

REGIONE PIEMONTE
Provincia di Cuneo
COMUNE DI BARBARESCO

**RICOSTRUZIONE DI SBARRAMENTO FLUVIALE
ESISTENTE AD USO IRRIGUO CON INNALZAMENTO
ABBATTIBILE AD USO IDROELETTRICO E
CENTRALE IN CORPO TRAVERSA**

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato n.

A1-3

***"Relazione Geologica e
Geotecnica sulle indagini"***

Dicembre 2014

IL COMMITTENTE:

Tanaro Power S.p.A.

Via Vivaro 2
12051 - Alba (CN)

IL TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. Sergio ROLFO



STUDIO GEOLOGICO
Dott. Geol. Sergio Rolfo
Via Trento e Trieste, 8/c - 12042 Bra (CN)
tel: 0172 421933
e-mail: studiogeologico@tiscali.it

INDICE

1	PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO	2
1.1	Caratteristiche generali dell'intervento	2
1.2	Metodologia di studio	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3	GEOLOGIA.....	6
3.1	Assetto geologico regionale	6
3.2	Assetto litostratigrafico locale	11
3.2.1	<i>Depositi alluvionali attuali del F. Tanaro</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Depositi alluvionali medio-recenti</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Marne di S. Agata Fossili (M^A).....</i>	<i>13</i>
4	GEOMORFOLOGIA.....	16
4.1	Pericolosità geomorfologica	19
4.1.1	<i>Autorità di Bacino del Fiume Po</i>	<i>19</i>
4.1.2	<i>Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale – Piemonte</i>	<i>23</i>
4.1.3	<i>IFFI/SIFRAP.....</i>	<i>25</i>
4.1.4	<i>Amministrazione Comune di Barbaresco</i>	<i>26</i>
5	IDROGEOLOGIA.....	29
5.1	Complesso alluvionale medio recente e attuale	30
5.1.1	<i>Campo di moto nel complesso alluvionale medio recente e attuale.....</i>	<i>30</i>
5.1.2	<i>Chimismo del complesso alluvionale medio recente e attuale</i>	<i>35</i>
5.1.3	<i>Rapporti tra reticolo idrico di superficie e complesso alluvionale</i>	<i>37</i>
5.2	Complesso marnoso.....	38
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	40
6.1	Ricostruzione dell'assetto del sottosuolo.....	40
6.2	Indagini geognostiche eseguite in precedenza nell'intorno dell'area	40
6.3	Indagini geognostiche eseguite nell'area.....	43
6.3.1	<i>Sondaggio a carotaggio continuo</i>	<i>44</i>
6.3.2	<i>Prove di laboratorio</i>	<i>46</i>
6.4	Schema Litostratigrafico	48
6.5	Caratterizzazione geotecnica	49
7	MODELLO GEOLOGICO	53
7.1	Fattibilità dell'intervento	55
8	PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	56

ELENCO ALLEGATI

All. A Sondaggio geognostico - Rapporto certificativo delle indagini

1 PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO

1.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

La presente relazione illustra lo studio geologico, idrogeologico e geotecnico sulle indagini, condotto nell'ambito della progettazione finalizzata alla ricostruzione di uno sbarramento fluviale esistente ad uso irriguo che, attualmente, si presenta in avanzato stato di dissesto a causa del crollo verificatosi nel novembre del 2010. La traversa, in oggetto, è ubicata sul Fiume Tanaro nel comune di Barbaresco, circa 650 m a monte del ponte della SP 3 "Castagnito – Neive".

La ricostruzione dello sbarramento si rende necessaria in quanto, a seguito del crollo della traversa, è stata interrotta la derivazione ad uso irriguo del Canale San Marzano di cui è titolare il Consorzio irriguo Capitto; occorre quindi ripristinare le opere di derivazione per garantire la funzionalità della presa attualmente non fruibile.

Oltre che per scopi irrigui, la derivazione è idonea ad essere sfruttata anche per fini idroelettrici, in modo da garantire un uso plurimo della risorsa idrica; a tal proposito si prevede l'installazione di un innalzamento abbattibile al di sopra della traversa fissa e la realizzazione di una centrale idroelettrica in corpo traversa.

La descrizione dettagliata dell'insieme degli studi e delle indagini condotte, insieme alla metodologia seguita nello svolgimento dell'incarico ed i principali vincoli di tipo geologico presenti sul territorio in esame, viene illustrata nel presente capitolo.

L'inquadramento geografico viene riportato nel *Cap. 2*.

Il *Cap. 3* illustra l'assetto geologico generale con un'analisi dell'assetto litostratigrafico locale.

Assetto geomorfologico e principali eventi dissestivi occorsi sul territorio in esame sono riportati nel *Cap. 4*.

La ricostruzione dell'assetto idrogeologico con particolare riferimento ai caratteri della piezometria nel contesto territoriale locale, viene svolta nel *Cap. 5*.

Nel *Cap. 6* sono esposti i risultati acquisiti dalle indagini geognostiche.

Il modello geologico unitamente alla fattibilità dell'intervento viene sviluppato nel *Cap. 7*.

Nel *Cap. 8*, infine, sono esposti i principali riferimenti bibliografici relativi allo studio.

1.2 METODOLOGIA DI STUDIO

L'analisi è stata indirizzata all'acquisizione dei dati esistenti con successiva elaborazione del *Modello Geologico* (M.G.), al fine di ottenere un quadro conoscitivo dell'area di progetto mediante la ricostruzione della successione spaziale e temporale dell'ambiente fisico esistente nonché l'identificazione geometrica, la descrizione tipologica e spaziale delle unità idrogeologiche presenti, dei parametri idrogeologici fondamentali e del campo di moto delle acque sotterranee.

Tale *Modello Geologico* risulta conforme a quanto richiesto nel Capitolo 6.2.1 del D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" (nel seguito indicate con N.T.C.) "*CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*". Nel Capitolo 6.2.1 si evidenzia come "*La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico*".

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame si estende, nell'ambito dei limiti amministrativi del Comune di Barbaresco, nel settore a NO dell'abitato e più precisamente in sinistra idrografica del Fiume Tanaro a monte del ponte sul Fiume Tanaro su cui è presente la S.P. n°3.

Il settore è compreso nella Carta Topografica d'Italia alla scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare Italiano nel Foglio 69 – Tavoletta III SE "Neive" e Tavoletta III SO "Alba" (Fig. 2.1), mentre nella carta Tecnica della Regione Piemonte (1991) si localizza nella Sezione 193050.

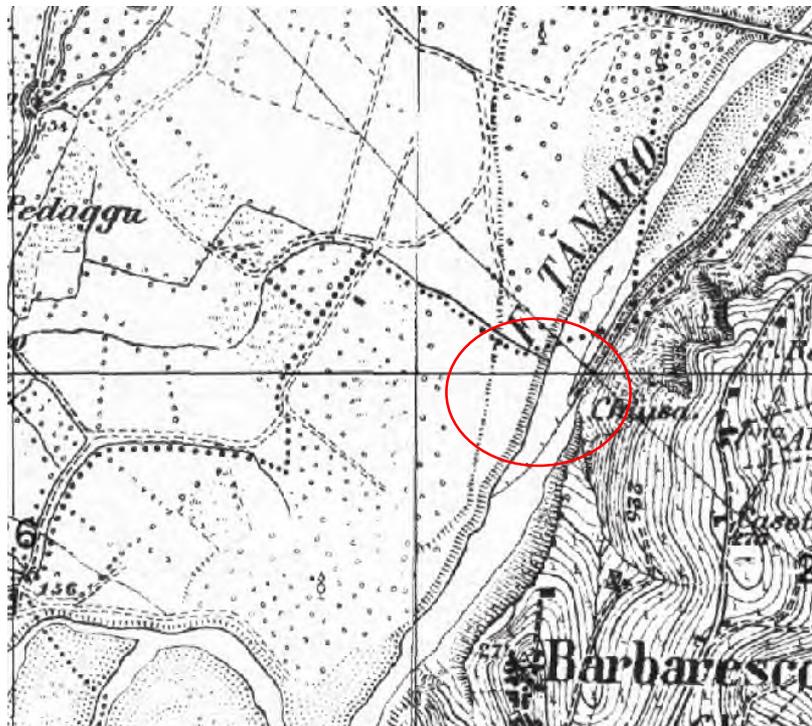


Figura 2.1 – Stralcio (non in scala) delle tavolette III SE "Neive" e III SO "Alba" Foglio n° 69 della Carta Topografica d'Italia alla scala 1:25.000 (I.G.M.I). Prima levata e rilievi anno 1880, successivi aggiornamenti 1923 - 1933 - 1965. Il cerchio rosso rappresenta l'area in esame.

L'assetto dei luoghi (Fig. 2.2), presente nella Carta BDTRE (Banca Dati Territoriale secondo le indicazioni DigitPA - ex CNIPA) e Ortofoto Regione Piemonte (2010), evidenzia un sistema fluviale a canali multipli evoluto verso un sistema di isole con alvei abbandonati di forma arcuata in prossimità del corso d'acqua, giustapposti a superfici fluviali conservate al margine esterno del fondovalle.



Figura 2.2 – Stralcio Carta BDTRE (Banca Dati Territoriale secondo le indicazioni DigitPA - ex CNI-PA) e Ortofoto Regione Piemonte (2010). Il cerchio rosso rappresenta l'area in esame.

Il percorso del Fiume Tanaro si modella, quindi, nei depositi alluvionali avendo al contorno superfici terrazzate in più ordini e numerosi alvei abbandonati con forma rettilinea ben conservata, a testimonianza di un processo d'incisione ancora in atto dall'epoca della primitiva diversione.

Per il corso d'acqua in esame e la sua piana alluvionale di fondovalle le caratteristiche fisiche legate all'evoluzione idrografica risultano interdipendenti con i processi di:

- variabilità dell'assetto morfologico della piana alluvionale, determinata dalla impostazione geostrutturale di tipo regionale;
- variabilità d'andamento fluviale lungo il percorso e nel tempo, connessa a parametri geometrici della piana e a fattori idrodinamici dell'alveo, condizionati dagli interventi antropici;
- variabilità di distribuzione dei banchi di sedimento in alveo (barre fluviali), conseguente alle locali disponibilità di corpi sedimentari più o meno erodibili lungo il percorso.

3 GEOLOGIA

3.1 ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

La ricostruzione geologica della zona collinare a sud del Po, comprendente le aree del Roero e delle Langhe, è stata oggetto di numerosi lavori sia a carattere specialistico (paleontologico, stratigrafico, sedimentologico), sia a carattere più generale, relativamente alla ricostruzione degli eventi deposizionali e deformativi che si sono succeduti nel corso del Terziario in questo ampio bacino.

Fra i lavori a carattere generale si ricordano quelli di *Sacco (1889)*, *Gelati (1968)*, *Lorenz (1969)*, *Boni (1970)*, *Gelati & Gnaccolini (1982; 1988)* relativi alla stratigrafia del *Bacino Terziario Piemontese (B.T.P.)*; oltre al Foglio n° 69 "Asti" (Fig. 3.1) della Carta Geologica d'Italia.

Recenti lavori (*Clari et al. 1995*, *Piana 2000*) hanno infine rivisto le teorie classiche relative all'assetto stratigrafico e strutturale del *B.T.P.*, individuando una serie di unità tettonostratigrafiche deposte in bacini relativamente indipendenti fra loro.

In particolare la *Regione Piemonte - Direzione Ambiente*, il *C.N.R. Istituto di Geoscienze e Georisorse - Unità Operativa di Torino* e l'*Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra* hanno, attraverso l'integrazione delle competenze geologico-stratigrafiche, geologico-strutturali, micropaleontologiche e idrogeologiche, fornito, per la prima volta in Piemonte, un modello geologico tridimensionale regionale della geometria e struttura interna degli acquiferi "profondi" e "molto profondi" (oltre a quelli superficiali) e sviluppato i conseguenti modelli geologici e idrogeologici e di flusso. In questo lavoro si evidenzia che differenti successioni di età oligocenico-miocenica, prevalentemente terrigene e di ambiente marino, sono esposte nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (suddiviso in Langhe, Alto Monferrato e Borbera-Grue) ed a nord nella Collina di Torino e del Monferrato (Fig. 3.2).

La prosecuzione laterale ed i rapporti geometrici e stratigrafici tra queste successioni sono mascherate dai depositi pliocenico-olocenici accumulati nei bacini di Savigliano ed Alessandria (*Mosca, 2006*).

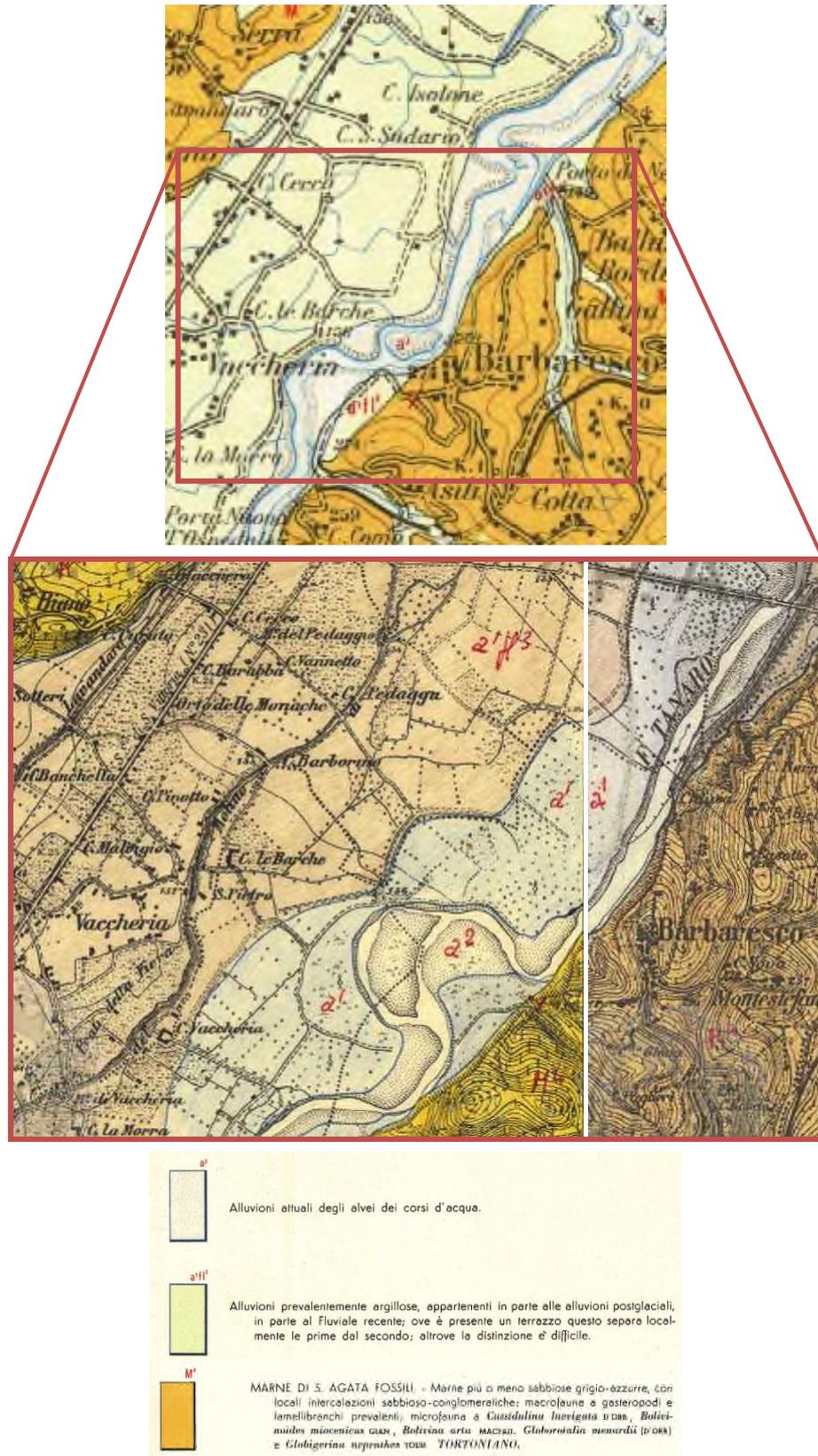


Figura 3.1 – Estratto, non in scala, dal Foglio n° 69, scala di rilievo 1:100.000, con particolare della Sez. III SO e III SE, scala di rilievo 1:25.000, della Carta Geologica d'Italia.

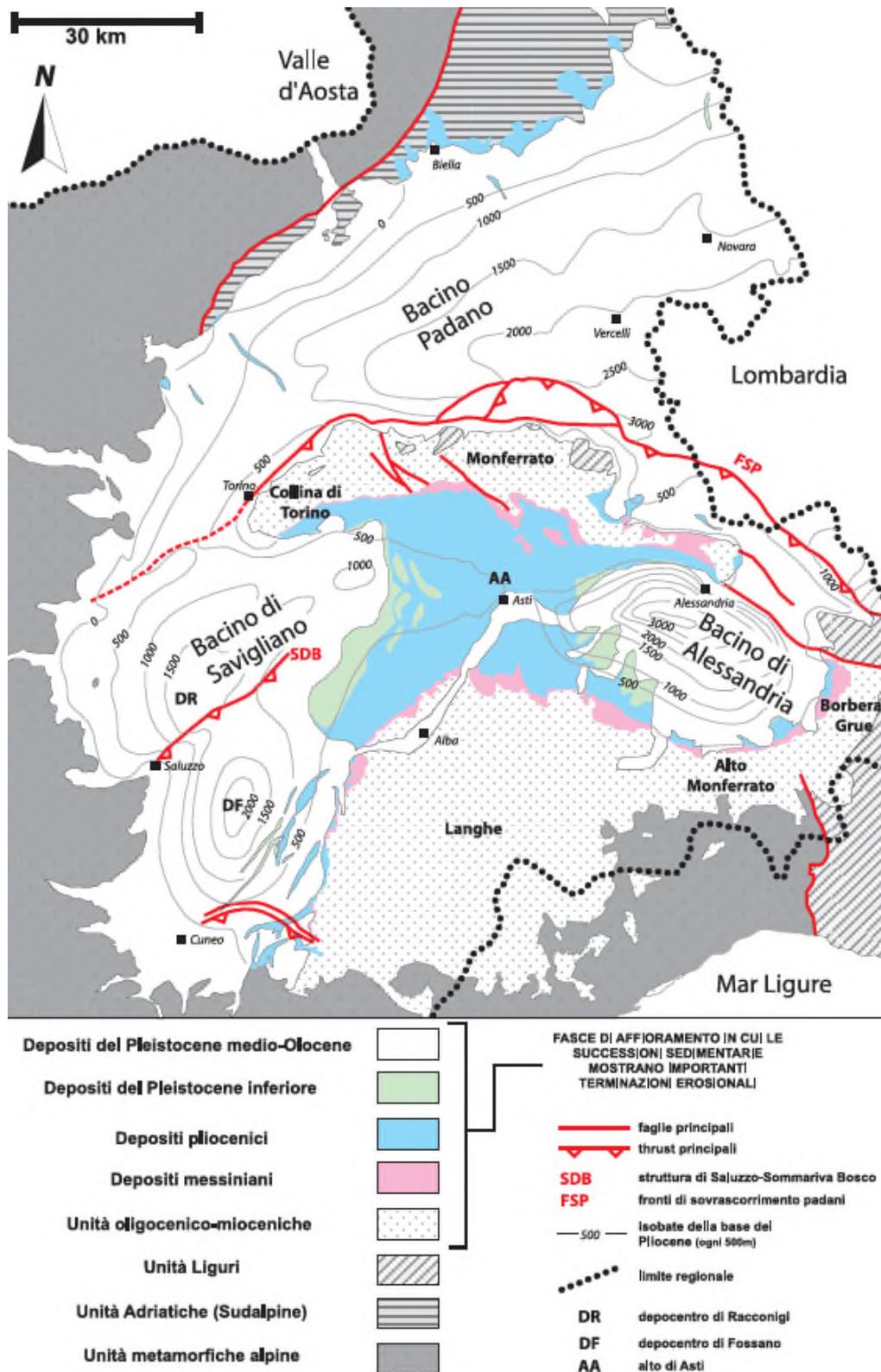


Figura 3.2 - Schema geologico semplificato della Regione Piemonte, in cui sono rappresentate le unità metamorfiche della catena alpina, le unità Adriatiche (Subalpine), le unità Liguri-Appenniniche, le successioni oligocenico-mioceniche, plioceniche e quaternarie affioranti e i depocentri plio-quaternari sepolti in cui risiedono i principali acquiferi della Regione (modificato da *Bigi et al., 1990*).

A nord del sistema Collina di Torino-Monferrato il Bacino Padano identifica, a partire dall'Oligocene, un'avanfossa sviluppata su crosta insubrica in seguito alla propagazione di un sistema di fronti tettonici nord-vergenti posti sul lato meridionale e di un simmetrico sistema di fronti sud-vergenti posizionati sul lato settentrionale.

Come osservabile nella Fig. 3.3, le successioni a sud del sistema Collina di Torino-Monferrato ed i loro compositi substrati definiscono un bacino di *piggy-back* sovrascorso verso nord sulle successioni terziarie del Bacino Padano.

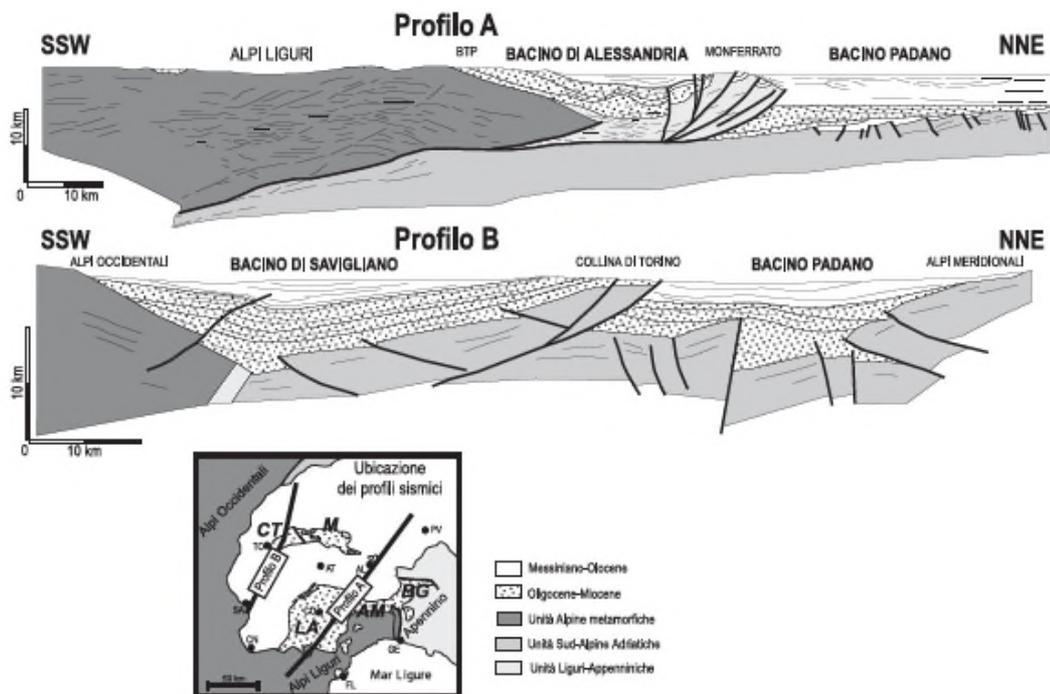


Figura 3.3 - Profili geologici schematici attraverso i principali elementi strutturali della Pianura Padana occidentale (modificato da: Cassano et alii, 1986; Falletti et alii, 1995; Mosca, 2006).

Dal punto di vista della caratterizzazione geologica si possono individuare due diversi ambienti geologici, nettamente distinti fra loro per la struttura geologica, l'età dei terreni e la morfologia del territorio:

- Depositi quaternari della pianura principale del Tanaro;
- Depositi oligo-miocenici.

Entro la fascia occupata dai *depositi quaternari della pianura principale del Tanaro*, i sedimenti sono prevalentemente formati da termini ghiaiosi, sabbiosi, disposti in lenti e livelletti con stratificazione piuttosto irregolare. Questa fascia di depositi alluvionali, di larghezza media circa 2.5 km, entro cui sono compresi l'alveo attivo del Fiume Tanaro ed i suoi recenti paleoalvei, ha una potenza media di 6 metri; questi depositi poggiano direttamente sul substrato marnoso prequaternario.

I depositi oligo-miocenici ricoprono le formazioni più antiche, cretaceo-eoceniche, generalmente non affioranti. In particolare questa serie sedimentaria, la cui età va dall'Oligocene fino al Pliocene, con massimo sviluppo dei terreni miocenici, è prevalentemente detritica, con formazioni conglomeratiche-arenacee nei termini oligocenici ed alternanze di marne ed arenarie prevalenti in quelli miocenici. La sedimentazione oligo-miocenica è rappresentata inizialmente da sequenze di depositi grossolani di ambiente continentale o transizionale; ad essa segue quindi una sedimentazione di mare profondo, con marne e potenti sequenze arenaceo-argillose, legate ad un rapido approfondimento del bacino. I corpi arenacei sono in genere interpretati come depositi di correnti di torbida a bassa efficienza dei meccanismi di trasporto, in un bacino caratterizzato da più depressioni; i livelli prevalentemente marnoso-siltosi, al contrario, sono messi in rapporto con la diminuzione degli apporti terrigeni grossolani ed una più scarsa sedimentazione. La continua alternanza di corpi torbiditici imballati nelle marne, probabilmente legata ai movimenti sinsedimentari del substrato e dell'entroterra alpino, caratterizza il *BTP* fino alla fine del Miocene.

In Fig. 3.4 è schematicamente rappresentata, per il settore di Langhe e Roero in esame, la sequenza stratigrafica miocenica medio-superiore. In essa si può notare come la successione stratigrafica sia caratterizzata in prevalenza dall'alternanza di termini arenacei a granulometria grossolana con termini argilloso-marnosi.

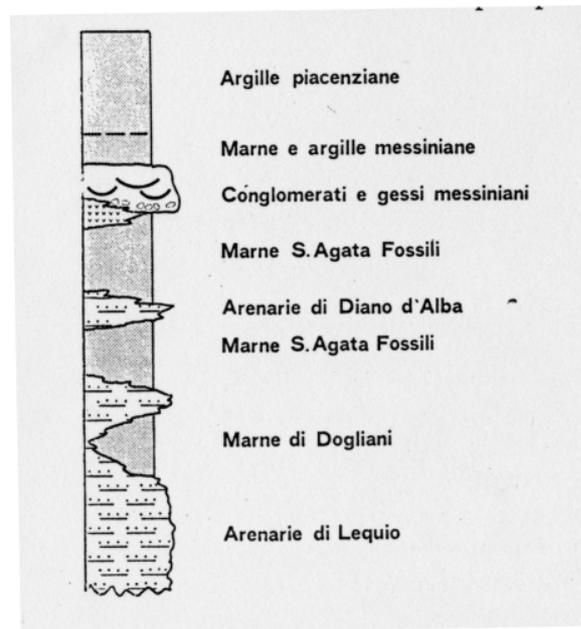


Figura 3.4 - Schema stratigrafico relativo al Miocene medio - superiore in bassa Langa (da *Bottino et alii*, 1985).

3.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Dai rilievi geologici (effettuati a ottobre-dicembre 2014) finalizzati alla ricostruzione del volume geologico significativo dell'area e dall'esame delle indagini svolte in sito / in laboratorio (Cap. 6), la stratigrafia dell'area può essere così ripartita (dall'alto verso il basso):

- *Depositi alluvionali attuali del F. Tanaro;*
- *Depositi alluvionali medio-recenti;*
- *Marne di S. Agata Fossili.*

3.2.1 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI DEL F. TANARO

Rappresentano gli episodi più recenti della sedimentazione del F. Tanaro. Comprendono sabbie e ghiaie con ciottoli, con frazioni limose localmente ben espresse. Il suolo è di norma poco sviluppato (Fig. 3.5).



Figura 3.5 - Panoramica e particolare dei depositi alluvionali attuali del F. Tanaro

La distribuzione di questi depositi segue l'andamento dell'alveo attuale del F. Tanaro (Elaborato A3-9 *Carta geologica con ubicazione indagini*).

L'unità possiede spessore variabile in relazione allo sviluppo planimetrico dell'alveo di piena, che in parte rielabora e in parte incide questi depositi, mantenendosi comunque nell'ordine di pochi metri.

3.2.2 DEPOSITI ALLUVIONALI MEDIO-RECENTI

Rappresentano i depositi terrazzati del F. Tanaro (Elaborato A3-9 *Carta geologica con ubicazione indagini*) e del reticolo idrografico minore.

Si tratta di ghiaie ciottolose in abbondante matrice sabbioso – limosa, con lenti di sabbia e sabbia limosa anche di notevoli dimensioni (Figg. 3.6a - 3.6b) e locali livelli e corpi lentiformi limoso-argillosi.

I caratteri morfometrici indicano ciottoli con basso grado di sfericità mentre la tessitura è fortemente eterometrica.



Figura 3.6 - a) Panoramica dei depositi alluvionali medio-recenti.

b) Particolare dei depositi alluvionali medio-recenti.

3.2.3 MARNE DI S. AGATA FOSSILI (M⁴)

Si tratta di un complesso di marne omogenee, coerenti, di colore grigio-azzurro spesso a frattura irregolarmente concoide, cui localmente si intercalano livelli di peliti siltose grigie e corpi arenacei e conglomeratici. Rappresenta una fase di sedimentazione di mare aperto, come indicato anche dalle associazioni di resti fossili presenti; l'età è riferita al Miocene medio (Tortoniano). Nella sezione tipo, presso l'abitato di S. Agata Fossili, il contenuto in carbonato di calcio è intorno al 35%, corrispondente al limite compositazionale tra le marne propriamente dette. Nell'intorno dell'area di progetto, al contrario, il contenuto in carbonati risulta di norma molto inferiore e i litotipi sono classificabili come argille marnose. Di conseguenza le caratteristiche litologiche e il com-

portamento geotecnico risultano influenzati in modo significativo dalla componente argillosa.

Le superfici di stratificazione sono di norma indistinte e mal definite. L'assetto giaciturale è a monoclinale debolmente inclinata (5° - 10°) verso N-NO.

Le Marne di S. Agata compaiono in superficie sia nell'alveo del Fiume Tanaro (Figg. 3.7a - 3.7b), sia lungo la scarpata sottostante il Comune di Barbaresco (Figg. 3.8a - 3.8b).



Figura 3.7 - Affioramenti delle Marne di S. Agata Fossili.

- a) Affioramento nell'alveo del Fiume Tanaro visto dalla destra idrografica.
- b) Particolare dell'affioramento in sinistra idrografica.



Figura 3.8 - Affioramenti delle Marne di S. Agata Fossili.

a) scarpata sottostante l'abitato di Barbaresco.

b) particolare di un affioramento in destra idrografica.

4 GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico è conseguente alle divagazioni del fiume Tanaro, come testimoniato dalle diffuse tracce di modellamento fluviale visibili sul terreno, meglio ancora, da fotografie aeree; si possono riconoscere, infatti, vecchi alvei abbandonati, mentre, più generalmente, anche la semplice tessitura agraria, con le sue diverse geometrie, permette di distinguere le fasce di terreno, progressivamente abbandonate dal fiume ed insediate da colture agricole.

La superficie topografica dell'area d'intervento, collocata nella Valle Tanaro, è caratterizzata da un assetto pianeggiante interrotto dai terrazzi fluviali connessi al reticolo del F. Tanaro.

L'assetto dell'area è quindi quello di un profondo solco erosionale sul fondo del quale è stata depositata una sottile coltre di depositi alluvionali (la potenza dei depositi tende ad aumentare in direzione dei rilievi collinari del Roero e a ridursi in direzione dell'alveo del Fiume Tanaro) la cui geometria interna è definita da interdigitazioni di lenti allungate e separate da superfici erosive, leggermente concave, mentre la granulometria è decrescente verso l'alto con ghiaie alla base, sabbie prevalenti e limi con sabbia a tetto.

L'evoluzione morfologica quaternaria dell'area risulta, infatti, profondamente condizionata da una serie di importanti fenomeni di deviazione fluviale ("*diversione del Po*", "*tracimazione del Tanaro*", ecc.), derivanti dall'interazione tra la mobilità tettonica recente, la situazione morfologica al contorno, l'elevata erodibilità delle formazioni presenti (Carraro et al., 1991).

La fascia alluvionale è piuttosto regolare con larghezza compresa tra 2 ÷ 2.5 Km, racchiusa entro versanti, con quote massime omogenee sia in sponda destra che sinistra, poco inferiori a 150 m s.l.m..

Il substrato risulta affiorante in alveo sia nel tratto a monte, sia nel tratto a valle del settore in oggetto.

A monte dell'intervento in progetto

Il tratto del corso d'acqua presenta un ampio meandro in cui è presente un ridotto processo di erosione in sinistra idrografica (Fig. 4.1).



Figura 4.1 – Immagine del 23/03/2011 tratta da Google Earth (2014).

In destra idrografica, lungo il versante che sottostà all'abitato di Barbaresco, sono presenti opere di difesa, rappresentate da scogliere a massi ciclopici e opere di ingegneria naturalistica (gradonate e palificate a parete doppia).

Si evidenzia come alcune tratte delle scogliere a massi ciclopici siano parzialmente compromesse nella loro funzionalità (Fig. 4.2).



Figura 4.2 – Fotogramma di un tratto della scogliera a massi ciclopici compromessa.

In corrispondenza dell'intervento in progetto

La tratta in sinistra idrografica del corso d'acqua risulta incisa e caratterizzata dal parziale collasso, occorso nell'anno 2010, della traversa esistente. La conseguente erosione dei depositi alluvionali medio recenti è osservabile nella Fig. 4.3.

Tale situazione può essere superata sia con la messa in opera della traversa in progetto, sia con la realizzazione di opere di difesa spondale in continuità a monte e valle, in sinistra idrografica, con quelle esistenti.



Figura 4.3 – Immagine del 23/03/2011 tratta da Google Earth (2014).

A valle dell'intervento in progetto

In sinistra idrografica è presente un deposito alluvionale recente particolarmente esteso (Fig. 3.5) mentre per la restante tratta, fino al ponte della S.P. n° 3, l'alveo scorre su depositi marnosi (Fig. 3.7).

In destra idrografica i depositi alluvionali attuali sono via via più estesi verso valle (Fig. 4.4).



Figura 4.4 – Affioramento dei depositi attuali lungo la sponda in idrografica destra.

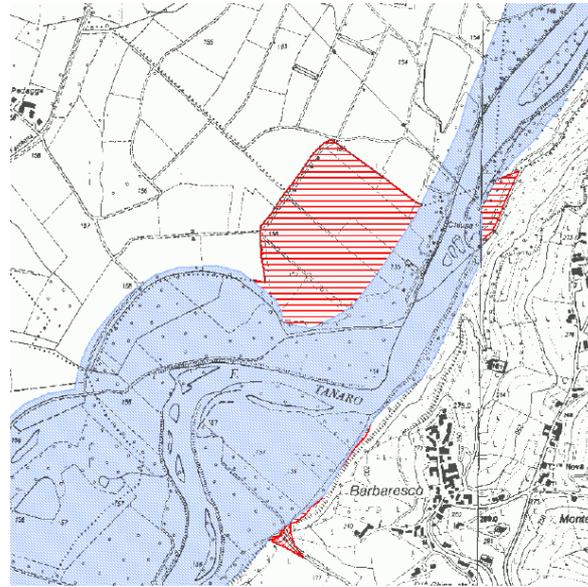
4.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Per una caratterizzazione generale della pericolosità del territorio si è fatto riferimento ad una serie di documenti, a carattere geologico-geomorfologico-idrologico, disponibili presso le Pubbliche Amministrazioni.

4.1.1 AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

Il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Po nella seduta del 26 aprile 2001 ha approvato il Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e l’insieme degli atti ad esso collegati (pubblicati sul Supplemento Straordinario della Gazzetta Ufficiale n. 166 del 19 luglio 2001) con la Deliberazione n. 18/2001 *Adozione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po.*

- Nell’Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici (delimitazione delle aree in dissesto alla scala 1:25.000) al F° 193 Sez. IV - Castagnole delle Lanze l’area in esame è inserita nelle fasce fluviali (Fig. 4.5) con ampi settori laterali a pericolosità molto elevata (Ee).



LEGENDA		PAI deliberazione C.I. n. 18/2001	Aggiornamento
Delimitazione delle aree in dissesto			
ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO	Area a pericolosità molto elevata (Ee)		
	Area a pericolosità elevata (Eb)		
	Area a pericolosità media o moderata (Em)		
	Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee)		
	Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)		
	Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)		
TRASPORTO IN MASSA SUI CONOIDI	Area di conoide attivo non protetta (Ca)		
	Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)		
	Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)		
	Area interessata dalla delimitazione delle fasce fluviali		

Figura 4.5 – Stralcio (non in scala) Foglio 193 Sezione IV dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (Autorità di Bacino del Fiume Po).

- Nella Variante al Piano Stralcio Fasce Fluviali - Fiume Tanaro nel tratto compreso fra Alba e Canove - furono redatte delle integrazioni all'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del PAI con la perimetrazione di un'area a rischio idrogeologico molto elevato (Z1 e Z2) in corrispondenza della rocca di Barbaresco interessata da fenomeni di instabilità di versante (Fig. 4.6).

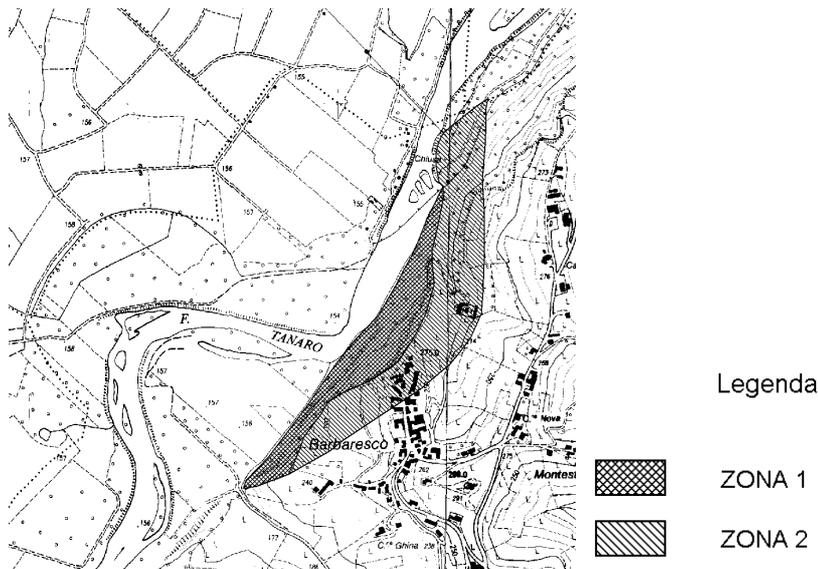


Figura 4.6 – Stralcio (non in scala) Variante al Piano Stralcio Fasce Fluviali - tratto compreso fra Alba e Canove (Autorità di Bacino del Fiume Po).

Lo strumento per la valutazione e la gestione del rischio è 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). Le Mappe di pericolosità e rischio predisposte in attuazione della Direttiva Alluvioni sono state approvate dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino del fiume Po nella seduta del 23 Dicembre 2013.

Le mappe di pericolosità e di rischio (Fig. 4.7), 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 (Fig. 4.8);
- elementi lineari e puntuali di rischio rispetto ai beni esposti (Fig. 4.9).

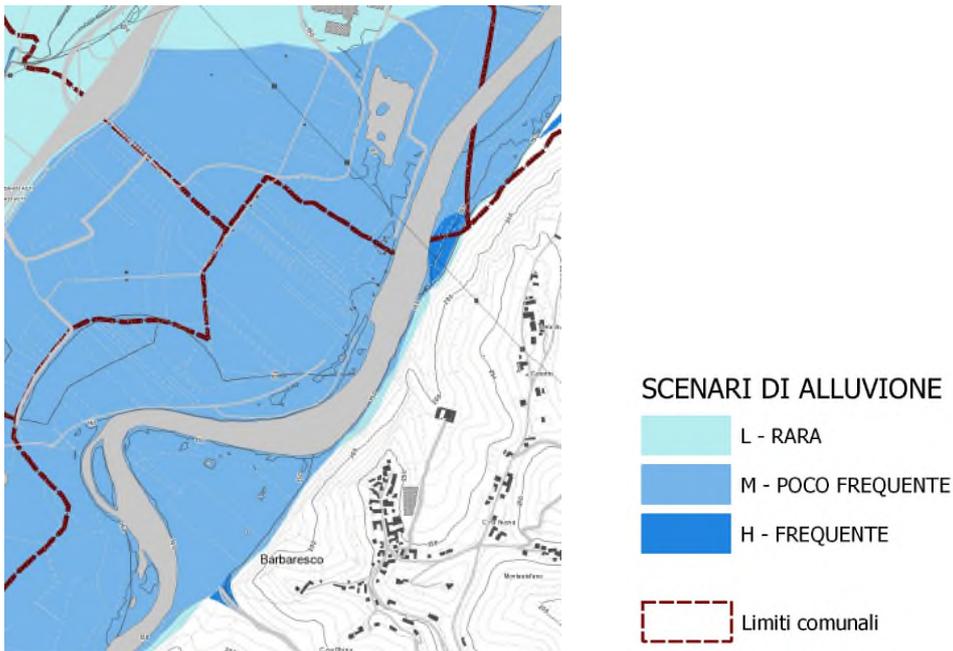
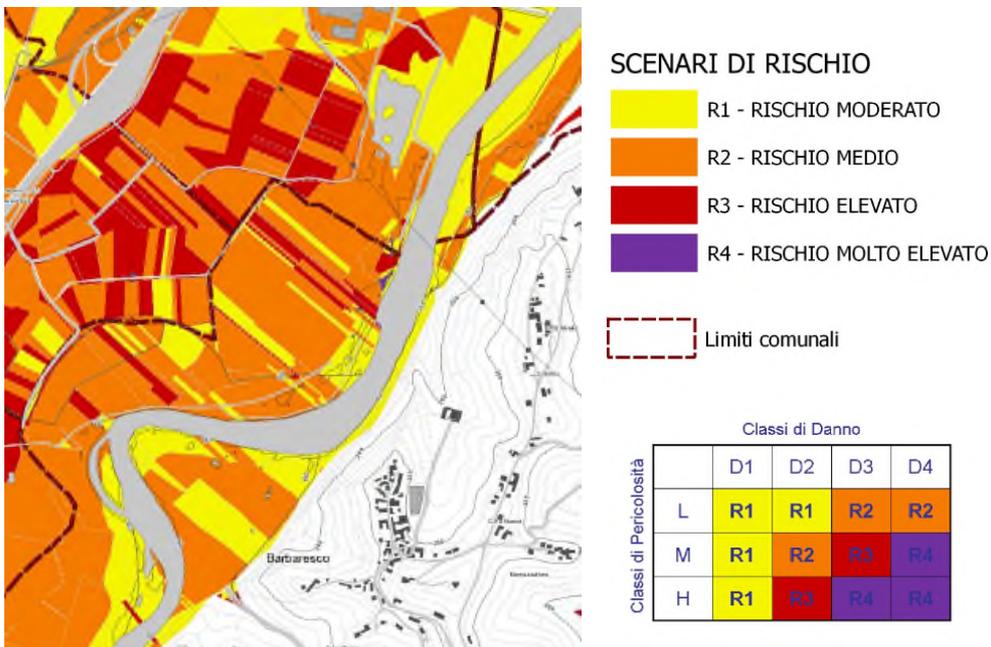


Figura 4.7 – Stralcio (non in scala) da Carta del Rischio da Alluvione - Scenari di alluvione - scala 1:25.000 - Tavola 193 NW - maggio/giugno 2014 (Autorità di Bacino del Fiume Po - AIPO - Regione Piemonte - ARPA).



- La Carta del rischio è ottenuta dall'intersezione tra gli scenari individuati nella Carta di pericolosità da alluvione (classi H, M e L) e accorpamento di classi del Land Cover Piemonte: Classificazione uso del suolo (aggiornamento 2010).

Figura 4.8 – Stralcio (non in scala) da Carta del Rischio da Alluvione - Scenari di rischio - Elementi areali - scala 1:25.000 - Tavola 193 NW - maggio/giugno 2014 (Autorità di Bacino del Fiume Po - AIPO - Regione Piemonte - ARPA).

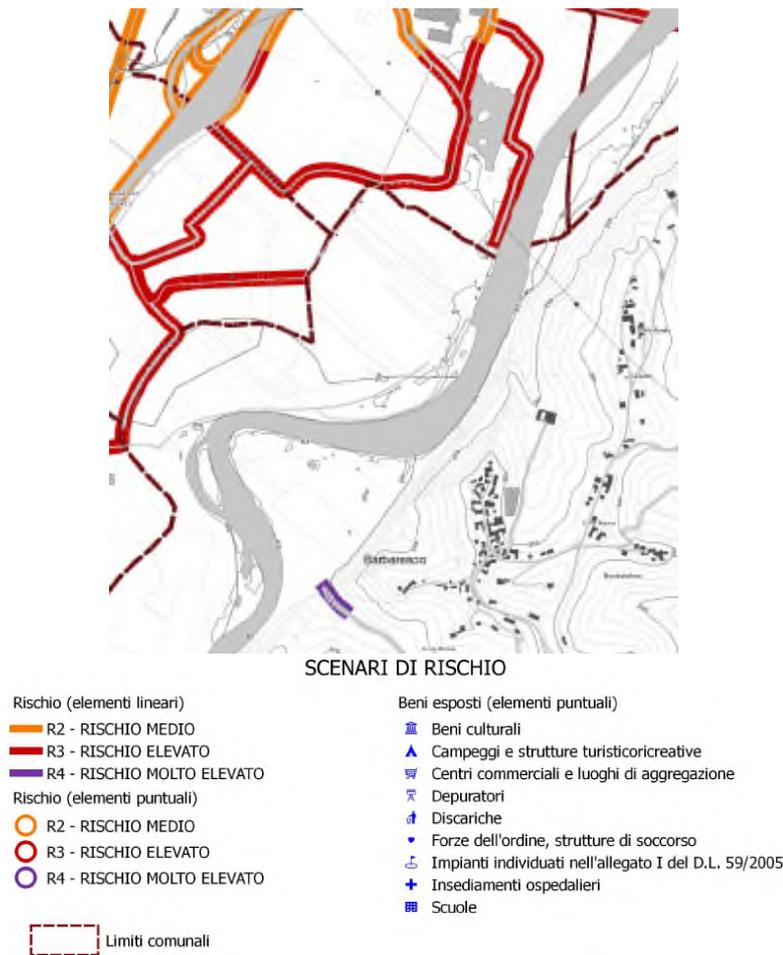


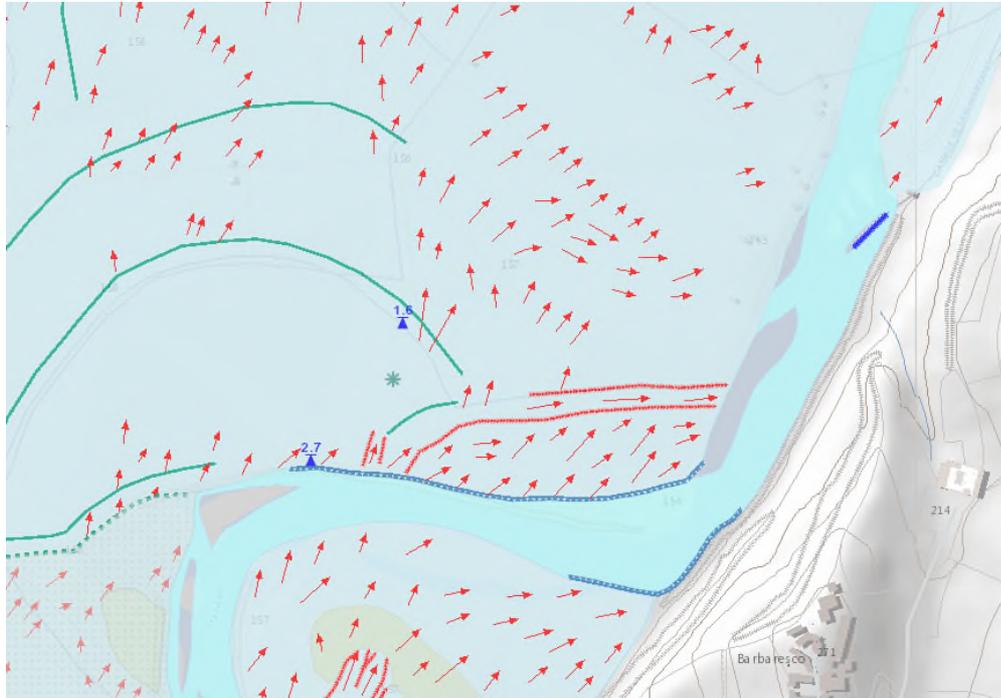
Figura 4.9 – Stralcio (non in scala) da Carta del Rischio da Alluvione - Scenari di Rischio - Elementi lineari e puntuali - scala 1:25.000 - Tavola 193 NW - maggio/giugno 2014 (Autorità di Bacino del Fiume Po - AIPO -Regione Piemonte - ARPA).

4.1.2 AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE – PIEMONTE

4.1.2.1 *Evento alluvionale anno 1994*

Il servizio rende disponibili le informazioni raccolte nei giorni immediatamente successivi all'evento alluvionale del 2-6 novembre 1994, per il Fiume Po, il Fiume Tanaro, il Torrente Bobore, il Torrente Triversa, il Torrente Belbo e il Fiume Bormida di Millesimo. Le informazioni fanno riferimento alla fotointerpretazione del materiale relativo ai voli del 12/11/1994 e del 29/11/1994 e, in parte, ai rilievi di terreno effettuati a partire da novembre 1994 a ottobre 1995.

Si evidenzia, nell'intorno dell'area in esame, l'allagato da una lama d'acqua (Fig. 4.10) compresa tra 1.6 m e 2.7 m. Sono altresì presenti canali di erosione con locali depositi prevalentemente limoso-sabbiosi.



Altezze idrometriche

▲ Altezze in metri

Danni ed infrastrutture coinvolte - Elementi lineari

■ Opera di sistemazione/Opera idraulica

Effetti al suolo ed elementi morfologici puntuali

* Area con deposito prevalentemente limoso-sabbioso

Effetti al suolo ed elementi morfologici lineari

— Alveo

→ Canale d'erosione

→ Direzione di deflusso (correnti ad alta energia)

■ Forma relitta - incisa

— Forma relitta - non incisa

■ Orlo di scarpata d'erosione

— Scarpata principale

■ Sponda erosa

— Substrato affiorante

Effetti al suolo ed elementi morfologici areali

■ Alveo non differenziato

■ Area allagata in modo discontinuo o di incerta interpretazione

■ Area con deposito prevalentemente limoso-sabbioso

■ Area con deposito prevalentemente sabbioso-ghiaioso

■ Area inondata/allagata

■ Canale attivo (al momento dell'osservazione)

■ Canale riattivato naturale

■ Forma deposizionale in alveo - non vegetata/ non stabilmente vegetata

■ Forma deposizionale in alveo - stabilmente vegetata

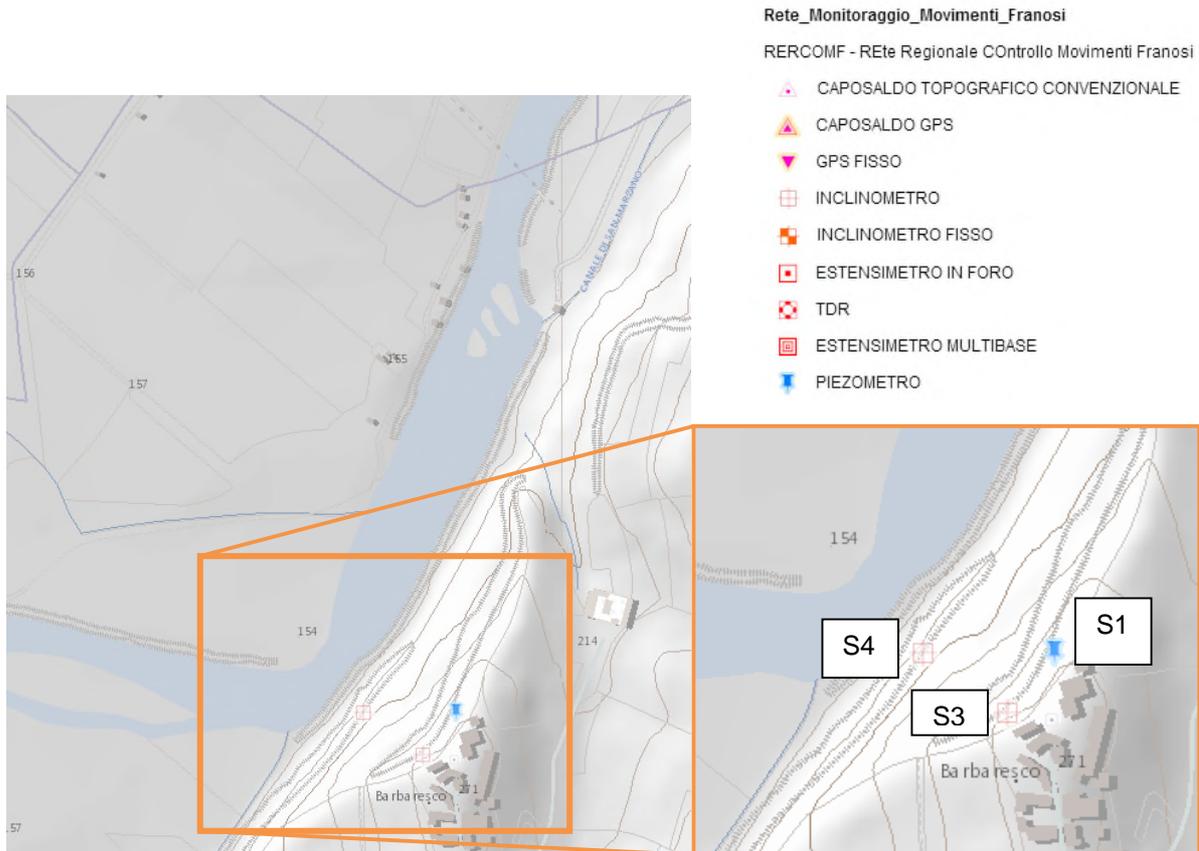
Manufatti ed infrastrutture - Elementi areali

■

Figura 4.10 – Stralcio (non in scala) da evento alluvionale 1994 (A.R.P.A. Piemonte).

4.1.3 IFFI/SIFRAP

Rappresenta il sistema informativo dei fenomeni franosi in Piemonte (estensione del progetto IFFI), sviluppato tra il 2002 ed il 2004. Nell'area in esame sono installati due inclinometri ed un piezometro in corrispondenza del versante sottostante l'abitato di Barbaresco (Fig. 4.11).



Codice	Profondità (m)	Descrizione
S1	0.50	materiale di riporto
S1	20.80	limo con argilla stratificato
S1	30.00	limo argilloso

Codice	Profondità (m)	Descrizione
S3	2.50	materiale di riporto
S3	10.00	limo argilloso
S3	10.50	limo argilloso debolmente sabbioso
S3	13.80	limo argilloso
S3	14.50	limo argilloso debolmente sabbioso
S3	24.80	limo argilloso
S3	25.80	limo argilloso debolmente sabbioso
S3	30.50	limo argilloso

Codice	Profondità (m)	Descrizione
S4	3.80	materiale di riporto
S4	7.50	sabbia fine argillosa con limo
S4	9.50	limo con argilla
S4	11.50	sabbia fine argillosa con limo
S4	23.00	limo con argilla
S4	24.50	sabbia fine argillosa con limo
S4	30.00	limo con argilla

Figura 4.11 – Stralcio (non in scala) da progetto IFFI/SIFRAP con stratigrafie inclinometri e piezometro (A.R.P.A. Piemonte).

4.1.4 AMMINISTRAZIONE COMUNE DI BARBARESCO

Le condizioni di pericolosità geomorfologica del territorio e la sua idoneità all'utilizzo urbanistico sono definite dagli elaborati del Piano Regolatore Generale, approvato dalla Regione Piemonte - Assessorato Urbanistica in data 23 gennaio 2001, relativi al territorio del Comune di Barbaresco.

Gli elaborati maggiormente significativi per la valutazione dell'assetto dell'area e l'individuazione dei fattori di propensione al dissesto sono rappresentati, coerentemente alle prescrizioni della DGR Circ. n. 7/LAP, dai documenti:

- *Carta geomorfologica e del dissesto in atto;*
- *Carta del reticolo idrografico minore;*
- *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica e dalla Relazione Tecnica.*

Nella *Carta geomorfologica e del dissesto in atto* (Fig. 4.12), l'area in sinistra idrografica risulta inserita in *Area inondata e/o alluvionale del corso d'acqua principale nel corso dell'evento alluvionale del novembre 1994*, senza particolari tracce di erosione, presenti viceversa a monte dell'area in esame.

Il versante collinare, in destra idrografica all'area in esame, pur collocandosi nell'ambito di un territorio caratterizzato da una diffusa ed elevata propensione al dissesto in concomitanza di eventi meteo-idrologici intensi, come documentato tra l'altro anche dalla recente *Carta dei processi di instabilità conseguenti l'evento del 3-6 Novembre 1994* – Fogli 193-210-211, con Note illustrative (APAT, 2007), non risulta, nella *Carta geomorfologica e del dissesto in atto* allegata al P.R.G. vigente, interessato da dissesti ma sono segnalati solo orli di scarpata e ondulazioni del terreno con locali ristagni d'acqua.

L'intero settore interessato dal progetto ricade nella Classe IIIa della *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (Fig. 4.13).

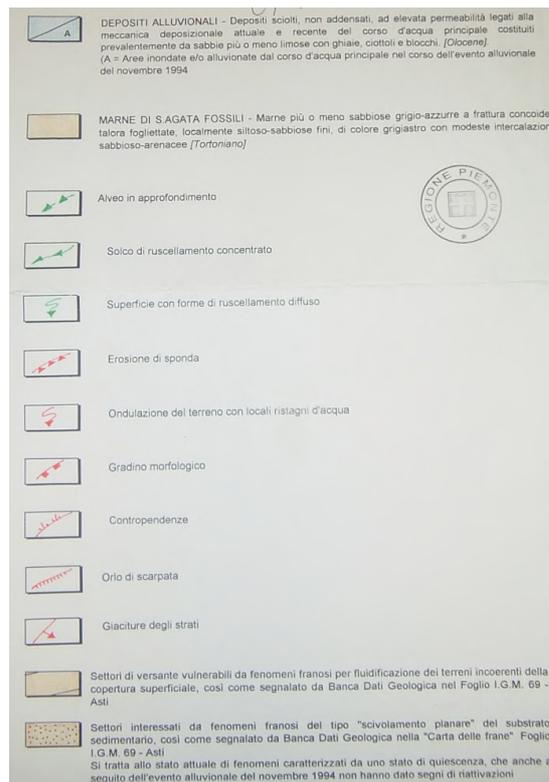
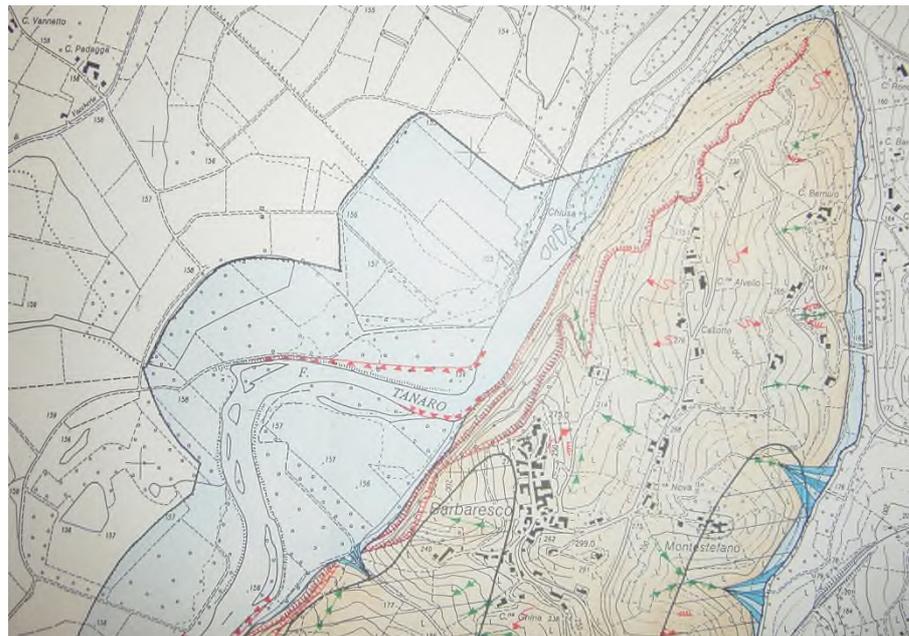


Figura 4.12 – Stralcio (non in scala) della *Carta di geomorfologia e del dissesto in atto*, allegata al P.R.G. vigente del Comune di Barbaresco.

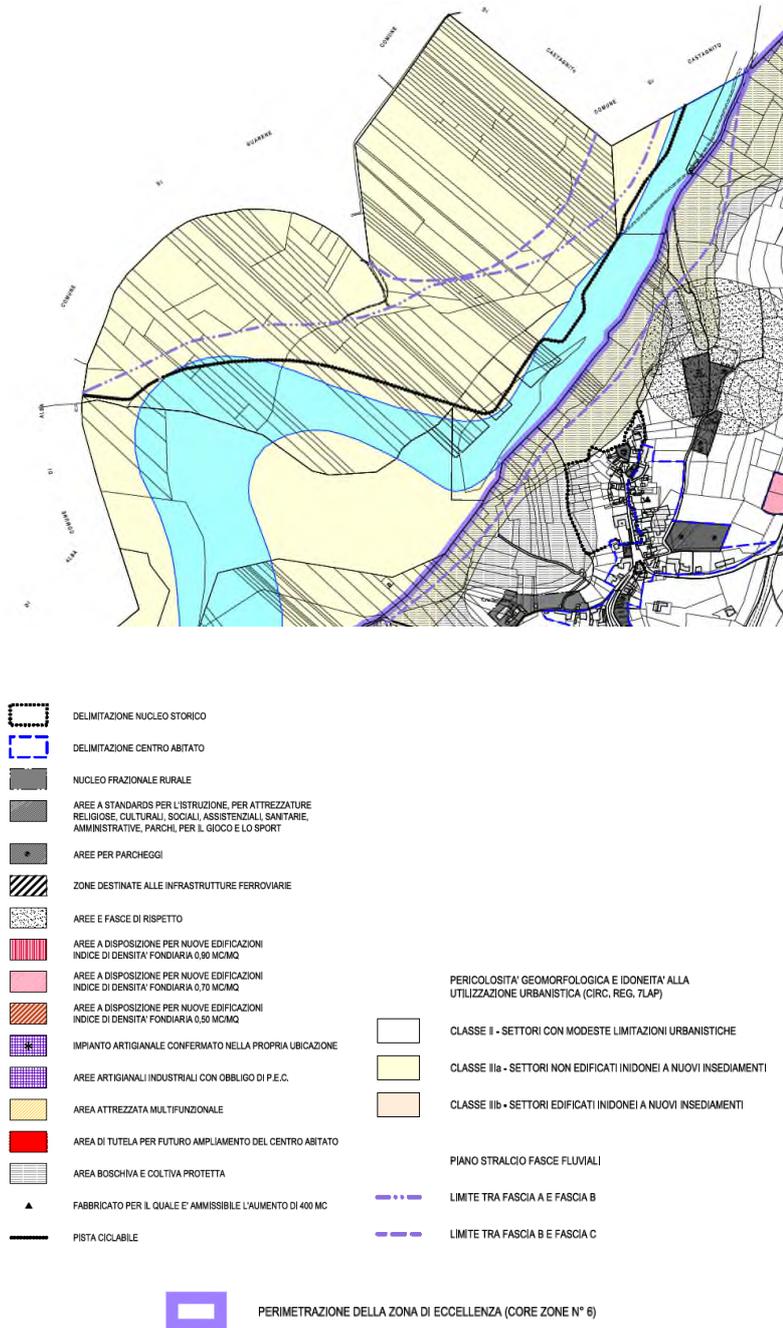


Figura 4.13 – Stralcio (non in scala) della *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*, allegata al P.R.G. vigente del Comune di Barbaresco.

5 IDROGEOLOGIA

Le litologie presenti nell'area in esame, sulla base delle caratteristiche geoidrologiche, sono state raggruppate in unità idrogeologiche in analogia a quanto proposto in analoghi lavori (*Progetto Tanaro - Beretta et alii, 2000*).

L'assetto idrogeologico è stato quindi ricostruito individuando Serie Idrogeologiche, differenziate per genesi e per età.

Dalla più recente alla più antica, le serie presenti, nel settore in esame, sono le seguenti:

- **Serie Quaternaria:**
 - *complesso alluvionale medio recente e attuale;*
- **Serie Miocenica:**
 - *complesso marnoso.*

Le caratteristiche sedimentarie e le modalità di deposito nella Serie Quaternaria del *Complesso alluvionale medio recente e attuale*, sono state pesantemente condizionate dall'intensa dinamica fluviale e da un insieme di fattori tettonici durante l'intero Quaternario. I sollevamenti sequenziali che hanno interessato il cuneese (*Carraro et alii, 1976*) sono responsabili del rapido approfondimento del reticolo fluviale e di importanti fenomeni di diversione, come quello che ha deviato il corso del Fiume Tanaro all'altezza di Bra.

Alla base del *Complesso alluvionale medio recente e attuale* si osserva una superficie di discontinuità che separa quest'unità quaternaria dalle unità mioceniche, corrispondenti alle Marne di S. Agata Fossili (*Complesso marnoso*), le quali assumono un ruolo di impermeabile, assoluto o relativo, in funzione dei diversi litotipi prevalenti.

Localmente, comunque, queste sequenze presentano una certa permeabilità per fratturazione che permette la risalita di acque profonde. Sono inoltre presenti intercalazioni di livelli a granulometria più grossolana che permettono la circolazione idrica, ma la potenza ridotta di tali intercalazioni e la mancanza di una loro continuità laterale fa sì che non costituiscano livelli acquiferi di importanza rilevante a scala regionale.

5.1 COMPLESSO ALLUVIONALE MEDIO RECENTE E ATTUALE

La successione di termini del *Complesso alluvionale medio recente e attuale* viene di seguito esposta:

▪ **Unità 0:** *Terreno agrario / rimaneggiato*

Terreno a comportamento intermedio tra granulare e coesivo. Permeabilità primaria per porosità i cui valori sono variabili in relazione all'assortimento granulometrico.

▪ **Unità 1:** *Ghiaia e sabbia*

Permeabilità primaria per porosità con valori relativi elevati, variabili in relazione al rapporto ghiaia/sabbia e dalla presenza di limo e argilla.

Rappresenta, con i suoi 4 m ÷ 6 m di potenza, l'unità a permeabilità relativa maggiore compresa tra il terreno agrario / rimaneggiato sovrastante e le marne argillose, a permeabilità da bassa a nulla, sottostanti. Al suo interno si mantiene la circolazione della falda.

L'esame delle curve granulometriche, provenienti dal sondaggio S1 realizzato ad ottobre/novembre 2014, ha permesso di stimare, sulla base della formula di Hazen (1911), il coefficiente di permeabilità K.

Considerando l'intervallo di valori 0.03 ÷ 0.08 mm (diametro corrispondente al 10% del passante - D_{10}) ed un valore di 100 per la costante C si ottiene:

$$K = C \frac{(D_{10})^2}{10^4} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \div 6.4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

L'acqua della falda libera è utilizzata essenzialmente a scopo irriguo/domestico.

5.1.1 CAMPO DI MOTO NEL COMPLESSO ALLUVIONALE MEDIO RECENTE E ATTUALE

Nei lavori *Progetto Tanaro (Beretta et alii, 2000)*, *Piano di tutela delle acque (Regione Piemonte, 2004)* e *Studi idrogeologici finalizzati all'integrazione delle conoscenze già disponibili relative alla caratterizzazione dei principali complessi idrogeologici (De Luca et alii, 2005)* furono analizzati alcuni importanti elementi idrogeologici in questa tratta della Valle Tanaro.

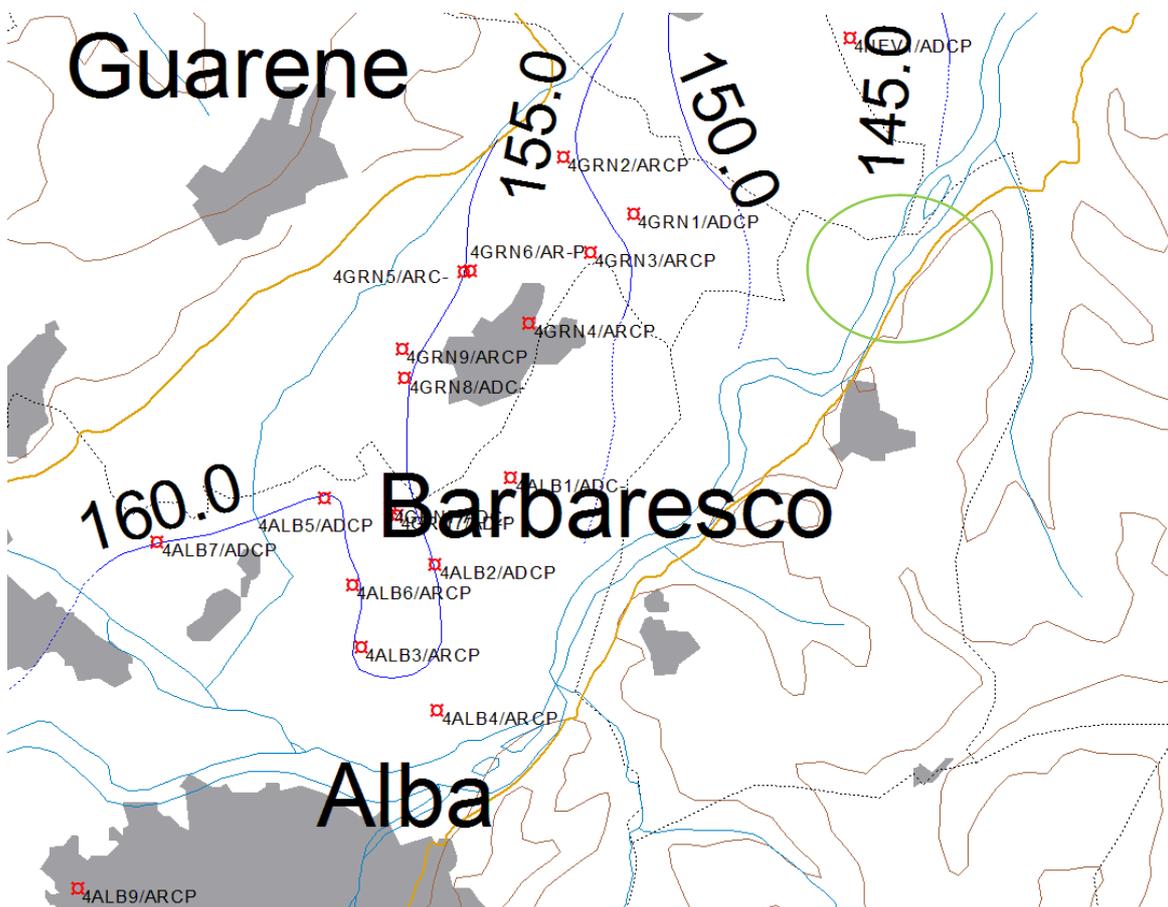
Nel settore di pianura considerato, il pannello piezometrico assume, nell'insieme, un assetto con isopieze disposte con andamento circa SO-NE, congruente con l'a-

zione drenante svolta dal Fiume Tanaro. Tale configurazione può localmente differire in quanto le irregolarità dell'andamento del substrato e della topografia e la morfologia dell'alveo fluviale si ripercuotono fortemente sul flusso idrico sotterraneo.

Nell'ambito degli studi svolti (*De Luca et alii, 2005*) risulta presente uno spartiacque sotterraneo a N di Alba, sulla sinistra idrografica del Fiume Tanaro, mentre in ricerche di alcuni anni prima (*Beretta et alii, 2000*) non era rilevabile, a testimonianza della variabilità dell'andamento nel tempo della superficie piezometrica.

L'andamento della piezometria, per l'area vasta, relativa alla primavera 1997 e l'inverno 1999 (*Beretta et alii, 2000*) viene di seguito riportata:

- piezometria anno 1997 primavera (Fig. 5.1);

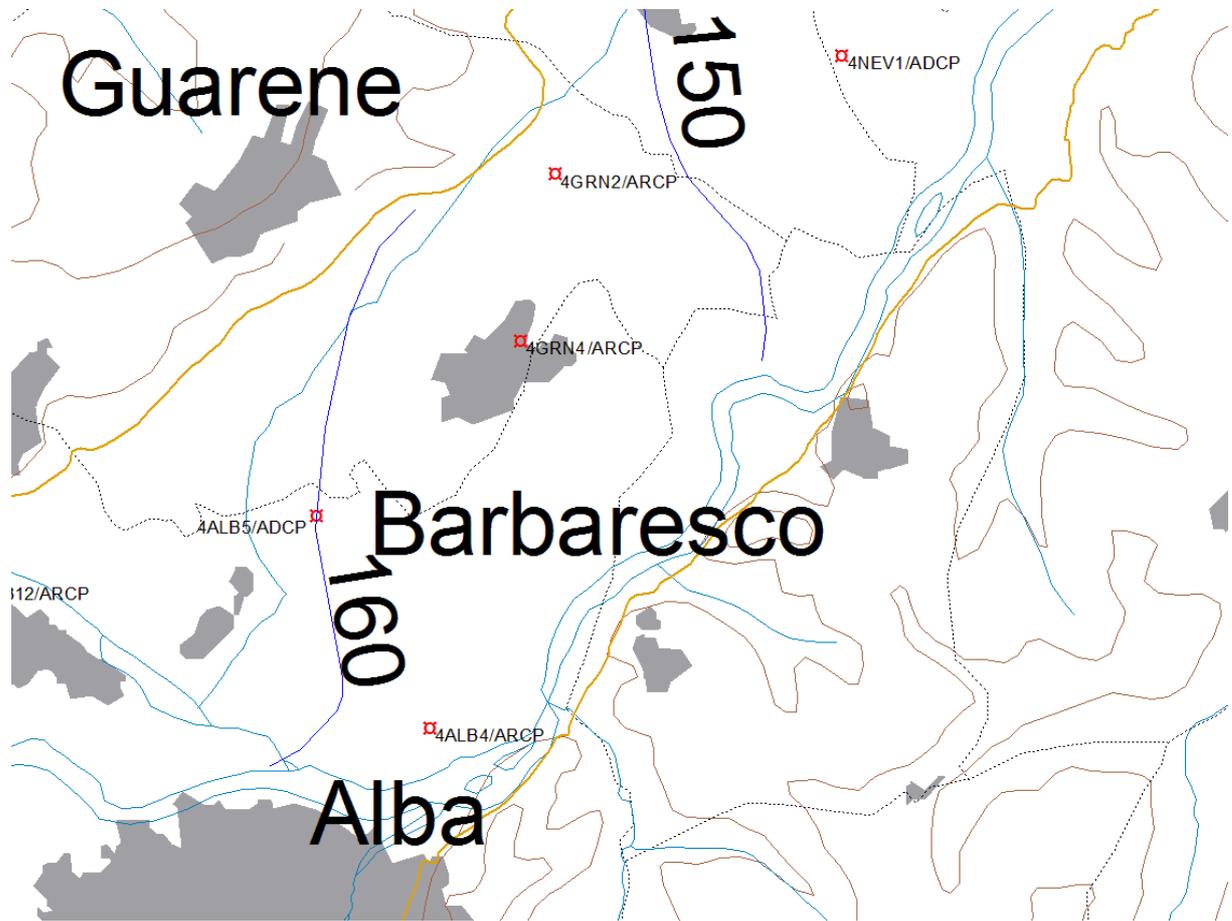


 4GRN2/ARCP ubicazione pozzi e relativo codice

 150.0
soggiacenza in m s.l.m.m.

Figura 5.1 – Estratto, modificato, da Progetto Tanaro, primavera 1997 (*Beretta et alii, 2000*). Nel cerchio verde è individuata l'area in esame.

- piezometria anno 1999 inverno (Fig. 5.2).



 4GRN2/ARCP ubicazione pozzi e relativo codice



soggiacenza in m s.l.m.m.

Figura 5.2 – Estratto, modificato, da Progetto Tanaro, inverno 1999 (*Beretta et alii, 2000*). Nel cerchio verde è individuata l'area in esame.

Il quadro di alcune misure piezometriche disponibili, per l'area vasta, è illustrato nelle Tabb. 5.1 - 5.2, le quali riportano rispettivamente la soggiacenza della falda e la quota assoluta del livello piezometrico. I cicli di misure sono riferiti alla primavera 1997 e l'inverno 1999.

Il gradiente idraulico in questo settore è compreso entro 0.02 %.

La soggiacenza varia tra 2 m ÷ 3 m; nel periodo autunnale risulta più elevata rispetto a quella primaverile con valori dell'ordine di 0.5 m.

Codice	Quota piano campagna m s.l.m.	Profondità m da p.c.	Utilizzo
4ALBA4/ARCP	164	7	Irriguo
4GRN4/ARCP	160	6	Irriguo
4GRN3/ARCP	159	8	Irriguo
4GRN1/ARCP	158	30	Domestico
4NEV1/ADCP	152	5	Domestico

Tabella 5.1 – Rete di monitoraggio utilizzata.

Codice	Ottobre 1997		Inverno 1999	
	Soggiacenza m	Piezometria m s.l.m.	Soggiacenza m	Piezometria m s.l.m.
4ALB4/ARCP	4.90	159.10	5.30	158.70
4GRN4/ARCP	1.90	158.10	2.04	157.96
4GRN3/ARCP	2.50	156.50	n.d.	n.d.
4GRN1/ARCP	3.15	154.90	n.d.	n.d.
4NEV1/ADCP	2.60	149.40	3.20	148.80

Tabella 5.2 – Misure rilevate nell'anno 1997 - 1999 (Progetto TANARO - Beretta et alii, 2000).

Nell'ambito delle indagini geognostiche relative al progetto in esame (cfr. Cap. 6) è stato installato un piezometro nel sondaggio S1. Il quadro complessivo delle misure piezometriche, disponibili per questo piezometro, è illustrato nelle Tabb. 5.3 e 5.4, le quali riportano rispettivamente la soggiacenza della falda e la quota assoluta del livello piezometrico raggiunta.

A scala generale si può affermare che le fluttuazioni della falda libera sono molto rapide e conseguenti ad eventi pluviometrici. Gli effetti dei repentini innalzamenti, se non vi sono ulteriori apporti, si esauriscono nell'arco di alcuni giorni.

La misura del 04 dicembre 2014 è stata effettuata a seguito di precipitazioni intense (Fig. 5.3) con un livello idrometrico del fiume Tanaro prossimo alla piena ordinaria (Fig. 5.4).

DATA	SOGGIACENZA	
	m da p.c.	
	S1	Fiume Tanaro
03/11/2014	4.40*	Presenza d'acqua
12/11/2014	2.69	Presenza d'acqua
04/12/2014	2.33	Presenza d'acqua
11/12/2014	3.28	Presenza d'acqua

Tabella 5.3 – Misure delle soggiacenze rilevate nel periodo novembre 2014 / dicembre 2014.

* valore condizionato dalla presenza di acqua di perforazione.

Codice	Valori massimi	Valori minimi
	03/11/2014 m s.l.m.	04/12/2014 m s.l.m.
S1	146.35	148.42

Tabella 5.4 – Valori isopiezometrici (riferiti al piano campagna di riferimento) minimi e massimi registrati nel periodo novembre 2014 / dicembre 2014.

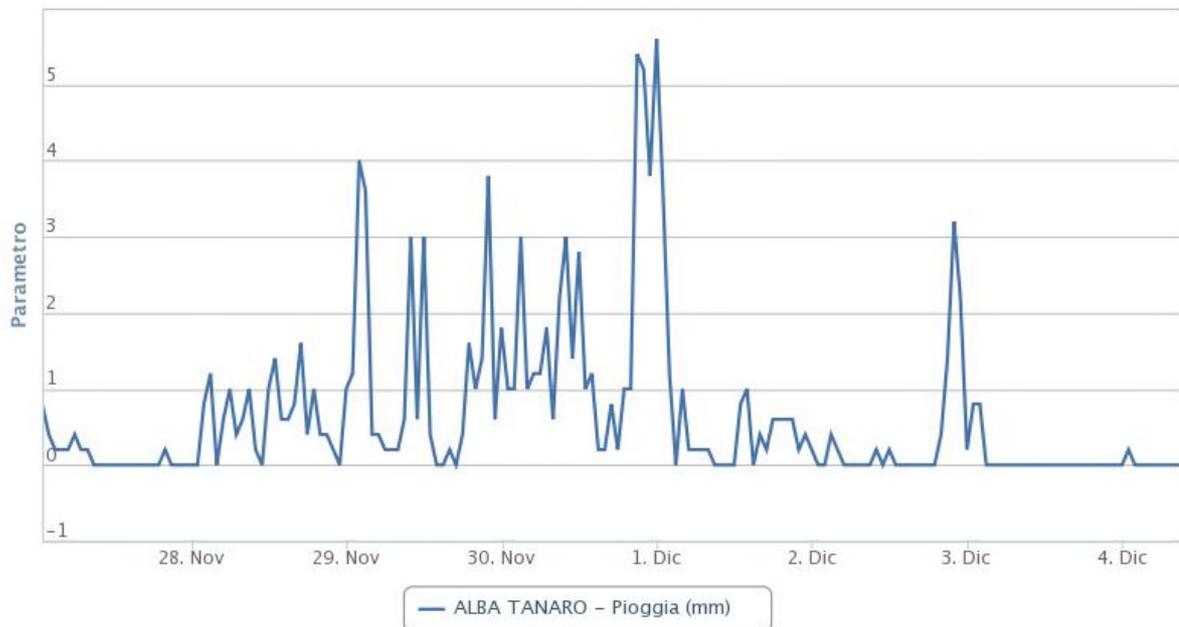


Figura 5.3 – Intensità oraria e pioggia cumulata (28/11/2014 ÷ 03/12/2014) presso la stazione Alba Tanaro (Regione Piemonte, 2014).

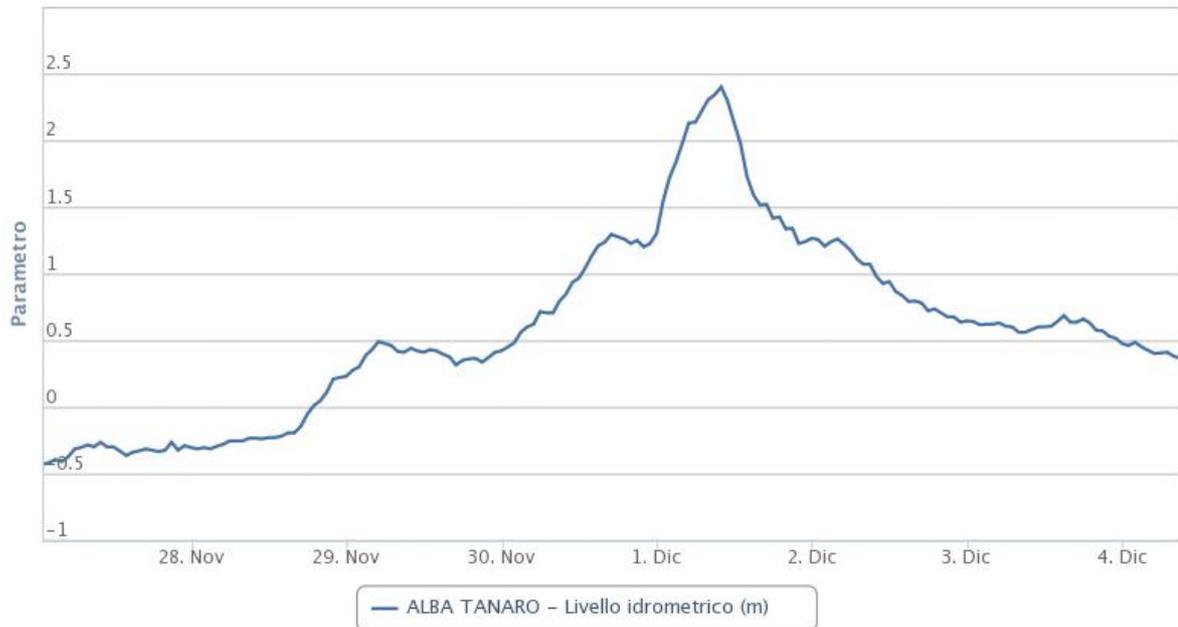


Figura 5.4 – Livello idrometrico dal 28/11/2014 ÷ 04/12/2014 del fiume Tanaro presso la stazione Alba Tanaro (Regione Piemonte, 2014).

5.1.2 CHIMISMO DEL COMPLESSO ALLUVIONALE MEDIO RECENTE E ATTUALE

I dati relativi alle analisi chimiche (Fig. 5.5) svolta nell'ambito del *Piano di tutela delle acque* (Regione Piemonte, 2004) evidenziano, da un punto di vista dello stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei riferibili alla falda superficiale, una situazione di compromissione delle caratteristiche idrochimiche riferibili ad un impatto antropico da "significativo" a "rilevante". Il principale fattore limitante delle situazioni di compromissione di origine antropica è riferibile alle elevate concentrazioni di nitrati; i fattori limitanti ascrivibili a particolari facies idrochimiche sono rappresentati dai solfati, cloruri, manganese, conducibilità elettrica.

Tale compromissione delle caratteristiche idrochimiche della falda superficiale sono ancora riscontrabili nella Relazione di monitoraggio anno 2012 nell'ambito della "Attività ARPA nella gestione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee" dove sono anche esposti i risultati del monitoraggio effettuato nel triennio 2009-2011.

In particolare lo Stato Chimico risulta Scarso in quanto sussistono ampie aree agricole soggette all'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi e la presenza di siti contaminati; mentre denotano una minore rilevanza, il surplus di azoto, le aree industriali/commerciali e le aree adibite a discariche, cave e cantieri (Arpa Piemonte, 2012).

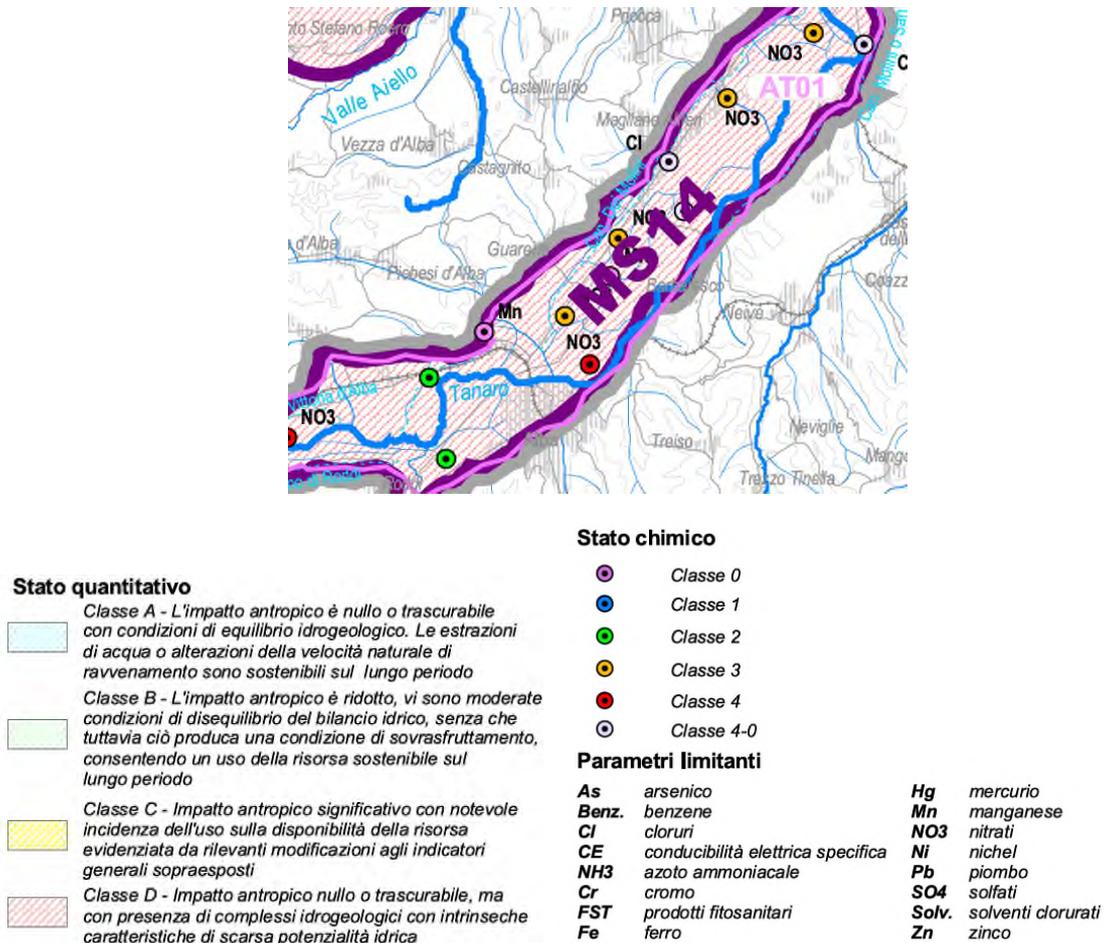


Figura 5.5 – Estratto, non in scala, da Tav. 4 - Piano Tutela delle Acque (Regione Piemonte, 2004).

I parametri e i relativi valori numerici di riferimento per la classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei sono riferiti a indicatori generali elaborati sulla base del monitoraggio secondo i criteri dall'A.N.P.A., in base alle caratteristiche dell'acquifero (tipologia, permeabilità, coefficienti di immagazzinamento) e del relativo sfruttamento (trend piezometrico o delle portate, prelievi per vari usi).

Un corpo idrico sotterraneo è in condizioni di equilibrio quando le estrazioni o le alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili per lungo periodo (almeno 10 anni); sulla base delle alterazioni misurate o previste di tale equilibrio viene definito lo stato quantitativo.

Lo stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei è definito (Piano Tutela delle Acque - Regione Piemonte, 2004) da quattro classi così caratterizzate:

Classe A	L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
Classe B	L'impatto antropico è ridotto, vi sono a moderate condizioni di disequilibrio del bilancio, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento e sostenibile sul lungo periodo con buona potenzialità e ridotto disequilibrio.
Classe C	Impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziata da rilevanti modificazioni agli indicatori generali sopraesposti (1).
Classe D	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con scarsa potenzialità naturale, nella quale sono presenti complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

L'area in esame, corrispondente alla piana in sinistra del Fiume Tanaro, viene identificata nella *Classe D*.

5.1.3 RAPPORTI TRA RETICOLO IDRICO DI SUPERFICIE E COMPLESSO ALLUVIONALE

Nell'area della piana di Alba - Barbaresco - Castagnito - Guarene, come più in generale su gran parte della piana del fondovalle della Valle Tanaro, lo scorrimento idrico superficiale è incentrato sul Fiume Tanaro e su una fitta rete di corsi d'acqua, di origine naturale o antropica, di modeste dimensioni.

Non considerando i corsi d'acqua collinari, in quanto intercettati da canali di derivazione artificiale, nell'intorno del sito in esame è presente il Canale del Molino di Vaccheria, il canale San Marzano, colatori secondari e fossi distribuiti nei singoli appezzamenti e campi. In questi ultimi casi l'alveo è scavato direttamente nei terreni in posto o rimodellati, senza interposizione di alcun tipo di rivestimento impermeabile.

Di seguito sarà svolta un'analisi dei rapporti tra il reticolo idrico di superficie e la falda libera.

5.1.3.1 Fiume Tanaro

Normalmente la superficie piezometrica supera quella del livello idrometrico fluviale, la falda libera risulta così drenata dall'asta fluviale del Tanaro; è ipotizzabile, però, che in corrispondenza degli eventi di piena di tipo catastrofico il livello idrometrico possa superare il livello medio di falda invertendo così la direzione di flusso, che risulterebbe comunque molto rallentata. La durata di un evento di questo tipo non supera i due o tre giorni, poiché l'ascesa ed il decremento dei livelli dovuti all'onda di piena sono estremamente concentrati nel tempo.

5.1.3.2 Canali e fossi

Come precedentemente esposto il sistema di canali rappresenta il reticolo idrico che storicamente è stato interessato da interventi antropici atti a favorire il deflusso a scopo irriguo.

Poiché si tratta sostanzialmente di alvei solo in parte con rivestimenti impermeabili sono plausibili, a scala generale, connessioni idrauliche, per buona parte dell'anno, con la falda libera. In particolar modo nel periodo primaverile, la presenza di grandi masse d'acqua per irrigazione nei canali determina generali innalzamenti della falda.

In riferimento, all'area in esame, il principale corpo idrico è rappresentato dal Canale del Molino di Vaccheria, che scorre in sinistra idrografica del Fiume Tanaro, in quanto il Canale San Marzano, collocato in destra idrografica del Fiume Tanaro, non risulta attivo.

Le perdite di subalveo del Canale del Molino di Vaccheria non influenzano l'andamento della falda libera nell'area in esame in quanto:

- il canale è posto ad una distanza di circa 1.5 Km dall'area di progetto;
- l'azione drenate del Fiume Tanaro inficia eventuali inversioni nella direzione di flusso.

5.2 COMPLESSO MARNOSO

I terreni sottostanti, ben differenziabili per composizione litologica e granulometrica, e di conseguenza per valori di permeabilità nettamente inferiori, costituiscono il *Com-*

plesso marnoso, appartenente alla Serie Miocenica. Questo termine, riconosciuto con le indagini svolte, assume, sulla base di dati bibliografici, una potenza di almeno 40 ÷ 50 metri.

Presenta una permeabilità primaria per porosità ed una secondaria per fratturazione, all'interno della quale è possibile la presenza di falde in pressione.

Rappresenta il substrato, a permeabilità da bassa a nulla, dell'acquifero libero.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 RICOSTRUZIONE DELL'ASSETTO DEL SOTTOSUOLO

Il presente capitolo illustra il piano d'indagine condotto specificatamente nell'ambito di questo Studio, presentando sia i dati di sottosuolo resi disponibili dalle banche dati consultate, sia i nuovi elementi acquisiti.

La raccolta sistematica dei dati geologici e geognostici pregressi, propedeutica all'indagine geognostica condotta a fine 2014, ha consentito un'evidente ottimizzazione nella pianificazione delle indagini in termini di risorse economiche e di tempistica.

La campagna d'indagine geognostica, svolta tra ottobre e dicembre 2014, è stata comprensiva di:

- sondaggio meccanico a carotaggio continuo con:
 - prove in foro (S.P.T.);
 - installazione di strumentazione per il rilevamento della falda;
 - prelievo di campioni, finalizzata alla definizione dell'assetto e del comportamento in sito delle unità litotecniche presenti;
- prospezione geofisica ai fini di una corretta microzonazione locale.

Tale indagine è stata localizzata in corrispondenza di punti chiave per la definizione della stratigrafia e delle caratteristiche dei terreni di imposta delle strutture, mentre i dati pre-esistenti hanno contribuito in modo significativo alla ricostruzione dell'assetto delle aree adiacenti.

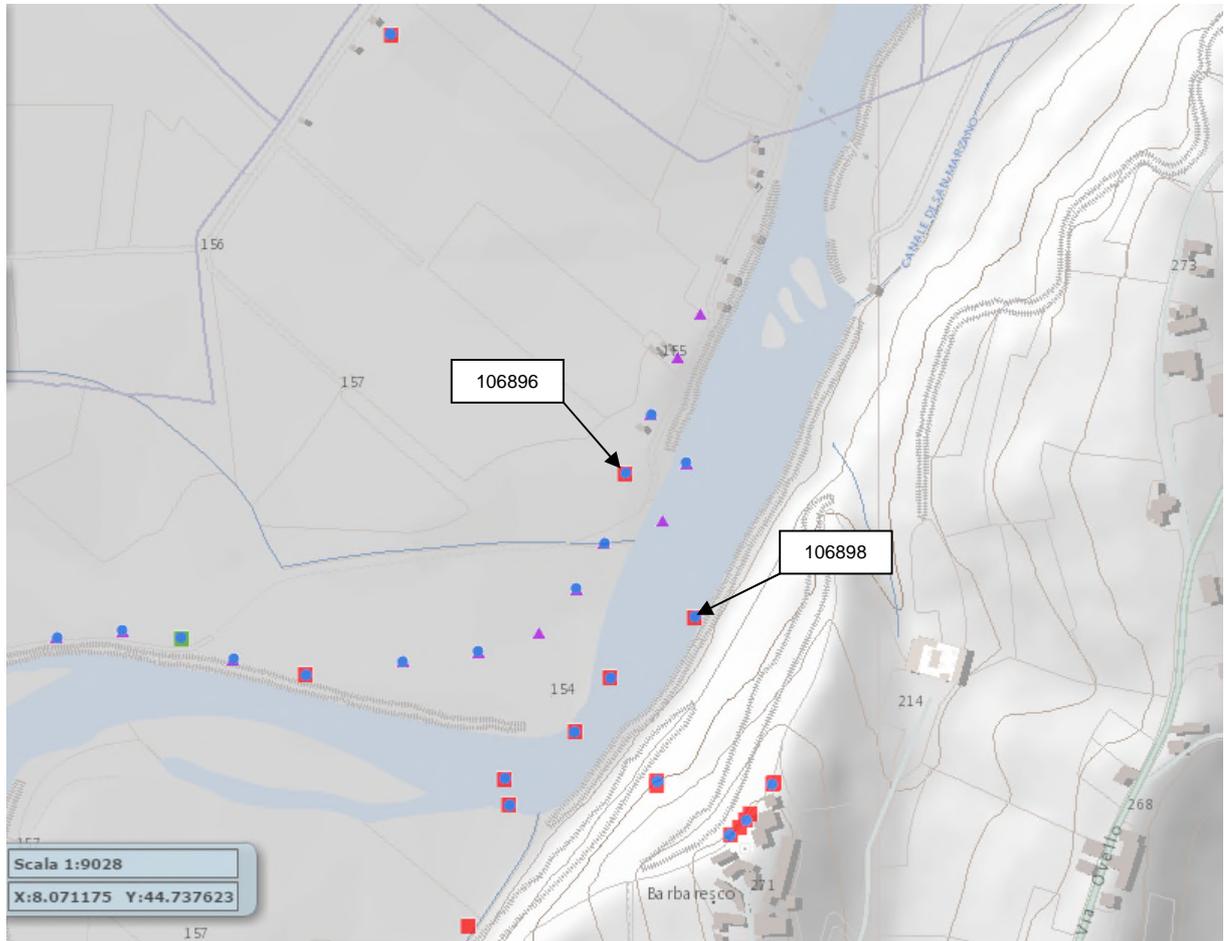
Il complesso degli elementi resi così disponibili – schematizzati nella Sezione geologico-geotecniche (Elaborato A4-3 *Sezioni geologico-geotecniche*) costituiscono un supporto per l'impostazione e la taratura del Modello Geologico di riferimento posto alla base delle verifiche progettuali.

6.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN PRECEDENZA NELL'INTORNO DELL'AREA

Per inquadrare i risultati della campagna geognostica svolta nel contesto geologico-idrogeologico di questa porzione della pianura a lato del Fiume Tanaro si è estesa la ricostruzione dell'assetto del sottosuolo ad un ambito areale significativo.

Tra la documentazione acquisita, in particolare, sono state reperite alcune indagini di sottosuolo resi disponibili nella Banca Dati Geotecnica (Geoportale di ARPA Piemon-

te - webgis.arpa.piemonte.it/geoportale) in cui sono evidenziati sondaggi, prove penetrometriche, pozzetti esplorativi e prelievo di campioni per indagini di laboratorio.



Banca_dati_Geotecnica

Campioni



Perforazioni



sondaggio



prova penetrometrica



pozzetto esplorativo

Figura 6.1 – Estratto da Banca Dati Geotecnica (*Geoportale di ARPA Piemonte*).

Per rappresentatività dell'area (Fig. 6.1) si riportano le stratigrafie semplificate (Tabb. 6.1 e 6.4), le indagini svolte in sito (Tabb. 6.2 - 6.3 - 6.5) e le indagini di laboratorio (Tab. 6.6) dei sondaggi (Codice Perforazione: 106896 - 106898) collocati a poche centinaia di metri dall'area in esame.

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106896	1.40	terreno di riporto, ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio fine limosa
106896	7.20	limo sabbioso passante a sabbia fine con limo, con ghiaia eterometrica poligenica, da poco a molto addensata
106896	15.00	argilla marnosa debolmente plastica, molto consistente, con presenza di intercalazioni limose sabbiose

Livello falda - 3 m.

Tabella 6.1 – Stratigrafia semplificata Sondaggio 106896 (Geoportale di ARPA Piemonte).

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
106896	3.00	2	3	2	5
106896	6.00	28	35	-999	-999
106896	12.00	31	-999	-999	-999
106896	15.00	33	45	-999	-999

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

Tabella 6.2 – Prove SPT eseguite nel Sondaggio 106896 (Geoportale di ARPA Piemonte).

Codice Perforazione	Profondità (m)	Permeabilità (cm/s)	Tipologia di prova
106896	5.50	8.00E-03	LEFRANC

Tabella 6.3 – Prove SPT eseguite nel Sondaggio 106896 (Geoportale di ARPA Piemonte).

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

Tabella 6.4 – Stratigrafia semplificata Sondaggio 106898 (Geoportale di ARPA Piemonte).

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
106898	3.00	31	37	-999	-999
106898	6.00	37	37	27	64
106898	9.00	22	27	33	60
106898	12.00	21	23	30	53
106898	15.00	25	31	36	67
106898	18.00	11	9	17	26

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

Tabella 6.5 – Prove SPT eseguite nel Sondaggio 106898 (*Geoportale di ARPA Piemonte*).

Cod. Camp.	Prof. m	Classificazione USCS	Peso Secco kN/m ³	Peso Naturale kN/m ³	Limite Liquido %	Limite Plastico %	Indice Plastico %
103742	7.7	ML - OL = limi organici e inorganici di bassa plasticità	17.02	20.94	46,6	28,9	17.7
103743	-	CL = argille inorganiche di bassa plasticità	16.33	19.72	45.5	26.1	19.4

Tabella 6.6 – Alcune prove di laboratorio eseguite nel Sondaggio 106898 (*Geoportale di ARPA Piemonte*).

6.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE NELL'AREA

Per l'elaborazione del quadro conoscitivo di dettaglio necessario allo sviluppo del Progetto in esame è stata pianificata una campagna d'indagine geognostica.

L'ubicazione delle indagini è riportata nell'Elaborato A3-9 *Carta geologica con ubicazione indagini*.

Il piano delle indagini e delle prove svolte è riportato nelle Tabelle 6.7 - 6.8.

Tipo d'indagine	Profondità (m dal p.c.)	Indagini condotte (n°)
Sondaggio a carotaggio continuo (S)	20	1
Installazione piezometro	20	1
Prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.)	2.2 ÷ 20	5
Prelievo di campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio	2.5 ÷ 19.5	5
Sismica passiva H.V.S.R. a stazione singola	30 m	1

Tabella 6.7 - Quadro riassuntivo delle indagini eseguite.

Codice	Tipo indagine	Profondità m da p.c.	Prelievo Campioni m da p.c.	S.P.T. m da p.c.
S1	Sondaggio carotaggio continuo	20	CR 1 : 2.5 ÷ 2.7 CR 2 : 4.5 ÷ 4.7 CR 3 : 6.2 ÷ 6.5 CR 4 : 12.5 ÷ 12.7 CR 5 : 19.3 ÷ 19.5	SPT 1 : 2.2 SPT 2 : 4.5 SPT 3 : 6.2 SPT 4 : 12.5 SPT 5 : 20.0

Tabella 6.8 - Prospetto analitico della campagna d'indagine mediante sondaggio.

6.3.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

▪ **Caratteristiche generali**

Data di perforazione	30/10/2014 - 03/11/2014
Profondità Sondaggio	20 m
Quota (m.l.m.m.)	150.75 m
Tipo di perforazione	A rotazione con carotaggio continuo
Utensile di perforazione	Carotiere semplice con tagliente ordinario
Utilizzo di fluidi di perforazione	Acqua dolce per l'installazione dei rivestimenti
Strumentazione installata	Piezometro a tubo aperto (PVC con diametro di 3").

▪ **Descrizione analitica**

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.70	0.70			Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa sciolta parzialmente rimaneggiata; colore giallo chiaro.		127							
1.50	0.40			Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa; colore giallo chiaro.								2.20	
1.90				Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli in matrice sabbiosa, sciolta e ossidata; colore rossiccio.								18-19-16 p.a.	2.50 CR1 2.70
3.30	1.40			Ghiaia eterometrica con abbondanti piccoli ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa medio fine, sciolta; colore giallo chiaro.								4.50	4.50 CR2 4.70
5.00	0.20			Ghiaia eterometrica con occasionali ciottoli (diam. max 10-12 cm) in abbondante matrice sabbiosa medio grossolana, satura; colore giallo chiaro.	4.40							24-41-30 p.a.	
5.20				Ghiaia eterometrica in matrice argillosa grigio scura.								6.20	6.20 CR3 6.50
7.20	0.05			Argilla marnosa e marna argillosa; colore variabile da grigio plumbeo a grigio azzurrognolo. Presenza di sottili orizzonti pluricentimetrici sabbiosi fini a m 7.20, a m 7.80, a m 8.50. Presenza di sporadici piccoli noduli e clasti millimetrico centimetrici arenacei e calcarei.		127						23-40-R p.a.	
7.25	0.55												
7.80	0.05												
7.85	0.65												
8.50	0.05												
8.55													
						101		90					
												12.50	12.50 CR4 12.70
												25-R p.a.	
20.00													19.30 CR5 19.50
										20.00		31-R p.a.	

Livello di falda: -4.4 m da piano campagna, a fine perforazione in data 03/11/2014.

I risultati analitici del sondaggio geognostico con la relativa documentazione fotografica sono raccolti nell'Allegato A.

6.3.2 PROVE DI LABORATORIO

A seguito della campagna geognostica si è proceduto, come precedentemente accennato, al prelievo di serie di campioni nel sondaggio. Natura dei depositi e composizione granulometrica degli orizzonti di terreno di specifico interesse hanno consentito il prelievo esclusivamente di campioni di tipo rimaneggiato. Ovvero si tratta di campioni che consentono di ricostruire con precisione composizione, stratigrafia, dimensioni e assortimento dei singoli elementi costituenti il deposito. Lo spostamento relativo subito dalle particelle solide non consente di conservare invece la struttura originaria del terreno in posto. Tale limitazione assume, comunque, importanza secondaria per le finalità dello studio. Lo svolgimento delle determinazioni analitiche di laboratorio necessarie per una caratterizzazione completa è stata finalizzata alla definizione, in modo rappresentativo, della composizione e dell'assortimento granulometrico dei terreni. Data la variabilità dimensionale dei granuli, da ciottoli prossimi al decimetro a particelle argillose di grandezza micrometrica (dell'ordine di 0,001 mm), le prove sono state condotte su campioni di peso significativo per valutare correttamente i rapporti tra frazione fine e grossolana. Per una precisa definizione dell'incidenza della frazione fine, comprendente limo e argilla, le determinazioni nei terreni in cui tale componente assume una presenza rilevante, sono state condotte, oltre che con l'usuale setacciatura per via umida, attraverso l'analisi per sedimentazione. Le dimensioni e la frequenza delle particelle fini, direttamente non misurabili, sono ricavate sulla base della velocità di sedimentazione di una miscela fluida.

Il quadro complessivo dei parametri ottenuti mediante le prove di laboratorio è riassunto nella Tabella 6.9, con riportati i seguenti dati:

- codice del campione;
- profondità di prelievo;
- percentuale materiale;
- classificazione litotecnica (A.G.I., 1977);
- limiti di Atterberg (WL - limite liquido; WP - limite plastico; IP - indice plastico).

I risultati analitici delle prove di laboratorio con i relativi certificati sono raccolti nell'Allegato A.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Analisi Granulometrica					Limiti di Atterberg			
			Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Classificazione AGI	wl	wp	IP
			%	%	%	%			%	%	%
S1	CR1	2,50 - 2,70	0,0	59,6	31,3	9,1		Ghiaia con sabbia debolmente limosa-argillosa			
	CR2	4,50 - 4,70	0,0	60,0	28,4	11,6		Ghiaia con sabbia limosa-argillosa			
	CR3	6,20 - 6,50	0,0	0,7	6,7	76,3	16,3	Limo argilloso debolmente sabbioso	38,50	18,35	20,15
	CR4	12,50 - 12,70	0,0	0,0	10,2	77,7	12,1	Limo argilloso sabbioso	34,80	13,61	21,19
	CR5	19,30 - 19,50	0,0	0,0	2,0	77,7	20,3	Limo argilloso	36,90	19,43	17,47

Tabella 6.9 – Quadro riassuntivo dei parametri ottenuti con le prove di laboratorio.

Per terreni normalconsolidati, come quelli in esame, una stima dell'angolo d'attrito può essere condotta tramite la relazione¹ di seguito esposta:

$$\phi_p = 40^\circ - 2.07 \cdot IP^{0.49} \pm 2^\circ$$

i cui valori, per i campioni analizzati, sono riportati nella Tabella 6.10.

Cod. Camp.	Profondità prelievo	Angolo di resistenza al taglio
		Drenato di picco
	m da p.c.	ϕ_p °
CR3	6.2 ÷ 6.5	31 ± 2
CR4	12.5 ÷ 12.7	30.7 ± 2
CR5	19.3 ÷ 19.5	31.5 ± 2

Tabella 6.10 – Stima dell'angolo di resistenza al taglio mediante i parametri ottenuti con le prove di laboratorio.

1 Bruschi A. (2006) : Verifica della stabilità dei pendii e delle opere di stabilizzazione. Flaccovio Editore pp. 183.

6.4 SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO

La stratigrafia geologico-tecnica elaborata consente una rappresentazione completa del sottosuolo, adeguata sia per la ricostruzione dei rapporti stratigrafici e giaciture tra i vari termini, che per la definizione delle modalità e della rilevanza della circolazione idrica sotterranea, nonché per la valutazione delle eventuali criticità geotecniche.

Procedendo dal piano campagna in profondità, è stata individuata la sequenza di unità di seguito descritta:

Unità 1 - Terreno di riporto

Ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa sciolta.

Colore: giallo chiaro.

Unità 2 - Ghiaie e sabbie

Depositi alluvionali costituiti da ghiaie eterometriche ad elementi poligenici, subarrotondati, con sabbie da medio grossolane a fini. Presenza di ciottoli (dimensione massima 10 ÷ 12 cm). Il rapporto ghiaia/sabbia varia localmente, con prevalenza in genere della frazione grossolana.

Colore compreso tra giallo chiaro con locali screziature ocracee da ossidazione.

Unità 3 - Argilla marnosa - marna argillosa

Argilla marnosa - marna argillosa.

Presenza di sottili orizzonti pluricentimetrici sabbiosi fini alle seguenti quote:

- - 7.2 m da p.c.,
- - 7.8 m da p.c.,
- - 8.5 m da p.c..

Colore: da grigio scuro a grigio azzurro.

6.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le varie unità litologico-stratigrafiche sono state rilette in chiave geotecnica sulla base dei principali caratteri fisici in grado di fornire indicazioni significative per il comportamento meccanico dei terreni, rilevabili nel sondaggio S1. La stratigrafia geotecnica così elaborata costituisce un'adeguata base di calcolo sia per la progettazione geotecnica delle opere, sia per la definizione dell'assetto idrogeologico e delle relazioni tra acque superficiali e circolazione idrica sotterranea.

In particolare, nelle formazioni incoerenti, le correlazioni empiriche di letteratura per l'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche hanno permesso di stimare i parametri meccanici e deformativi, ovvero:

- L'angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco è stato stimato tenendo conto dello stato di addensamento e delle caratteristiche granulometriche dei materiali costituenti le varie unità attraverso la correlazione suggerita da HATANAKA & UCHIDA (1996) sulla base di confronti con prove triassiali drenate su campioni di sabbie di alta qualità prelevati con la tecnica del congelamento.

$$\phi' = 20 + \sqrt{15,4 N_{1(60)}}$$

MAYNE (1998, 2001) ha confermato la validità di tale relazione anche per sabbie limose residuali contenenti fino al 30% di fini.

- Il peso di volume (γ) è stato determinato mediante software PGS_SPT ver. 3.3.1 (Bruschi).

Nelle formazioni coesive i parametri meccanici e deformativi sono stati così determinati:

- l'angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco, come riportato in BRUSCHI (2006), è stato stimato tenendo conto dell'Indice di Plasticità:

$$\phi_p = 40^\circ - 2,07 \cdot IP^{0,49} \pm 2^\circ$$

- resistenza al taglio non drenata viene determinata con HARA & AL. (1974) sulla base di prove triassiali di tipo UU (non drenate non consolidate) su 180 campioni provenienti da 25 località giapponesi che hanno indicato una legge di regressione del tipo:

$$\frac{C_u}{P_a} = 0,29 N^{0,72}$$

con un coefficiente di correlazione di 0,93.

- Il peso di volume (γ) è stato determinato mediante software PGS_SPT ver. 3.3.1 (Bruschi).

I valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici, intesi come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite (**SL**) in considerazione, sono stati determinati mediante metodi statistici, i quali considerano che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5% (NORI, 2009).

Considerando piccoli volumi di rottura si è utilizzato il seguente algoritmo:

$$x_k = m \pm z_{0.05} \sigma \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$$

dove

X_k è il valore caratteristico desiderato;

m è il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione;

z è la distribuzione normale standardizzata;

σ è la deviazione standard della popolazione;

n è la numerosità del campione;

con un coefficiente di variazione (CV) adottato:

$\gamma = 5\%$ (BAECHER-CHRISTIAN, 2003);

$\phi = 10\%$ (BAECHER-CHRISTIAN, 2003);

$C_u = 30\%$ (BAECHER-CHRISTIAN, 2003).

Nel seguito si riportano, ad eccezione dell'Unità Geotecnica 0 (UGT 0) – Terreno di riporto – non considerato, i risultati delle analisi geotecniche effettuate e delle elaborazioni conseguenti, distinte per Unità Geotecniche (UGT).

UGT 1 – Complesso ghiaioso-sabbioso

Il comportamento globale dell'orizzonte geotecnico, costituito da ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbiosa da medio grossolana a fine, è quello tipico dei materiali granulari.

Stato di consistenza: da denso a molto denso.

Per il complesso: da -0.7 m a -5.2 m da p.c.:

Sondaggio	Tipo indagine	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)
S 1	S.P.T. 1	44.8	21
	S.P.T. 2	50	21

Valore massimo	50	21
Valore minimo	44.8	21
Media	47.4	21
Deviazione standard	3.6	0
Coefficiente di Variazione (%)	10	5

		Valori ridotti al 5° percentile
Grandezza	S.I.	
Peso dell'unità di volume (γ_k)	kN/(m ³)	18.8
Angolo resistenza al taglio (ϕ_k)	(°)	38

UGT 2 – Complesso marnoso

Il comportamento globale dell'orizzonte geotecnico, costituito da argilla marnosa passante in profondità a marna argillosa, è coesivo.

Stato di consistenza: da compatto ad estremamente compatto.

Per il complesso: da -5.2 m a -20 m da p.c.:

Sondaggio	Tipo indagine	Angolo resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kpa)	Peso dell'unità di volume (kN/m³)
S 1	S.P.T. 3	-	596	21
	S.P.T. 4	-	842	21
	S.P.T. 5	-	842	21
	CR 3	29	-	-
		31	-	-
		33	-	-
	CR 4	28.7	-	-
		30.7	-	-
		32.7	-	-
		29.5	-	-
CR 4	31.5	-	-	
	33.5	-	-	

Valore massimo	33.5	842	21
Valore minimo	28.7	596	21
Media	31.0	760	21
Deviazione standard	1.76	142	0
Coefficiente di Variazione (%)	10	30	5

		Valori ridotti al 5° percentile	Valori di letteratura ²
Grandezza	S.I.		
Peso dell'unità di volume (γ_k)	kN/(m³)	19	-
Coesione non drenata (C_{uk})	(kPa)	687	-
Coesione efficace (c'_k)	(kPa)	-	26
Angolo resistenza al taglio (ϕ_k)	(°)	25	-

2 CAMPAGNONI F. *et alii*, 1995 - Le marne oligo-mioceniche delle langhe: classificazione geotecnica preliminare. GEAM – Dicembre 1995 – pp. 201-211 - Torino.

7 MODELLO GEOLOGICO

In questo capitolo viene delineato l'assetto del sottosuolo dell'area interessata direttamente dagli interventi ed i principali caratteri geologici dei terreni, ricavati con i rilievi di campagna, e l'analisi critica delle informazioni bibliografiche reperite.

L'assetto stratigrafico è rappresentato da depositi alluvionali, costituiti da ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa, passanti ad un substrato argilloso - marnoso. I dati disponibili dalla bibliografia (Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale - *Irace et al., 2009*) consentono di affermare che quest'ultimo termine è presente per almeno 40 ÷ 50 m di profondità rispetto al livello della pianura circostante.

I depositi alluvionali presentano variazioni laterali, derivanti dalle divagazioni fluviali, esistenza di canali colmati da sedimenti fini e di interdigitazioni con lenti allungate e leggermente concave.

Per garantire un adeguato dettaglio puntuale ed un'analisi omogenea del sottosuolo dell'intero areale interessato dalla realizzazione dell'intervento sono state prodotte le Sezioni 3 - 5 - P1 (Elaborato A3-9 - *Carta geologica con ubicazione indagini* / Elaborato A4-3 - *Sezioni geologico-geotecniche*) tracciate in modo da evidenziare, la configurazione morfologica del sito, i principali elementi del sottosuolo condizionanti la circolazione idrica sotterranea, i terreni di imposta delle opere. Le Sezioni sono state elaborate globalmente alla scala 1:200 / 1:400.

L'adozione di una simbologia grafica specificamente predisposta consente di rappresentare in modo pressoché completo, direttamente in corrispondenza della verticale esaminata, il quadro delle indagini ed i risultati conseguiti (SPT, prelievo campioni rimaneggiati, ecc.).

La ricostruzione dell'assetto litologico del sottosuolo, della circolazione idrica sotterranea insieme all'elaborazione della geometria della falda libera e dell'andamento dei livelli piezometrici nell'area di progetto, consente di ricostruire una Modellazione Geologica, illustrata nello schema della Tabella 7.1.

Unità	Spessore (m)	Caratteri geologici	Ruolo nei confronti della circolazione idrica sotterranea	Permeabilità (m/s)	Livello soggiacenza della falda (m da p.c.)
1	4 ÷ 6	Depositi alluvionali costituiti da ghiaie eterometriche ad elementi poligenici, subarrotondati, con sabbie da medio grossolane a fini. Il rapporto ghiaia/sabbia varia localmente, con prevalenza in genere della frazione grossolana. Colore compreso tra giallo chiaro con locali screziature ocracee da ossidazione.	Costituisce l'acquifero sede della falda libera le cui fluttuazioni sono molto rapide con temporanei incrementi e decrementi dei livelli di falda.	$10^{-5} \div 10^{-6}$	2 ÷ 4
2	40 ÷ 50	Argilla marnosa / marna argillosa, colore grigio.	Substrato a permeabilità da bassa a nulla.	$10^{-9} \div 10^{-10}$	-

Tabella 7.1 – Modello Geologico.

In riferimento a quanto esposto nella Relazione sulla Modellazione Sismica (Elaborato A1-8) per il sito in esame, sulla base del modello derivato, si ottiene la stima del Vs30 in questi termini:

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

L'attendibilità di questo Modello Geologico può essere considerata buona.

7.1 FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

L'opera in progetto risulta compatibile con il contesto naturale ospitante in quanto non risultano criticità idrogeologiche, geologiche, sismiche e geotecniche tali da non consentirne la realizzazione.

8 PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

A.R.P.A. Piemonte (2003) - *Evento alluvionale regionale del 13 - 16 Ottobre 2000*. Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione. 327 pp. + 6 tav. f.t. + 1 DVD. Regione Piemonte, Torino.

A.R.P.A. Piemonte (2014) - <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa>.

Autorità di Bacino del Fiume Po (1999) - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - *Interventi sulla rete idrografica e sui versanti*. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici. Atlante delle aree in dissesto. Delibera n. 1/1999 e successive integrazioni.

Autorità di Bacino del Fiume Po (2001) - Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267). Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n° 14/1999 del 26 ottobre 1999. *Atlante cartografico delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico molto elevato sottoposte a misure temporanee di salvaguardia*. Aggiornamento del Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato - approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 20 del 26 aprile 2001.

Autorità di Bacino del Fiume Po (2003) - Allegato 4 al P.A.I. contenente le delimitazioni delle aree in dissesto. *Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici*.

Beretta G.P., De Luca D. A., Masciocco L., Mallen L., Viotto C. (2000) – Progetto Tanaro. CD. Regione Piemonte – Università degli Studi di Torino.

Biancotti A. (1979) - *Rapporti fra morfologia e tettonica nella pianura cuneese*. Geogr. Fis. Din. Quat, 2 (1).

Biancotti A. (1981) – *Geomorfologia dell'Alta Langa (Piemonte meridionale)*. Mem. Soc. Ital. Sc. Nat., XXII (3): 59-104. Milano.

Biancotti A., Cortemiglia G.C. (1982) – *Morphogenetic evolution of the River System of Southern Piedmont (Italy)*. Geogr. Fis. e Dinam. Quater., Com. Glaciol. Ital., 5, 10-13, Torino.

Bortolami G., Maffeo B., Maradei V., Ricci B & Sorzana F. (1976) - *Lineamenti di litologia e geoidrologia del settore piemontese della Pianura Padana*. Quad. dell'Ist. di Ricerca sulle Acque, 28 (1).

Bortolami G., Cavallero E., Forno M.G., Mosso E. (1989) - *Studio idrogeologico del bacino di Asti. Caratteristiche e potenzialità degli acquiferi*. Congresso Int. di Geoingegneria "SUOLO-SOTTOSUOLO", vol. 1, 431-440. Torino 27-20 settembre 1989.

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005, a) – “Assetto geoidrologico della Regione Piemonte”. In “*Idrogeologia della Pianura Piemontese*”, Regione Piemonte, I-1 – I-17.

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005, b) – “Piezometria della falda superficiale nel territorio di pianura della Regione Piemonte”. In “*Idrogeologia della Pianura Piemontese*”, Regione Piemonte, II-1 – II-10.

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005, c) – “*Caratteristiche granulometriche e di permeabilità della zona non satura nel territorio di pianura della Regione Piemonte*”. In “*Idrogeologia della Pianura Piemontese*”, Regione Piemonte, III-1 – III-13.

Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A., Lasagna M., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005, d) – “*La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale valutata con i metodi G.O.D. (Foster et al., 2002) e Time Of Travel relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte*” In “*Idrogeologia della Pianura Piemontese*”, Regione Piemonte, IV-1 – IV-13.

Carraro F. (1976) – *Diversione pleistocenica nel deflusso del bacino piemontese meridionale: un'ipotesi di lavoro*. Gr. St. Quat. Pad., 3, pp. 89-100.

Carraro F., Valpreda E. (1991) - *Il Quaternario medio e superiore del Bacino di Asti*. Il Quaternario, 4 (1a), 151-172.

Comune Barbaresco (2001) - *Elaborati geologici*.

D.M. 14/01/2008 – *Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni* (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008)

Forlati F., Susella G., Tamberlani F., Campagnoni F. (1996): “*Le marne oligomioceniche delle Langhe: Classificazione geotecnica preliminare*”. Geam Anno 1996.

Istituto Geografico Militare (IGM) - Carta Topografica d'Italia a scala 1:25.000. Foglio 69 - Tavv. III SE "Neive" e IIISO "Alba".

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – Pubblicazioni scientifiche on line.

Mutti E., Ricci Lucchi F., Roveri M. (2002) – *Revisiting turbidites of the Marnoso-arenacea Formation and their basin-margin equivalents: problems with classic models..* In “*Excursion Guidebook,*” Parma, Italy, 21-22 May 2002.

Regione Piemonte, Università degli Studi di Genova (2000) - *Catalogo Sismico 1982-2000 – Versione 2*.

Regione Piemonte (2001) – *Ripresa aerea alluvione 2000*. Foglio 193.

Regione Piemonte (2004) – *Piano di tutela delle acque*. On line.

Servizio Geologico d'Italia (1969-1970) - Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. Foglio 69 - Asti.

ALLEGATO A

Sondaggio geognostico Rapporto certificativo delle indagini



TANARO POWER S.P.A.

CANTIERE: IMPIANTO IDROELETTRICO
STRADA VACCHERIA
BARBARESCO (CN)

INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	28/11/2014	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

Tanaro Power S.p.A.

INDAGINE GEOGNOSTICA

Impianto idroelettrico – Strada Vaccheria – Barbaresco (CN)

Su incarico della Società “*Tanaro Power S.p.A.*” è stata eseguita, nelle giornate dal 30 ottobre al 03 novembre 2014, una indagine geognostica costituita da n° 1 sondaggio, ubicato in corrispondenza della posizione progettuale di un nuovo impianto idroelettrico (Fig. 1), in strada Vaccheria, nel territorio comunale di Barbaresco (CN); tale indagine aveva lo scopo di valutare l’assetto litostratigrafico e di acquisire i parametri geotecnici ed idrogeologici necessari alla valutazione di fattibilità ed alla progettazione delle strutture componenti l’impianto idroelettrico.

SONDAGGI

Il sondaggio è stato eseguito a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV “MK 900 GL” montata su trattore gommato a trazione integrale; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi \varnothing 127 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d’opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori \varnothing 127 mm.

Il sondaggio, denominato *SI*, è stato spinto fino alla profondità di m 20.00 dal piano campagna ed in corso d’opera sono state eseguite n° 5 prove SPT (Standard Penetration Test) e prelevati n° 5 campioni rimaneggiati; le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Al termine della perforazione, la verticale di indagine è stata strumentata mediante la posa in opera di un piezometro a tubo aperto (\varnothing 3”) in PVC, al fine di poter verificare nel tempo le eventuali oscillazioni del livello di falda. Il livello statico rilevato alla fine delle operazioni di cantiere è riportato nelle schede stratigrafiche.

Certificato n° 387 del 28/11/2014

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 4 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e consegnate alla Committenza.

PROVE IN FORO

Le prove SPT sono state eseguite secondo le prescrizioni stabilite dalle specifiche AGI 1977 e approfondite dalla norma UNI EN ISO 22476-3:2012.

La sottostante **Tabella 1** riporta le caratteristiche del dispositivo di battuta con maglio a sganciamento automatico (tipo “Nenzi”) utilizzato per l’esecuzione delle prove in foro di tipo SPT:

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MARTINO A SGANCIO AUTOMATICO (PROVE “SPT”)	
Peso totale dispositivo di battitura	115,00 kg
Massa maglio	63,50 kg
Altezza di caduta libera	760,00 mm
Diametro esterno aste di infissione	50,00 mm
Peso aste di infissione (tipo B)	7,00 kg/m
Lunghezza campionatore Raymond (comprendente scarpa e raccordo per le aste)	813,00 mm
Diametro esterno campionatore Raymond	51,00 mm
Diametro interno campionatore Raymond	35,00 mm
Angolo di spoglia della punta aperta	20°
Angolo di apertura della punta conica	60°

Tabella 1

Certificato n° 387 del 28/11/2014**ANALISI DI LABORATORIO**

Le analisi di laboratorio sui campioni rimaneggiati prelevati durante la perforazione del sondaggio sono state affidate ad un laboratorio esterno di comprovata esperienza nel settore (GDTest S.r.l. - Torino).

I risultati delle analisi sono riportati in allegato.

Si trasmette in allegato la documentazione tecnica relativa all'indagine eseguita.



Fig. 1: Ubicazione delle indagini eseguite.

**Allegato
stratigrafico**

**Allegato
fotografico**



Foto 1: Sondaggio S1 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 2: Sondaggio S1 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 3: Sondaggio S1 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 4: Sondaggio S1 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



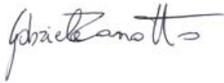
Foto 5: Posizionamento sondaggio S1.

SONDECO S.r.l.

Tanaro Power S.p.A. Barbaresco (CN) – Strada Vaccheria

Prove geotecniche di laboratorio

2005_r01

B					
A					
Ø	24/11/2014	Dott. G. Zanutto 	Dott. R. Tomai 	Ing. A. Morino 	Emissione
REV	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	DESCRIZIONE

**TABELLA RIASSUNTIVA PROVE GEOTECNICHE DI
LABORATORIO**

Archivio n. : **2005**
Data : **24/11/2014**
Committente: **Sondeco S.r.l.**
Progetto: **Tanaro Power S.p.A. - Cantiere di Barbaresco (CN) -
Strada Vaccheria**

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Analisi Granulometrica					Limiti di Atterberg			note	
			Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Classificazione AGI	wl	wp		IP
			%	%	%	%			%	%		%
S1	CR1	2,50 - 2,70	0,0	59,6	31,3	9,1		Ghiaia con sabbia debolmente limosa- argillosa				
	CR2	4,50 - 4,70	0,0	60,0	28,4	11,6		Ghiaia con sabbia limosa-argillosa				
	CR3	6,20 - 6,50	0,0	0,7	6,7	76,3	16,3	Limo argilloso debolmente sabbioso	38,50	18,35	20,15	
	CR4	12,50 - 12,70	0,0	0,0	10,2	77,7	12,1	Limo argilloso sabbioso	34,80	13,61	21,19	
	CR5	19,30 - 19,50	0,0	0,0	2,0	77,7	20,3	Limo argilloso	36,90	19,43	17,47	

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R833/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**

Committente: **Sondecò S.r.L.**

Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

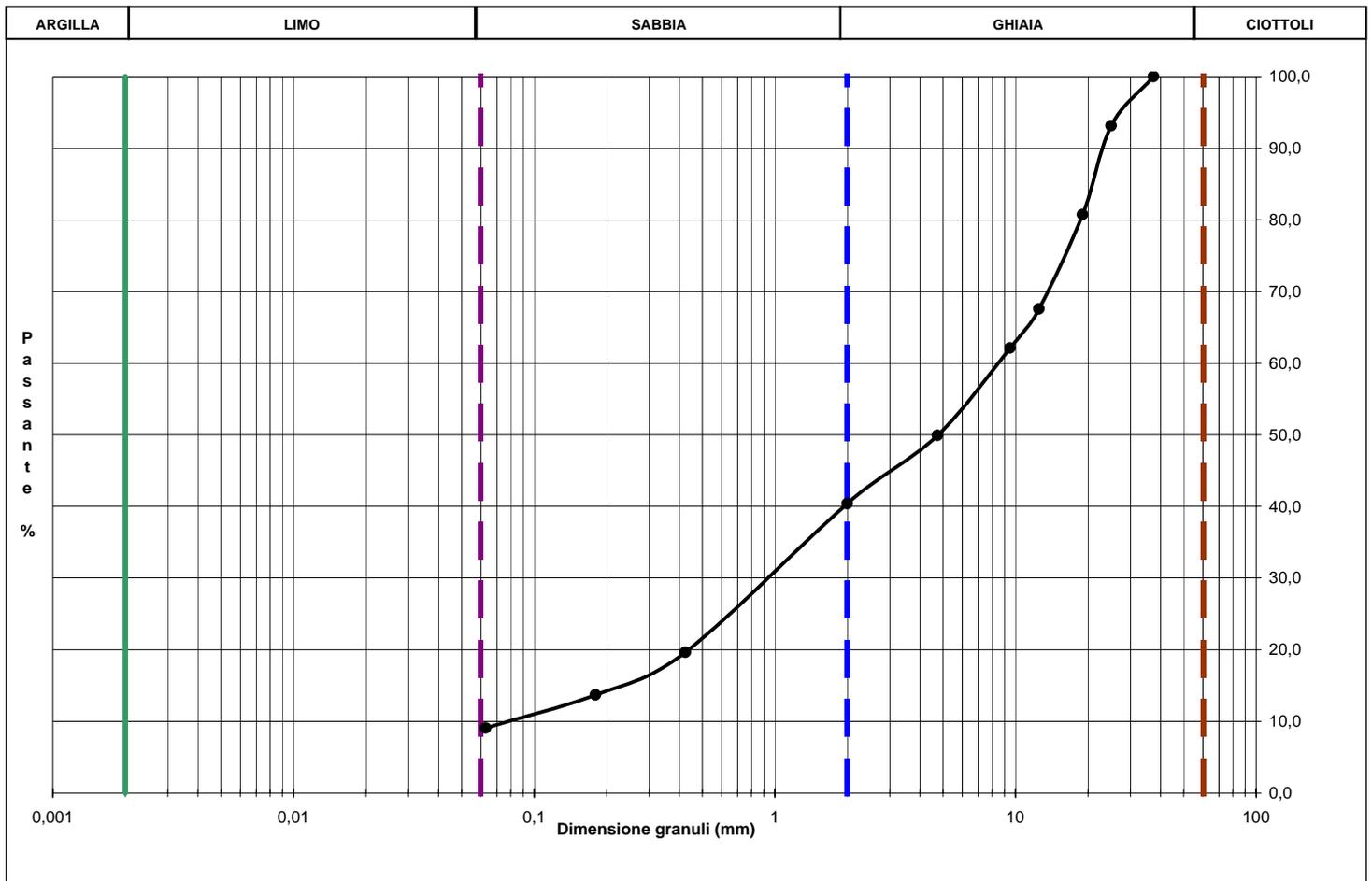
Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
Campione: **CR1** Ricevuto il: **12/11/14**
Profondità (m): **2,50-2,70** Aperto il: **12/11/14**
Tipo di terreno (AGI): **GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA-ARGILLOSA**
Data esecuzione prova: **19/11/14**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
Forno elettrico
Bilancia digitale
Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro
Termometro digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

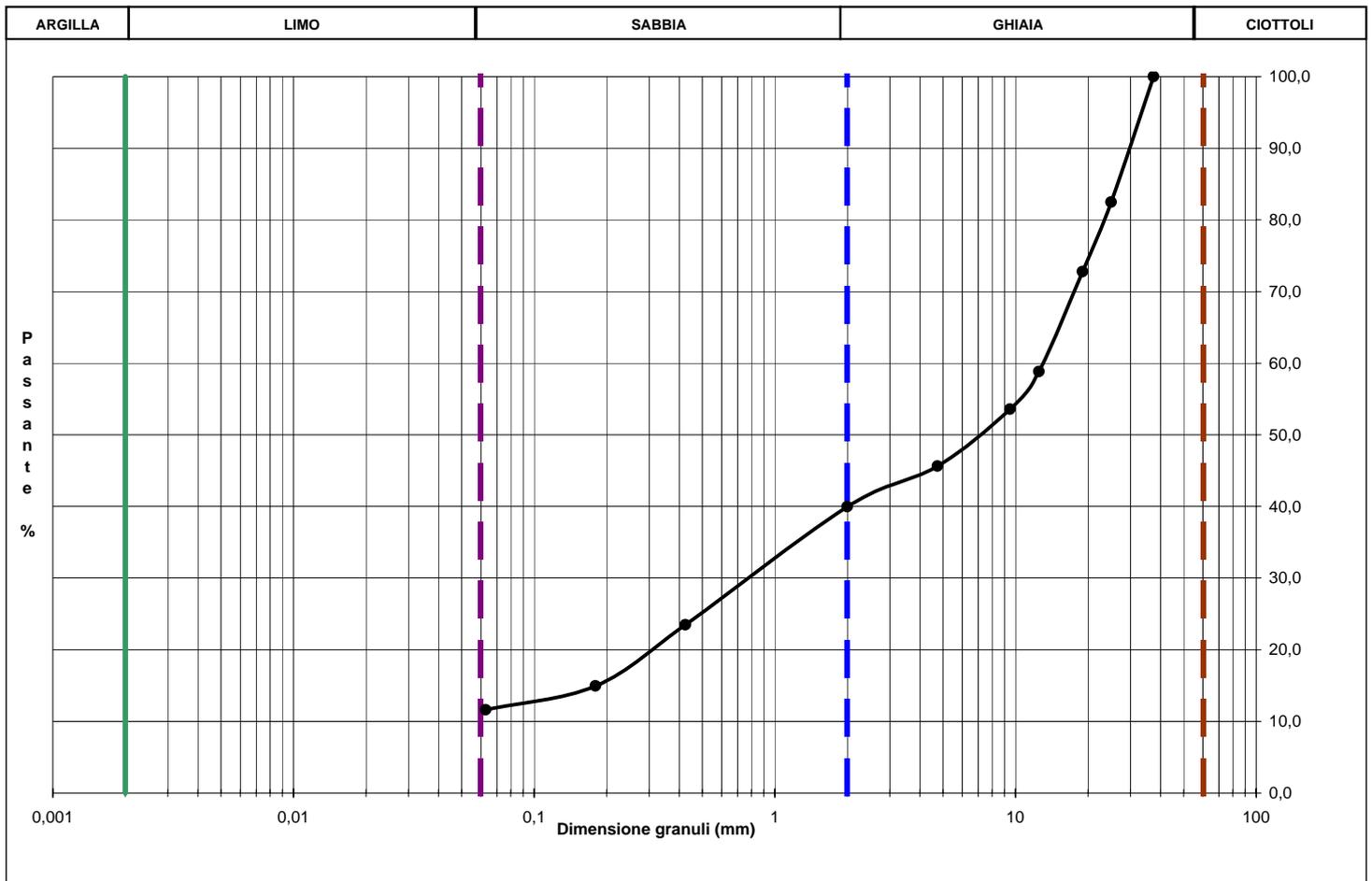
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R834/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondecò S.r.L.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata
Sondaggio: S1 Codice provino: \	Serie unificata di setacci ISO 3310 <input type="checkbox"/>
Campione: CR2 Ricevuto il: 12/11/14	Forno elettrico <input type="checkbox"/>
Profondità (m): 4,50-4,70 Aperto il: 12/11/14	Bilancia digitale <input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI): GHIAIA CON SABBIA LIMOSA-ARGILLOSA	Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro <input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova: 19/11/14	Termometro digitale <input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R835/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondeco S.r.L.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR3	Ricevuto il:	12/11/14	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	6,20-6,50	Aperto il:	12/11/14	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	LIMO ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO			Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro	<input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova:	19/11/14			Termometro digitale	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI: **Peso secco terreno analizzato (g): 290,6** **PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:**

Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	
100,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Ciottoli (%): 0,0
90,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%): 0,7
75,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%): 6,7
63,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo (%): 76,3
50,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Argilla (%): 16,3
37,5	0,0	0,00	0,00	100,00	
25,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
19,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
12,5	0,0	0,00	0,00	100,00	
9,5	0,0	0,00	0,00	100,00	
4,75	0,9	0,31	0,31	99,69	
2,00	1,0	0,34	0,65	99,35	
0,425	4,2	1,45	2,10	97,90	
0,180	2,2	0,76	2,86	97,14	
0,063	13,2	4,54	7,40	92,60	
fondo	269,1	92,60	100,00	-	

ANALISI CON L'AEROMETRO: **Peso secco terreno analizzato (g): 46,50** **Peso specifico granuli stimato (g/cm³): 2,70**

tempo (min)	temp. °C	r	R'=R+Cm	R''=R'+Ct+Cd	Hr (cm)	D (mm)	%pass. parz.	%pass.totale
0,5	18,6	1,0320	32,500	28,150	8,381	0,0560	96,15	89,03
1	18,6	1,0290	29,500	25,150	9,101	0,0412	85,90	79,55
2	18,6	1,0270	27,500	23,150	9,581	0,0299	79,07	73,22
4	18,6	1,0250	25,500	21,150	10,061	0,0217	72,24	66,89
8	18,6	1,0215	22,000	17,650	10,901	0,0160	60,28	55,82
15	18,6	1,0190	19,500	15,150	11,501	0,0120	51,75	47,92
30	18,6	1,0170	17,500	13,150	11,981	0,0086	44,91	41,59
60	18,6	1,0145	15,000	10,650	12,581	0,0063	36,38	33,68
120	18,6	1,0120	12,500	8,150	13,181	0,0045	27,84	25,78
240	18,6	1,0100	10,500	6,150	13,661	0,0033	21,01	19,45
480	18,6	1,0090	9,500	5,150	13,901	0,0023	17,59	16,29
1440	18,6	1,0070	7,500	3,150	14,381	0,0014	10,76	9,96

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R835/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondecò S.r.l.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

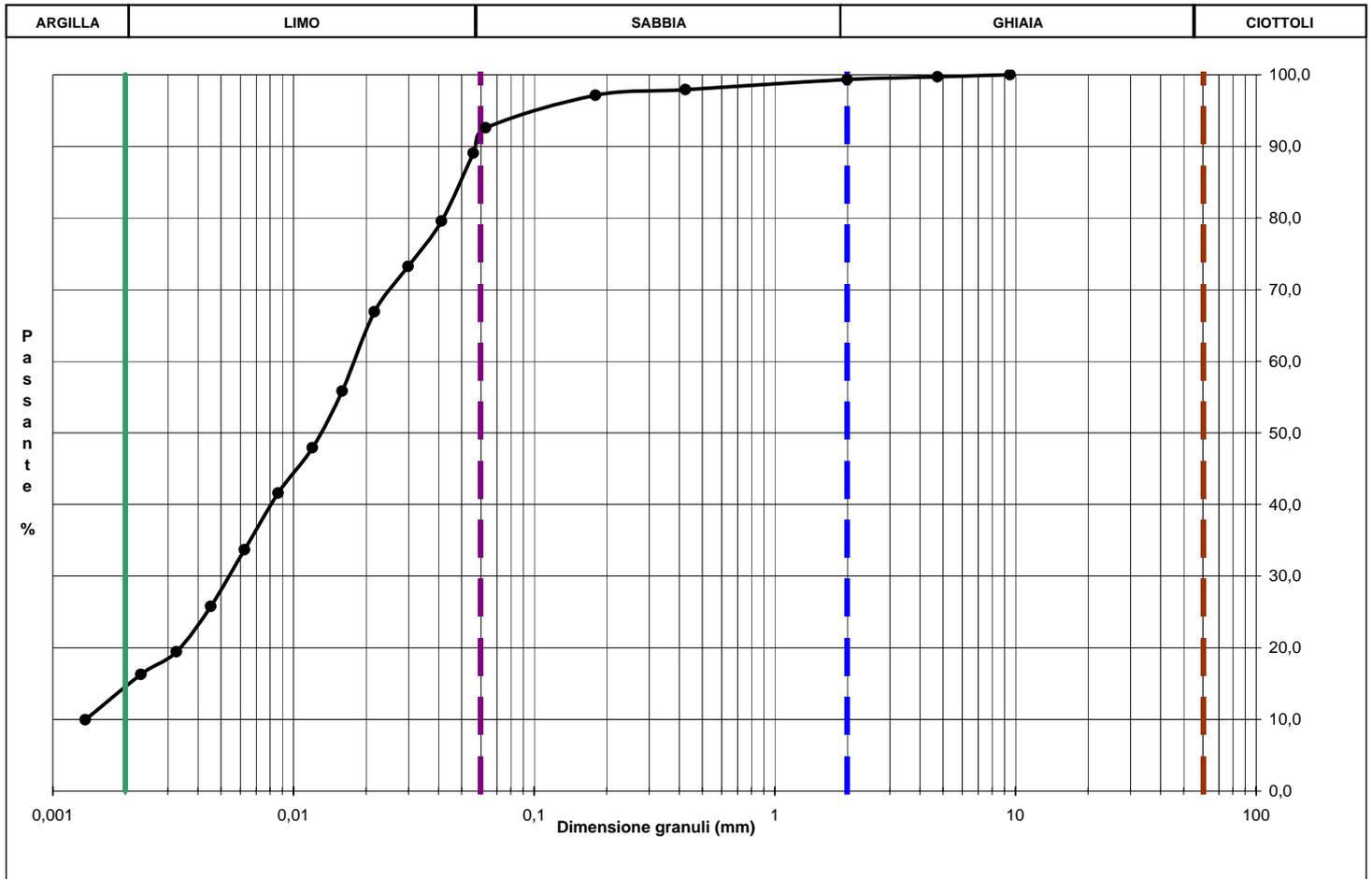
Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **CR3** Ricevuto il: **12/11/14**
 Profondità (m): **6,20-6,50** Aperto il: **12/11/14**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **19/11/14**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale
 Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro
 Termometro digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Rapporto di prova n° : **R842/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**

Committente: **Sondeco S.r.L.**

Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **CR3** Ricevuto il: **12/11/14**
 Profondità (m): **6,20-6,50** Aperto il: **12/11/14**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **20/11/14**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Cucchiaino di Casagrande 
 Forno elettrico 
 Bilancia digitale (0,01 g) 

Riferimenti normativi: **ASTM D 4318-10**

TABELLE DATI DI PROVA

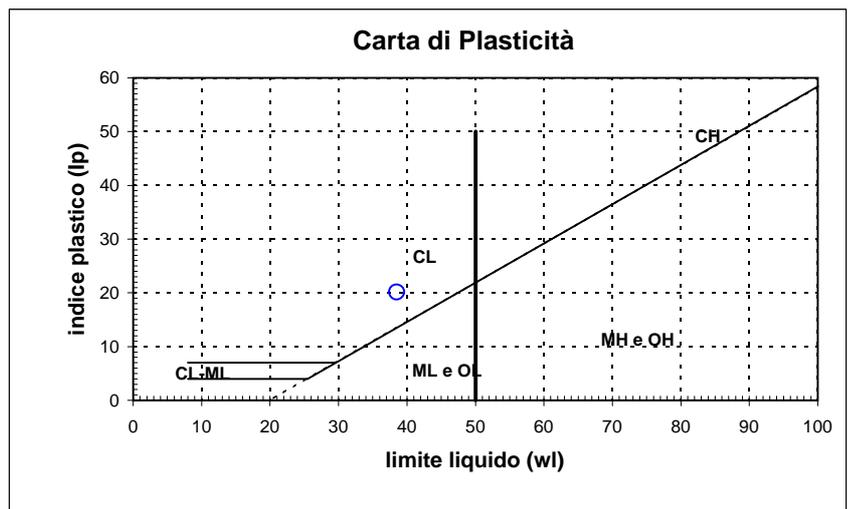
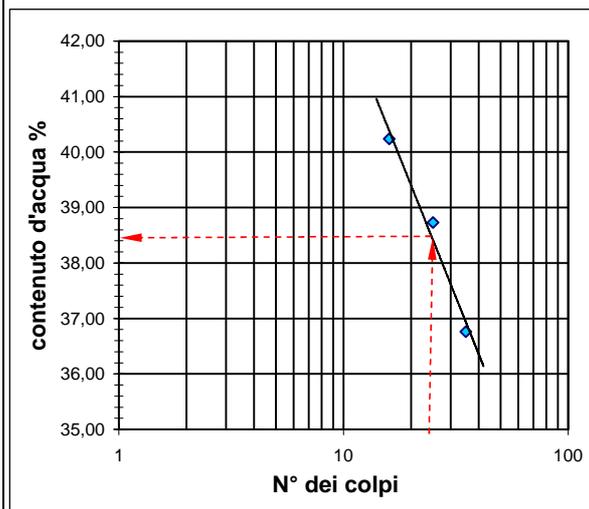
LIMITE LIQUIDO:

N° colpi	16	25	35
contenitore	A	B	C
peso lordo umido (g)	6,01	6,48	6,01
peso lordo secco (g)	5	5,38	5,08
peso acqua (g)	1,01	1,1	0,93
tara contenitore (g)	2,49	2,54	2,55
peso netto secco (g)	2,51	2,84	2,53
contenuto acqua (%)	40,24	38,73	36,76

LIMITE PLASTICO:

	D	E
contenitore		
peso lordo umido (g)	4,2	4,11
peso lordo secco (g)	3,91	3,85
peso acqua (g)	0,29	0,26
tara contenitore (g)	2,31	2,45
peso netto secco (g)	1,6	1,4
contenuto acqua (%)	18,13	18,57

limite liquido - wl (%) = 38,50
limite plastico - wp (%) = 18,35
indice di plasticità - IP = 20,15



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R836/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondeco S.r.L.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Sondaggio: S1	Codice provino: \	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione: CR4	Ricevuto il: 12/11/14	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m): 12,50-12,70	Aperto il: 12/11/14	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI): LIMO ARGILLOSO SABBIOSO		Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro	<input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova: 19/11/14		Termometro digitale	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI:

Peso secco terreno analizzato (g): 352,0

PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:

Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)
100,0	0,0	0,00	0,00	100,00
90,0	0,0	0,00	0,00	100,00
75,0	0,0	0,00	0,00	100,00
63,0	0,0	0,00	0,00	100,00
50,0	0,0	0,00	0,00	100,00
37,5	0,0	0,00	0,00	100,00
25,0	0,0	0,00	0,00	100,00
19,0	0,0	0,00	0,00	100,00
12,5	0,0	0,00	0,00	100,00
9,50	0,0	0,00	0,00	100,00
4,75	0,0	0,00	0,00	100,00
2,00	0,0	0,00	0,00	100,00
0,425	0,1	0,03	0,03	99,97
0,180	0,8	0,23	0,26	99,74
0,063	35,0	9,94	10,20	89,80
fondo	316,1	89,80	100,00	-

Ciottoli (%): **0,0**
 Ghiaia (%): **0,0**
 Sabbia (%): **10,2**
 Limo (%): **77,7**
 Argilla (%): **12,1**

ANALISI CON L'AEROMETRO:

Peso secco terreno analizzato (g): 50,00

Peso specifico granuli stimato (g/cm³): 2,70

tempo (min)	temp. °C	r	R'=R+Cm	R''=R'+Ct+Cd	Hr (cm)	D (mm)	%pass. parz.	%pass.totale
0,5	19,0	1,0320	32,500	28,250	8,381	0,0557	89,74	80,58
1	19,0	1,0290	29,500	25,250	9,101	0,0410	80,21	72,03
2	19,0	1,0270	27,500	23,250	9,581	0,0298	73,85	66,32
4	19,0	1,0235	24,000	19,750	10,421	0,0220	62,74	56,34
8	19,0	1,0200	20,500	16,250	11,261	0,0161	51,62	46,35
15	19,0	1,0180	18,500	14,250	11,741	0,0120	45,26	40,65
30	19,0	1,0170	17,500	13,250	11,981	0,0086	42,09	37,80
60	19,0	1,0150	15,500	11,250	12,461	0,0062	35,74	32,09
120	19,0	1,0120	12,500	8,250	13,181	0,0045	26,21	23,53
240	19,0	1,0105	11,000	6,750	13,541	0,0032	21,44	19,25
480	19,0	1,0080	8,500	4,250	14,141	0,0023	13,50	12,12
1440	19,0	1,0070	7,500	3,250	14,381	0,0014	10,32	9,27

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

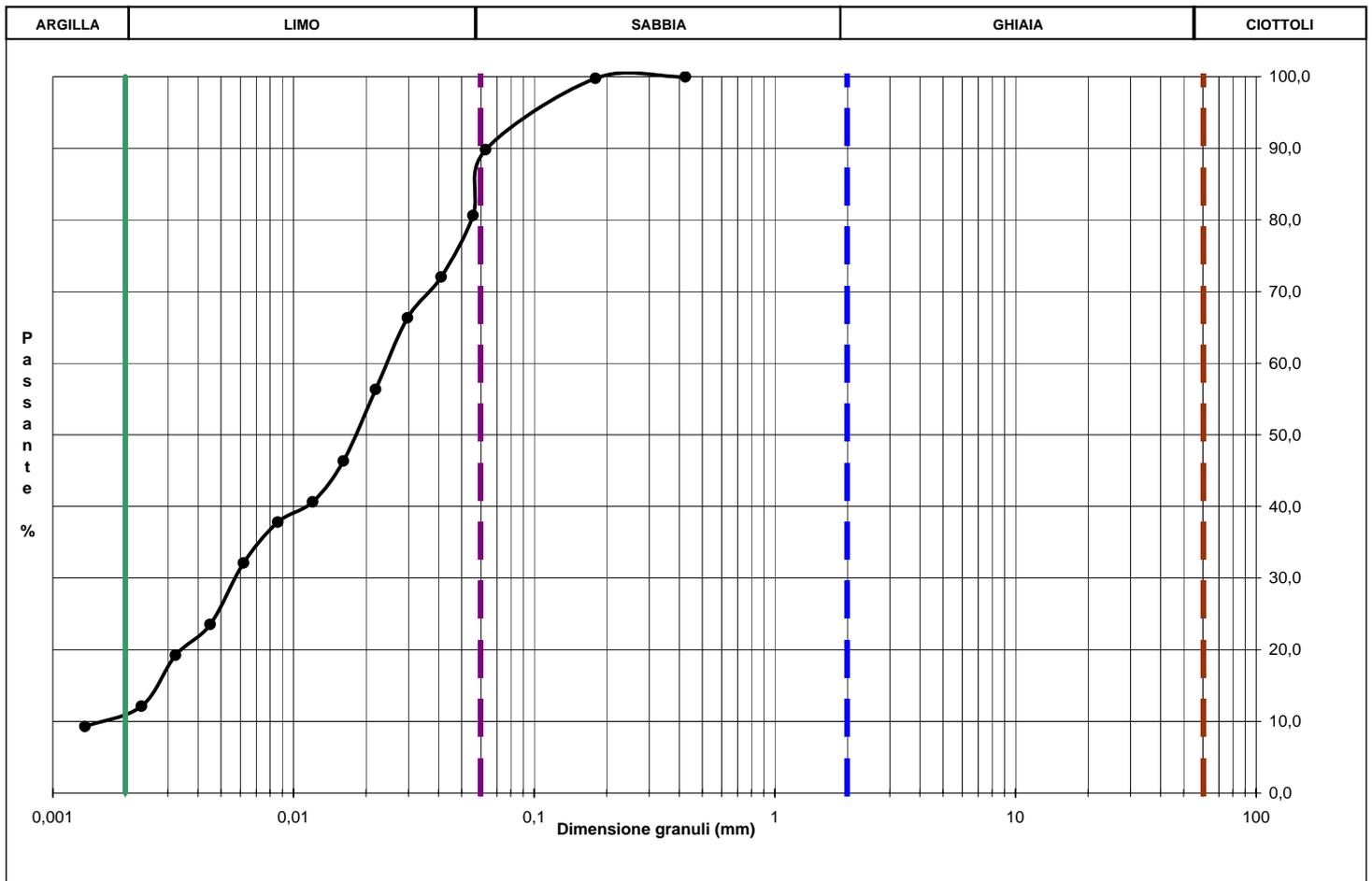
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R836/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondecò S.r.l.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	■
Campione:	CR4	Ricevuto il:	12/11/14	Forno elettrico	■
Profondità (m):	12,50-12,70	Aperto il:	12/11/14	Bilancia digitale	■
Tipo di terreno (AGI):	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO			Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro	■
Data esecuzione prova:	19/11/14			Termometro digitale	■

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
---	--

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Rapporto di prova n° : **R843/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**

Committente: **Sondeco S.r.L.**

Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **CR4** Ricevuto il: **12/11/14**
 Profondità (m): **12,50-12,70** Aperto il: **12/11/14**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO ARGILLOSO SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **20/11/14**

Cucchiaino di Casagrande 
 Forno elettrico 
 Bilancia digitale (0,01 g) 

Riferimenti normativi: **ASTM D 4318-10**

TABELLE DATI DI PROVA

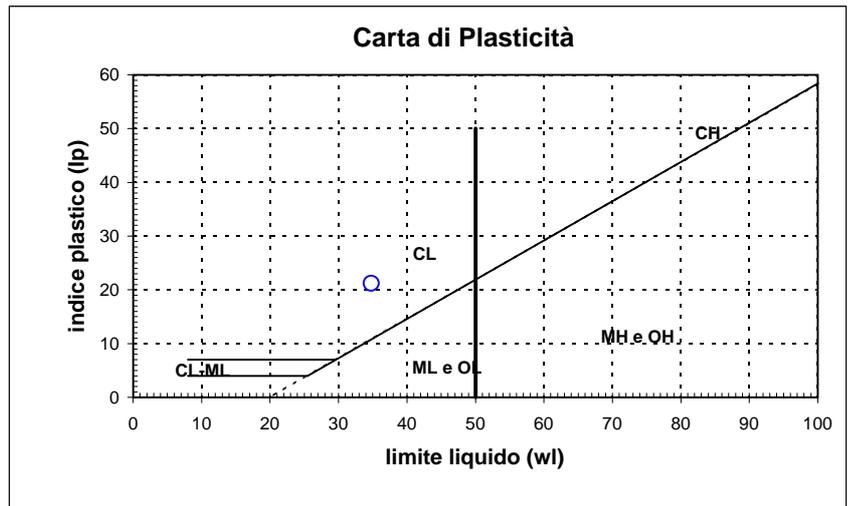
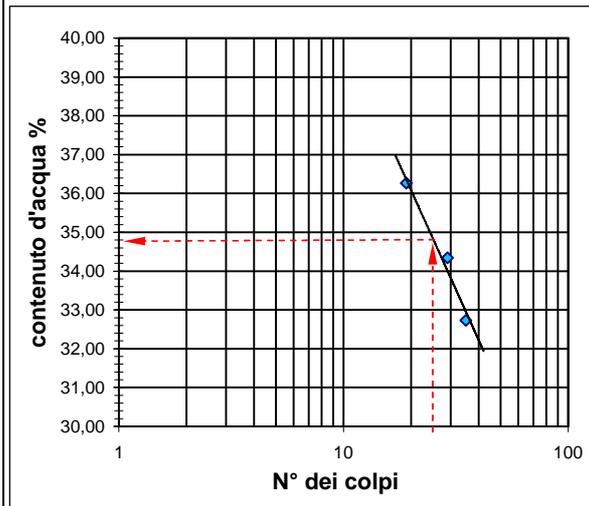
LIMITE LIQUIDO:

N° colpi	19	29	35
contenitore	A	B	C
peso lordo umido (g)	6,12	6,1	7,65
peso lordo secco (g)	5,13	5,19	6,38
peso acqua (g)	0,99	0,91	1,27
tara contenitore (g)	2,4	2,54	2,5
peso netto secco (g)	2,73	2,65	3,88
contenuto acqua (%)	36,26	34,34	32,73

LIMITE PLASTICO:

contenitore	D	E
peso lordo umido (g)	3,21	4,1
peso lordo secco (g)	3,12	3,9
peso acqua (g)	0,09	0,2
tara contenitore (g)	2,45	2,45
peso netto secco (g)	0,67	1,45
contenuto acqua (%)	13,43	13,79

limite liquido - wl (%) = 34,80
limite plastico - wp (%) = 13,61
indice di plasticità - IP = 21,19



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R837/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondeco S.r.L.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE	Apparecchiatura e strumentazione utilizzata
Sondaggio: S1 Codice provino: \	Serie unificata di setacci ISO 3310 ■
Campione: CR5 Ricevuto il: 12/11/14	Forno elettrico ■
Profondità (m): 19,30-19,50 Aperto il: 12/11/14	Bilancia digitale ■
Tipo di terreno (AGI): LIMO ARGILLOSO	Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro ■
Data esecuzione prova: 19/11/14	Termometro digitale ■

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI: **Peso secco terreno analizzato (g): 247,0** **PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:**

Apertura maglie	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	Ciottoli (%): 0,0
(mm)					Ghiaia (%): 0,0
100,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%): 2,0
90,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo (%): 77,7
75,0	0,0	0,00	0,00	100,00	Argilla (%): 20,3
63,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
50,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
37,5	0,0	0,00	0,00	100,00	
25,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
19,0	0,0	0,00	0,00	100,00	
12,5	0,0	0,00	0,00	100,00	
9,50	0,0	0,00	0,00	100,00	
4,75	0,0	0,00	0,00	100,00	
2,00	0,0	0,00	0,00	100,00	
0,425	0,6	0,24	0,24	99,76	
0,180	0,5	0,20	0,45	99,55	
0,063	3,8	1,54	1,98	98,02	
fondo	242,1	98,02	100,00	-	

ANALISI CON L'AEROMETRO: **Peso secco terreno analizzato (g): 47,90** **Peso specifico granuli stimato (g/cm³): 2,70**

tempo (min)	temp. °C	r	R'=R+Cm	R''=R'+Ct+Cd	Hr (cm)	D (mm)	%pass. parz.	%pass.totale
0,5	19,0	1,0330	33,500	29,250	8,141	0,0549	96,99	95,06
1	19,0	1,0305	31,000	26,750	8,741	0,0402	88,70	86,94
2	19,0	1,0285	29,000	24,750	9,221	0,0292	82,06	80,44
4	19,0	1,0250	25,500	21,250	10,061	0,0216	70,46	69,06
8	19,0	1,0235	24,000	19,750	10,421	0,0155	65,49	64,19
15	19,0	1,0220	22,500	18,250	10,781	0,0115	60,51	59,31
30	19,0	1,0200	20,500	16,250	11,261	0,0083	53,88	52,81
60	19,0	1,0170	17,500	13,250	11,981	0,0061	43,93	43,06
120	19,0	1,0150	15,500	11,250	12,461	0,0044	37,30	36,56
240	19,0	1,0120	12,500	8,250	13,181	0,0032	27,35	26,81
480	19,0	1,0100	10,500	6,250	13,661	0,0023	20,72	20,31
1440	19,0	1,0070	7,500	3,250	14,381	0,0014	10,78	10,56

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **R837/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondecò S.r.l.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

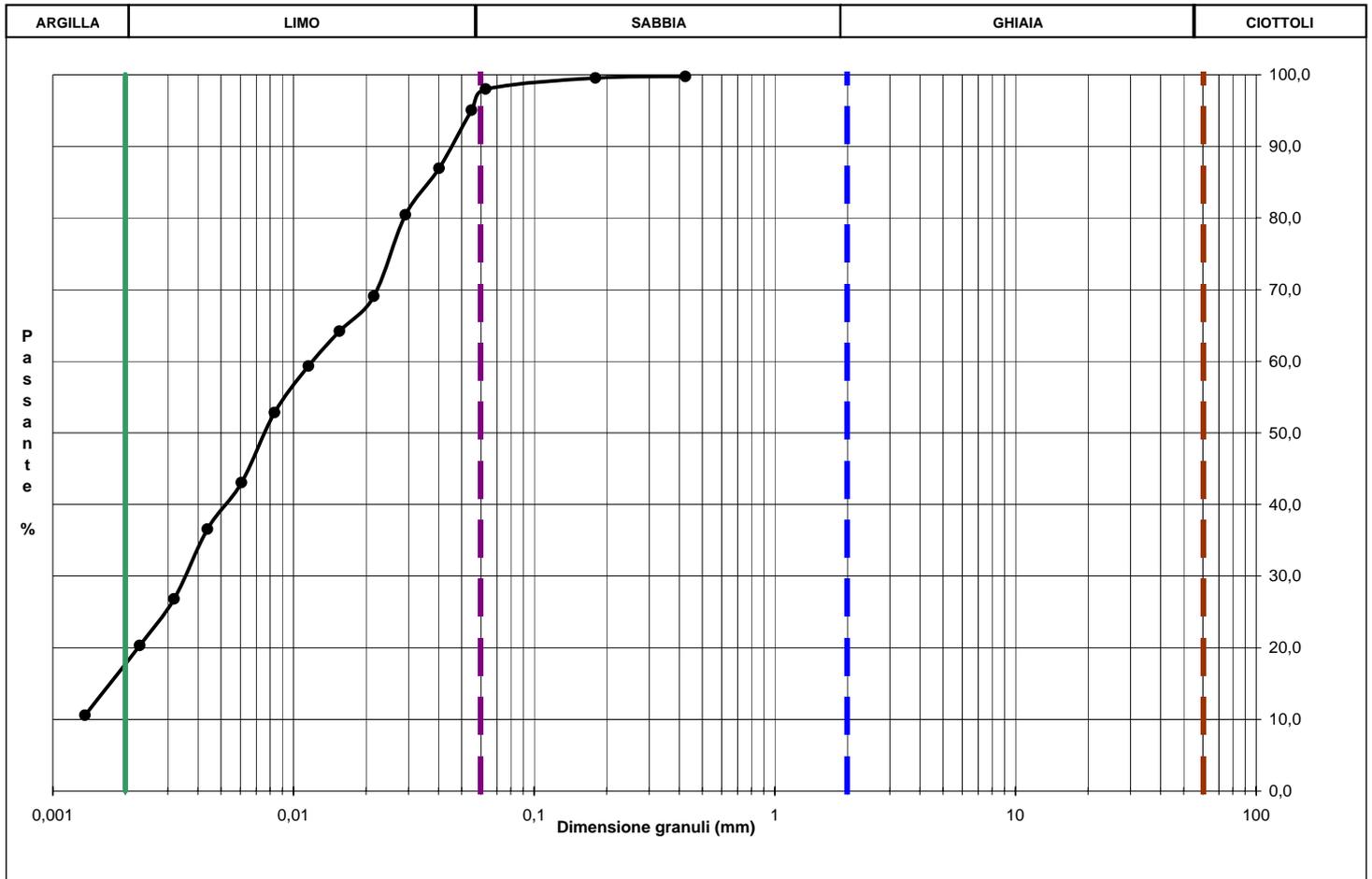
Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **CR5** Ricevuto il: **12/11/14**
 Profondità (m): **19,30-19,50** Aperto il: **12/11/14**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO ARGILLOSO**
 Data esecuzione prova: **19/11/14**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale
 Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro
 Termometro digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO/TS 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI 1994**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Rapporto di prova n° : **R844/2005** Data emissione: **24/11/14** Archivio n.: **2005**
 Committente: **Sondeco S.r.L.**
 Lavoro: **Barbaresco - Strada Vaccheria - Tanaro Power S.P.A.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **CR5** Ricevuto il: **12/11/14**
 Profondità (m): **19,30-19,50** Aperto il: **12/11/14**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO ARGILLOSO**
 Data esecuzione prova: **20/11/14**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Cucchiaino di Casagrande 
 Forno elettrico 
 Bilancia digitale (0,01 g) 

Riferimenti normativi: **ASTM D 4318-10**

TABELLE DATI DI PROVA

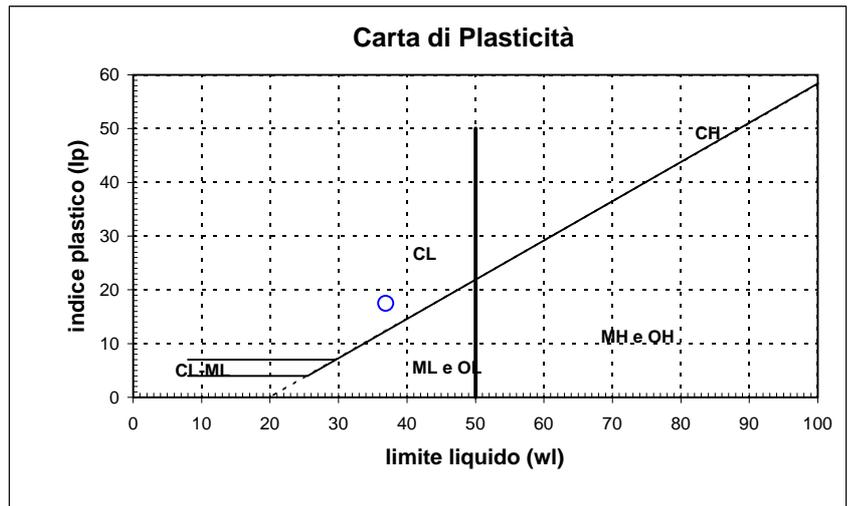
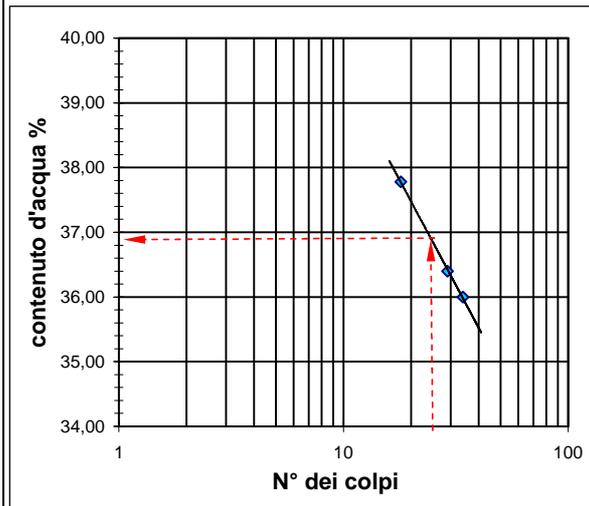
LIMITE LIQUIDO:

N° colpi	18	29	34
contenitore	A	B	C
peso lordo umido (g)	6,12	6,1	7,6
peso lordo secco (g)	5,1	5,15	6,25
peso acqua (g)	1,02	0,95	1,35
tara contenitore (g)	2,4	2,54	2,5
peso netto secco (g)	2,7	2,61	3,75
contenuto acqua (%)	37,78	36,40	36,00

LIMITE PLASTICO:

	D	E
contenitore		
peso lordo umido (g)	3,3	4,13
peso lordo secco (g)	3,16	3,86
peso acqua (g)	0,14	0,27
tara contenitore (g)	2,45	2,45
peso netto secco (g)	0,71	1,41
contenuto acqua (%)	19,72	19,15

limite liquido - wl (%) = 36,90
limite plastico - wp (%) = 19,43
indice di plasticità - IP = 17,47



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):