

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO
COMUNI DI BARBARESCO E CASTAGNITO

**RICOSTRUZIONE TRAVERSA DEL CANALE IRRIGUO
"SAN MARZANO" CON VALORIZZAZIONE ENERGETICA**

- IMPIANTO IDROELETTRICO BARBARESCO -

Progetto definitivo - Documentazione ai sensi del Regolamento Regionale 10/R del 29 Luglio 2003 e ss.mm.ii. e Valutazione di impatto ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Capellino
Studio di Ingegneria

STUDIO DI INGEGNERIA

Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO

Via Rosa Bianca, 18
12084 Mondovì - (CN)

☎ 0174/551247

✉ info@studiocapellino.it

✉ antonio.capellino@ingpec.eu

Dott. Arch. DANIELE BORGNA

Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 339-3131477

✉ daniele.borgna@studiocapellino.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO

Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)

☎ 328-4541205

✉ alberto.bonello@studiocapellino.it

Geom. ALBERTO BALSAMO

S.S. 28 Nord, 81 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 347-4097196

✉ alberto.balsamo@studiocapellino.it

Dott. Geol. LUCA ARIONE

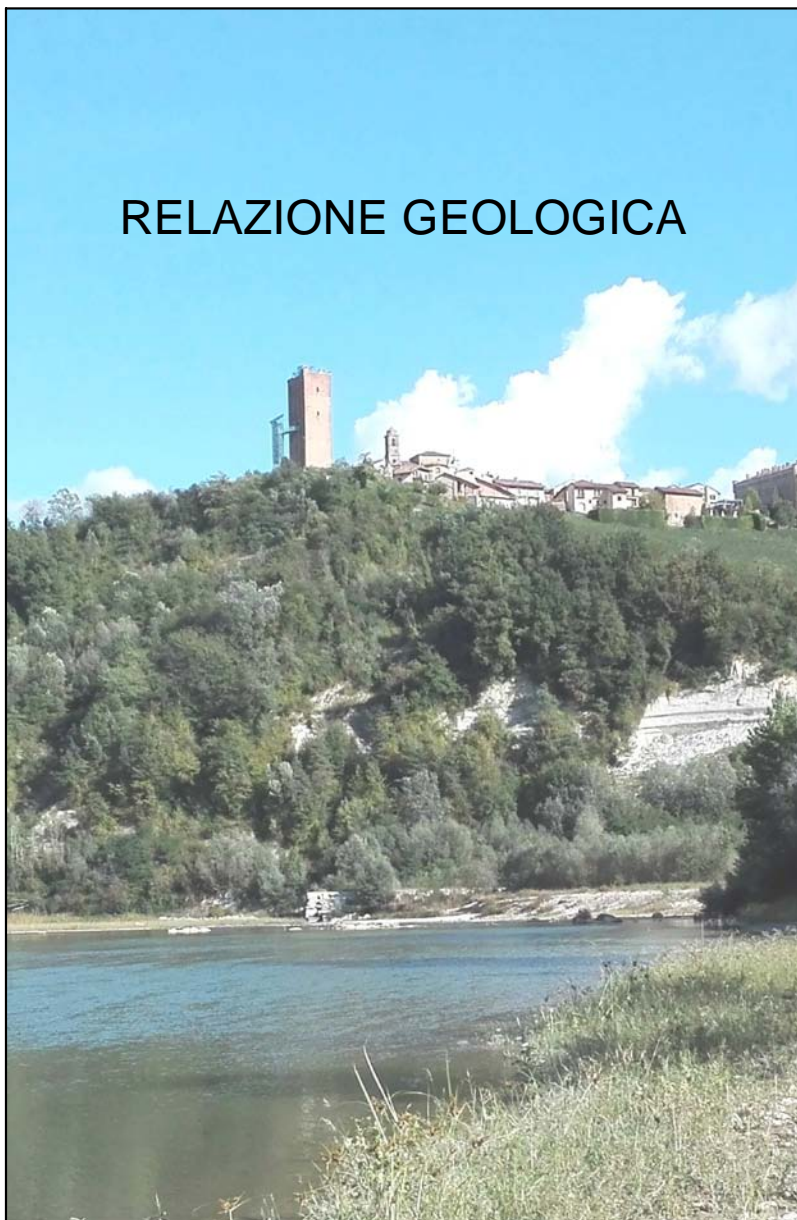
Via Principe Tommaso, 39
10125 Torino

☎ 011/6599131

✉ luca.arione@igeo.it



RELAZIONE GEOLOGICA



IDENTIFICATORE:
07_RELAZIONE_GEOLOGICA

RICHIEDENTI

SAN FRANCESCO ENERGIE s.r.l.

Via Venezia, 4
12084 - Mondovì (CN)

DATA PROGETTO

Dicembre 2016

LAVORO

BRB 001/01

DATA

SCALA

DATA

Elaborato

7

INDICE

1. Premessa	2
2. Normativa di riferimento	2
3. Inquadramento geologico e geomorfologico	2
4. Caratteristiche morfologiche e granulometriche dell'alveo.....	5
5. Vincoli di pianificazione	5
6. Assetto litologico	9
6.1 Rilievi geologici di superficie.....	10
6.2 Dati stratigrafici	12
6.3 Conclusioni sull'assetto litologico.....	13
7. Caratteristiche idrogeologiche	14
8. Caratteristiche geotecniche	15
9. Caratterizzazione sismica	16
10. Stabilità del sito	17
11. Interventi in progetto e problematiche geotecniche.....	18
11.1 Fronti di scavo.....	19
11.2 Interferenza con la falda.....	19
11.3 Definizione delle opere di fondazione	19
12. Conclusioni	21

1. Premessa

La presente relazione geologica è redatta a corredo del progetto di “Ricostruzione traversa del canale irriguo San Marzano con valorizzazione energetica” nel territorio del Comune di Barbaresco e Castagnito, richiedente San Francesco Energie srl.

Lo studio, realizzato mediante sopralluoghi, rilievi sul terreno, esame dei dati disponibili di bibliografia tecnica, ha permesso di:

- definire l’assetto del territorio sotto l’aspetto geomorfologico, geologico e idrogeologico
- definire la stratigrafia di riferimento dei terreni
- caratterizzare sotto l’aspetto geotecnico e sismico i litotipi presenti
- valutare le problematiche geotecniche legate all’inserimento delle nuove opere.

Le attività sul terreno e in studio sono state finalizzate, in particolare, a:

- acquisizione e revisione critica della cartografia e della bibliografia geologica disponibile per l’area;
- esame con i metodi dell’interpretazione aerofotogeologica delle riprese aeree disponibili;
- svolgimento di rilievi geologici e geomorfologici di terreno nell’intorno del sito;
- schematizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica dei materiali presenti nell’area in esame.

2. Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta nel rispetto delle prescrizioni contenute nella normativa vigente:

- **D.M. 14/1/2008** - *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** - *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.*
- **D.P.G.R. 29/7/2003 n. 10/R** - *Regolamento regionale recante: “Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)”*

3. Inquadramento geologico e geomorfologico

L’area in esame è situata nel territorio comunale di Barbaresco in corrispondenza del corso del fiume Tanaro, presso l’esistente traversa del Canale Irriguo “San Marzano” (distrutta dall’attività fluviale), ad una quota di circa 150 metri s.l.m. (Figura 1 - estratto da BDTRE2016 scala 1 : 10.000).

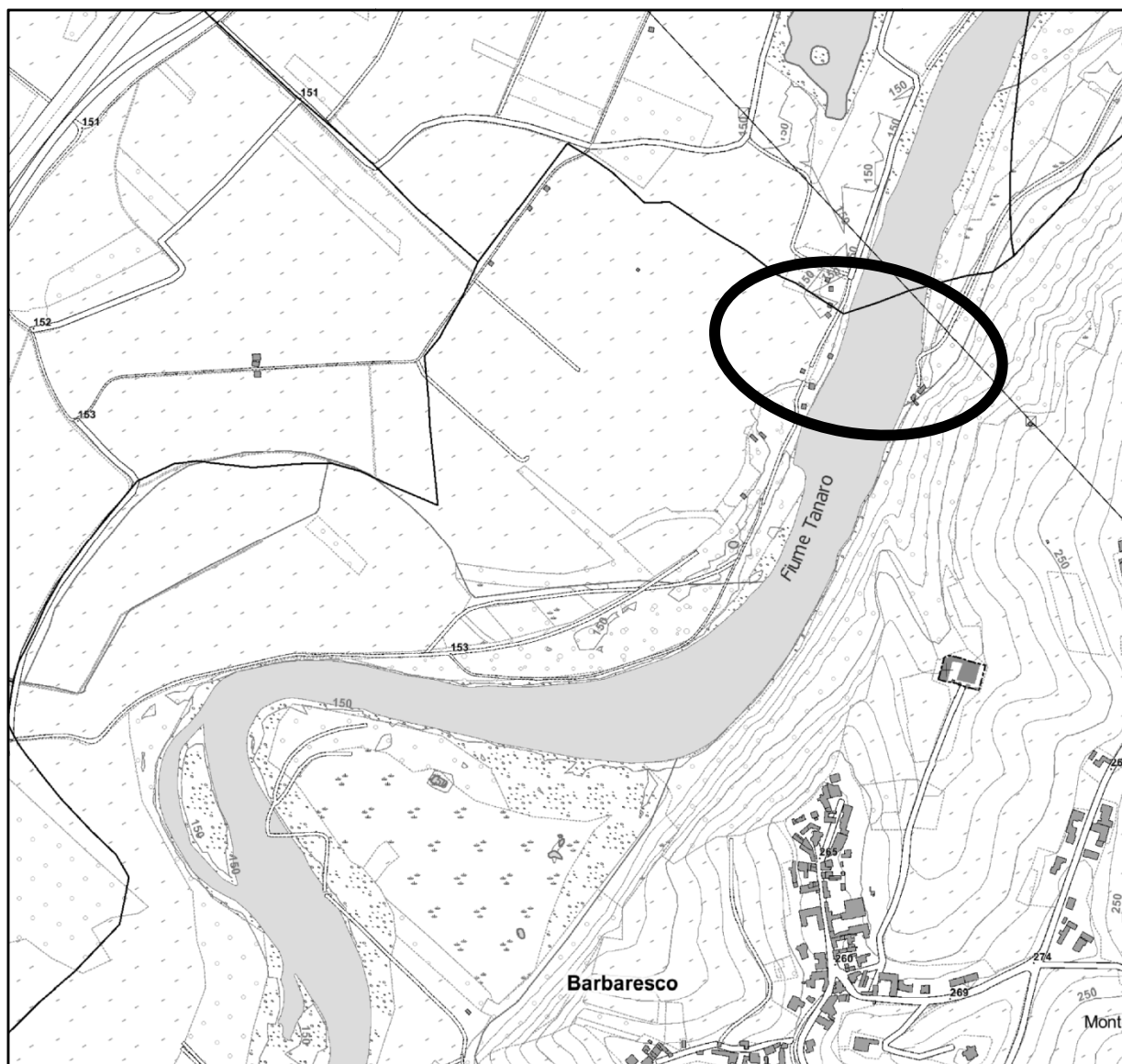


Figura 1 - estratto da BDTRE2016 scala 1 : 10.000

L'area è situata nella pianura alluvionale del fiume Tanaro, corso d'acqua che scorre ai piedi dei rilievi collinari delle Langhe, le cui prime pendici si collocano a modesta distanza dalla sponda destra.

Nel dettaglio nel sito di intervento in sponda destra vi è una ristretta fascia di un terrazzo alluvionale olocenico, su cui sono impostati le opere dell'esistente impianto di derivazione, seguito dai rilievi collinari.

In sponda sinistra la pianura alluvionale è invece ampia con un terrazzo olocenico sopraelevato di alcuni metri sull'alveo attuale del fiume, con presenza di evidenti forme fluviali relitte (paleoalvei, tronchi di meandro abbandonati).

L'area di interesse è compresa nella Carta Geologica d'Italia a scala 1 : 100.000 nel F. 69 "Asti" (un estratto è riportato in Figura 2).

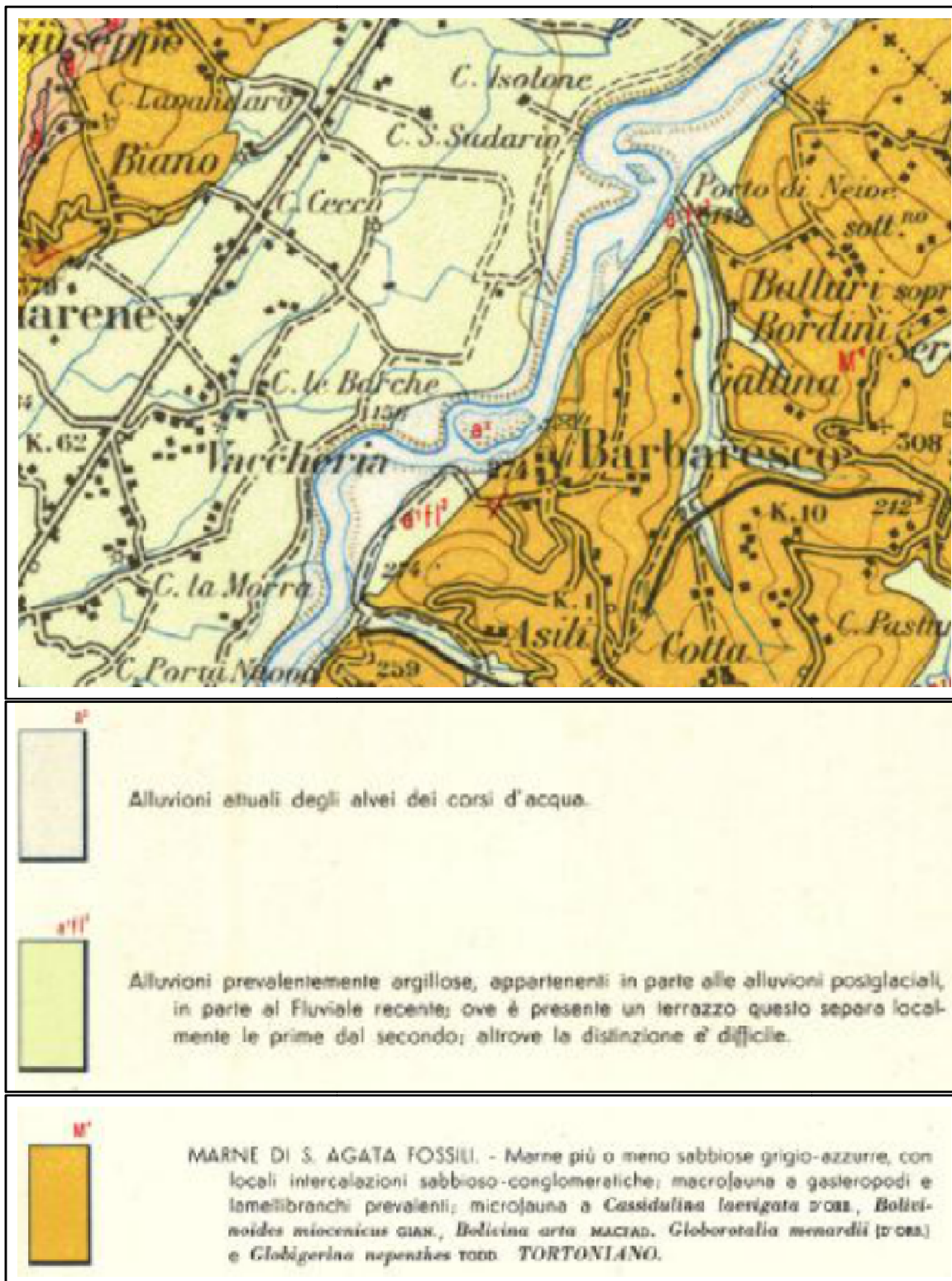


Figura 2 - estratto da F. 69 "Asti" della Carta Geologica d'Italia scala 1 : 100.000 – fuori scala

Sotto l'aspetto geologico l'assetto generale del settore è caratterizzato da una coltre di depositi di

ambiente continentale quaternari sovrapposta alle rocce delle formazioni di ambiente marino che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari.

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali sono legati alla dinamica fluviale del corso d'acqua e corrispondono a prevalente ghiaia e sabbia, con locali lenti sabbioso-limose.

Roccia di substrato

Le rocce di substrato, estesamente ricoperte dalla coltre di depositi continentali quaternari, appartengono alla Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano), corrispondente ad una successione di marne, talora sabbiose, di color grigio azzurro, con subordinate intercalazioni arenaceo-conglomeratiche.

I depositi di questa formazione affiorano sui rilievi collinari (di cui costituiscono l'ossatura) e sono inoltre visibili in corrispondenza dell'alveo del fiume su tratti discontinui.

4. Caratteristiche morfologiche e granulometriche dell'alveo

L'evoluzione morfologica dell'alveo, nonché le forme fluviali con eventuali criticità, è stata esaminata con riferimento a quanto bibliograficamente disponibile presso gli archivi degli Enti pubblici territoriali e da quanto osservabile sul terreno e mediante l'esame di fotografie aeree.

Il Fiume Tanaro nel tratto di interesse presenta alveo di tipo monocursale con andamento da meandriforme fino a subrettilineo, condizionato dal bordo collinare in destra idrografica. Ne deriva che nel tempo il corso d'acqua ha presentato una tendenza evolutiva in sinistra, come testimoniato da evidenti forme fluviali relitte.

Per quanto concerne la granulometria dei depositi in alveo, da quanto emerso dalle osservazioni effettuate in loco si è potuto evincere come nell'areale indagato siano presenti principalmente sedimenti con granulometria grossolana (ghiaia e ciottoli con subordinata sabbia limosa) che riscoprono la marna di substrato presente a pochi metri di profondità.

5. Vincoli di pianificazione

E' stata esaminata la classificazione dell'area rispetto alla presenza di vincoli di carattere geomorfologico o idrogeologico legati alla pianificazione del territorio.

Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), predisposto dall'Autorità di Bacino del fiume Po e adottato con D.P.C.M. in data 24 maggio 2001, costituisce uno strumento funzionale a garantire al territorio del bacino del fiume Po ed ai suoi affluenti un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, definendo le fasce di pertinenza fluviale della rete idrografica principale.

La "Tavola di delimitazione delle fasce fluviali" (Foglio 193 sez. IV - Castagnole delle Lanze, un estratto è riportato in Figura 3) evidenzia che l'area di intervento ricade all'interno della fascia fluviale A del fiume Tanaro.

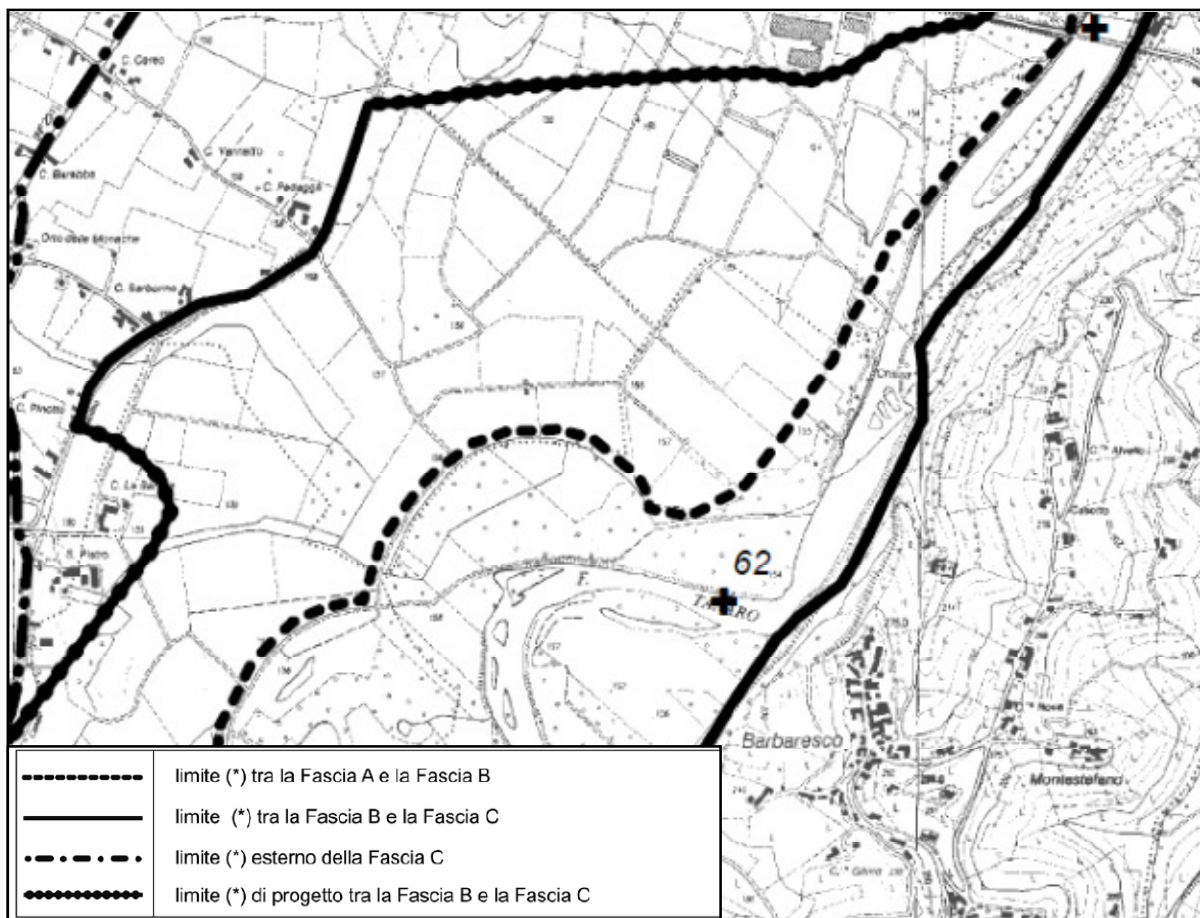


Figura 3 - estratto da PAI - Tavola di delimitazione delle fasce fluviali (Foglio 193 sez. IV)

L'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" (Foglio 193 sez. IV - Castagnole delle Lanze, un estratto è riportato in Figura 4) inserisce dei lembi di territorio in aree a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio.

La Variante al Piano Stralcio fasce Fluviali - Fiume Tanaro tratto compreso fra Alba e Canove, riporta aree a rischio idrogeologico molto elevato in corrispondenza del versante sottostante la Rocca di Barbaresco (stralcio in Figura 5)

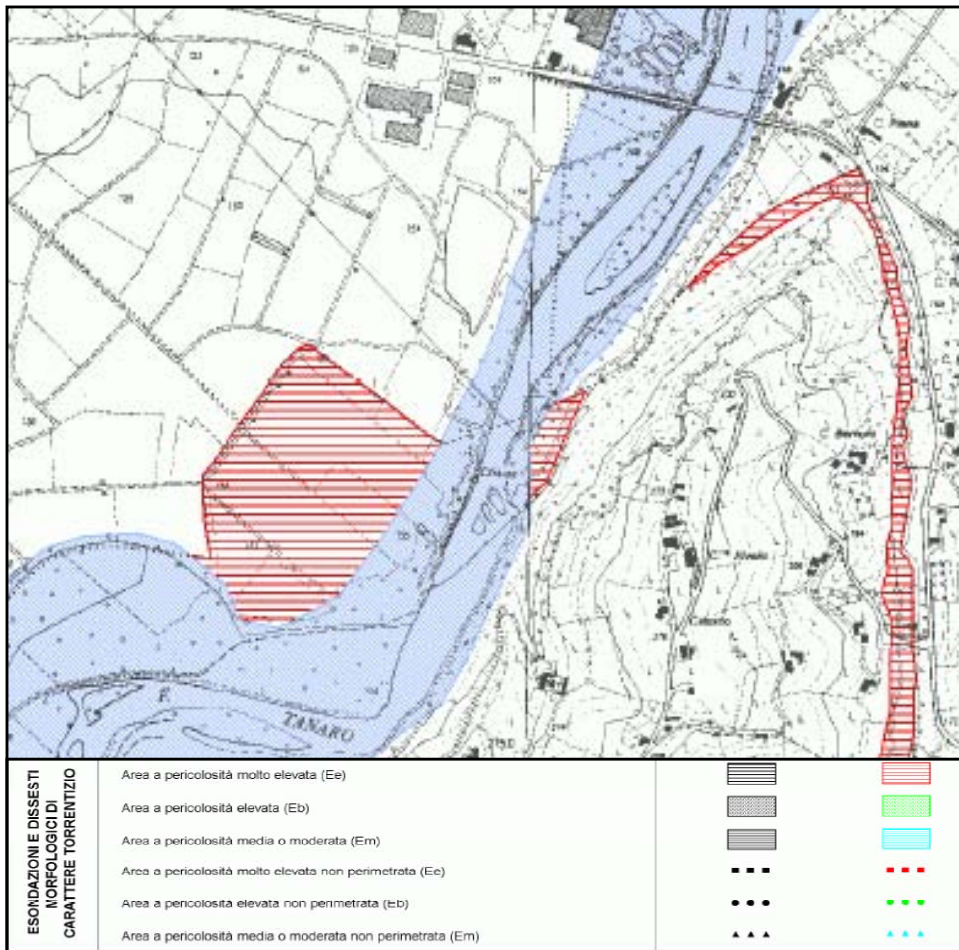


Figura 4 - estratto da PAI - Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (Foglio 193 sez. IV)

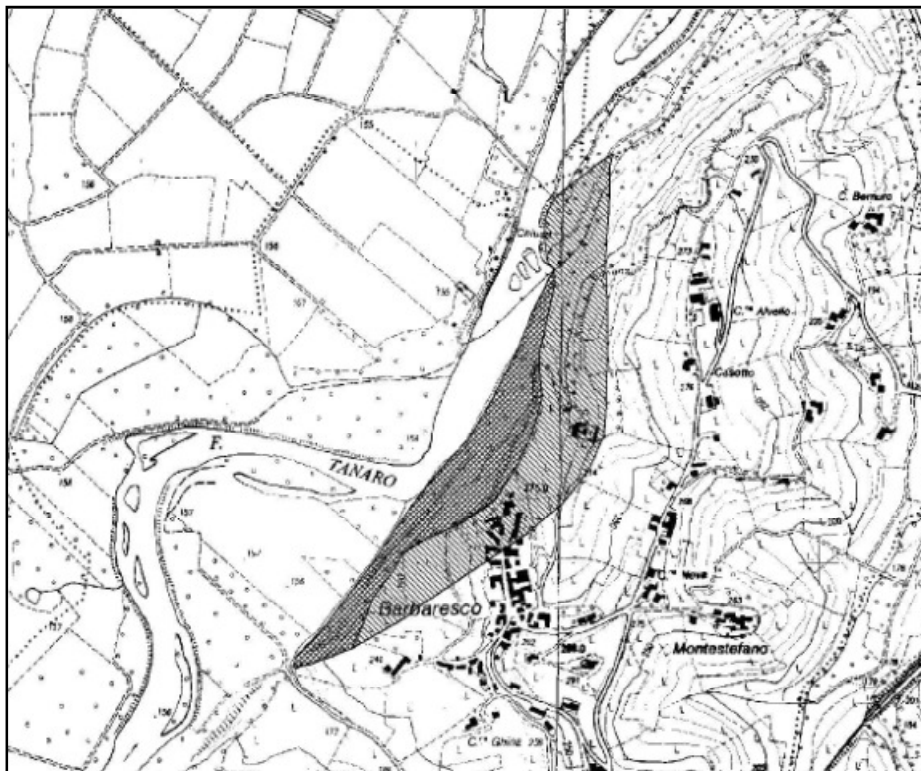


Figura 5 - Variante al Piano Stralcio fasce Fluviali - Fiume Tanaro tratto fra Alba e Canove

Piano Gestione Rischio Alluvioni

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) attua la Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, con strumento per la valutazione e la gestione del rischio rappresentato dalle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (art. 6 del D.Lgs. 49/2010 e art. 6 del Dir. 2007/60/CE), approvate dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Po nella seduta del 23 Dicembre 2013.

Le mappe di pericolosità, secondo le specifiche della Commissione Europea, riportano l’estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d’acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari di probabilità di accadimento dell’evento alluvionale (alluvioni rare – Low probability L, poco frequenti – Medium probability M, frequenti – High probability H).

Le mappe del rischio, secondo le indicazioni del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, segnalano la presenza di elementi potenzialmente esposti agli allagamenti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, eccetera) e il corrispondente livello di rischio, distinto in 4 classi: R1 – Rischio moderato o nullo, R2 – Rischio medio, R3 – Rischio elevato, R4 – Rischio molto elevato.

Per quanto concerne il territorio di intervento il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Carta pericolosità da alluvione, riporta un’ampia fascia lungo la sponda sinistra del fiume con scenario di alluvione M - poco frequente (un estratto è riportato in Figura 6);

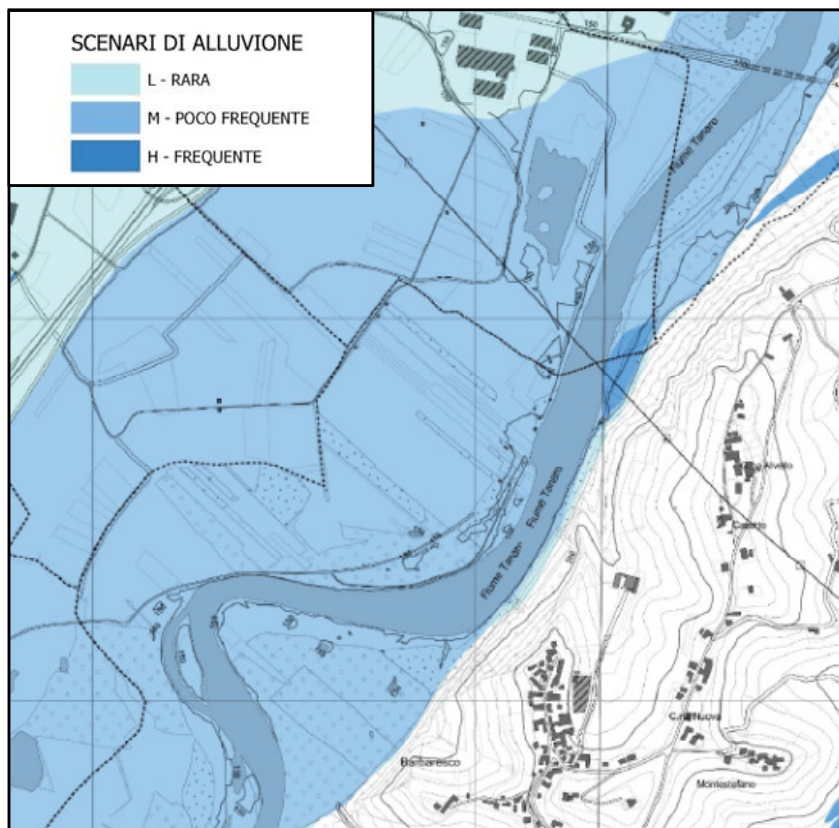


Figura 6 - tratto da Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Carta pericolosità da alluvione

Piano Regolatore Generale Comunale

L'area di intervento è classificata nella “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzazione urbanistica” del P.R.G. di Barbaresco in Classe IIIa (un estratto è riportato in Figura 7).

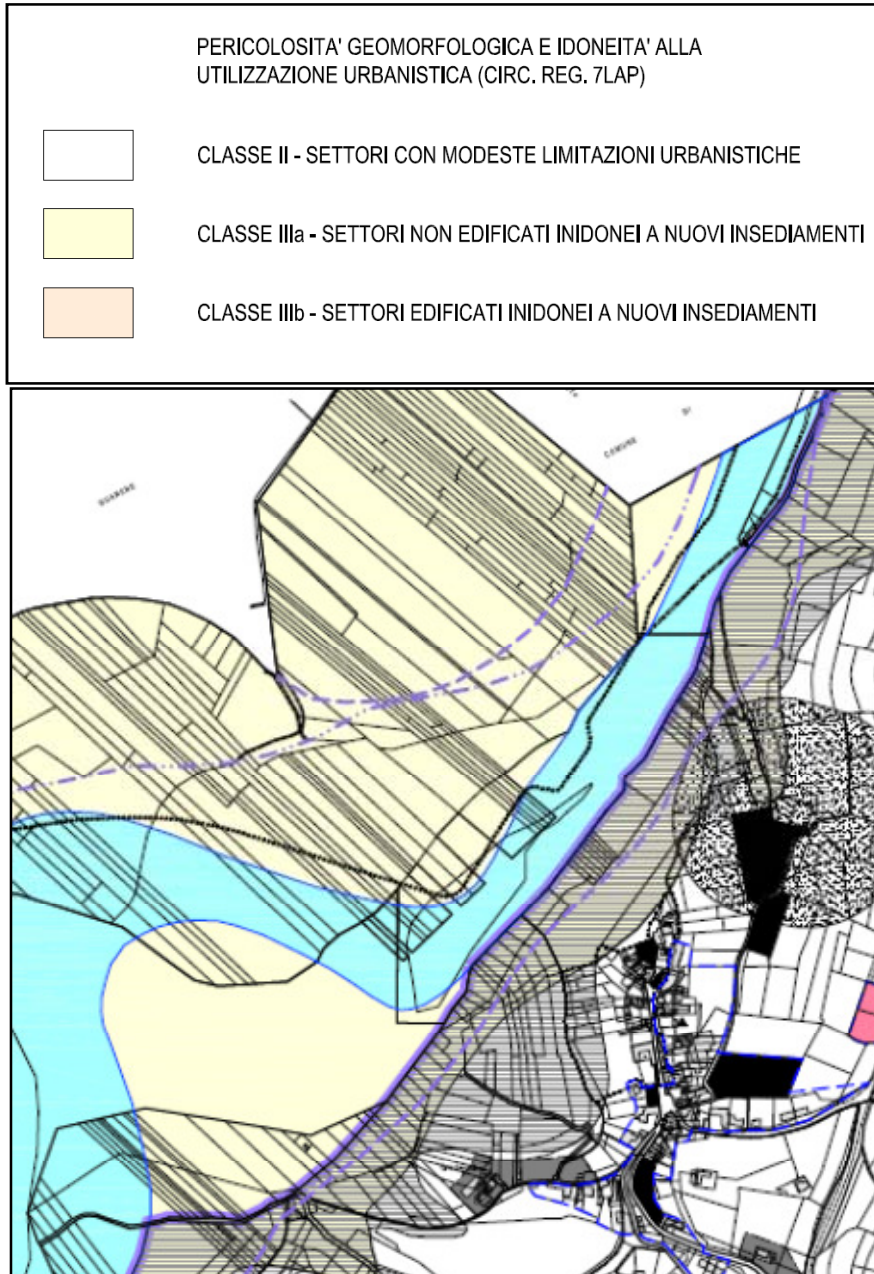


Figura 7 - Estratto da “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzazione urbanistica” del P.R.G. (fuori scala)

6. Assetto litologico

L'assetto litologico locale del sito di intervento è stato ricostruito sulla base delle seguenti indagini:

- Rilievi geologici di superficie

- Dati stratigrafici di bibliografia

6.1 Rilievi geologici di superficie

I rilievi geologici di superficie hanno evidenziato la presenza di ampi affioramento dei terreni delle formazioni di substrato (Formazione delle Marne di S. Agata Fossili) sia nell'alveo alveo del fiume che sul versante soprastante, come riportato in Figura 8.

In affioramento si osserva della marna siltosa grigia con frattura concoide, con subordinati livelli conglomeratici (Foto 1 - 2)

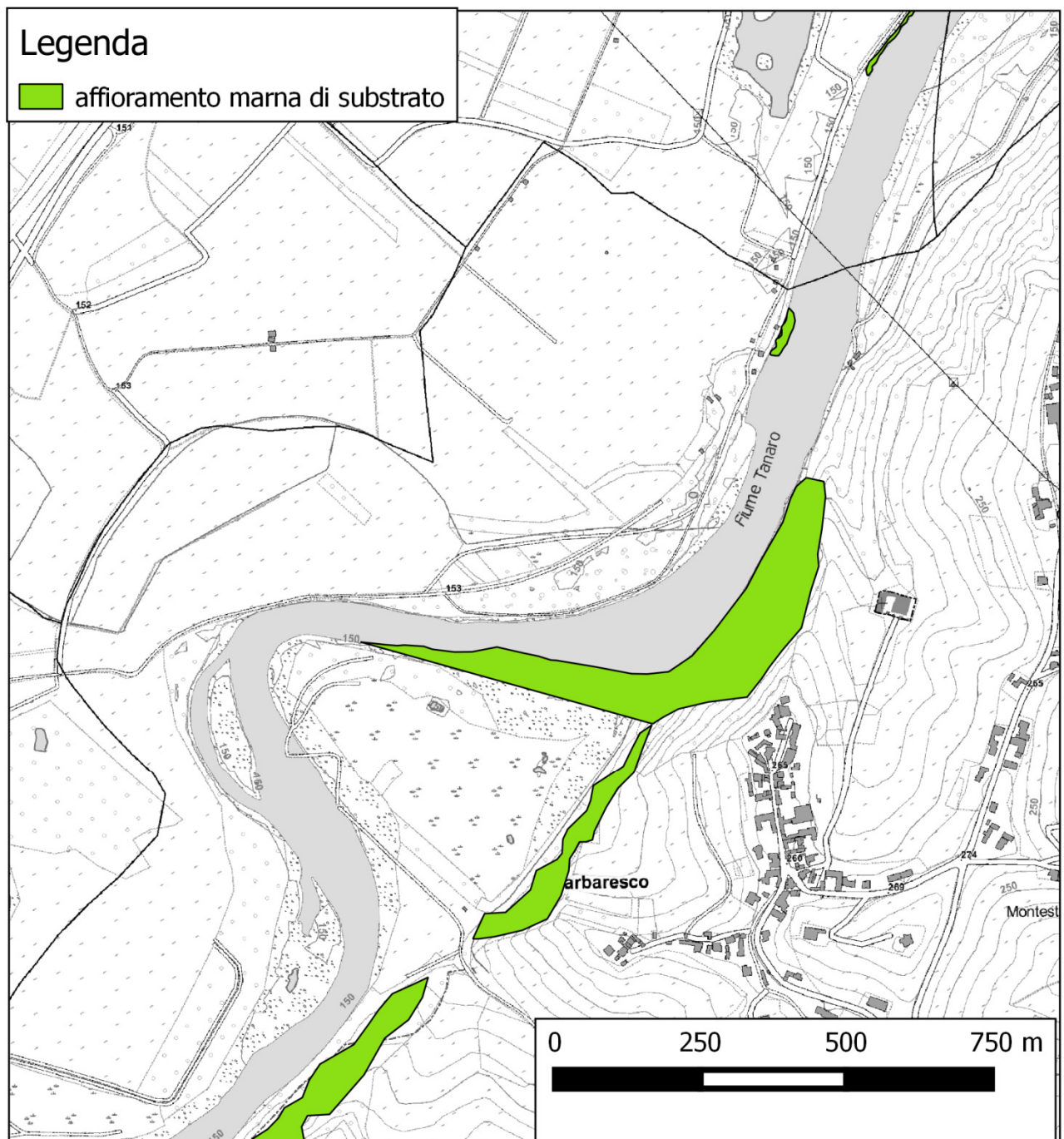


Figura 8 - affioramento marna di substrato su BDTRE2016



Foto 1 - affioramento in alveo della marna della Formazione delle Marne di S.Agata Fossili



Foto 2 - affioramento marna della Formazione delle Marne di S.Agata Fossili - dettaglio

6.2 Dati stratigrafici

E' stata consultata la Banca Dati Geotecnica dell'Arpa Piemonte, che riporta le stratigrafie di varie indagini geognostiche effettuate nel territorio immediatamente a monte del sito di intervento nel medesimo ambiente geologico.

In particolare per il sito di intervento sono significative indagini (pozzetti esplorativi e sondaggi a carotaggio) realizzati nell'ambito del progetto di “Consolidamento delle Rocche di Barbaresco”. L'ubicazione dei punti di indagine è dettagliata in Figura 9 mentre la stratigrafia di un sondaggio significativo, esemplificativa dei risultati della campagna di indagine, è riportata in Figura 10.

I risultati delle indagini evidenziano che l'assetto litologico locale è caratterizzato dalla sovrapposizione di una coltre di depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi, avente mediamente spessore di alcuni metri, sulla marna di substrato.

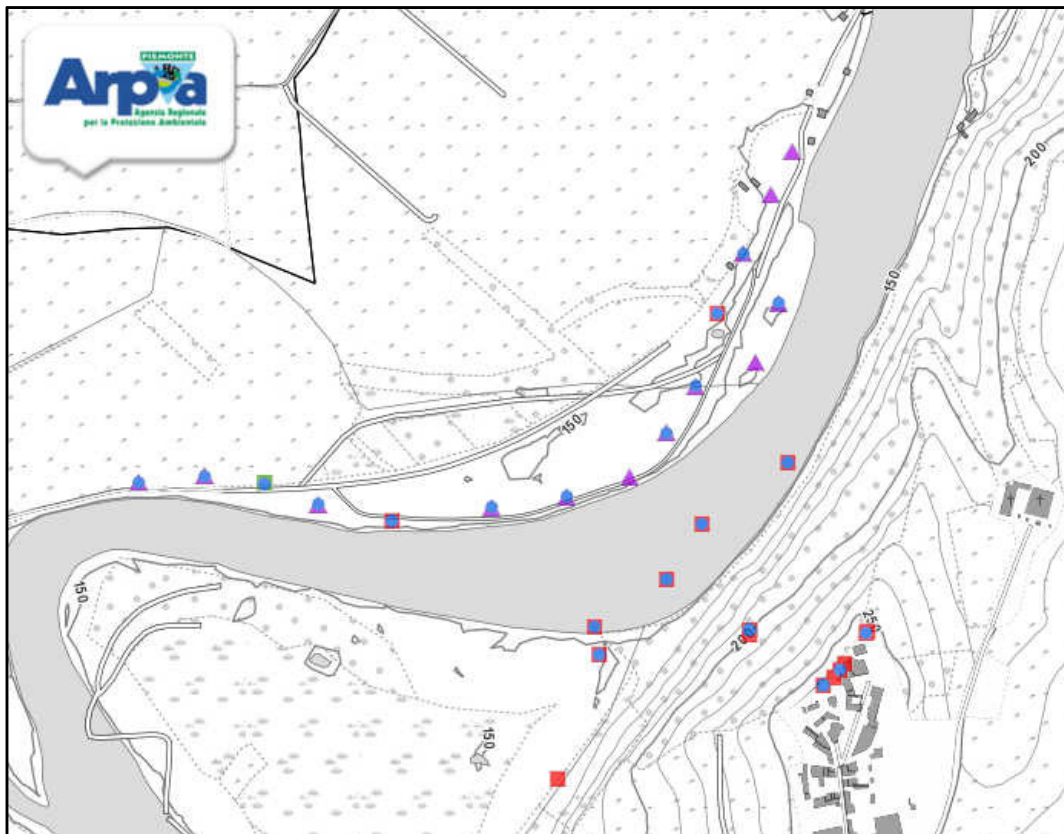


Figura 9 – planimetria con ubicazione indagini geognostiche in sito (da Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte)

Stratigrafia semplificata

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S3	Barbaresco	CN	In alveo, sponda destra fiume Tanaro
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
28/7/2005	29/7/2005	25.00	Consolidamento delle Rocche di Barbaresco
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione	
106898	2.20	sabbia medio fine , da limosa a con limo , con rara ghiaia eterometrica poligenica	
106898	4.00	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio grossa limosa muscovitici addensata	
106898	25.00	argilla marnosa debolmente plastica molto consistente , con presenza di locali intercalazioni di limo sabbioso argilloso	

Figura 10 – stratigrafia sondaggio a carotaggio a monte del sito di intervento (da Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte)

6.3 Conclusioni sull'assetto litologico

I risultati delle indagini evidenziano con chiarezza che l'assetto litologico locale è caratterizzato dalla sovrapposizione di una coltre di terreni alluvionali su marne appartenenti alle formazioni di substrato.

In corrispondenza del sito di ricostruzione della traversa l'assetto locale è caratterizzato dalla presenza della marna subaffiorante in alveo, con pertanto presenza di una sottile coltre discontinua di depositi alluvionali sui sedimenti di substrato, sani e dunque con ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità.

Differente è il locale assetto presso la traversa parzialmente demolita: la marna di substrato non è affiorante e, sulla base dei dati stratigrafici di bibliografia immediatamente a monte, risulta collocarsi a profondità di 4 - 5 m. E' inoltre necessario considerare gli effetti prodotti dalla realizzazione della traversa, e dalla sua successiva parziale demolizione, sia per l'erosione di fondo che ha sicuramente ulteriormente approfondito il tetto della marna, che per l'effetto prodotto dalla costruzione dei pali sulla qualità dell'ammasso marnoso. Infatti la realizzazione dei pali immorsati

nella marna, e la loro successiva demolizione nel corso del dissesto che coinvolto la traversa, ha intaccato l'integrità della marna stessa che di conseguenza ha localmente perso le sue iniziali caratteristiche, trasformandosi in un materiale disarticolato con mediocri proprietà di resistenza.

La scelta progettuale del sito di ricostruzione della traversa è stata dunque mirata a impostare l'opera sui terreni con le migliori caratteristiche di resistenza, escludendo di impostarla nuovamente presso la traversa crollata, scelta quest'ultima che avrebbe comportato nel tempo problematiche di stabilità per la struttura, a causa delle scadenti proprietà della marna di fondazione disarticolata e degradata.

In sintesi la stratigrafia dei terreni in corrispondenza del sito di ricostruzione della traversa è così schematizzabile:

PROFONDITÀ [m] (da p.c. quota 113,5 m s.l.m.)	LITOLOGIA
0,00 – 2,00	ghiaia con sabbia (depositi alluvionali)
> 2	marna (formazioni di substrato)

7. Caratteristiche idrogeologiche

La condizione idrogeologica dell'area di interesse è subordinata alle caratteristiche di permeabilità, decisamente differenziate, delle tipologie di materiali presenti in sito:

1. Marna di substrato, in cui la circolazione idrica avviene prevalentemente per connessione del reticolo naturale di fessurazione, e che nel complesso può essere considerata il substrato impermeabile dell'area.
2. Terreni fluviali di copertura, con buona permeabilità per porosità in funzione della granulometria prevalentemente grossolana dei sedimenti (ghiaia con sabbia) presenti nel sito di intervento ($k = 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s).

I depositi fluviali costituiscono l'acquifero superficiale, sede della falda libera in diretta connessione coi corsi d'acqua e delimitato inferiormente dal tetto dei livelli marnosi delle formazioni di substrato.

La falda libera è caratterizzata, secondo i dati di bibliografia (Regione Piemonte - Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, 2002" - un estratto è riportato in Figura 11), da direzione di deflusso sotterraneo da SW

verso NE, con azione drenante esercitata dal fiume sulla falda.

Il livello piezometrico nel sito di intervento risulta dell'ordine di 148 m s.l.m., con soggiacenza della falda in corrispondenza del terrazzo in sponda sinistra dell'ordine di 2 - 3 m da p.c..

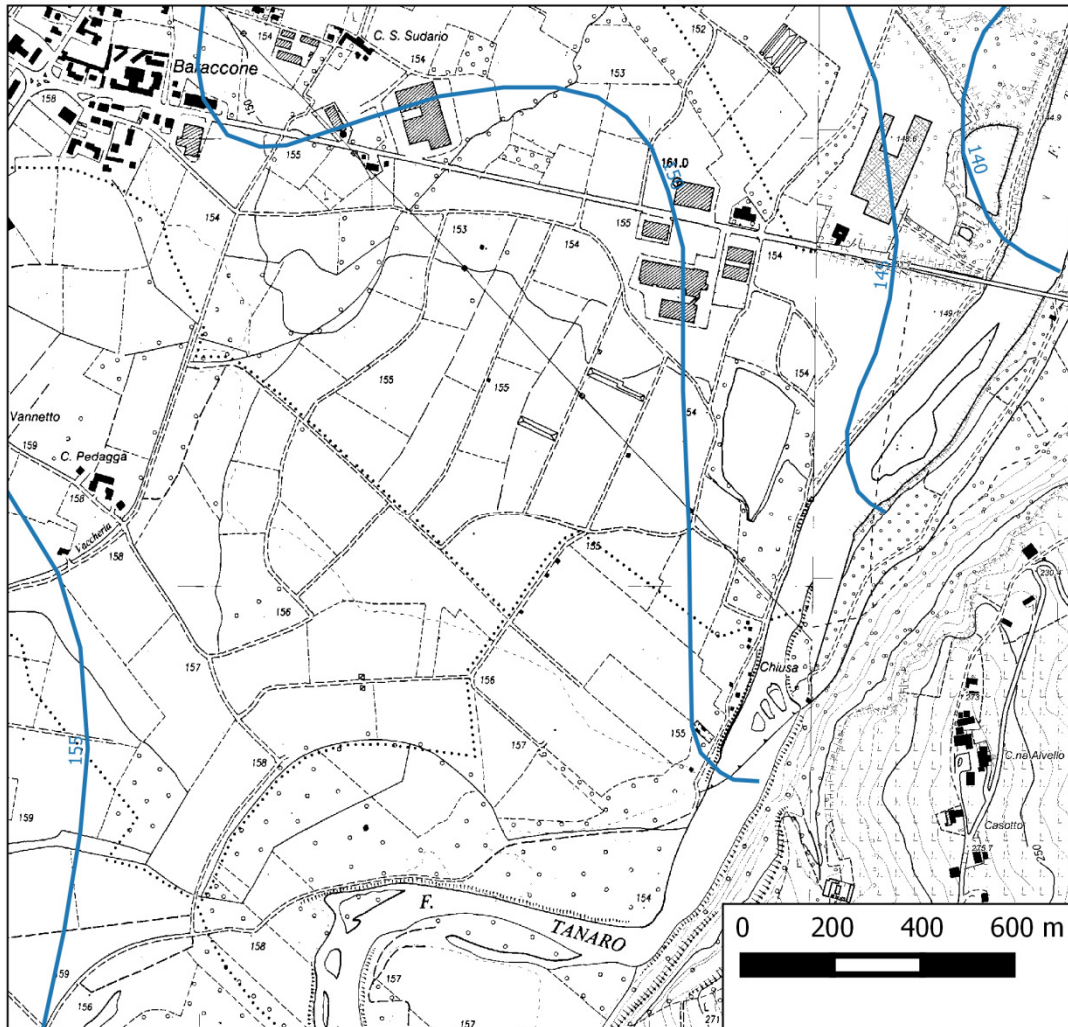


Figura 11 - estratto da Regione Piemonte - Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, 2002

8. Caratteristiche geotecniche

E' stata eseguita la caratterizzazione geotecnica dei terreni sulla base dei dati di letteratura disponibili e della nostra esperienza su materiali analoghi.

Dal punto di vista geotecnico è possibile caratterizzare i depositi presenti distinguendoli in due unità, in accordo con la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico:

- 1) depositi ghiaioso sabbiosi superficiali
- 2) depositi marnosi di substrato

Depositi ghiaioso sabbiosi superficiali

- peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione $c = 0$
- angolo di attrito $\varphi = 36^\circ$
- modulo elastico $E = 20 \text{ MPa}$

Depositi marnosi di substrato

- peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione $c = 20 \text{ kPa}$
- coesione non drenata $c_u = 100 \text{ kPa}$
- angolo di attrito $\varphi = 30^\circ$
- modulo elastico $E = 100 \text{ MPa}$

Nelle successive fasi progettuali è prevista la realizzazione di una campagna di indagine geognostica con sondaggi a carotaggio al fine della verifica locale dei più appropriati modelli geologici e geotecnici di sottosuolo e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ad essi correlati.

9. Caratterizzazione sismica

In riferimento alla normativa sismica l'area di interesse ricade nella **Zona 4** ai sensi della D.G.R. 19.01.2010 n. 11-13058.

Per ciò che concerne la categoria di suolo definita dalla normativa, in riferimento alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse ed all'assetto stratigrafico, per i materiali sede del piano di fondazione è stimabile la seguente categoria di suolo:

Categoria di suolo B: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina.)”.*

Nelle successive fasi progettuali saranno svolte specifiche indagini sismiche (rilievi MASW) per la verifica della categoria sismica di terreno di fondazione.

Il Coefficiente di amplificazione topografica, relativo alle condizioni morfo-topografiche verificate in sito, individua l'area di progetto come "superficie pianeggiante o pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ", ovvero nella Categoria topografica T1. Per tale Categoria si applica il coefficiente di amplificazione topografica ST (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/08) = 1,0.

Per quanto concerne gli aspetti di pericolosità sismica locale di tipo geologico gli studi hanno evidenziato che non sono presenti faglie o strutture tettoniche attive direttamente interessanti il sito di intervento o il suo immediato contorno.

10. Stabilità del sito

E' stata esaminata la stabilità del sito di intervento sotto l'aspetto idraulico e della dinamica di versante.

Dinamica di versante

Il versante collinare in destra idrografica è ad elevata acclività ma non presenta indizi morfologici riferibili a significativi movimenti franosi. Tale dato è confermato dall'esame della documentazione bibliografica: sia la Banca Dati "SIFraP - Sistema Informativo Frane Piemonte" a cura dell'Arpa Piemonte, consultabile on-line, che la "carta geomorfologica e del dissesto" del P.R.G.C. non cartografano dissesti sul versante.

Per quanto concerne gli effetti dell'inserimento delle nuove opere sulla stabilità del versante è necessario evidenziare i seguenti dati:

- l'impianto è realizzato in sponda sinistra nella pianura alluvionale;
- il versante non presenta dissesti gravitativi in atto in corrispondenza del sito di imposta della traversa;
- fra l'alveo del fiume e la base del versante è presente una ristretta fascia di terrazzo alluvionale pianeggiante.

L'inserimento delle nuove opere non influenza dunque la stabilità del versante soprastante.

Dinamica fluviale

Per quanto riguarda le problematiche di tipo idraulico le indagini hanno evidenziato che l'area di intervento si colloca in fascia A del PAI.

Il rischio di esondazione dell'area è confermato dall'esame degli effetti dell'evento alluvionale del

1994, particolarmente gravoso per il territorio, nel corso del quale l'area è stata esondata dalle acque del fiume (Figura 12 - estratto da Regione Piemonte - campo di inondazione ed effetti indotti dalla piena del 5-6/11/1994 - Fiume Tanaro Tratto C).

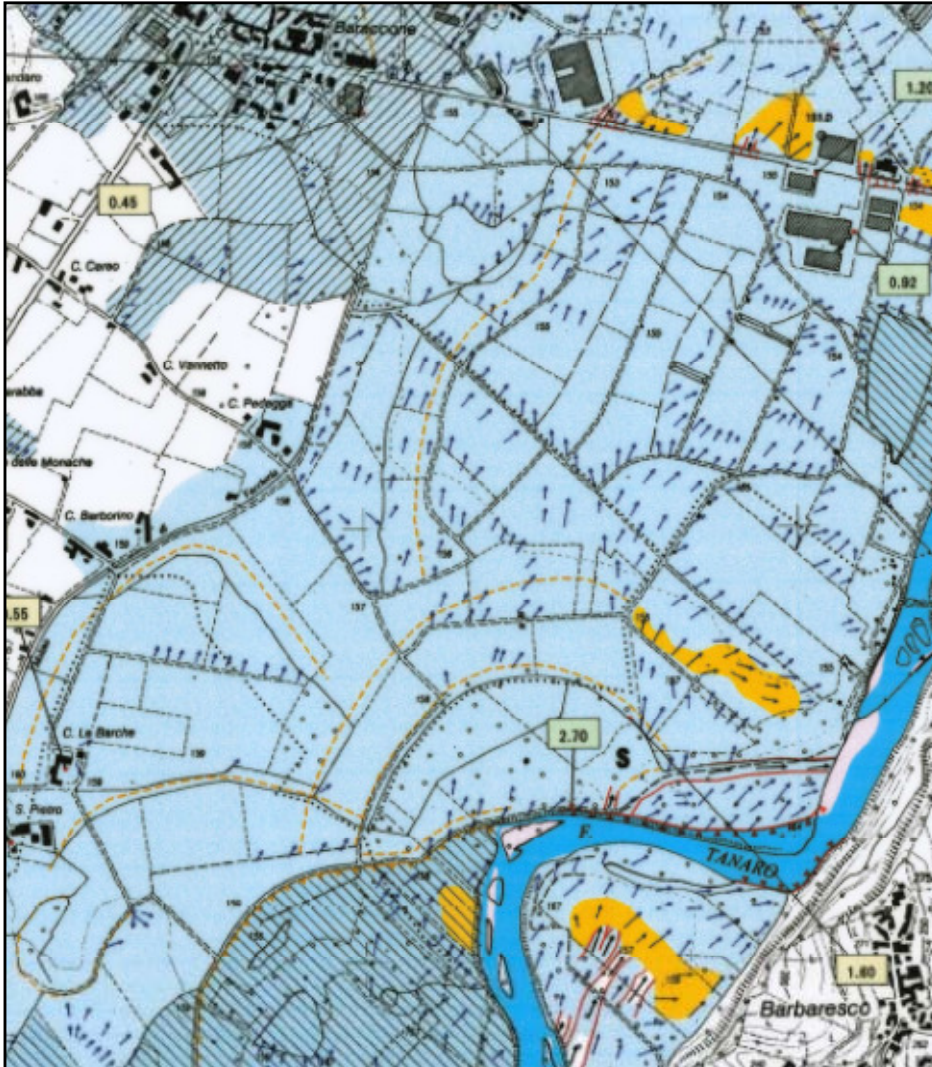


Figura 12 - estratto da Regione Piemonte - campo di inondazione ed effetti indotti dalla piena del 5-6/11/1994 - Fiume Tanaro Tratto C

Lungo l'alveo del fiume si segnalano problematiche di erosione di sponda su tratti discontinui ed in particolare presso la traversa danneggiata.

11. Interventi in progetto e problematiche geotecniche

Dal punto di vista geotecnico le problematiche legate all'inserimento delle nuove opere sono riferibili a:

- stabilità degli scavi

- interferenza con la falda
- definizione delle opere di fondazione

11.1 Fronti di scavo

L'inserimento delle nuove opere comporterà la realizzazione di scavi con altezza variabile in funzione dei diversi settori di intervento, con altezze massime dell'ordine di 15 m in corrispondenza del settore più profondo della nuova centrale.

Al fine di garantire la stabilità dei fronti di scavo, preliminarmente all'esecuzione degli sbancamenti è da progetto prevista la realizzazione di opere di contenimento con formazione di una serie di diaframmi che circondano le opere; essi diverranno in futuro i muri perimetrali laterali dei canali e dell'impianto, conciliando così la funzione provvisoria di messa in sicurezza degli scavi con quella strutturale definitiva.

11.2 Interferenza con la falda

I dati disponibili evidenziano che nel sito di intervento la falda presenta soggiacenza dell'ordine di 2 - 3 m da p.c. e pertanto si verificano fenomeni di interferenza fra la falda stessa e la realizzazione delle nuove opere, in particolare dove gli scavi sono a profondità più elevata.

Al fine di minimizzare gli effetti dell'interferenza è previsto che le opere di contenimento provvisorie (diaframmi), oltre a garantire la stabilità dei fronti di scavo, abbiano anche la funzione di creare una barriera impermeabile laterale, immersa nella marna di substrato.

E' inoltre necessario considerare che il fondo scavo è impostato sui depositi marnosi di substrato, che possono essere considerati nel complesso impermeabili e pertanto non sono da temersi significative venute d'acqua da fondo scavo.

Gli accorgimenti progettuali adottati in funzione del locale assetto idrogeologico garantiscono dunque di minimizzare gli effetti dell'interferenza degli scavi con la falda e permettono in fase di cantiere l'aggottamento di eventuali acque di infiltrazione con l'adozione delle normali tecniche.

11.3 Definizione delle opere di fondazione

Il piano di posa delle fondazioni dei manufatti è impostato sulla marna di substrato con ottime caratteristiche di resistenza e deformazione.

In considerazione di:

- caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area
- piano di posa delle fondazioni decisamente approfondito

- tipologia strutturale dei manufatti

si ritengono idonee fondazioni dirette. Ove le ulteriori indagini geotecniche finalizzate alla definizione di dettaglio della situazione stratigrafica, riscontrassero situazioni locali di terreni particolarmente scadenti e/o fossero presenti elementi strutturali caratterizzati da limitata tolleranza nei riguardi dei cedimenti o carichi in fondazione particolarmente importanti, sarà valutata la necessità di scegliere tipologie fondazionali più idonee.

Criteri e formule per il dimensionamento delle opere di fondazione

Il dimensionamento delle opere di fondazione dovrà essere condotto tenendo conto sia della capacità portante limite del terreno in esame sia dei massimi cedimenti totali e differenziali tollerati dalla sovrastruttura.

Valutazione della capacità portante

La capacità portante q_{lim} delle fondazioni può essere valutata in base all'espressione proposta da Brinch Hansen (1970):

$$q_{lim} = 1/2 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N\gamma \cdot s\gamma \cdot i\gamma \cdot b\gamma \cdot g\gamma + c' \cdot Nc \cdot sc \cdot bc \cdot gc \\ + \sigma'_{vo} \cdot Nq \cdot sq \cdot dq \cdot iq \cdot bq \cdot gq \text{ [kPa]}$$

ove:

B : lato minore della fondazione equivalente [m]

γ' : peso di volume efficace del terreno kN/m^3

σ'_{vo} : pressione agente in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni [kPa]

$N\gamma, Nq, Nc$: fattori adimensionali di capacità portante

$s\gamma, sq, sc$: fattori di forma della formazione

$i\gamma, iq, ic$: fattori di inclinazione del carico

$b\gamma, bq, bc$: fattori di inclinazione della base della fondazione

$g\gamma, gq, gc$: fattori di inclinazione del piano campagna

dq, dc : fattori di approfondimento del piano di posa della fondazione

Nelle verifiche si dovrà fare riferimento alla natura dei terreni di imposta delle fondazioni. In generale, data la natura dei terreni presenti non sussisteranno problemi nel garantire l'esistenza di adeguati margini di sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo; pertanto la tensione massima effettivamente affidabile al terreno sarà presumibilmente determinata sulla base del cedimento ammissibile per la sovrastruttura.

Valutazione dei cedimenti

Data la natura dei terreni presenti al di sotto delle fondazioni dirette i cedimenti saranno caratterizzati da una rapida evoluzione nel tempo.

I cedimenti possono essere valutati con riferimento alla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)). Ipotizzato il terreno isotropo e omogeneo, a partire dalla formula di Boussinesq è possibile valutare l'incremento di tensione verticale indotto dall'applicazione di un carico esterno, in quanto proporzionale al carico stesso secondo un coefficiente di proporzionalità che dipende dalle dimensioni dell'impronta e dalla profondità del punto in esame.

Quindi si valuta il cedimento:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_S I_F$$

Dove:

q_0 = Intensità della pressione di contatto

B' = Minima dimensione dell'area reagente

E, μ = Parametri elastici del terreno

I_S, I_F = Coefficienti di influenza dipendenti da: L/B' , spessore dello strato H, coefficiente di Poisson μ , profondità del piano di posa D.

12. Conclusioni

L'area in esame è situata in corrispondenza del corso del fiume Tanaro, presso l'esistente traversa del Canale Irriguo "San Marzano" (disturta dall'attività fluviale), ai piedi dei rilievi collinari delle Langhe, le cui prime pendici si collocano a modesta distanza dalla sponda destra.

L'assetto litologico locale è caratterizzato da una coltre di terreni alluvionali (ghiaia con sabbia) che ricopre le marne appartenenti alle formazioni di substrato.

Il Fiume Tanaro nel tratto di interesse presenta alveo di tipo monocursale con andamento da meandriforme fino a subrettilineo, condizionato dal bordo collinare in destra idrografica.

Per quanto concerne la granulometria dei depositi in alveo, da quanto emerso dalle osservazioni effettuate in loco si è potuto evincere come nell'areale indagato siano presenti principalmente sedimenti con granulometria grossolana (ghiaia e ciottoli con subordinata sabbia limosa) che riscoprono la marna di substrato presente a pochi metri di profondità.

Per quanto riguarda l'aspetto fondazionale delle opere in progetto, in considerazione della tipologia strutturale dei manufatti, della posizione del piano di posa delle fondazioni e delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area, si ritengono idonee delle fondazioni

dirette, impostate sulla marna di substrato che in corrispondenza del sito di ricostruzione della traversa si presenta integra e con ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità.

Differente è il locale assetto presso la traversa parzialmente demolita: la marna di substrato non è affiorante e, sulla base dei dati stratigrafici di bibliografia immediatamente a monte, risulta collocarsi a profondità di 4 - 5 m. E' inoltre necessario considerare gli effetti prodotti dalla realizzazione della traversa, e dalla sua successiva parziale demolizione, sia per l'erosione di fondo che ha sicuramente ulteriormente approfondito il tetto della marna, che per l'effetto prodotto dalla costruzione dei pali sulla qualità dell'ammasso marnoso. Infatti la realizzazione dei pali immorsati nella marna, e la loro successiva demolizione nel corso del dissesto che coinvolto la traversa, ha profondamente intaccato l'integrità della marna stessa che di conseguenza ha localmente perso le sue iniziali caratteristiche, trasformandosi in un materiale disarticolato con mediocri proprietà di resistenza.

La scelta progettuale del sito di ricostruzione della traversa è stata dunque mirata a impostare l'opera sui terreni con le migliori caratteristiche di resistenza, escludendo di impostarla nuovamente presso la traversa crollata, scelta quest'ultima che avrebbe comportato nel tempo problematiche di stabilità per la struttura, a causa delle scadenti proprietà della marna di fondazione disarticolata e degradata.

Gli scavi di sbancamento sono da progetto effettuati dopo la realizzazione di opere di contenimento provvisori, con formazione di diaframmi che circondano le opere e ne garantiscono la stabilità. Le opere provvisori perimetrali consentono inoltre di minimizzare gli effetti dell'interferenza degli sbancamenti con la falda, tenuto conto che il fondo scavo è impostato sulle marne impermeabili.

In conclusione gli interventi in progetto risultano compatibili con l'assetto geologico e geomorfologico dell'area.