenza della rete idrografica secondaria sono talvolta osservabili depositi e forme legate alla dinamica di conoide (attribuiti alla cat. "b1"); Olocene.

3.3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'ambito di intervento lungo il quale si sviluppa il tracciato si inserisce nel contesto geologico dell'Appennino Emiliano, in particolare nella successione di avanfossa dell'orogeno evolutosi nel Miocene medio-superiore.

In particolare, procedendo lungo il tracciato da Rivergaro verso Cernusca si incontrano le unità tettoniche "Liguri Esterne" e "Subliguri" (paleogeograficamente riferibili alla zona di transizione tra il bacino oceanico Ligure-Piemontese e il margine continentale Austro-Sudalpino), nell'ambito delle quali si individuano alcuni fronti di sovrascorrimento tettonico principale a vergenza padana, come evidenziato nella sezione geologica interpretativa tratta dal Foglio CARG e riportata nella figura seguente.

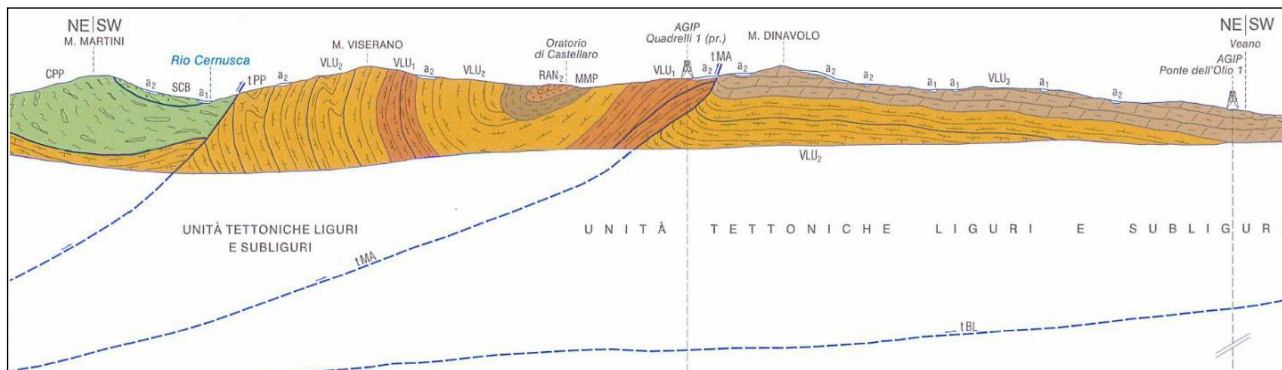


Figura 9 – Sezione geologica interpretativa tratta dal Foglio 179 – Ponte dell’Olio – della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (orientata da Sud verso Nord, da Cernusca a sx. a Nord di Rivergaro a dx.) recante indicazione dei principali domini strutturali della zona e dei relativi contatti tettonici.

Più in particolare, nell'ambito delle unità Liguri Esterne si riconoscono:

- L'unità tettonica di Gropallo (Complesso di Pietra Parcellara – CPP, già "Argille a Palombini")
- L'unità tettonica di Bettola (Formazione di Val Luretta - VLU)

Lo stile deformativo di questo tratto è correlato alla natura reologica dei materiali:

- I litotipi del "Complesso di Pietra Parcellara" (già "Argille a Palombini") registrano una deformazione pervasiva, propria della componente pelitica, con disarticolazione degli olistoliti e rara riconoscibilità delle pieghe.
- Le formazioni Flyschoidi consentirebbero una migliore riconoscibilità delle fasi plicative (di norma almeno due fasi) e della tettonica fragile più recente. In pratica, nella zona in esame la scarsa qualità degli affioramenti non consente ricostruzioni tridimensionali che, altrove, permettono di riconoscere uno stile isoclinal con fianchi dritti e rovesci. Le pieghe normalmente hanno direzione assiale "appenninica" (NO-SE) e vergenza verso NE.

La propagazione della deformazione orogenica appenninica ha quindi determinato per effetto dell'accorciamento crostale superiore la formazione di importanti fronti di sovrascorrimento, coinvolgenti livelli strutturali via via più alti procedendo da Cernusca verso Rivergaro:

- Il thrust di Pietra Parcellara sovrappone l'unità omonima (già "Argille a Palombini") sull'unità Bettola (tra Cernusca e Dolgo).
- il thrust di Mansano mette a contatto due membri del Flysch della Val Luretta, ovvero il membro basale di Poviago (VLU1) con il membro sommitale di Genepreto (VLU3); lungo il tracciato in esame il contatto tettonico si trova nei pressi di Piana (a Nord di località Quadrelli).

Le fasi più recenti della deformazione dell'orogeno sono riconducibili ad uno stile fragile, il cui sviluppo ha permesso lo sviluppo di una serie di sistemi di fratture, aventi significato morfoneotettonico; lungo questi sistemi, identificati nelle lineazioni della carta geologica, si sono imposte alcune scarpate principali e secondarie di frana, sia soprattutto linee di incisione del reticolo idrografico minore.

L'analisi delle lineazioni rilevabili da aereofotointerpretazione evidenzia una persistenza sistematica delle direttrici "appenniniche" (da WNW verso SSE), con una significativa rotazione di tale direzione nel dominio strutturale inferiore, a Sud, verso Cernusca, passante da WSW ad ENE (zona del Complesso di Pietra Parcellara, separata tramite contatto tettonico).

Tale direttrice potrebbe suggerire non necessariamente la presenza di zone di frattura, bensì anche lineazioni derivanti da intersezione tra le strutture geologiche primarie e topografia.

A questo sistema particolarmente evidente si affianca localmente un secondo sistema da NE/ENE verso passante verso Rivergaro a NNE vs. SSW.

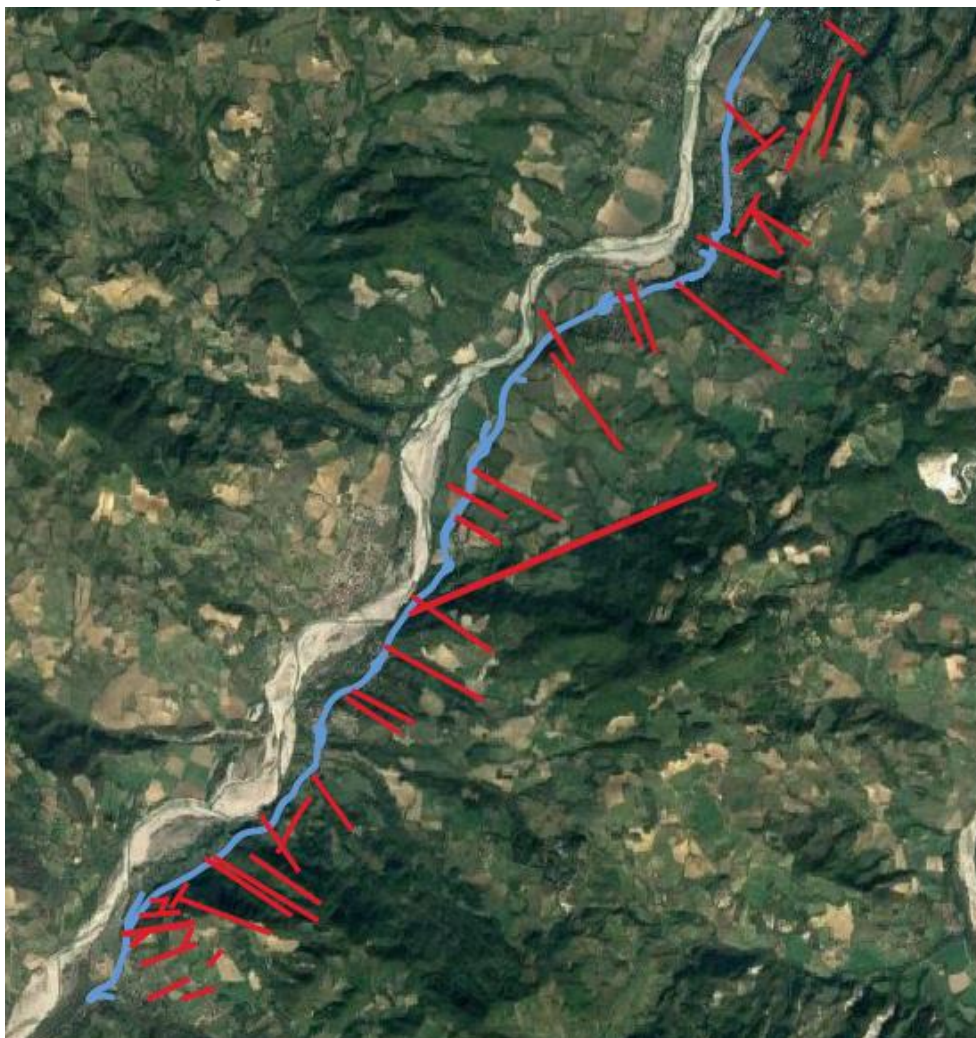


Figura 10 – Analisi del campo di lineazioni desumibili da aereofotointerpretazione

4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DEL DISSESTO LOCALE

4.1 GEOMORFOLOGIA E DINAMICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

4.1.1 GENERALITÀ

L'assetto geomorfologico del tratto vallivo in esame è condizionato dalla mutua interazione e dalla sovrapposizione dei processi e delle forme di modellamento fluviale e gravitativo di versante.

L'erodibilità e la natura del substrato pre-quadernario condizionano la morfo-selezione e la reincisione da parte del Trebbia e dei suoi tributari, determinando la presenza di forme con energia di rilievo più marcata nel settore meridionale, segnatamente in corrispondenza dell'areale di affioramento dei membri più antichi della Formazione di Val Luretta, soprattutto tra Dolgo, Quadrelli e Travo; verso Nord, la riduzione della componente arenacea nel membro superiore della Formazione di Val Luretta determina un grado di approfondimento del reticolo idrografico meno spiccato.

Nei pressi di Rivergaro la presenza dei depositi sedimentari quadernari marini e continentali corrisponde con l'apertura del vasto settore di conoide sub-appenninica del F.Trebbia; in questo settore la maggiore erodibilità di tali depositi conferisce forme di modellamento a bassa energia di rilievo, più dolci rispetto alla zona valliva estesa più a monte.

Per la rappresentazione dei tematismi, si è fatto riferimento iniziale alla consultazione della bibliografia specialistica di settore alle varie scale disponibili, privilegiando quelle con maggiore aggiornamento e grado di dettaglio, a partire dai tematismi di livello nazionale (P.A.I. – Piano di Assetto Idrogeologico, Autorità di Bacino Distrettuale del F.Po, e I.F.F.I. – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), sino a quelli di livello regionale (Banca Dati Regione Emilia Romagna – Carta Inventario delle Frane). I dati forniti dalle cartografie a scala di area vasta (P.A.I. e I.F.F.I.) sono stati consultati ed analizzati. Tutti i dati bibliografici e di banca-dati sono stati verificati sul terreno, proponendo, laddove necessario, ulteriori aggiornamenti alla luce dei dissesti più recenti rilevati sul terreno, e identificando i settori con caratteri geomorfologici predisponenti nei confronti di dissesti potenziali.

4.1.2 DINAMICA FLUVIALE – F.TREBBIA

Il Fiume Trebbia presenta nel tratto parallelo al tracciato in esame un alveo-tipo pluricursale sub-rettilineo, con manifesta mobilità morfologica dei canali di magra e delle barre fluviali (di cui si evince testimonianza anche mediante l'analisi dei dati interferometrici satellitari).

Le successive fasi di approfondimento del reticolo idrografico principale hanno determinato la formazione di più ordini di scarpate di terrazzo fluviale, riconoscibili a quote diverse e distanze via via maggiori dalla regione fluviale attiva soprattutto nel tratto settentrionale del tracciato di progetto, tra Molinazzo e Osteria Bellaria.

La dinamica fluviale del F.Trebbia non mostra elementi di interazione diretta con l'ambito di intervento progettuale, se non a livello potenziale per effetto di una zona di battuta in curva esterna a valle del ponte tra Casino di Agnelli e Travo; l'azione erosiva della corrente attualmente interessa un settore di versante impostato nel substrato e nei relativi terreni di copertura detritica, in corrispondenza del quale non sono stati realizzati interventi di protezione idraulica.



Figura 11 – Aereofotografia della zona di battuta di sponda destra a valle del ponte di Travo



Figura 12 – Versante soggetto a sottoscalzamento in sponda destra, a valle del ponte di Travo

Nella cartografia geomorfologica sono stati riportati i limiti delle aree allagabili per diverso tempo di ritorno, desunti dalle perimetrazioni della "Direttiva Alluvioni", precisamente con:

- Probabilità di esondazione elevata (tempo di ritorno 10-20 anni)
- Probabilità di esondazione media (tempo di ritorno 100-200 anni)
- Probabilità di esondazione scarsa (tempo di ritorno 500 anni)

L'unica zona con probabilità di esondazione "scarsa", potenzialmente interferente con il tracciato dell'infrastruttura in progetto, riguarda lo svincolo di Dolgo, laddove il rilevato stradale verrà opportunamente protetto al piede.

4.1.3 DINAMICA FLUVIALE – RETE IDROGRAFICA SECONDARIA

Il reticolo idrografico secondario presenta caratteristiche morfologiche e di potenziale instabilità differenti, in funzione delle dimensioni del bacino sotteso e della lunghezza della rete di drenaggio afferente ai manufatti idraulici lungo la carreggiata della S.S.45.

Nell'ambito del reticolo idrografico secondario è infatti possibile individuare:

- Corsi d'acqua, pertinenti a bacini idrografici tributari principali
- Corsi d'acqua, pertinenti a singole unità di versante
- Fossi di drenaggio e scoline riferibili alla gestione dei terreni agrari nella zona collinare.

Nell'ambito della prima tipologia si identifica il Rio di Cernusca, che determina la formazione di un solco vallivo principale avente una lunghezza di circa 4 km, che, nella sezione di attraversamento dell'infrastruttura in progetto, scorre in una piana fluviale di ampiezza ettometrica, potenzialmente esondabile in ragione dello scarso grado di incisione dell'alveo rispetto al piano-campagna circostante.



Figura 13 – Alveo del T.Cernusca a valle del ponte della S.S.45; ripresa verso la piana fluviale a monte del F.Trebbia

Nell'ambito della seconda tipologia è possibile identificare numerosi corsi d'acqua a regime stagionale, nel settore compreso tra Cernusca e Fabbiano, caratterizzati per una tendenza all'erosione al fondo, più o meno marcata in relazione al dislivello e l'energia di rilievo del versante in cui sono impostati; in diverse sezioni, i rii suddetti raggiungono come livello di base il substrato roccioso, con sponde ad acclività anche elevata.

Nell'ambito della terza tipologia si identificano una serie di fossi minori, di drenaggio delle aree coltivate nel settore collinare meno acclive, tra Coni e Monte Travaso e quindi tra Fabbiano e Rivergaro.

In corrispondenza degli sbocchi sul fondovalle principale di alcuni dei tributari secondari in destra idrografica, si sono sviluppati apparati di conoide di deiezione, con variabile grado di reincisione del canale di scarico principale.



Figura 14 – Rio di San Michele, presso Castello di Montichiario: tendenza erosiva con approfondimento sino al substrato arenaceo, contrastata con la realizzazione di soglie di fondo.

4.2 GEOMORFOLOGIA E DINAMICA GRAVITATIVA DI VERSANTE

4.2.1 GENERALITÀ

Il settore della Val Trebbia interessato dal progetto stradale in esame si connota per un grado di franosità specifica riconosciuto negli strumenti di pianificazione di area vasta, quali ad esempio il PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Piacenza (2007): All. B1.4 (R) – “Il dissesto nel territorio provinciale” (a cura di Marco Pizziolo, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia-Romagna, Aprile 2007).

A fronte di un indice di franosità del territorio avente un valore medio per l'intera provincia di Piacenza del 28.4%, il comune di Rivergaro presenta un indice di franosità del 7.8%, il comune di Travo del 26.8%.

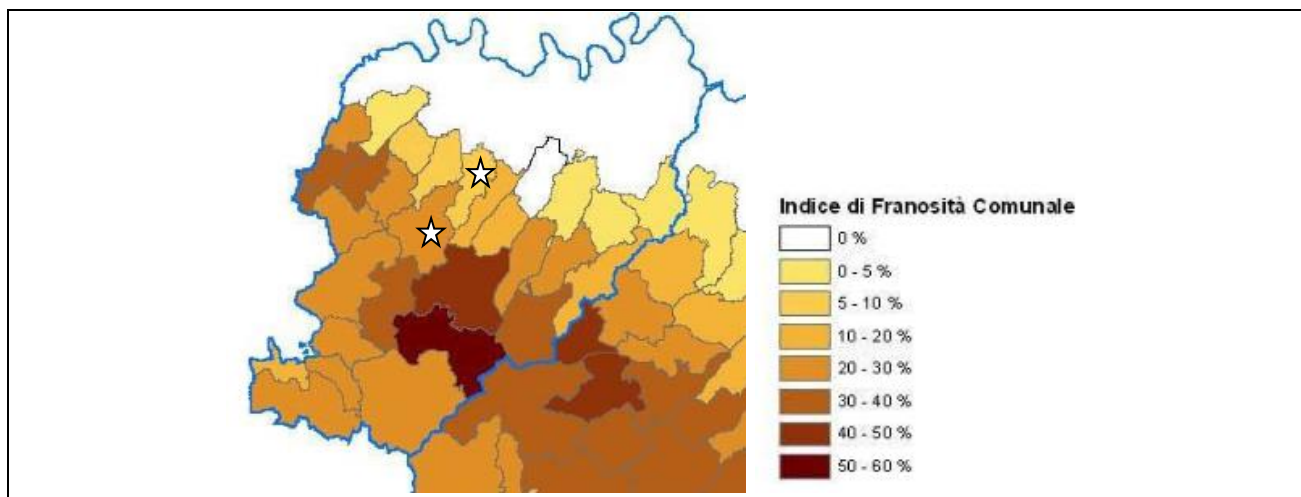
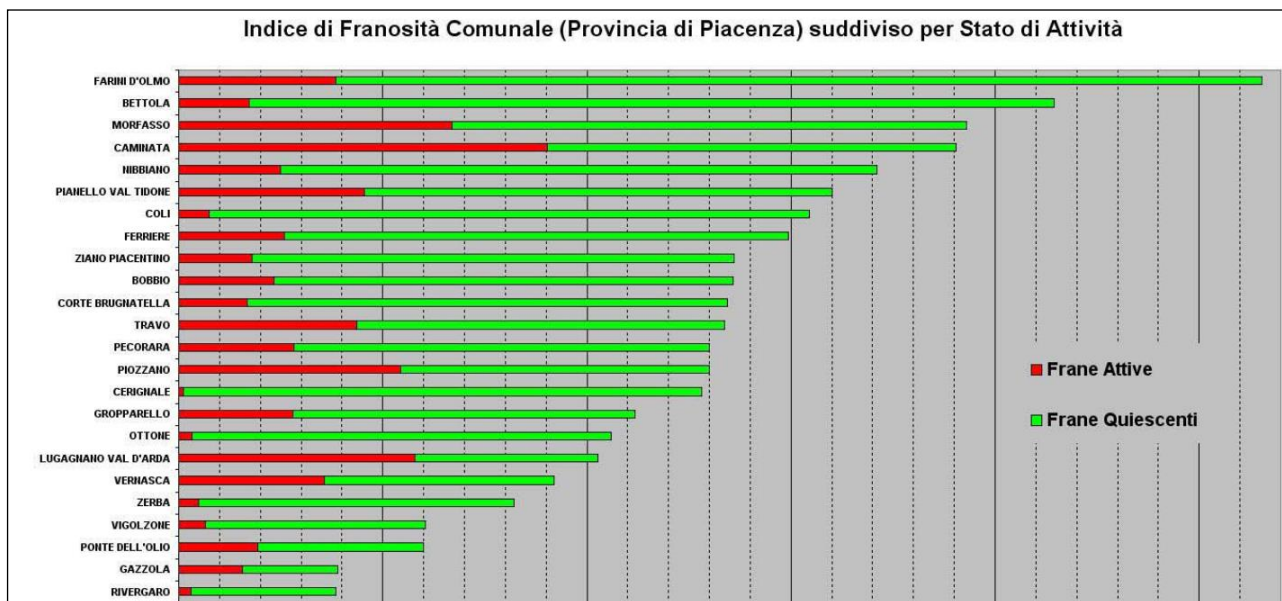


Figura 15 – indice di franosità comunale (Fonte: All. B1.4 (R), PTCP Provincia di Piacenza, 2007)

Da un punto di vista della correlazione tra stato di attività dei movimenti gravitativi di versante e dominio geologico strutturale, si evince l'elevata incidenza degli stessi nel contesto del dominio Ligure, nel quale si inserisce il tratto di tracciato in progetto.

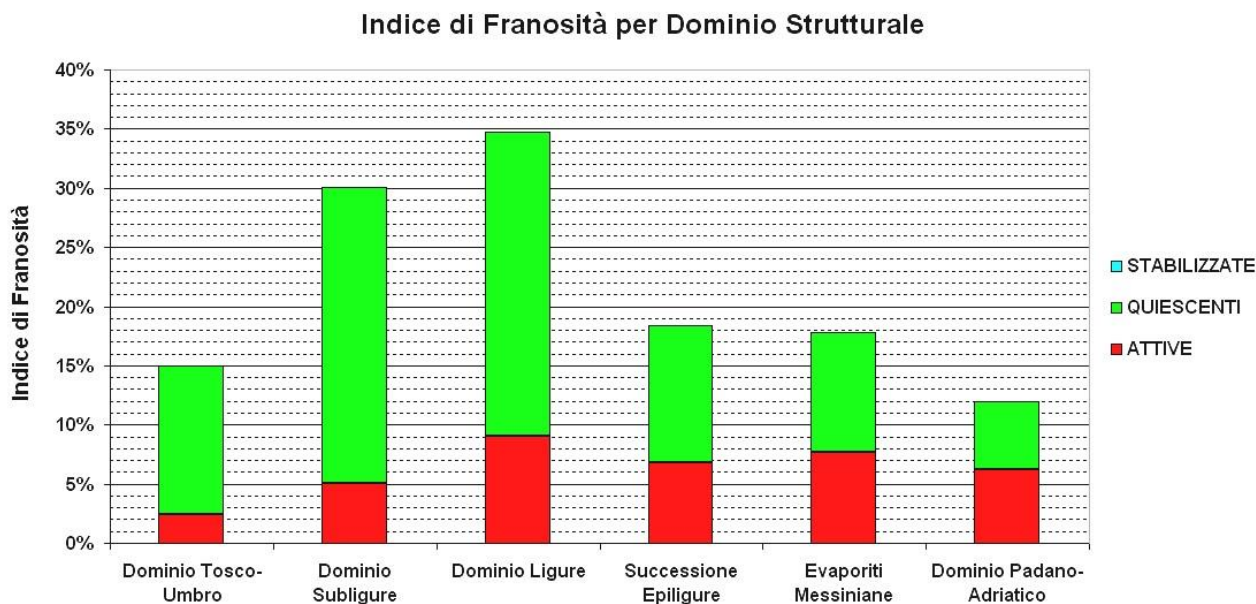


Figura 16 – indice di franosità per dominio geologico strutturale (Fonte: All. B1.4 (R), PTCP Provincia di Piacenza, 2007)

4.2.2 FRANOSITÀ IN ATTO

Nella Carta Geomorfologica viene fornito un quadro del dissesto in atto che tiene conto delle seguenti fonti informative:

- Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna - Carta Inventario delle frane a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.
- Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna - Archivio storico delle frane della Regione Emilia-Romagna”
- Analisi aereofotointerpretativa e taratura con rilievi in sito
- ANAS S.p.A.: Progettazione definitiva dell'intervento S.S. n° 45 di Val Trebbia - Ammodernamento del tratto Rio Cernusca – Rivergaro. Comuni di Travo e Rivergaro: Relazione Interferometria Differenziale SAR, luglio 2019.
- Consultazione della documentazione geologica annessa agli strumenti urbanistici comunali di Travo e Rivergaro.
- Mappatura sistematica degli elementi deformativi riscontrabili in corrispondenza delle opere di sostegno lungo la carreggiata stradale esistente della S.S.45
- Mappatura degli edifici con riscontro di lesioni, lungo il tracciato della esistente S.S.45 e in corrispondenza di nuclei abitati in zone sovrastanti.
- Mappatura degli eventi di dissesto recenti, dovuti agli effetti del periodo di intense precipitazioni che ha caratterizzato il mese di novembre 2019.

Le tipologie di dissesto rappresentate nella Carta Geomorfologica vengono differenziate in base allo “stato di attività” e alla tipologia evolutiva di movimento franoso:

- a1b - deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d – depositi di frana attiva per colamento di fango
- a1g - deposito di frana attiva complessa
- a2b - deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - deposito di frana quiescente complessa

Per “frana attiva” si intende convenzionalmente un fenomeno le cui evidenze deformative sono provviste di riscontri nell’intervallo di tempo degli ultimi 50 anni.

Le “frane quiescenti” corrispondono a depositi e forme che nel loro complesso evidenziano fasi deformative pregresse di versante, oggi prive di evoluzione dinamica nell’ultimo cinquantennio.

Rispetto a tale criterio classificativo, distintivo di “frane attive/frane quiescenti”, è utile riportare quanto esposto nell’Archivio Storico delle Frane dell’Emilia Romagna:

La maggior parte delle frane ha un’attività intermittente, caratterizzata da lunghe fasi di quiescenza, anche della durata di decenni, alternate a fasi di attività che possono determinare la mobilitazione di interi versanti con gravi conseguenze sul sistema antropico.

Dalla lettura della Carta Geomorfologica è possibile evincere la presenza di ampie superfici ascritte a variabili tipologie di frane quiescenti, nel contesto delle quali è inserito un minor numero di frane attive di dimensioni decisamente più modeste rispetto alle prime.

Anche da questo punto di vista, è utile riportare le considerazioni formulate dagli estensori della cartografia regionale delle frane:

“...le frane quiescenti sono costituite dalla sovrapposizione nel tempo e nello spazio di episodi di attivazione/riattivazione con associate retrogressioni, avanzamenti, allargamenti e coalescenza tra fenomeni diversi. La cartografia del deposito risultante, se tuttora quiescente, non è spesso in grado di distinguere la forma dei singoli episodi, spesso obliterata da vegetazione o lavorazioni agricole che per quanto riguarda le frane più piccole e superficiali, possono addirittura cancellare ogni traccia del fenomeno. Viceversa la cartografia dei fenomeni attivi descrive la distribuzione e la forma di un singolo episodio o al più di episodi verificatisi in intervalli di tempo ravvicinati. Ciò permette la mappatura di dettaglio di fenomeni di dimensioni piccole e piccolissime, spesso riattivazioni parziali di frane quiescenti”.

Vengono nel seguito tratteggiate le principali caratteristiche dei movimenti gravitativi “attivi” segnalati lungo il tracciato di progetto, procedendo da Sud verso Nord.

La prima frana attiva, per scorrimento, si riscontra a Nord di Cernusca, sul versante a monte di Ca Ostino in corrispondenza del fronte di sovrascorrimento tettonico che pone in contatto tettonico il complesso delle Argille a Palombini (APA) con il Flysch della Val Luretta (VLU); verosimilmente la frana può essere ascritta alle particolari condizioni di fratturazione del substrato roccioso lungo la zona di sovrascorrimento.

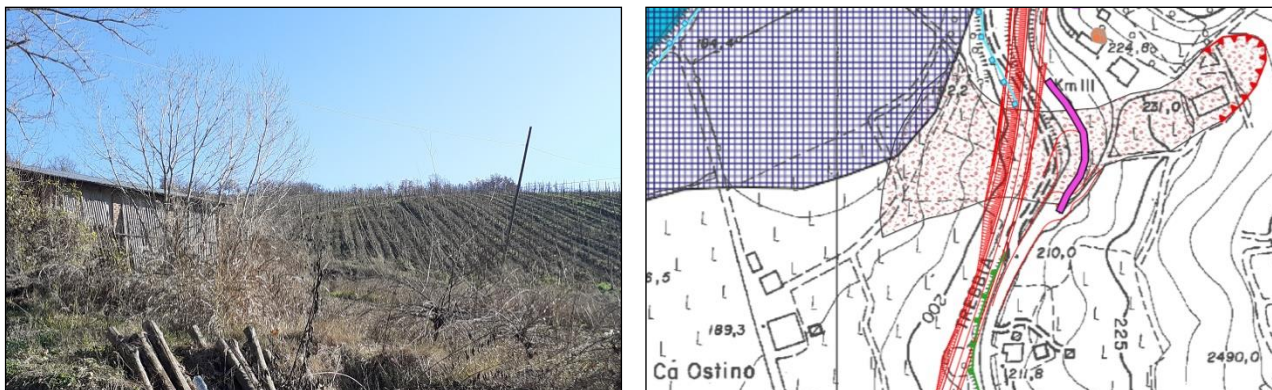


Figura 17 - Frana attiva a Nord di Cernusca, sul versante a monte di Ca Ostino

Un ruolo non secondario è ascrivibile altresì alla circolazione idrica sotterranea, in quanto le Argille a Palombini determinano un limite di permeabilità nei confronti del deflusso profondo nelle alternanze del Flysch.

La seconda frana attiva, per colamento di fango, è localizzata in prossimità della località Ca' Teresa, a Sud di Quadrelli. In un contesto di evidenza morfologica bassa, è ancora osservabile un quadro deformativo lungo la carreggiata per avvallamenti; sono presenti gabbionate.

La frana si inserisce in un contesto già sede in passato di fenomeni analoghi, identificati in un'area anche più vasta con carattere "quiescente", ed è alimentata e connessa con fenomeni di colamento in corrispondenza di piccoli impluvi.

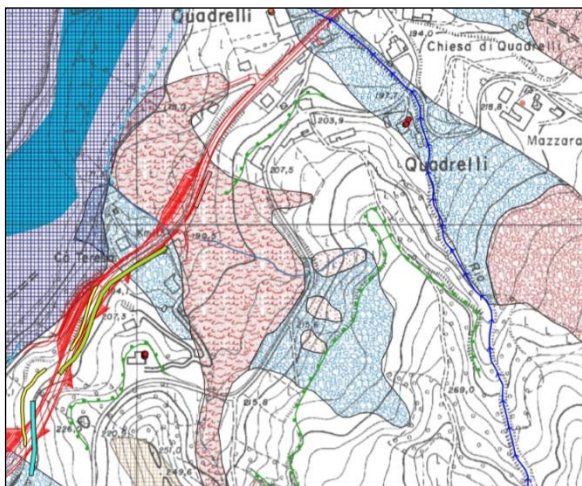


Figura 18 - Frana attiva presso località Ca' Teresa, Quadrelli

La terza frana attiva, ad evoluzione definita "complessa", si trova a Nord dell'abitato di Fabbiano, e risulta caratterizzata nella documentazione dell'Archivio Storico della Regione Emilia-Romagna, nonché nella documentazione annessa agli studi geologici degli strumenti urbanistici comunali.

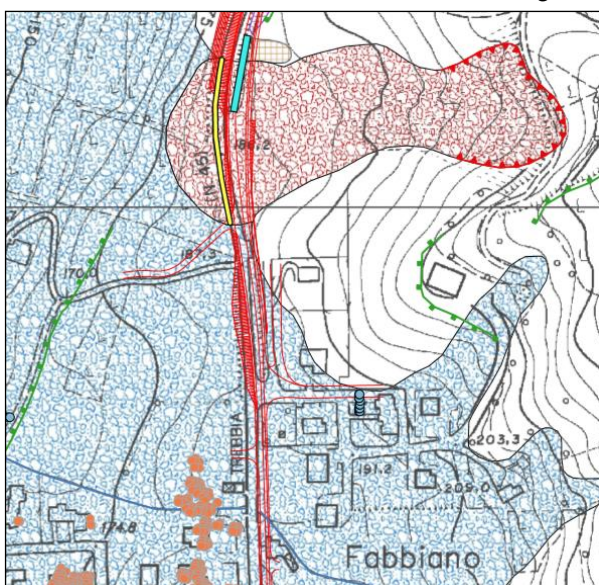


Figura 19 - Frana attiva presso Fabbiano

La riconoscibilità sul terreno è anche legata alle frequenti ricariche stradali, e alla deformazione per ribassamento della banchina lato valle, alla presenza di opere flessibili a sostegno della scarpata di monte e di opere di drenaggio delle acque.

La documentazione dell'Archivio Storico delle Frane dell' Emilia - Romagna riporta quanto segue.

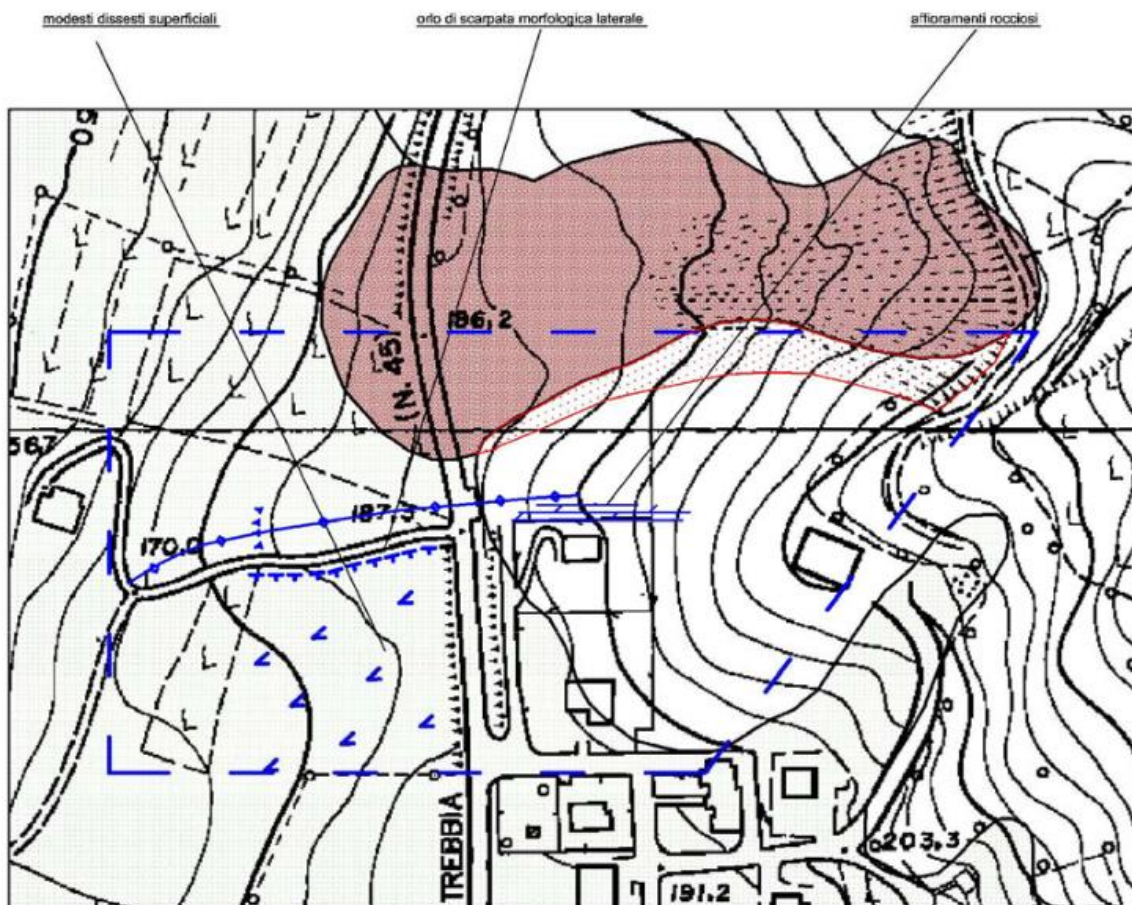
- Data: 07/03/1963 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione:
Un tratto della statale 45 presso Fabiano di Rivergaro è sottoposto a continua pressione da parte di masse di terreno e di sacche d'acqua che lo spingono verso il greto con movimento lento ma richiede assidua sorveglianza e ripetuti riempimenti per mezzo di carichi di ghiaia. La frana in quel punto non è nuova; già ripetute volte si era mossa in concomitanza con piogge insistenti o periodi di disgelo. Anche il livello stradale si è molto abbassato per una lunghezza di circa 30 metri. Un muricciolo che sorgeva su un tombino è stato portato a valle per circa 5 metri e sta lentamente scomparendo nel fango. Gli operai dell'ANAS diretti dal cantoniere continuano a "caricare" la strada nei punti in cui si manifesta più veloce l'abbassamento; vengono richiuse le crepe mentre il traffico viene regolato da appositi segnali di prudenza e di deviazione parziale. La scorsa notte le buche e gli abbassamenti si sono prodotti in misura superiore dato il progredire dello scioglimento delle nevi. A monte della strada si notano rigonfiamenti di terreno coltivo ed è presumibile che si siano formate anche imponenti sacche d'acqua che gravano con peso enorme spingendo sempre più in basso la strada ed i cumuli di ghiaia che vengono continuamente scaricati per mantenere libero il transito. Date le condizioni meteorologiche e la quantità di neve ancora presente sul terreno, si prevede un ulteriore aggravamento della situazione nelle prossime ore. Si pensa anzi che solo un complesso intervento che liberi le sacche di acqua verso il greto del Trebbia possa arrestare la frana che potrà in seguito essere eliminata mediante opere di profondità [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: larghezza circa 30 m
- Cause innesco: fusione manto nevoso

Concomitante alle intense e prolungate precipitazioni che hanno caratterizzato la seconda metà del mese di novembre 2019, si è verificata una ripresa di movimento lungo la parte settentrionale, coinvolgente un colamento di terra fluidificata anche per mancanza di adeguata regimentazione delle acque provenienti dalle superfici agricole sovrastanti. Nel corso dei sopralluoghi è risultato in fase di rifacimento e prolungamento una gabbionata a più file.



Figura 20 – Evoluzione recente (novembre 2019) della frana attiva presso Fabiano e nuove sistemazioni

Nell'ambito di un approfondimento geologico specifico redatto per conto del comune di Rivergaro (Comune di Rivergaro – Strumento Urbanistico Comunale P.R.G.: Variante Specifica di Adeguamento al P.A.I. Revisione Frane Quiescenti - Relazione Geologico-Tecnica - Ottobre 2007) sono state eseguite ulteriori indagini sul lato Sud di questa frana, dove sono stati individuati fenomeni di creep.



CARTA GEOMORFOLOGICA - FABIANO



Figura 21 – Studi di approfondimento geologico nell'ambito degli strumenti urbanistici – frana di Fabbiano

La quarta frana attiva, anch'essa definita ad evoluzione complessa, si trova a Nord di Osteria Bellaria presso Rivergaro, e si inserisce in un più ampio quadro di frane quiescenti che coinvolgono gran parte del versante a Sud del concentrico.

Si caratterizza per la presenza di importanti rigonfiamenti alternati a depressioni e contropendenze, in un contesto a bassa acclività.

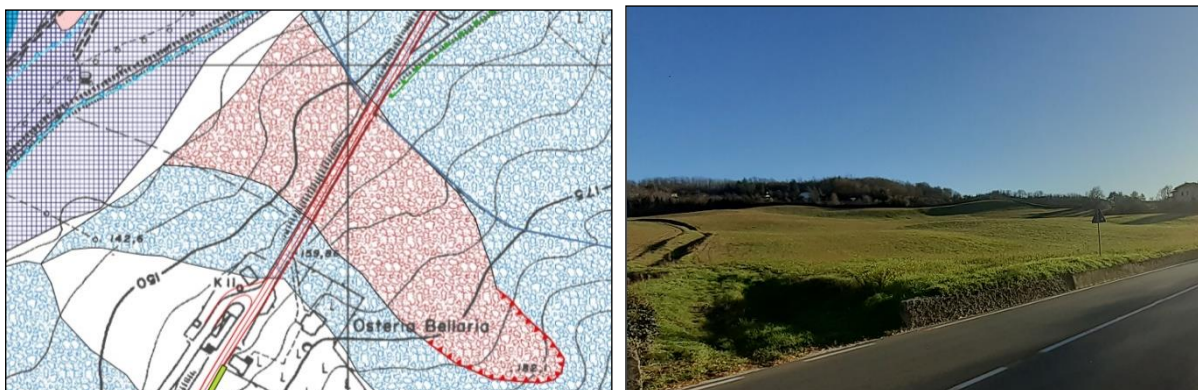


Figura 22 - Frana attiva presso Osteria Bellaria (Rivergaro)

Nell'ambito delle proposte di revisione degli strumenti urbanistici nel comune di Rivergaro, importanti settori compresi tra Fabbiano, Savignano e Osteria Bellaria sono stati oggetto di rivalutazione, in termini di estensione, dei fenomeni franosi a carattere quiescente che interessano l'area (Comune di Rivergaro – Strumento Urbanistico Comunale P.R.G.: Variante Specifica di Adeguamento al P.A.I. Revisione Frane Quiescenti - Relazione Geologico-Tecnica - Ottobre 2007). Si riporta nella figura seguente la proposta di estensione di tali aree in frana, che coinvolgono anche la zona di Savignano, precedentemente interpretata come area stabile interposta tra i corpi di depositi di frana quiescente.

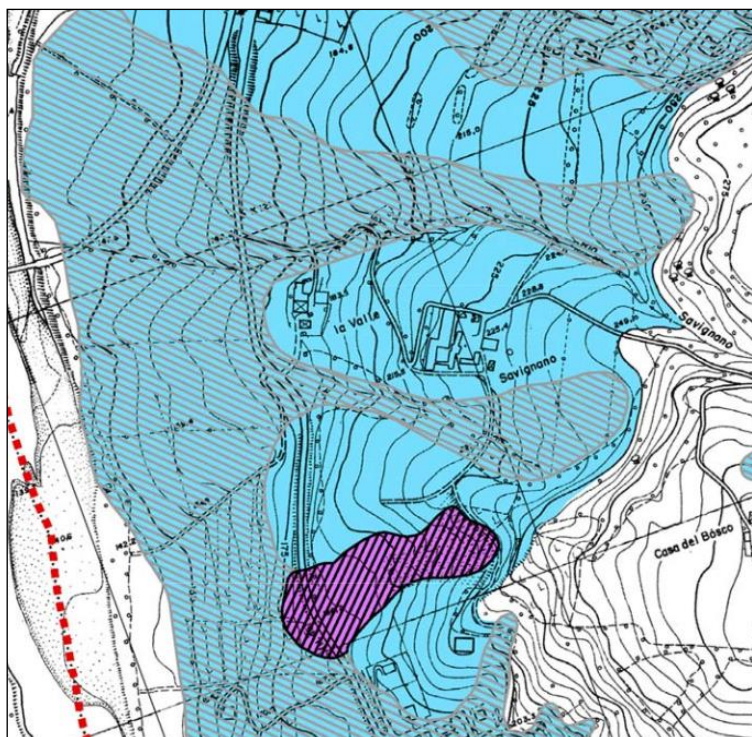


Figura 23 – Proposta di estensione delle superfici soggette a frane quiescenti, sviluppata nell'ambito di revisioni degli strumenti urbanistici comunali. La proposta di estensione è in colore azzurro (il retino grigio obliquo si riferisce alle aree già perimetrare in frane quiescenti). Si noti l'inclusione dell'area di Savignano-La Valle.

In merito a quanto sopra, in base ai dati di sondaggio geognostico disponibili lungo l'asse del tracciato di progetto nel tratto in esame (S04, S05 – indagini campagna 2019), è possibile ritenere che tali aree in frana (identificate nel Piano Urbanistico di Rivergaro) corrispondano all'espressione morfologica di movimenti superficiali non coinvolgenti il substrato litoide, bensì le coltri di alterazione superficiale formatesi su di esso.

Nella cartografia geologica e geomorfologica allegata, si è quindi provveduto, per rendere riconoscibile la situazione sopra descritta, a rappresentare con apposita simbologia ("depositi superficiali con evidenze di dislocazione nella carta geologica, "settori con evidenze di dissesto" nella carta geomorfologica) le aree oggetto della proposta di perimetrazione cautelativa, elaborata dal comune di Rivergaro riferita ai terreni superficiali, sovrapposta alle zone di substrato litoide (Formazione della Val Luretta, ritenuta in posto); è stata altresì specificata in legenda la fonte di tale perimetrazione (Piano Urbanistico del Comune).

Si è ritenuto di poter condividere almeno parzialmente l'interpretazione suddetta alla luce dei dati a disposizione, ovvero: sondaggi geognostici lungo il tracciato, linee sismiche, giaciture a reggi-poggio del substrato litoide ed interferometria PS-INSAR caratterizzata da PS con velocità di deformazione dell'ordine di 1 cm/anno o sub-centimetriche (presso Savignano – La Valle).

4.2.3 EVIDENZE DEFORMATIVE

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati delle valutazioni eseguite con la finalità di individuare, nel contesto del tracciato e delle immediate adiacenze, gli elementi che permettono di precisare l'intensità della cinematica evolutiva attuale delle aree in frana, sulla base delle evidenze dei rilievi di campo e dei risultati di specifiche campagne di misure interferometriche commissionate da ANAS ad Agenzie specializzate nel telerilevamento.

Una prima serie di indizi dell'evoluzione in atto lungo i versanti intersecati dalla carreggiata della S.S. 45 attuale è costituita dalle opere di consolidamento, principalmente sul lato monte, che sono state oggetto di sistematico rilievo in sito e georeferenziazione, per poter correlare la posizione degli interventi con l'assetto geomorfologico dei versanti stessi.

Tali opere sono essenzialmente riconducibili alle seguenti:

- Opere flessibili (principalmente gabbionate, a una o più file)
- Opere rigide
- Opere strutturali speciali (colonne di jet grouting)
- Drenaggi

È stato considerato come indicatore di instabilità anche la presenza di barriere stradali palesemente deformate, o, frequentemente, situate a quota non distante dal piano della superficie viabile, per effetto di continue e ripetute operazioni di ricarico del manto stradale.

Si riportano a tal fine alcune riprese fotografiche esemplificative delle situazioni sopra descritte.



Figura 24 – Opere flessibili deformate dalla spinta del versante (muri a file di gabbioni sovrapposti) tratto tra Rio Molini e Quadrelli



Figura 25 – Opere strutturali speciali (colonne di iniezione con trave di collegamento), tratto a Nord di Dolgo, presso Rio della Casazza



Figura 26 – Indicatore di deformazione: barriera stradale ribassata o con sommità a bassa quota rispetto al piano viabile, per effetto di frequenti e ripetute ricariche e cedimenti. A sx: tratto tra Dolgo e Quadrelli, a Sud del Rio Mulini; a dx: frana attiva presso Fabbiano

Dall'analisi degli edifici presenti nelle immediate adiacenze della sede stradale attuale, e situati in corrispondenza dei corpi di frana riconosciuti nella cartografia, è altresì possibile acquisire indizi in merito ai cinematismi deformativi potenzialmente coinvolgenti i terreni di fondazione (non potendo tuttavia escludere la combinazione di effetti deformativi di versante dalle problematiche fondazionali, non oggetto di indagine specifica).



Figura 27 – Indicatore di deformazione: quadro fessurativo su edifici esistenti (località Cernusca)

A complemento delle valutazioni di campo, la “Relazione Interferometria Differenziale SAR, luglio 2019”, commissionato da ANAS, fornisce una esaustiva valutazione areale continua distribuita in un ampio intorno del corridoio stradale oggetto della progettazione.

Per le finalità proprie della presente relazione sono state acquisite le coperture digitali vettoriali, georiferite nel sistema GIS di supporto allo studio geologico, e sono state correlate con la distribuzione areale dei movimenti gravitativi di versante, con la finalità di ottenere indizi di recente attività dei medesimi.

Si è inteso per facilità di lettura “filtrare” i vettori di spostamento in modo tale da escludere dalla rappresentazione quelli relativi a cinematismi inferiori a 5 mm/anno

Vettori di spostamento ascendenti, con valore (in cm)

- -2,57 / -1,00
- -1,00 / -0,50
- 0,50 / 1,00
- 1,00 / 1,81

Vettori di spostamento discendenti, con valore (in cm)

- -1,25 / -1,00
- -1,00 / -0,50
- 0,50 / 1,00
- 1,00 / 1,68

Si riportano nel seguito alcuni stralci cartografici utili per una valutazione complessiva del quadro cinematico-deformativo di superficie.

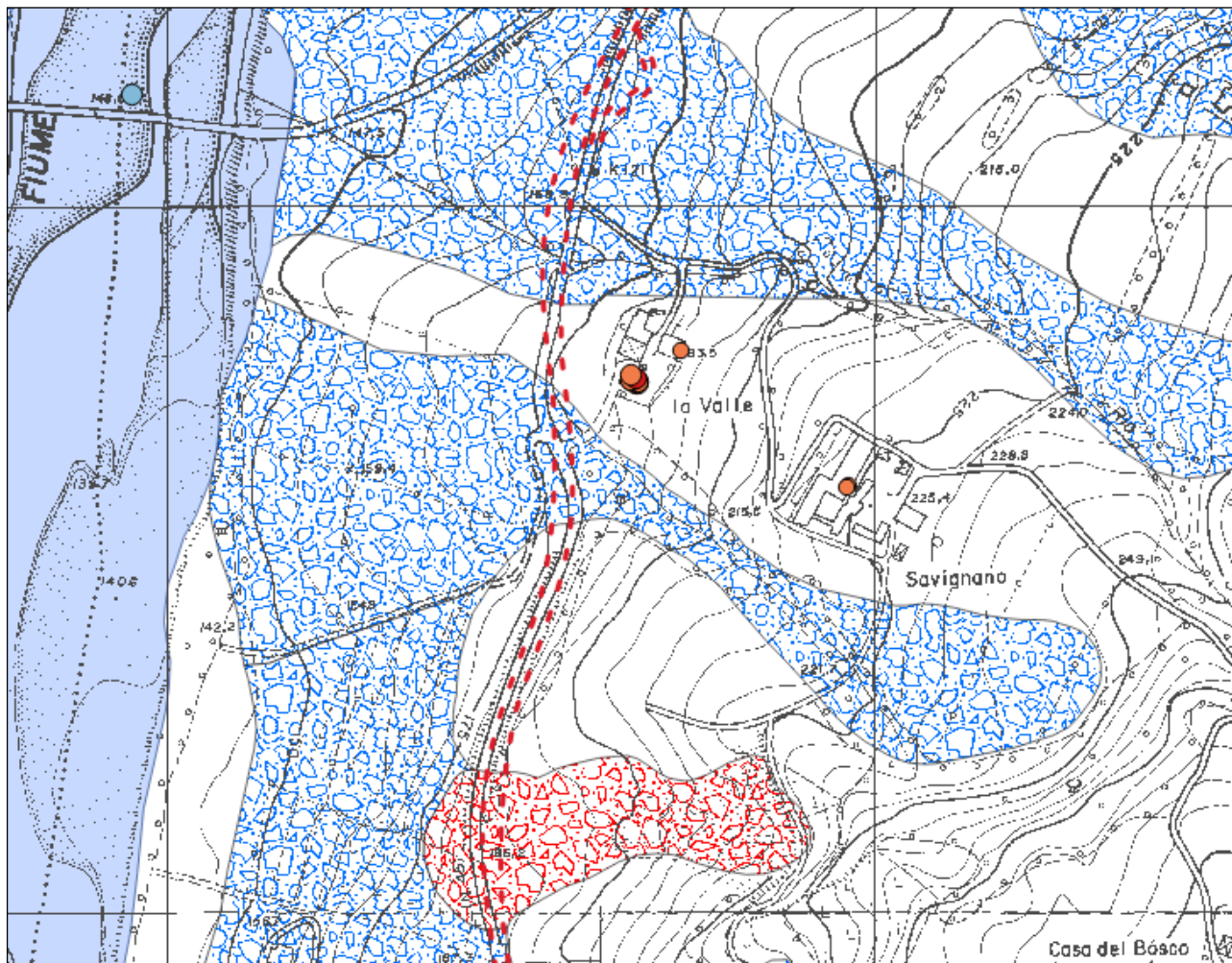


Figura 28 – Indicatori di deformazione superficiale: punti PS-INSAR, area di Savignano

Nell'area di Savignano-La Valle vengono rilevati diffusi punti su strutture, che rafforzano le opzioni di estensione delle aree soggette a dissesto gravitativo, già ipotizzate negli studi geologici per la revisione degli strumenti urbanistici comunali. Per contro, il metodo PS-INSAR non coglie gli indizi di attività della frana di Fabbiano (in rosso).

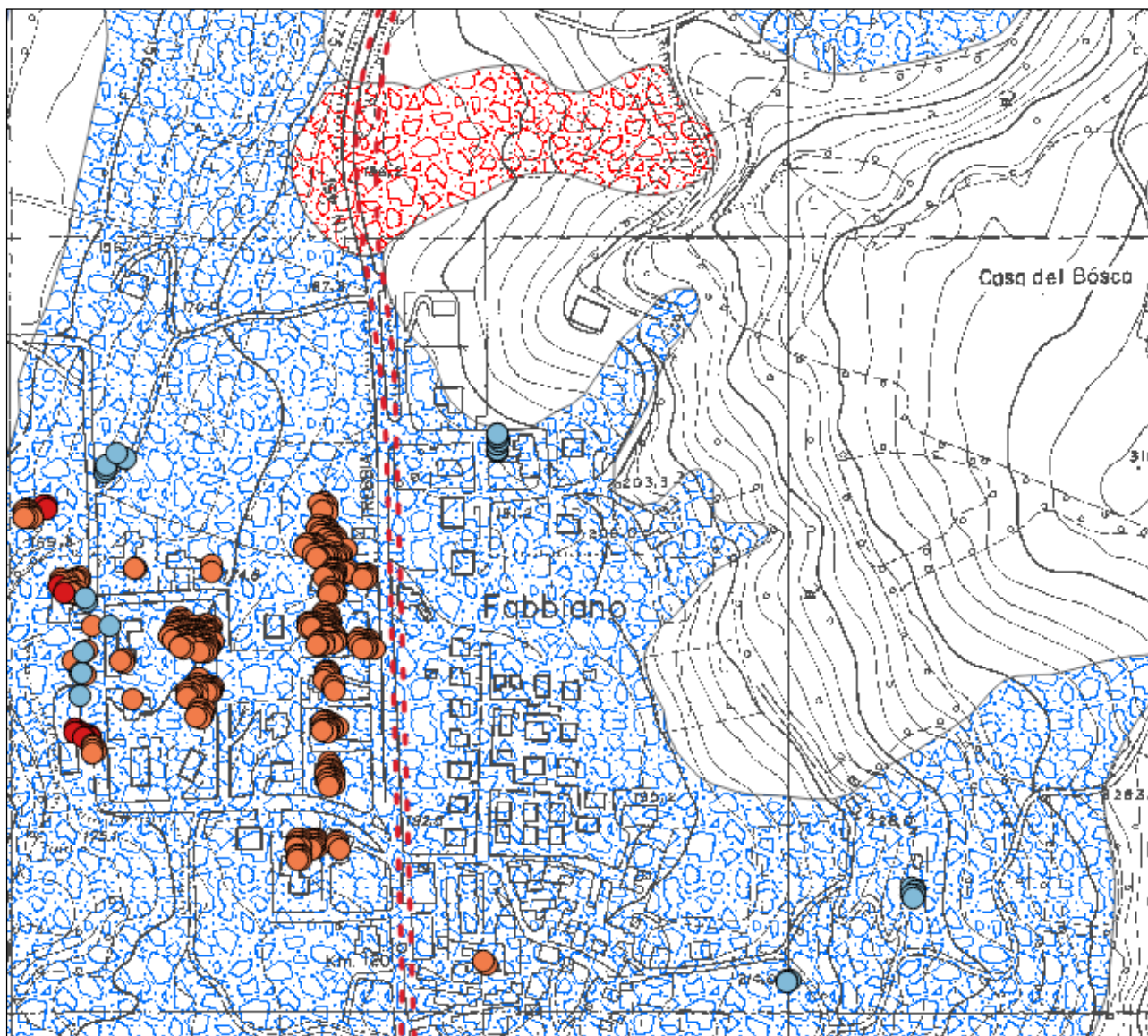


Figura 29 – Indicatori di deformazione superficiale: punti PS-INSAR, area di Fabbiano

La concentrazione di punti a Fabbiano a valle della sede della S.S.45 attiene soprattutto alla favorevole condizione di acquisizione multipla del segnale interferometrico; le deformazioni sub-centimetriche si localizzano in un settore di frana classificato come quiescente.

Il medesimo campo di mobilità viene riscontrato anche in altre frane classificate “quiescenti”, come ad esempio alla Colombarola, presso Coni di Sopra; nella zona di Quadrelli, a questa tipologia di frana sono associati anche valori deformativi di qualche centimetro.

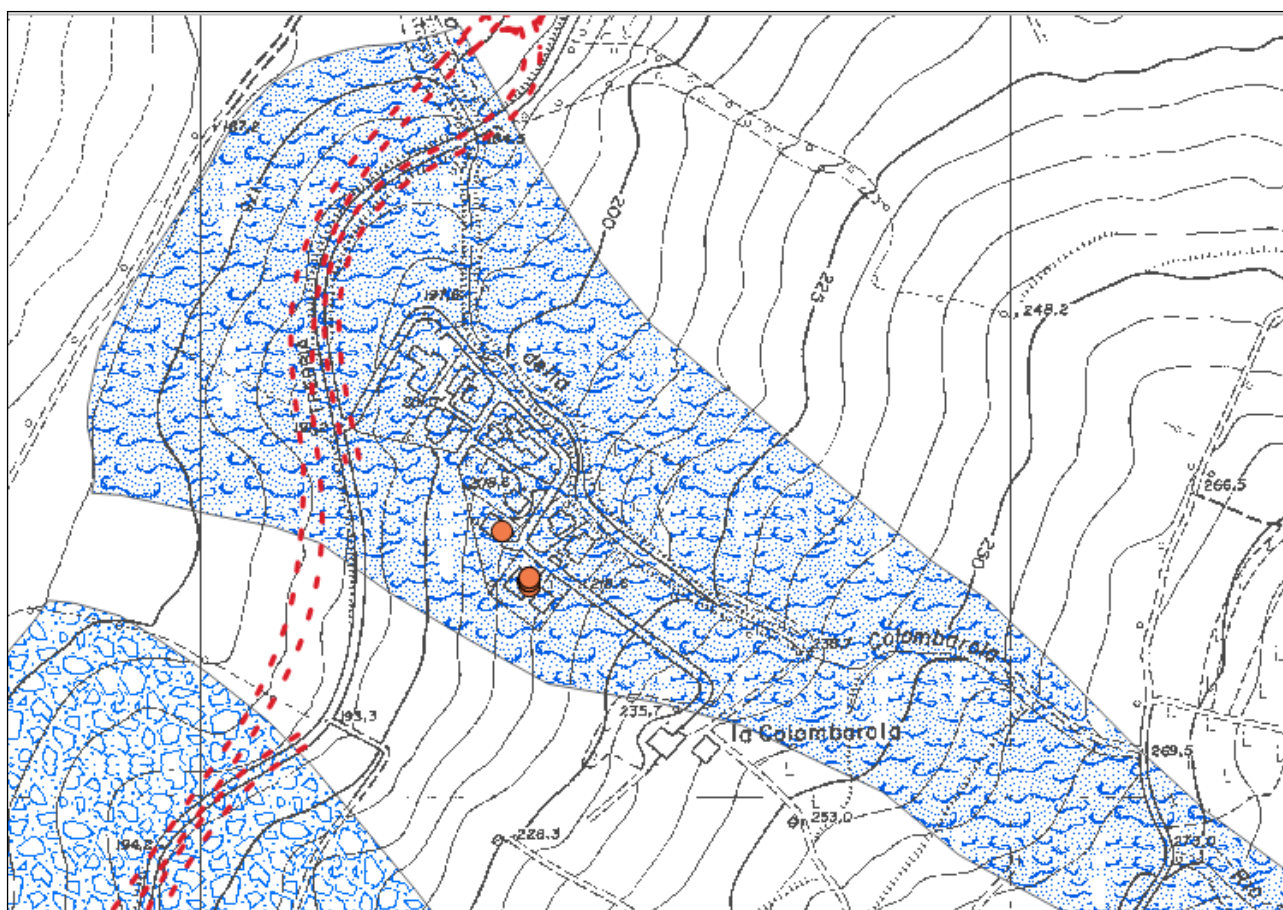


Figura 30 – Indicatori di deformazione superficiale: punti PS-INSAR, area presso Coni

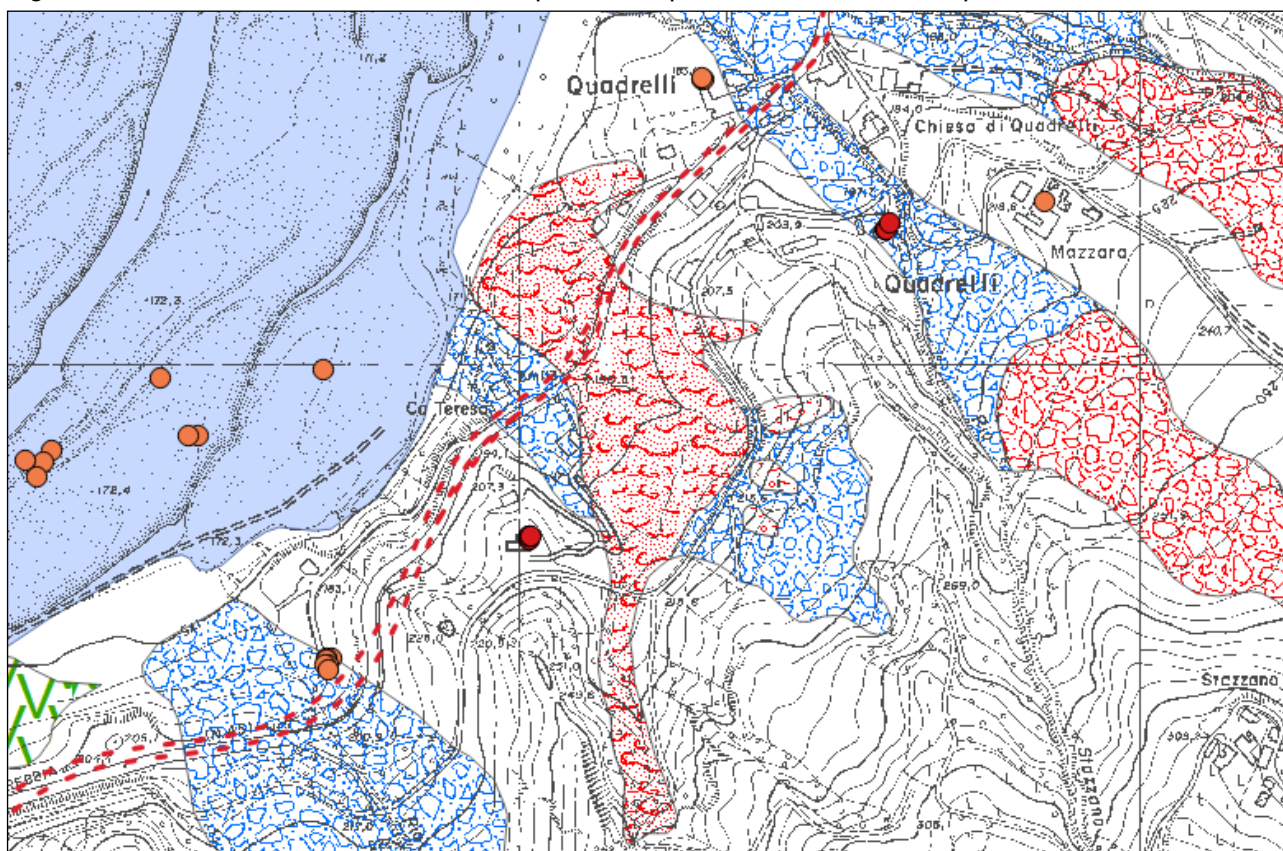


Figura 31 – Indicatori di deformazione superficiale: punti PS-INSAR, area presso Quadrelli
L'entità dei movimenti rilevati su strutture nella zona più a Sud del tracciato, nell'unità delle "Argille a Palombini", tra Cernusca e Ca' Ostino è ancora compresa entro valori centimetrici.

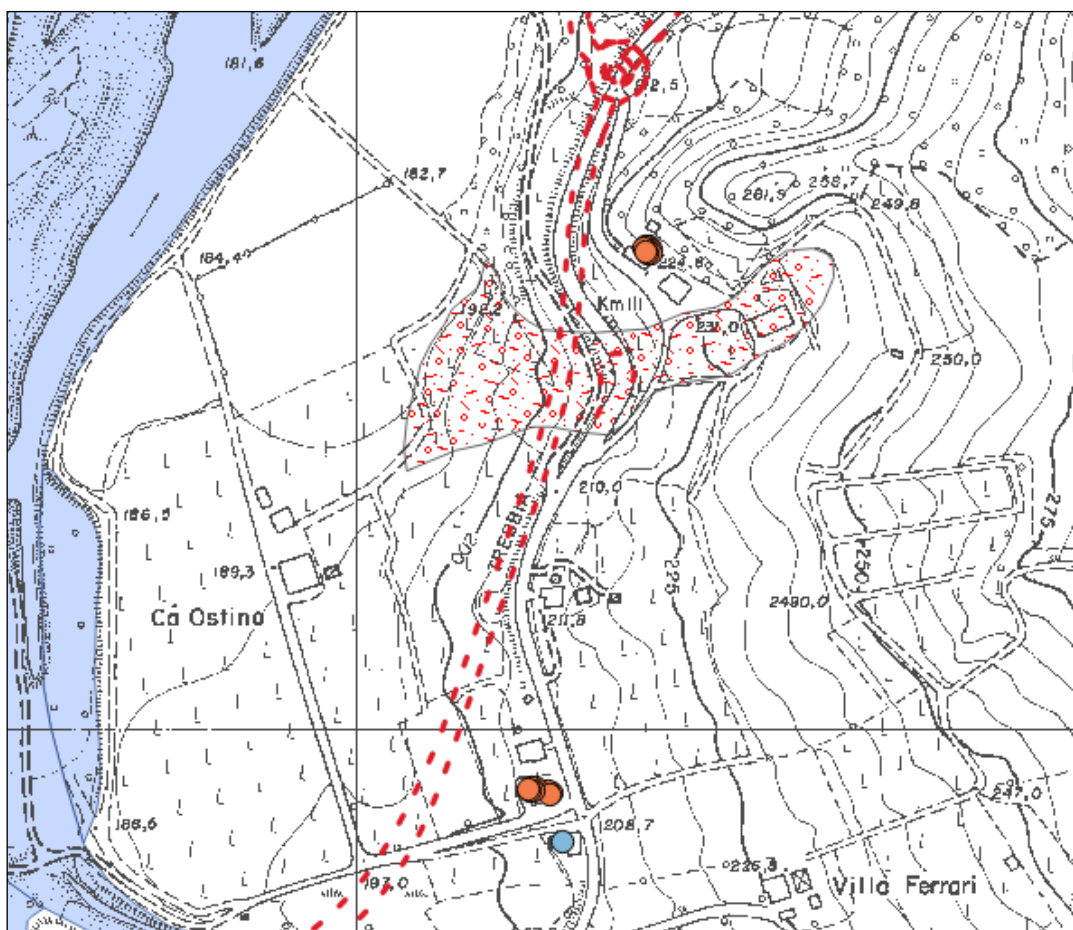


Figura 32 – Indicatori di deformazione superficiale: punti PS-INSAR, area presso Cernusca

Ad integrazione delle valutazioni di deformazione superficiale sopra descritta, si commentano nel seguito i primi risultati della rete di monitoraggio inclinometrica disposta per incarico di ANAS lungo il tracciato di progetto, riferiti all'anno 2019, nel corso del quale sono state eseguite le letture di zero nel periodo tardo-invernale e successive campagne trimestrali di letture di esercizio sino a tutto settembre 2019. Risulterà determinante ai fini progettuali il prosieguo delle letture di esercizio, per comprendere gli effetti del periodo alluvionale di fine novembre 2019 e il successivo assestamento nel periodo invernale.

Inclinometro S07-IN – Località Fabbiano Sud

Il diagramma polare restituisce una direzione di movimento compatibile con la pendenza locale verso WNW; il profilo evidenzia uno spostamento a testa tubo pari a circa 15 mm con deformata contenuta entro 5 metri da p.c. La colonna presenta evidenze di schiacciamento, potenzialmente indotto dal movimento superficiale.

Inclinometro SN09 – Località Mulinazzo Nord

Il diagramma polare restituisce una direzione di movimento compatibile con la pendenza locale verso WNW, il profilo evidenzia una deformazione di circa 4 mm a circa 5 metri di profondità con spostamento complessivo a testa tubo superiore a 5 mm.

Inclinometro SN10 – Località Mulinazzo Nord

Il diagramma polare restituisce una direzione di movimento compatibile con la pendenza locale verso WNW, il profilo evidenzia uno spostamento a testa tubo pari a circa 10 mm, contenuto entro una profondità di circa 4 metri da p.c.

Inclinometro SN18 – Località Colombarola

Il diagramma polare restituisce direzioni di movimento non compatibili con la topografia locale; anche il profilo non restituisce una deformata vera e propria, suggerendo piuttosto il riscontro di letture possibilmente affette da derive. L'analisi della deformata evidenzia un andamento congruente per la misura del 29.05.19 non confermata dalle successive misure, affette da anomalie indotte da possibili difetti di cementazione o danneggiamenti della colonna. Potrebbe essere interessante una elaborazione della misura del 24.09.19 rispetto a quella del 26.06.19 (presa come nuovo riferimento).

Inclinometro SN19 – Località

Il diagramma polare restituisce direzioni di movimento non compatibili con la topografia locale; la deformata elaborata evidenzia spostamenti verosimilmente riconducibili a derive strumentali.

Inclinometro SN21 – Località Coni di Sotto

Il diagramma polare restituisce direzioni di movimento non compatibili con la topografia locale; la deformata elaborata evidenzia spostamenti verosimilmente riconducibili a derive strumentali.

Inclinometro SN26 – Località presso Rio dei Mulini

Il diagramma polare restituisce direzioni di movimento non compatibili con la topografia locale; la deformata elaborata evidenzia spostamenti verosimilmente riconducibili a derive strumentali. E' possibile che la colonna abbia subito uno schiacciamento o presenti locali difetti di cementazione.

Inclinometro SN30 – Località Cernusca – Ca' Ostino

Il diagramma polare restituisce una direzione di movimento compatibile con la pendenza locale verso WNW; la misura presenta una deriva lungo lo sviluppo. E' possibile rilevare uno spostamento di qualche millimetro (< 2 mm) nei 5 metri sommitali.

4.2.4 FRANOSITÀ POTENZIALE

Nel contesto del quadro del dissesto conclamato, definito nell'ambito del capitolo precedente, si è inteso fornire un ulteriore elemento di valutazione, considerando specificamente i settori di versante aggettanti sulla sede stradale in progetto, valorizzando le potenzialità di analisi del DTM – Modello Digitale del Terreno della Regione Emilia Romagna con maglia a 5 metri.

Si è quindi operata un'elaborazione del DTM per delineare una carta delle pendenze, e selettivamente sono state perimetrare le unità di versante con pendenza superiore a 30°, direttamente aggettanti sulla sede stradale in progetto.

Mediante questo criterio – di carattere orientativo in base alle caratteristiche dei materiali - in questa classe di pendenza si è potuto verificare, sulla base dei rilievi in sito e dei dati provenienti dalla cartografia della franosità in atto, una significativa presenza di movimenti gravitativi locali, a carico delle coltri superficiali e della sottostante porzione più alterata e fratturata del substrato roccioso.

Si veda a tale proposito lo stralcio della Carta Geomorfologica riportata nella figura seguente.

Si è quindi proceduto ad una sistematica ricognizione dei settori di versante che presentano le caratteristiche suddette, che risultano quindi presenti lungo diversi tratti dell'infrastruttura, tra i quali:

- il versante in destra idrografica del Rio dell'Acqua Rossa (tra Mulinasso e Fabbiano) tra i km 119-120
- i versanti in destra e sinistra idrografica del Rio Borgello (tra Coni di Sotto e Casino d'Agnelli) presso il km 115
- il versante a monte di Piana di Sopra presso il km 114
- il versante tra Rio dei Molini e Rio d'Andrea tra il km 112-113
- il versante tra il Rio della Casazza e Dolgo tra i km 111-112

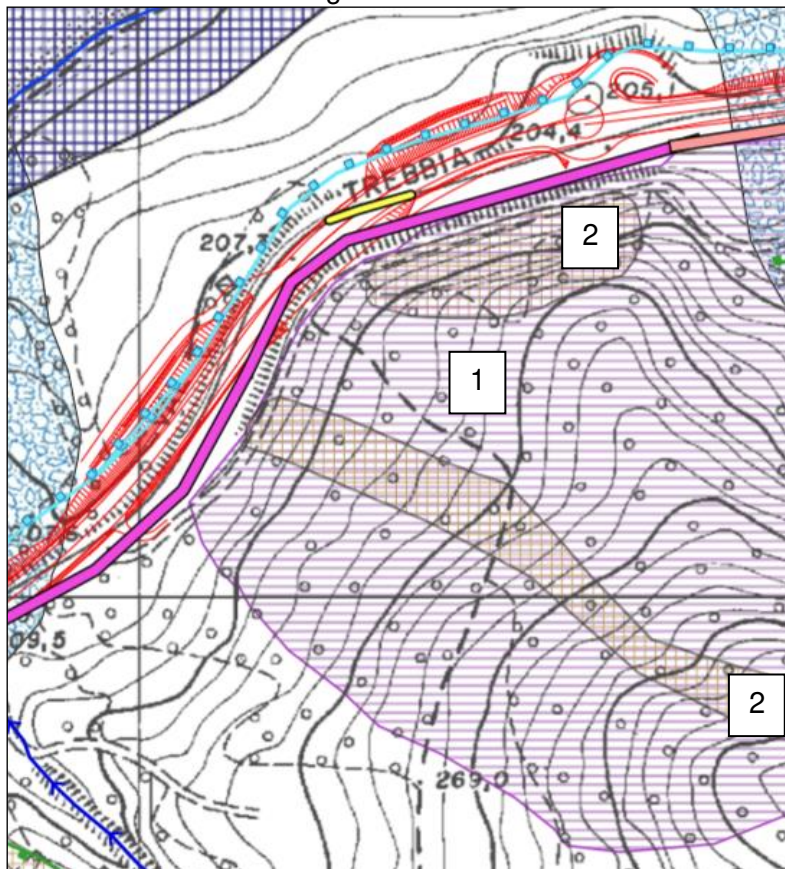


Figura 33 – Selezione delle aree con acclività > 30° (1), per l'individuazione di unità di versante aggettanti sulla SS.S.45 e confronto con i dissesti riscontrati mediante rilievi in sito (2). Tratto Dolgo-Quadrelli

5 IDROGEOLOGIA

L'analisi idrogeologica delle unità litologiche interessate dal tracciato in progetto si basa sull'analisi della documentazione bibliografica disponibile, relativa sia alle banche dati della Regione Emilia Romagna che alle basi-dati reperibili nel PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Piacenza, nonché sulle evidenze dei sondaggi eseguiti e dei rilievi di campo.

Nel contesto in esame, alle unità litologiche descritte nei capitoli precedenti, sono associate caratteristiche di permeabilità variabili per tipo (porosità, fratturazione) e grado (nullo, basso, medio, alto), in dipendenza della composizione tessiturale e strutturale, del grado di cementazione e delle condizioni di deformazione tettonica fragile.

Sulla base di questi elementi è stata redatta una carta idrogeologica-geoidrologica lungo il tracciato in progetto, alla scala 1:2.000.

Il livello drenante di base del sistema acquifero di versante e di fondovalle è costituito dai depositi alluvionali attuali e recenti del F.Trebbia, nel quale l'acquifero di subalveo è connesso direttamente con il pelo libero del corso d'acqua. La direzione di flusso idrico sotterraneo in questo sistema risulta pertanto rivolta parallelamente all'asse dell'alveo, che rappresenta il punto di emergenza della falda in regime di esaurimento.

Gli altri corpi idrici sotterranei presentano caratteristiche di discontinuità areale, e frequentemente un regime stagionale discontinuo – intermittente, controllato dalla durata delle fasi di esaurimento che fanno seguito a periodi di piovosità intensa e prolungata.

Nella carta idrogeologica il grado e il tipo di permeabilità sono schematizzati con riferimento ai criteri nel seguito descritti.

- Complessi idrogeologici a permeabilità medio alta per porosità: comprende i depositi alluvionali in evoluzione del F.Trebbia e i depositi prevalentemente grossolani del Subsistema di Ravenna.
- Complessi idrogeologici a permeabilità media per porosità: depositi alluvionali terrazzati, depositi di conoide torrentizia, Quaternario marino del sistema di Costamezzana.
- Complesso idrogeologico a permeabilità per porosità media, variabile con la composizione litologica del materiale dislocato: depositi di frana con circolazione attiva con falde libere, per lo più discontinua, con possibilità di formazione di falde idriche stagionali di limitato interesse.
- Formazioni terziarie a permeabilità mista (per porosità e fratturazione), di grado variabile da medio a basso (Formazione di Val Luretta). Acquiferi discontinui, con circolazione idrica irregolare per circuiti definiti; presenza di falde di limitato significato, variamente distribuite.
- Formazione terziaria a permeabilità bassa/nulla: Complesso di Pietra Parcellara. Assenza di risorse idriche sotterranee significative.

In assenza di circuiti carsici, i limiti dei bacini idrogeologici delle unità suddette corrispondono di norma con i limiti dei bacini imbriferi superficiali.

La parte settentrionale del tracciato, a Nord del Rio degli Amadei, presso località Piane, è ricompresa nella perimetrazione delle aree di ricarica degli acquiferi regionali estesi nella zona di pianura.

La permeabilità k viene convenzionalmente classificata con riferimento ai seguenti valori standard:

- elevata, $k > 10^{-4}$ m/s;
- medio-elevata, $10^{-4} < k < 10^{-5}$ m/s;
- media, $10^{-4} < k < 10^{-6}$ m/s;
- medio-bassa, $10^{-5} < k < 10^{-7}$ m/s;
- bassa, $k < 10^{-7}$ m/s

La giustapposizione di unità idrogeologiche contraddistinte da importanti variazioni laterali di permeabilità, permette l'instaurarsi di sorgenti per soglia di permeabilità, che si impostano anche in corrispondenza di brusche variazioni morfologiche o in zone di debolezza tettonica.

Come già richiamato nella descrizione delle frane attive nei capitoli precedenti, è questo il caso del fronte di sovrascorrimento tettonico presso Ca Ostino a Nord di Cernusca tra il Complesso di Pietra Parcellara e il Flysch della Val Luretta, nei pressi del quale è presente una sorgente perenne lungo la sede della S.S.45.

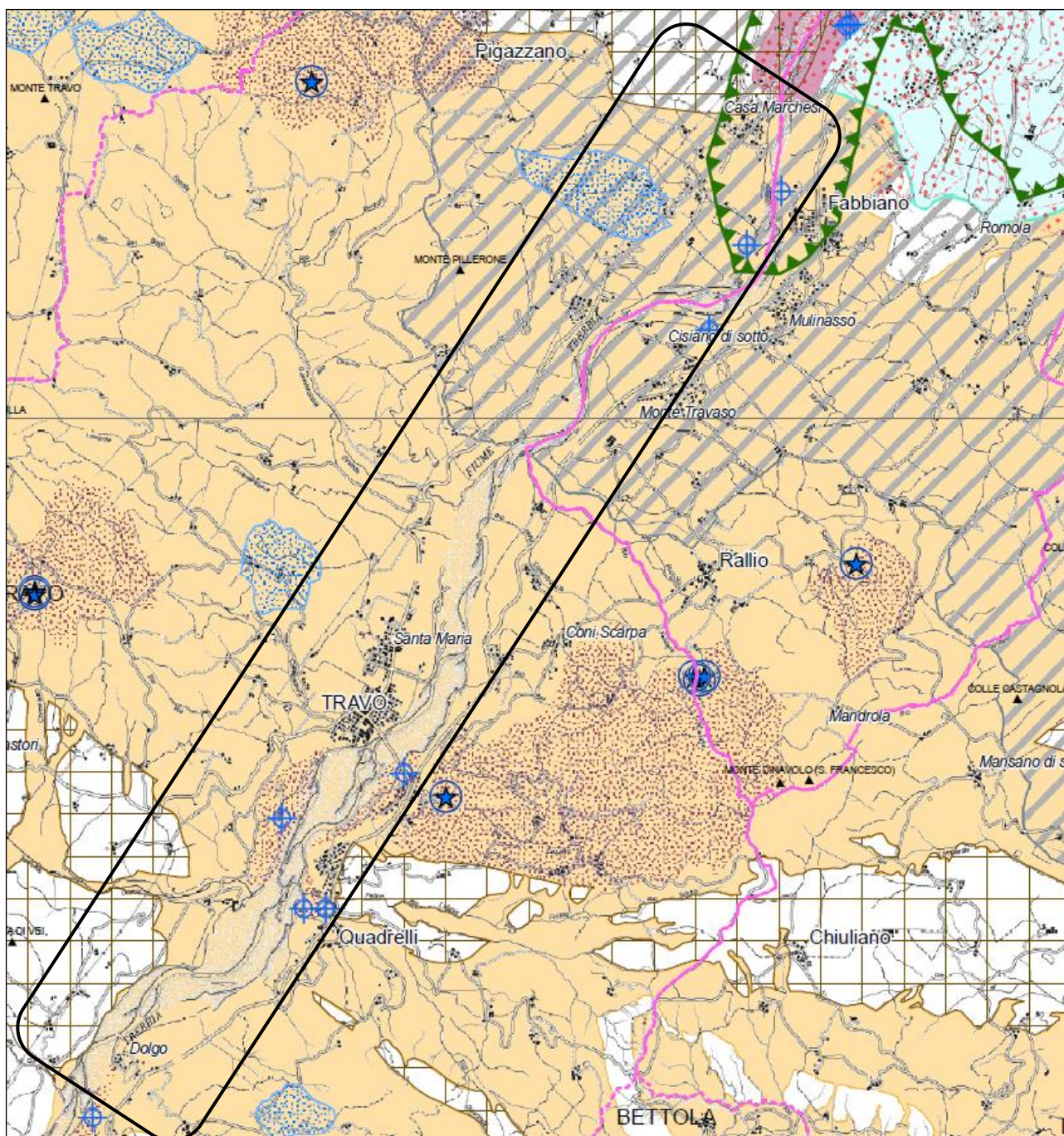


Figura 34 – Sorgente captata, presso la S.S. 45 a Nord di Ca Ostino - Cernusca

Nelle basi-dati del PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Piacenza, è stata valorizzata la documentazione presente nel documento “All. B1.12 (R) - La cartografia delle aree di ricarica degli acquiferi nel territorio collinare montano”, contenente la georeferenziazione delle captazioni sorgive per uso idropotabile presenti sul territorio.

Le tavole di piano Tav. A5.1(Nord) e Tav. A5.2 (Sud) - Tutela delle risorse idriche in scala 1:50.000 riportano altresì la localizzazione dei punti di prelievo delle acque ad uso potabile acquedottistico, e le Zone di protezione delle acque sotterranee (Aree di ricarica), riprese nella Carta Idrogeologica.

Si riscontra la presenza diffusa di punti di approvvigionamento di acque destinate al consumo umano nella parte inferiore del versante destro idrografico del F.Trebbia, frequentemente a valle della sede di progetto della S.S.45.



Punti di prelievo delle acque ad uso potabile acquedottistico

- Pozzo⁽¹⁾
- Sorgente⁽¹⁾
- Derivazione da corpo idrico superficiale⁽¹⁾

Zone di protezione delle acque superficiali oggetto di derivazioni ad uso potabile

- Area a ridosso della presa
- Bacino di alimentazione della presa

Zone di protezione delle acque sotterranee

Aree di ricarica

- Territorio di pedecollina-pianura
- Settore di ricarica di tipo D - Alimentazione laterale subalvea
 - Settore di ricarica di tipo A - Ricarica diretta
 - Settore di ricarica di tipo B - Ricarica indiretta
 - Settore di ricarica di tipo C - Alimentazione dei settori di tipo A e B

Territorio collinare e montano

- Roccia-magazzino
- Area di possibile alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano

Emergenze naturali della falda

- Risorgiva
- Sorgente⁽²⁾
- Sorgenti o pozzi di acque termali o minerali⁽³⁾

Zone di riserva (previsioni di prelievo delle acque ad uso potabile acquedottistico)

- Pozzo⁽¹⁾
- Sorgente⁽¹⁾

Aree critiche

- Zone di vulnerabilità da nitrati (ZVN)
- Zone di vulnerabilità intrinseca alta, elevata ed estremamente elevata dell'acquifero superficiale⁽⁴⁾
- Zone da sottoporre ad approfondimento per eventuale presenza di nuove "rocce-magazzino"
- Zone da sottoporre ad approfondimento per eventuale conferma delle aree di possibile alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano

Figura 35 – Stralcio della carta idrogeologica del P.T.C.P. della Provincia di Piacenza

Per quanto concerne le escursioni del livello di falda freatica, le letture nei piezometri distribuiti lungo il tracciato eseguite in condizioni idrologiche differenti (primaverile, autunnale) mostrano i seguenti valori di soggiacenza (espressi in metri riferiti alla testa del tubo), con massimo nel periodo autunnale.

SIGLA SONDAGGIO	feb-19	nov-19	differenza
S03-PZ	7,78	4,10	3,68
S08-PZ	5,12	4,21	0,91
S13-PZ	4,37	1,65	2,72
S15bis	4,10	-	-
S16PZ	non eseguibile	non eseguibile	-
S20-PZ	assente	non trovato - distrutto	-
S22-PZ	4,27	1,70	2,57
S25-PZ	2,70	1,20	1,50
S27-PZ	8,40	8,62	-0,22
S33-PZ	3,40	3,30	0,10

6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SOTTOSUOLO

6.1 INQUADRAMENTO SISMICO E SISMOTETTONICO

Ai sensi della D.G.R. 1164 del 23/07/2018 della Regione Emilia Romagna, a seguito dell'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna, disposta con propria deliberazione n. 1435 del 2003, è confermata la classificazione in zona sismica 3 dei comuni di Rivergaro e Travo.

In termini di pericolosità sismica di base, riferendosi alle Mappe interattive di PS dell'INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è possibile dedurre per la zona di Rivergaro e Travo valori di accelerazione sismica su suolo rigido con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra 0.100-0.125 g

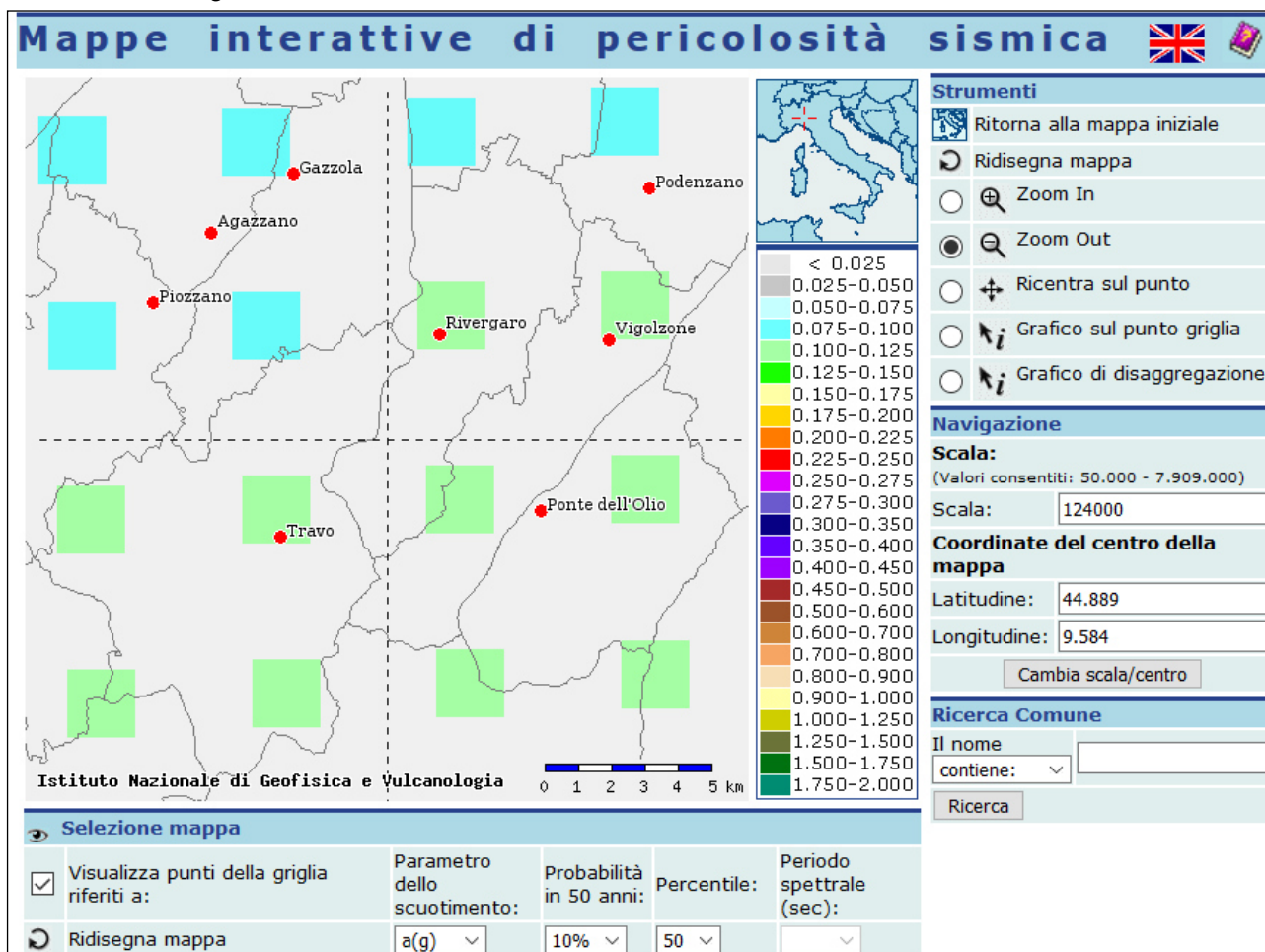


Figura 36 – Estratto della Mappa interattiva di pericolosità sismica (fonte: INGV)

In termini di sismicità storica, il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani restituisce per i comuni in esame gli elementi riportati nel seguito. (Fonte: Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>); per ciascun comune vengono riportate nelle tabelle degli eventi selezionati l'intensità macrosismica osservata (Io) e la "magnitudo momento (Mw)" del sisma.

Rivergaro

PlaceID	IT_35484
Coordinate (lat, lon)	44.907, 9.598
Comune (ISTAT 2015)	Rivergaro
Provincia	Piacenza
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	18

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
NF	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25
NF	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79
5	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
2	1912	10	01	18	10		Piacenza	23	4	3.70
4	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
NF	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
3-4	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Travo

PlaceID IT_35606
 Coordinate (lat, lon) 44.861, 9.544
 Comune (ISTAT 2015) Travo
 Provincia Piacenza
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 5

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
1-2	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
3	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

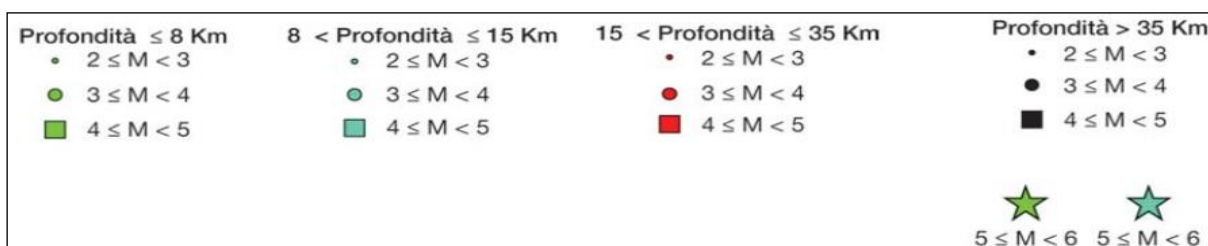
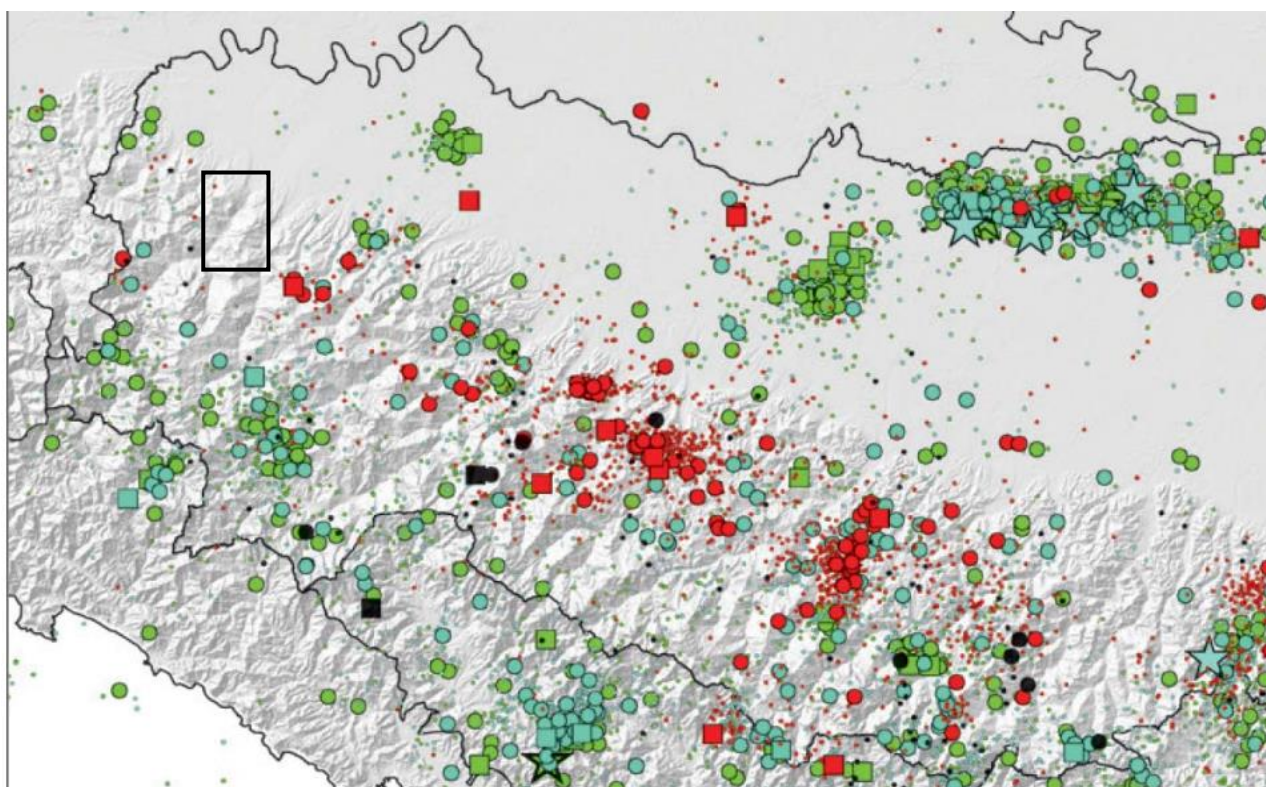


Figura 37 – Mappa dei terremoti strumentali con MW > 2 (fonte: Carta Sismotettonica Regione E.R., 2017)

Ai fini dell'inquadramento sismotettonico è possibile riferirsi alla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, presentata nel 2017 a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale.

In tale elaborato le strutture attive e potenzialmente attive vengono distinte in:

- affioranti, in quanto hanno deformato la superficie topografica (o, in pianura, hanno deformato la parte di sottosuolo fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna);
- sepolte, con evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo (≥ 100 m da p.c.).

L'analisi dei meccanismi focali disponibili, riportati nella mappa sismotettonica, individuano un meccanismo di tipo trascorrente con direzione di compressione NE-SW relativamente ad evento sismico del 24/2/1980 (MW=4.39), localizzato in val Trebbia, nelle prime colline a SW di Rivergaro, ad una profondità di circa 6 km; più a sud, tra Bobbio e Bettola, viene segnalato un evento, localizzato a circa 20 km di profondità, che ha fornito un meccanismo focale transtensivo, con direzione di estensione N-S.

Parallelamente al tracciato in esame è individuata una linea di faglia presunta, in continuità con quella definita più a Nord la faglia di Rivergaro, denominata "Trebbia Line" negli studi dell'INGV.

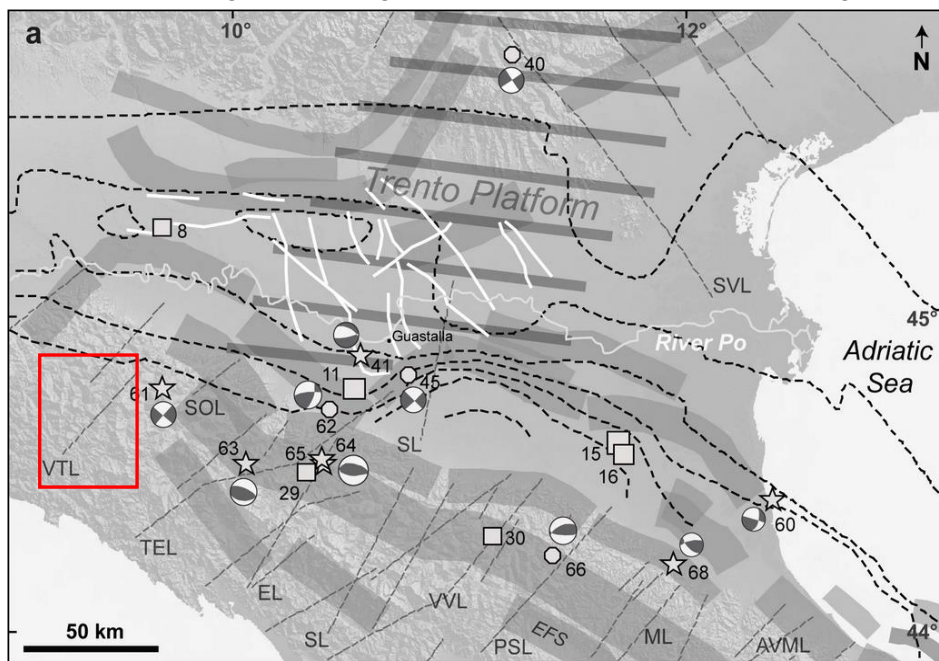


Figura 38 – Zone sismogenetiche, terremoti con $M > 4.5$ e profondità > 15 km; fasce grigie: sorgenti sismogenetiche composite; linee grigie tratteggiate: strutture trasversali; VTL, Val Trebbia Line. (Fonte: Pure and Applied Geophysics, May 2015, Volume 172, Issue 5, pp 1105–1142: The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain)

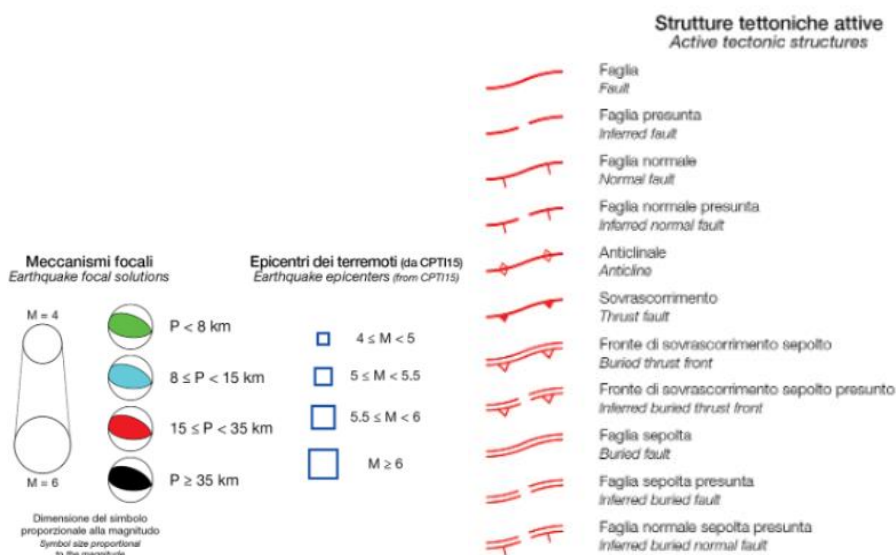
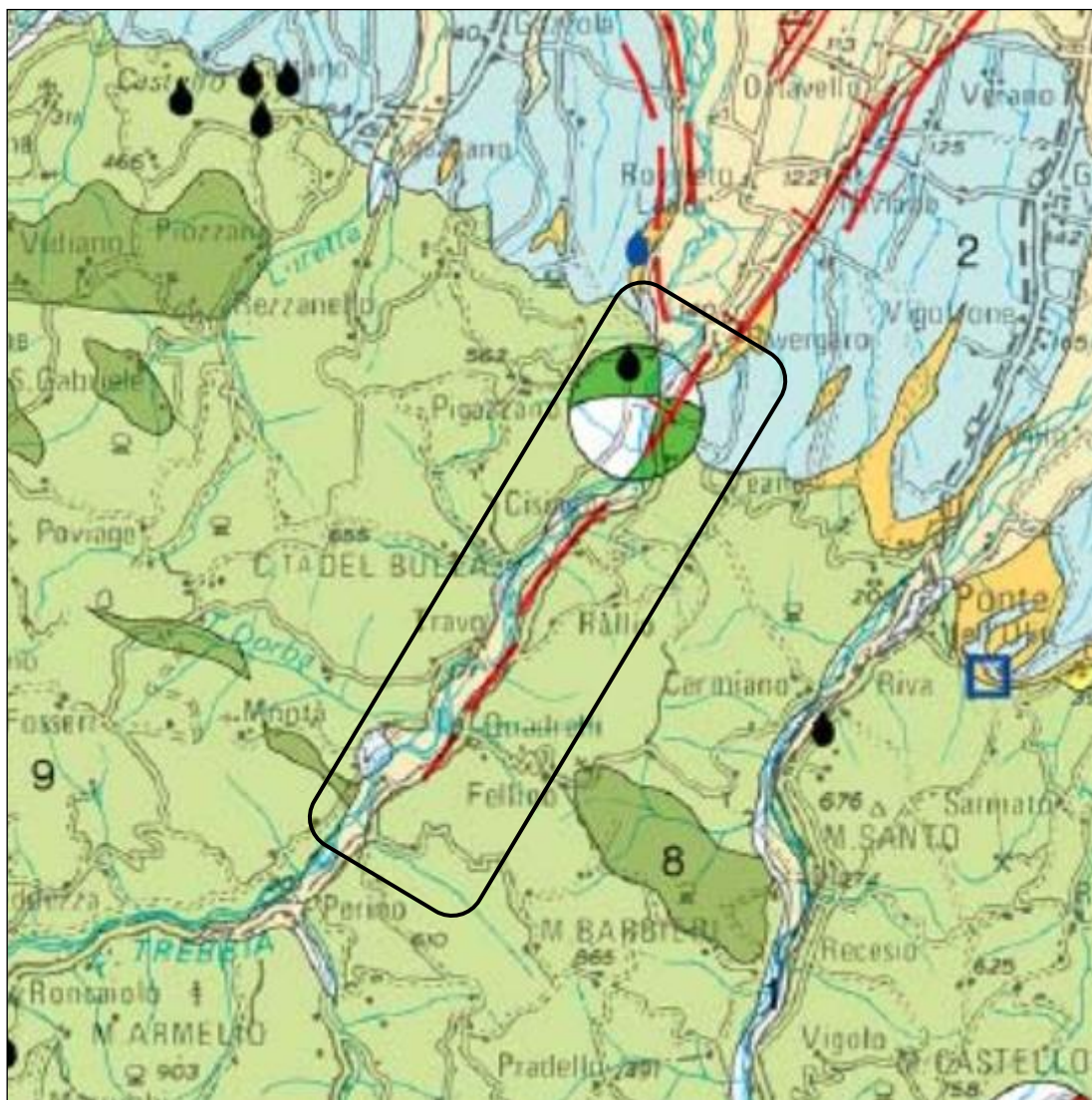


Figura 39 – Estratto della Mappa Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed elementi di legenda; nel riquadro la zona di studio

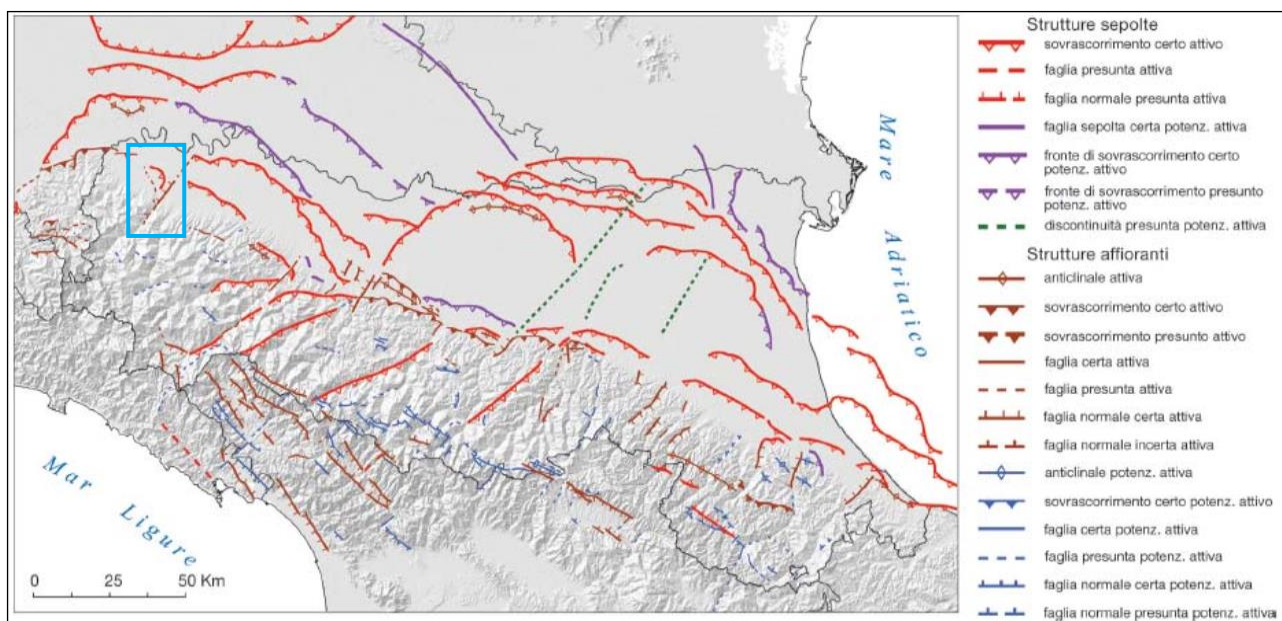
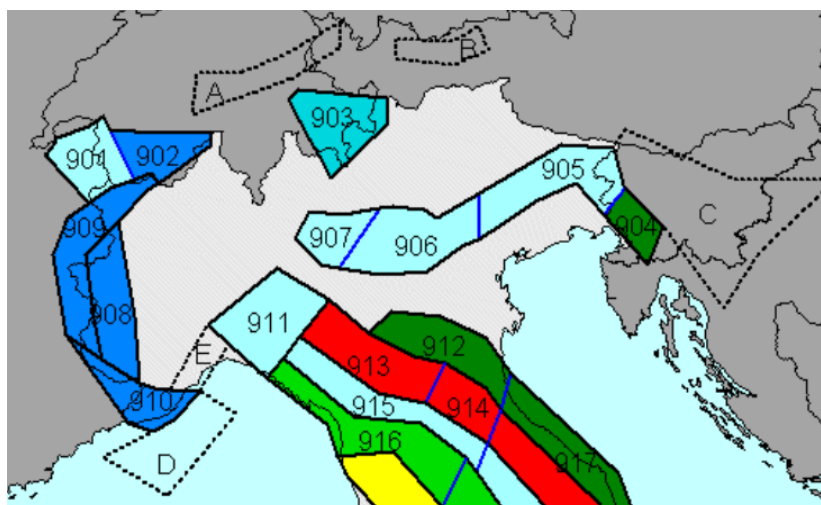


Figura 40 – Principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R., 2017); nel riquadro azzurro la zona di indagine

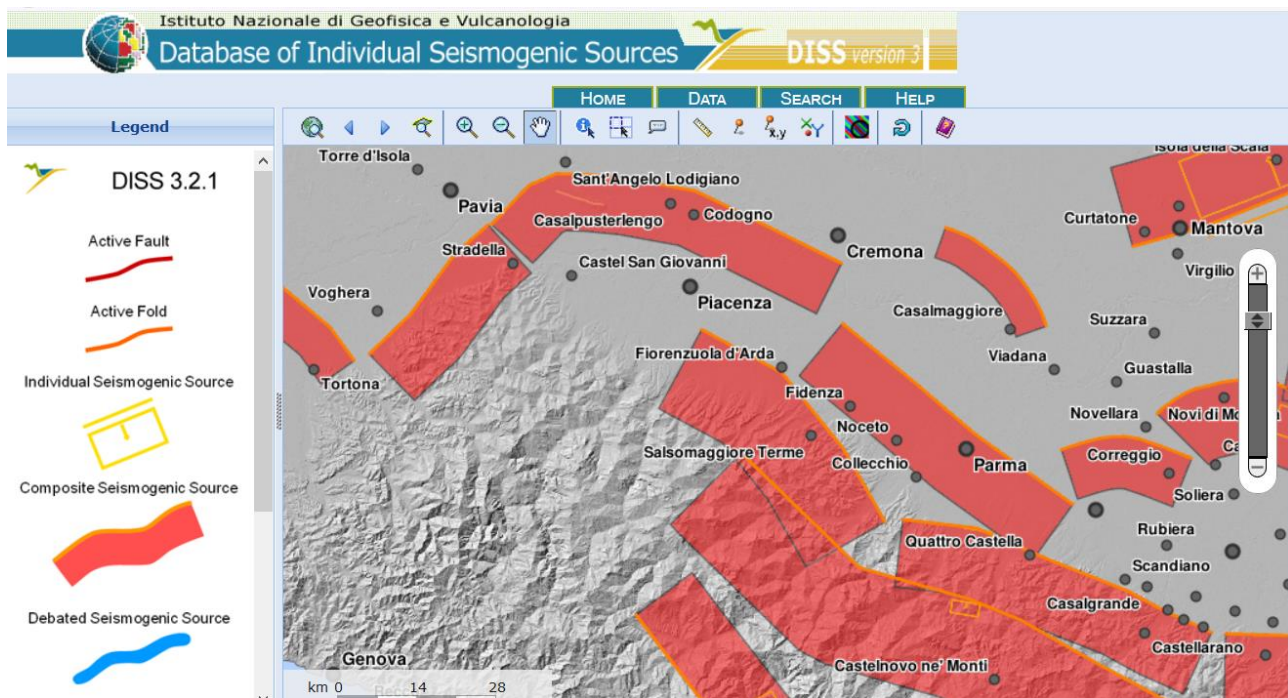
Da un punto di vista della zonazione sismogenetica, si ricade nella "ZS9" (Fonte: App.2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise, marzo 2004, con contributi di R. Azzaro, S. Barba, R. Basili, F. Galadini, P. Gasperini, M. Stucchi e G. Vannucci).



Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8

La zona sismogenetica 911 ("Tortona-Bobbio"), include l' "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative, che rappresentano il limite settentrionale dell'arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente; a tale zona sismogenetica viene associata una magnitudo massima $M_w \max 1 = 5,68$.

La Zonazione Sismogenetica suddetta è stata recentemente implementata dal database sulle sorgenti sismiche individuali (o DISS) 3.2.1 (del 2016), si estende quindi la trattazione delle sorgenti sismogenetiche della zona di studio, in base agli elementi reperibili al seguente link: <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>, riportando per le stesse la Magnitudo massima M_w .



In questo database sono censite alcune strutture sismogenetiche composite, riconducibili, in un intorno significativo di circa 30 km di raggio:

- a Nord della zona di studio, all'arco sepolto Pavia-Piacenza-Cremona (IT CS 044) – M_w 5.5
- ad Est della zona di studio, nella zona di raccordo tra Appennino e alta pianura, alla sorgente San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro (IT CS 045) – M_w 5.5
- adiacente a questa, in posizione valliva più interna, alla "Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga" (IT CS 027) – M_w 6.2
- a Sud di quest'ultima, alla Lunigiana (IT CS 026) – M_w 6.2

I Piani Strutturali Comunali di Rivergaro e Travo sono corredati degli studi di Micro-zonazione sismica (MZS) di Livello 1 e 2, dall'analisi dei quali è possibile acquisire elementi concernenti il tracciato dell'infrastruttura in progetto. In particolare gli studi di MZS, evidenziano che le zone suscettibili di instabilità riscontrate lungo il tracciato (frane attive e quiescenti) sono zone in cui gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre ai fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Si riportano nel seguito la legenda e alcuni stralci delle carte di MZS nel comune di Travo relativi alla porzione di tracciato in progetto ricadente in tale territorio comunale.





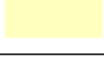






	Substrato roccioso rigido	
	Zone di ciglio di scarpata	Amplificazione topografica
	Zone di crinale	Amplificazione topografica
	Zone di contatto tettonico o presunto tale	Amplificazione litologica Effetti differenziali
	Zone con presenza di depositi alluvionali più o meno coesivi	Amplificazione litologica
	Aree con inclinazione critica (pendenza >15° e dislivello > 30 m)	Amplificazione topografica
	Zone con terreni particolarmente ricchi di H ₂ O	Amplificazione litologica Liquefazione Effetti differenziali
	Zona con presenza di depositi granulari con coesione limitata (depositi di versante, depositi eluvio-colluviali, detriti di falda, conoidi)	Amplificazione litologica
	Frane attive	Amplificazione litologica Instabilità di versante
	Frane quiescenti	Amplificazione litologica Instabilità di versante
	Zone di contatto tettonico o presunto tale (fascia di deformazione del Fiume Trebbia)	Amplificazione litologica Cedimenti Effetti differenziali

Figura 41 – Legenda della carta di MZS del comune di Travo

Rispetto alla segnalazione di zone con terreni particolarmente ricchi di acqua (ritenuti suscettibili di amplificazione litologica, liquefazione ed effetti differenziali), i risultati del piano di indagine eseguito nell'ambito del progetto non confermano queste evidenze; il piezometro S22-PZ individua infatti una superficie piezometrica a 4.27 metri da p.c., simile a diverse altre situazioni lungo il tracciato oggetto di indagini piezometriche.

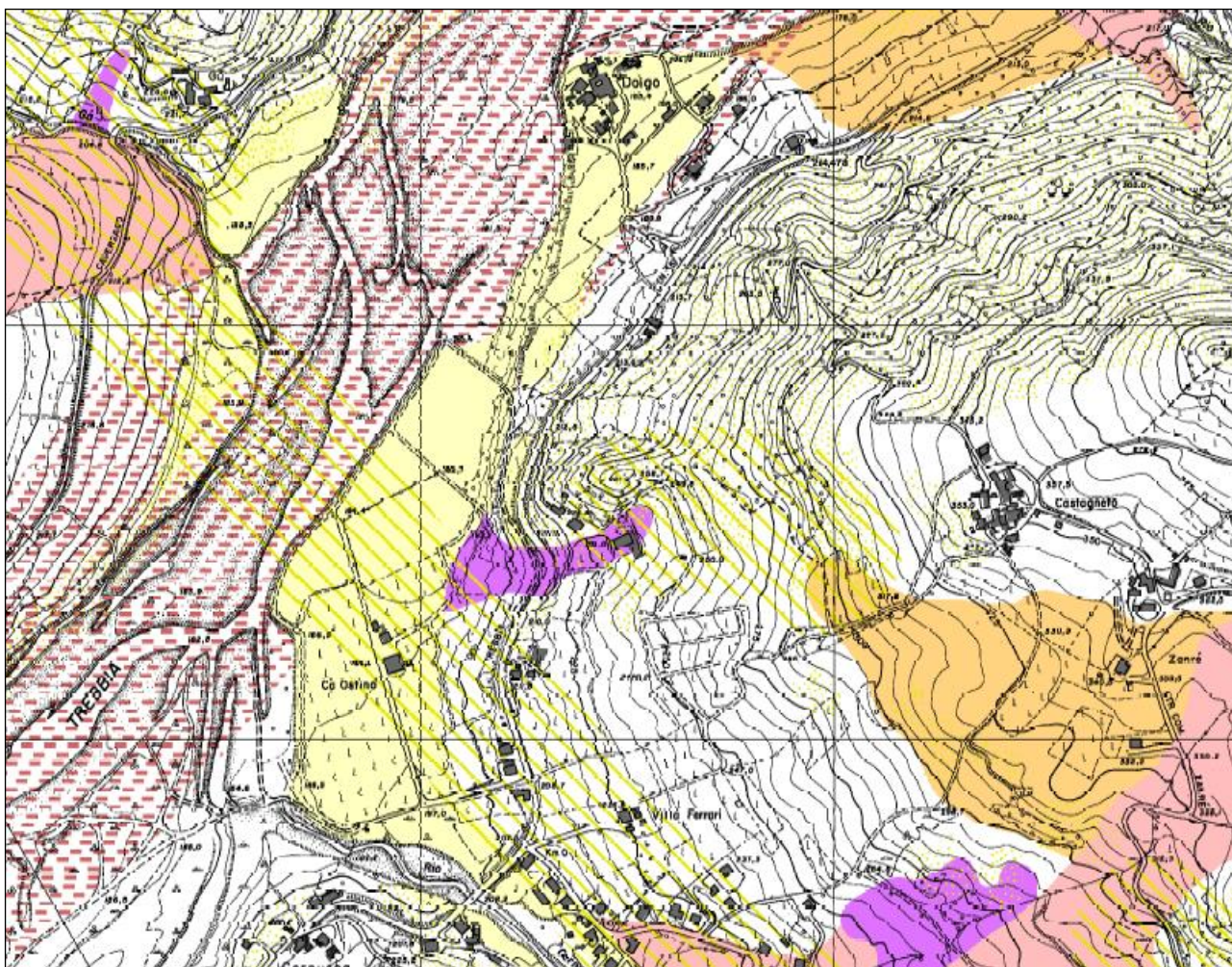
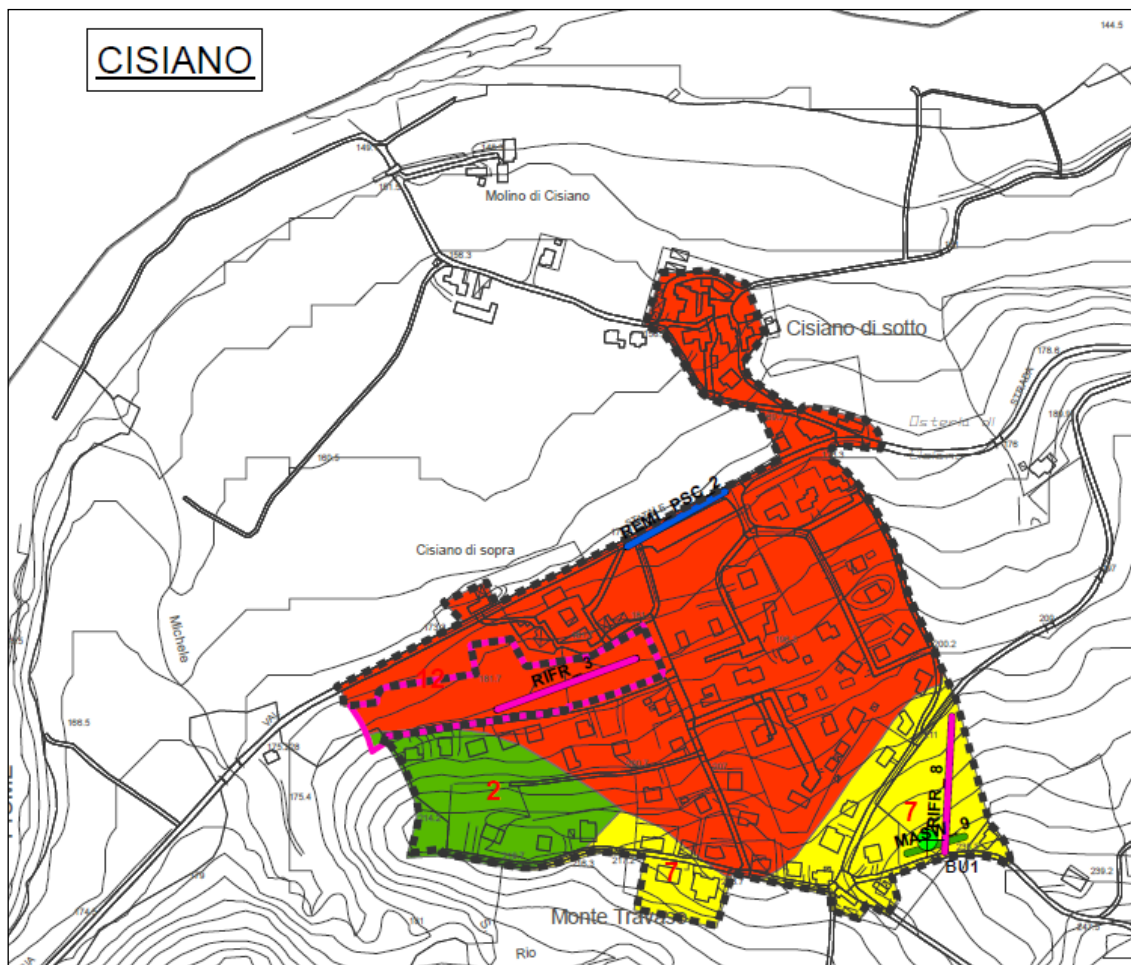


Figura 46 – Stralcio della carta di M.Z.S. del comune di Travo: tratto di progetto Cernusca-Dolgo

Nel caso del comune di Rivergaro, gli allegati cartografici agli studi di MZS si riferiscono a tratti specifici del territorio urbanizzato comunale, in particolare alla zona di Cisiano.



Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica

	F _{Appg}	FA(0,1-0,5s)	FA(0,5-1,0s)	Ambiente
1	1.1	1.2	1.5	Pianura 2
2	1.2	1.2	1.2	Appennino Vs>800 m/s - Pendenza 15-30°
3	1.2-1.4	1.3-1.5	1.4-1.6	Pianura 1
4	1.3-1.4	1.3-1.4	1.7	Pianura 2
5	1.4	1.5-1.7	1.8-2.0	Pianura 2
7	1.5	1.4	1	Appennino Vs>800 m/s Coltre
8	1.5-1.6	1.6-1.7	1.7-1.9	Pianura 1
9	1.6-1.7	1.5-1.8	1.4-1.5	Appennino Vs<800 m/s Coltre
11	1.8-1.9	1.9-2.0	2.0-2.3	Pianura 1 - Pendenza 15-30°
12	1.9	2.2	1.5	Appennino Vs>800 m/s Coltre
13	2.1	2.3-2.5	1.9-2.2	Appennino Vs<800 m/s Coltre

Figura 47 – Stralcio della carta di MZS del comune di Rivergaro: tratto di progetto presso Cisiano

6.2 INDAGINI SISMICHE LUNGO IL TRACCIATO

Il piano delle indagini indirette – di tipo geofisico – eseguite in supporto alla progettazione dell’opera include, nelle due fasi comprese tra il 2017 e il 2018-2019:

- n. 11 prove geofisiche MASW (campagna 2017)
- n. 5 prove sismiche in foro Down Hole (campagna 2018-2019)
- n. 31 profili sismici a rifrazione (campagna 2018-2019)

Sulla scorta di tali indagini, è stata eseguita un’elaborazione dei dati, riferendo ciascun orizzonte sismico individuato dalle diverse tipologie di prova con il relativo dato di velocità delle onde (P, S per i profili sismici a rifrazione e per le prove “Down-Hole”, S per le MASW) alle unità litologiche individuate nel modello di riferimento geologico.

Si rimanda alla relazione specialistica sismica per gli approfondimenti di cui sopra.

Si riportano quindi nel seguito i risultati dell'analisi suddetta.

Unità	Valore V_s (m/s)					Media-dev.st
	Numero	Media	Dev.st.	Min	Max	
a1b	3	401	100	300	500	301
a1d	4	400	115	300	500	285
a1g	10	332	101	215	450	231
a2b	2	447	30	425	468	416
a2d	8	422	117	275	600	305
a2g	30	365	92	225	500	273
a3	3	332	141	201	481	192
AES8	5	593	173	302	700	419
APA	2	370	41	341	399	329
VLU1a-cop	3	665	83	570	725	582
VLU2	2	875	0	875	875	875
VLU2-cop	4	703	5	700	710	698
VLU3	30	886	222	419	1843	664
VLU3-cop	32	578	159	250	775	419

Tabella 2 – Sintesi dei dati acquisiti con le indagini sismiche, espressi in termini di velocità delle onde S

Il substrato del Flysch di Val Luretta risulta pertanto di norma da rigido a non-rigido.

Unità	Significato geologico	Mod. comportamento (riferito a med)	Mod. comportamento (riferito a med-ds)
a1b	Frana attiva, scivolamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a1d	Frana attiva, colamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a1g	Frana attiva, complessa	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a2b	Frana quiescente, scivolamento	moderatamente rigido o alterato	moderatamente rigido o alterato
a2d	Frana quiescente, colamento	moderatamente rigido o alterato	sciolto e soffice
a2g	Frana quiescente, complessa	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a3	Deposito di versante s.l.	sciolto e soffice	sciolto e soffice
AES8	Sub-sintema di Ravenna	moderatamente rigido o alterato	moderatamente rigido o alterato
APA	Argille a Palombini	sciolto e soffice	sciolto e soffice
VLU1a-cop	Copertura Val Luretta - membro di Poviago	moderatamente rigido o alterato	moderatamente rigido o alterato
VLU2	Copertura Val Luretta - membro di Monteventano	rigido	rigido
VLU2-cop	Val Luretta - membro di Monteventano	rigido	moderatamente rigido o alterato
VLU3	Val Luretta - membro di Genepreto	rigido	moderatamente rigido o alterato
VLU3-cop	Copertura Val Luretta - membro di Genepreto	moderatamente rigido o alterato	moderatamente rigido o alterato

Tabella 3 – Modello di comportamento dei terreni, riferito ai valori medi e alla differenza (media-dev.standard)

Dall'osservazione delle tabelle sopra riportate è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- per quanto riguarda i terreni Quaternari (azzurri), adottando i criteri suddetti si ottiene una buona concordanza nella stima del modello di comportamento;
- le frane attive, in quanto tali, e cioè trattandosi di depositi con basso grado di addensamento, presentano velocità delle onde sismiche mediamente inferiori a 400 m/s, proprie di un comportamento sciolto e soffice;
- le frane quiescenti, riferibili a depositi con una maggiore consistenza acquisita nell'arco di tempo successivo alla messa in posto, presentano in media velocità delle onde sismiche leggermente superiori a 400 m/s, proprie di un comportamento da sciolto e soffice (nei valori minimi) a moderatamente rigido; nell'ambito dei depositi quaternari, le frane quiescenti sono quelle più numericamente rappresentate in termini di determinazioni sperimentali;
- i depositi riferibili al sub-sintema di Ravenna, più antichi dei precedenti e con una componente prevalente grossolana, presentano un comportamento moderatamente rigido (V_s prossima a 600 m/s);
- nell'ambito dei terreni riferibili al substrato terziario e alle relative coltri di copertura, i minori

valori di velocità delle onde sismiche < 400 m/s connotano la formazione delle c.d. "Argille a Palombini", con comportamento soffice;

- le coltri di copertura ed alterazione del substrato terziario in facies di Flysch presentano un comportamento da moderatamente rigido ad alterato, con velocità delle onde sismiche di norma comprese tra 500 e 700 m/s; tra queste, solo le coperture del Membro di Monteventano si connotano per intervalli di velocità propri di terreni rigidi;
- il substrato terziario Flyschoidale, al quale è riferita la maggiore quantità di sismostrati oggetto di interpretazione, mostra comportamento da propriamente rigido (velocità superiori a 800 m/s) a moderatamente rigido o alterato (se si considera la dispersione delle misure, espressa mediante la deviazione standard).

Alle medesime conclusioni si perviene tramite l'analisi delle distribuzioni statistiche di velocità delle onde P, come evidenziato nelle tabelle seguenti.

Unità	Valore V_p (m/s)					Media-dev.st
	Numero	Media	Dev.st.	Min	Max	
a1b	2	1200	424	900	1500	776
a1d	4	1244	360	875	1600	884
a1g	10	1048	353	625	1500	695
a2b	2	1177	109	1100	1254	1068
a2d	8	1250	372	700	1750	878
a2g	25	1108	374	600	1700	733
a3	3	1257	435	914	1747	822
AES8	4	2119	335	1625	2350	1784
VLU1a-cop	3	1900	260	1600	2050	1640
VLU2	2	2775	106	2700	2850	2669
VLU2-cop	4	2088	131	1950	2200	1956
VLU3	29	2574	335	1935	3356	2239
VLU3-cop	32	1702	567	700	2400	1135

Tabella 4 – Sintesi dei dati acquisiti con le indagini sismiche, espressi in termini di velocità delle onde P

Unità	Significato geologico	Mod. comportamento (riferito a med)	Mod. comportamento (riferito a med-ds)
a1b	Frana attiva, scivolamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a1d	Frana attiva, colamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a1g	Frana attiva, complessa	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a2b	Frana quiescente, scivolamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a2d	Frana quiescente, colamento	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a2g	Frana quiescente, complessa	sciolto e soffice	sciolto e soffice
a3	Deposito di versante s.l.	sciolto e soffice	sciolto e soffice
AES8	Sub-sintema di Ravenna	rigido	moderatamente rigido o alterato
VLU1a-cop	Copertura Val Luretta facies arenaceo-pelitica	moderatamente rigido o alterato	moderatamente rigido o alterato
VLU2	Val Luretta - membro di Monteventano	rigido	rigido
VLU2-cop	Copertura Val Luretta - membro di Monteventano	rigido	moderatamente rigido o alterato
VLU3	Val Luretta - membro di Genepreto	rigido	rigido
VLU3-cop	Copertura Val Luretta - membro di Genepreto	moderatamente rigido o alterato	sciolto e soffice

Tabella 5 – Modello di comportamento dei terreni, riferito ai valori medi e alla differenza (media-dev.standard)

È stata quindi stimata la velocità V_{sH} equivalente, in accordo alla formula

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{s_i}}$$

in cui:

- V_{sH} = velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato del deposito di copertura
- N = numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura,
- H = spessore totale (in m) dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato rigido
- h_i = spessore (in m) dello strato i-esimo (fino al substrato rigido),
- V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al substrato rigido);

Ricavando contestualmente la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018.

Si riporta inoltre la stima delle V_{s30} ottenuta tramite la campagna di indagini MASW del 2017.

Codice	Vseq	Cat.
	m/s	
MASW01-P1	327	C
MASW01-S1	419	B
MASW04	319	C
MASW05	345	C
MASW07	374	B
MASW08	402	B
MASW08bis	399	B
MASW09	302	C
MASW10	341	C
MASW11	422	B

È stata inoltre considerata la distribuzione delle situazioni con substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) oltre la profondità di 30 metri dal piano-campagna: questa occorrenza si verifica nella zona di indagine presso Osteria Bellaria (LS02), Savignano (LS05 LS06).

Tale riscontro è coerente con le proposte di revisione (in ampliamento) delle zone soggette a frana quiescente, già descritte nei capitoli precedenti con riferimento all'analisi degli strumenti urbanistici comunali in materia geologica.

codice	unità	sismostrato	VsA1med	prof	unità	sismostrato	VsA2med	prof	unità	sismostrato	VsA3med	prof	unità	sismostrato	VsA4med	prof	Vseq	Cat.
			m/s	m			m/s	m			m/s	m			m/s	m	m/s	
LS1a	1	a1g	250	4	2	a1g	450	12	3	VLU1a-cop	725	25					483	B
LS1b	1	a1g	250	5	2	a1g	375	14	3	VLU1a-cop	570	37					416	B
LS02	1	a1g	215	1	2	a1g	400	5	3	VLU1a-cop	700	24					574	B
LS03	1	a2g	225	3	2	a2g	400	8	3	VLU3-cop	700	25					499	B
LS04	1	a2g	235	1	2	a2g	425	10	3	VLU3-cop	775	20					522	B
LS05	1	a2g	250	3	2	a2g	425	7	3	VLU3-cop	715	35					560	B
LS06	1	a2g	250	3	2	a2g	400	10	3	VLU3-cop	590	33					473	B
LS07	1	a1g	240	5	2	a1g	450	11	3	VLU3-cop	700	14	4	VLU3	925	17	408	B
LS08	1	a1g	240	2	2	a1g	450	5	3	VLU3-cop	700	13	4	VLU3	860	23	604	B
LS09	1	a2g	450	3	2	VLU3-cop	700	4	3	VLU3	1075	6					628	B
LS10	1	a2g	350	1	2	VLU3-cop	500	3	3	VLU3-cop	700	12	4	VLU3	875	17	669	B
LS11	1	a2g	325	7	2	VLU3-cop	500	15	3	VLU3-cop	700	24	4	VLU3	840	27	500	B
LS12	1	a2g	325	6	2	a2g	500	15	3	VLU3-cop	700	23	4	VLU3	860	28	521	B
LS13	1	VLU3-cop	350	1	2	VLU3-cop	500	5	3	VLU3-cop	700	14	4	VLU3	840	19	640	B
LS14	1	VLU3-cop	350	1	2	VLU3-cop	500	3	3	VLU3-cop	700	9	4	VLU3	875	15	673	B
LS15	1	a2d	325	2	2	a2d	500	8	3	AES8	700	15	4	VLU3	870	19	580	B
LS16	1	a2d	350	3	2	a2d	500	5	3	AES8	700	10	4	VLU3	925	12	549	B
LS17	1	a2d	325	2	2	a2d	500	10	3	AES8	700	16	4	VLU3	875	18	545	B
LS18	1	a2g	250	5	2	a2g	475	12	3	VLU3-cop	700	20	4	VLU3	875	25	482	B
LS19	1	a2g	250	2	2	a2g	475	13	3	VLU3-cop	700	24	4	VLU3	850	29	550	B
LS20	1	a2d	275	7	2	a2d	600	17	3	VLU3	875	22					460	B
LS21	1	a2g	275	4	2	a2g	475	10	3	VLU3	700	14	4	VLU3	875	19	492	B
LS22a	1	a2g	300	3	2	a2g	500	10	3	VLU3	725	21					536	B
LS22b	1	a2g	300	3	2	a2g	500	14	3	VLU3-cop	700	21	4	VLU3	850	30	570	B
LS23	1	VLU3-cop	250	2	2	VLU3-cop	475	7	3	VLU3-cop	700	10	4	VLU3	850	12	477	B
LS24	1	VLU3-cop	300	2	2	VLU3-cop	500	8	3	VLU3	725	16					539	B
LS25	1	a2b	425	5	2	VLU3-cop	700	9	3	VLU3	850	11					555	B
LS27	1	a2g	300	5	2	a2g	500	16	3	VLU2-cop	700	30					776	B
LS28	1	a1d	300	2	2	a1d	500	17	3	VLU2-cop	710	30					546	B
LS29	1	a1d	300	3	2	a1d	500	13	3	VLU2-cop	700	23	4	VLU2	875	29	567	B
LS30	1	a1b	300	2	2	a1b	500	7	3	VLU2-cop	700	15	4	VLU2	875	22	609	B
S12-DH	1	VLU3-cop	356	6	2	VLU3	716	19	3	VLU3	919	25	4	VLU3	806	35	624	B
S14-DH	1	a3	315	9	2	AES8	561	25	3	VLU3	849	35					471	B
S15-DH	1	a3	201	6	2	a3	481	11	3	VLU3-cop	653	21	4	VLU3	803	35	452	B
S23-DH	1	a2b	468	8	2	VLU3	1195	19	3	VLU3	1843	35					922	A
S24-DH	1	VLU3-cop	272	5	2	VLU3-cop	414	8	3	VLU3-cop	705	19	4	VLU3	1020	35	489	B

7 SINTESI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

A corredo delle indagini eseguite nel 2017 per la prima redazione del progetto definitivo dell'opera, fra Novembre 2018 e Gennaio 2019 è stata effettuata una seconda campagna di indagini geognostiche, finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geotecniche e alla definizione stratigrafica in chiave geolitologica. I risultati sono riportati in appositi rapporti di prova.

A seguito della realizzazione della campagna di indagini 2018-2019 è possibile disporre di:

- n. 31 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica di cui n.8 condizionati con tubo inclinometrico, n. 10 condizionati come piezometri a tubo aperto e n. 5 condizionati per prove down hole;
- n. 67 prove penetrometriche SPT;
- n. 63 prelievi di campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n.17 prelievi di campioni litoidi sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 100 prelievi di campioni rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n. 3 prove pressiometriche;
- n. 5 prove sismiche in foro Down Hole
- n. 31 profili sismici a rifrazione

Tale campagna è preceduta dal Piano di Indagini 2017, comprendente:

- n. 10 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo
- n. 12 prove penetrometriche SPT
- n. 12 prelievi di campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH
- n. 11 prove geofisiche MASW

Ulteriori indagini geotecniche e geofisiche sono state realizzate nella zona di Cernusca nel 2020

- n. 1 sondaggi geognostico verticale a carotaggio continuo
- n. 4 prove penetrometriche SPT
- n. 4 prove geofisiche HSVR
- n. 1 profilo sismico a rifrazione
- n. 1 prove sismiche in foro Down-Hole

La cartografia geologica, con sovrapposizione delle indagini di cui sopra, è riportata nella Carta Geologica alla scala 1:5000.

Sulla base delle risultanze dei suddetti approfondimenti è stato ricostruito il profilo litostratigrafico lungo l'asse dell'infrastruttura in progetto, in scala 1:2.000 (orizzontale) – 1:200 (verticale).

Sono altresì state redatte ex-novo ulteriori 10 sezioni geologiche interpretative alla scala 1:500, ad integrazione delle sezioni geologiche già predisposte nell'ambito delle precedenti fasi di progettazione.

Nel seguito si forniscono alcuni chiarimenti in ordine agli inevitabili processi interpretativi che hanno sovrinteso al posizionamento di alcuni limiti geologico-stratigrafici, relativamente a sondaggi particolarmente profondi e situati in posizioni morfologiche ad elevato grado di complessità.

Nel sondaggio S13, si è distinta una coltre in frana (primi 7.6 metri da p.c.), poggiante sul substrato sottostante.

Nel sondaggio S16, il passaggio al substrato è stato identificato alla profondità di 9.60 metri da p.c., tenendo conto anche delle indicazioni di struttura fogliettata riportate dal sondatore.

Nel sondaggio S17, il passaggio al substrato è stato identificato alla profondità di 19.0 metri da p.c., tenendo conto anche delle indicazioni di struttura fogliettata riportate dal sondatore.

Nel sondaggio S18_IN, si è ipotizzata l'attribuzione al substrato tenendo conto dei risultati delle prove penetrometriche in foro STP.

Nel sondaggio S5(2017) è stato attribuito al substrato il Flysch calcareo-marnoso rinvenuto a partire dalla profondità di 17.80 metri da p.c.

Nel sondaggio S24_DH è stata attribuita al substrato l'alternanza di argilla marnosa a struttura fogliettata con livelli di calcare-marnoso rinvenuta a partire dalla profondità di 14.30 metri da p.c.

Nel sondaggio S27_PZ si è ipotizzata la transizione tra terreni di copertura e substrato a partire da 4 metri da p.c.

8 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL TRACCIATO IN PROGETTO

8.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo vengono sintetizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche presentate analiticamente nei capitoli precedenti, focalizzando sinteticamente l'attenzione sull'influenza e condizionamento che tali caratteristiche esercitano sulla progettazione delle diverse opere d'arte previste, in termini di:

- caratteristiche litologiche dei terreni interessati dalla realizzazione delle fondazioni e degli scavi delle opere in progetto;
- idoneità del piano di posa dei rilevati e qualitativamente le eventuali azioni necessarie a renderlo idoneo (anche per la viabilità secondaria in progetto);
- mobilità rilevata dei terreni coinvolti in fenomeni gravitativi in rapporto alle opere d'arte previste;
- caratteristiche idrogeologiche attese in relazione all'esecuzione di scavi di sbancamento e di fondazione delle opere d'arte;
- influenza della realizzazione delle opere in progetto sulle sorgenti ed i pozzi censiti potenzialmente interferenti con il tracciato.

8.2 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE

Si riporta nel seguito un commento alle sezioni geologiche riportate negli elaborati grafici annessi al presente progetto, numerate da 1 a 10, disposte lungo il tracciato di progetto con numerazione progressiva da Sud verso Nord, e materializzate dalle tracce riportate su tutti gli elaborati cartografici a tematismo geologico.

Per agevolare la rappresentazione grafica delle unità litologiche del sottosuolo, nelle sezioni è stato introdotto un opportuno fattore di deformazione della scala verticale rispetto a quella orizzontale.

SEZIONE 1

La sezione, posizionata a Nord di località Cernusca, illustra i complessi rapporti geometrici tra le diverse unità del substrato - di natura tettonica (fronte di sovrascorrimento del Complesso di Pietra Parcellara, sull'unità di Bettole), predisponenti allo sviluppo della dinamica gravitativa di versante, con una frana attiva per scivolamento, oggetto di indagini geognostiche e geofisiche. L'inclinazione apparente della stratificazione dell'unità di Bettole è debolmente a frana-poggio.

SEZIONE 2

La sezione, posizionata tra Ca' Teresa e Quadrelli, esemplifica la successione polifasica di eventi deformativi connessi alla dinamica gravitativa di versante, come è possibile evincere dalla ripresa di formazione di un fenomeno attivo di frana per colamento di fango, sovrainposto ad un deposito di frana quiescente complessa; l'unghia della frana poggia sul Sintema dell'Unità di Modena (depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia, Pleistocene medio-Olocene). Il substrato roccioso prequaternario è costituito dai termini della Formazione di Val Luretta, con inclinazione apparente a debole frana-poggio.

SEZIONE 3

La sezione, posizionata presso Quadrelli, esemplifica i rapporti tra i depositi di frana quiescenti sviluppati lungo l'impluvio del Rio Stazzan e i sottostanti depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia riconducibili al Sintema dell'Unità di Modena (Pleistocene medio-Olocene). Il substrato roccioso prequaternario è costituito dai termini della Formazione di Val Luretta, con inclinazione apparente a debole frana-poggio.

SEZIONE 4

La sezione, presso Coni di Sotto, definisce la geometria e lo sviluppo in profondità dell'accumulo di frana complessa quiescente poggiante sui depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia riconducibili al Sintema dell'Unità di Modena (Pleistocene medio-Olocene). Il substrato roccioso prequaternario è costituito dai termini della Formazione di Val Luretta, con inclinazione apparente a debole frana-poggio.

SEZIONE 5

La sezione, tracciata in corrispondenza dell'accumulo di frana complessa quiescente della Colombarola, evidenzia la potenza di quest'ultimo, poggiante alla base sui termini lapidei della Formazione di Val Luretta, disposto con inclinazione apparente a debole reggi-poggio, e all'unghia sui depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia riconducibili al Sintema dell'Unità di Modena (Pleistocene medio-Olocene).

SEZIONE 6

La sezione, tracciata a nord di borgata Piane, tra il Rio degli Amadei e il Rio delle Piane, illustra i rapporti stratigrafici tra gli accumuli di frana quiescente di tipo complesso e i soggiacenti "depositi di versante in senso lato" (a monte), e, all'unghia, i depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia riconducibili al Sintema dell'Unità di Modena (Pleistocene medio-Olocene). Il substrato roccioso prequaternario è costituito dai termini della Formazione di Val Luretta, disposto con inclinazione apparente debolmente a reggi-poggio.

SEZIONE 7

La sezione, tracciata all'Osteria di Cisano, evidenzia i rapporti stratigrafici tra i depositi quaternari riferibili ai "depositi di versante in senso lato" (in posto, lato monte) ed il corpo di frana quiescente di tipo complesso, evolutosi sino alla piana alluvionale del F.Trebbia scorrendo (lato valle) sui depositi terrazzati della piana di fondovalle del F.Trebbia del Sintema dell'Unità di Modena (Pleistocene medio-Olocene), poggianti sul substrato prequaternario della Formazione di Val Luretta, disposto con inclinazione apparente a reggi-poggio.

SEZIONE 8

La sezione, tracciata sui depositi di frana attiva di Fabbiano, evidenzia lo spessore dei medesimi, poggianti sul lato di valle sui pregressi depositi di frana complessa di tipo quiescente; il substrato della zona è costituito dalla Formazione di Val Luretta, disposto con inclinazione apparente a reggi-poggio.

SEZIONE 9

La sezione, disposta presso La Valle, evidenzia i potenti accumuli di depositi di frane quiescenti ad evoluzione complessa, coalescenti, presenti nei pressi del fondovalle Trebbia, sviluppatasi a carico della coltre superficiale del substrato roccioso, disposto con inclinazione apparente a reggi-poggio della Formazione di Val Luretta.

SEZIONE 10

La sezione, tracciata tra La Valle e Osteria Bellaria, evidenzia i potenti accumuli di depositi di frane quiescenti ad evoluzione complessa, coalescenti, presenti nei pressi del fondovalle Trebbia, sviluppatasi a carico della coltre superficiale del substrato roccioso, disposto con inclinazione apparente a reggi-poggio della Formazione di Val Luretta.

8.3 DESCRIZIONE DEL PROFILO GEOLOGICO

Si riporta nel seguito un commento al profilo geologico lungo l'asse del tracciato riportato negli elaborati grafici annessi al presente progetto, suddiviso in progressione per tratte con numerazione progressiva da Nord verso Sud, recante indicazione di tutti i risultati salienti delle campagne di indagine eseguite nelle due campagne del 2017 e 201 e quota ipotetica di progetto della superficie piezometrica. Le verticali di indagine sono state riportate con riferimento alla quota effettiva di posizionamento, pertanto i punti situati a distanze esterne dal tracciato risultano non allineati alla livelletta di progetto.

Per agevolare la rappresentazione grafica delle unità litologiche del sottosuolo, nel profilo è stato introdotto un opportuno fattore di deformazione della scala verticale (1:200) rispetto a quella orizzontale (1:2.000).

PROFILO 1

Procedendo da sinistra verso destra nel profilo, e quindi da Nord verso Sud, nella prima parte del profilo si nota l'affioramento della Formazione di Costamezzana presso Osteria Bellaria, in discordanza sulla quale si sono evoluti depositi di frana sia quiescenti che attivi, nei pressi di Rivergaro. I depositi quaternari poggiano, inclinati verso la zona assiale della pianura, sulla Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto.

Nella zona di Savignano-La Valle si sviluppano depositi di frana quiescente di spessore importante, pluridecametrico. Il motivo strutturale nella zona di Fabiano è connotato dalla successione di depressioni morfologiche (colmata da depositi di frana quiescente ricoprenti il substrato e le sue coperture), alternate a dorsali morfologiche (in corrispondenza delle quali risulta fortemente assottigliato lo spessore dei depositi di copertura).

PROFILO 2

Nella zona presso Mulinasso si sviluppano potenti depositi di frana quiescente di spessore importante, pluridecametrico; nel tratto centrale del profilo si osserva la presenza di risalti morfologici del substrato roccioso (Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto), ricoperto da coperture di spessore plurimetrico, sino alla zona di Osteria di Cisano laddove i depositi eterogenei di versante ricoprono depositi alluvionali antichi, terrazzati, localmente erosi e sostituiti da accumuli di depositi di frana.

PROFILO 3

Nel tratto tra Cisiano di Sopra e il Rio San Michele persiste la sovrapposizione dei detriti di versante sui depositi alluvionali antichi, terrazzati, localmente erosi e sostituiti da depositi di conoide alluvionale. I depositi eterogenei di versante si rinvencono ancora sino a Nord del Rio degli Amadei. Nel tratto tra quest'ultimo e il Rio delle Piane riprendono gli accumuli di frane quiescenti, e, verso Sud, le coperture plurimetriche del substrato roccioso (Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto).

PROFILO 4

Nella zona a Sud del Rio della Colombarola sono presenti potenti accumuli di depositi di frana quiescente, con spessori pluridecametrici, intervallati a dorsali morfologiche costituite da coperture plurimetriche del substrato (Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto).

Nel tratto successivo, presso Coni di Sotto, il substrato roccioso risulta sottostante ad alcuni metri di terreni di copertura.

PROFILO 5

Il tratto compreso tra Coni di Sotto e Casino di Agnelli si connota per un omogeneo spessore, plurimetrico, di terreni di copertura del substrato (Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto), intervallato da locali depositi di frana quiescente, e da depositi di conoide. Nella zona di Casino di Agnelli è intercalato un deposito di conoide di deiezione, seguito verso Sud da nuovi depositi di frana quiescente.

PROFILO 6

Nel tratto tra Casino di Agnelli e Quadrelli persiste l'alternanza tra tratti di tracciato di progetto impostati su potenti depositi plurimetrici di copertura del substrato roccioso (Formazione di Val Luretta – membro di Genepreto) e corpi di accumulo di frana quiescente. Viene attraversata una superficie di sovrascorrimento tettonico del substrato roccioso, che rappresenta una zona di debolezza sulla quale si è sviluppato un deposito di frana. Nei pressi di Quadrelli si giustappungono - a livello di unità del substrato – il membro di Poviago con quello di Monteventano. Nella zona di Santa Teresa si osservano depositi di frana attiva, che riprendono precedenti accumuli di frana quiescente. Procedendo verso Rio Molini, si riducono gli spessori dei terreni di copertura del substrato roccioso.

PROFILO 7

Nel tratto tra Rio Molini e il Rio della Casazza lo spessore dei terreni di copertura del substrato roccioso (Formazione di Val Luretta – Membro di Monteventano) è di ordine plurimetrico, intervallato dalla presenza di corpi di frana quiescente di limitate dimensioni, in incremento nella depressione del Rio della Casazza. A seguire verso Sud si ritrovano nuovamente depositi eterogenei di versante, poggianti sul substrato in coltre plurimetrica, seguiti verso Dolgo da accumuli più potenti di coperture del substrato, che raggiungono spessore decametrico presso tale località. Nella zona presso Dolgo è segnalato un tratto di affioramento della falda freatica.

PROFILO 8

In prossimità della zona di contatto tettonico per sovrascorrimento del Complesso di Pietra Parcellara sulla Formazione di Val Luretta – Membro di Monteventano si è sviluppato un corpo di frana attiva di estensione contenuta ma spessore pluridecametrico. Verso Sud, lo spessore delle coperture delle Argilliti del Complesso di Pietra Parcellara è plurimetrico, intervallato dall'erosione del solco del Rio di Cernusca, in corrispondenza del quale anche le coperture assumono potenza decametrica ed oltre.

8.4 SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE INFLUENTI SULL'OPERA

- Caratteristiche litologiche dei terreni interessati dalla realizzazione delle fondazioni e degli scavi delle opere in progetto
In relazione alle caratteristiche primarie dei terreni di fondazione e interessati dagli scavi, è possibile differenziare i tratti di progetto impostati nel substrato terziario (assimilabile a rigido) - con importanti zone di alterazione e fratturazione seguiti da terreni di copertura eluvio-colluviale di spessore plurimetrico - dai depositi quaternari alluvionali e di versante, prevalentemente sciolti o pseudo-coerenti, le cui caratteristiche di resistenza e deformabilità sono condizionate dalla presenza di una circolazione e ritenzione idrica stagionalmente rilevante, la cui gestione si rivela determinante ai fini della prevenzione dell'insorgenza di condizioni di saturazione a piano-campagna.

- Idoneità del piano di posa dei rilevati ed eventuali azioni necessarie a renderlo idoneo (anche per la viabilità secondaria in progetto).
In relazione alle caratteristiche di consistenza, deformabilità e resistenza delle formazioni superficiali lungo il tracciato, ai fini della valutazione di idoneità del piano di posa dei rilevati, se si escludono brevi tratti impostati in corrispondenza del substrato pre-quaternario affiorante, occorrerà considerare la necessità diffusa di una bonifica dei terreni maggiormente soggetti a imbibizione in concomitanza di eventi idrici con ruscellamento diffuso (o concentrato lungo le linee di impluvio). L'entità di tale azione viene definita negli elaborati di progetto per le diverse tipologie di sezione trasversale del corpo stradale.

- Mobilità rilevata dei terreni coinvolti in fenomeni gravitativi in rapporto alle opere d'arte previste.
Sono state definite le caratteristiche cinematiche espresse dai fenomeni gravitativi variamente attivi o riattivabili lungo il tratto inferiore dei versanti attraversati, alla luce dei dati resi disponibili dai piani di indagine. Nel quadro di un indice di franosità definito su scala comunale da un minimo dell'8% (Rivergaro) ad un massimo del 27% (Travo), si sono descritte le caratteristiche evolutive di 4 corpi di frana attiva, e sono stati identificati i tratti interferenti con depositi e forme riconducibili a frane quiescenti (per scivolamento, colamento di fango, ad evoluzione complessa) caratterizzando il campo di deformazione rilevabile sulle opere d'arte esistenti e sul corpo stradale.
Nel periodo di esercizio iniziale dei fori attrezzati ad inclinometro sono state valutate le posizioni delle superfici di rottura evidenziate dalle prime campagne di misure inclinometriche, e l'entità degli spostamenti nel terreno; di norma le superfici di rottura si localizzano nei primi 5 metri di profondità e gli spostamenti risultano inferiori ai 10-15 mm/anno. Gli spostamenti superficiali rilevabili con tecnica interferometrica satellitare si distribuiscono intorno valori superiori a 0.5 cm/anno, in alcuni casi superiori a 1 cm/anno.

- Caratteristiche idrogeologiche attese in relazione all'esecuzione di scavi di sbancamento e di fondazione delle opere d'arte.
In linea generale, le formazioni pertinenti al substrato litoide terziario si connotano per una permeabilità per fratturazione da medio-bassa (Formazione di Val Luretta) lungo vie preferenziali a una permeabilità nulla (Complesso di Pietra Parcellara) in relazione alla dominante componente argillosa.
Su questo substrato si sovraimpongono falde idriche stagionali nei depositi di frana, e acquiferi a permeabilità media per porosità nei depositi terrazzati, di conoide e del Quaternario marino. I complessi a maggiore permeabilità si localizzano nei depositi alluvionali del F.Trebbia (e nel subsistema di Ravenna).
L'intercettazione di zone acquifere negli scavi di sbancamento è diffusamente attesa soprattutto nei terreni alluvionali e Quaternari in genere, nelle zone con morfologia depressa, pertanto in questi tratti saranno predisposti sistematici drenaggi (verticali ed orizzontali) per favorire l'abbassamento transitorio della piezometrica sotto alle quote di scavo, e la regimazione delle venute idriche in fase di esercizio.

- Influenza della realizzazione delle opere in progetto sulle sorgenti ed i pozzi censiti potenzialmente interferenti con il tracciato.

Il censimento delle captazioni idriche nella zona di interferenza con il tracciato rivela la presenza di una serie di punti d'acqua posizionati soprattutto a valle dell'opera in progetto (es: Fabbiano, Cisiano di sotto, Casino d'Agnelli, Quadrelli, Ca' Ostino) potenzialmente in grado di risentire di alterazioni non tanto di tipo quantitativo, quanto di tipo transitorio qualitativo durante la fase di realizzazione dell'opera. Il Piano di Monitoraggio Ambientale dell'opera considererà pertanto questi aspetti, mediante un protocollo di misure ante-operam, in corso d'opera e post-operam.