



ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEEESI SpA



COGESI S.C.R.L.
consorzio gestori servizi idrici



Comune	CARRU' - LEQUIO TANARO – MONCHIERO – MONFORTE D'ALBA - PIOZZO (CN)
--------	--

Oggetto	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO – ECONOMICA <i>(art. 41 D.Lgs 36/2023)</i> NUOVA CONDOTTA DI ADDUZIONE A SERVIZIO DELLA RETE ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEEESI (COMUNI DI CARRU' - LEQUIO TANARO – MONCHIERO – MONFORTE D'ALBA – PIOZZO)
---------	--

Elaborato	G01 - RELAZIONE GEOLOGICA – rapporto indagini
-----------	--

Committente del progetto	 ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEEESI SpA
--------------------------	--

Progettista	Geol. Elena Cogo – Enydrion STP S.r.l.
-------------	--

Responsabile Unico del Procedimento	geom. Mario Giraudo – ufficio tecnico ALAC
-------------------------------------	--

Commessa	Livello di progetto	Approvazione	Data approvazione	N° elaborato	Rev.	Data	Scala
2021_01	FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA	CdA	04/08/2022	G01	01	08/2023	---

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
00	Prima emissione	07/2022			
01	Aggiornamento testalino D.Lgs 36/2023	08/2023			
02					
--	Studio di fattibilità	07/2021			26/08/2021

Questo elaborato è di proprietà di ACQUEDOTTO LANGHE e ALPI CUNEEESI SpA
L'elaborato non può essere modificato, copiato, duplicato, riprodotto o divulgato, anche parzialmente, senza autorizzazione scritta del proprietario.

ACQUEDOTTO LANGHE E ALPI CUNEEESI SpA
Corso Nizza 9, 12100 CUNEO – tel. 0171 697550 – e-mail acquedotto.langhe@legalmail.it – Capitale Sociale € 5.000.000
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 00451260046 – n. REA CN - 179339

CO.GE.S.I. SCRL
Corso Nizza 90, 12100 CUNEO – tel. 0171 326771 – e-mail cogesi@cogesi.it – Capitale Sociale € 3.000.000
n. iscrizione registro imprese di Cuneo e Codice Fiscale e Partita IVA 03434470047 – n. REA CN - 290478



Committente

ACQUEDOTTO DELLE LANGHE E ALPI CUNEESI S.P.A.

Corso Nizza 9, 12100

Cuneo (CN)

Oggetto

**INCARICO DI ANALISI GEOLOGICA A SUPPORTO DEL PROGETTO DEFINITIVO DELLA
NUOVA CONDOTTA CARRU' - MONFORTE D'ALBA**

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

ENydrion STP S.r.l.



Corso Duca degli Abruzzi 42 - 10129 Torino (TO), Via Mazzini 2M - 13836 Cossato (BI)

3494644157 - 3493745173

info@enydrion.it - enydrionstp@pec.enydrion.it - enydrion.it

P.IVA 12572790017

N° iscrizione Ordine Regionale Geologi Piemonte (Albo STP): 02

Revisione

Data

Timbro e firma

1 - Emissione

Giugno 2022



INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
4.	ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....	5
4.1.	Inquadramento generale.....	5
4.2.	Reticolo idrografico e sistema di terrazzamenti.....	5
4.3.	Altopiano sospeso sull'attuale piana alluvionale del F. Tanaro e settore di raccordo 10	
4.4.	Piana alluvionale del F. Tanaro.....	13
4.5.	Settore di raccordo fra la piana alluvionale del F. Tanaro e i versanti collinari.	18
4.6.	Versanti collinari.....	19
5.	ASSETTO GEOLOGICO.....	20
5.1.	Assetto tettonico.....	20
5.2.	Assetto geologico e litostratigrafico	24
5.3.	Geologia a scala comunale	25
5.4.	Litostratigrafia sito specifica.....	25
6.	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	26
6.1.	Inquadramento idrogeologico.....	26
6.2.	Assetto piezometrico.....	29
6.3.	Monitoraggio dei livelli di falda interferenti con il tracciato di progetto.....	32
7.	CARATTERI LITOTECNICI.....	37
7.1.	Generalità.....	37
7.2.	Parametri geotecnici.....	38
7.3.	Caratteristiche litotecniche - depositi alluvionali.....	39
7.4.	Caratteristiche litotecniche - depositi eluvio-colluviali.....	40
7.5.	Caratteristiche litotecniche - Substrato terziario alterato	41
8.	CONDIZIONI DI STABILITÀ LOCALI.....	42
8.1.	Dissesti gravitativi.....	42

8.1.1.	Dissesti in atto.....	42
8.1.2.	Dissesto potenziale.....	48
8.2.	Dissesti fluviali.....	52
8.3.	Dissesti torrentizi.....	59
9.	INQUADRAMENTO SISMICO.....	66
9.1.	Classificazione sismica.....	66
9.2.	Sismicità storica.....	67
9.3.	Inquadramento sismotettonico.....	71
9.4.	Pericolosità sismica.....	73
9.5.	Categorie di sottosuolo e topografiche.....	79
10.	PRIME INDICAZIONI CONCERNENTI LA GESTIONE DELLE TERRE PRODOTTE DAGLI SCAVI.....	82
11.	CONCLUSIONI.....	84

INDICE DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TRACCIATO IN PROGETTO SOVRAPPOSTO ALLA C.G.I.

ALLEGATO 2 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA (SCALA 1:10.000)

ALLEGATO 3 - PROFILO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI PROGETTO

1. PREMESSA

Con provvedimento n° Prot. 2022/266 del 04/03/2022 S.p.A. avente per oggetto “Affidamento incarico di analisi geologica per progetto realizzazione condotta Carrù - Monforte D’Alba” ALAC – Acquedotto Langhe ed Alpi Cuneesi ha affidato alla scrivente ENYdrion S.T.P. S.r.l. l’ *“incarico di analisi geologica per indagine comprendente l’identificazione delle formazioni presenti nei siti interessati dall’opera, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, la definizione del modello geologico del sottosuolo, l’illustrazione e la caratterizzazione degli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e predisposizione della documentazione complementare alla redazione del progetto definitivo di realizzazione condotta adduttrice acqua potabile nei comuni di Carrù, Piozzo, Farigliano, Benevagienna, Lequio Tanaro, Narzole, Monchiero, Monforte D’Alba – [CIG ZB53573C65]”*.

Nei capitoli seguenti verranno analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, le condizioni di stabilità locali, la classificazione sismica ai sensi della normativa nazionale e regionale, al fine di valutare la compatibilità dell’opera e fornire indicazioni ai fini progettuali. La metodologia di analisi si è articolata attraverso:

- la consultazione della documentazione reperibile nell’ambito dei più aggiornati strumenti informativi geografici di carattere geologico-tecnico disponibili a livello regionale (Banche Dati di ARPA Piemonte) e provinciale;
- le tavole e gli elaborati geologici disponibili negli allegati nei Piani Regolatori Generali Comunali vigenti;
- sopralluoghi in sito.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione geologica ottempera a quanto previsto nelle varie sezioni del DECRETO 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*. MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI concernenti la *modellazione geologica* del sito (§ 6.2.1) e le *indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica* (§ 6.2.2).

Inoltre, viene fatto riferimento al D.M. 11 marzo 1988 e s.m.i., "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tratto di condotta in esame si snoda per circa 15.6 km, sia in sinistra idrografica del F. Tanaro (comuni di Carrù, Piozzo, Lequio Tanaro) sia in destra idrografica del fiume (da Monchiero a Monforte d'Alba).

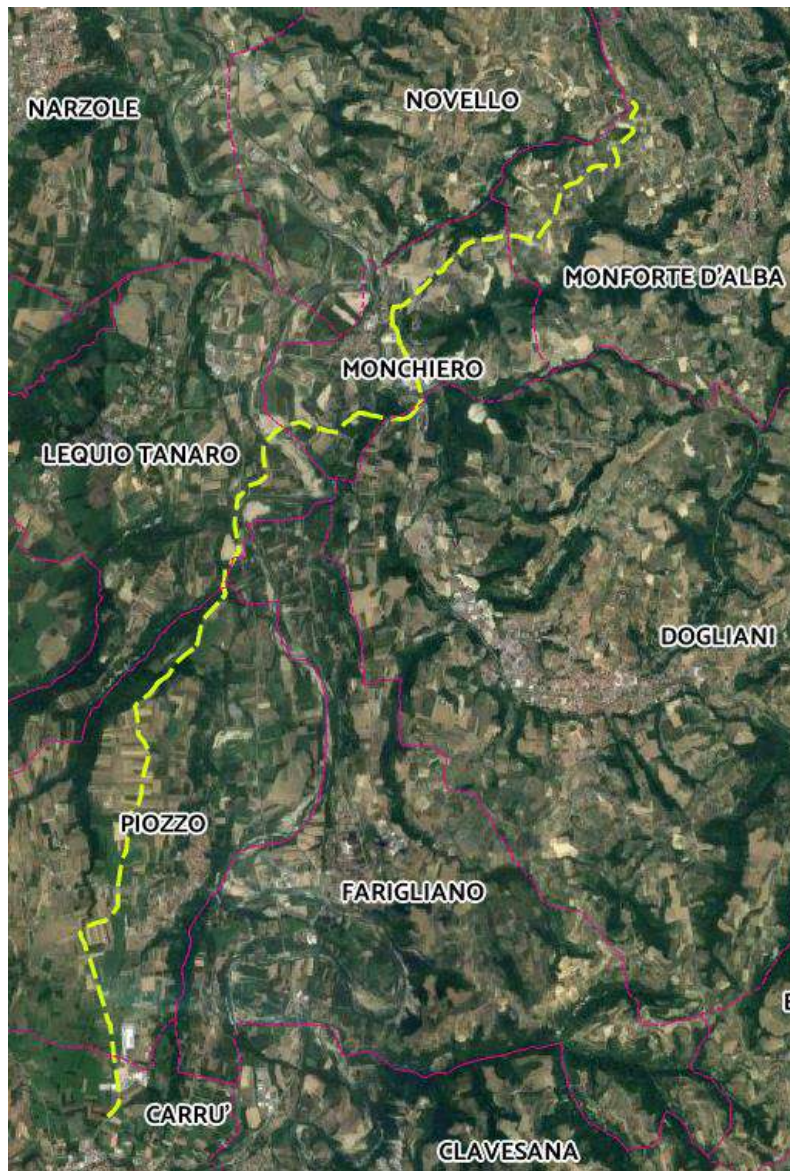


Figura 1: ubicazione dell'acquedotto in progetto su base aereofotografica

4. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

4.1. Inquadramento generale

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in studio si imposta in un settore compreso fra la piana alluvionale del F. Tanaro, i terrazzamenti antichi dello stesso fiume in sinistra idrografica e le prime alture collinari delle Langhe in destra.

In particolare, l'assetto geomorfologico dell'area in cui si imposta il tracciato in progetto, può essere suddiviso in cinque tratti distinti:

- altopiano sospeso sull'attuale piana alluvionale del F. Tanaro (tratto 1);
- tratti di raccordo fra l'altopiano e la piana del F. Tanaro (tratto 2);
- piana attuale del F. Tanaro (tratto 3);
- tratto di raccordo fra la piana del F. Tanaro e le alture collinari (tratto 4).
- prime alture collinari delle Langhe (tratto 5),

Le pendenze sono per la quasi totalità del tracciato inferiori ai 5 gradi, fatta eccezione per i tratti di raccordo fra la piana del Tanaro e l'altopiano (tratto 1) e le colline (tratto 5).

Nelle figure seguenti si riportano sovrapposizioni dei suddetti tratti su elaborazioni del Modello Digitale del Terreno (DTM maglia 5 m - ICE), utili alla rappresentazione di quanto detto.

In particolare, si riportano:

- distinzione dei tratti sulla base del contesto geomorfologico in cui si impostano;
- distinzione dei tratti sulla base della pendenza della superficie topografica in cui si impostano.

4.2. Reticolo idrografico e sistema di terrazzamenti

In linea generale i sistemi di terrazzo che caratterizzano questo settore di pianura cuneese possono essere così classificati.

- I° ordine: sono le superfici più alte, su di esse poggiano depositi fluviali sabbioso-ghiaioso-ciottolosi medio-antichi.
- II° ordine: su queste superfici poggiano depositi fluviali sabbioso-ghiaioso-ciottolosi medio-recenti.
- III° ordine: su queste superfici poggiano depositi fluviali sabbioso-ghiaioso-ciottolosi recenti.

- IV° ordine: su queste superfici poggiano depositi fluviali sabbioso-ghiaioso-ciottolosi recenti - attuali.
- V° ordine: su queste superfici poggiano depositi fluviali sabbioso-ghiaioso-ciottolosi attuali; corrispondono ad aree depresse, talvolta acquitrinose, poste in prossimità dell'attuale alveo.

A partire dalle foto aeree disponibili e dall'elaborazione del Modello Digitale del Terreno, sono stati delineati orli di terrazzi nell'intorno del tracciato in progetto, che talvolta interferiscono con esso.

Essi sono stati distinti in base alle loro altezze secondo le seguenti categorie:

- altezza superiore ai 50 m,
- altezza fra 20 e 50 m,
- altezza fra 10 e 20 m ,
- altezza inferiore ai 10 m.

Per quanto concerne la rete idrografica, il corso d'acqua principale con cui interferisce il tracciato in progetto è il F. Tanaro.

Il primo settore morfologico, rappresentato dall'altopiano sospeso sulla piana del F. Tanaro, è solcato da una fitta rete di canali irrigui artificiali.

Il tratto che dalla destra Tanaro si raccorda verso le alture collinari intercetta un torrente (il Torrente Rea) un fosso (il Fosso delle Monache) ed un rio (il Rio di Monchiero).

Il Torrente Rea è un affluente in destra del F. Tanaro, in cui confluisce in corrispondenza dell'abitato di Monchiero.

Il Fosso delle Monache e il Rio di Monchiero sono invece tributari in destra idrografica del T. Rea stesso, in cui confluiscono rispettivamente presso la località Tetti di Rea e in corrispondenza della zona industriale di Monchiero.

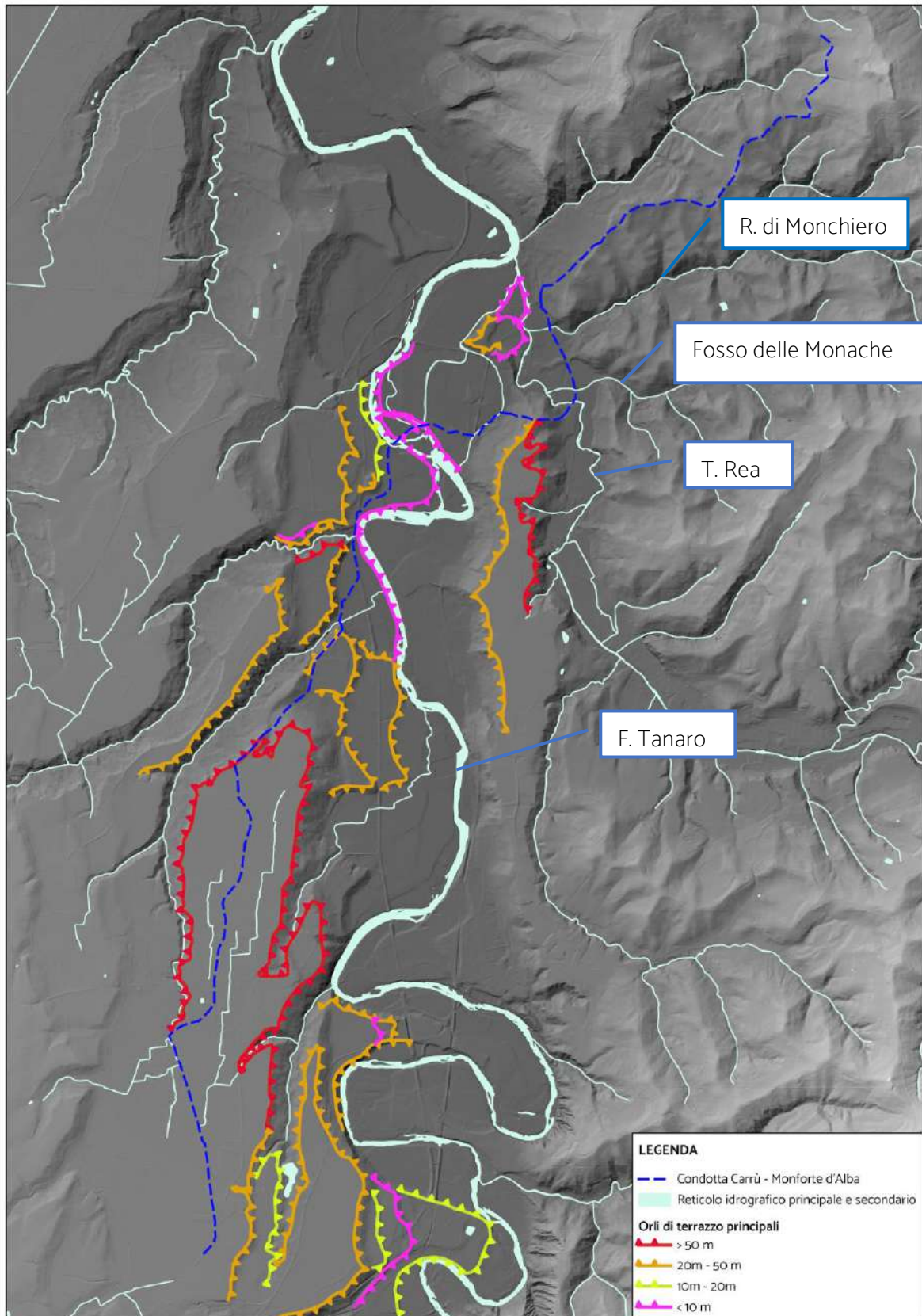


Figura 2: tracciato in progetto sovrapposta ad elaborazione di pendenza dal Modello Digitale del Terreno (DTM maglia 5 m - ICE) con indicazione dell'idrografia e dei sistemi di terrazzamento

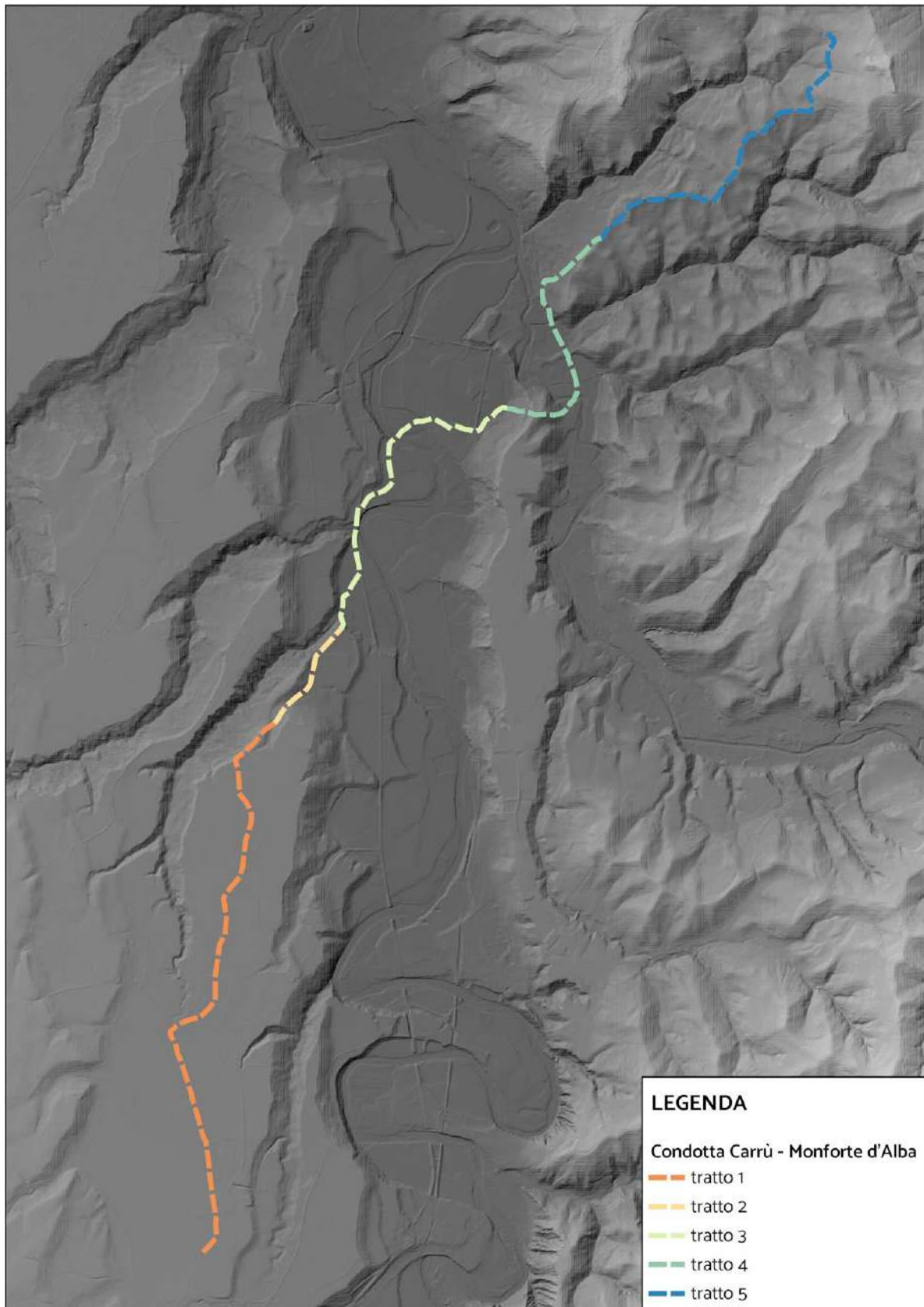


Figura 3: tracciato in progetto sovrapposto ad elaborazione di ombreggiatura del Modello Digitale del Terreno (DTM maglia 5 m - ICE)

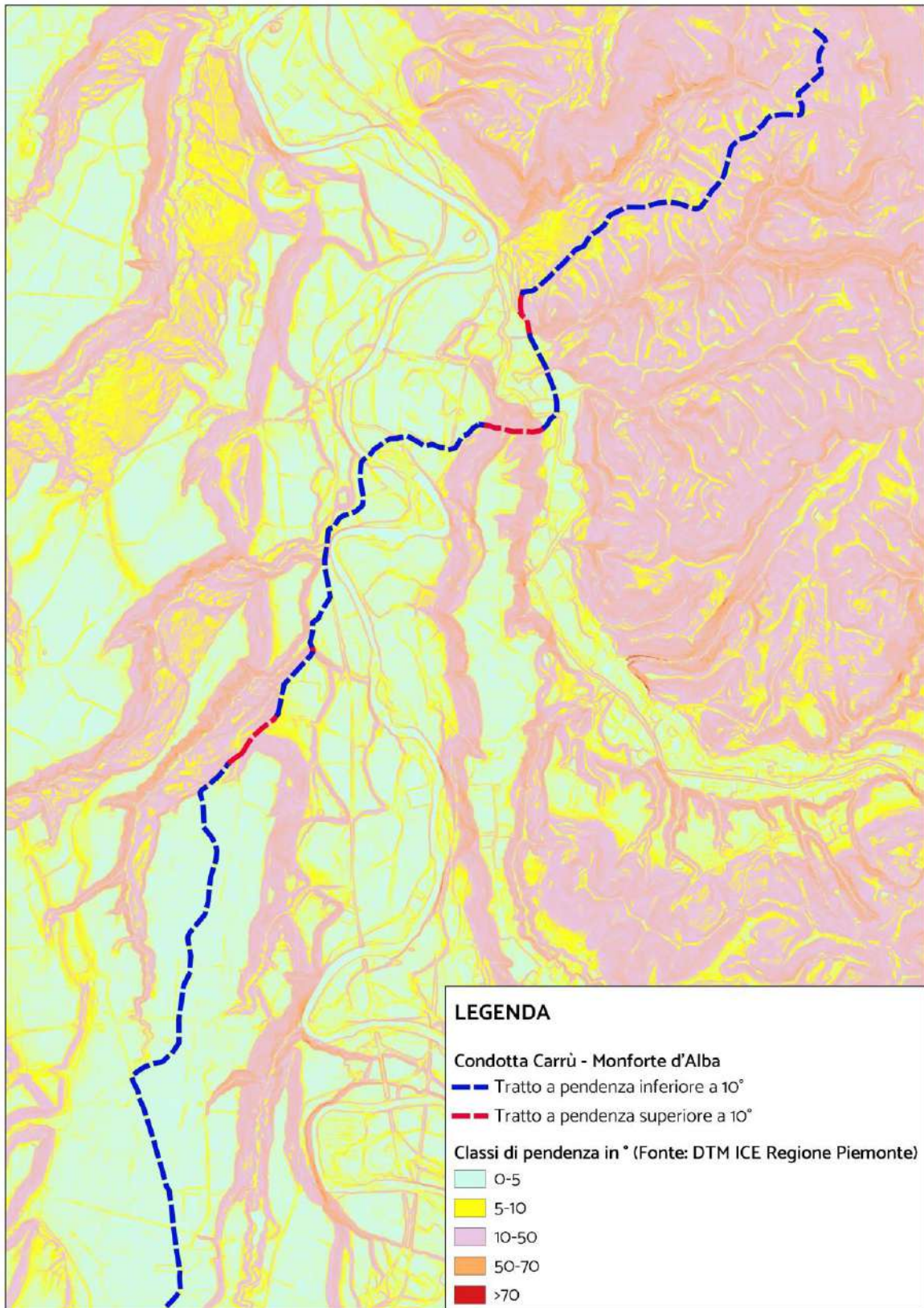


Figura 4: tracciato in progetto sovrapposta ad elaborazione di pendenza dal Modello Digitale del Terreno (DTM maglia 5 m - ICE)

4.3. Altopiano sospeso sull'attuale piana alluvionale del F. Tanaro e settore di raccordo

Il primo tratto in progetto, quello che attraversa i comuni di Carrù e di Piozzo, è per la maggior parte compreso in quello che in letteratura è noto come “*Terrazzo di Magliano Alpi o di Bainale*” (Sacco, 1886): secondo Carraro & Petrucci (1975) tale terrazzo è interpretabile come espressione morfologica dell’”*Anticlinale vivente di Fossano*”.

In questo settore si sviluppa fra le quote di 360 e 340 m s.l.m. circa ed è caratterizzato da un’acclività molto bassa, inferiore ai 5°.

Risulta sospeso di circa 100 m sull’attuale alveo del F. Tanaro a destra e dall’alveo del Rio Rordo (o Venera) a sinistra.

In figura seguente si riporta uno stralcio del settore in esame, con evidenza del terrazzo principale (in rosso) e della rete idrografica.

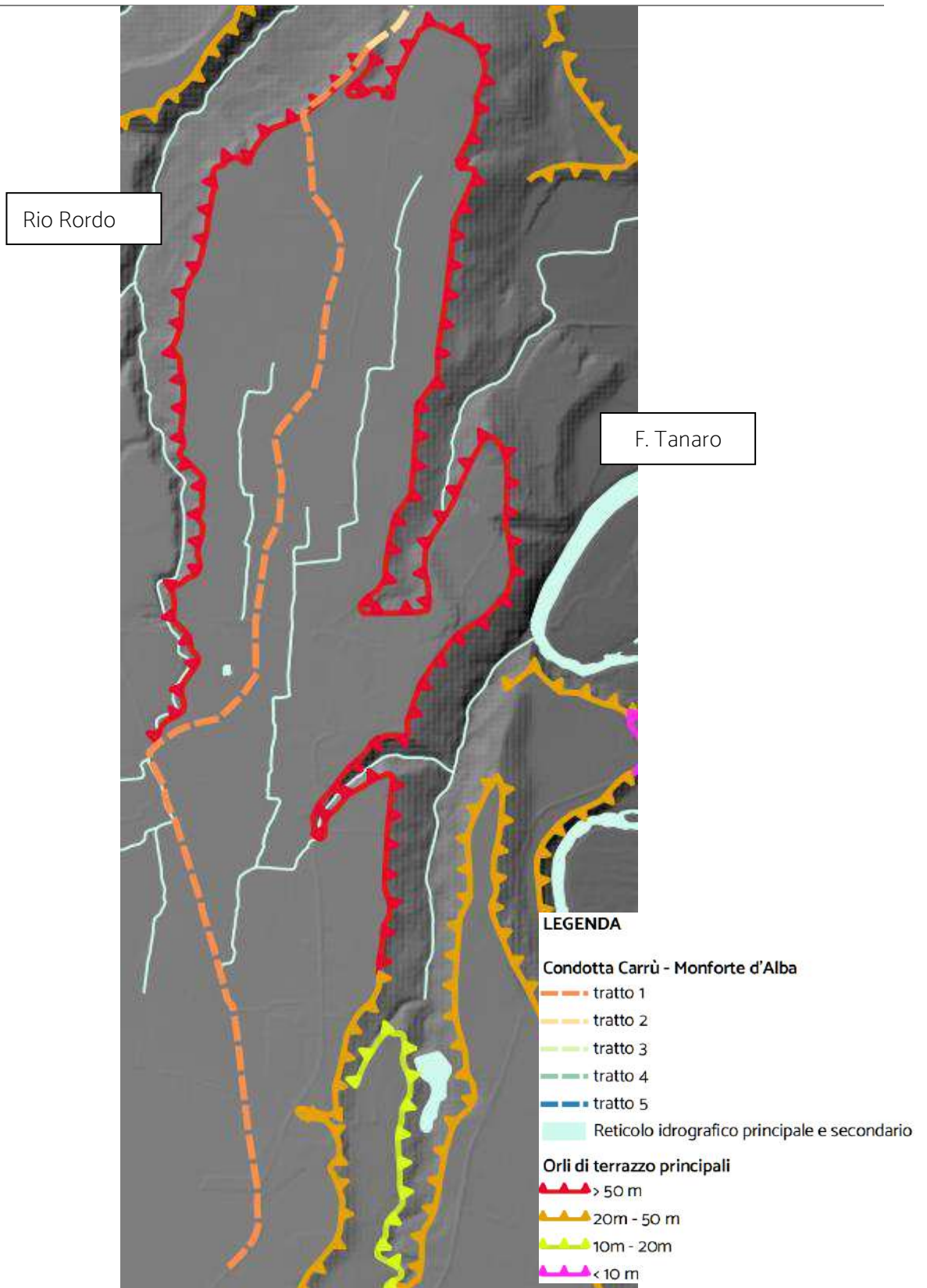


Figura 5: stralcio della carta dei terrazzamenti, in corrispondenza dell'altopiano, con indicazione dell'idrografia

L'altopiano è solcato da una rete idrografica secondaria naturale ma soprattutto artificiale, legata all'irrigazione dei campi che in quest'area sono ampiamente diffusi.



Figura 6: riprese fotografiche della rete idrografica che solca l'altopiano in cui si sviluppa il primo tratto del tracciato in progetto

Dopo aver percorso attraversato l'altopiano con direzione Nord Sud, il tracciato piega verso Nord Est, percorrendo un tratto in corrispondenza dell'orlo di terrazzo che degrada verso il Rio Rordo e quindi degrada verso la piana del F. Tanaro, scendendo da una quota di 340 m s.l.m. fino a circa 100 m in meno.

Il settore di raccordo fra l'altopiano e la piana attuale del F. Tanaro è caratterizzato da una pendenza fra i 10° ed i 15° circa.

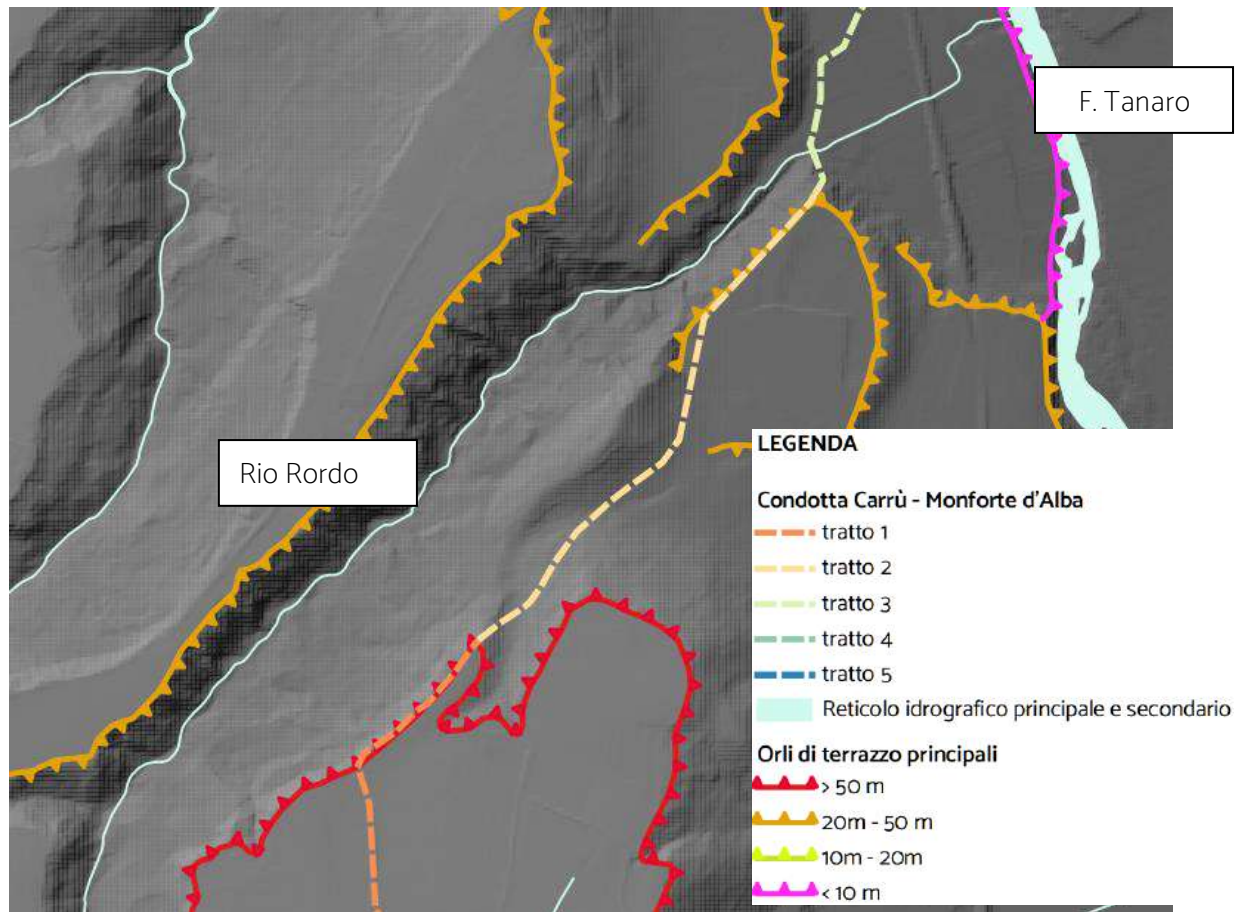


Figura 7: stralcio della carta dei terrazzamenti, in corrispondenza del settore di raccordo fra altopiano e piana del F. Tanaro (in giallo- tratto 2)

4.4. Piana alluvionale del F. Tanaro

Alla base del settore di raccordo che collega l'altopiano e la piana alluvionale del F. Tanaro, il tracciato si imposta ad una quota di circa 240 m s.l.m.

Tale piana è attraversata dal I tracciato con prevalente direzione Sud Ovest-Nord Est e nel settore prima che esso riprenda a salire verso i versanti collinari, la quota risulta essere pari a 220 m s.l.m.

La sezione della piana alluvionale del F. Tanaro attraversata dal tracciato in progetto risulta essere caratterizzata da una larghezza di poco superiore ad 1 Km, mentre l'alveo risulta essere di circa 300 m.

Nel settore di interesse il corso d'acqua è attualmente caratterizzato dalla presenza di un alveo

monocursale sinuoso con presenza di forme dinamiche quali le barre, sia di tipo laterale che a losanga.

Allo stato attuale, il corso d'acqua è caratterizzato un principale ramo di deflusso e il fondo dell'alveo alveo è caratterizzato da una grande area deposizionale.

La sponda sinistra è contraddistinta da una forte erosione di sponda, mentre in destra degrada con acclività medio moderata.



Figura 8: ripresa fotografica dell'alveo del F. Tanaro, in corrispondenza dell'attraversamento in progetto

A monte dell'area di interesse risulta attiva una traversa di derivazione denominata "Bealera dei Molini" a testimonianza di una certa stabilità del tratto considerato.

Relativamente alla stabilità planimetrica dell'asta fluviale si è proceduto a un confronto tra gli andamenti d'alveo riportati tra le diverse cartografie disponibili e in particolare raffrontando gli andamenti riportati sulla cartografia IGM e sulle ortofoto della Banca Dati Regionale e Nazionale relative agli anni relativi agli anni 1884, 1906 e 1960, l'alveo catastale e lo stato attuale (base BDTRE Regione Piemonte).

Mediante analisi cartografica e aereo-fotografica multi-temporale, è stato possibile effettuare una caratterizzazione geomorfologica del corpo idrico, per valutarne l'evoluzione nel tempo dell'area di intervento.

Dal confronto delle cartografie seguenti emerge un andamento pressoché invariato del corso d'acqua, fatta eccezione per l'attivazione o meno di determinati canali di erosione a seconda del periodo.

La sostanziale differenza che emerge è prima di tutto l'apertura di un nuovo canale di deflusso in

corrispondenza dell'ansa a monte dell'opera in progetto nella foto del 1994, assente in quella del 1988, legata verosimilmente all'evento alluvionale del 1994.

In secondo luogo si nota l'insorgere di un fenomeno erosivo a carico della sponda sinistra nel medesimo tratto nella foto più recente, legata all'evento di piena del 2016.

Tali eventi determinarono la diffusa attivazione temporanea di canali di deflusso e di erosione, evidenziata dal transito di correnti veloci concentrate.

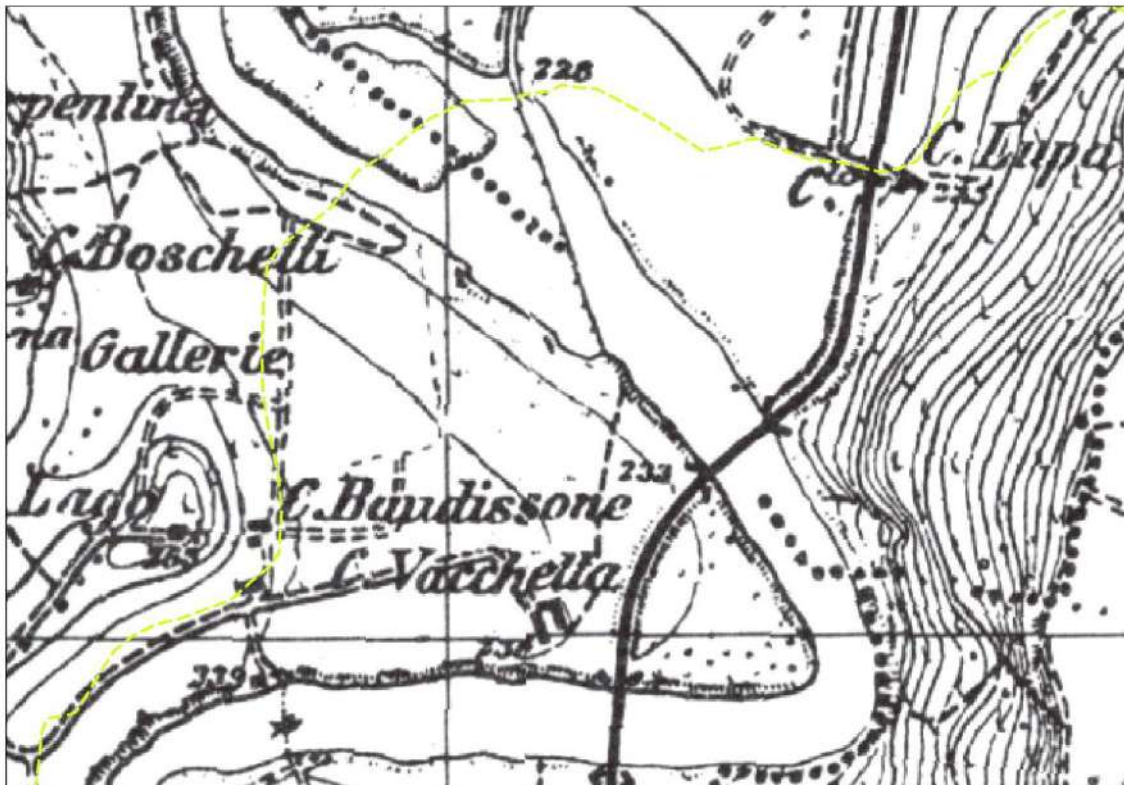


Figura 9: stralcio della tavoletta IGM con indicazione del tracciato in progetto (in giallo)

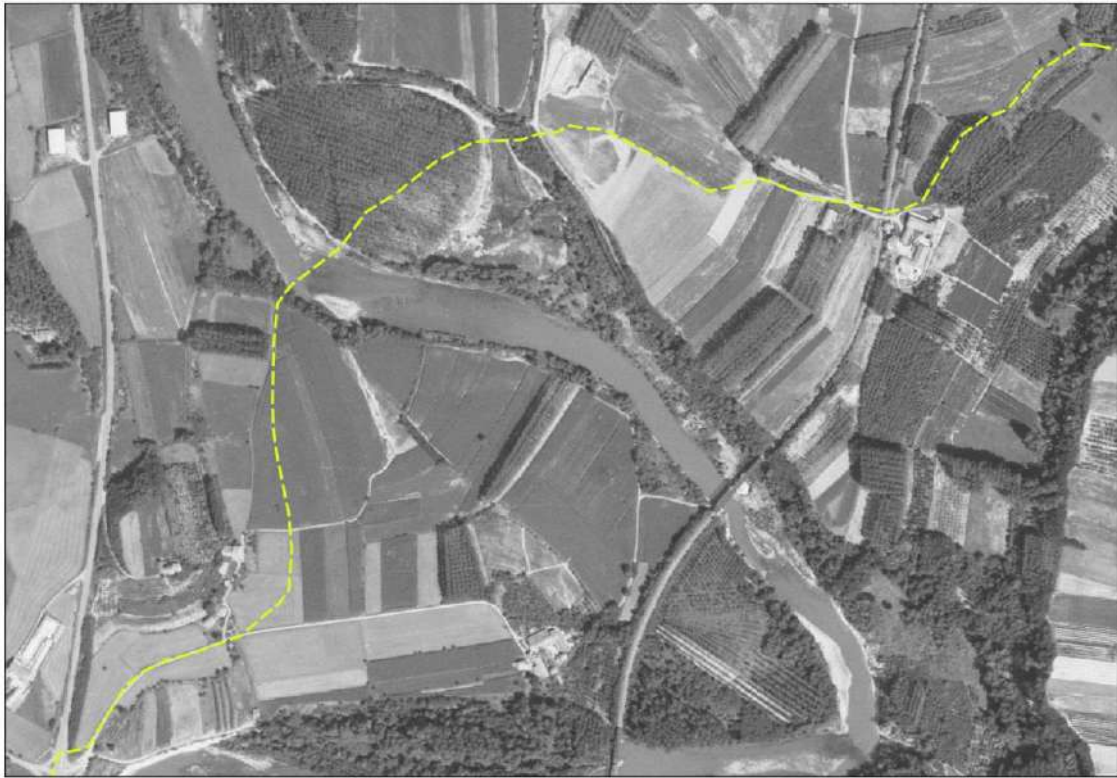


Figura 10: immagine ortofoto dell'area in studio riferita all'anno 1988 con indicazione del tracciato in progetto (in giallo)

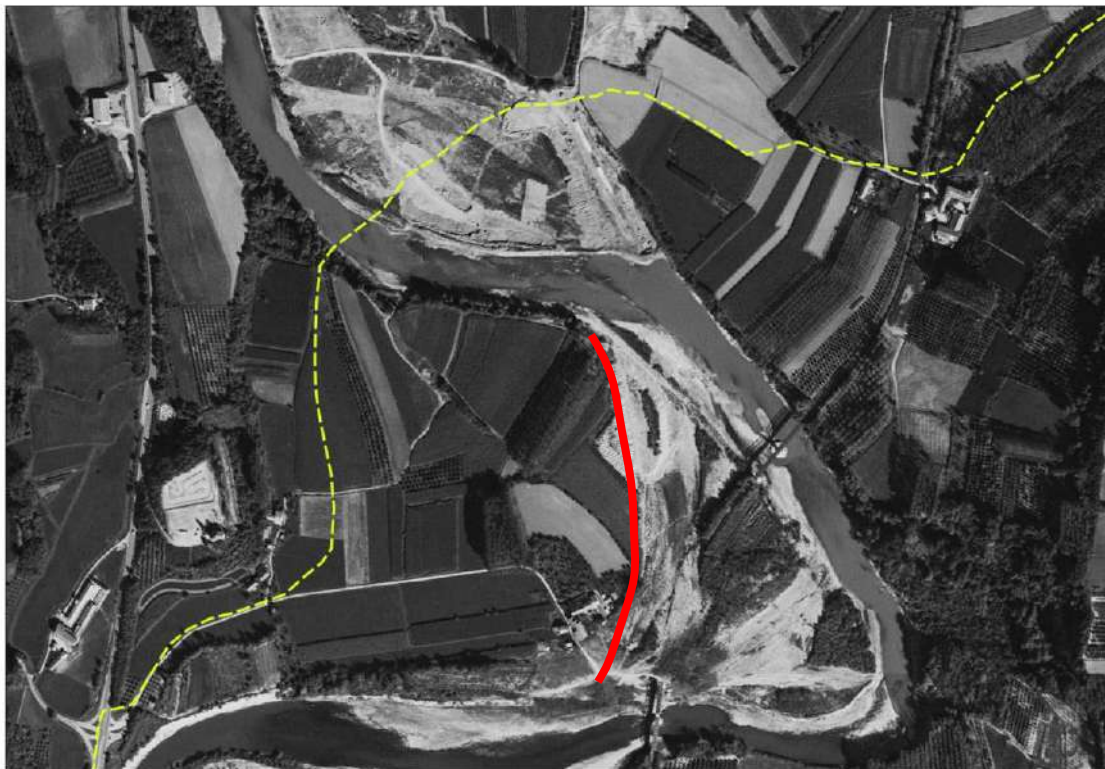


Figura 11: immagine ortofoto dell'area in studio riferita all'anno 1996 con indicazione del tracciato in progetto (in giallo) e dell'arretramento della sponda sinistra (linea rossa)



Figura 12: immagine ortofoto dell'area in studio riferita all'anno 2006 con indicazione del tracciato in progetto (in giallo)

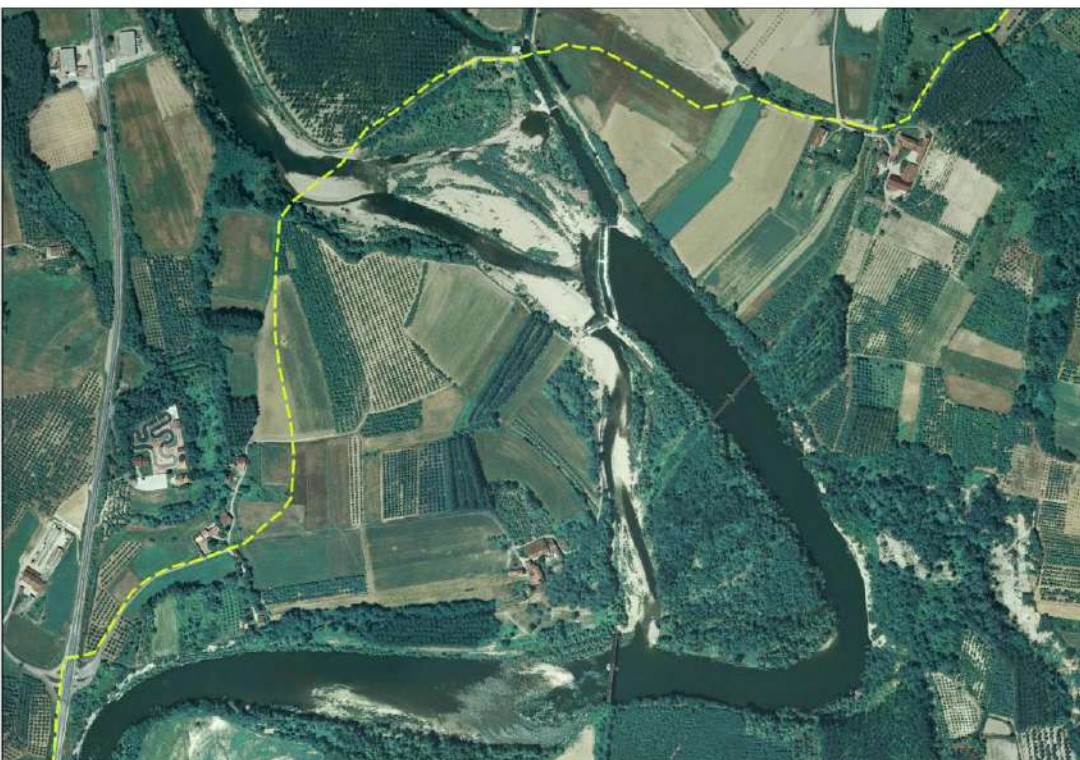


Figura 13: immagine ortofoto dell'area in studio riferita all'anno 2010 con indicazione del tracciato in progetto (in giallo)



Figura 14: immagine ortofoto dell'area allo stato attuale, con indicazione del tracciato in progetto (in giallo) e dell'arretramento della sponda sinistra (in rosso la posizione precedente)

4.5. Settore di raccordo fra la piana alluvionale del F. Tanaro e i versanti collinari

Dopo aver attraversato la piana del F. Tanaro, il tracciato riprende a salire con pendenza che varia fra 15° e 35°, passando da una quota di circa 220 a 260 m, per poi raccordarsi all'area collinare, attraversando i seguenti corsi d'acqua:

- T. Rea
- Fosso delle Monache
- R. di Monchiero

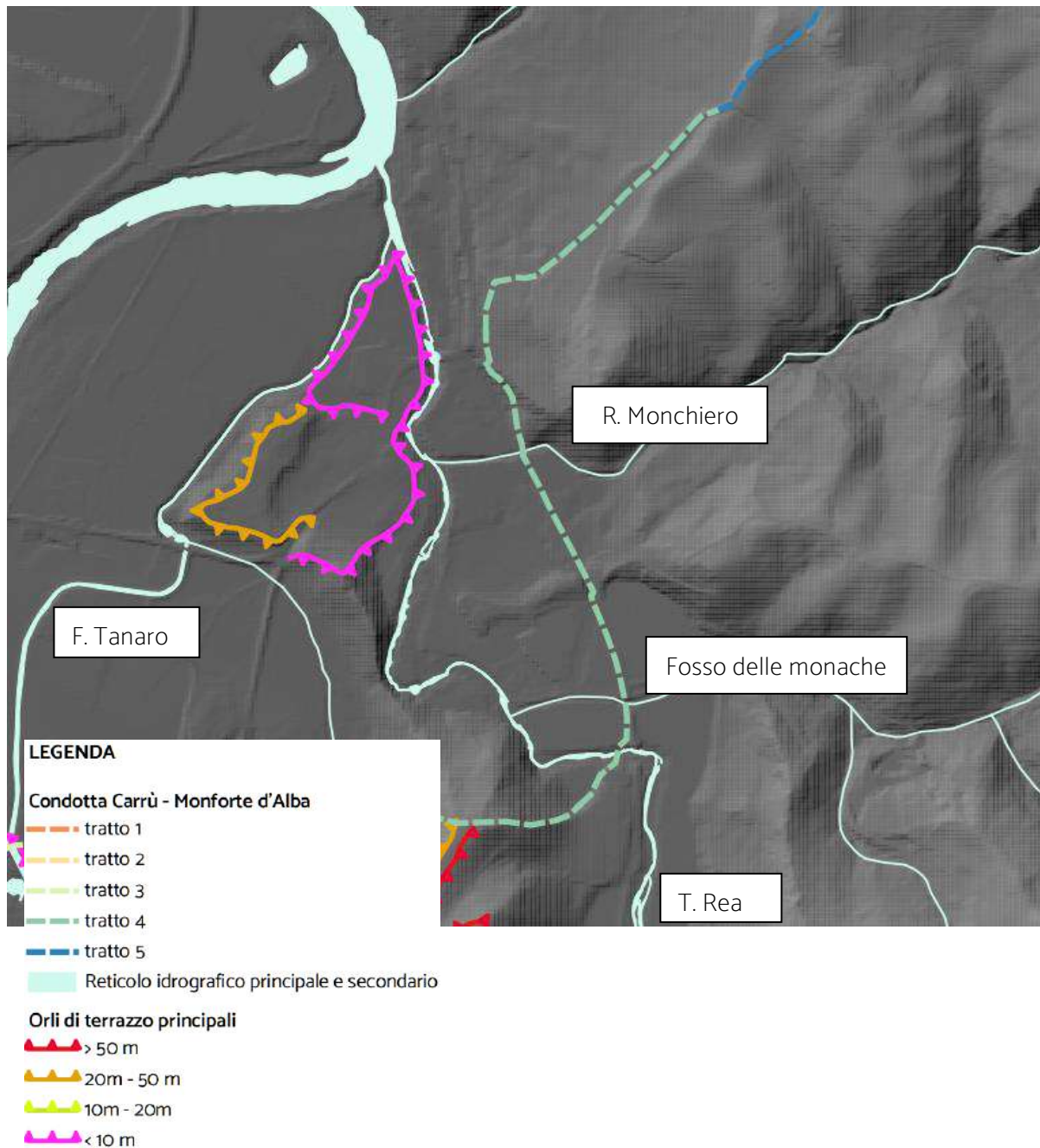


Figura 15: stralcio della carta dei terrazzamenti, in corrispondenza del settore di raccordo fra la piana del F. Tanaro e i versanti collinari (in verde – tratto 4)

4.6. Versanti collinari

La zona collinare delle Langhe, in cui si inserisce l'ultimo tratto in progetto, sovrasta il corso del

Fiume Tanaro ed è caratterizzata da una serie di rilievi con una morfologia a profilo asimmetrico dei pendii e con pendenze maggiori comprese tra 30° - 40° nei versanti a reggipoggio e minore acclività (10° - 20°) nei versanti a franapoggio. L'intera area è soggetta a processi di modellamento e di modificazione in atto dell'assetto geomorfologico di intensità variabile, che si esplicano attraverso una serie di recenti e notevoli fenomeni di approfondimento del livello di base del reticolo idrografico principale e secondario.

Nel dettaglio il settore si presenta con versanti orientati verso Ovest-Nord-Ovest lunghi ed estesi e incisi da una rete idrografica secondaria, spesso caratterizzati da indizi morfologici riferibili a deformazioni gravitative in atto.



Figura 16: ripresa fotografica del settore collinare attraversato dal tracciato in progetto

5. ASSETTO GEOLOGICO

5.1. Assetto tettonico

L'area oggetto di studio si estende in corrispondenza del settore nel quale le formazioni terziarie del Bacino Ligure-Piemontese (B.T.P.), costituenti l'area collinare delle Langhe, si immergono al di sotto dei depositi continentali quaternari dell'alta pianura terrazzata cuneese.

La pianura cuneese in questo settore è caratterizzata dalla presenza di tre grandi terrazzi isolati

(Fossano, Salmour e Magliano Alpi) ed una serie di profonde incisioni in corrispondenza dei corsi d'acqua attuali, la cui formazione è connessa all'evoluzione geomorfologica e tettonica del Bacino del Tanaro ed al generale sollevamento di questa zona.

Dal punto di vista geologico l'area in oggetto appartiene al dominio tettonico – stratigrafico del Bacino Terziario Piemontese (B.T.P.) qui rappresentato da successioni sedimentarie mioceniche marine (Marne di S. Agata Fossili del Tortoniano) con blanda immersione della stratificazione verso Nord - Ovest. Su tale substrato poggiano limitati spessori di depositi alluvionali olocenici.

L'appartenenza della zona analizzata a tale paleoambiente, rende necessaria la precisazione sull'origine e sul significato di questo bacino episuturale (Bally & Snelson, 1980 in Bally et alii, 1985), o bacino satellite (Boccaletti et alii, 1985). Si tratta di un'area emersa dall'epoca Eocene medio (Gelati & Gnaccolini, 1988), a seguito della collisione tra la placca europea e la Microplacca Adria e formata da un impilamento di Unità alloctone costituite da corpi rocciosi riferibili sia al margine paleoeuropeo, che all'area oceanica piemontese-ligure (sistema Basso Monferrato-Appennino settentrionale). Tali Unità costituiscono un edificio strutturale che dall'Eocene superiore tende a sovrapporsi alla Microplacca Adria in corrispondenza di una superficie di scorrimento attualmente immersa verso Sud. Il movimento relativo lungo tale superficie controllerà l'individuazione delle aree episuturali sul dorso delle unità alloctone e dell'antistante avanfossa padana sviluppata sulla Microplacca. Sulle aree episuturali nell'Eocene superiore si realizza una rapida trasgressione documentata da depositi pelitici emipelagici, poggianti su un substrato di tipo ligure nel settore del Basso Monferrato.

Con l'Oligocene inferiore si va delineando lungo l'ossatura appenninica un bacino di sedimentazione, con le testimonianze più occidentali del bacino delle arenarie di Ranzano, tra la zona Borbera-Grue e Basso Monferrato, delimitato a Nord da un rilievo, almeno localmente emerso, parte integrante del prisma di accrezione connesso alla subduzione di tipo "A" tra l'edificio strutturale e la microplacca citata. Forse il bacino ricopriva in parte la porzione più interna del prisma stesso, ed era limitato a Sud da un allineamento di scarpate le cui attuali evidenze sono ricostruibili all'altezza della Val Borbera (Gnaccolini, 1974).

Sulle unità piemontesi-brianzonesi si ha la sedimentazione dei depositi continentali e marini di mare basso della formazione di Molare (Oligocene) che, con il progressivo "annegamento", verranno a loro volta ricoperti fino al Tortoniano da successione spessa a volte oltre 4 km e rappresentata dalle formazioni istituite dallo stesso Gelati nel 1967, ed indicate anche nelle note illustrative alla Carta Geologica d'Italia, Foglio 81 CEVA. Trascorso un certo intervallo di tempo dall'inizio dell'"annegamento" (parte alta dell'Oligocene inferiore), il generale collassamento dovuto alla subduzione suddetta, già causa di una rapida trasgressione nell'Oligocene superiore,

intensifica i fenomeni disgiuntivi, provocando i fenomeni torbiditici responsabili delle intercalazioni arenaceo-conglomeratiche nelle peliti emibacinali (Gnaccolini & Gelati, 1980). Mentre tra le Langhe e l'Alto Monferrato la sedimentazione torbiditica è rilevante e si estende fino al Burdigaliano, nel Basso Monferrato invece le torbiditi si situano solo nell'Oligocene superiore, e sono sostituite verso l'alto dalle marne a Pteropodi, indice di un momento di relativa stasi tettonica in corrispondenza del prisma accrezionale.

Nel Burdigaliano terminale un processo compressivo riconosciuto in tutta l'area mediterranea occidentale (Boccaletti et alii, 1987), provoca un marcato sollevamento delle aree circostanti il Bacino Ligure Piemontese, con l'inizio della deposizione di potenti successioni torbiditiche cui contribuisce tutta una serie di marcati abbassamenti del livello marino a scala globale. Nel bacino delle Langhe si hanno torbiditi arenacei provenienti dai settori sudoccidentali; in quello del Monferrato anche conglomerati risedimentati, probabilmente derivati dall'arco alpino occidentale e dal rimaneggiamento di sedimenti più antichi depositatisi sul prisma di accrezione.

Strutturalmente, queste successioni di rocce sedimentarie e questi depositi, sono caratterizzati da una giacitura isoclinale immergente verso Nord Nord Ovest, con un'inclinazione variabile di 5° e 20°. Questa tipica disposizione che ha portato alla formazione di valli asimmetriche, caratterizzate da versanti a debole inclinazione con stratificazione a franapoggio, e altri opposti, ripidi, caratterizzati da una giacitura a reggipoggio. Tali morfologie nella Provincia di Cuneo sono ben apprezzabili lungo gli assi delle principali valli fluviali (Uzzone, Belbo, Bormida di Millesimo e Tanaro).

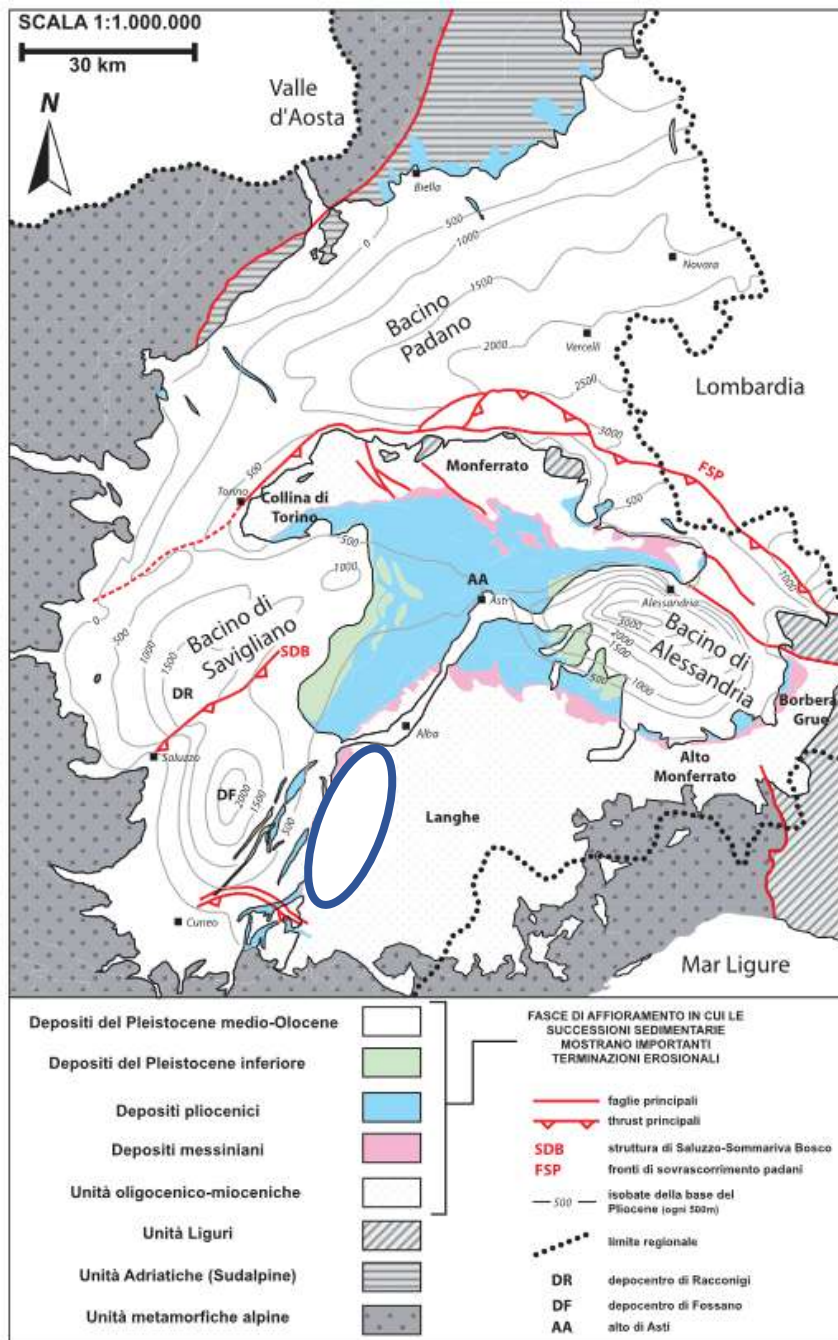


Figura 17: schema geologico semplificato della Regione Piemonte, in cui sono rappresentati le unità metamorfiche della catena alpina, le unità Adriatiche (Subalpine), le unità Liguri-Appenniniche, le successioni oligocenico-mioceniche, plioceniche e quaternarie affioranti e i depocentri plio-quaternari sepolti in cui risiedono i principali acquiferi della Regione (modificato da Bigi et al., 1990), con indicazione del settore in esame (ovale blu)

5.2. Assetto geologico e litostratigrafico

Per l'inquadramento geologico a scala regionale è possibile fare riferimento al Foglio n.80 "Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

In allegato 1 si riporta il tracciato in progetto sovrapposto alla C.G.I., dove si evidenzia che esso attraversa le seguenti formazioni:

- depositi quaternari costituiti da "*alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose recenti (Alluvium) - a2*";
- depositi quaternari costituiti da "*alluvioni sabbioso-ghiaioso ciottolose dei piani terrazzati - a1*";
- substrato marino miocenico costituito da "*marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere, afferenti al Tortoniano - m3*";
- substrato marino miocenico costituito da "*marne ed arenarie qua e là fossilifere, affrenti all'Elveziano - m2*".

Il primo tratto, fra Carrù e C. Rottero-C.na Boverde, in comune di Piozzo, a Nord del concentrico, si imposta nell'ambito delle "*alluvioni sabbiose dei piani terrazzati*".

Da questo settore, il tracciato inizia a scendere verso il fondovalle del F. Tanaro, attraversando alternativamente pertanto il substrato miocenico marnoso in corrispondenza delle scarpate a maggiore acclività e ancora depositi alluvionali in corrispondenza delle piane di accumulo intermedie.

Quando il tracciato raggiunge il fondovalle del F. Tanaro attraversa la formazione delle "*alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose recenti*".

Ad Est della località C.na Lupa, in comune di Monchiero, il tracciato torna a risalire, attraversando dapprima alternativamente il substrato marino miocenico nei settori di scarpata e i depositi quaternari legati alla dinamica fluviale recente, in corrispondenza degli impluvi, quali il T. Rea.

Lungo il versante che da Monchiero sale verso Monforte d'Alba, il tracciato si imposta nell'ambito del substrato miocenico, dapprima "*marne ed arenarie grigie, talora sabbiose*", e poi "*marne ed arenarie fossilifere*".

La successione stratigrafica dell'area può essere così schematizzata:

- Alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose recenti (Olocene - Alluvium);
- Alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose dei piani terrazzati (Olocene - Alluvium-Terrazziano);
- Alluvioni ciottoloso-ghiaioso-terrose, più o meno alterate, ferrettizzate, giallastre; Loess. (Pleistocene - Dilivium);
- Marne sabbiose, grigio-azzurre, di mare un po' profondo, spesso con fossili ben conservati (Pliocene - Piacenziano);
- Marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere (Miocene - Tortoniano).

5.3. Geologia a scala comunale

Per l'inquadramento geologico a scala comunale sono stati consultati gli allegati geologici ai Piani Regolatori Comunali disponibili per ciascuno dei territori attraversati dal tracciato.

5.4. Litostratigrafia sito specifica

Per la caratterizzazione sito specifica del tracciato in esame, è stato fatto riferimento ai risultati di una specifica campagna di indagini di dettaglio, in particolare sono state eseguite:

- prove penetrometriche con penetrometro portatile "medio" - DPM per la stima dei parametri geotecnici in base al grado di addensamento e/o di consistenza;
- prove geofisiche di tipo geoelettrico, sfruttando il contrasto di resistività caratteristico all'interfaccia tra i depositi superficiali (resistivi) e il substrato litoide (conduttivo).

Tali tecniche sono state applicate disgiuntamente o congiuntamente, in siti rappresentativi del contesto geomorfologico, geologico e stratigrafico locale, con una densità di almeno un punto di indagine al chilometro di tracciato, per un totale di 16 punti di indagine nei 16 km di tracciato.

Si vedano in proposito l'allegato cartografico e la tabella riassuntiva delle quantità eseguite.

TIPOLOGIA DI PROVA	QUANTITA'
Prove penetrometriche dinamiche	7
Linee geofisiche	6
Prove penetrometriche dinamiche e geofisiche	3+3
Totale prove	19
Totale siti indagati per 16 km	16

Tabella 1: dettaglio delle tipologie di indagine eseguite



Figura 18: acquisizione di linea geofisica elettrica (a sx. apparato disposto sul terreno, a dx. display dello strumento in assetto di misura)

Per quanto concerne le risultanze delle suddette indagini si rimanda all'elaborato specialistico. La sintesi delle informazioni geologiche di superficie e di sottosuolo è fornita nella tavola allegata del Profilo Geologico della condotta in progetto.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

6.1. Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico del territorio lungo il tracciato della condotta in progetto risulta alquanto differente, essendo controllato dalle caratteristiche idro-strutturali primarie (grado e tipo di permeabilità dei terreni), ma anche dalla topografia e dai rapporti di drenaggio a scala sub-regionale e locale tra unità idrogeologiche e corsi d'acqua; il settore di studio si inserisce al margine orientale del bacino idrogeologico cuneese, nella zona di chiusura laterale verso il bacino delle Langhe, come esemplificato nelle due figure seguenti.

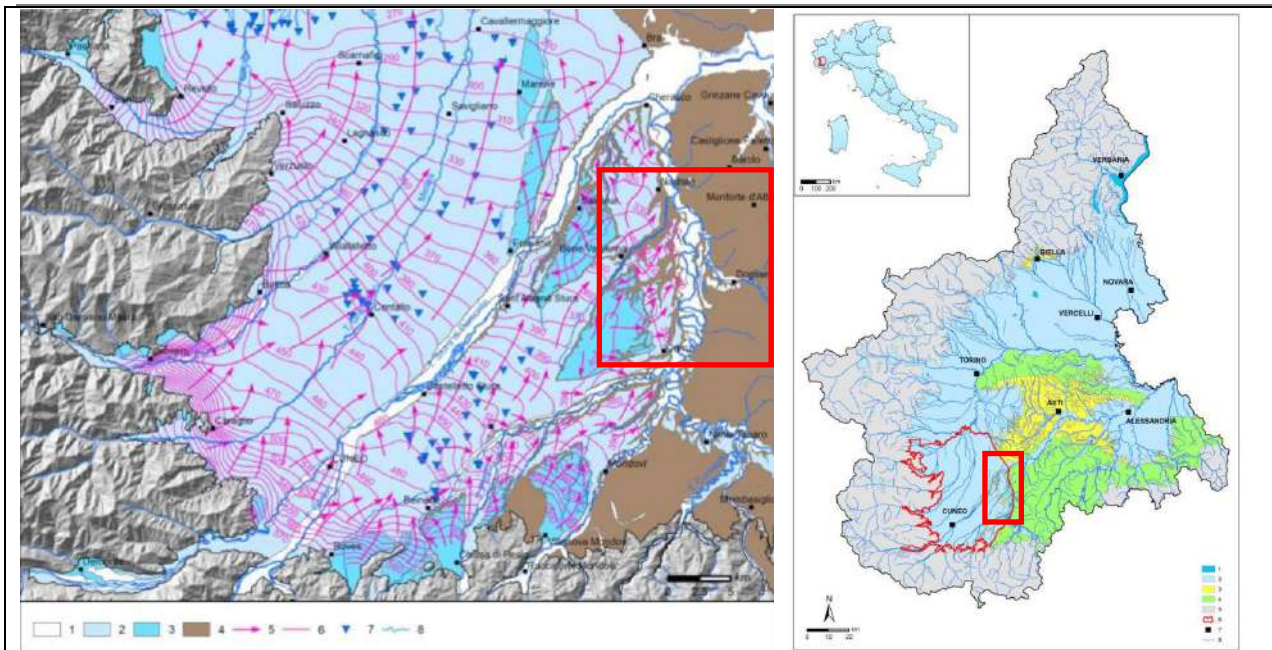


Figura 19: inquadramento idrogeologico regionale del tracciato in progetto (Fonte: Vigna et alii, 2011)

In linea generale, è possibile distinguere a livello di macro-unità:

- I depositi alluvionali quaternari, disposti sui lembi di terrazzo in progressione altimetrica decrescente dalla pianura cuneese (ad Ovest) sino all'alveo del F. Tanaro (ad Est), costituiti da miscele di ghiaie, sabbie e ciottoli, con permeabilità primaria medio-elevata per porosità, sede di acquiferi a superficie libera alimentati dall'infiltrazione verticale (pluviale e irrigua).
- I terreni del Bacino Terziario Ligure Piemontese (B.T.P.) costituiti da unità marnose, argillose prevalenti, con permeabilità primaria da bassa a nulla per porosità e secondaria da molto bassa a nulla per fessurazione.

Pertanto, la disponibilità di risorse idriche sotterranee è determinata dallo spessore dei depositi alluvionali quaternari, e dalla morfologia dell'interfaccia corrispondente alla superficie erosionale dei terreni del B.T.P., che rappresenta il livello impermeabile basale dei sovrastanti lembi di depositi alluvionali terrazzati.



Figura 20: esempio di contatto erosionale tra i depositi alluvionali (sopra) e il substrato terziario (sotto).
(Fonte: Vigna et alii, 2011)

Come è possibile osservare dall’analisi della figura seguente, lo spessore dell’acquifero superficiale ospitato nei depositi alluvionali delle superfici terrazzate tra Carrù, Piozzo e Lequio Tanaro è di norma inferiore ai 10 metri.

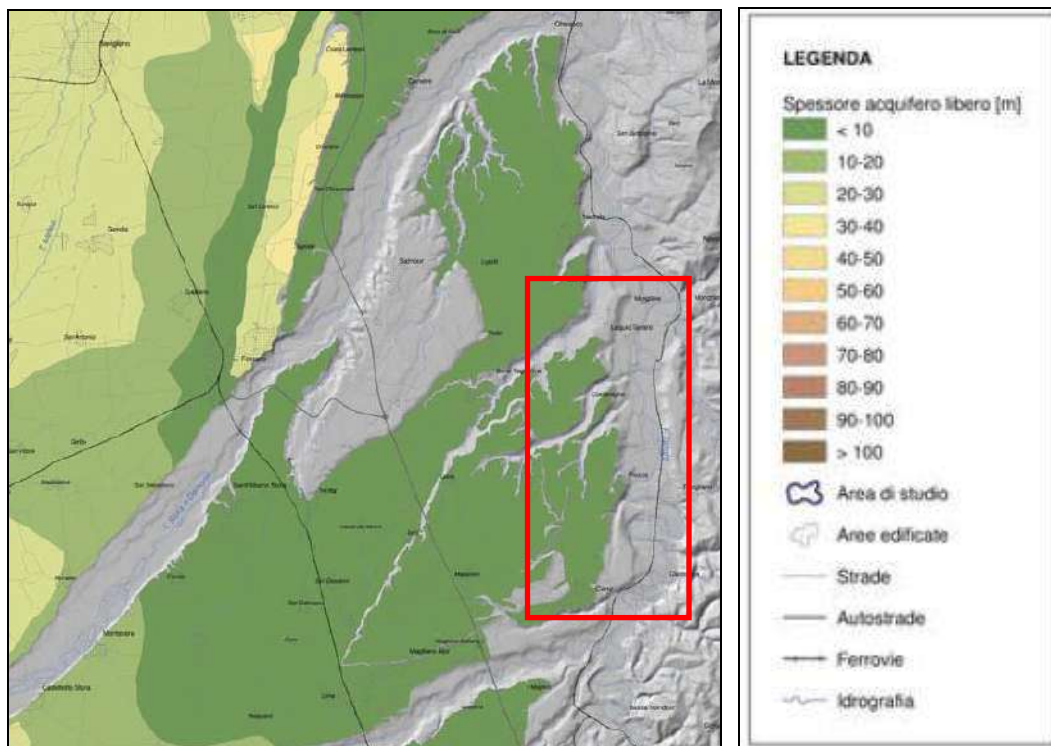


Figura 21: spessore dell’acquifero superficiale (Fonte: Le acque sotterranee della pianura e della collina cuneese).

6.2. Assetto piezometrico

Il deflusso idrico sotterraneo è condizionato dagli elevati dislivelli tra le superfici terrazzate più antiche (a quote superiori ai 340-350 m s.l.m.), sulle quali scorrerà la condotta in progetto nel tratto tra Carrù e Piozzo, e il fondovalle del F. Tanaro, situato ad una quota inferiore di un centinaio di metri.

Tale morfologia esprime il risultato delle successive fasi di abbassamento del livello fluviale del F. Tanaro durante il Pleistocene, come esemplificamente dimostrato nei profili topografici nel seguito riportati, ottenuti dal DTM - modello digitale del terreno di ARPA Piemonte con maglia a 5 metri.

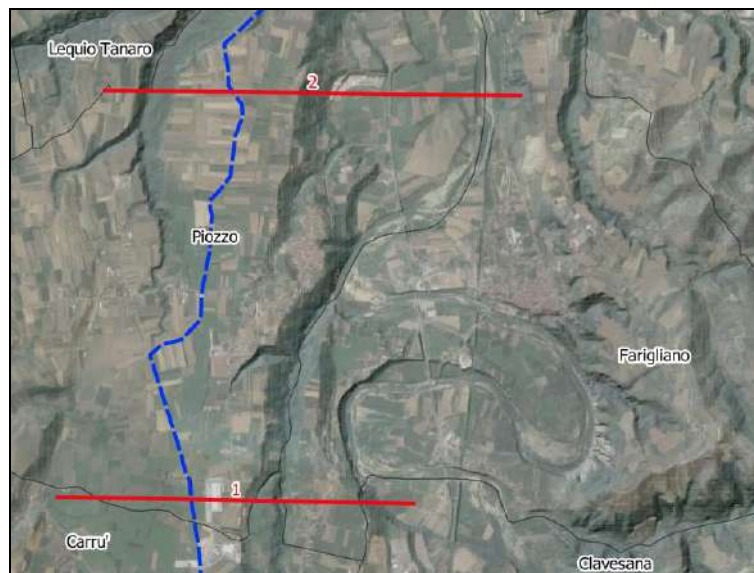


Figura 22: ubicazione delle sezioni topografiche schematiche (in rosso), trasversali al tracciato in progetto (linea blu)



Figura 23: sezione topografica trasversale al tracciato acquedottistico, nel settore tra Castelletto di Piozzo (altopiano a sx.) e il F. Tanaro a valle di Farigliano (a dx.)



Figura 24: sezione topografica trasversale al tracciato acquedottistico, nel settore tra Carrù (altopiano a sx.) e il F. Tanaro a valle di Clavesana (a dx.)

Questo assetto risulta ben esemplificato nelle cartografie piezometriche a scala regionale, edite sul GEOportale di ARPA Piemonte, nel seguito riportate, dalle quali è possibile cogliere la direttrice di deflusso idrico sotterraneo prevalente da Ovest verso Est, con intervalli di quote piezometriche fortemente variabili: da oltre 400 m s.l.m. sull’altopiano del Beinale, ai 350 m s.l.m. tra Carrù e Piozzo sino alle quote di scorrimento fluviale del Tanaro a 240 m s.l.m.

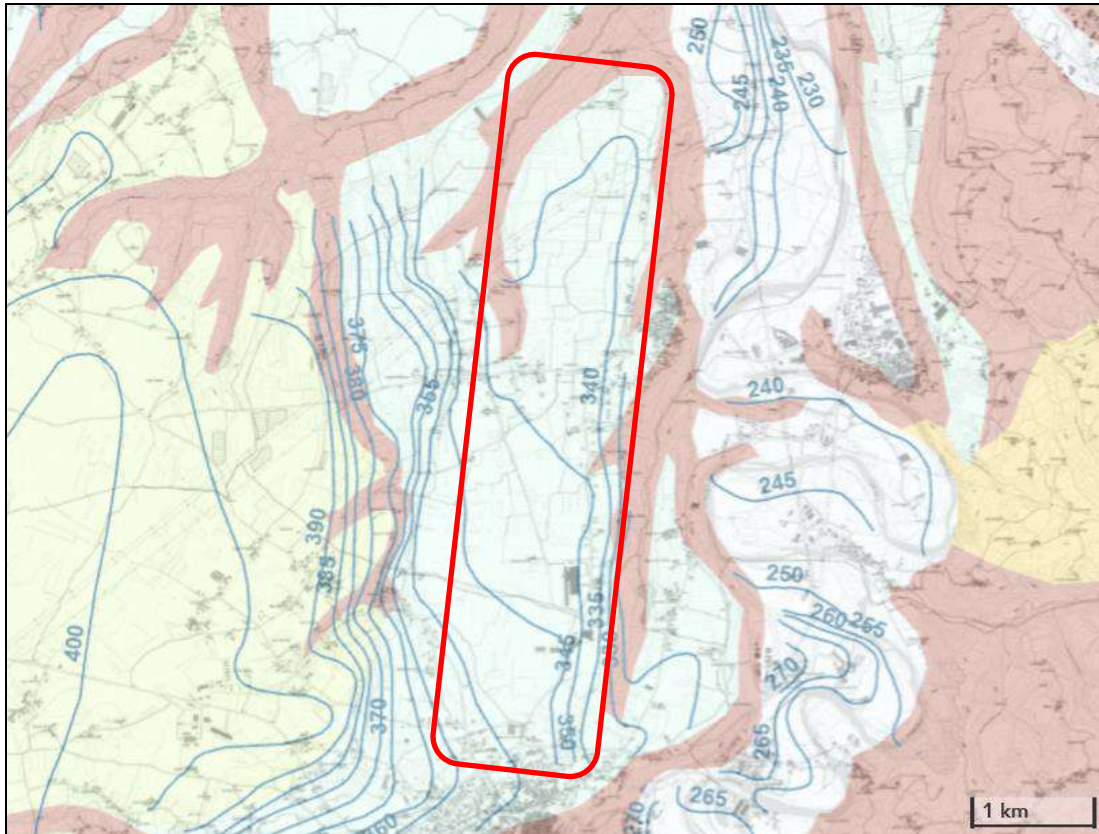


Figura 25: stralci della Carta Idrogeologica – tratto Sud del tracciato (Fonte GEOportale ARPA Piemonte)

Più nel dettaglio, seguendo il tracciato dell'infrastruttura in progetto da Sud verso Nord, nel settore di altopiano terrazzato di Carrù sino a San Grato - Biale, le direttrici di deflusso idrico sotterraneo sono disposte con una componente variabile tra Est e Nord-Est, con quote piezometriche variabili tra un massimo di 345-350 m s.l.m. sino ad un minimo inferiore ai 340 m s.l.m., corrispondenti a classi di soggiacenza inferiori a 5 metri dal piano-campagna nel settore centrale dell'altopiano tra Carrù e San Grato di Piozzo sino a 5-10 metri dal piano-campagna, in corrispondenza alla zona più prossima alle scarpate di raccordo con le superfici terrazzate inferiori.

Proseguendo verso Nord, il campo di moto della falda freatica si connota per un fronte alimentante proveniente dalla base delle scarpate di terrazzo più elevate, drenato dal livello di base del Tanaro, con deflusso in direzione Ovest-Est, tra quote piezometriche variabili tra 250 e 220 m s.l.m., con valori di gradiente piuttosto elevati (sino a 0.075).

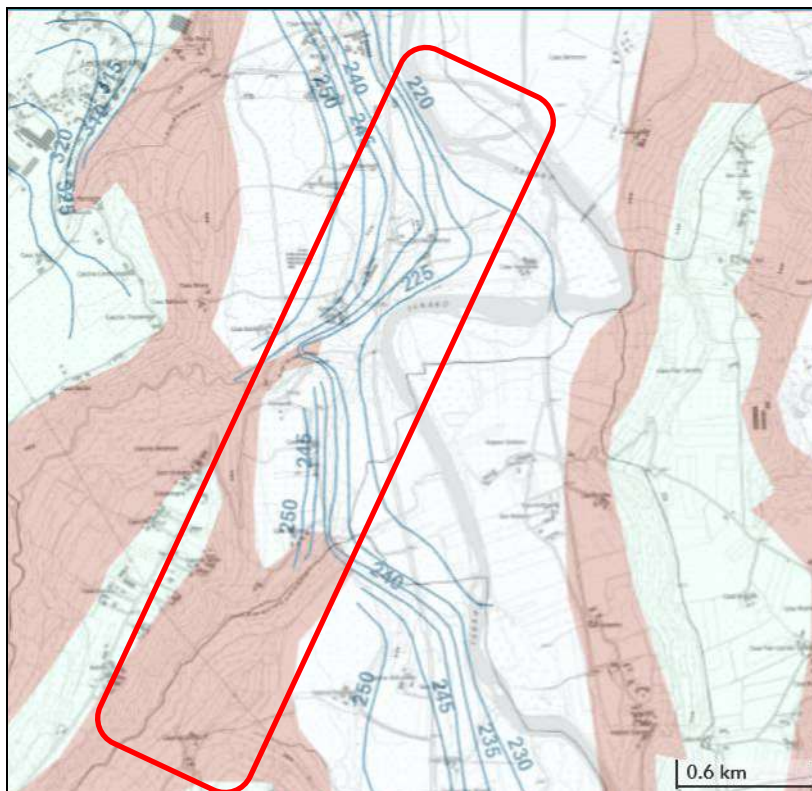


Figura 26: stralcio della Carta Idrogeologica – tratto intermedio del tracciato (Fonte GEOportale ARPA Piemonte)

E' rilevante considerare che nella cartografia idrogeologica del GEOportale non viene riportato il campo di moto della falda freatica in destra Tanaro, nell'area di fondovalle del T. Rea, se non limitatamente ad uno stretto intorno della confluenza dei due corsi d'acqua (più a Nord del

tracciato dell'opera in progetto); non sono altresì presenti piezometri registratori della rete di monitoraggio regionale delle acque sotterranee nelle unità idrogeologiche lungo il tracciato.

6.3. Monitoraggio dei livelli di falda interferenti con il tracciato di progetto

Con la finalità di acquisire elementi aggiornati e puntuali in ordine ad una valutazione delle possibili interferenze tra livelli di falda nel sottosuolo e scavi per la posa della condotta, è stato quindi eseguito dapprima un censimento delle opere di captazione delle acque sotterranee più prossime al tracciato di progetto dell'infrastruttura acquedottistica, con successiva selezione orientata ad una campagna di verifica in sito con misura diretta dei livelli freaticometrici nei pozzi più significativi risultati accessibili. Il censimento ha preso in considerazione i dati tecnici forniti dai proprietari di pozzi durante le autodenuunce inoltrate ai comuni per effetto del D. Lgs. 12 luglio 1993, n. 275 ("Riordino in materia di concessione di acque pubbliche"); in particolare, si è ritenuto significativo considerare tra questi dati quello relativo alla profondità totale del pozzo dichiarata, che, opportunamente filtrato, fornisce un elemento indizievole ai fini della valutazione di una possibile falda freatica a bassa profondità.

Come è possibile osservare nella figura seguente, in gran parte del tratto di tracciato compreso tra Carrù e Piozzo, proseguendo anche verso Lequio Tanaro, è del tutto ubiquitaria la presenza di pozzi freatici approfonditi anche solo a profondità di pochi metri dal piano-campagna, a indicare la diffusa presenza di una falda idrica subsuperficiale.



Figura 27: censimento dei pozzi da autodenuunce ex D. Lgs. 12 luglio 1993, n. 275; tratto di condotta in progetto tra Carrù (a sx.) e Piozzo (a dx.), con indicazione della profondità di scavo.

I valori massimi di profondità, superiori a 5 metri, sono distribuiti nei pressi della scarpata di terrazzo al raccordo con la Valle Tanaro, mentre i valori inferiori connotano la restante parte interna della superficie subpianeggiante.

Nel restante tratto settentrionale dell'opera in progetto, le profondità di scavo dei pozzi freatici sono normalmente superiori a 5 metri; tutti questi dati sono coerenti con quanto noto a livello di area vasta in termini di ridotto spessore dell'acquifero superficiale (inferiore a 10 metri).



Figura 28: censimento dei pozzi da autodenunce ex D. Lgs. 12 luglio 1993, n. 275; tratto di condotta in progetto tra Lequio Tanaro (a sx.) e Monchiero (a dx.), con indicazione della profondità di scavo.

Nel periodo tardo-primaverile del 2022 è stata quindi condotta una campagna di misure freaticometriche, in un periodo connotato da diffuso esercizio dei canali irrigui per scorrimento a gravità attraverso le aree agricole, le cui dispersioni dal fondo in terra non rivestito alimentano il deflusso idrico sotterraneo.

Complessivamente è stato possibile eseguire un totale di 8 misure con freaticometro elettroacustico centimetrato, nelle posizioni lungo il tracciato indicate nelle figure seguenti, e nella tabella successiva, in pozzi di largo diametro per alcuni dei quali, mediante intervista ai proprietari, è stato possibile indicare l'altezza di risalita dei livelli nota in base alle osservazioni stagionali; occorre considerare che i livelli misurati nel corso della primavera 2022 si collocano nell'ambito di un periodo idrologico antecedente connotato da un'importante siccità idrologica prolungata nei mesi invernali, e come tali potrebbero non essere adeguatamente rappresentativi delle effettive quote di falda usuali nel periodo irriguo.

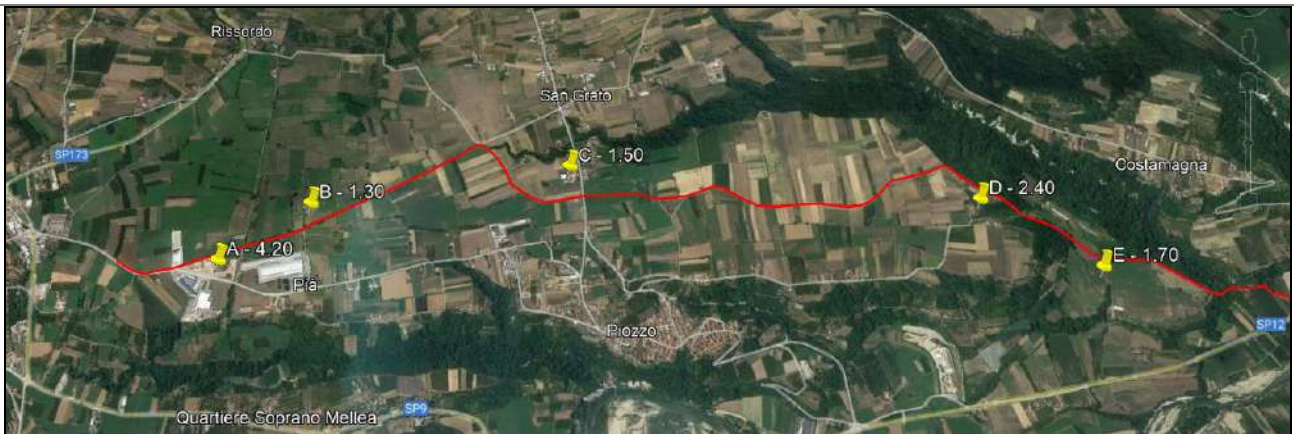


Figura 29: pozzi utilizzati durante la campagna di misura tardo-primaverile con indicazione dei valori di soggiacenza dei livelli freatici (riportati in metri da piano-campagna). Il tratto, da Carrù a Lequio Tanaro



Figura 30: pozzi utilizzati durante la campagna di misura tardo-primaverile e valori di soggiacenza dei livelli freatici (riportati in metri da piano-campagna). Il tratto, da Lequio Tanaro a Monchiero.



Figura 31: canale irriguo a scorrimento in esercizio a piene sponde presso località Castelletto di Piozzo

		
Pozzo A	Pozzo B	Pozzo D
Soggiacenza misura 4.20 m	Soggiacenza misura 1.30 m	Soggiacenza misura 2.40 m
Soggiacenza minima 2.0 m	Soggiacenza minima n.d.	Soggiacenza minima n.d.
		
Pozzo E	Pozzo F	Pozzo G
Soggiacenza misura 1.70 m	Soggiacenza misura 4.05 m	Soggiacenza misura 7.15 m
Soggiacenza minima n.d.	Soggiacenza minima 1.50 m	Soggiacenza minima n.d.

Figura 32: punti di controllo del livello freatico e relativi dati di misura o indicati dagli utenti.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico caratteristico del settore collinare compreso tra Monchiero e il tratto terminale del tracciato di progetto, in comune di Monforte d'Alba, è possibile riportare le seguenti considerazioni, atteso che non è possibile disporre di dati sistematici relativi alla distribuzione dei livelli di falda, in assenza di un acquifero dotato di continuità laterale come nel tratto di tracciato tra Carrù e Lequio Tanaro.

La successione stratigrafica caratteristica è rappresentata da:

- coltri eluvio-colluviali di spessori variabili (sino ad un massimo di una decina di metri nelle linee di impluvio), contraddistinti da materiali coesivi limosi e argillosi con diverso grado di consistenza e plasticità; questi ultimi risultano essere scarsamente permeabili per porosità primaria a causa della presenza di abbondante matrice coesiva;
- un substrato roccioso marnoso che svolge un ruolo di aquitarde nei confronti dell'infiltrazione azimutale (che pertanto tende a saturare progressivamente le coltri eluvio-colluviali di cui sopra, instabilizzandole), mentre all'interno della formazione si creano orizzonti preferenziali saturi in corrispondenza di interlivelli sabbiosi o arenacei debolmente cementati, con direzione di deflusso parallela alla stratificazione.

Dalla consultazione della Banca Dati Geotecnica di ARPA Piemonte emerge la disponibilità di dati nel tratto collinare con un dato di livello di falda disponibile nel contesto di una campagna di indagini geognostiche eseguite in comune di Monchiero a monte di Cascina Lupa verso il crinale di Piancerreto inferiore - località San Carlo, nel sito indicato nella figura seguente, situato ad una distanza di poche centinaia di metri a Sud del tracciato di progetto.

Il sito di indagine, orientato al progetto del Metanodotto Bra-Dogliani DN 500, ha consentito di identificare un substrato roccioso costituito da Marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere (Tortoniano - Miocene) nei quali è stata identificata una coltre eluvio-colluviale prevalentemente limosa di spessore variabile sino a 12 metri circa; il livello di falda, registrato nel mese di agosto 1996 si attestava tra un minimo di 2.30 metri da p.c. e un massimo di 12.10 da piano-campagna; quest'ultimo valore è rappresentativo di una condizione di circolazione tipicamente collocata, in regime idrologico di magra e ordinario, all'interfaccia tra substrato e coperture eluvio-colluviali. Il dato di falda più prossimo al piano di campagna è ascrivibile a possibili falde sospese, espressione della circolazione idrica in livelletti più permeabili.

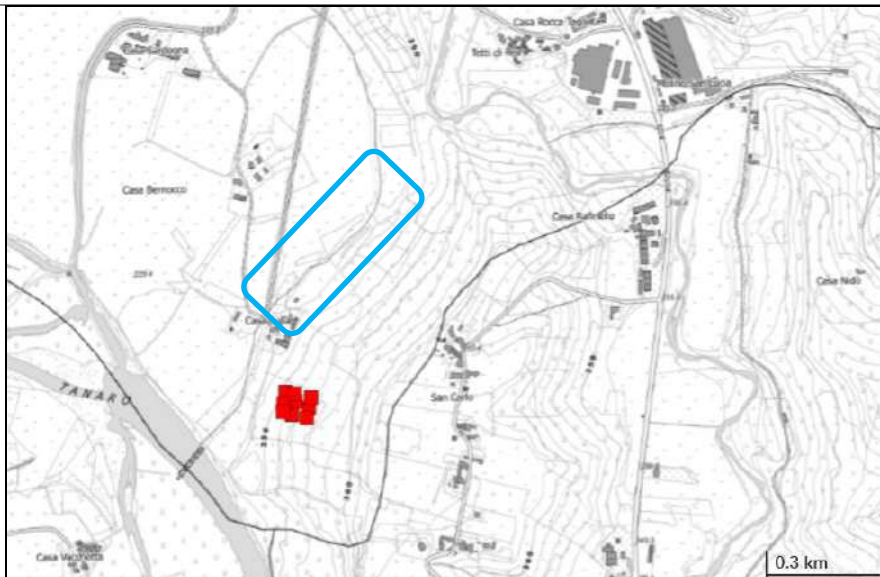


Figura 33: area di indagine (in rosso) prossima al tracciato di progetto (in blu), presso C.na Lupa (Monchiero)

Coerentemente con quanto più ampiamente descritto nei capitoli successivi, nel sito oggetto di un recente intervento di consolidamento di un movimento franoso lungo la S.P. 163 in località “Panerole”, le indagini geognostiche hanno permesso di identificare livelli di falda a profondità variabili tra 6.6 e 2.7 metri dal piano-campagna (rispettivamente nei sondaggi S1, S2, settembre 2020), espressioni della circolazione idrica sotterranea in falde sospese ospitate in interlivelli sabbioso-fini intercalati ai depositi limoso-argillosi. Occorre inoltre sottolineare che tali livelli sono determinati al termine della realizzazione dei sondaggi, e pertanto sono suscettibili di innalzamenti in risposta ad eventi idrologici di elevata intensità e/o durata.

7. CARATTERI LITOTECNICI

7.1. Generalità

Per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista litotecnico, si è fatto riferimento sia ad una raccolta di dati pregressi afferenti alla bibliografia specialistica di settore, riferita ad uno stretto intorno delle unità geologiche lungo il tracciato, sia all’esito delle indagini geotecniche eseguite lungo una serie di verticali distribuite in asse al tracciato stesso, con la finalità di acquisire dati sperimentali diretti.

Da un punto di vista delle caratteristiche litotecniche generali, è possibile distinguere

- Terreni alluvionali, sciolti, a comportamento granulare con caratteristiche geotecniche controllate dall'addensamento, variabile con l'età del deposito (più elevato sui terrazzi più antichi del F. Tanaro, via via inferiore sino ai depositi recenti ed attuali negli alvei del F. Tanaro, T. Rea ed affluenti), e dal grado di saturazione, dipendente dalla posizione della superficie freatica.
- Terreni di alterazione eluvio-colluviale, che ricoprono le rocce del substrato delle formazioni del Bacino Terziario Ligure Piemontese, aventi spessori metrici o plurimetrici in rapporto alla pendenza dei versanti e alla morfologia; si tratta di terreni prevalentemente fini a comportamento pseudo-coesivo, con grado di plasticità e consistenza dipendente dal contenuto idrico.
- Substrato Terziario alterato, in posto, costituito da Formazioni aventi comportamento assimilabile a "rocce tenere", controllato dalla granulometria primaria, dal grado di sovra-consolidazione, dalla cementazione e dalla fratturazione; la stabilità alla scala di versante è determinata significativamente dalle condizioni giaciture (pendenza ed inclinazione degli strati).

7.2. Parametri geotecnici

Ai fini di una parametrizzazione dei terreni attraversati dalla condotta, nel seguito viene proposta una sintesi dei dati interpretativi, riferiti ad un modello di comportamento dei terreni, basandosi sulle correlazioni empiriche tra risultati delle prove geotecniche e caratteristiche geotecniche fondamentali.

Per il dettaglio delle prove penetrometriche si rimanda al "*Rapporto di Indagini geofisiche e geognostiche a supporto del Progetto Definitivo della nuova condotta Carrù - Monforte d'Alba*" (Maggio 2022).

Relativamente ai terreni alluvionali sciolti, sono stati pertanto espressi i seguenti parametri, assumendo l'assenza di coesione:

- Numero medio di colpi N_{SPT}
- Densità relativa (%)
- Peso dell'unità di volume γ
- Angolo di attrito interno di picco ϕ'
- Modulo elastico E
- Modulo di Poisson ν

I medesimi parametri sono stati considerati per i depositi eluvio-colluviali a comportamento pseudo-coesivo, controllato dal grado di saturazione in acqua nelle diverse fasi idrologiche.

Nel caso dei terreni costituenti il substrato terziario alterato, aventi un comportamento coesivo, sono stati ricavati indirettamente i seguenti parametri:

- Numero medio di colpi N_{SPT}
- Peso dell'unità di volume γ
- Coesione c_u (non drenata)
- Angolo di attrito interno = nullo
- Modulo elastico E

Relativamente a tali "rocce tenere", è opportuno considerare che la consultazione della bibliografia specialistica di settore consente di riportare dati di repertorio, relativi a prove meccaniche eseguite su materiali argilloso-marnosi nella zona di studio, dai quali sono desumibili i seguenti valori dei parametri fisico-meccanici, variabili in funzione del grado di consolidamento dei materiali.

Ci si riferisce in particolare ai parametri assunti per la caratterizzazione dei terreni di fondazione delle opere di consolidamento del movimento franoso in comune di Monforte d'Alba, località Panirole, meglio descritto nel capitolo seguente.

GEO-UNITÀ U1		GEO-UNITÀ U2	
Parametro geotecnico	Valori caratteristici (xk)	Parametro geotecnico	Valori caratteristici (xk)
Coesione non drenata (c_u)	75,0 kPa	Coesione non drenata (c_u)	62,0 kPa
Coesione efficace (c')	6,0 kPa	Angolo di attrito interno di picco (φ) [*]	34°
Angolo di attrito interno di picco (φ')	29°	Peso di volume (γ)	2'200 kg/m ³
Peso di volume (γ)	1'900 kg/m ³		

7.3. Caratteristiche litotecniche - depositi alluvionali

Le prove in sito su terreni alluvionali sono state eseguite nel primo tratto del tracciato, sulle superfici terrazzate più altimetricamente elevate situate tra Carrù, Piozzo e Lequio Tanaro in riva sinistra del F. Tanaro; si riportano nel seguito i valori caratteristici determinati.

Prova	Unità litotecnica	Strato	Prof. da p.c. (m)	N _{SPT} (-)	Tipo terreno	DR (%)	Peso unità volume saturo (kN/m ³)	Angolo attrito (°)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (-)
DPM1	depositi alluvionali	1	0,8	6	incoerente	58	18,5	28,5		0,34
DPM1	depositi alluvionali	2	1,00	25	incoerente	100	19,9	33,1	19,7	0,30
DPM2	depositi alluvionali	1	0,5	13	incoerente	88	19,0	30,3	13,7	0,33
DPM2	depositi alluvionali	2	1,2	2	incoerente	31	18,1	27,6		0,36
DPM2	depositi alluvionali	3	1,4	27	incoerente	100	20,0	33,5	20,4	0,30
DPM4	depositi alluvionali	1	4,1	5	incoerente	45	18,4	28,2		0,34
DPM5	depositi alluvionali	1	0,4	20	incoerente	100	19,5	34,7	17,3	0,31
			media	14		74	19,1	30,8	17,8	0,33
			dev. st.	10,3		29,4	0,7	2,9	3,0	0,02
			max	27		100	20,0	34,7	20,4	0,36
			min	2		31	18,1	27,6	13,7	0,30

Figura 34: riepilogo delle caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali

7.4. Caratteristiche litotecniche - depositi eluvio-colluviali

Le prove in sito su terreni eluvio-colluviali sono state eseguite nel primo tratto del tracciato, limitatamente ad un sito collocato lungo una scarpata di raccordo delle superfici terrazzate Piozzo e Lequio Tanaro in riva sinistra del F. Tanaro e, più diffusamente, lungo i pendii di raccordo tra Monchiero e Monforte d'Alba, in riva destra dal F. Tanaro.

Anche nel caso di queste coperture è stato assunto un comportamento proprio di terreni sciolti, trattandosi di terreni pseudo-coesivi la cui consistenza è controllata dal grado di saturazione, dipendente dalle condizioni idrologiche.

Prova	Unità litotecnica	Strato	Prof. da p.c. (m)	N _{SPT} (-)	Tipo terreno	DR (%)	Peso unità volume saturo (kN/m ³)	Angolo attrito (°)	Modulo elastico (MPa)	Modulo Poisson (-)
DPM3	eluviocolluviali	1	2,8	3	incoerente	41	18,3	28,0		0,35
DPM6	eluviocolluviali	1	0,5	13	incoerente	89	19,1	32,3	14,0	0,33
DPM6	eluviocolluviali	2	1,3	5	incoerente	53	18,4	28,2		0,34
DPM7	eluviocolluviali	1	0,4	15	incoerente	94	19,2	32,8	14,6	0,33
DPM7	eluviocolluviali	2	4	10	incoerente	64	18,8	30,2	12,3	0,33
DPM8	eluviocolluviali	1	1,5	4	incoerente	46	18,3	27,4		0,35
DPM9	eluviocolluviali	1	2,1	7	incoerente	60	18,6	29,2		0,34
DPM10	eluviocolluviali	1	4,4	5	incoerente	47	18,4	27,9		0,34
			media	8		62	18,7	29,5	13,6	0,34
			dev. st.	4,3		19,9	0,4	2,1	1,2	0,01
			max	15		94	19,2	32,8	14,6	0,35
			min	4		46	18,3	27,4	12,3	0,33

Figura 35: riepilogo delle caratteristiche geotecniche dei depositi eluvio-colluviali

7.5. Caratteristiche litotecniche - Substrato terziario alterato

Le prove in sito sulla porzione più alterata del substrato terziario sono state eseguite soprattutto nel secondo tratto del tracciato, lungo i pendii collinari estesi tra Monchiero e Monforte d'Alba, in riva destra idrografica del F. Tanaro.

Prova	Unità litotecnica	Strato	Prof. da p.c. (m)	N _{SPT} (-)	Tipo terreno	Peso unità volume saturo (kN/m ³)	Cu (kPa)	Modulo elastico (MPa)
DPM3	substrato	2	3,5	26	coesivo	22,0	169,7	25,1
DPM4	substrato	2	4,9	14	coesivo	22,1	91,2	13,5
DPM6	substrato	3	2,1	22	coesivo	20,9	142,2	21,1
DPM8	substrato	2	2,4	26	coesivo	22,2	175,5	25,9
DPM9	substrato	2	3,6	22	coesivo	21,0	144,2	21,3
DPM10	substrato	2	5,2	19	coesivo	22,7	126,5	18,7
			media	21		21,8	141,5	21,0
			dev. st.	4,6		0,7	30,7	4,5
			max	26		22,7	175,5	25,9
			min	14		20,9	91,2	13,5

Figura 36: riepilogo delle caratteristiche geotecniche del substrato alterato

8. CONDIZIONI DI STABILITÀ LOCALI

8.1. Dissesti gravitativi

8.1.1. Dissesti in atto

Il tratto di condotta in progetto compreso tra Monchiero Alto, lungo la S.P. 163 e la località Gorretta sino al serbatoio di accumulo a Monforte d'Alba, è ascritto nella Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte tra i "Tronchi stradali soggetti da interruzioni per frane - Da 1 a 3 casi accertati".

In questo contesto, uno specifico elemento di attenzione risiede nelle opere di mitigazione di un dissesto gravitativo verificatosi in Comune di Monforte d'Alba lungo la S.P. n. 163 - Tronco: Barolobivio SP 57, per il quale è stato predisposto un Progetto Esecutivo di "Lavori di consolidamento erosione progr. km 3+400" da parte del Settore Viabilità della Provincia di Cuneo (dicembre 2021) a firma degli Ing. D. Bruna, E. Ferraro e Geol. P. Tible.

Tale dissesto interessa un tratto viabile in località "Panerole" ovvero nel tratto compreso tra il bivio con la S.P. 57 che collega Monforte d'Alba con Monchiero e la S.P. n° 12. Il dissesto si manifesta con un evidente cedimento della piattaforma bitumata, innescatosi durante le abbondanti piogge di maggio 2008 e progressivamente peggiorato anche a seguito di eventi

meteorici ordinari. Lo schema di intervento consiste un'opera di sostegno a valle della carreggiata e opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee, ed è stato preceduto da una campagna di indagini di tipo diretto con sondaggi a carotaggio attrezzati a piezometro e indagini geofisiche (tomografie elettriche, linee sismiche e MASW) che, a loro volta, facevano seguito a precedenti campagne di indagini geognostiche e geotecniche.

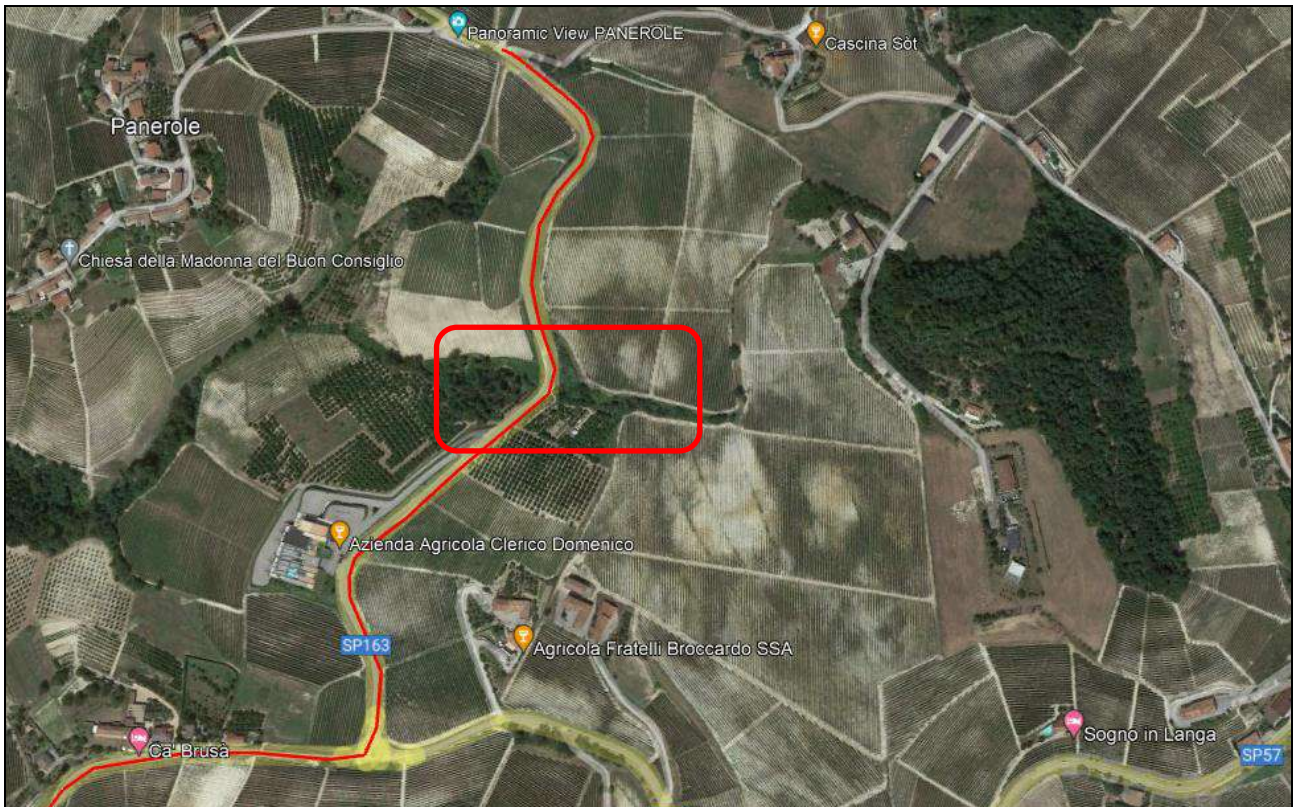


Figura 37: inquadramento dell'area in dissesto interessata da opere di consolidamento viario della S.P. 163

L'area in dissesto, oggetto di interventi di consolidamento, si trova ad una quota di circa 360 m s.l.m., è impostata nella Formazione delle Marne di S. Agata Fossili, del BTP - Bacino Terziario Ligure-Piemontese, connotata da una giacitura isoclinale immergente verso Nord Nord Ovest, con un'inclinazione variabile di 5° e 20°. Il versante è orientato verso Ovest-Nord-Ovest e presenta un'inclinazione di 10°; è attraversato da un'incisione di un rio senza nome tributario del Rio Rataldo (affluente del T.Rea presso Monchiero). La documentazione di progetto delle opere di consolidamento descrive "nicchie di distacco, primarie e secondarie, ondulazioni sul corpo di frana, scarpate e gradini morfologici, accompagnati da ampi settori caratterizzati da intensa ritenzione idrica, con salienze e ristagni. Le morfologie descritte, seppur meno palesi, si estendono anche a monte della carreggiata e appartengono tutte al medesimo dissesto".



Figura 38: vista del dissesto lungo la S.P. 163, a valle della sede stradale (Fonte: Provincia di Cuneo, Relazione geologica di progetto) e cartografia geomorfologica interpretativa.

La classificazione della frana è ascritta dai progetti ad un “*meccanismo di movimento di tipo scivolamento planare*”, inserito in un’area di più ampie dimensioni suscettibile di evoluzione gravitativa. La frana si inserisce nel contesto di un settore già interessato nel 2004 dalla “*messa in opera di sistemi di sostegno del pendio (gabbionate) e drenaggio delle acque di scorrimento sotterraneo, indicando la completa saturazione delle coltri di copertura coesive presenti al di sopra del substrato roccioso marnoso, la causa innescante delle frane*”

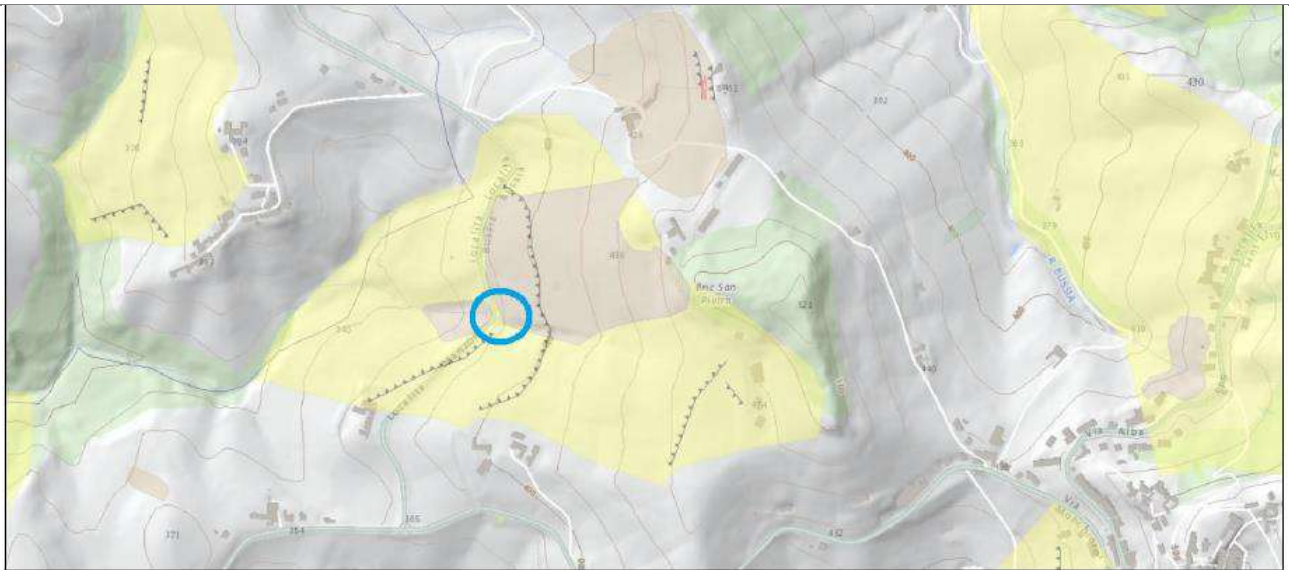


Figura 39: stralcio dalla cartografia SIFRAP di ARPA Piemonte (Sistema Informativo Frane)

Si riporta inoltre una sezione interpretativa pregressa del terreno prossimo al settore in frana, che illustra gli spessori dei terreni di copertura con grado di consistenza variabile, poggianti sopra al substrato marnoso in posto, nei pressi di una Cantina Vinicola adiacente.

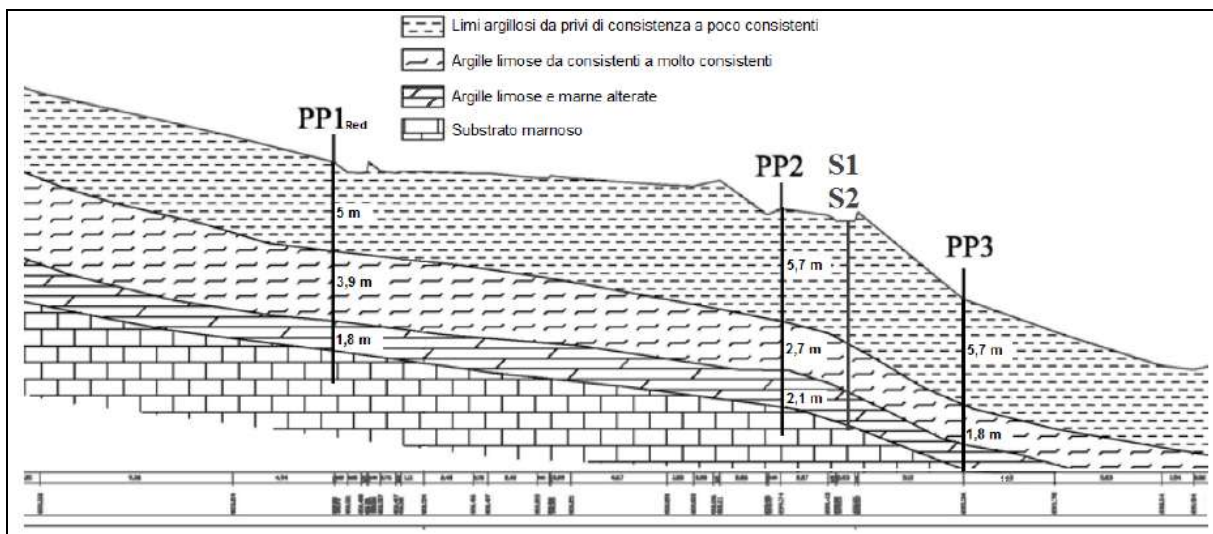


Figura 40: sezione interpretativa del dissesto (Fonte: Provincia di Cuneo, Relazione geologica di progetto)

Tenuto conto della profondità del substrato litoide tra 8-10 metri circa di profondità, dei risultati delle prove geotecniche in sito, geofisiche e su campioni di laboratorio, sono stati definiti dai progettisti i parametri caratteristici citati nel capitolo precedente.

Il progetto prevede quindi la messa in opera di *“gruppi di microdreni suborizzontali, realizzati nella scarpata di valle e di monte della rotabile e adottati tutti gli accorgimenti tecnici atti all’intercettazione, all’allontanamento e allo smaltimento delle acque di scorrimento superficiale”*

nonché l'immorsamento indiretto delle opere di consolidamento al piede della scarpata entro l'unità del substrato oltre gli 11 metri di profondità circa.

Oltre al sito suddetto, si segnala che un breve tratto del tracciato in progetto si inserisce al piede di un versante segnalato in dissesto per scivolamento roto-traslativo, soggiacente il Borgo Antico di Monchiero sino alla sede ferroviaria; oltre alla segnalazione della Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte riferita al gennaio 1979, successive approfondite indagini geotecniche nel 2006 hanno valutato lo spessore e la tipologia dei terreni coinvolti, come risulta dal GEOPortale di ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica. Nel sito è segnalata una Formazione di "*Marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere (Tortoniano - Miocene)*", nella quale è riconoscibile la successione stratigrafica nel seguito descritta, costituita da terreni di copertura tra 3.8 e 7 metri.

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
105172	1.00	terreno vegetale limoso deb. argilloso con resti vegetali scarsamente addensati
105172	2.00	terreno rimaneggiato limoso argilloso debolmente plastico con alcuni ciottoli
105172	3.80	limo argilloso scarsamente addensato
105172	9.00	argilla marnosa e/o marna argillosa
105172	26.00	marna a tratti debolmente argillosa con rare passate fratturate

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
105174	0.50	terreno vegetale limoso debolmente argilloso con resti vegetali
105174	1.50	terreno rimaneggiato limoso debolmente sabbioso deb. ghiaioso fine addensato
105174	4.30	limo sabbioso fine addensato
105174	7.00	limo deb. argilloso scarsamente addensato mediamente plastico deb. organico
105174	12.00	marna sabbiosa con alcune fratture
105174	15.00	sabbia marnosa e/o marna sabbiosa
105174	30.00	alternanze di livelli di marna sabbiosa e livelli di marna sabbiosa limosa con rare fratture



Figura 41: stralcio dal Sistema informativo di monitoraggio controllo frane di ARPA Piemonte) ReRCoMF

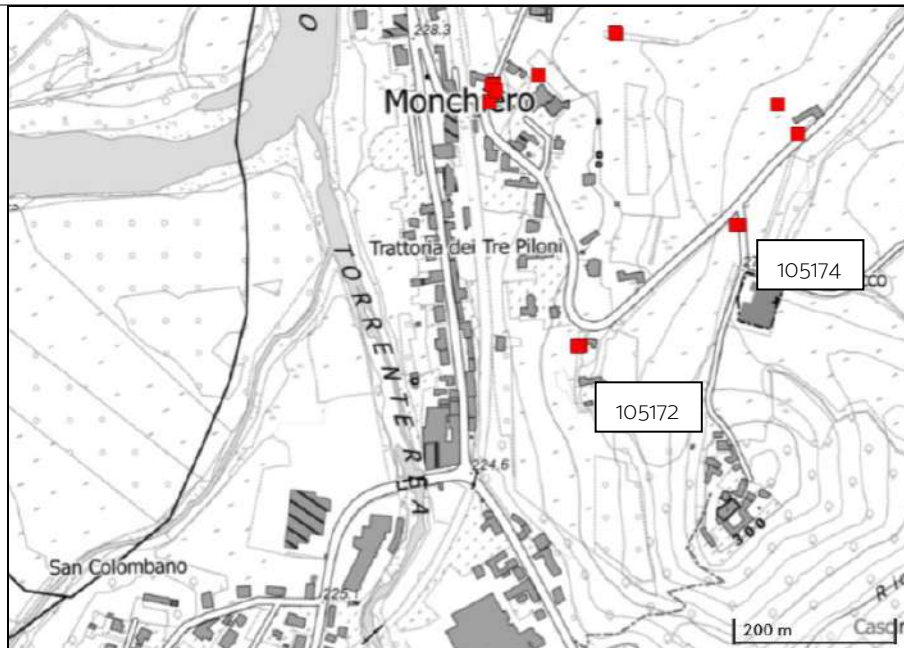


Figura 42: stralcio della Banca Dati Geotecnica (ARPA Piemonte) riferito al tratto in frana soggiacente il Borgo Antico di Monchiero sino alla sede ferroviaria, con localizzazione dei sondaggi eseguiti.

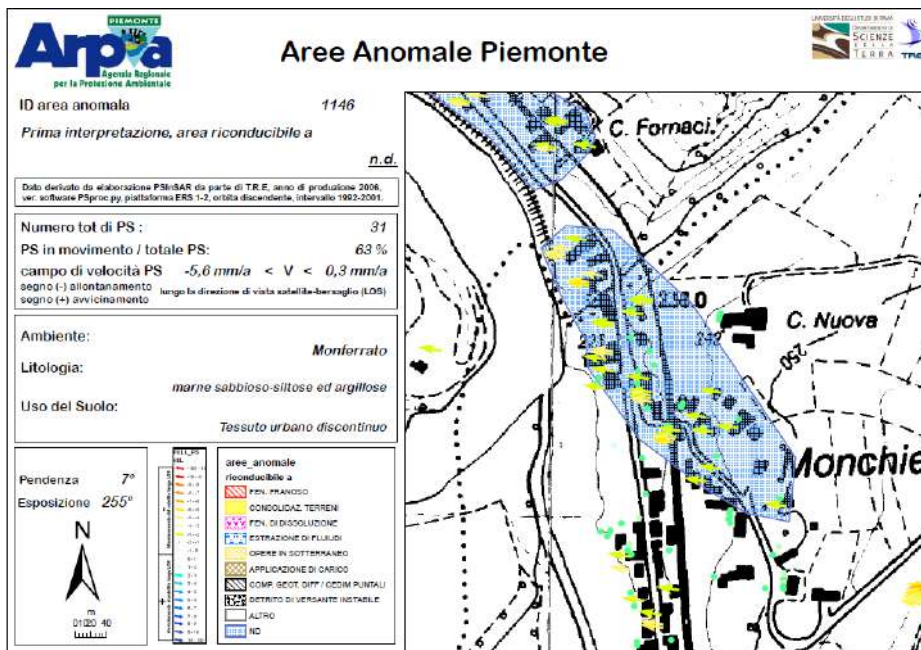


Figura 43: scheda PS-Insar n°1146 (ARPA Piemonte) riferita al concentrico di Monchiero – C. Nuova

Le analisi interferometriche satellitari hanno reso disponibile una sintesi analitica da parte di ARPA Piemonte relativamente al settore inferiore dell'area, presso le case di Monchiero - C. Nuova; in particolare, è stato riscontrato un tasso di spostamento dei PS inferiore ai 0.3 mm/anno, in un settore di versante a bassa inclinazione (7°), orientato verso N 255°, con caratteristiche cinematiche non dissimili da quelle che di norma connotano i fenomeni franosi noti come

“scorrimenti traslativi/planari”, caratteristici nel contesto del Bacino Terziario Piemontese.

La Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte riporta inoltre un fenomeno di scorrimento con effetti sulla sede stradale presso località “Madonna di Pansolia”, registrato nel 2009.

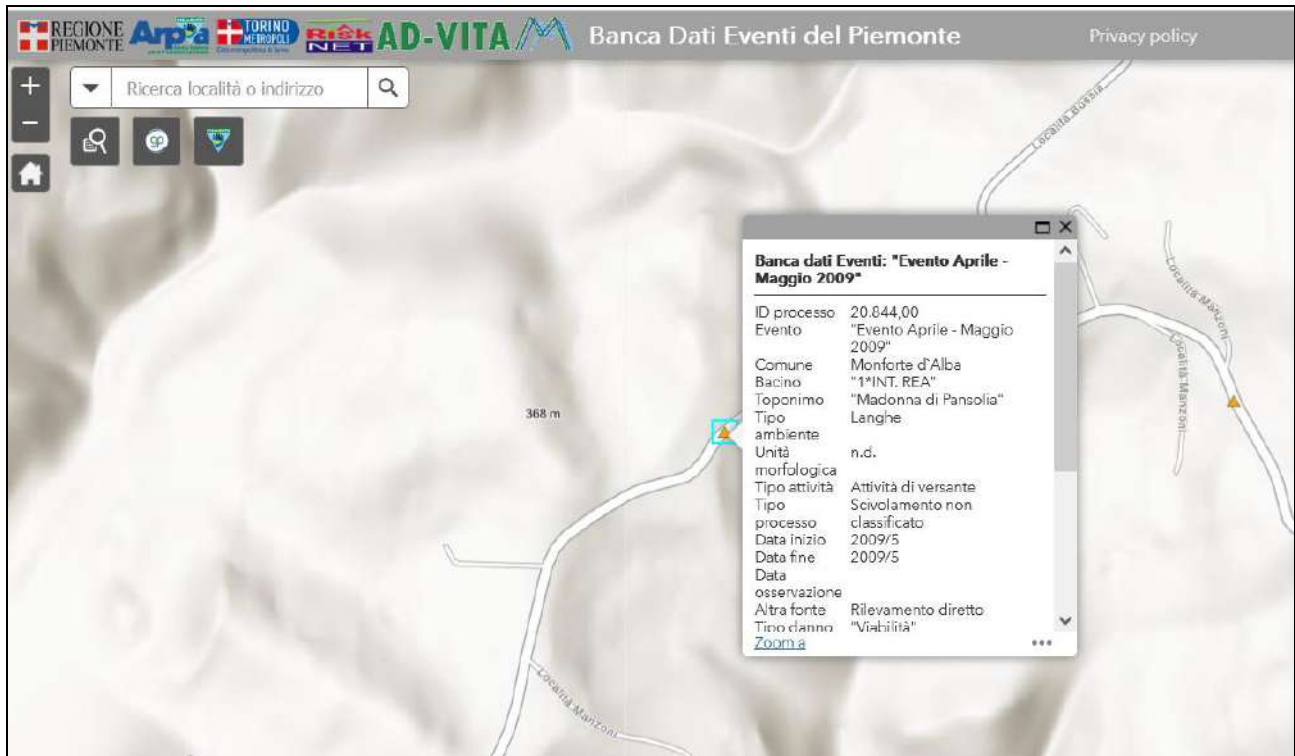


Figura 44: scheda PS-Insar n°1146 (ARPA Piemonte) riferita al concentrico di Monchiero – C. Nuova

8.1.2. Dissesto potenziale

Ai fini di una valutazione preventiva delle potenziali condizioni di instabilità di versante, è stata consultata ed analizzata la bibliografia e la cartografia specialistica ai settori di interesse attraversati dalla condotta in progetto. Tenendo conto della pendenza e dell’orientazione dei versanti attraversati, nonché della tipologia di sottosuolo nota in cartografia geologica, è possibile segnalare aree di suscettibilità al dissesto a livello del substrato e/o delle coltri. Nel seguito vengono pertanto presentati e descritti i tratti di possibile attenzione lungo il tracciato in progetto, caratterizzati per quanto è possibile alla luce dei dati disponibili. Particolare attenzione è stata dedicata all’analisi del SIFRAP – Sistema Informativo Frane – di ARPA Piemonte, che individua come “Aree CARG” alcuni settori con caratteristiche strutturalmente predisponenti nei confronti di fenomeni franosi per scivolamento planare o rotazionale (in particolare, alcuni versanti esposti a NW), in analogia con quanto riscontrato nel corso dei più importanti eventi alluvionali pregressi (evento novembre 1994 in particolare).

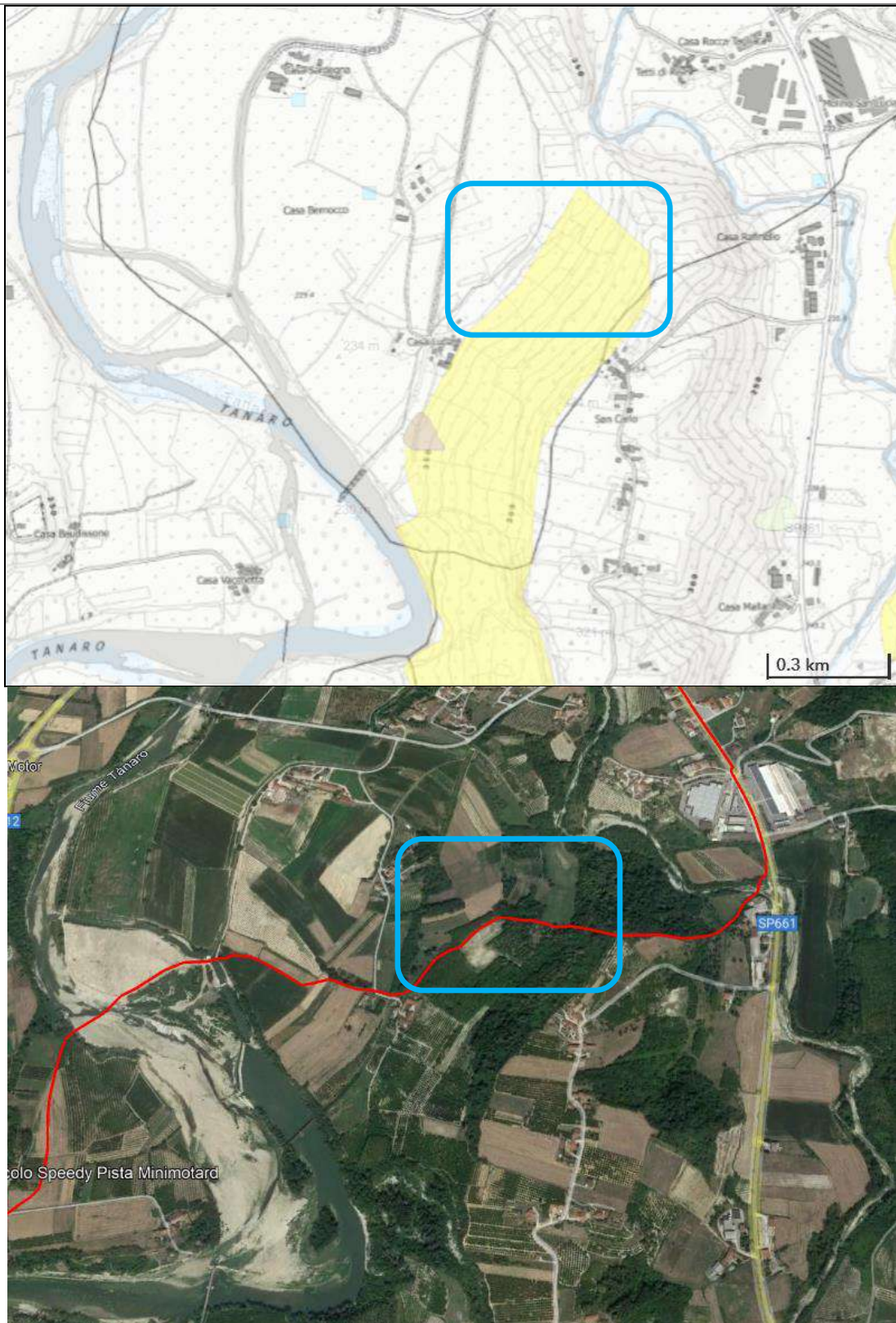


Figura 45: stralcio del SIFRAP relativo al tratto di attraversamento del rilievo collinare di Piancerreto Sottano

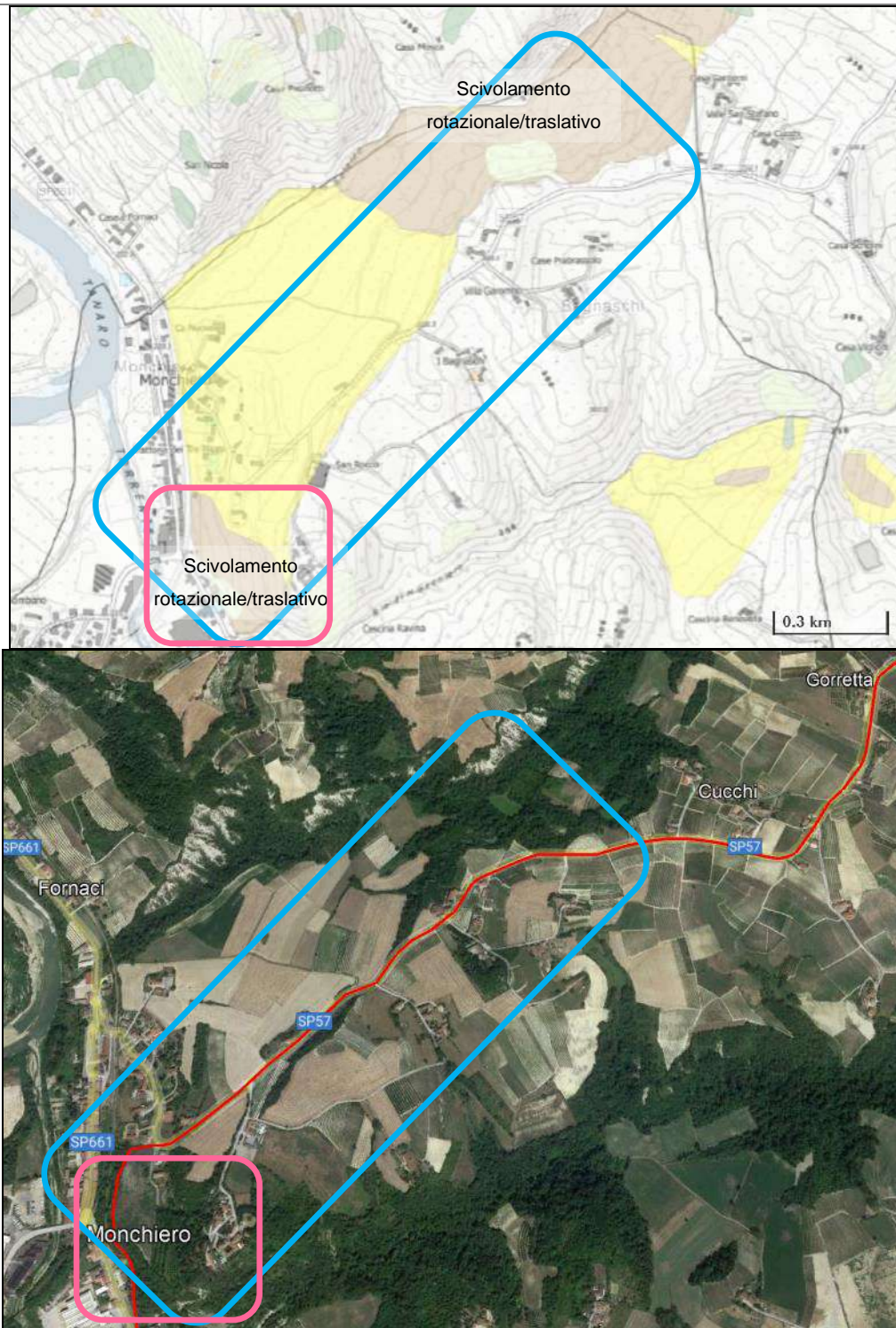


Figura 46: stralcio del SIFRAP relativo al tratto di SP 57 tra Monchiero e località Cucchi

Nel riquadro in rosa è presente l'area di indagine geognostica nel 2006, che fu eseguita per chiarire la natura di un processo di scivolamento rotazionale/traslattivo presso il concentrico di Monchiero.

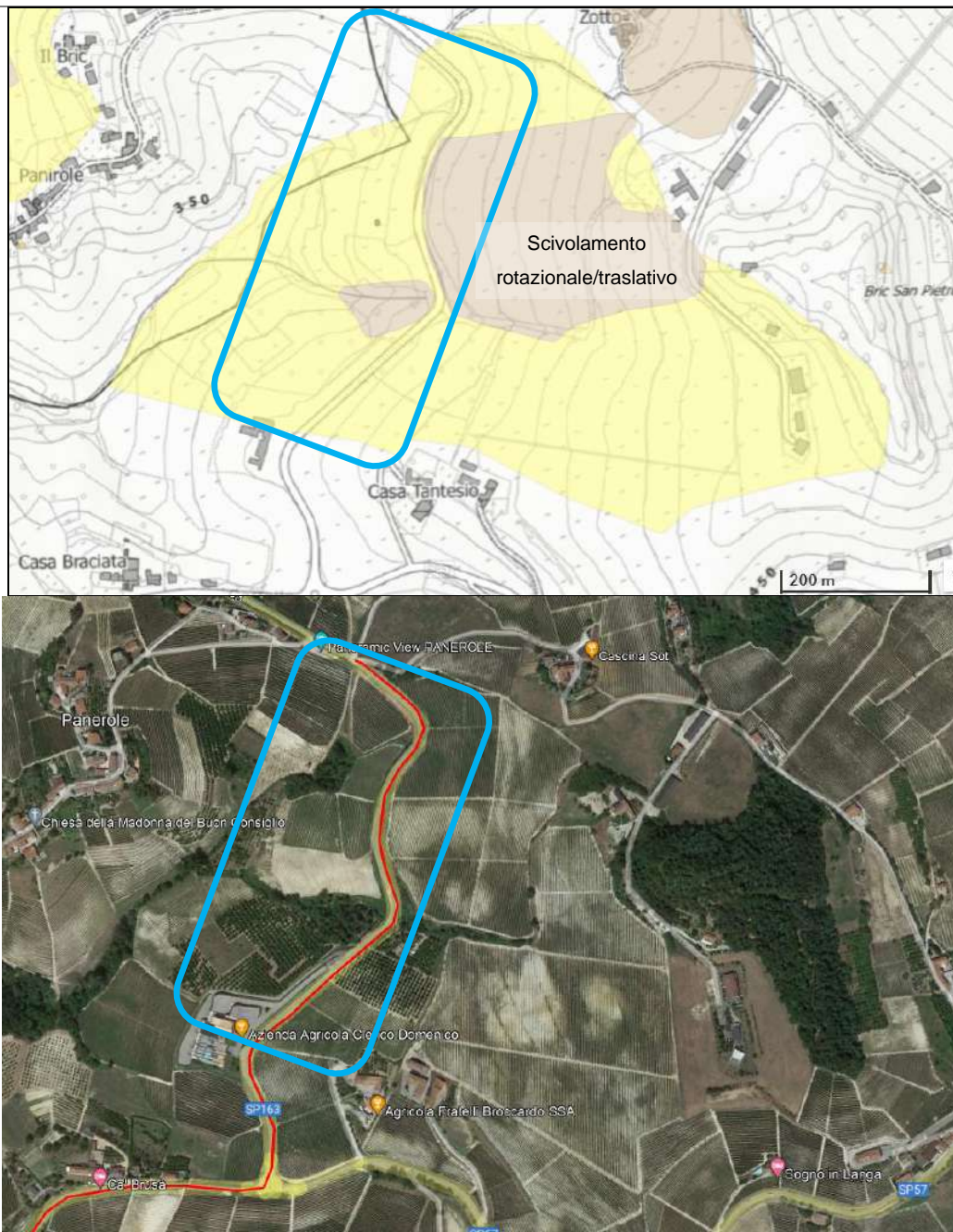


Figura 47: stralcio del SIFRAP relativo al tratto di SP 57 presso località Panirole

Nei tratti di opera in progetto inseriti nel contesto di aree a dissesto gravitativo potenziale, potrà essere valutata l'opportunità di inserire (o infittire) sistemi di drenaggio sub-superficiale specificamente rivolti all'allontanamento delle acque di ruscellamento dalla sede della condotta, ed eventuale sensoristica automatizzata di monitoraggio delle deformazioni.

8.2. Dissesti fluviali

Dal punto di vista della dinamica fluviale, il principale elemento di interferenza con il tracciato del progetto acquedottistico in esame è rappresentato dall'attraversamento del F. Tanaro, in una sezione collocata in un tratto meandriforme con una caratteristica morfologia a terrazzi scolpiti entro il substrato del B.T.P., situata tra le località Galesio (in sponda sx. idr.) e Borgo Oltre Rea (in dx. idr.), ricoperti da sottili lembi di depositi alluvionali, come riportato nella figura seguente.

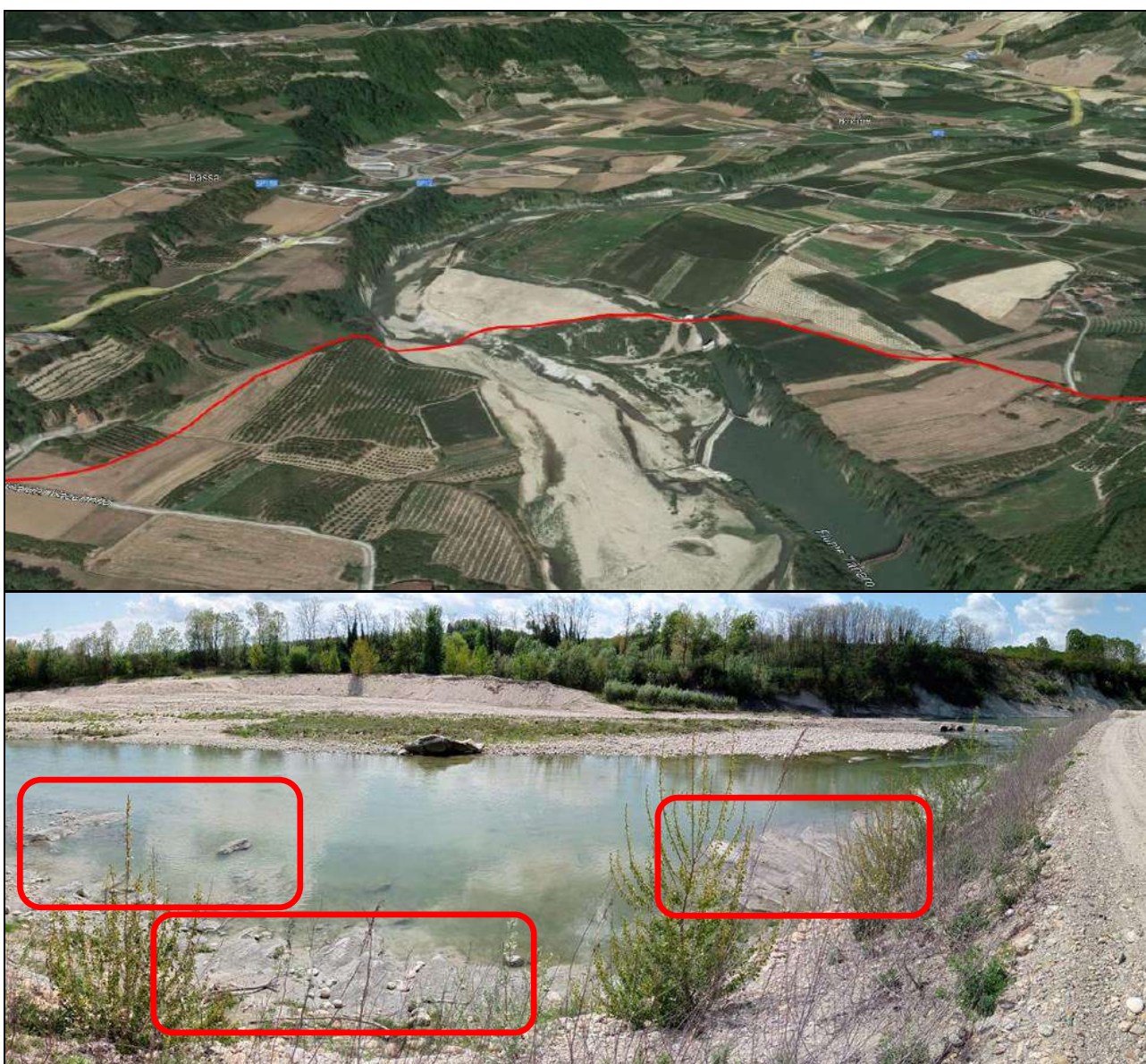


Figura 48: attraversamento del F. Tanaro; nella foto sono indicati affioramenti di substrato del B.T.P. in alveo

Nella sezione di attraversamento l'alveo di piena ordinaria presenta una larghezza di circa 80 metri tra le scarpate spondali; la piana golenale esondabile in sponda destra presenta invece un'ampiezza di circa 250 metri, sino al canale derivatore dell'impianto idroelettrico (Canale del Molino); tale piana è attualmente separata dall'alveo di piena ordinaria da un rilevato stradale-arginale non rivestito, sopraelevato di alcuni metri dall'alveo di magra del corso d'acqua.

Per quanto concerne il quadro della pericolosità e del rischio dell'area in studio, sono stati consultati:

- Il “*Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del Fiume Po (PAI)*”, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione 26 aprile 2001, n. 18, ed approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 24 maggio 2001.
- Il “*Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)*”, introdotto dalla Direttiva europea 2007/60/CE e recepita a livello nazionale con il D.Lgs. 49/2010.
- Banca dati degli Eventi alluvionali, relativamente alla rete idrografica, disponibile sul Geoportale della Regione Piemonte. In particolare, nel settore oggetto di intervento sono state censiti effetti e danni legati all’alluvione del Novembre 1968.

Il tratto di tracciato che attraversa la piana del F. Tanaro ricade all’interno delle sue Fasce Fluviali (A, B e C).

Gli studi del PGRA attribuiscono al settore oggetto di studio una pericolosità da media a scarsa.

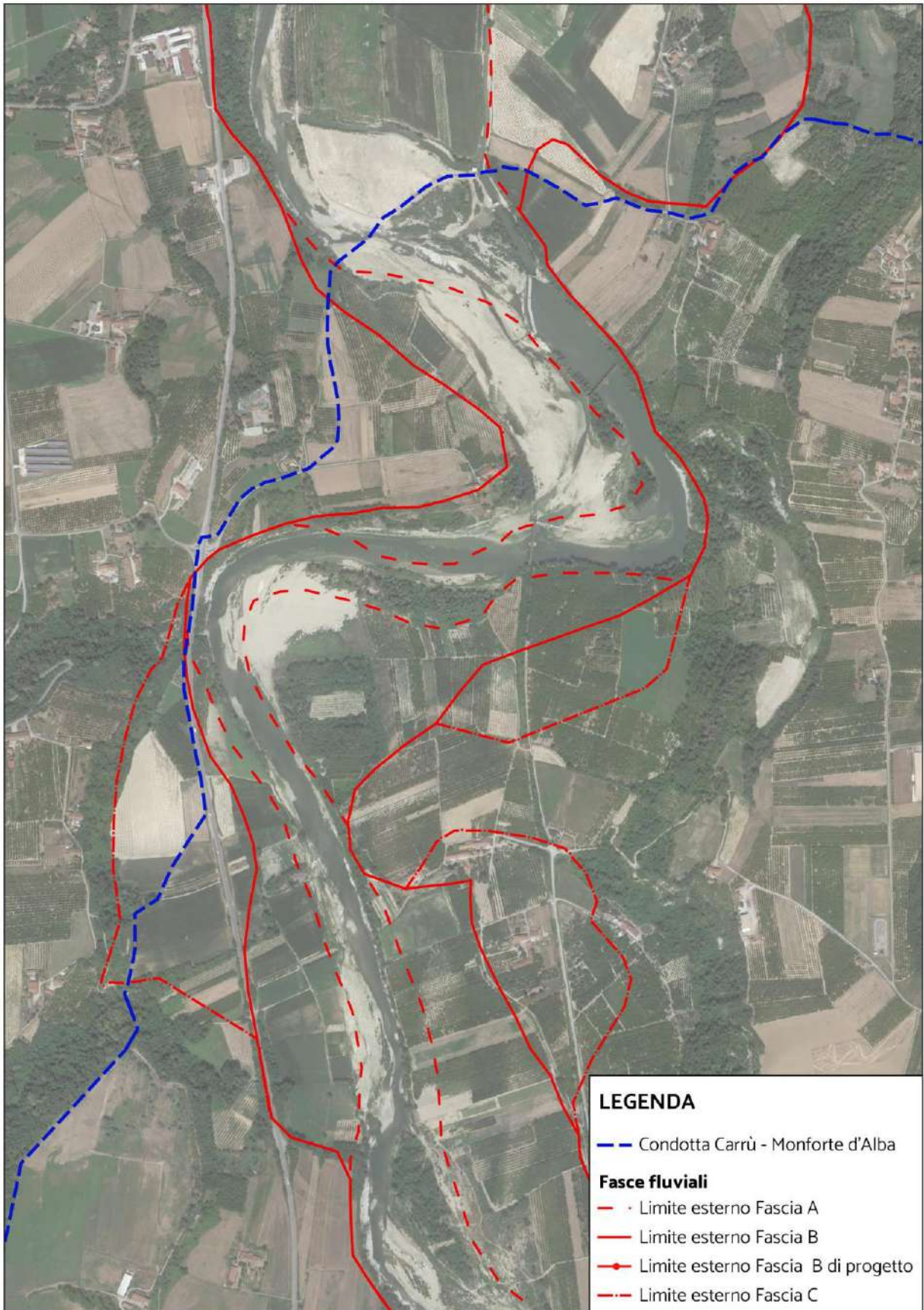


Figura 49: sovrapposizione della delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI, nell'intorno dell'aera in studio

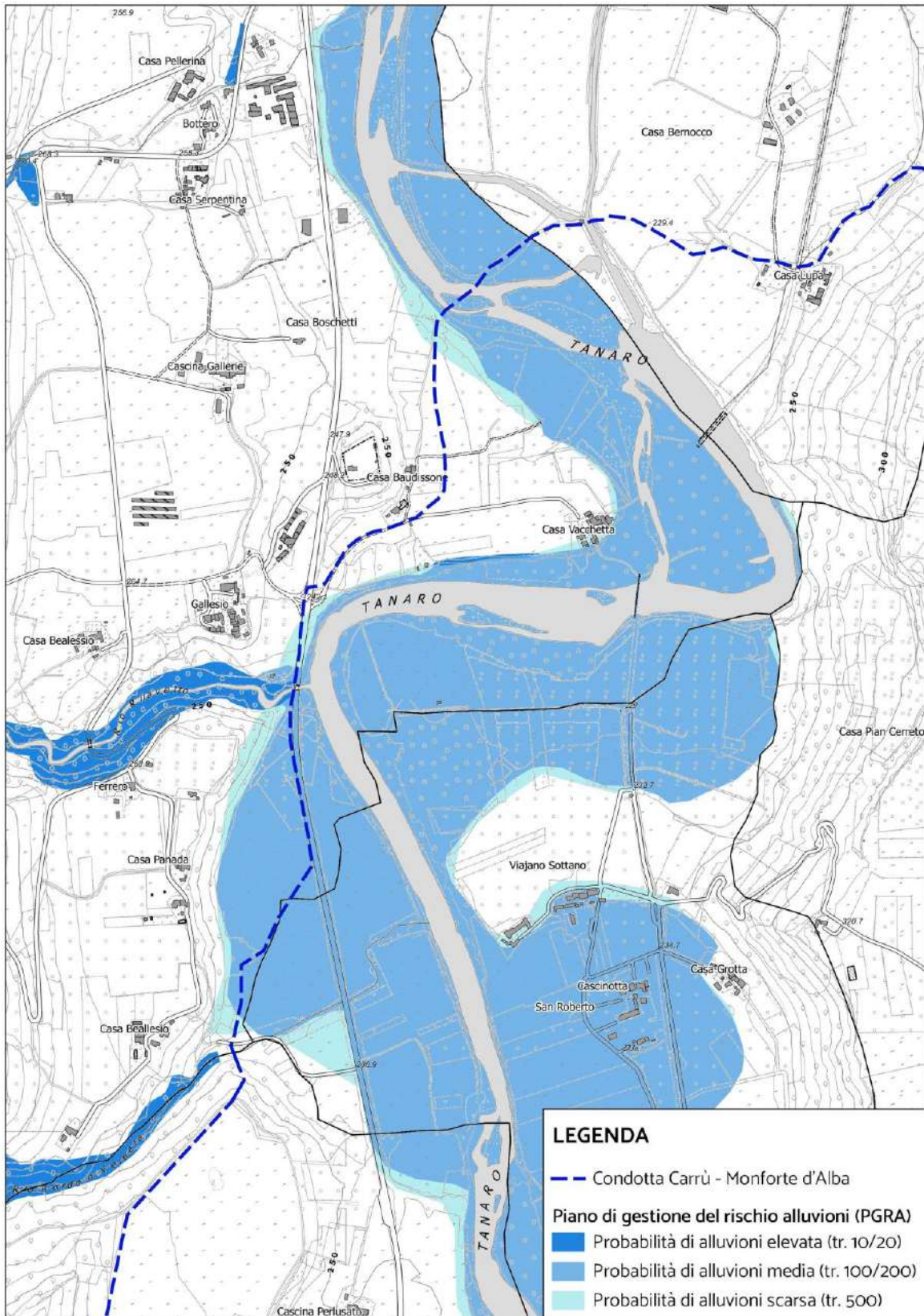


Figura 50: stralcio delle aree di pericolosità tratto dal Piano di gestione del Rischio alluvioni nell'intorno dell'area di interesse (Fonte: Geoportale Regione Piemonte)

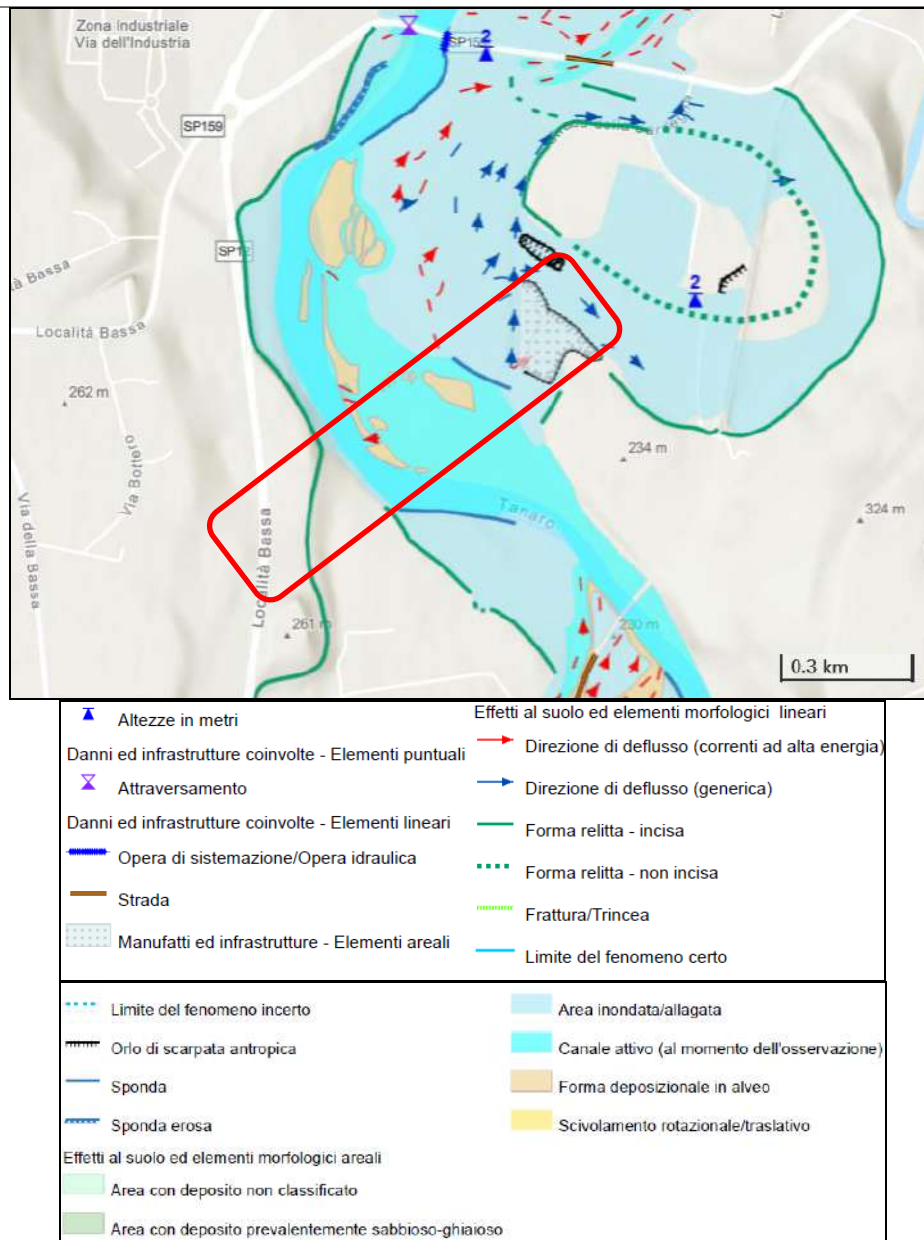


Figura 51: stralcio della Carta degli Effetti dell'Evento di piena del novembre 1994 Tanaro nella sezione di attraversamento tra Lequio Tanaro e Monchiero, con relativa legenda

L'analisi del campo di inondazione dell'evento di piena del 4-6 novembre 1994, in base alla ricostruzione proposta da ARPA Piemonte (Fonte: Geoportale), rivela una considerevole estensione dell'area di massima espansione del flusso in rapporto alle dimensioni dell'alveo ordinario, che determinò la riattivazione di meandri apparentemente disconnessi dal medesimo, presso Strada della Lupa. Nella sezione di attraversamento in progetto vennero deposte importanti barre di deposito, rivelando la tendenza alla sedimentazione in questo specifico tratto. Più a monte, risultò soggetta ad esondazione diffusa l'intera superficie terrazzata sulla quale scorre la Fondovalle Tanaro in sponda sinistra idrografica, ancorchè rilevato di circa 7 metri

sull'alveo ordinario del corso d'acqua, con tiranti idrici sino a 2 metri.

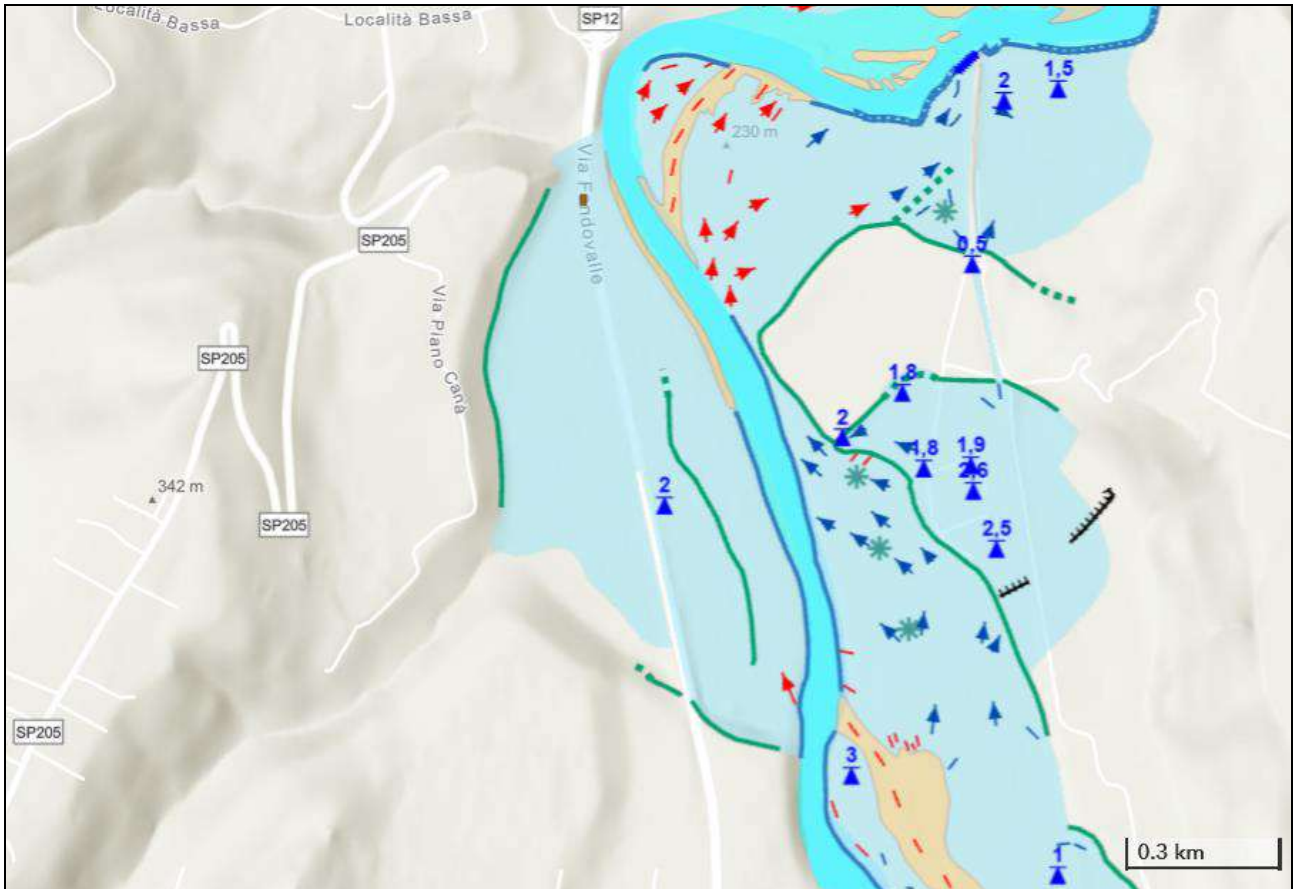


Figura 52: stralcio della Carta degli Effetti dell'Evento di piena del novembre 1994 in Valle Tanaro riferito al tratto lungo la Fondovalle Tanaro tra Piozzo e Lequio Tanaro

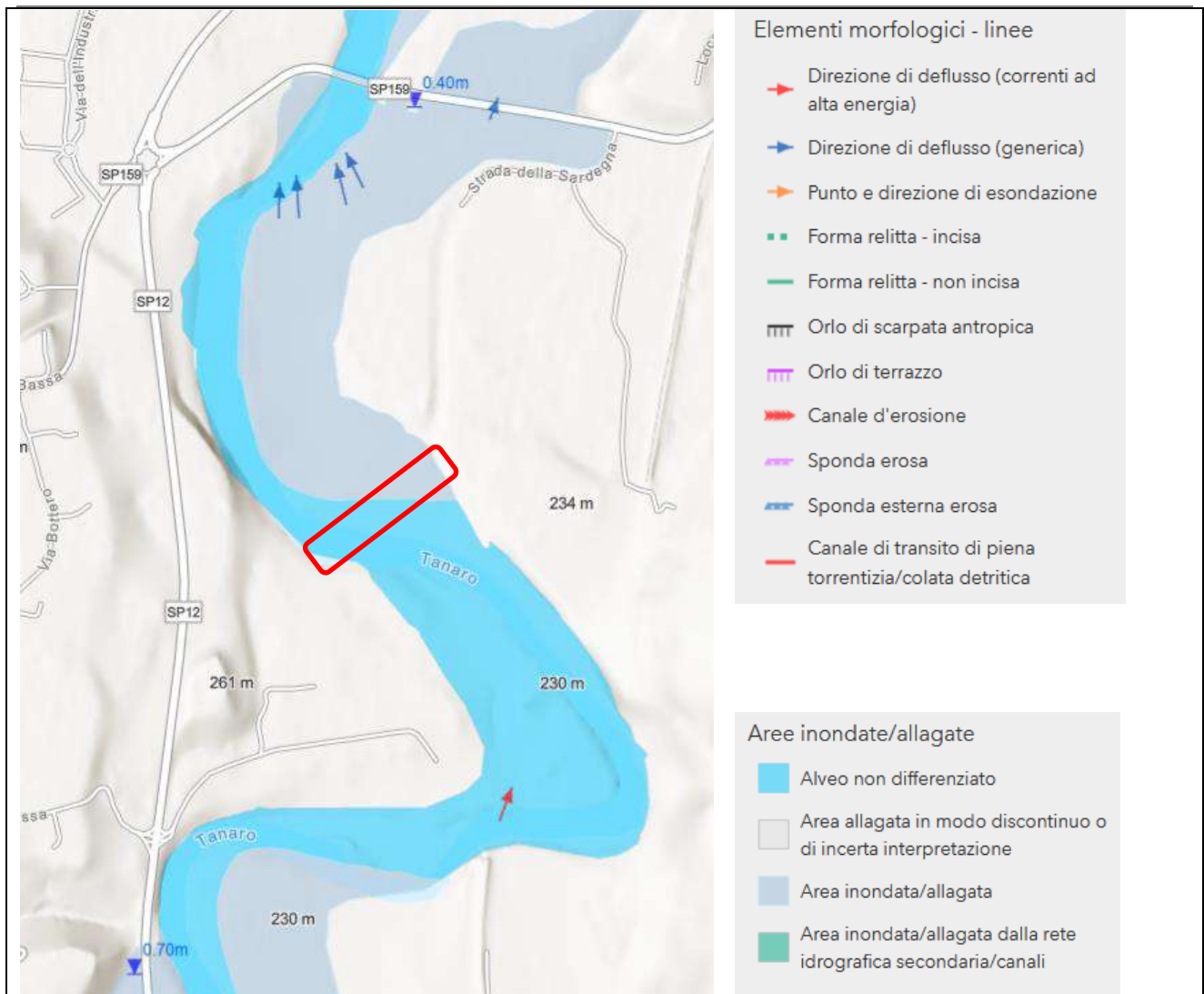


Figura 53: stralcio della Carta degli Effetti dell'Evento di piena dell'ottobre 2000 in Valle Tanaro riferito al tratto tra Lequio Tanaro e Piozzo; è evidenziata la sezione di attraversamento dell'opera in progetto.

Il successivo evento di piena del 02.10.2020 non diede luogo, nel tratto fluviale in esame, a fenomeni di esondazione e di rimodellamento di entità paragonabile a quelli attivatisi nel novembre 1994, pertanto quest'ultimo evento viene descritto come massima piena di riferimento; il tratto lungo la strada di fondovalle Tanaro, ha confermato la soggiacenza alle acque di esondazione, seppur con tiranti idrici lievementi inferiori (sino a 1.5 metri sul piano di campagna).

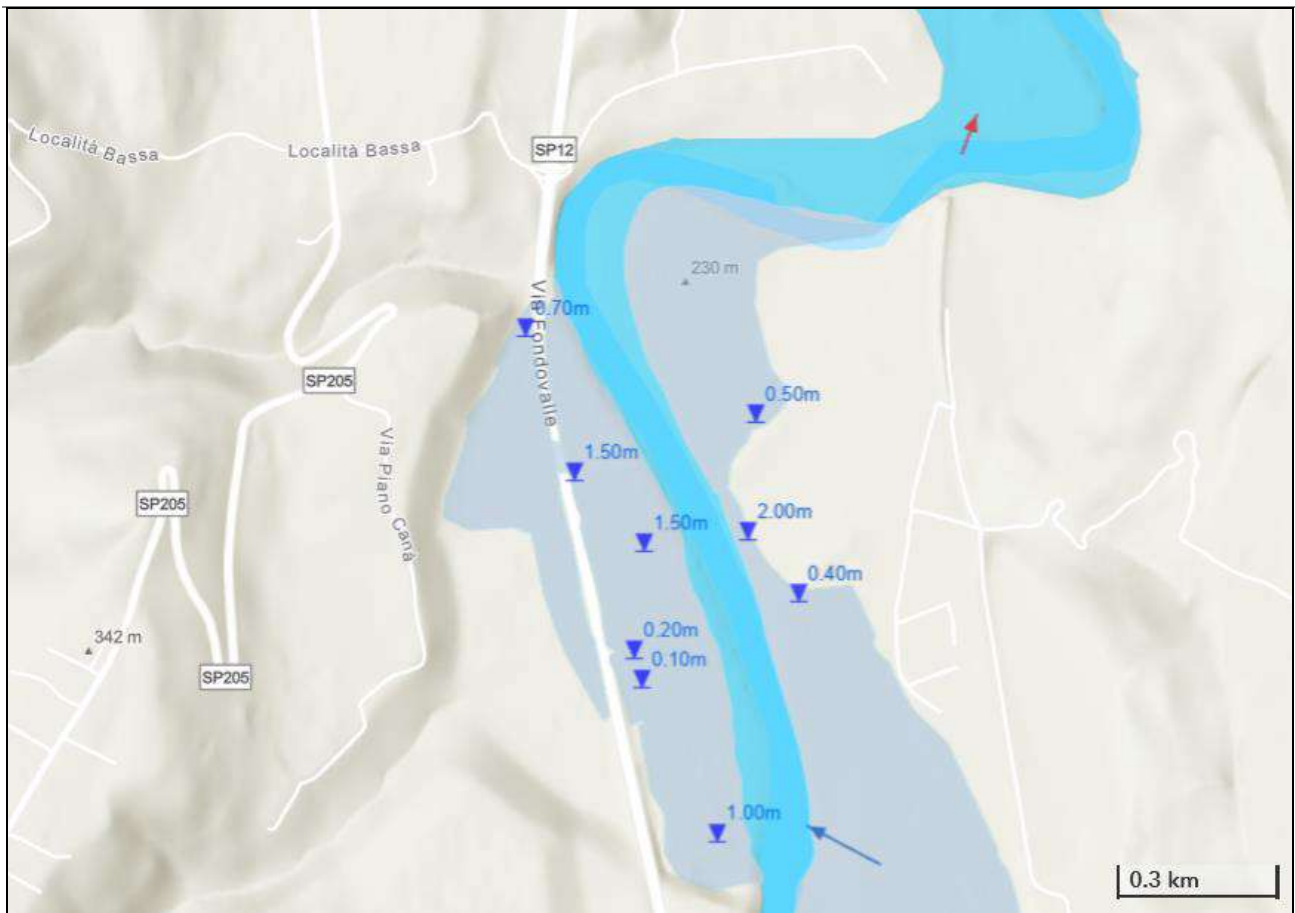


Figura 54: stralcio della Carta degli Effetti dell'Evento di piena dell'ottobre 2000 in Valle Tanaro riferito al tratto lungo la Fondovalle Tanaro tra Lequio e Monchiero

8.3. Dissesti torrentizi

Nel settore di fondovalle adiacente al F. Tanaro, il reticolo idrografico secondario costituente la rete di drenaggio afferente all'asta principale, intersecante il tracciato delle opere in progetto, è costituito dai corsi d'acqua nel seguito descritti, con riferimento alla posizione rispetto all'asta fluviale principale di fondovalle, e in successione progressiva da Carrù verso Monforte d'Alba.

- In sx. idrografica, il Rivo Rordo scorre in comune di Piozzo incidendo le superfici terrazzate sulle quali sorgono i nuclei di Bottero-Costamagna (terrazzo in sp. sx.) e di Rovera-Castelletto (terrazzo in sp. dx.), intersecando il tracciato in progetto in un tratto di fondovalle secondario, con ripe boschive poco incise rispetto alle aree prative adiacenti.

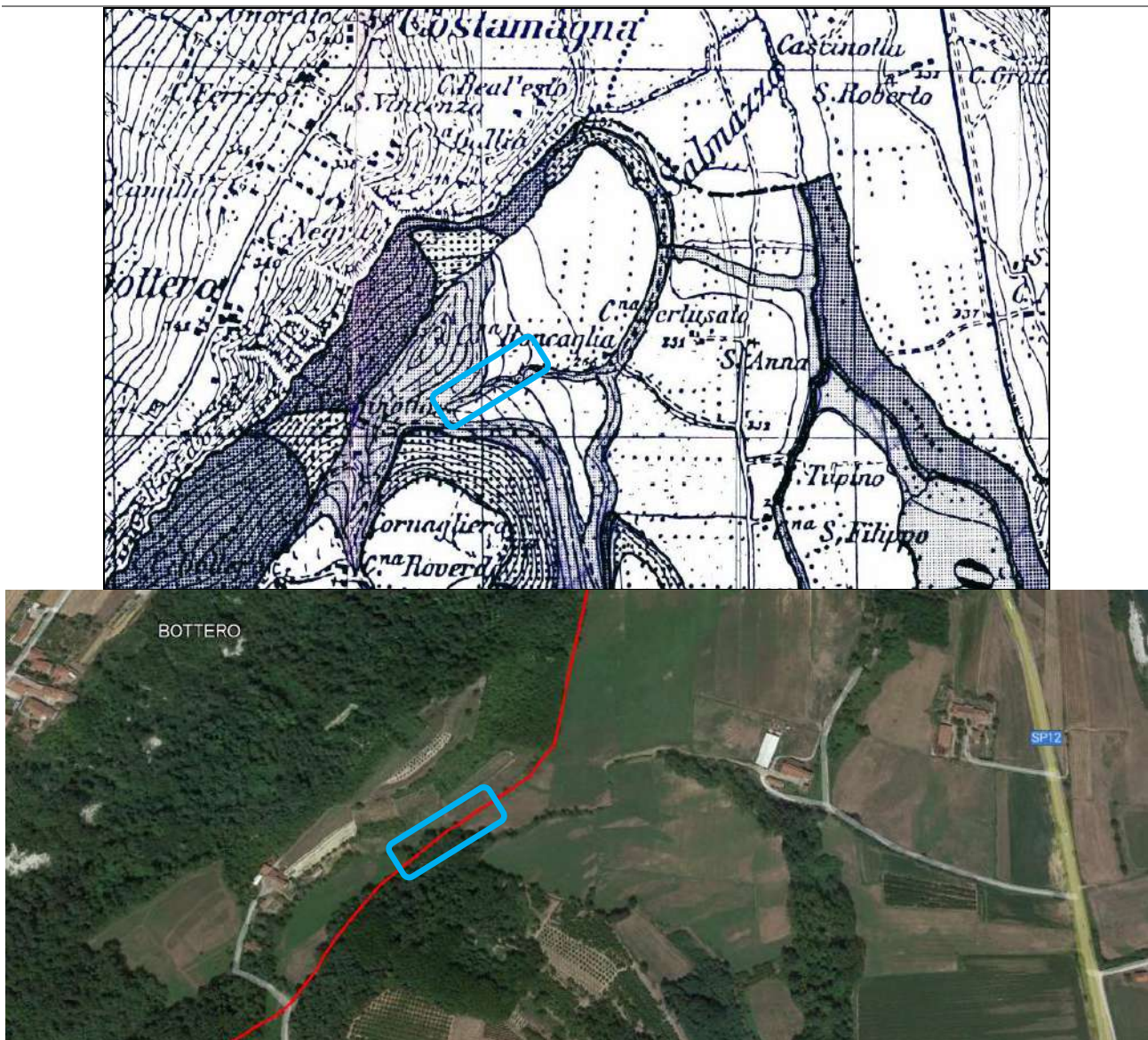


Figura 55: stralcio della Carta geomorfologica del P.R.G.C. di Piozzo con indicazione dell'intersezione tra il tracciato e il Rivo Rordo

- In sx. idrografica, il Rio Rivaletto scorre in comune di Lequio Tanaro incidendo le superfici terrazzate sulle quali sorgono i nuclei di Costamagna (in sp. dx.) e di Callesio (in sp. sx.), intersecando il tracciato in progetto lungo la S.P. 12 "Fondovalle Tanaro" poche decine di metri a monte della confluenza nel F. Tanaro, erodendo il substrato terziario affiorante nell'alveo (e i sovrastanti depositi alluvionali quaternari) a monte del ponte stesso. La sezione di attraversamento presenta dimensioni ridotte, inferiori ai 10 metri, e il fondo dell'alveo è inciso di circa 4 metri rispetto al piano-campagna adiacente.



Figura 56: inquadramento su base aereo-fotografica dell'attraversamento del Rio Rivaletto (Lequio Tanaro) e particolare dell'alveo, inciso nei depositi terziari (in basso a sx.) al ponte della S.P. 12

- In dx. idrografica il T. Rea è intersecato dall'opera in progetto in comune di Dogliani immediatamente a valle del ponte della S.P. 661; a valle di questa sezione, l'alveo del torrente attraversa la piana di Borgonuovo Basso a Monchiero, confluendo nel F. Tanaro a valle dell'abitato. Nel tratto immediatamente a valle del ponte suddetto è presente una soglia in massi, impostata sui depositi del bacino terziario Ligure-Piemontese, ricoperti da depositi recenti in alveo costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli. La sezione di attraversamento presenta un'ampiezza di circa 30 metri, è definita in sponda sinistra da una scogliera, mentre la sponda destra è presidiata da vegetazione arborea; il fondo alveo viene a trovarsi circa 4-5 metri di quota inferiormente al ciglio superiore della sponda sinistra.



Figura 57: inquadramento su base aereo-fotografica dell'attraversamento del Torrente Rea (Dogliani); nella fotografia di dx. la soglia in massi a valle del ponte, impostata su terreni del substrato terziario

- In dx. idrografica, il Rio delle Monache interseca il tracciato di progetto in corrispondenza del limite comunale tra Dogliani e Monchiero, nelle immediate adiacenze del ponte della S.P. 661, nella piana tra l'area industriale-commerciale estesa a Sud di Borgonuovo Basso a Monchiero. La sezione di attraversamento presenta un'ampiezza tra le sponde di circa 15 metri, il fondo alveo di natura sabbiosa si trova ad una quota di 4-5 metri inferiore rispetto al ciglio delle sponde in terreni alluvionali, con diffusa presenza di vegetazione ripariale.



Figura 58: inquadramento su base aereo-fotografica dell'attraversamento del Rio delle Monache, e vista dal ponte verso valle (limite comunale Dogliani-Monchiero)

- In dx. idrografica, il Rivo di Monforte, anch'esso intersecante la S.P. 661 a Borgonuovo Basso a Monchiero, scorre al piede del rilievo collinare sul quale sorge Monchiero Alto entro un alveo artificialmente canalizzato, a sezione rettangolare-trapezia nel tratto di attraversamento stradale e naturale a monte, inciso nel substrato terziario. L'ampiezza della sezione di attraversamento è di 6 metri, con una profondità di 2.5 dalle sponde.



Figura 59: inquadramento su base aereo-fotografica dell'attraversamento del Rio di Monforte (Borgonuovo Basso, al piede del rilievo collinare di Monchiero Alto)

Con la finalità di descrivere con elementi oggettivi le condizioni locali di pericolosità geomorfologica dell'area su base regionale e comunale, sono state consultate le fonti documentali nel seguito citate.

- Geoportale di ARPA Piemonte, relativamente alle componenti di analisi territoriale morfo-fisiografica, che riporta la perimetrazione dei dissesti legati alla dinamica fluvio torrentizia verificatisi nei principali eventi alluvionali, nonché alla Banca Dati Geologica.
- Banca Dati Eventi del Piemonte, che contiene segnalazioni georiferite relative a processi ascrivibili a fenomeni di natura geo-idrologica in Piemonte (frane, processi fluvio-torrentizi ecc.).
- “*Carta geomorfologica e dei dissesti*” e “*Relazioni geologiche*” allegate agli strumenti urbanistici vigenti.

Dalla consultazione delle fonti sopra citate e delle cartografie comunali emerge la presenza di dissesti nel seguito descritti, assumendo come riferimento principale l'evento di massima piena del novembre 1994. Tali dissesti si inquadrano nel contesto di una rete idrografica secondaria caratterizzata da un regime spiccatamente torrentizio, con elevate pendenze delle aste e tempi di corrivazione molto brevi, e risposte agli eventi precipitativi intensi di tipo impulsivo con elevata movimentazione di sedimenti in alveo e conseguenti modifiche morfologiche rilevanti, sia di tipo erosivo al fondo e laterale, sia di tipo deposizionale soprattutto in corrispondenza di infrastrutture interferenti con pile in alveo.

Lungo il tratto di S.P. 12 “Fondovalle Tanaro” prossimo all'intersezione con il Rio Rivaletto a Lequio Tanaro, la Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte (“Danni alla rete viaria”) individua una vasta “*Area inondata per apporto del corso d'acqua principale*”, nella quale i danni all'infrastruttura viaria sono classificati nei termini di “*Rilevato ferroviario o stradale gravemente danneggiato o asportato*”.

Il T. Rea nel tratto di intersezione con il tracciato in progetto è classificato nella Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte (“Danni alla rete viaria”) tra i “*Tronchi d'alveo soggetti ad interruzioni per attività fluviale o torrentizia - Da 4 ad 8 casi accertati*”. Il manufatto stradale di attraversamento è ascritto nella tipologia di opere “*Ponti che hanno subito danni o distruzioni in più occasioni*” (1-2 casi noti).

L'area allagabile presso l'intersezione del Rio di Monforte con il tracciato in progetto è classificata nella Banca Dati Eventi di ARPA Piemonte tra le “*Aree inondate anche, o solo per apporto della rete idrografica minore e/o dei canali irrigui*” mentre il tratto prossimo alla confluenza nel T. Rea è ascritto ai “*Tronchi soggetti ad interruzioni per attività fluviale o*

torrentizia - Da 4 ad 8 casi accertati”.

Il tratto di viabilità stradale compreso tra le intersezioni del tracciato in progetto tra il T. Rea e il Rio di Monforte è ricompreso nei *“tronchi soggetti ad interruzioni per attività fluviale o torrentizia - Da 4 ad 8 casi accertati”.*

Le instabilità dei tratti di reticolo idrografico sopra citati sono ascrivibili alla frequente occorrenza di *“allagamenti accentuati dagli impedimenti al deflusso verificatisi in corrispondenza dei vari ponti a causa dell’accoltamento contro gli stessi di grandi quantità di alberi trascinati dalla corrente”.*

Inoltre, le trasformazioni planimetriche del T. Rea nel 1994 sono *“vistose, dove l’alveo ha modificato per lunghi tratti il suo letto, asportando e/o alluvionando estese aree prative poste sui terrazzi più bassi”.*

9. INQUADRAMENTO SISMICO

9.1. Classificazione sismica

Nell’ambito delle valutazioni di tipo sismico si fa riferimento alla normativa di settore più recente, in particolare:

- “Deliberazione della Giunta Regionale n. 10-4161 del 26 novembre 2021 - procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, allineate con la nuova classificazione sismica individuata con D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887” e “Determinazione dirigenziale 12 gennaio 2022, n. 29 che ne approva le relative modalità attuative”.
- “Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6- 887 “Preso d’atto e approvazione dell’aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656”
- “Deliberazione della Giunta Regionale 12 dicembre 2011, n. 4-3084 - D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese”.
- “Deliberazione della Giunta Regionale 3 febbraio 2012, n. 7-3340 - Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011”.
- “Determinazione Dirigenziale n. 540/DB1400 del 09.03.2012 – approvazione delle modalità per

la predisposizione degli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico a supporto degli strumenti urbanistici generali e loro varianti generali e strutturali dei Comuni compresi nelle zone sismiche 3S e 3”.

- “Deliberazione della Giunta Regionale 21 maggio 2014, n. 65-7656 -individuazione dell’Ufficio Tecnico Regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084”.

Il livello di sismicità dei comuni attraversati dalla condotta in progetto, da Carrù sino a Monforte d’Alba, viene ascritto alla zona 4.

9.2. Sismicità storica

Le registrazioni della sismicità storica possono essere dedotte dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (INGV), v. DBMI15, del quale viene riprodotto uno stralcio relativo ad un intorno significativo dell’area di intervento.

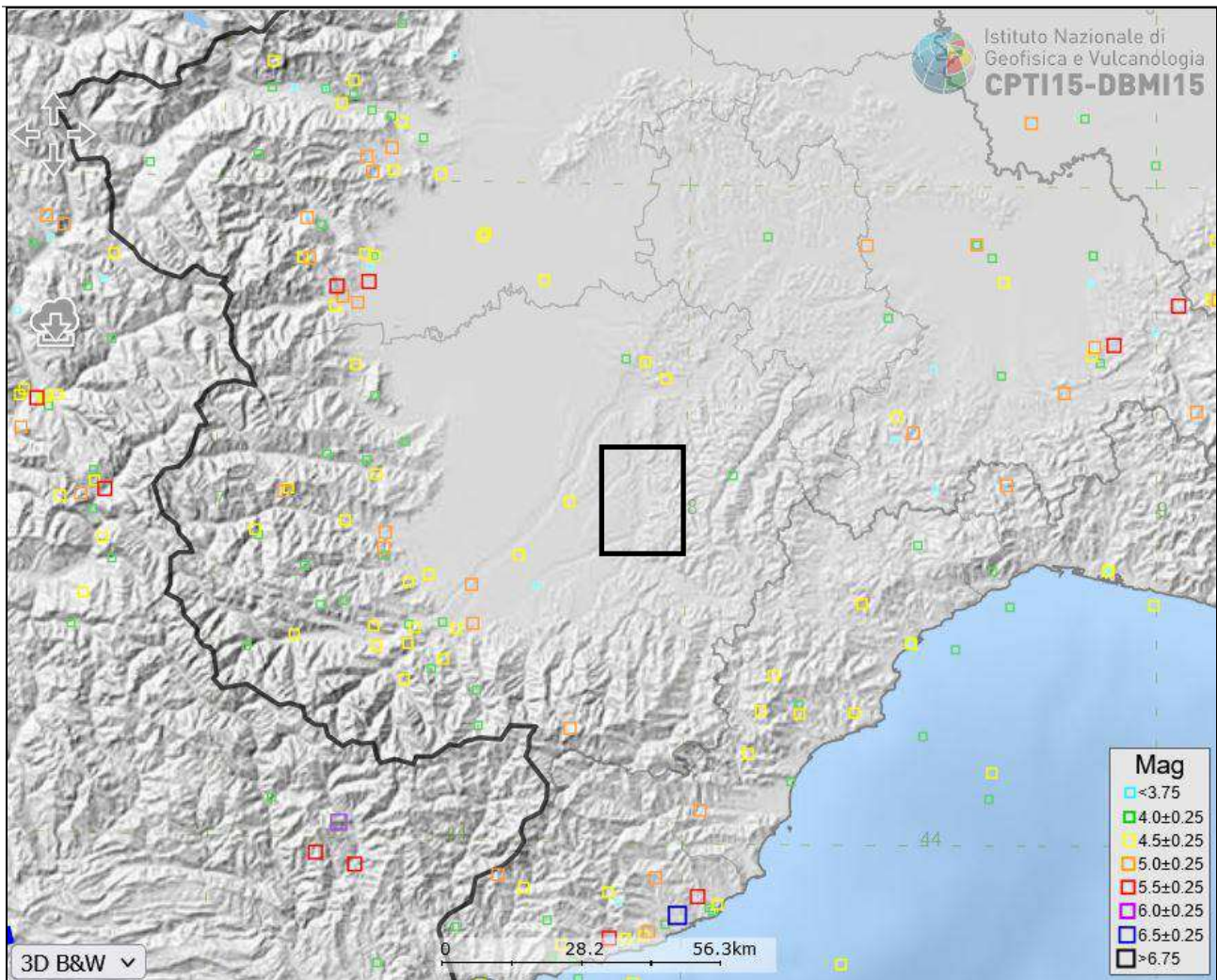


Figura 60: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al settore limitrofo all'area di intervento. Fonte INGV

Si presenta nel seguito una raccolta delle serie temporali tratte dal CPTI testimonianti la sismicità storica riferita ai comuni lungo il tracciato in progetto (Fonte: <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>).



Figura 61: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al comune di Carrù

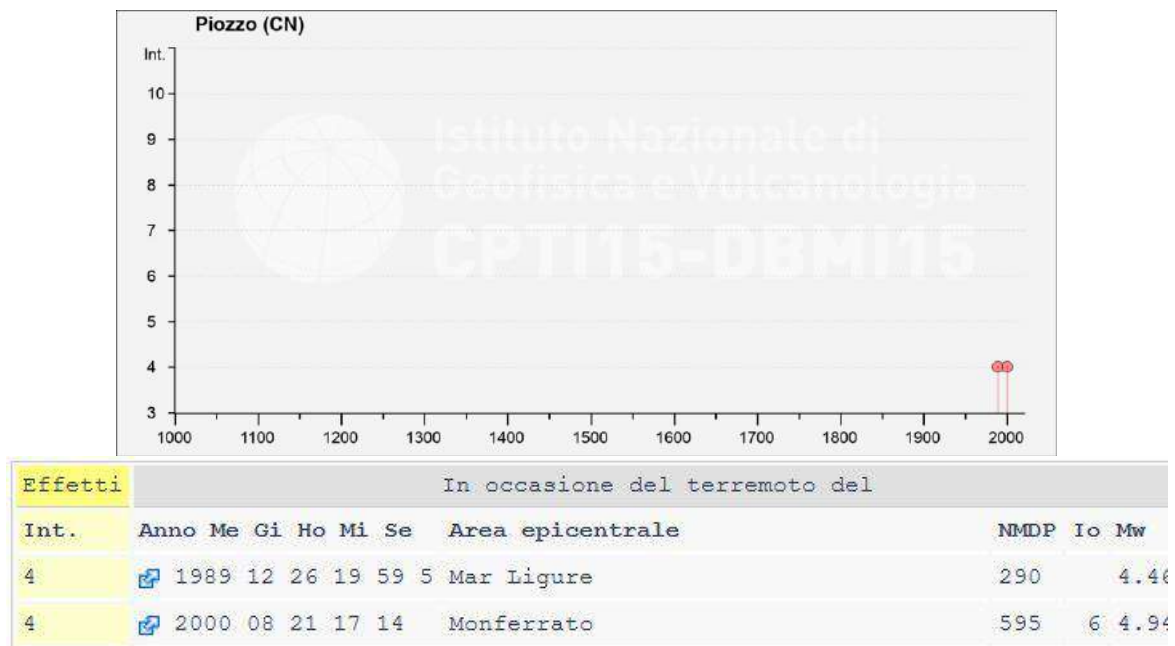


Figura 62: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al comune di Carrù

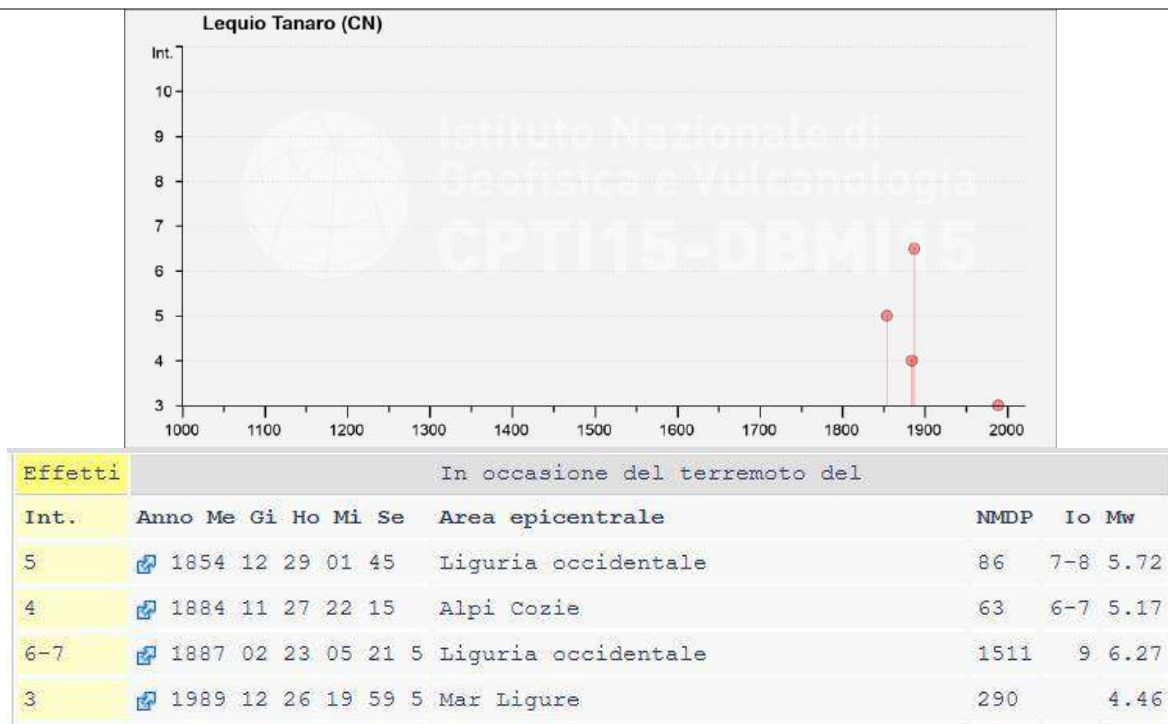


Figura 63: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al comune di Lequio T.

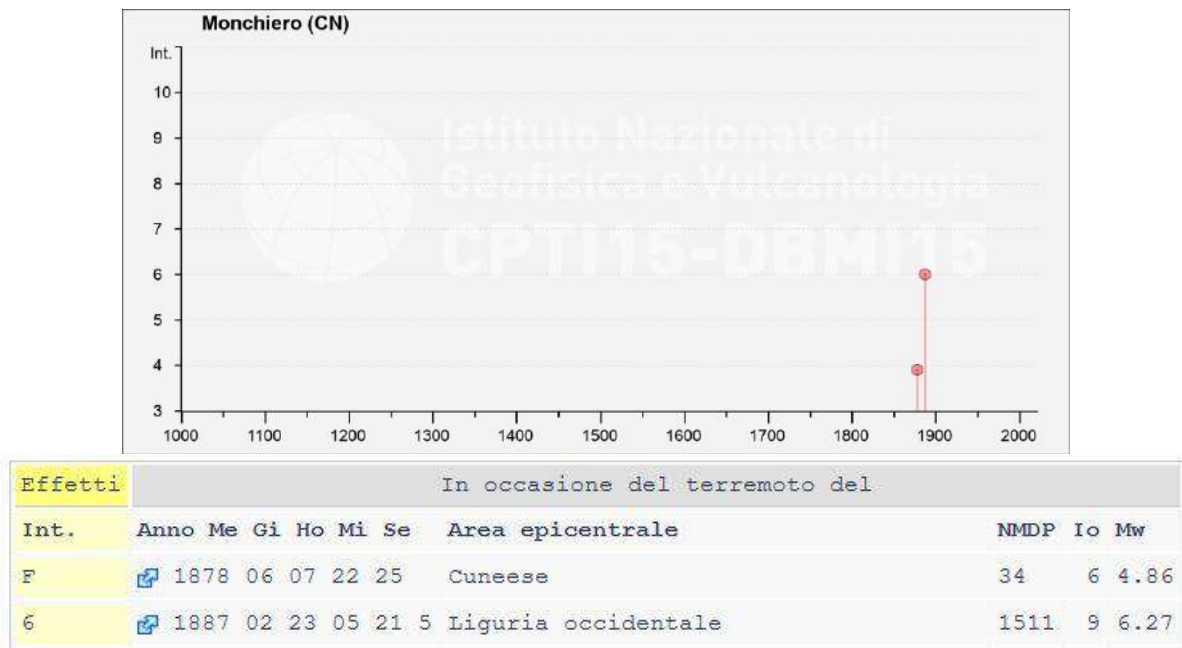


Figura 64: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al comune di Monchiero

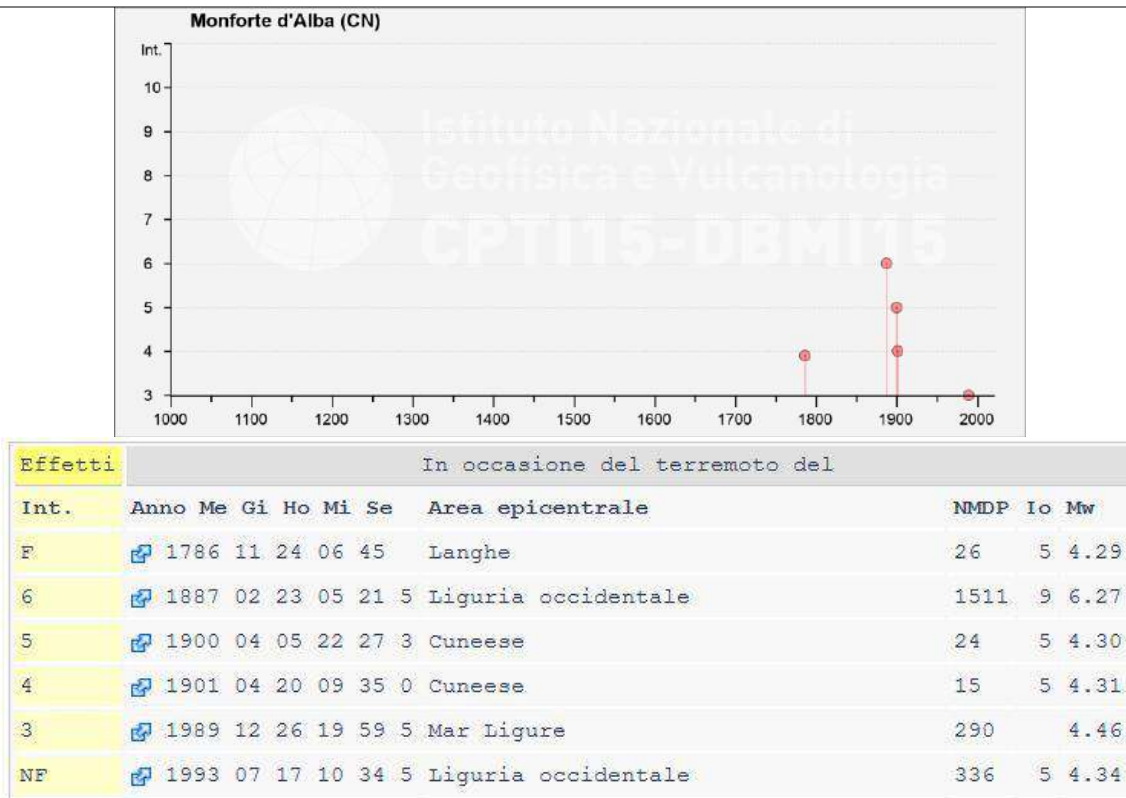


Figura 65: stralcio del CTPI - riferito al comune di Monforte d'Alba

9.3. Inquadramento sismotettonico

Ai fini di un inquadramento sismotettonico dell'area di studio, si riporta nel seguito uno stralcio della mappa delle zone sismogenetiche tratta dal progetto DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources, INGV)

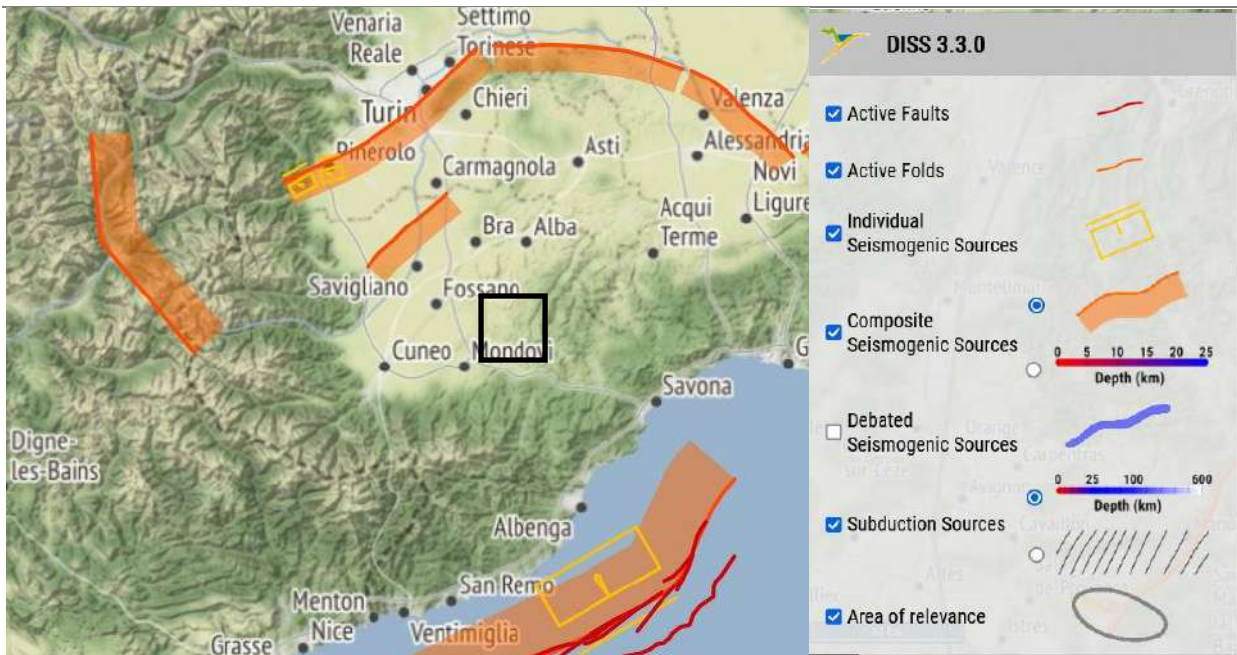


Figura 66: stralcio dell’inventario delle zone sismogenetiche italiane – DISS 3.3.0 (Fonte: INGV)

Come è possibile evincere dall’analisi della mappa di cui sopra, le zone sismogenetiche più prossime al settore di intervento corrispondono con le strutture deformative del bacino di Savigliano, con il fronte di sovrascorrimento del Monferrato, con la fascia deformativa delle Alpi Cozie francesi e con la fascia deformativa nel Mar Ligure della riviera di Ponente.

Nel seguito vengono tratteggiate le caratteristiche della struttura deformativa del bacino di Savigliano, nella fascia di raccordo con le Langhe, in cui si inserisce il progetto in esame.

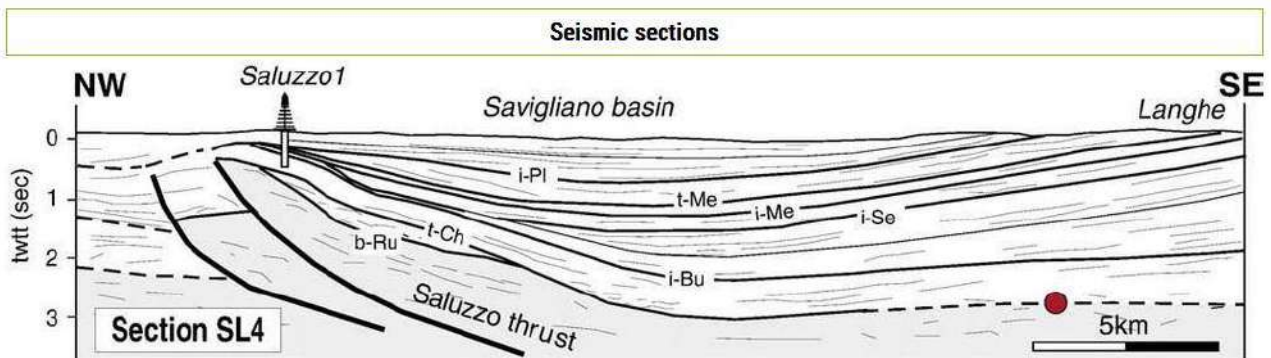


Figura 67: sezione sismica del bacino di Savigliano, e raccordo con la zona delle Langhe (a dx.)

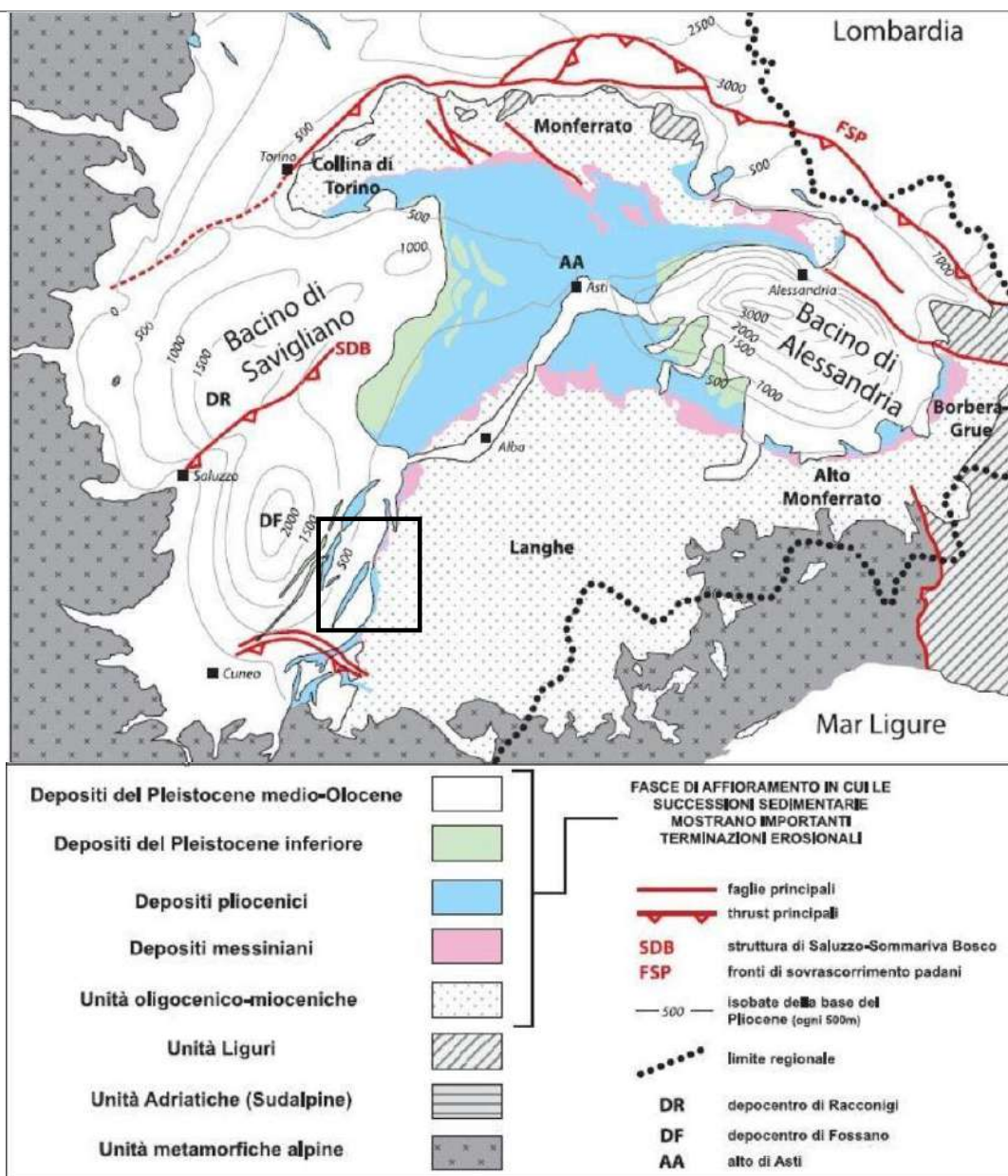


Figura 68: inquadramento strutturale del bacino di Savigliano e dell'area delle Langhe (Fonte: Irace et alii, 2009: Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale).

9.4. Pericolosità sismica

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche ZS9, elaborata dal Gruppo di Lavoro 2004, nella quale sono individuate le zone caratterizzate da diversi valori della Magnitudo momento massima M_{wmax} ; l'area in esame non risulta ricadere nelle aree sismogenetiche di cui sopra.

Sulla base di tale modello è stata elaborata la Mappa di pericolosità sismica MPS04-S1 del territorio nazionale approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006 e divenuta infine la Mappa di riferimento prevista dal D.M. 14 Gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

È possibile stimare la magnitudo M , relativa agli eventi sismici attesi per il sito in oggetto, con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2007), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Si riportano nel seguito stralci delle mappe di pericolosità sismica riferite al territorio lungo il quale si sviluppa il tracciato della condotta.

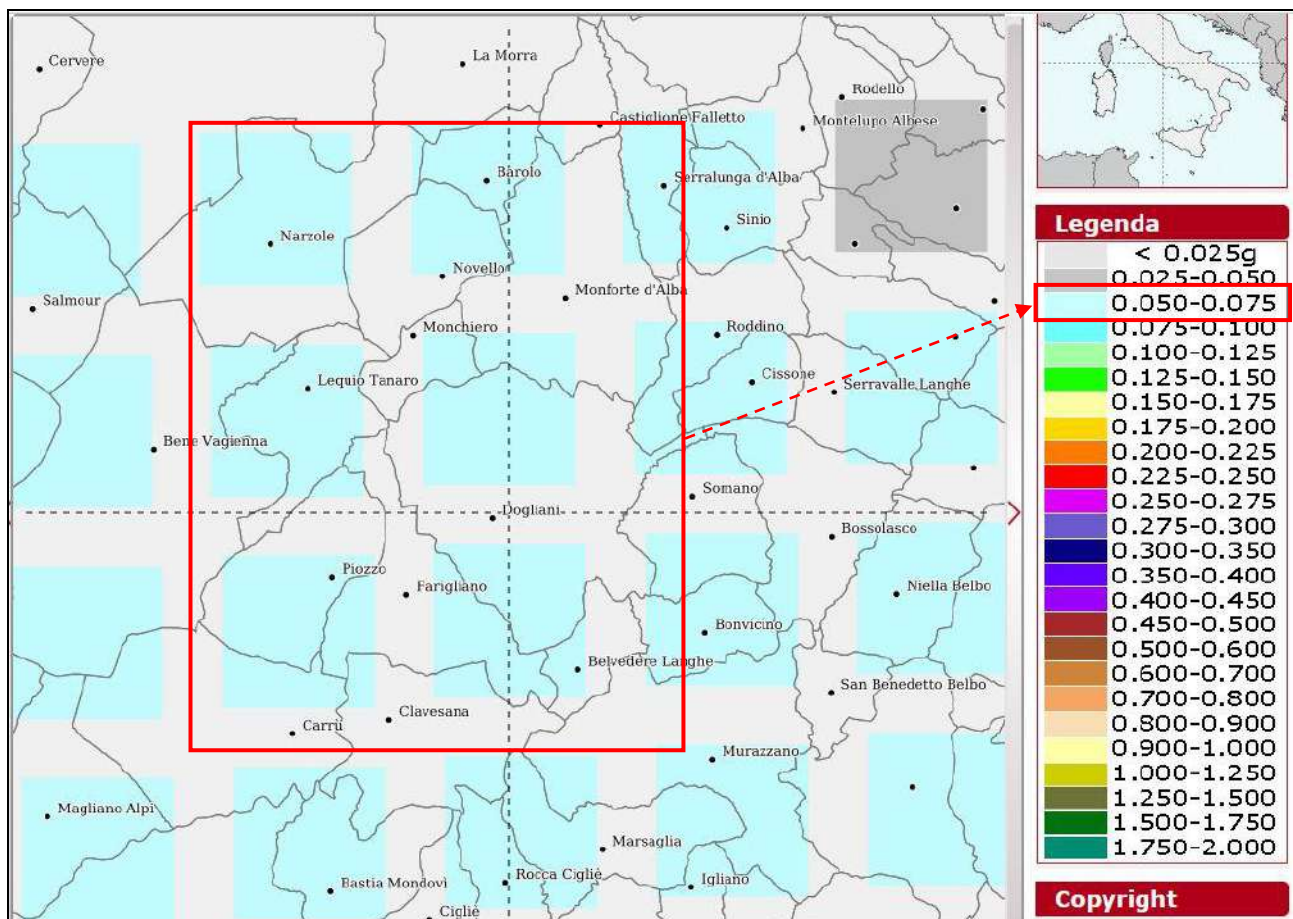


Figura 69: stralcio tratto dalla mappa interattiva della pericolosità sismica per l'area di studio (Fonte: INGV)

Da questa mappa si evince che, nell'area in studio, i valori dell'accelerazione massima del suolo sono compresi nell'intervallo fra 0.050 e 0.075.

“Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale

massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione); l'unità di misura è g . Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. Le mappe in $Se(T)$ sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. L'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare. Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di $M-D-\epsilon$. Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di micro zonazione" (INGV, 2007).

Vengono riportati, per ciascuno dei nodi significativi della griglia di calcolo suddetta nel seguito elencati, i grafici e le tabelle di disaggregazione derivati mediante l'applicazione della procedura suddetta.

- Lat 44.503 Long 7.882 (ID 16237); rappresentativo del tratto Carrù-Piozzo
- Lat 44.553 Long 7.887 (ID 16015); rappresentativo del tratto Lequio Tanaro
- Lat 44.556 Long 7.947 (ID 16016); rappresentativo del tratto Monchiero-Monforte d'Alba

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.503 lon. 7.882 - id 16237)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.3000	4.0500	1.9900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	3.3500	6.8700	4.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	2.1200	6.4800	6.4000	3.7500	2.4400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	1.1800	5.6400	7.8000	7.2700	5.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.3360	2.8800	5.3100	5.9400	4.7000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0154	0.8290	2.2300	2.7800	2.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0794	0.4330	0.5030	0.4710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0009	0.0497	0.0145	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0037	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0204	0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0224	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0139	0.0047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0086	0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0060	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

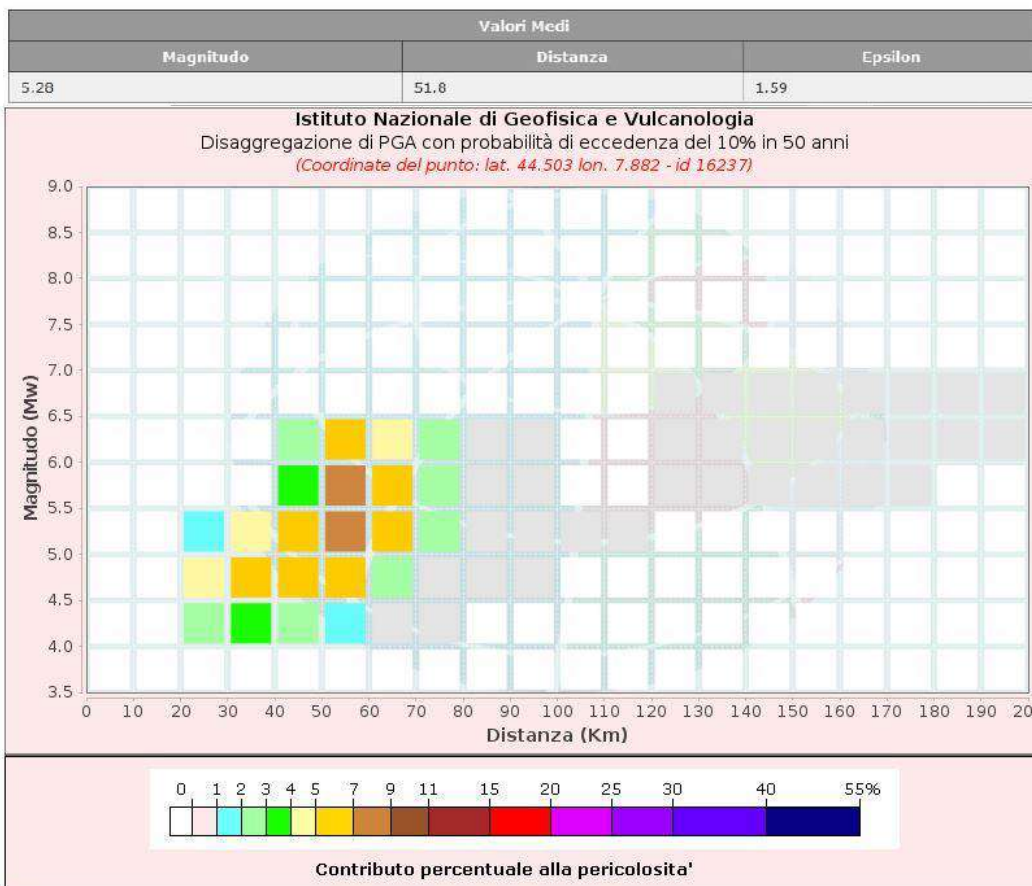


Figura 70: valori di magnitudo ottenuti con il processo di disaggregazione, riferiti al punto della griglia nel tratto Carrù-Piozzo (tabella tratta dal sito internet dell'I.N.G.V.)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.553 lon. 7.877 - id 16015)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.2100	3.8500	1.8600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	3.9300	7.8400	4.4800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.9200	5.0300	3.8100	0.4630	0.3030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	1.3500	5.9000	7.6000	6.4100	4.4900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.4940	3.6300	6.2500	6.6700	5.1600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0534	1.4000	3.3500	4.1100	3.4800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.2300	0.9720	1.2600	1.1600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0036	0.0688	0.0376	0.0369	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0032	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0256	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0289	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0192	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0150	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0102	0.0031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0056	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.26	54.2	1.64

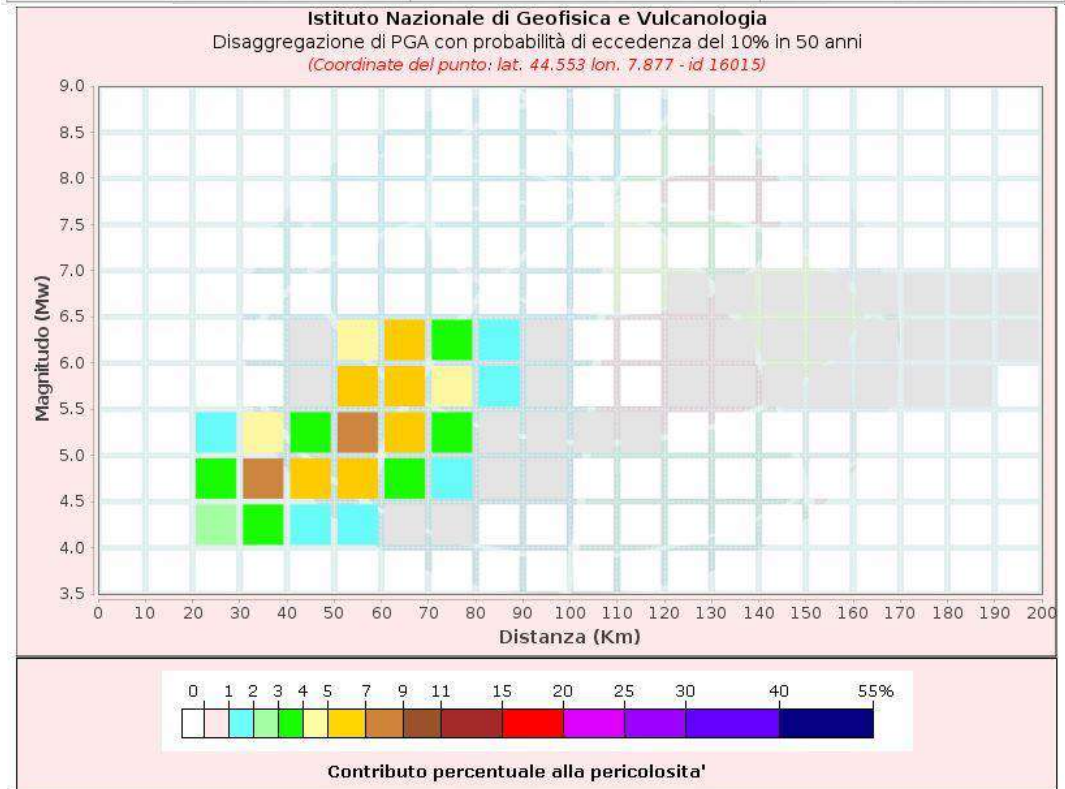


Figura 71: valori di magnitudo ottenuti con il processo di disaggregazione, riferiti al punto della griglia nel tratto di Lequio Tanaro (tabella tratta dal sito internet dell'I.N.G.V.)

**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.556 lon. 7.947 - id 16016)**

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	3.0600	5.9300	3.2800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	2.2000	5.1900	3.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	1.9200	7.2200	8.4800	6.4600	4.3700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.8180	4.8300	7.3600	7.1800	5.3300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.1780	2.1500	4.4400	5.0700	4.1300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0034	0.5300	1.6300	1.9700	1.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0274	0.2400	0.1800	0.1690	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0477	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0119	0.0257	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0531	0.0124	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129	0.0415	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0077	0.0288	0.0078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0109	0.0245	0.0059	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.0185	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0123	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0090	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.31	59.4	1.63

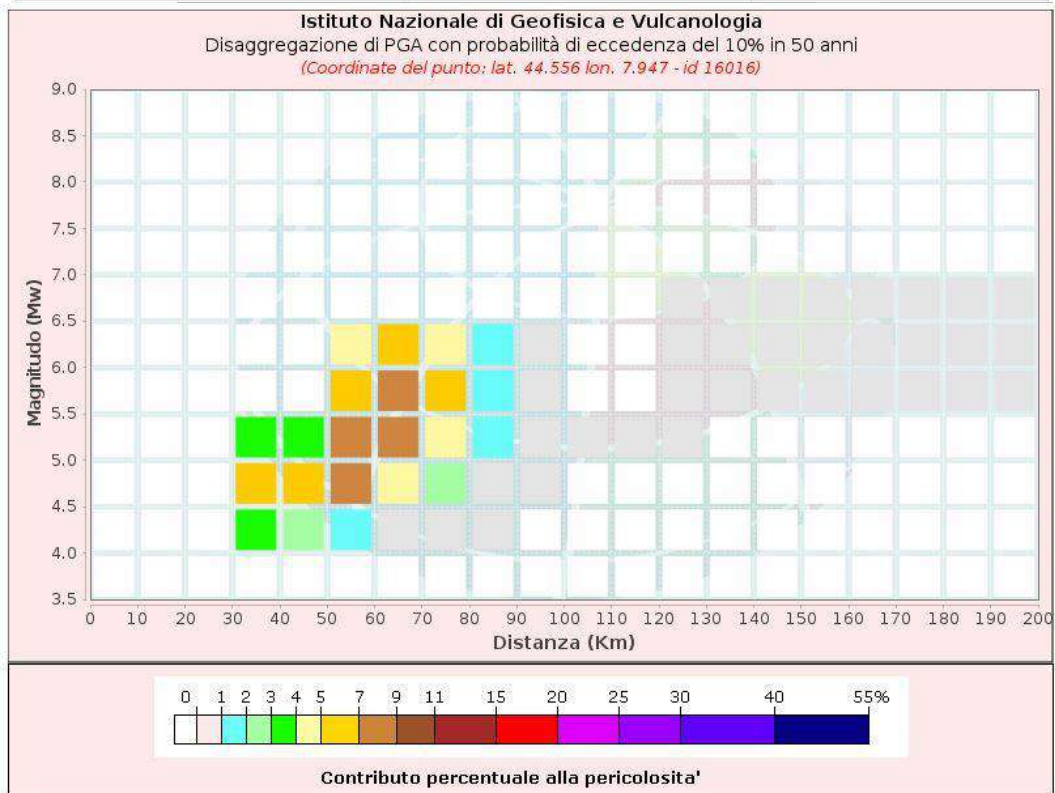


Figura 72: valori di magnitudo ottenuti con il processo di disaggregazione, riferiti al punto della griglia nel tratto di Monchiero-Monforte d'Alba (tabella tratta dal sito internet dell'I.N.G.V.)

In sintesi, l'analisi sopra eseguita evidenzia che le magnitudo di progetto attese lungo il tracciato sono nell'ordine di $M_w = 5.3$, riferite a sismi generati a distanze medie superiori ai 50 km.

9.5. Categorie di sottosuolo e topografiche

Nel seguito si riportano le indicazioni tratte dall'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» approvate con Decreto Ministeriale delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/1/2018, in vigore dal 22/3/2018 e dalla Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., riportante le "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § C.7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § C.6.2.2. I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni

naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità”.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

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

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

Figura 73: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § C.3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione della tabella seguente.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 74: categorie caratteristiche della superficie topografica contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

In riferimento ai tipi e alle classi d'uso delle costruzioni di cui al D.M. 14/01/2018 e alla circolare n. 7 C.S.LL.PP 21/01/2019, gli interventi vengono classificati come nelle tabelle seguenti.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 75: classi d'uso delle costruzioni contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 76: tipi di costruzione e relativa vita contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

Sulla base dei dati litotecnici disponibili reperiti, e riferendosi altresì a prove sismiche dirette (es. area in frana lungo la S.P.n° 163 al km 3+400) è possibile proporre una schematizzazione delle categorie di sottosuolo e delle caratteristiche topografiche basata sui seguenti valori:

- categoria di sottosuolo E, categoria topografica T1 nei tratti sub-pianeggianti sulle superfici terrazzate sub-pianeggianti, costituite da sottili lembi di depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi poggiati sul substrato del B.T.P.;
- categoria di sottosuolo C, categoria topografica di classe T2 in corrispondenza delle zone di scarpata di terrazzo di raccordo tra le diverse superfici pianeggianti di cui sopra, e lungo l'intero versante collinare tra Monchiero e Monforte d'Alba, laddove si riscontrano terreni di copertura eluvio-colluviale ricoprente il B.T.P.

In via preliminare si può affermare che gli interventi in progetto ricadano rispettivamente nella classe II e nel tipo 2.

10. PRIME INDICAZIONI CONCERNENTI LA GESTIONE DELLE TERRE PRODOTTE DAGLI SCAVI

A livello normativo, nell'ambito della gestione dei materiali di risulta derivanti dagli scavi per la realizzazione delle opere in progetto, possono essere applicati tre differenti regimi:

- gestione come rifiuto, qualora venga classificato come tale;
- esclusione dalla disciplina sui rifiuti, qualora ricadenti nell'ambito di applicabilità dell'articolo 185 del D.lgs 152/2006;
- gestione come sottoprodotto se ricadenti nell'ambito del 184-bis del D.lgs 152/2006.

Il D.M. 161/2012 e la legge 98/2013 che regolamentavano la gestione delle terre e rocce da scavo, sono stati aggiornati nel 2017 con il D.P.G.R. n.120, in vigore dal 22/08/2017, che riunisce in un unico testo le numerose disposizioni vigenti.

In sintesi, il quadro normativo vigente può essere sintetizzato come riportato nella seguente tabella.

I criteri da rispettare per la corretta gestione delle TRS, in base all'attuale configurazione normativa, dovranno quindi essere distinti in funzione dei seguenti aspetti:

- ipotesi di gestione adottate per il materiale da scavo:
 - riutilizzo nello stesso sito di produzione;
 - riutilizzo in un sito diverso rispetto a quello di produzione;
 - smaltimento come rifiuti e conferimento a discarica o ad impianto autorizzato;
- volumi di terre e rocce da scavo movimentate, in base a cui si distinguono:
 - cantieri di piccole dimensioni – Volumi di TRS inferiori a 6.000 m³;
 - cantieri di grandi dimensioni – Volumi di TRS superiori a 6.000 m³;
- assoggettamento o meno del progetto alle procedure di VIA e/o AIA;
- presenza o meno, nelle aree interessate dal progetto, di siti oggetto di bonifica.

Prima dell'avvio del cantiere andranno stabiliti i criteri da rispettare per la corretta gestione dei materiali di risulta derivante dagli scavi per la realizzazione delle opere, in funzione sia delle ipotesi di gestione adottate per il materiale da scavo, sia dei volumi movimentati.

CASO	NORMA DI RIFERIMENTO	ADEMPIMENTI PREVISTI E DOVUTI
Utilizzo nello stesso sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti nell'ambito della realizzazione di opere o attività non sottoposte a VIA o ad AIA	Deroga al regime dei rifiuti - D.P.R. 120/2017, Art. 24 - Art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., purché non vi sia la necessità di realizzare un deposito temporaneo al di fuori dell'area di cantiere. (Cfr. Par. 3.2).	- Verificare la non contaminazione ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017, fermo restando quanto previsto dall'art. 3, co. 2, del D.L. 2/2012 e ss.mm.ii., convertito, con modificazioni dalla L. 28/2012 relativamente al materiale di riporto (test di cessione).
Utilizzo nello stesso sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a VIA o ad AIA	Deroga al regime dei rifiuti - D.P.R. 120/2017, Art. 24 - Art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., purché non vi sia la necessità di realizzare un deposito temporaneo al di fuori dell'area di cantiere. (Cfr. Par. 3.2).	- Elaborare un "Piano preliminare di Utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti; - Verificare la non contaminazione ai sensi dell'all.4 del D.P.R. 120/2017, fermo restando quanto previsto dall'art. 3, co. 2, del D.L. 2/2012 convertito, con modificazioni, dalla L.28/2012 relativamente al materiale di riporto (test di cessione).
Utilizzo di materiali da scavo in siti diversi da quelli in cui sono stati prodotti, nell'ambito di grandi cantieri (produzione di materiali da scavo > a 6.000 mc) di opere soggette a VIA o ad AIA	Sottoprodotti - D.P.R. 120/2017, Capo II. Il Decreto non si applica alle ipotesi disciplinate dall'art. 109 del D.Lgs. 152/06 (Immersione in mare di materiale derivante da attività di escavo e attività di posa in mare di cavi e condotte). - Ex D.M, 161/2012	- Elaborazione del Piano di Utilizzo come dettagliato nell'Allegato 5 del D.P.R. 120/2017
Utilizzo di materiali da scavo in siti diversi da quelli in cui sono stati prodotti, nell'ambito di "piccoli cantieri" (produzione di materiali da scavo < a 6.000 mc) di opere non soggette a VIA o ad AIA	Sottoprodotti - D.P.R. 120/2017, Artt. 20 e 21 se sono verificate le condizioni di cui all'art. 4	- Trasmissione, anche solo in via telematica, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, della Dichiarazione di utilizzo (modulo di cui all'allegato 6 del D.P.R. 120/2017)
Utilizzo di materiali da scavo in siti diversi da quelli in cui sono stati prodotti, nell'ambito di "grandi cantieri" (produzione di materiali da scavo a 6.000 mc) di opere non soggette a VIA o ad AIA	Sottoprodotti - D.P.R. 120/2017, Capo IV, Art. 22, ovvero Artt. 20 e 21 se sono verificate le condizioni di cui all'art. 4; - Ex Art. 184-bis del D.Lgs. 152/06, se sono verificate le condizioni di cui all'ex art. 41-bis del DL n. 69/13.	
Materiale da scavo non idoneo al riutilizzo o non conforme alle CSC di cui alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 (Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V)	Rifiuti - D.P.R. 120/2017, Art. 23 - Regime dei rifiuti (Cfr. paragrafo successivo).	- Conferimento ad idoneo impianto di recupero o smaltimento

Tabella 2: criteri per la gestione delle terre e rocce da scavo

11. CONCLUSIONI

La presente relazione di analisi geologica ha considerato l'identificazione delle formazioni presenti nei siti interessati dall'opera, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, la definizione del modello geologico del sottosuolo, l'illustrazione e la caratterizzazione degli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica a supporto del progetto definitivo di realizzazione della condotta adduttrice acqua potabile nei comuni di Carrù, Piozzo, Farigliano, Benevagienna, Lequio Tanaro, Narzole, Monchiero, Monforte D'Alba.

A corredo della presente relazione è stata predisposta apposita cartografia tematica illustrativa dei fattori sopra descritti, riportando altresì gli esiti delle indagini geofisiche e geotecniche, descritte in apposito rapporto.

Inoltre, è stato messo a punto il profilo geologico di progetto con i seguenti tematismi:

- Litologia e successione stratigrafica attesa nel corso degli scavi, entro la profondità-tipo di indagine a 1.5 metri da p.c.
- Attraversamento di terreni saturi in condizioni ordinarie irrigue, oppure soggetti a saturazione temporanea a seguito di precipitazioni intense e prolungate e fenomeni esondativi / di ristagno idrico.
- Sintesi delle informazioni puntuali desunte dalle indagini geotecniche e geofisiche lungo le progressive di progetto del tracciato.

Alla luce di quanto sopra descritto, si forniscono alcune indicazioni a supporto della progettazione e della realizzazione dell'opera.

Per la posa del piano di fondazione andrà raggiunto l'orizzonte a maggiore compattazione, contraddistinto da una buona capacità portante e modesta compressibilità, la quale determina tendenzialmente cedimenti contenuti.

Particolare cura andrà rivolta all'immorsamento della condotta sul fondo degli alvei fluviali, a profondità tali da prevenire il rischio di scalzamento erosivo durante eventi di piena di elevata intensità.

La presenza di falda idrica, verificata a seguito di un periodo anomalo per prolungata siccità idrologica, andrà comunque verificata durante la realizzazione degli stessi, per la risoluzione delle eventuali interferenze; in tal caso, anche a carattere temporaneo/intermittente, si suggerisce la posa in opera di opportuni sistemi di aggotamento o drenaggio per evitare interferenze con la circolazione idrica sotterranea.

Per garantire nel tempo la tenuta delle opere ed evitare l'insorgere di successivi fenomeni dilavanti ed erosivi a carico dei pendii collinari attraversati, sarà valutata la necessità di realizzare opportuni sistemi di drenaggio e opere di regimazione delle acque meteoriche, mediante realizzazione di opportuni sistemi di convogliamento e di smaltimento, al fine di evitare il ruscellamento incontrollato delle stesse.

Per evitare rischi connessi agli scavi, si indicano inoltre i seguenti accorgimenti tecnici.

- Le pareti dello scavo non dovranno presentare una pendenza eccessiva al fine di evitare fenomeni di instabilità, anche se localizzati, che potrebbero comunque complicare le fasi di esecuzione dei lavori.
- Gli scavi dovranno essere mantenuti aperti il minor tempo possibile ed eventualmente protetti rispetto all'azione dilavante delle acque meteoriche.
- Durante le operazioni di scavo si dovrà aver cura di porre gli accumuli di terreno in aree il più possibile pianeggianti, sino ad ultimazione dei lavori.
- In relazione alle caratteristiche geotecniche, la stabilità degli scavi dovrà essere garantita con opportune opere di sostegno provvisoria a garanzia dell'incolumità degli operatori.

Prima dell'avvio del cantiere andranno stabiliti i criteri da rispettare per la corretta gestione dei materiali di risulta derivante dagli scavi per la realizzazione delle opere in progetto, in funzione sia delle ipotesi di gestione adottate per il materiale da scavo, sia dei volumi di terre e rocce da scavo movimentate.

I lavori dovranno essere eseguiti secondo quanto previsto dal progetto definitivo-esecutivo e comunque in scrupolosa osservanza di quanto prescritto dalle Norme di Attuazione dei P.R.G.C., del D.M.LL.PP. 11/03/1988, dal D.M. 14/01/2018 (N.T.C. 2018) e dalla Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

BIBLIOGRAFIA

Bertotti, G., and P. Mosca (2009), Late-orogenic vertical movements within the arc of the SW Alps and Ligurian Alps. *Tectonophysics*, 475, 1, 117-127, 10.1016/j.tecto.2008.08.016.

Bortolami, G. C., F. Campanino, F. Carraro, P. A. Clari, M. G. Forno, E. Ferrero, G. Ghibaudo, V. Maso and B. Ricci (1978), Dati preliminari sulla neotettonica dei F. 56 Torino, F. 68 Carmagnola, F. 80 Cuneo. in: *Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*, pubbl. n. 155 del P.F.G., C.N.R., 149-179.

Carafa, M. M. C., G. Tarabusi, and V. Kastelic (2015), SHINE: Web application for determining the horizontal stress orientation. *Computers & Geosciences*, 74, 39-49, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.001>.

Collo, G. (1995), L'evoluzione tettonica recente del Pinerolese (Alpi occidentali, prov. di Torino) nell'ambito dei rapporti tra le Alpi e la Collina di Torino. in: Polino, R. and R. Sacchi (eds), *Rapporti tra Alpi-Appennino e guide alle escursioni*, 463-483.

Delacou, B., C. Sue, J. D. Champagnac and M. Burkhard (2004), Present-day geodynamics in the bend of the western and central Alps as constrained by earthquake analysis. *Geophys. J. Int.*, 158, 753-774.

Guidoboni, E., G. Ferrari, G. Tarabusi, G. Sgattoni, A. Comastri, D. Mariotti, C. Ciuccarelli, M. G. Bianchi, and G. Valensise (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area. *Sci Data*, 6, 1, 80, doi: 10.1038/s41597-019-0091-9.

Heidbach, O., M. Tingay, A. Barth, J. Reinecker, D. Kurfeß, and B. Müller (2008), The world stress map database release 2008. 10.1594/GFZ.WSM.Rel2008.

Irace, A., G. Monegato, E. Tema, E. Martinetto, D. Gianolla, E. Vassio, L. Bellino, and D. Violanti (2017), Unconformity-bounded stratigraphy in the Plio-Pleistocene continental record: new insights from the Alessandria Basin (NW Italy). *Geol. J.*, 52, 2, 177-206, 10.1002/gj.2744.

Irace, A., P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwalder, D. A. De Luca, P. Mosca, F. Piana, R. Polino, and D. Violanti (2009), *Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale, con 61 Tavole allegate*. La Nuova Lito Firenze, 111 pp.,

ISIDe Working Group (2007), Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/ISIDe>.

Leonard, M. (2010), Earthquake Fault Scaling: Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, and Moment Release. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100, 5A, 1971-1988, doi: 10.1785/0120090189.

Leonard, M. (2012), Earthquake Fault Scaling: Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, and Moment Release. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102, 6, 2797-2797, doi: 10.1785/0120120249.

Leonard, M. (2014), Self-Consistent Earthquake Fault-Scaling Relations: Update and Extension to Stable Continental Strike-Slip Faults. *Bulletin of the Seismological Society of America*, doi: 10.1785/0120140087.

Mariucci, M. T., and P. Montone (2020), Database of Italian present-day stress indicators, IPSI 1.4. *Scientific Data*, 7, 1, 298, doi: 10.1038/s41597-020-00640-w.

Mariucci, M. T., and P. Montone (2020), IPSI 1.4, Database of Italian Present-day Stress Indicators. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <http://ipsi.rm.ingv.it/>, doi: 10.13127/IPSI.1.4.

Michetti, A. M., F. Giardina, F. Livio, K. Mueller, L. Serva, G. Sileo, E. Vittori, R. Devoti, F. Riguzzi, C. Carcano et al. (2012), Active compressional tectonics, Quaternary capable faults, and the seismic landscape of the Po Plain (northern Italy). *Ann. Geophys.-Italy*, 55, 5, 10.4401/ag-5462.

Montone, P., and M. T. Mariucci (2016), The new release of the Italian contemporary stress map. *Geophysical Journal International*, 205, 3, 1525-1531, doi: 10.1093/gji/ggw100.

Mosca, P., R. Polino, S. Rogledi, and M. Rossi (2010), New data for the kinematic interpretation of the Alps-Apennines junction (Northwestern Italy). *Int. J. Earth Sci.*, 99, 4, 833-849, 10.1007/s00531-009-0428-2.

Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, and P. Gasperini (2020), The Italian earthquake catalogue CPT15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 7, 2953-2984, doi: 10.1007/s10518-020-00818-y.

Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, and P. Gasperini (eds.) (2016), CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi: 10.6092/INGV.IT-CPT15.

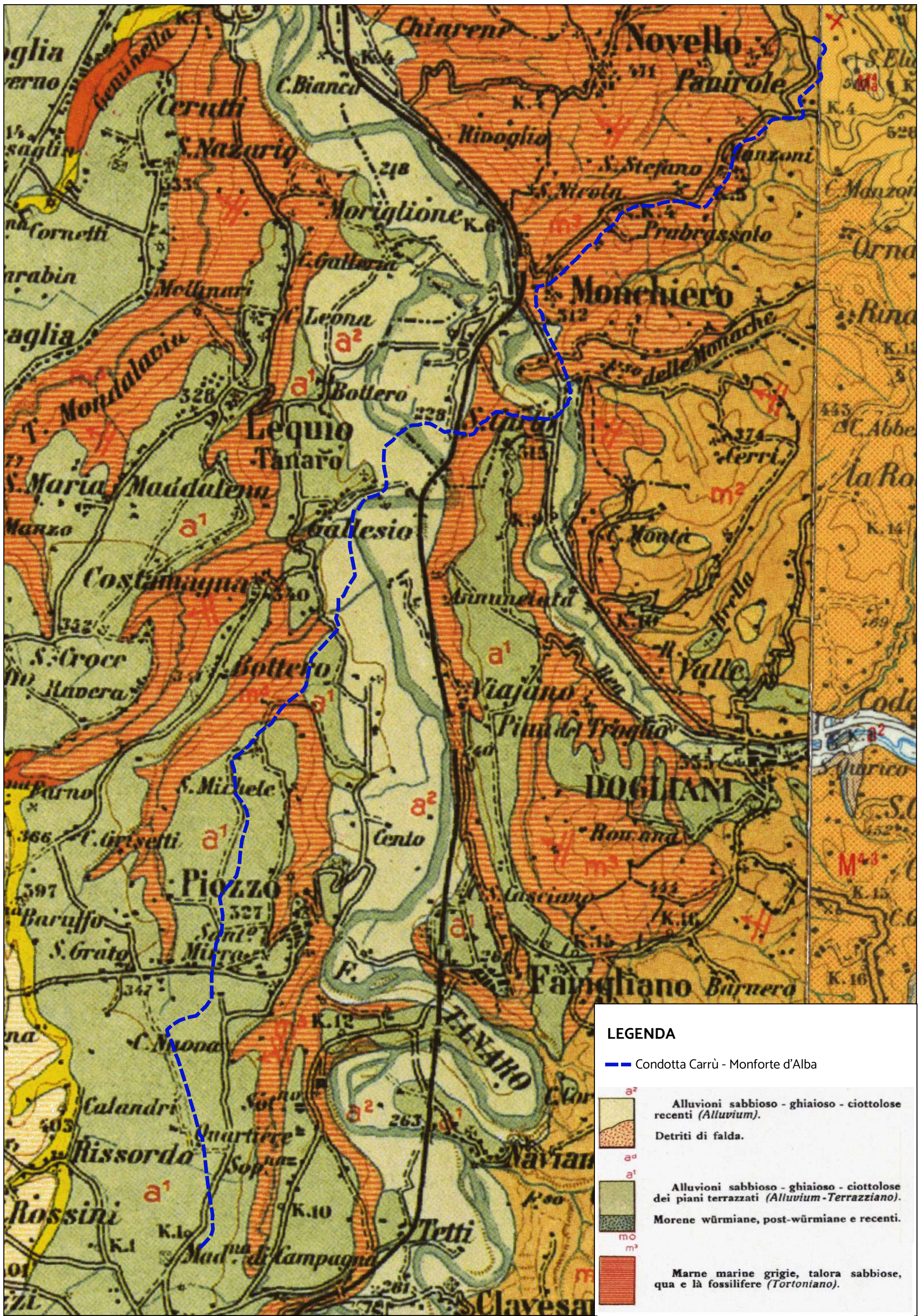
Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini, and A. Antonucci (2021), Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBM15>, doi: 10.13127/CPTI/CPT15.3

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPT15.4>


Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPT15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>






Vigna, Bartolomeo et al. "Hydrogeology and groundwater quality in the quaternary alluvial deposits of the Cuneo Plain (NW Italy)." (2011).

ALLEGATO 1 - TRACCIATO IN PROGETTO SOVRAPPOSTO ALLA C.G.I.

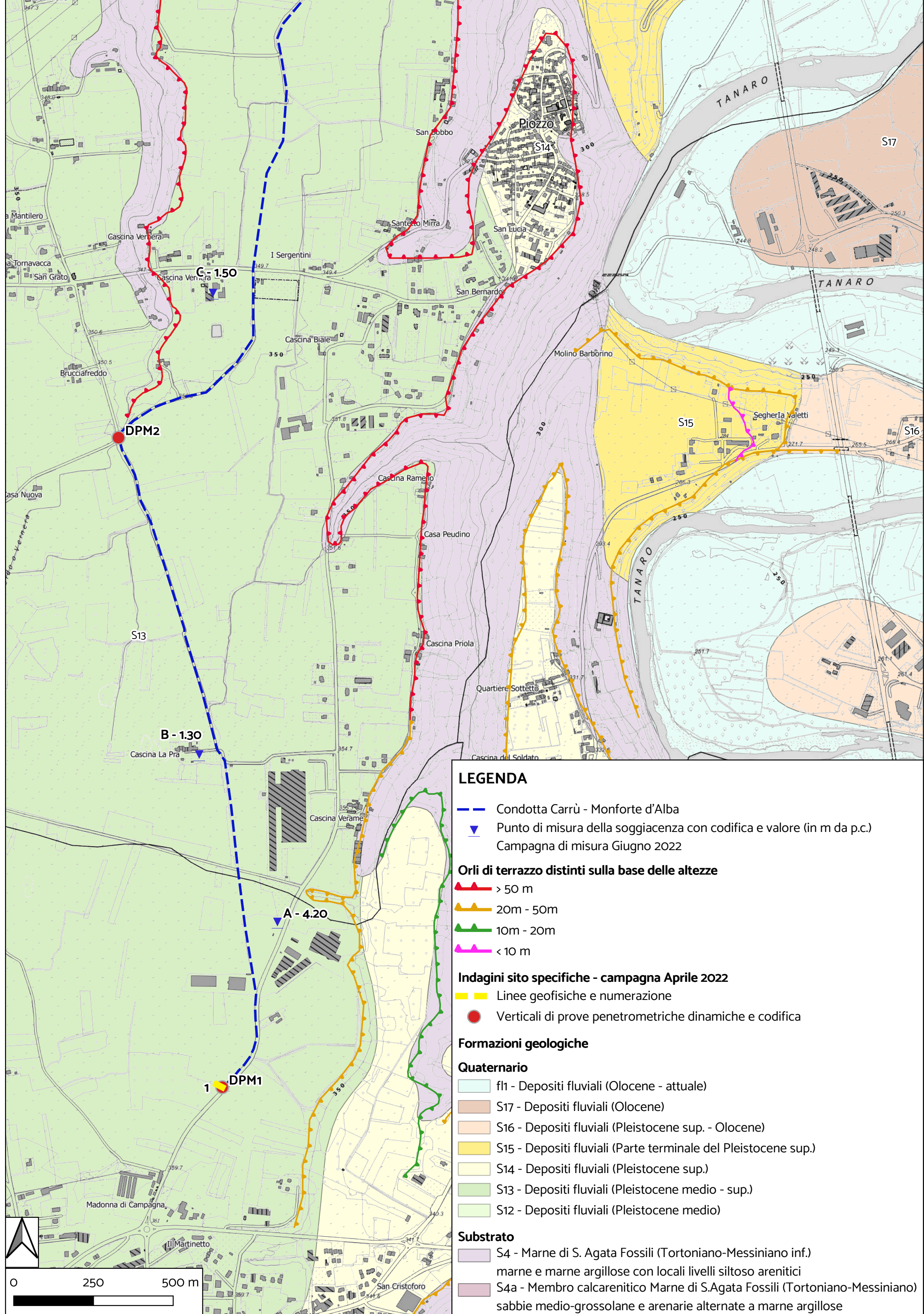


LEGENDA

 Condotta Carrù - Monforte d'Alba

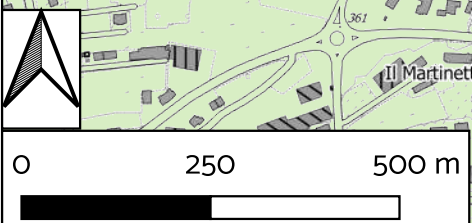
-  a^2 Alluvioni sabbioso - ghiaioso - ciottolose recenti (*Alluvium*).
-  Detriti di falda.
-  a^1 Alluvioni sabbioso - ghiaioso - ciottolose dei piani terrazzati (*Alluvium-Terrazziano*).
-  a^1 Morene würmiane, post-würmiane e recenti.
-  m^0 m^3 Marne marine grigie, talora sabbiose, qua e là fossilifere (*Tortoniano*).

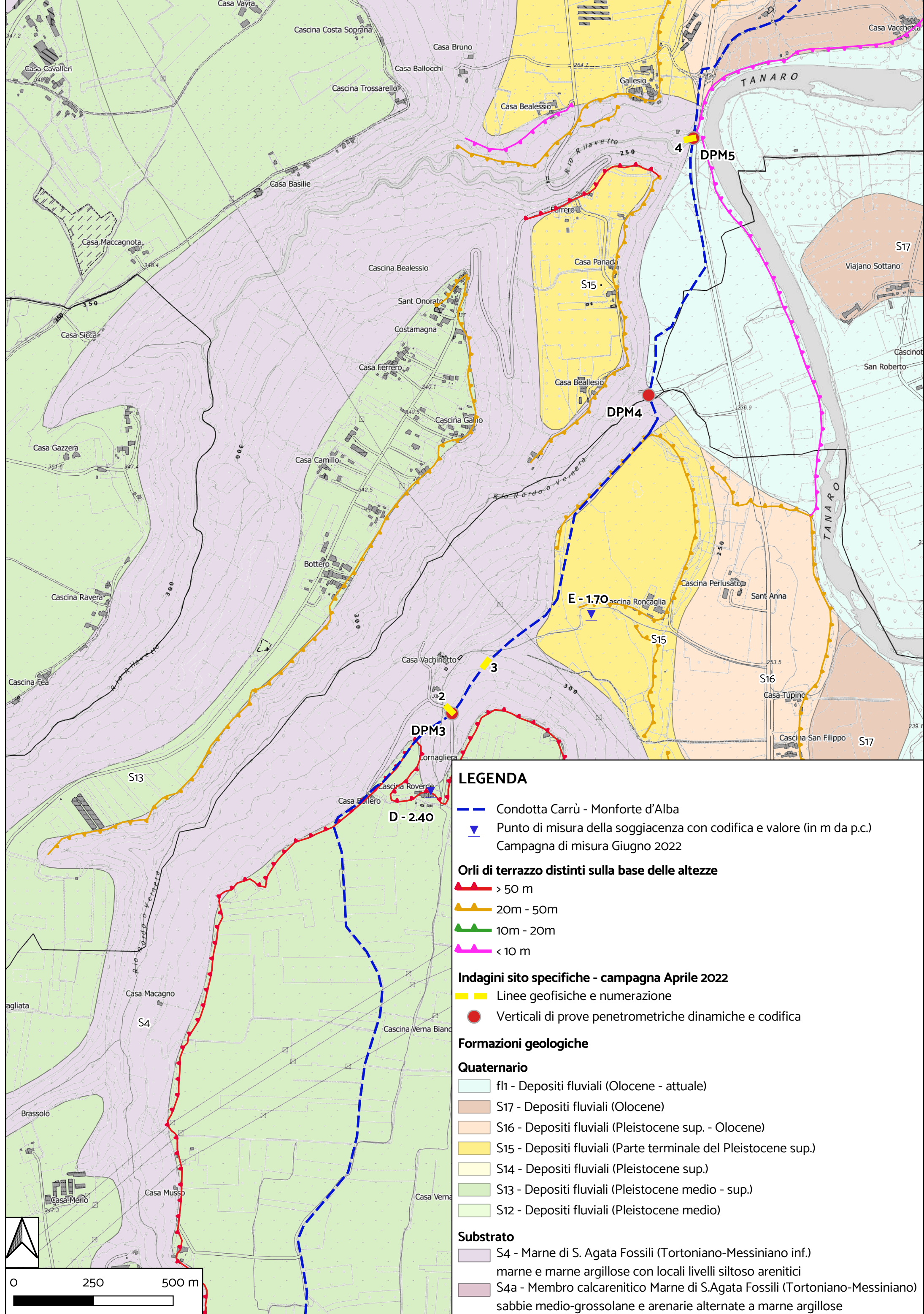
**ALLEGATO 2 - CARTOGRAFIA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA (SCALA
1:10.000)**



LEGENDA

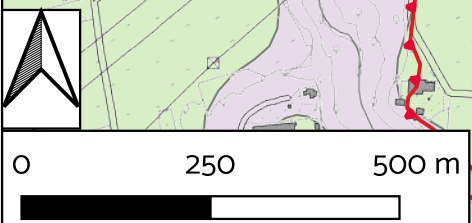
- Condotta Carrù - Monforte d'Alba
- ▼ Punto di misura della soggiacenza con codifica e valore (in m da p.c.)
Campagna di misura Giugno 2022
- Orli di terrazzo distinti sulla base delle altezze**
- ▲ > 50 m
- ▲ 20m - 50m
- ▲ 10m - 20m
- ▲ < 10 m
- Indagini sito specifiche - campagna Aprile 2022**
- Linee geofisiche e numerazione
- Verticali di prove penetrometriche dinamiche e codifica
- Formazioni geologiche**
- Quaternario**
- fl1 - Depositi fluviali (Olocene - attuale)
- S17 - Depositi fluviali (Olocene)
- S16 - Depositi fluviali (Pleistocene sup. - Olocene)
- S15 - Depositi fluviali (Parte terminale del Pleistocene sup.)
- S14 - Depositi fluviali (Pleistocene sup.)
- S13 - Depositi fluviali (Pleistocene medio - sup.)
- S12 - Depositi fluviali (Pleistocene medio)
- Substrato**
- S4 - Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano inf.)
marne e marne argillose con locali livelli siltoso arenitici
- S4a - Membro calcarenitico Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano)
sabbie medio-grossolane e arenarie alternate a marne argillose

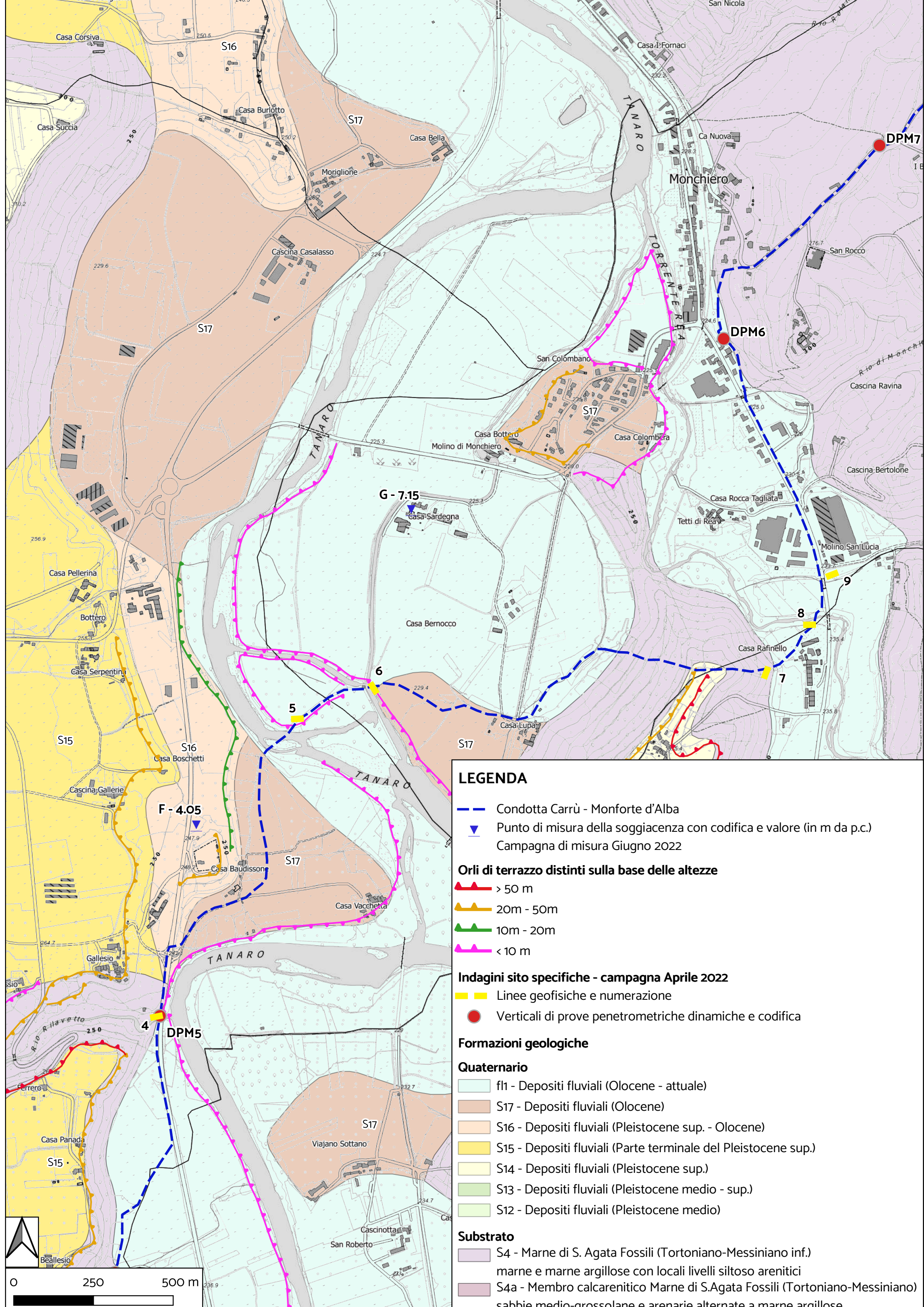




LEGENDA

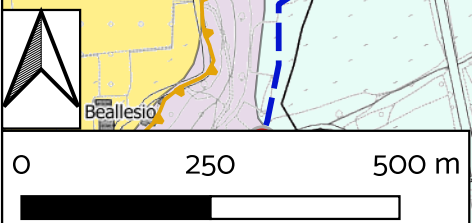
- Condotta Carrù - Monforte d'Alba
- ▼ Punto di misura della soggiacenza con codifica e valore (in m da p.c.)
Campagna di misura Giugno 2022
- Orli di terrazzo distinti sulla base delle altezze**
- ▲ > 50 m
- ▲ 20m - 50m
- ▲ 10m - 20m
- ▲ < 10 m
- Indagini sito specifiche - campagna Aprile 2022**
- Linee geofisiche e numerazione
- Verticali di prove penetrometriche dinamiche e codifica
- Formazioni geologiche**
- Quaternario**
- fl1 - Depositi fluviali (Olocene - attuale)
- S17 - Depositi fluviali (Olocene)
- S16 - Depositi fluviali (Pleistocene sup. - Olocene)
- S15 - Depositi fluviali (Parte terminale del Pleistocene sup.)
- S14 - Depositi fluviali (Pleistocene sup.)
- S13 - Depositi fluviali (Pleistocene medio - sup.)
- S12 - Depositi fluviali (Pleistocene medio)
- Substrato**
- S4 - Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano inf.)
marne e marne argillose con locali livelli siltoso arenitici
- S4a - Membro calcarenitico Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano)
sabbie medio-grossolane e arenarie alternate a marne argillose

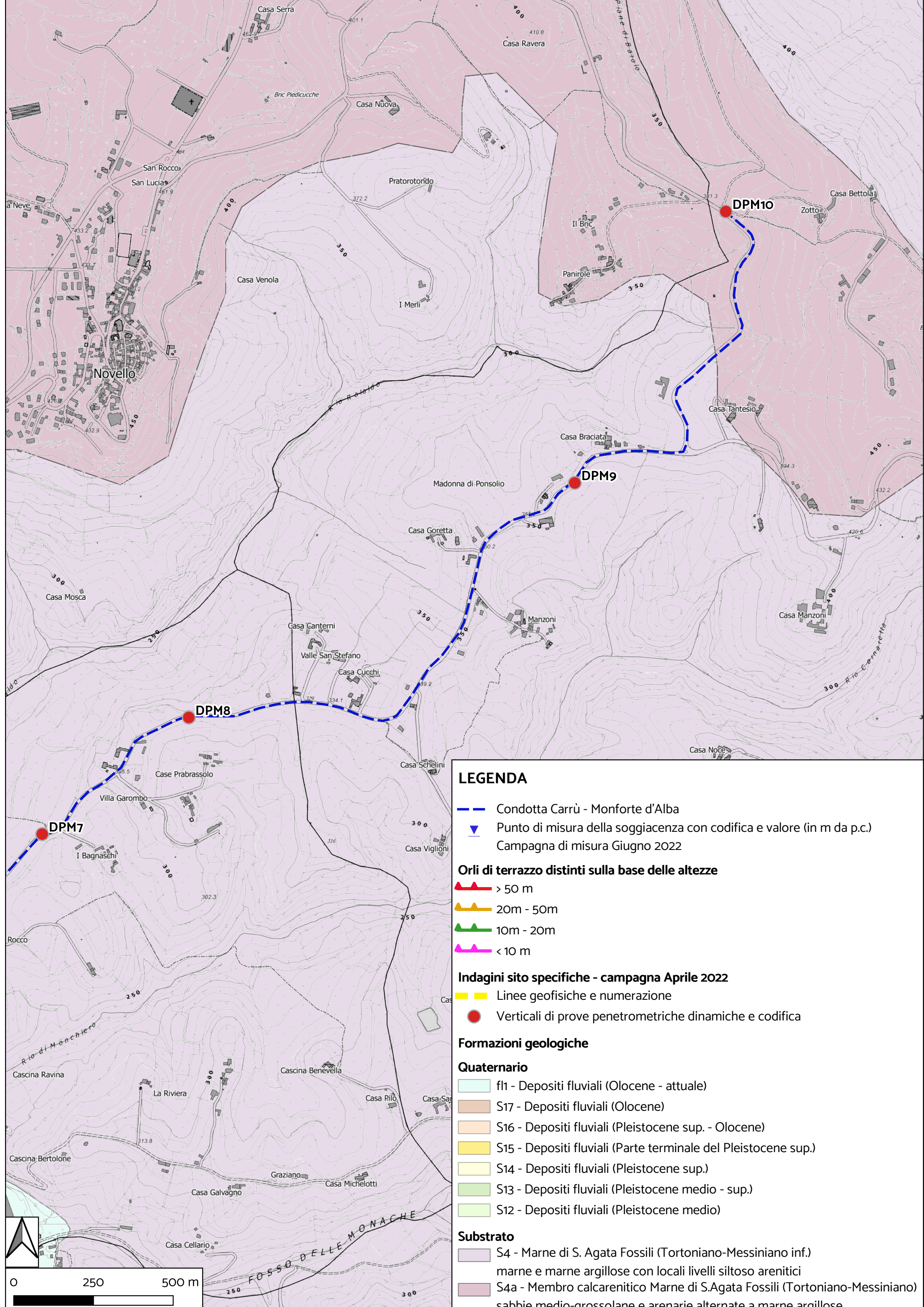




LEGENDA

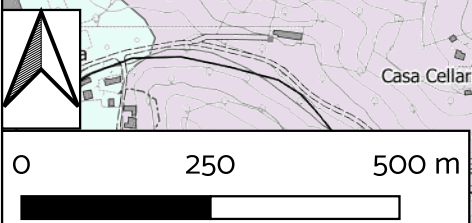
- Condotta Carrù - Monforte d'Alba
- Punto di misura della soggiacenza con codifica e valore (in m da p.c.)
Campagna di misura Giugno 2022
- Orli di terrazzo distinti sulla base delle altezze**
 - > 50 m
 - 20m - 50m
 - 10m - 20m
 - < 10 m
- Indagini sito specifiche - campagna Aprile 2022**
 - Linee geofisiche e numerazione
 - Verticali di prove penetrometriche dinamiche e codifica
- Formazioni geologiche**
- Quaternario**
 - f1 - Depositi fluviali (Olocene - attuale)
 - S17 - Depositi fluviali (Olocene)
 - S16 - Depositi fluviali (Pleistocene sup. - Olocene)
 - S15 - Depositi fluviali (Parte terminale del Pleistocene sup.)
 - S14 - Depositi fluviali (Pleistocene sup.)
 - S13 - Depositi fluviali (Pleistocene medio - sup.)
 - S12 - Depositi fluviali (Pleistocene medio)
- Substrato**
 - S4 - Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano inf.)
marne e marne argillose con locali livelli siltoso arenitici
 - S4a - Membro calcarenitico Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano)
sabbie medio-grossolane e arenarie alternate a marne argillose





LEGENDA

- Condotta Carrù - Monforte d'Alba
- Punto di misura della soggiacenza con codifica e valore (in m da p.c.)
Campagna di misura Giugno 2022
- Orli di terrazzo distinti sulla base delle altezze**
 - > 50 m
 - 20m - 50m
 - 10m - 20m
 - < 10 m
- Indagini sito specifiche - campagna Aprile 2022**
 - Linee geofisiche e numerazione
 - Verticali di prove penetrometriche dinamiche e codifica
- Formazioni geologiche**
- Quaternario**
 - fl1 - Depositi fluviali (Olocene - attuale)
 - S17 - Depositi fluviali (Olocene)
 - S16 - Depositi fluviali (Pleistocene sup. - Olocene)
 - S15 - Depositi fluviali (Parte terminale del Pleistocene sup.)
 - S14 - Depositi fluviali (Pleistocene sup.)
 - S13 - Depositi fluviali (Pleistocene medio - sup.)
 - S12 - Depositi fluviali (Pleistocene medio)
- Substrato**
 - S4 - Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano inf.)
marne e marne argillose con locali livelli siltoso arenitici
 - S4a - Membro calcarenitico Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano)
sabbie medio-grossolane e arenarie alternate a marne argillose



ALLEGATO 3 - PROFILO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI PROGETTO



 Committente
ACQUEDOTTO DELLE LANGHE E ALPI CUNEESE S.P.A.
 Corso Nizza 9, 12100
 Cuneo (CN)

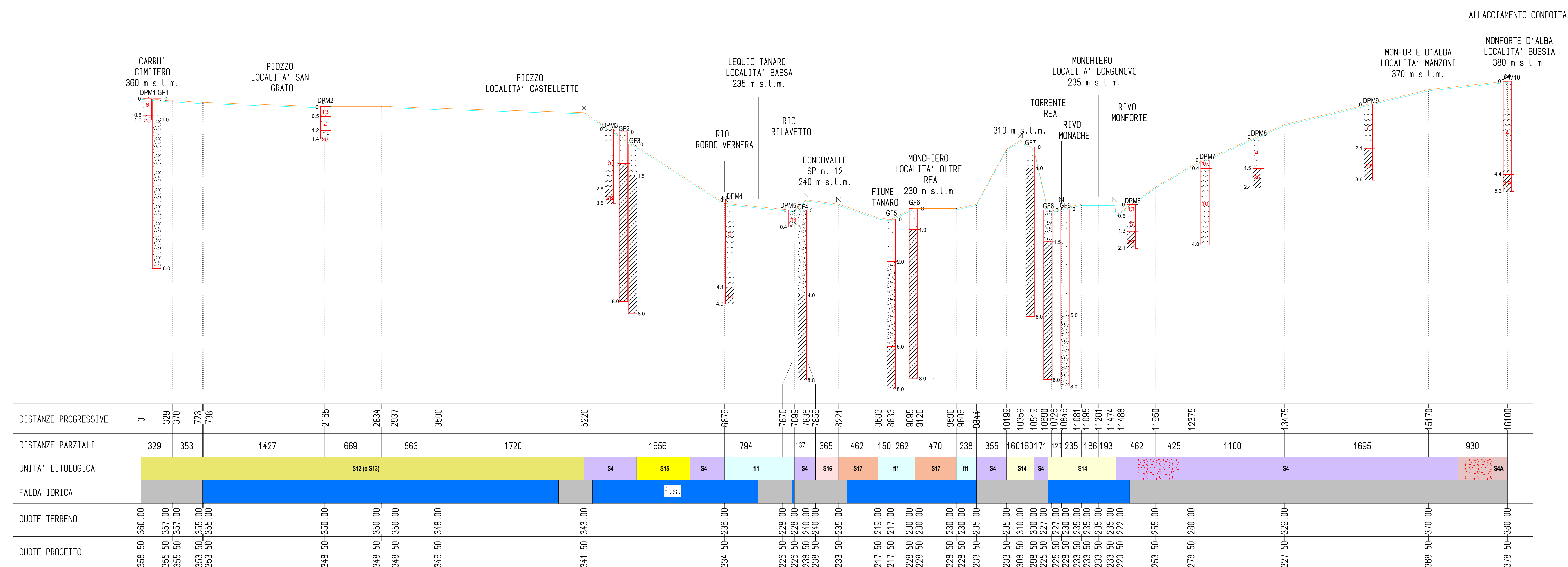
Oggetto
**INCARICO DI ANALISI GEOLOGICA A SUPPORTO DEL PROGETTO
 DEFINITIVO DELLA NUOVA CONDOTTA CARRU' - MONFORTE D'ALBA**

Elaborato
PROFILO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI PROGETTO

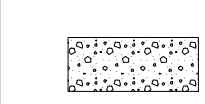
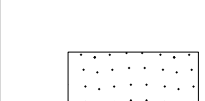
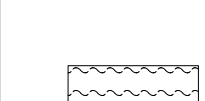

Redazione

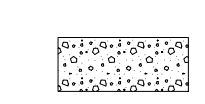
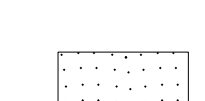
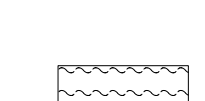


ENYDRION S.P.A.
 Corso Duca degli Abruzzi 42 - 10129 Torino (TO) Via Mazzini 2M - 13836 Cossato (BI)
 info@enydrion.it - enydrion@pec.enydrion.it - enydrion.it
 P.IVA 1257290017
 N° iscrizione Ordine Regionale Geologi Piemonte (Albo STP): 02

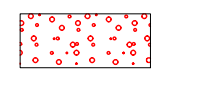
Revisione	Data	Timbro e Firma
1 - Emissione	Giugno 2022	






LEGGENDA

LINEA GEOFISICA (GF)	
	Depositi alluvionali medio-grossolani (>100 Ω·m)
	Depositi alluvionali medio-fini (<100 Ω·m)
	Terreni eluvio-colluviali fini (< 50 Ω·m)
	Substrato BTP alterato (> 50 Ω·m)
2.0	base dell'elettrostrato (m da p.c.)

PROVA PENETROMETRICA (DPM)	
	Depositi alluvionali medio-grossolani
	Depositi alluvionali medio-fini
	Terreni eluvio-colluviali fini
	Substrato BTP alterato
2.0	Base della litozona (m da p.c.)
6	Numero di colpi medio (N _{SPT})

GEOLOGIA		
Sigla	Unità Litologica	
Depositi quaternari		
f1	Depositi fluviali (Olocene-attuale)	
S17	Depositi fluviali (Olocene)	
S16	Depositi fluviali (Pleistocene Superiore-Olocene)	
S15	Depositi fluviali (Parte terminale del Pleistocene superiore)	
S14	Depositi fluviali (Pleistocene superiore)	
S12 (o s13)	Depositi fluviali (Pleistocene medio-superiore)	
Bacino Terziario Piemontese		
S4	Marne S. Agata Fossili	
S4A	Marne S. Agata Fossili - membro calcarenitico	
	Settori di versante soggetti a movimenti gravitativi oggetto d'interventi di consolidamento	

IDROGEOLOGIA	
	SATURO
	INSATURO
	SATURO (fondo scavo)

N.B.

Per ragioni di leggibilità, la scala di rappresentazione delle litozone è diversa da quella altimetrica

scala 1:2000