

**COMUNE DI ALESSANDRIA**

**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO  
DISCARICA PER PIETRISCO  
FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E  
IDROLOGICA**

**SILPDUE S.R.L.**



**SILPDUE S.R.L.**



**CAVA LA BOLLA – SPINETTA MARENGO (AL)**

**DISCARICA PER PIETRISCO FERROVIARIO CONTENENTE AMIANTO**

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDROLOGICA**

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL'ING. GIOVANNI FERRO  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI SAVONA N. 637

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DALL'ING. MARIO MANASSERO  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI TORINO N. 6134Y

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE DAL DOTT. GEOL. FABIO BRUNAMONTE  
ISCRITTO ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO AP SEZ. A N. 548

Doc. N. A23-008/ R05-1  
3 Aprile 2025

## INDICE

1.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	3
2.	BIBLIOGRAFIA .....	8
3.	PREMESSA .....	11
4.	CARATTERI DELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE .....	14
4.1	Lineamenti dell'intervento .....	18
5.	ASSETTO GEOMORFOLOGICO .....	20
5.1	Ambito di pianura.....	20
5.1.1	Reticolo idrografico minore .....	22
5.2	Valle del Bormida .....	26
5.2.1	Divagazione dell'alveo nel tratto finale .....	27
5.2.2	Principali eventi alluvionali del Bormida degli ultimi 30 anni.....	30
6.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	39
7.	GEOLOGIA DELL'AREA .....	43
8.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	47
8.1	Dati pregressi.....	47
8.2	Campagna d'indagine 2025.....	50
8.2.1	Indagini geotecniche.....	51
8.2.2	Indagine geofisica .....	56
9.	IDROGEOLOGIA.....	61
9.1	Inquadramento.....	61
9.2	Assetto della circolazione sotterranea .....	63
9.3	Piezometria del sito .....	67
9.4	Massimo innalzamento della falda .....	71
10.	ANALISI SISMICA .....	77
10.1	Caratterizzazione geologico-tecnica in prospettiva di MS.....	78
10.1.1	Unità Geologico-tecniche .....	80
10.1.2	Indagini geotecniche e geofisiche .....	82
10.2	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) ....	83

11.	VINCOLI DI NATURA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA .....	87
11.1	PAI – Fasce Fluviali .....	87
11.2	PAI – Piano di Gestione Rischio Alluvioni.....	88
11.3	Vincolo da Corsi d'acqua - Roggia Bolla.....	90
11.4	Pozzo idropotabile in località Molinetto .....	91
11.5	Vincolo idrogeologico.....	94
12.	CLASSIFICAZIONE ATTUALE DELL'AREA NELLA CARTA DI SINTESI .....	96
12.1	Esame delle condizioni di pericolosità .....	98
12.2	Presenza della falda a limitata profondità dal piano di campagna.	99
12.3	Reticolo idrografico minore .....	102
12.3.1	Sistemazione idraulica del Rio Lovassina e del reticolo circostante	103
12.4	Reticolo principale - F. Bormida.....	108
13.	PROPOSTA DI MODIFICA LOCALE ALLA CARTA DI SINTESI .....	114
14.	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO .....	117
15.	ALLEGATI.....	119
15.1	Scheda monografica Area in Variante .....	119



## 1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Città di Alessandria (2015) – Delibera G.C. n. 107 del 22 aprile 2015.
- [2] Città di Alessandria (2023) – Delibera G.C. n. 310 del 12 dicembre 2023.
- [3] Città di Alessandria (2025) - Delibera C.C. n. 11 del 30 gennaio 2025. Adeguamento ai disposti del Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i. degli indirizzi di cui alle Deliberazioni del Consiglio Comunale n. 108 del 21/07/2003 e n. 63 del 22/05/2006 (Deliberazione proposta di Giunta n. 315 in data 28/11/2024).
- [4] Città di Alessandria (1996) – PRGC 1990. Integrazione dati e rielaborazione dell'allegato al PRGC 90 "Indagine sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio comunale di Alessandria" a seguito dell'evento alluvionale del Novembre 1994. Ric. 96.22 Giugno 1996.
- [5] Città di Alessandria (1998) – PRGC 1990. Relazione geologica ed idrogeologica di completamento all'allegato al PRGC 90 del Comune di Alessandria ai sensi della circolare del Presidente della G.R. dell'08.05.1996 n. 7/LAP". Ric. 97.46. Giugno 1998.
- [6] Città di Alessandria (1998) – PRGC 1990. Carta di sintesi delle Classi di pericolosità geomorfologica, in: "Relazione geologica ed idrogeologica di completamento all'allegato al PRGC 90 del Comune di Alessandria ai sensi della circolare del Presidente della G.R. dell'08.05.1996 n. 7/LAP" Ric. 97.46; All. 6, Tav. 4.
- [7] Città di Alessandria (2010) – PRGC 1990. Carta di sintesi delle Classi di pericolosità geomorfologica. Elaborato di Piano: "Norme di attuazione: allegato 2. Tav. 4. Tavola adeguata alle modifiche apportate con D.G.R. n. 36/29308 del 07/02/2000, D.G.R. n.13/29915 del 13/04/2000, e aggiornata alla III Variante Strutturale al PRGC del dicembre 2010.
- [8] Città di Alessandria (2022) – PRGC 1990. Norme di Attuazione, testo coordinato adeguato ai contenuti delle variazioni relative alle DDCC comprensive sino alla D.C. n. 132 del 21/12/2021 – Variante parziale. Novembre 2022.
- [9] Città di Alessandria (2022) – Variante parziale al P.R.G.C., Progetto preliminare. Relazione Geologico-Tecnica.

- [10] SILPDUE S.r.l.- AB GREEN S.r.l (2025) – Cava La Bolla (AL). Discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto. Cava la Bolla – Spinetta Marengo (AL). Elaborati di Progetto.
- [11] Regione Piemonte, Comune di Alessandria (2021) – Intervento di sistemazione del tratto intubato del Rio Lovassina nella zona di attraversamento dell'abitato di Spinetta Marengo. Lotto 1. – Progetto esecutivo. A cura di "SR Studio Associato", ing. S. Sordo. Luglio 2021.
- [12] Regione Piemonte, Comune di Alessandria (2021) – Lavori di regimazione idraulica del Rio Lovassina da Spinetta Marengo alla confluenza nel fiume Bormida. Lotto 3. – Progetto definitivo. A cura di "SR Studio Associato", ing. S. Sordo. Settembre 2021.
- [13] Regione Piemonte, Comune di Alessandria (2024) – Lavori di regimazione idraulica del Rio Lovassina da Spinetta Marengo alla confluenza nel fiume Bormida. Lotto 2. – Progetto di fattibilità tecnico-economica. A cura di "SR Studio Associato", ing. S. Sordo. Aprile 2024.
- [14] Regione Piemonte (2022) – D.D. 1696/A1800A/2022 del 09/06/2022. Definizione di linee d'indirizzo in materia di prevenzione del rischio sismico per la predisposizione degli studi a supporto degli strumenti urbanistici.
- [15] A.M.A.G. (2011) – Cava di sabbia e ghiaia in località Cascina La Bolla. Considerazioni idrogeologiche sulle possibili interazioni con il pozzo ad uso idropotabile "Molinetto". Studio Associato ing. geol. Massone G. - ing. Di Cosmo R.. In data 12 luglio 2011.
- [16] Syensqo (2024) – Stabilimento di Spinetta Marengo (AL). Misure piezometriche eseguite sulle reti di monitoraggio dell'Azienda e di AMAG Reti Idriche nel periodo 2005-2024.
- [17] Provincia di Alessandria (2020) – Estratto dallo Studio "Osservazioni sul fenomeno di innalzamento della falda alessandrina a seguito degli eventi piovosi dell'autunno 2019". 10 pp. A cura del Servizio Tutela del Suolo e Attività Estrattiva.
- [18] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2020) – Variante al PAI. Fiume Bormida da Acqui Terme ad Alessandria. Relazione descrittiva per tratti omogenei. Rev. V01, 11/11/2020.

- [19] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2020) – Variante al PAI. Fiume Bormida da Acqui Terme ad Alessandria. Atlante cartografico – Fasce fluviali. Rev. V02, 18/07/2019.
- [20] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2020) – Variante al PAI. Fiume Bormida da Acqui Terme ad Alessandria. Modifica Mappa della pericolosità relativa al Fiume Bormida del vigente Piano di Gestione Rischio Alluvioni. Rev. V01, 11/11/2020.
- [21] Città di Alessandria (2000) – Elaborato di Piano: 3. Destinazioni d'uso del suolo. Tav. U a scala 1:5.000. PRGC 1990 approvato con modifiche "ex ufficio" con D.G.R. n. 36/29308 del 07/02/2000 e successiva rettifica con D.G.R. n.13/29915 del 13/04/2000,
- [22] ARPA Piemonte – Rapporti di evento idrometeorologico.
- [23] COCIV (2020) – Tratta A.V./A.C. Terzo Valico dei Giovi. VAR0008 – Specifiche tecniche interoperabilità. TR00 – Trincee TR13-TR14-TR15. Relazione approfondimenti geologici, idrogeologici e idrologici. Rev. A00, 20/06/2020.
- [24] Autorità di Bacino del Fiume Po (1998) - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. 7. Norme di attuazione.
- [25] Autorità di Bacino del Fiume Po (1998) – Piano stralcio delle Fasce Fluviali. Delimitazione delle Fasce Fluviali. Foglio 176 Sez. I – Alessandria. Tanaro -Tav. 03, Bormida - Tav. 02. Foglio 176 Sez. II – Castellazzo Bormida. Tanaro -Tav. 04, Belbo -01, Bormida - Tav. 03, Orba -01. Scala 1:25.000.
- [26] Autorità di Bacino del Fiume Po (1998) – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). 7. Norme di attuazione. Allegato 3 – Metodo di delimitazione delle fasce fluviali.
- [27] D. Lgs. n. 36 del 13 gennaio 2003 - Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
- [28] D. Lgs. n. 121 del 3 settembre 2020 – Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
- [29] Regione Piemonte (2021) – Del. Giunta Regionale 12 novembre 2021, n. 18-4076 D.lgs. 152/2006. L.R. 1/2018. Criteri per l'individuazione da parte delle province e della città metropolitana delle zone idonee alla localizzazione di

- impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti. Precisazioni sulle misure compensative e sull'applicazione della D.G.R. n. 31-7186 del 6 luglio 2018.
- [30] Comune di Frugarolo (2011) – Variante Generale di P.R.G.C. Relazione Geologico-Tecnica. A cura Studio geologico Luigi Priano, Marzo 2007. Allegata alla Del. C.C. n. 07/13 del 27/04/2013.
- [31] Comune di Frugarolo (2011) – Variante Generale di P.R.G.C. Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica. Scala 1:10.000. A cura Studio geologico Luigi Priano, Dicembre 2011. Allegata alla Del. C.C. n. 07/13 del 27/04/2013.
- [32] Regione Piemonte (2019) - D.G.R. n. 6 – 887 del 30/12/2019 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto ed approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte".
- [33] Gruppo di lavoro MS, 2008 (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Parti I, II, III. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della Protezione Civile. Roma.
- [34] Regione Piemonte (2012) - D.D. 9 marzo 2012, n. 540 Definizione delle modalità attuative in riferimento alle procedure di gestione e controllo delle attività Urbanistiche ai fini della prevenzione del rischio sismico, approvate con DGR n. 4-3084 del 12/12/2011.
- [35] Commissione tecnica per la microzonazione sismica (CTMS) (2021) – Microzonazione sismica. Linee guida per la realizzazione della Carta Geologico-tecnica per la Microzonazione sismica con adattamento ai contesti vulcanici. Versione 1.0. 73 pp. Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).
- [36] Regione Piemonte – Carta della base dell'acquifero superficiale, in riferimento alla D.G.R. n. 34-11524 del 3 Giugno 2009 - Legge regionale 30 aprile 1996 n. 22, articolo 2, comma 7. Criteri tecnici per l'identificazione della base dell'acquifero superficiale e aggiornamento della cartografia contenuta nelle "Monografie delle macroaree idrogeologiche di riferimento dell'acquifero superficiale" del Piano di Tutela delle Acque, approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007. Successivi aggiornamenti con Det. n. 267

del 04/08/2011, Det. n. 900 del 03/12/2012, D.D. n. 229 del 06/07/2016, D.D. n. 63 del 07/03/2022 e D.D. n. 140 del 05/04/2022. Acquisizione della documentazione su base cartografica BDTRE mediante shape files dal sito web del Geoportale Regione Piemonte.

## 2. BIBLIOGRAFIA

ARPA Piemonte – Rapporti di evento meteo-idrologico.

Arattano M., Brunamonte F., Luino F. (1995) – Evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 in Piemonte: Considerazioni sulla vulnerabilità di alcuni centri abitati. 1° Conv. Gruppo naz. Geologia Applicata, Messina 11-15 Giugno 1995. Geol. Appl. Idrog., vol. XXX, parte I, 89-108.

Bove A., Destefanis E., De Luca D. A., Masciocco L., Ossella L., Tonussi M. (2005) - Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Alessandria. In "Idrogeologia della Pianura Piemontese", Regione Piemonte, 2005.

Carraro F., Bortolami G.C., Campanino F., Clari P.A., Forno M.G., Ferrero E., Ghibaudo G., Maso V., Ricci B. (1978) - Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 56 (Torino), 68 (Carmagnola) e 80 (Cuneo), in: Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. C.N.R., Prog. Finalizzato Geodinamica.

Celico P. (1988) – Prospezioni idrogeologiche. Vol. 1, 735 pp. Liguori Editore, Napoli.

Corpo Reale di Stato Maggiore (1828) – Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma – F. 13 Alessandria. Scala 1:50.000. Rilievi del 1828.

Corpo Reale di Stato Maggiore (1852) – Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma – F. 55 Alessandria. Scala 1:50.000. Rilievi del 1851.

De Luca D., Masciocco L., Ricci P., Zuppi G.M. (1987) – Studio idrogeologico della Pianura alessandrina.

Irace A., Clemente P., Natalicchio M., Ossella L., Trenkwalder S., De Luca D.A., Mosca P., Piana F., Polino R., Violanti D. (2009) – Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale. 126 pp. C.N.R. – Istituto di Geoscienze e Georisorse, Università di Torino – Dip. Scienze della Terra, Regione Piemonte.

Istituto Geografico Militare (IGM) (1875) – F. 55 – Alessandria. Gran Carta degli Stati Sardi in Terraferma – F. 55 Alessandria. Scala 1:50.000. Rilievi del 1851, riconosciuti sul terreno nel 1874-75.

Istituto Geografico Militare (IGM) (1933) – Carta Topografica d'Italia a scala 1:25.000. F. 70 IV SE – Alessandria.

- Mosca P. (2006) - Neogene basin evolution in the Western Po Plain (NW Italy). PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 190 pp.
- Piana F. (Coord.), Barale L., Compagnoni R., d'Atri A., Fioraso G., Irace A., Mosca P., Tallone S., Morelli M., Vigna B. (2020) – Geological Map of Piemonte, scale 1:250.000, 2nd edition. CNR-Istituto di Geoscienze e Georisorse, ARPA Piemonte, Accademia delle Scienze di Torino, Politecnico di Torino – DIATI.
- Pozzi R., Francani V. (1968) – Lineamenti idrogeologici della Pianura di Alessandria. *Geologia Tecnica*, anno 15, n. 4, pp. 131-143.
- Regione Piemonte (1990) – “Geos” Banca Dati Geologica. Foglio IGM 70 – Alessandria, Aree inondabili. Scala 1:100.000. Regione Piemonte - Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico. CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, sede di Torino. 95 pp.
- Regione Piemonte, Settore prevenzione del Rischio geologico meteorologico e sismico (1997) – Il dissesto idrogeologico nelle fonti storiche: l'esempio del Comune di Pietramarazzi in Provincia di Alessandria. *Struttura Studi e Ricerche Banca dati geologica*. Quaderno n. 10, Novembre 1997. 61 pp.
- Regione Piemonte, Settore prevenzione del Rischio geologico meteorologico e sismico (1999) – Raccolta e analisi dati storici per la prevenzione del rischio idrogeologico nella piana di Alessandria. A cura di Coppo C., Oberti R., Piccinni C., Trucco F., Ziliani A.M.. Settore prevenzione territoriale del rischio geologico Area di Alessandria. Quaderno n. 15, Dicembre 1999. 58 pp.
- Servizio Geologico d'Italia (1970) – Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, Foglio 70 – “Alessandria”. II edizione, con Note illustrative, 64 pp.. Min. Industria, Commercio e Artigianato.
- Servizio Geologico d'Italia (2016) – Nuova Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, Foglio 194 – “Acqui Terme”, con Note illustrative, 229 pp. ISPRA.
- Tropeano D. (1989) – Eventi alluvionali e frane nel Bacino della Bormida. Studio retrospettivo. 155 pp. Associazione Mineraria Subalpina, Quaderni di Studi e Documentazione, n. 10. Suppl. al Bollettino Anno XXVI, n. 4.
- Regione Piemonte, Settore prevenzione del Rischio geologico meteorologico e sismico (1997) – Il dissesto idrogeologico nelle fonti storiche: l'esempio del Comune

di Pietramarazzi in Provincia di Alessandria. Struttura Studi e Ricerche Banca dati geologica. Quaderno n. 10, Novembre 1997. 61 pp.



### 3. PREMESSA

L'esaurimento della potenzialità estrattiva utilmente sfruttabile della Cava di sabbia e ghiaia ubicata in località Cascina La Bolla, presso Spinetta Marengo nel Comune di Alessandria, ha determinato l'esigenza di introdurre una variante alla sistemazione finale e recupero ambientale del bacino estrattivo.

In accordo con quanto espresso già nel 2015 dal Comune di Alessandria (Del. G.C. n. 107 del 22/04/2015 [1]), il recupero del sito comporta il tombamento del vuoto di cava e la realizzazione di una nuova superficie a bosco. Il raggiungimento di questi obiettivi, perseguendo criteri di elevata sostenibilità sotto il profilo ecologico e socio-economico del territorio nel suo complesso, ha portato a modificare l'impostazione originaria prevedendo la realizzazione di una discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto, proveniente dallo Scalo merci di Alessandria. Si rende così possibile, infatti, minimizzare gli approvvigionamenti di nuovi volumi di terreno per il colmamento e il pieno recupero ambientale degli scavi esistenti ed evitare, al contempo, la necessità di nuove localizzazioni per la messa a dimora finale del ballast ferroviario di cui è necessaria la rimozione dall'area urbana.

Tale soluzione risulta del tutto coerente anche con i criteri che hanno ispirato l' "Adeguamento ai disposti del D. Lgs. 3 aprile n. 152 e s.m.i. e degli indirizzi ..." di cui alla Del. C.C. n. 11 del 30/01/2025 (emanata su proposta della Giunta in data 28/11/2024) [3]. La Del. citata, confermando gli indirizzi operativi sulle limitazioni previste per le attività produttive nell'area della Fraschetta, prevede infatti la possibilità di accettare:

- *"attività di gestione di rifiuti prodotti esclusivamente entro i confini del Comune di Alessandria, il cui trasporto in un ambito circoscritto grazie al contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> determini un vantaggio ambientale per l'intero territorio comunale;*
- *"gestione di rifiuti, per i quali devono essere costantemente assicurati la tracciabilità e il monitoraggio, utilizzati esclusivamente in interventi finalizzati al recupero e riqualificazione ambientale, con positive ricadute sociali in termini di maggiore e migliore fruibilità dell'area della Fraschetta da parte della cittadinanza".*

Secondo la classificazione urbanistica attuale, risalente al 1998 [6][3] e con successivo ultimo adeguamento al 2010 [7], l'area di cava è compresa nella Classe II $\alpha$  di pericolosità geomorfologica, che pur essendo caratterizzata da pericolosità media e

assenza di vincoli sovracomunali ostativi (perimetrazione delle Fasce Fluviali), prescrive il divieto di stoccaggio di rifiuti e realizzazione di ogni tipo di discariche (Norme Tecniche di Attuazione [8]).

La presente analisi è stata condotta allo scopo di verificare, per quanto riguarda le componenti dell'ambiente fisico, la possibilità di una riclassificazione delle condizioni di pericolosità geomorfologica, e conseguentemente procedere alla Variante urbanistica necessaria per rendere compatibile l'intervento di recupero ambientale in progetto.

Prendendo avvio dalla caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica di un vasto areale comprendente l'area di interesse, è stato possibile ottenere un quadro conoscitivo adeguatamente rappresentativo delle effettive condizioni di pericolosità del sito. L'esame della documentazione geologica a supporto del PRGC vigente ha consentito, d'altra parte, di delineare le modalità interpretative che hanno portato alla perimetrazione vigente dell'attuale classe II $\alpha$  di pericolosità geomorfologica definita in base alla presenza di:

- *“falda a debole profondità dal piano campagna”;*
- *“presenza del reticolo idrografico minore”;*
- *“potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali”.*

I rilievi della falda condotti in modo continuativo per un ventennio in corrispondenza dell'area di Cava, unitamente alla più estesa rete di monitoraggio dello Stabilimento Syensqo hanno consentito di ricostruire la variazione del livello di falda nel sito a seguito dei più severi eventi meteo-idrologici verificatisi a partire dai primi anni Duemila. Il livello di massimo innalzamento della falda, conseguente alle precipitazioni eccezionali dell'autunno 2019, è stato assunto quale quota di riferimento per l'impostazione della Discarica coerentemente alla Normativa in materia (D. Lgs. N. 121/2020) e risulta compatibile con le opere di prevista realizzazione.

L'esame del reticolo idrografico minore, condotto sia con riferimento all'assetto attuale dei corsi d'acqua, sia in relazione al Progetto organico di sistemazione del Rio Lovassina e dei bacini limitrofi avviato dalla Regione, ha verificato l'assenza di interferenze dirette o potenziali con l'area di interesse.

Con riferimento al PAI – Variante Fiume Bormida (2020), l'area di progetto si localizza:

- esternamente alla Fascia B di progetto e alle relative aree inondabili in assenza della realizzazione delle opere di progetto;
- nella classe di Pericolosità P1, bassa, nella Mappa di pericolosità per inondazione relativa al Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Il sito non risulta, quindi, interessato da eventi idraulici caratterizzati da un tempo di ritorno  $T_R = 200$  anni, né da una pericolosità medio-elevata per fenomeni di inondazione. L'analisi geologico-geomorfologica, condotta su un esteso areale circostante, non ha rilevato evidenze di fenomeni evolutivi interferenti potenzialmente con l'area in esame, né fenomeni erosivi o di instabilità derivanti dall'attività del reticolo idrografico principale.

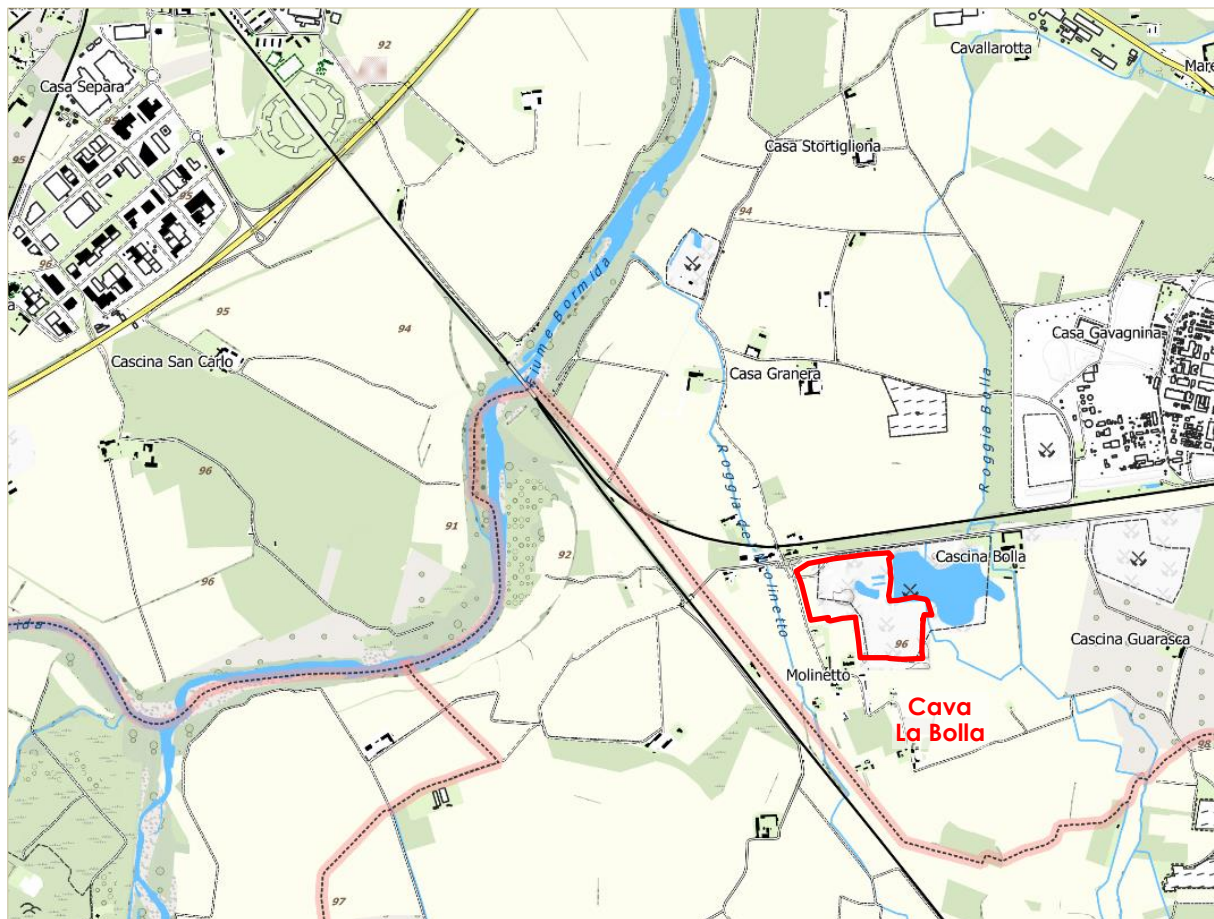
Il sito in esame, inoltre, non è compreso nelle Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico, non risulta interessato dalla fascia di rispetto della Roggia Bolla (inserito nell'Elenco delle Acque pubbliche), e non interferisce con le Zone di protezione (Tutela assoluta, Rispetto ristretta e Rispetto allargate) con il pozzo idropotabile presente in loc. Molinetto, peraltro posto a monte idrogeologico dell'area di Cava.

Si ritiene plausibile, quindi, la proposta di ridefinizione, limitatamente al settore relativo all'intervento in progetto, della perimetrazione delle classi di pericolosità geomorfologica con la trasformazione dell'attuale Classe  $II\alpha$  in Classe II (non differenziata), e mantenendo per quest'ultima la validità delle Norme Tecniche di attuazione già vigenti.

La Scheda Geologico-tecnica contenente le specifiche Norme di attuazione per gli interventi oggetto della Variante semplificata al P.R.G.C. vigente è riportata in Allegato alla presente relazione.

#### 4. CARATTERI DELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE

L'intervento in progetto interessa parte dell'ex sito estrattivo di Cava La Bolla ubicato ad ovest dell'abitato di Spinetta Marengo. L'area si localizza nell'ambito dell'ampia superficie pianeggiante che si sviluppa in sponda destra del Fiume Bormida, a valle della confluenza con il T. Orba, in prossimità del limite con il confinante territorio del comune di Frugarolo (Figura 1). Le attività della cava, compresa nel distretto estrattivo per inerti di Spinetta Marengo, sono state avviate alla fine degli Anni Novanta e proseguite sino al 2019.



**Figura 1** – Localizzazione dell'area oggetto della Variante urbanistica (in colore rosso il perimetro dell'area estrattiva attuale). Base cartografica tratta da BDRE 2024, scala 1:25.000, Quadrante 176SE.

Nel tempo le attività di cava hanno interessato, complessivamente, il settore immediatamente a sud di strada Levata o Bolla, compreso tra la Cascina La Bolla e le case sparse in località Molinetto. L'intervento previsto, nello specifico, interesserà la zona posta sul lato ovest, in quanto la parte restante estesa verso est, indicata anche come area di Cava Bolla 1, è stata individuata quale sito di deponia delle terre e rocce di provenienti dalla realizzazione del "Terzo valico dei Giovi". Su quest'ultima sono in corso i conferimenti dei terreni derivanti dagli scavi del nuovo collegamento ferroviario.

La superficie topografica originaria, posta attorno a quota 95,5 m slm (BDTRE), per un vasto areale circostante il sito risulta uniforme e praticamente pianeggiante, evidenziando solo lievi inclinazioni verso nord ed ovest (nell'ordine dell'1 ÷ 2 ‰). Spostandosi verso ovest, discontinuità morfologiche con maggiore risalto si rilevano in corrispondenza delle scarpate delimitanti i terrazzi di modellamento fluviale lungo il corso del F. Bormida, a distanze dell'ordine di almeno 1 km e oltre.

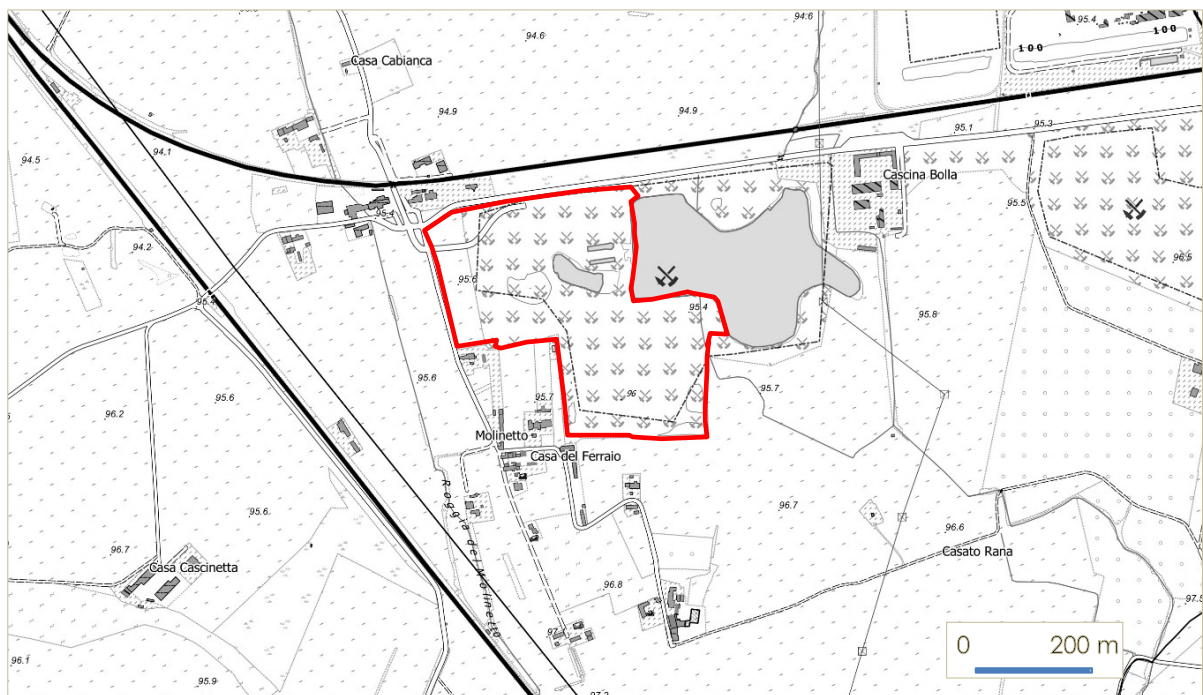
Il campo di attività fluviale relativo al reticolo principale, come illustrato nei *cap.* successivi, si dispone a distanze superiori a 1 km e non interferisce, neanche in occasione degli eventi meteo-idrologici di maggiore severità con il sito. Il reticolo locale è limitato alla Roggia del Molinetto, il cui tracciato risulta esterno al margine ovest del sito e della Roggia Bolla, defluente sul lato est in corrispondenza di Cascina La Bolla. Nell'ambito degli interventi della Regione per la messa in sicurezza dei territori a monte, è stato avviato il progetto complessivo di sistemazione idraulica di quest'ultimo corpo idrico, connesso alla regimazione del Rio Lovassina, defluente attraverso l'abitato di Spinetta Marengo e non interferente con l'area in esame.

L'area di cava oggetto della Variante, localizzata in prossimità del limite del territorio della Città di Alessandria con l'adiacente Comune di Frugarolo, si inserisce in un contesto di uso del suolo tuttora prevalentemente finalizzato all'agricoltura. Gli insediamenti stabili, compresi nell'intorno di 1 km dal sito, sono tutti riferibili a cascine o edifici residenziali sparsi (Cascina La Bolla, Cascina La Guarasca, Casato Rana, loc. Molinetto, Casa del Ferraio, Casa Cascinetta, Casa Cabianca), in alcuni casi non utilizzati. Il perimetro esterno degli impianti chimici dello Stabilimento Syensqo (ex Solvay) si colloca circa 900 m verso est.



Il sito risulta compreso nel settore triangolare individuato dalle linee ferroviarie Torino – Piacenza e Torino – Genova, che ad ovest della loc. Molinetto convergono assumendo un andamento appaiato per approcciare all'attraversamento tramite viadotto del Fiume Bormida (Figura 2).

La viabilità locale è incentrata sulla vicinale Strada Bolla, indicata anche come Strada della Levata, proveniente dall'abitato di Spinetta Marengo con tracciato parallelo a quello della ferrovia Torino-Piacenza e la comunale Strada della Stortigliona che, diramandosi dalla Strada SP n. 10 poco oltre l'attraversamento del F. Bormida, raggiunge la Strada Bolla superando tramite sottopasso la ferrovia per Piacenza. La Strada della Stortigliona consente il collegamento diretto del sito con il tracciato della SP n. 10 – Padana inferiore, e quindi con la Variante alla SP 10 – Tangenziale di Alessandria, senza attraversare abitati o interferenze a raso con i tracciati ferroviari. I restanti percorsi stradali rivestono interesse esclusivamente locale, per il collegamento degli insediamenti sparsi e il raggiungimento delle aziende agricole.



**Figura 2** – Localizzazione dell'attuale area estrattiva di Cava La Bolla. Il perimetro in colore rosso individua il settore oggetto di Variante urbanistica.

L'area estrattiva di Cava La Bolla considerata nel suo complesso comprende due settori adiacenti (Figura 3). Nella parte est (Cava La Bolla 1), dove l'escavazione era

stata completata in precedenza, il COCIV S.p.A. (Consorzio Collegamenti Integrati Veloci) ha individuato uno dei siti di destino delle terre e rocce di scavo provenienti dai lavori per il Terzo Valico dei Giovi. La messa a deposito dei materiali di smarino ha portato nel 2024 al colmamento del bacino di cava che occupava il fondo dello scavo, l'abbancamento prosegue tuttora per giungere al ripristino della morfologia originaria del sito.



**Figura 3** – Ripresa satellitare dell'area di Cava La Bolla (in rosso il perimetro del settore in Variante). Nella porzione est dell'ex area estrattiva (Cava La Bolla 1), in prossimità di Cascina La Bolla, è visibile il sito gestito da COCIV SpA di deposito di terre e rocce di scavo provenienti dal Terzo Valico. Immagine tratta da Google Earth datata 16/04/2024.

L'intervento in esame interessa il solo settore occidentale dell'area dove l'escavazione è proseguita sino ad epoca recente (Cava La Bolla 2). Ad esso si fa riferimento nel seguito della relazione, salvo diversa specifica indicazione. In generale, l'attività estrattiva è stata condotta a partire dalla superficie topografica originaria. L'orizzonte superiore di terreno, caratterizzato da una prevalenza della matrice fine a granulometria limoso-sabbiosa e pertanto non idoneo per la produzione di inerti e

aggregati è stato asportato e accantonato in abbancamenti ai margini delle zone di scavo.

La morfologia del sito, in origine pianeggiante e posta alla quota media di 95,5 m s.l.m., è improntata attualmente da settori ribassati, arealmente prevalenti, e alcune zone in rilievo, di estensione limitata, con quote che raggiungono localmente i 100 ÷ 101 m s.l.m. La configurazione attuale dell'area estrattiva è improntata da una serie di gradoni posti a quote progressivamente decrescenti procedendo da nord (Strada Bolla) verso sud, sino al limite della cava. Il settore più settentrionale, dove insistevano anche i locali di servizio e le attrezzature per la cernita e selezione degli inerti, è posto a quote comprese tra i 92,0 e i 93,0 m s.l.m. Da questo, tramite un'ampia rampa in discesa, si accede sul lato ovest, ad una zona più bassa posta a 89 ÷ 90 m s.l.m.

Il maggiore approfondimento è stato raggiunto nelle zone centrale e meridionale, dove l'affioramento della falda in condizioni piezometriche ordinarie ha portato alla formazione di piccoli specchi d'acqua, la cui estensione è funzione del regime della circolazione idrica sotterranea. Un primo laghetto è presente nella parte centrale, a valle dei resti delle vasche di sedimentazione dei residui di lavaggio dei terreni. Le sue dimensioni massime, in occasione di rilevanti innalzamenti del livello di falda, raggiungono, rispettivamente, 50 m in direzione N-S e 115 m circa in direzione E-O.

Un secondo laghetto, di maggiore estensione occupa il settore meridionale, potendo raggiungere uno sviluppo massimo di circa 175 m in direzione N-S in occasione di rilevanti innalzamenti della falda. Nei punti di maggiore approfondimento la quota è valutabile in circa 85,0 m s.l.m. In condizioni idrologiche ordinarie il suo sviluppo è significativamente minore (160 m N-S per 60 m E-O), con emersione nella sua porzione orientale di un ampio plateau modellato tra gli 86 ÷ 87 m s.l.m.

Un terzo specchio d'acqua, infine, si individua tra il ripiano citato e l'area adiacente verso est, sede di deponia dei terreni derivanti dagli scavi del COCIV. Le sue dimensioni sono sensibilmente inferiori ai precedenti, circa 50 m (N-S) per 40 m (E-O). Il fondo è posto attorno alla quota 87 m s.l.m.

#### **4.1 LINEAMENTI DELL'INTERVENTO**

La nuova sistemazione individuata per l'area di cava prevede la realizzazione di una discarica per rifiuti non pericolosi destinata ad ospitare il ballast presente nello scalo



ferroviario di Alessandria, e di cui è prevista la rimozione per l'impostazione del nuovo Hub intermodale. L'intervento nel suo complesso interesserà un'area di estensione complessiva assimilabile ad un parallelogramma, con dimensioni massime in direzione N-S ed E-O di circa 500 m. Per una trattazione dettagliata si rimanda agli Elaborati progettuali [10].

I rilievi condotti continuativamente per oltre 20 anni sulla rete di monitoraggio piezometrico della cava hanno consentito di definire il regime della circolazione idrica sotterranea e valutare le oscillazioni in occasione degli eventi meteo-idrologici di maggiore severità (si cfr. Cap. 9.4). La quota di 90,5 m slm, peraltro rilevata in un'unica occasione, individua il livello massimo raggiunto dalla falda.

Sulla base della definizione del possibile innalzamento della falda, la quota di impostazione della discarica è stata individuata a 92,5 m slm, coerentemente alle prescrizioni del D.Lgs. 121/2020 che definiscono un franco di almeno 2 m rispetto al massimo livello.

Le zone di maggiore approfondimento degli scavi saranno colmate con terreni naturali con requisiti composizionali e ambientali coerenti al sito, messi a deposito con modalità tali da conferire adeguate caratteristiche geotecniche.

A coltivazione dell'impianto esaurita, la morfologia finale del sito sarà improntata da due blande morfologie a "collinetta", con sommità poste a quota 105 e 111 m slm, ammantate rispettivamente da una copertura vegetale a prato e da un bosco di nuovo impianto.

I servizi e il personale funzionali all'impianto saranno ospitati in locali prefabbricati, posizionati a raso, rimovibili al termine della coltivazione della discarica. Non è prevista la realizzazione di edifici o altre strutture permanenti da adibire a residenze o attività produttive, né la costruzione di locali al di sotto della superficie del suolo.

## 5. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La Cava La Bolla si localizza nella porzione di Pianura alessandrina estesa in destra del F. Bormida, a valle della confluenza con il T. Orba. L'analisi territoriale estesa ad un'areale circostante il sito significativamente esteso (maggiore di 1 km) ha individuato due ambiti geomorfologici di interesse, relativi rispettivamente alla pianura e al corso del Bormida. Lo studio ha comportato:

- l'esame della cartografia storica (IGM - Carta Topografica d'Italia, nelle varie edizioni) e della cartografia tecnica regionale;
- l'esecuzione di rilievi geomorfologici in sito;
- la revisione critica della bibliografia geologico-geomorfologica e degli elaborati di pianificazione territoriale;
- l'analisi aerofotogeologica delle riprese aeree relative ai Voli Regione Piemonte – Provincia di Alessandria 1980 e Regione Piemonte alluvione 2000;
- l'esame delle riprese satellitari;
- lo studio degli eventi di piena più significativi che hanno interessato il bacino inferiore del Bormida.

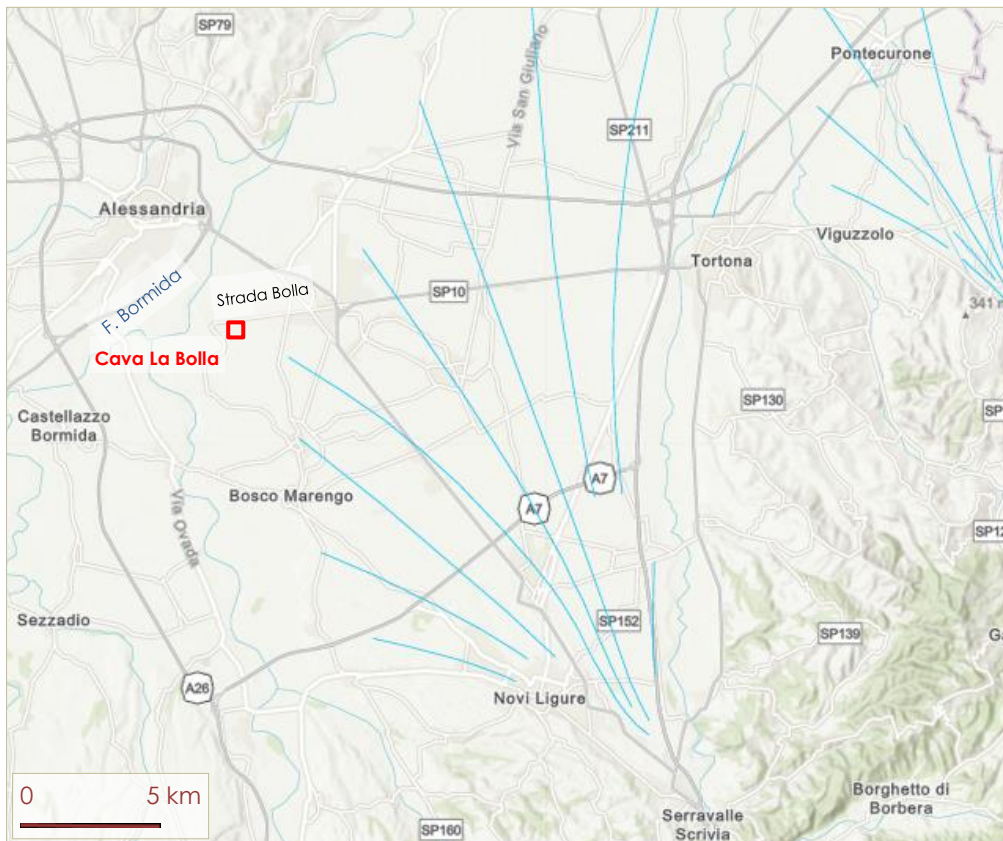
Il quadro conoscitivo acquisito, presentato nella Carta geomorfologica, è descritto nel seguito.

### 5.1 AMBITO DI PIANURA

L'ampia superficie pressoché uniforme e pianeggiante che si estende in destra idrografica del fiume è geneticamente riferibile, sulla base della configurazione complessiva e dei depositi presenti, al grande conoide alluvionale (*megafan*) costruito dal T. Scrivia allo sbocco del tratto montano nel corso del Pleistocene superiore (Figura 4).

La sua morfologia complessiva evidenzia, in direzione longitudinale un profilo altimetrico convesso progressivamente decrescente, mentre in senso trasversale risulta improntato da una serie di blande ondulazioni riconducibili ai solchi dei canali di deflusso, in parte rimodellati dalle acque di ruscellamento superficiale. La stessa orditura delle coltivazioni ben rilevabile nelle riprese aeree evidenzia l'andamento locale delle linee di scorrimento superficiale sovra impostatesi alla morfologia primaria del conoide.

Il sistema T. Scrivia - conoide considerato nel suo complesso è da considerarsi inattivo. La zona apicale del conoide, infatti, è riconoscibile in corrispondenza della zona di recente sviluppo urbanistico di Serravalle Scrivia (pianoro a quota 250 ÷ 255 m slm), mentre l'alveo dello Scrivia a seguito della fase di approfondimento recente risulta impostato alla quota di 195 m slm circa.



**Figura 4** - Rappresentazione del grande conoide alluvionale originato dal T. Scrivia all'uscita dal tratto collinare-montano del bacino (da Geological Map of Piemonte; Piana et alii, 2020). Il sito oggetto della Variante si localizza nella porzione di frangia distale rimodellata dal corso del F. Bormida.

Nell'intorno significativo del sito, compreso nella frangia distale del conoide, la morfologia originaria risulta pianeggiante con inclinazioni molto limitate, nell'ordine dell'1 ÷ 2 per mille, verso nord e verso ovest. Le morfologie in rilievo (cumuli, rilevati) e le forme depresse (scavi, sbancamenti) sono riconducibili ad attività antropica. La progressiva migrazione del corso dello Scrivia verso est ha impedito un rimodellamento significativo del corpo del conoide, soggetto principalmente

all'azione delle acque di ruscellamento incanalato relativo alle linee di deflusso locali e alle acque di scorrimento libero. Lungo i suoi margini laterali, in corrispondenza degli alvei dello Scrivia e del Bormida, l'azione erosiva e deposizionale dei corsi d'acqua ha comportato localmente l'asportazione delle porzioni distali e l'aggradamento di depositi fluviali terrazzati di età più recente (Pleistocene superiore finale-Olocene).

Il sito di progetto e l'areale circostante risultano compresi in uno di questi settori che si estende secondo una fascia allungata in direzione N-S, compresa tra la loc. Molinetto e la periferia di Spinetta Marengo. Nel settore di interesse la transizione tra il conoide e i più recenti depositi terrazzati avviene senza evidenti discontinuità morfologiche. A scala d'insieme, la morfologia del primo è riconoscibile per l'assetto lievemente convesso e le ondulazioni trasversali che ne rimodellano localmente la superficie.

Più ad ovest, a partire circa dalla diramazione delle due linee ferroviarie, la morfologia diventa più articolata, con settori pianeggianti di estensione variabile, ma generalmente limitata, posti a quote lievemente diverse e delimitati da lineamenti con geometria arcuata, riferibili ad antiche forme di modellamento fluviale. Le quote diminuiscono progressivamente, tramite una serie di gradonature procedendo verso il corso del Bormida.

L'ambito morfologico descritto è morfogeneticamente riconducibile al campo di divagazione fluviale recente, impostato nei depositi fluviali relativi al reticolo idrografico principale con età Olocene-Attuale.

### **5.1.1 Reticolo idrografico minore**

La configurazione complessiva del conoide impronta nell'ambito di pianura il reticolo idrico minore, comprendente un numero significativo di linee di drenaggio a sviluppo locale e pochi corpi idrici riferibili ad un reticolo idrografico organizzato.

Le linee di drenaggio minori presentano uno sviluppo generalmente limitato (alcune centinaia di metri), con andamenti rettilinei o segmentati che evidenziano un'impostazione antropica. Le sezioni di deflusso sono sempre modeste. Il loro ruolo nella regimazione dello scorrimento superficiale è infatti duplice, assolvendo il compito di alimentare i fossi preposti all'irrigazione e smaltire le acque in eccesso impedendo la formazione di ristagni idrici dannosi per le coltivazioni. L'accorpamento degli appezzamenti agrari in relazione alla meccanizzazione delle coltivazioni ha

comportato una livellazione delle superfici e la soppressione di parte della rete secondaria di fossi di scolo.

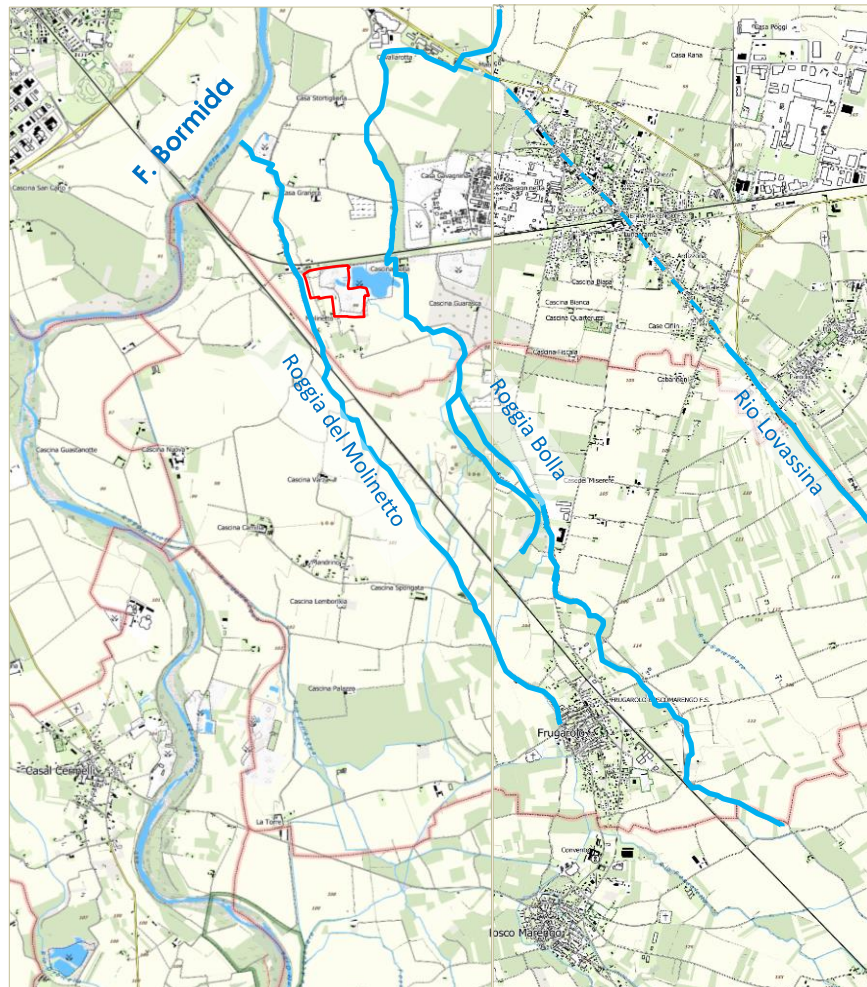
I pochi corpi idrici di una certa rilevanza, corrispondono a piccoli corsi d'acqua impostatisi in corrispondenza di solchi di deflusso impostatisi in precedenza, la cui morfologia si è conservata nell'ambito del conoide. In questi casi si individuano bacini imbriferi anche di dimensioni significative, tipicamente dallo sviluppo areale fortemente allungato, sede di un'unica asta principale con lunghezza anche superiore alla decina di chilometri. Anche in questi casi, la diffusa antropizzazione dell'area ha comportato la modifica dell'assetto originario del bacino imbrifero e delle linee di drenaggio, oggetto anche di tombamento per tratti significativi, come nel caso del Rio Lovassina attraversante longitudinalmente l'abitato di Spinetta Marengo. L'assenza di spartiacque pronunciati, la blanda morfologia del bacino, insieme allo sviluppo lineare dell'asta principale e alla limitatezza delle sezioni di deflusso, in alcuni casi derivante da interventi di inalveamento non adeguati, determina localmente situazioni di elevata pericolosità geomorfologica e idraulica.

Il corso d'acqua principale è rappresentato dal Rio Lovassina, con origine all'apice del conoide dello Scrivia (a quota 180 m slm circa), al margine dell'abitato Novi Ligure. Caratterizzato da uno sviluppo pressoché lineare del bacino imbrifero e dell'asta principale il Rio attraversa l'abitato di Spinetta con l'alveo, per un ampio tratto, tombinato parallelamente alla viabilità principale. L'insufficienza della sezione di deflusso e la limitata funzionalità idraulica del corso d'acqua determina situazioni di rischio idraulico su una vasta superficie urbanizzata. Per la messa in sicurezza dell'abitato è stato predisposto un articolato progetto di sistemazione e regimazione idraulica interessante il bacino del Rio Lovassina e le principali aste drenanti limitrofe. La trattazione dell'intervento, per gli aspetti di specifico interesse per il sito, è svolta nel Cap. 12.3.1.

È opportuno segnalare che il corso del Rio Lovassina dista dal perimetro esterno dell'area di progetto circa 2,5 km. I dissesti derivanti dall'insufficienza idraulica del corso d'acqua non hanno mai interessato, direttamente o in forma indiretta, l'area di intervento, come documentato negli Elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, negli studi del Piano Regolatore Comunale e nella documentazione sui dissesti di natura geomorfologico-idraulica.



Nell'intorno del sito gli unici corsi d'acqua di dimensioni significative sono costituiti dalla Roggia del Molinetto e dalla Roggia Bolla (o Roggia della Bolla) (Figura 5).



**Figura 5** – Assetto del reticolo minore nell'intorno dell'area di Cava La Bolla (base cartografica tratta da BDTRE scala 1:25.000 F. 176-SE, F. 177-SO). Il perimetro in colore rosso individua l'area della Cava oggetto della Variante urbanistica.

La Roggia del Molinetto, con origine nel territorio di Frugarolo a quota di circa 108 m slm, defluisce con un tracciato pressoché lineare da SSE verso NNO, passando a margine della località Molinetto. Superata la Strada Bolla e la Linea ferroviaria costeggia quindi un tratto della Strada Stortigliona per confluire direttamente nel corso del Bormida, poco a valle del Ponte della ferrovia. In corrispondenza del sito, l'alveo si localizza sempre a distanze prossime al centinaio di metri almeno rispetto al perimetro esterno dell'intervento. Per la Roggia del Molinetto non è stata reperita

nessuna segnalazione relativa a fenomeni di criticità idraulica che hanno interessato in modo diretto o indirettamente l'area di progetto.

La Roggia Bolla ha origine anch'essa nel territorio di Frugarolo e, a valle di questo abitato, è compreso nell'elenco delle "Acque Pubbliche". I tratti iniziali denominati Rio Bolla (105 m slm) e Rio Riato (125 m slm), quest'ultimo con origine nel comune di Bosco Marengo, evidenziano l'origine naturale del corso d'acqua, ancora riconoscibile nel tratto di monte. Procedendo verso valle, già all'altezza dell'abitato di Frugarolo risulta evidente l'impostazione artificiale del corso d'acqua finalizzata alla conduzione delle coltivazioni. Il suo corso si sviluppa nell'insieme con andamento circa da S verso N sino a costeggiare Cascina La Bolla, passando al margine est dell'ex comprensorio di cava. Superate la Strada Bolla e la Linea ferroviaria, la Roggia prosegue sino in prossimità della strada SP 10 dove, a seguito di una evidente modifica artificiale, subisce una deviazione quasi ad angolo retto per confluire nell'asta del Rio Roggio-Rio Ressa collettore, nella configurazione attuale del reticolo, anche dei deflussi del Rio Lovassina. Il corso d'acqua attraversa quindi l'intero tratto di bassa pianura per immettersi direttamente nell'alveo del Tanaro in corrispondenza di Montecastello.

Nel tratto prossimo al settore oggetto di Variante, la distanza minima dell'alveo rispetto al perimetro esterno del sito in esame è di almeno 300 m.

Nel tratto superiore il corso d'acqua è alimentato da acque pulite con portate modeste e velocità di scorrimento medio-basse. Avvicinandosi a Cascina La Bolla il deflusso risulta alimentato sostanzialmente dagli apporti meteorici diretti, con periodi anche prolungati di assenza di scorrimento. Nell'intorno del sito, a partire dal territorio pianeggiante ancora in comune di Frugarolo, l'alveo presenta condizioni di discreta efficienza idraulica in relazione all'assetto attuale del bacino. Il cavo presenta in sommità una larghezza di  $4 \div 5$  m e profondità compresa tra  $1,5 \div 2$  m. Solo localmente, in relazione anche alle variazioni planimetriche dell'alveo, si osservano locali accumuli di resti vegetali cresciuti in alveo o accumulatisi nelle fasi di maggiore deflusso.

L'analisi degli strumenti di pianificazione territoriale, condotta unitamente alla consultazione dei Rapporti di evento meteo-idrologico e alla ricerca documentale, non ha individuato segnalazioni di fenomeni di esondazione o altre condizioni di

criticità idraulica, in un ampio intorno circostante al sito, esteso a partire da monte nel settore confinante di Frugarolo verso valle sino alla Cascina Stortigliona. Nell'intero periodo di esercizio del sito di cava, avviato alla fine degli Anni Novanta, analogamente non si è manifestato alcun fenomeno di criticità idraulica.

Nell'ambito dell'intervento di riassetto idraulico del bacino del Rio Lovassina e del reticolo principale circostante è prevista la sistemazione completa con risagomatura dell'alveo della Roggia Bolla e la deviazione del tratto finale per consentire un più diretto recapito dei deflussi in alveo al Bormida. Gli aspetti di specifico interesse per il sito di Cava La Bolla sono esaminati nel *Cap. 12.3.1.*

## **5.2 VALLE DEL BORMIDA**

Il tratto finale del fiume Bormida delimita il margine del settore di pianura di interesse. Il corso fluviale non interferisce con il sito, in quanto l'alveo di deflusso ordinario si dispone ad almeno 1 km dal perimetro dell'area di progetto e anche le morfologie interessate da eventi di piena con tempi di ritorno bi-secolari distano almeno 800 m da questo. Si è ritenuto necessario, tuttavia, analizzare questo ambito, sia per fornire una caratterizzazione adeguata del sito, sia per consentire una corretta valutazione delle condizioni di pericolosità geomorfologica e idraulica prese a riferimento nella zonizzazione attuale dell'area ai fini dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica.

Il fiume Bormida, con una lunghezza dell'asta principale di circa 170 km e un bacino imbrifero esteso per 2663 km<sup>2</sup>, rappresenta il principale affluente del Tanaro, in cui confluisce ad est di Alessandria. I quattro rami superiori, le cosiddette "Bormide minori", si riuniscono nell'asta principale denominata Bormida di Spigno poco a monte di Acqui, pressoché all'uscita del settore collinare-montano. Il corso del Bormida si sviluppa quindi in zone di fondovalle e di pianura con alveo di tipo meandriforme fino a Castellazzo Bormida e prevalentemente monocursale sinuoso nel tratto finale sino alla confluenza in Tanaro. Poco a monte di Alessandria, dal versante in destra idrografica confluisce nel fiume il T. Orba.

La natura delle litologie costituenti il bacino, prevalentemente di natura terrigena e con permeabilità ridotta, unitamente al regime meteo-climatico improntano il regime dei deflussi. Il crinale prossimo allo spartiacque determina l'afflusso diretto delle correnti umide provenienti dal Mar Ligure responsabili frequentemente di



precipitazioni rilevanti e di elevata intensità. Gli apporti meteorici medi annuali variano infatti da 700 ÷ 800 mm nel settore di pianura a oltre 1600 mm nel tratto montano. Il contributo delle precipitazioni nevose è generalmente trascurabile in relazione al limitato sviluppo altimetrico del bacino. Queste caratteristiche, insieme alla configurazione complessiva del bacino, comporta un'elevata variabilità nel regime dei deflussi anche nel tratto finale del fiume di più diretto interesse.

A periodi temporali anche prolungati (vari mesi) con valori di portata limitata (nell'ordine di pochi  $\text{m}^3/\text{s}$  ÷ decine  $\text{m}^3/\text{s}$ ), possono alternarsi deflussi molto elevati di ordine di grandezza confrontabile con quelli del Tanaro. Le piene più gravose si verificano generalmente in autunno, anche se sono possibili fenomeni alluvionali in quasi tutti i periodi dell'anno. La frequenza dei fenomeni è nettamente superiore rispetto a quella dei bacini alpini interni. A elevati valori di portata totale (nell'ordine di 2000 ÷ 3000  $\text{m}^3/\text{s}$ ) transitanti nell'asta principale, si associano spesso rilevanti contributi specifici (superiori alla decina di  $\text{m}^3/\text{s km}^2$ ) nei bacini idrografici dei corsi d'acqua tributari.

### **5.2.1 Divagazione dell'alveo nel tratto finale**

La disponibilità di cartografie storiche sufficientemente dettagliate consente di definire il campo di divagazione del tratto finale del Bormida, aspetto di diretto interesse per la valutazione delle condizioni del sito in esame, su un periodo temporale superiore ai due secoli e, quindi poter datare l'attività di molte delle morfologie fluviali individuate. Il documento più antico, risalente alla fine del sec. XVIII, evidenzia ancora un corso fluviale con andamento di tipo meandriforme soggetto a rilevanti divagazioni. L'andamento complessivo del fiume, tuttavia, risulta compreso nel settore di bassa pianura corrispondente alla situazione attuale, come ben riconoscibile dai nomi di località riportati (Figura 6).

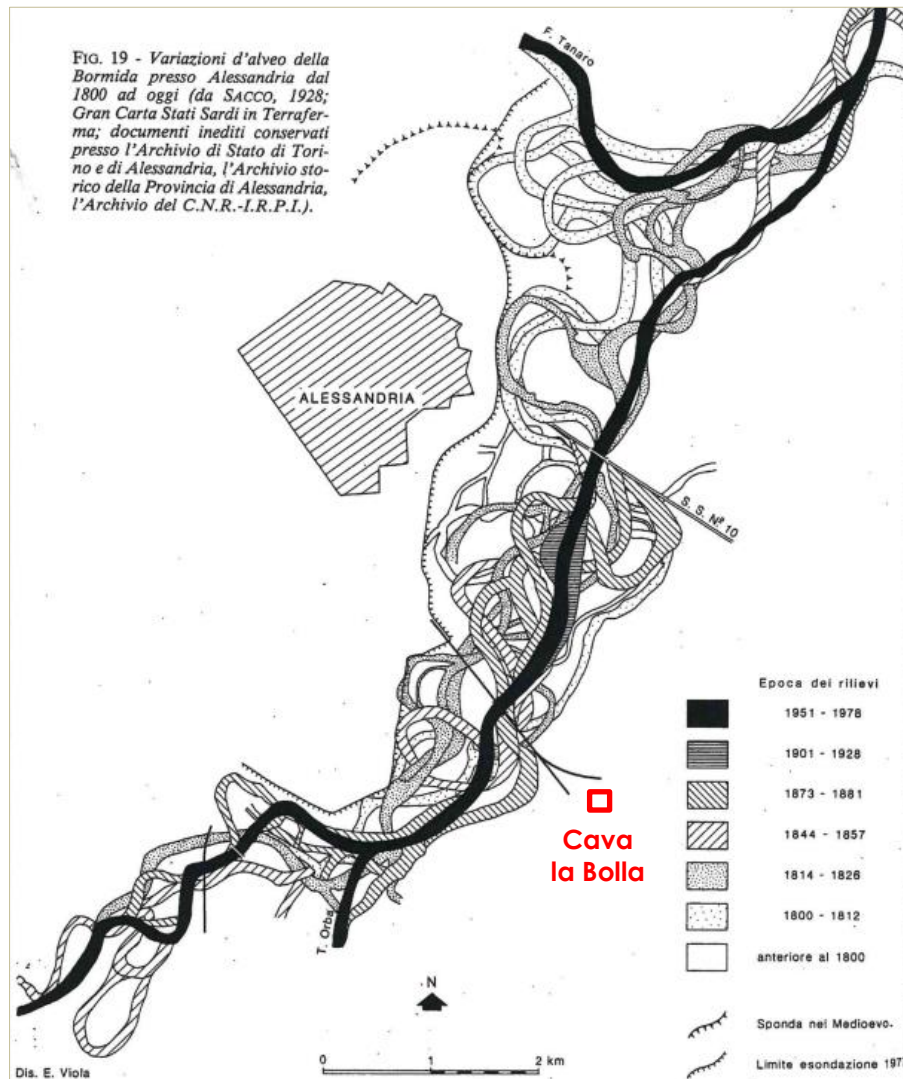


**Figura 6** - Assetto del territorio circostante il corso del Bormida alla fine del sec. XVIII. La mappa è orientata con il Nord disposto all'incirca sul lato destro della figura. In basso a sinistra sono identificabili tra le altre le loc. La Stortiglione, la Bajona, La Gramera, La Guarasca, tuttora esistenti, già all'epoca poste a considerevole distanza dal fiume e non coinvolte dai fenomeni di divagazione dell'alveo. La posizione indicativa dell'area in esame, determinata in base alla posizione de La Guarasca e del corso della Roggia della Ressia (Roggia Bolla), è data dal punto rosso. Stralcio della "Carte des environs d'Alexandrie et de Valence" di Anonimo, fine XVIII sec. (ante 1790), tratto da Regione Piemonte, 1997. La carta è conservata presso l'Archivio di Stato di Torino [AST, Alessandria, 28, A.I., rosso].

L'accurata ricostruzione delle variazioni d'alveo svolta dal CNR-IRPI di Torino (Tropeano, 1989) sulla base della cartografia consente di definire il campo di divagazione del fiume a partire dall'inizio dell'Ottocento (Figura 7). Come definito nella stessa pubblicazione, le variazioni dell'alveo intervenute in un intervallo temporale significativo per i fenomeni geomorfici in esame, superiore ai 2 secoli, pur vistose risultano contenute in una fascia di divagazione corrispondente all'incirca al

campo di esondazione associato alle piene straordinarie. Tale evidenza, all'epoca dello studio basata sul confronto degli eventi intervenuti sino al 1977, è riconoscibile anche nelle successive piene straordinarie verificatesi successivamente (Arattano et alii, 1995).

La posizione del sito di progetto, del tutto esterna alle divagazioni storiche dell'alveo, non risulta interferire in alcun modo con il campo di attività fluviale relativo alle piene straordinarie con tempi di ricorrenza nell'ordine di 1-2 secoli.



**Figura 7** - Divagazione dell'alveo nel tratto finale del fiume Bormida nel periodo compreso tra il 1800 e il 1978 (tratta da Tropeano, 1989). La posizione del sito di interesse, ben individuabile con riferimento al tracciato delle linee ferroviarie, si localizza nettamente al di fuori del campo di modellamento fluviale, corrispondente con buona approssimazione alla superficie massima esondabile nel corso di piene straordinarie.

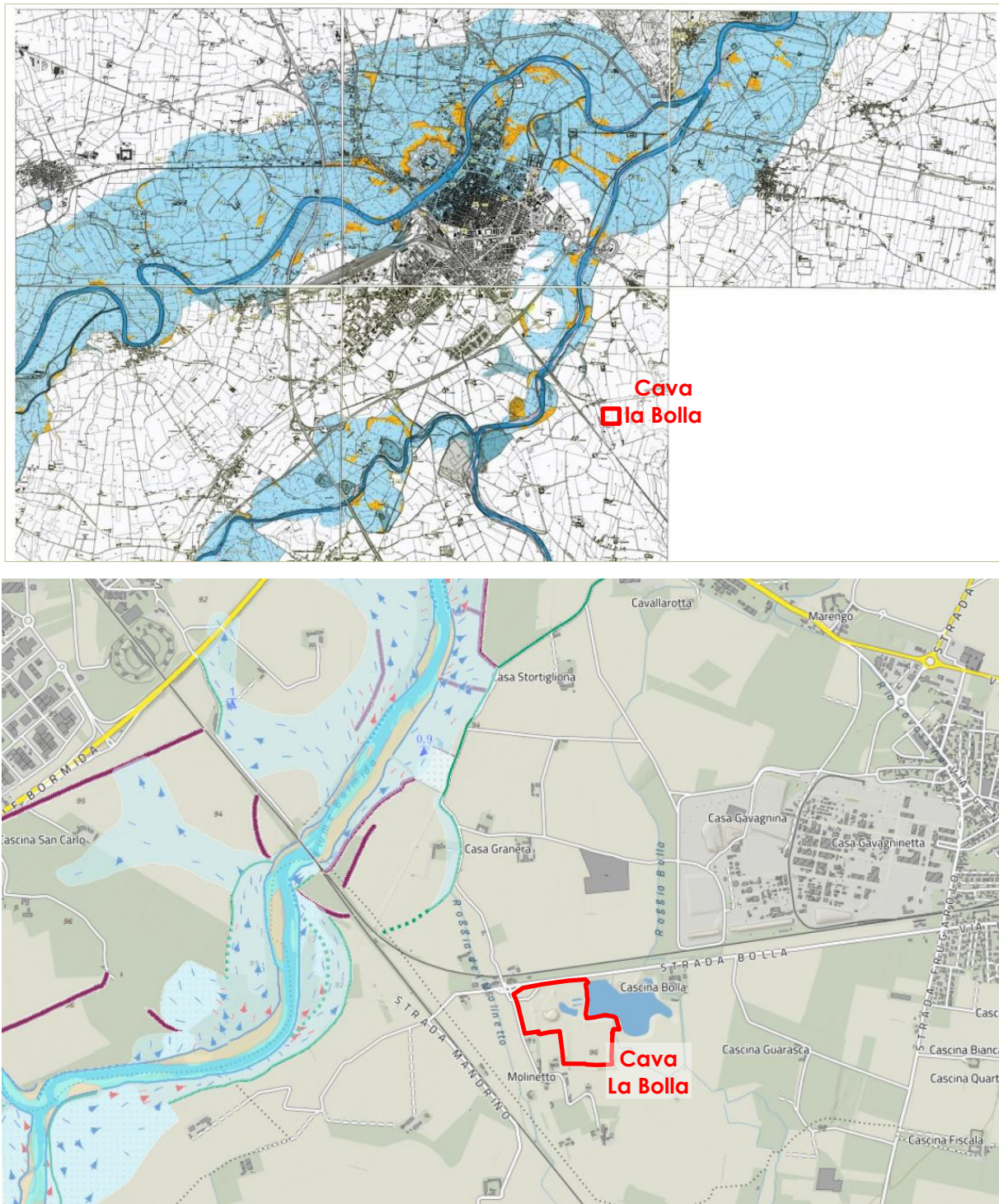
### 5.2.2 Principali eventi alluvionali del Bormida degli ultimi 30 anni

La documentazione d'archivio, unitamente al monitoraggio strumentale, rende disponibile i dati relativi ad un'ampia casistica di eventi di piena. L'implementazione delle Strutture tecniche operata dalla Regione Piemonte unitamente all'AlPo consente, in particolare, di caratterizzare gli eventi verificatisi nell'intervallo temporale significativo relativo all'ultimo trentennio. Le misure acquisite in continuo dalle reti di monitoraggio meteo-idrologico, unitamente al rilievo dei fenomeni di instabilità acquisito sin dal loro primo manifestarsi, rendono disponibile sia i parametri descrittivi la "magnitudine" delle condizioni innescanti (precipitazioni, deflussi) sia gli effetti sul territorio (campo di inondazione).

#### 4-6 novembre 1994

A partire dagli Anni Ottanta, l'evento meteo-idrologico di riferimento per il territorio alessandrino, è rappresentato certamente, anche in termini di impatto sulla popolazione e sul territorio, dall'alluvione del 4-6 novembre 1994. La durata dell'evento meteo ha superato i tempi di corivazione dei bacini idrografici interessati e conseguentemente gli alvei sono stati interessati da piene di lunga durata con evidenti criticità in particolare nella zona di confluenza Bormida-Tanaro. A fronte di apporti meteorici caratterizzati da tempi di ritorno dell'ordine dei 100 anni, il deflusso lungo l'asta principale del Tanaro ha raggiunto portate valutate in circa 3.500 m<sup>3</sup>/s, riferibili sulla base dei dati all'epoca disponibili a tempi di ritorno prossimi ai 200 anni. La piena del F. Bormida è stata significativamente inferiore a quella del Tanaro, tuttavia l'inondazione del fondovalle principale ha determinato l'alluvionamento di estese porzioni nel tratto finale del Bormida (Arattano et alii, 1995). La rappresentazione complessiva dei territori inondati nell'area di Alessandria è riportata in Figura 8, l'area in esame di Cava La Bolla si posiziona esternamente e a distanza significativa dal limite dell'area esondata.





**Figura 8** – Campo di inondazione ed effetti indotti dalla piena del 05-06/11/1994 dei F. Bormida e Tanaro (tratto da Geoportale ARPA Piemonte, [9]). L'area della Cava La Bolla è ubicata in posizione del tutto esterna rispetto al limite delle zone alluvionate indicate dalla campitura azzurra.

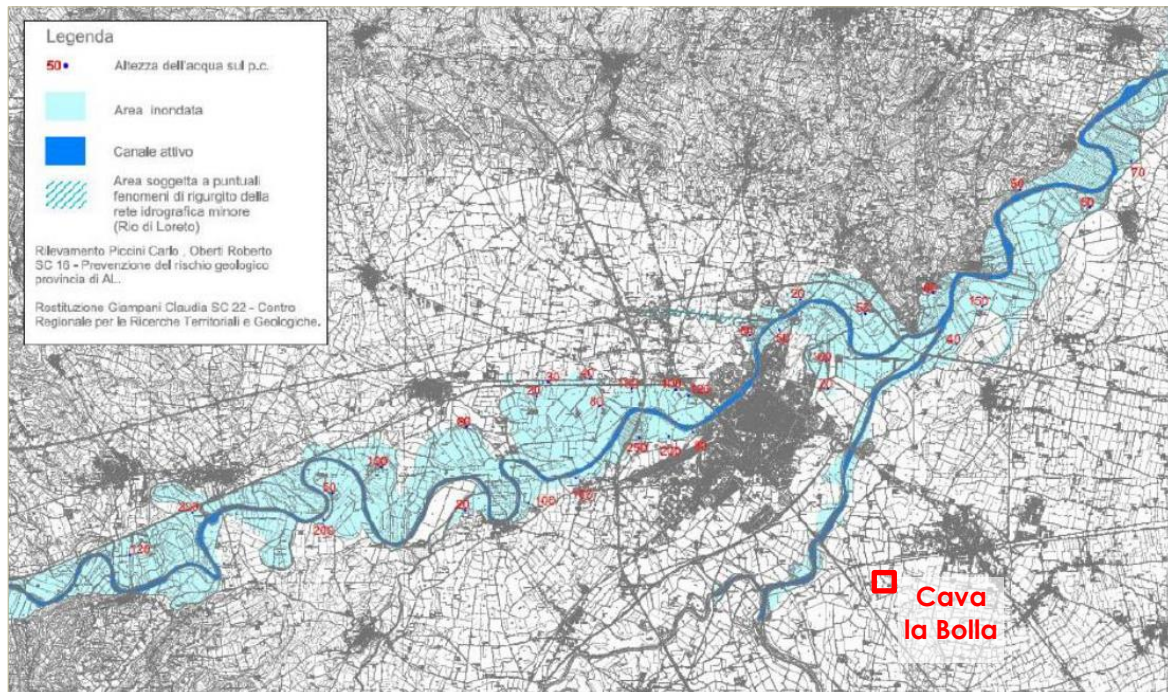
7-10 ottobre 1996

Il successivo evento del 7-10 ottobre 1996 ha interessato prevalentemente il corso del F. Tanaro, anche in questo caso con portate elevate stimate tra 3.200 e 3.500 m<sup>3</sup>/s. Il campo d'inondazione ha interessato superfici minori, coinvolgendo anche in questo caso il tratto finale del fondovalle del Bormida. Nell'area di Cava La Bolla e nel suo areale circostante non sono rilevate situazioni di criticità idraulica.

26-28 aprile 2009

Il periodo metà marzo – fine aprile 2009 è caratterizzato a scala regionale dal susseguirsi di eventi piovosi che determinano dapprima l'imbibizione e la saturazione dei terreni, quindi la formazione di deflussi di piena che interessano, in particolare, gli affluenti cuneesi del Po e i bacini del Bormida e del Tanaro [22]. Le precipitazioni dell'aprile 2009 ne fanno il mese di aprile più piovoso negli ultimi 50 anni. I corsi d'acqua principali maggiormente interessati sono quelli del settore meridionale: Bormida, Belbo e medio-alto Tanaro. Le onde di piena hanno raggiunto la massima criticità nelle sezioni di pianura e, in particolare, in corrispondenza della confluenza Bormida-Tanaro e a valle fino alla confluenza Tanaro-Po. Nel Tanaro sono raggiunte portate simili agli eventi precedenti, quale il 1994, anche per effetto della semi-concomitanza con la piena del Belbo e del Bormida. Nel tratto di pianura (Figura 9) la piena del Bormida raggiunge il secondo valore massimo noto per la serie di dati disponibili, dopo quella del novembre 1994, con una portata stimata pari a circa 1700 m<sup>3</sup>/s a Cassine.





**Figura 9** – Campo di inondazione della piena del 26-28 aprile 2009 lungo i tratti inferiori dei F. Bormida e Tanaro (tratto da ARPA Piemonte, [9]). Le aree inondate sono evidenziate con il retino di colore azzurro.

La piena del Bormida, valutata in  $1.900 \text{ m}^3/\text{s}$ , corrispondenti ad un tempo di ritorno di 10 anni, transita ad Alessandria con circa tre ore in anticipo rispetto a quella del Tanaro. Il suo contributo è determinante nella formazione dell'onda di piena complessiva che alla confluenza Bormida-Tanaro raggiunge una portata di picco pari a circa  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'area di Cava La Bolla e un esteso settore circostante risultano del tutto esterni alla porzione di fondovalle del Bormida interessato dai fenomeni di dinamica fluviale (Figura 9).

#### 21-25 novembre 2016

Tra il 21 e il 25 novembre 2016 precipitazioni elevate e persistenti interessano l'intero territorio regionale. Gli apporti meteorici di maggiore intensità sono rilevati il giorno 24 nell'alta Val Tanaro, al confine con la Liguria, dove le piogge con durata giornaliera assumono intensità riferibili a tempi di ritorno ben superiori a 50 anni.

Le precipitazioni medie, ragguagliate ai bacini idrografici, risultano più significative per Tanaro, Bormida, Orba e nel Piemonte occidentale per l'alto Po [22]. Nei settori

meridionali i primi rilevanti incrementi di livello sono rilevati già nella giornata del 22, il colmo di piena dell'Orba transita nella serata del 22 con portate di circa 750 m³/s. La Bormida e i suoi affluenti, invece, registrano gli incrementi più significativi a partire dal giorno 24. Ad Alessandria il livello di pericolo è superato nella mattina del 25, con il transito di un colmo di piena protrattosi a lungo per effetto del rigurgito di Tanaro. Solo nelle prime ore del 26 novembre i livelli rientrano al di sotto dei valori di pericolo. A Montecastello, nella sezione di chiusura del bacino, il deflusso complessivo di piena ha raggiunto 3.700 ÷ 3.800 m³/s, riferibili ad un tempo di ritorno prossimo a 100 anni.

Il campo di inondazione associato a questo evento idrologico interessa estesamente i tratti di pianura, sia del Tanaro che del Bormida (Figura 10). Nell'ambito di quest'ultimo il prolungarsi del colmo di piena favorisce l'allagamento di ampie superfici prospicienti il corso d'acqua.

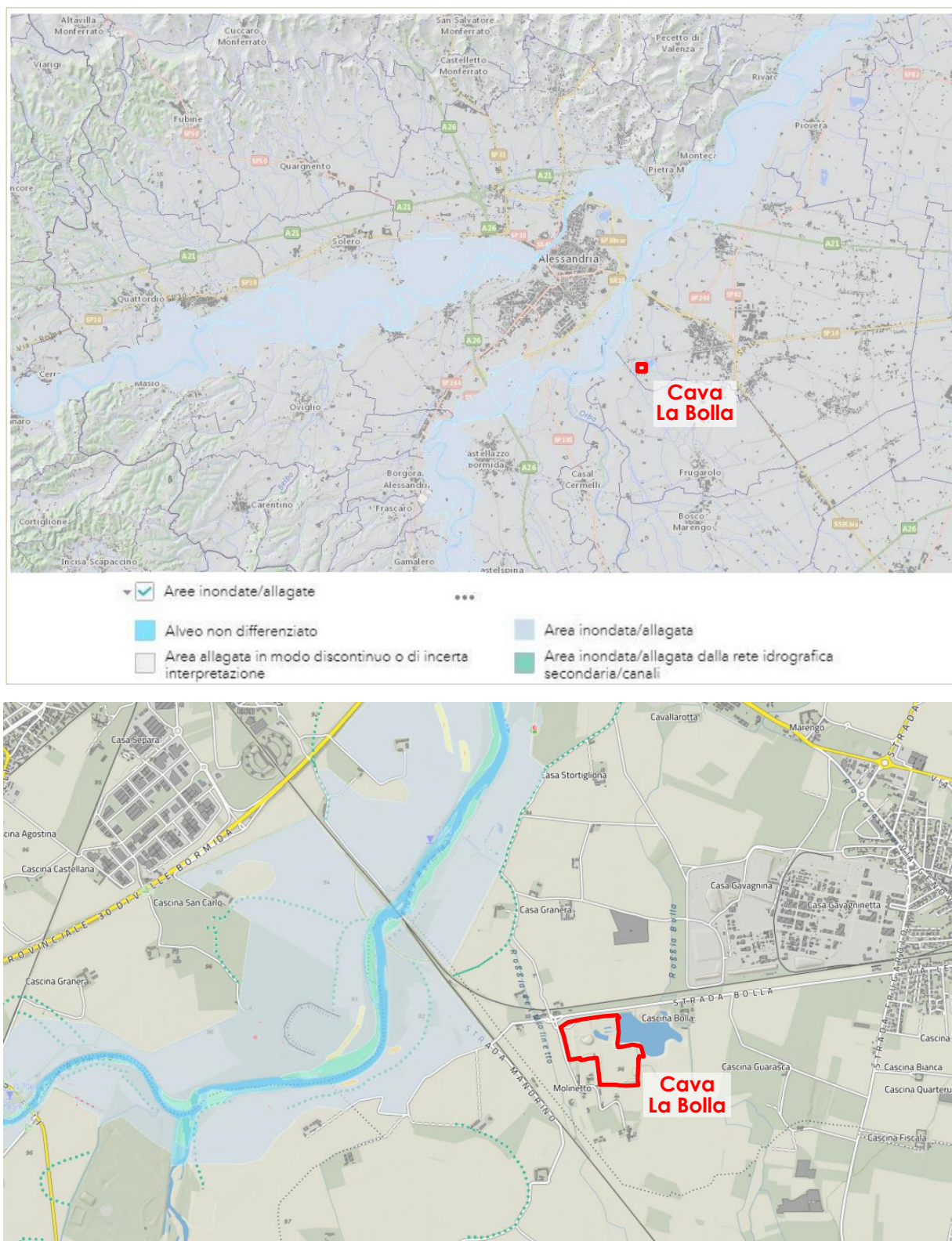
L'area di Cava La Bolla non risulta in alcun modo interessata dal campo di inondazione associato all'evento meteo-idrologico del novembre 2016.

#### Ottobre-novembre 2019

Il susseguirsi di precipitazioni elevate e prolungate nei mesi di ottobre e novembre 2019 determina afflussi meteorici straordinari in una vasta area del Piemonte meridionale, a cui fa seguito, nei giorni 22-26 novembre, un ultimo intenso evento idrologico [22]. Con riferimento al territorio alessandrino, nel mese di ottobre è caduto circa il 20% della pioggia annuale e nel successivo nel mese di novembre il 39%. Gli eventi di precipitazione di ottobre con maggiore intensità (21/10) sono riferibili a tempi di ritorno molto superiori a 50 anni e verosimilmente nell'ordine dei 100 anni. Le piogge del novembre 2019 risultano pari a oltre il doppio del valore medio del mese, per il periodo 1971-2000 preso a riferimento. Nei settori settentrionali e meridionali le cumulate di pioggia maggiori si sono registrate il 23 novembre. La risposta dei corsi d'acqua e il conseguente innalzamento dei livelli idrometrici è stato particolarmente rapido nel settore meridionale, con il transito di più colmi di piena successivi.

A seguito dell'evento idrologico principale del mese di ottobre, il giorno 21 ad Alessandria la portata del Bormida, alimentata dal rilevante contributo del T. Orba, raggiunge i 3.000 m³/s, riferibili ad un tempo di ritorno di circa 50 anni.



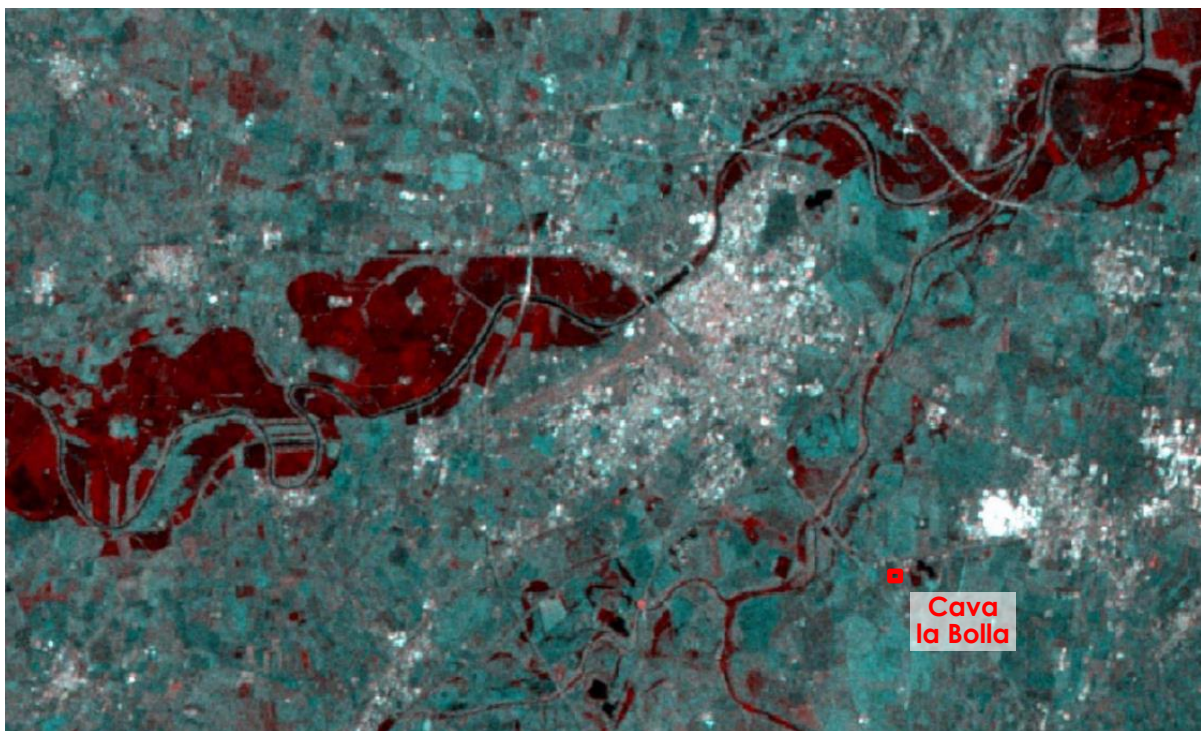


**Figura 10** - Campo di inondazione della piena del 25-26 novembre 2016 lungo i tratti inferiori dei F. Bormida e Tanaro (tratto da ARPA Piemonte, [9]).

Il contributo di piena del Tanaro risulta molto minore nel corso di questo evento consentendo una significativa laminazione nella zona di confluenza. Alla sezione di chiusura, a Montecastello, il deflusso massimo complessivo raggiunge i 3.400 m<sup>3</sup>/s corrispondenti ad un tempo di ritorno compreso tra i 20 e i 50 anni.

Nel corso del principale evento idrologico di novembre, le precipitazioni nei settori collinari e montani dei bacini del Tanaro e di Bormida assumono valori riferibili a tempi di ritorno spesso superiori ai 50 anni, soprattutto per le durate giornaliere.

Lungo l'asta principale del Tanaro l'evento ha generato un'onda di piena che ha mantenuto in generale livelli al di sotto della soglia di pericolo, ad esclusione della sezione di Montecastello, dove ha assunto un ruolo preponderante il contributo del Bormida (Figura 11).



**Figura 11** – Campo di inondazione della piena del 23-25 novembre 2019 lungo i tratti inferiori dei F. Bormida e Tanaro (tratto da Geoportale ARPA Piemonte). Mosaico delle immagini radar in falso colore riprese dal satellite Sentinel 1.

A valle della confluenza dei due rami del Bormida, all'idrometro di Cassine (AL), il colmo è stato raggiunto nelle prime ore del mattino del 24 novembre, con un livello di 5,44 m e una portata di circa 2300 m<sup>3</sup>/s, valore relativo ad un tempo di ritorno superiore a 20 anni. Ad Alessandria, in corrispondenza del ponte della SP n. 10, è stato registrato il livello massimo storico di 9,39 m, corrispondente a una portata di circa 3100



m<sup>3</sup>/sec, riferibile ad un tempo di ritorno maggiore di 50 anni. I livelli del fiume Bormida sono rimasti superiori al livello di pericolo per più di un giorno e mezzo, dalla mattina del 23 alle prime ore del 25.

A partire dall'uscita dal tratto montano-collinare il transito dei deflussi di piena del Bormida ha interessato estesamente le aree di pianura prospicienti il corso d'acqua. Il sistema di difese fluviali realizzate nel tratto inferiore del bacino ha consentito di contenere le portate di piena, riducendo significativamente l'estensione delle aree inondate che, nonostante l'entità delle precipitazioni affluite sul bacino, sono risultate significativamente inferiori rispetto agli eventi meteo-idrologici precedenti.

L'area della Cava La Bolla risulta del tutto esterna e significativamente distante dal limite del campo di inondazione del Bormida (Figura 11).

### 3-5 ottobre 2021

Nei primi giorni dell'ottobre 2021, in un quadro di diffusi fenomeni temporaleschi sul Piemonte meridionale, precipitazioni di eccezionale intensità e persistenza hanno interessato la fascia appenninica al confine con la Liguria e in particolare le valli del Bormida di Spigno, dell'Orba e dello Stura di Ovada. Sullo spartiacque ligure-piemontese sono stati registrati valori storici per diverse stazioni della rete meteoidrografica ligure-piemontese. Il 4 ottobre 2021 fenomeni di eccezionale intensità hanno interessato i bacini dell'Orba e della Bormida con valori giornalieri superiori a 600 mm, corrispondenti nelle stazioni dotate di serie storiche di misure sufficientemente estese a tempi di ritorno superiori ai 200 anni.

Nei corsi d'acqua del reticolo principale e secondario si sono generate onde di piena eccezionali che, nei bacini della Bormida e dell'Orba, hanno superato i livelli di riferimento storici. Gli incrementi di livello sono stati repentini ed il colmo si è raggiunto al massimo in 12 ore nelle sezioni di chiusura dei bacini più estesi.

Per il Bormida ad Alessandria è stato registrato il valore di livello più alto dall'inizio della serie (1998), 9,41 m superiore anche al 9,39 m del novembre 2019, cui corrisponde una portata di circa 3000 m<sup>3</sup>/s caratterizzata da un tempo di ritorno superiore ai 50 anni.

Lo sfasamento delle due onde di piena del Bormida e dell'Orba ha limitato gli effetti nel nodo idraulico di Alessandria. A valle di Alessandria, l'onda di piena è confluita nel Tanaro che, a Montecastello, ha registrato un livello al colmo di 7,18 m corrispondente

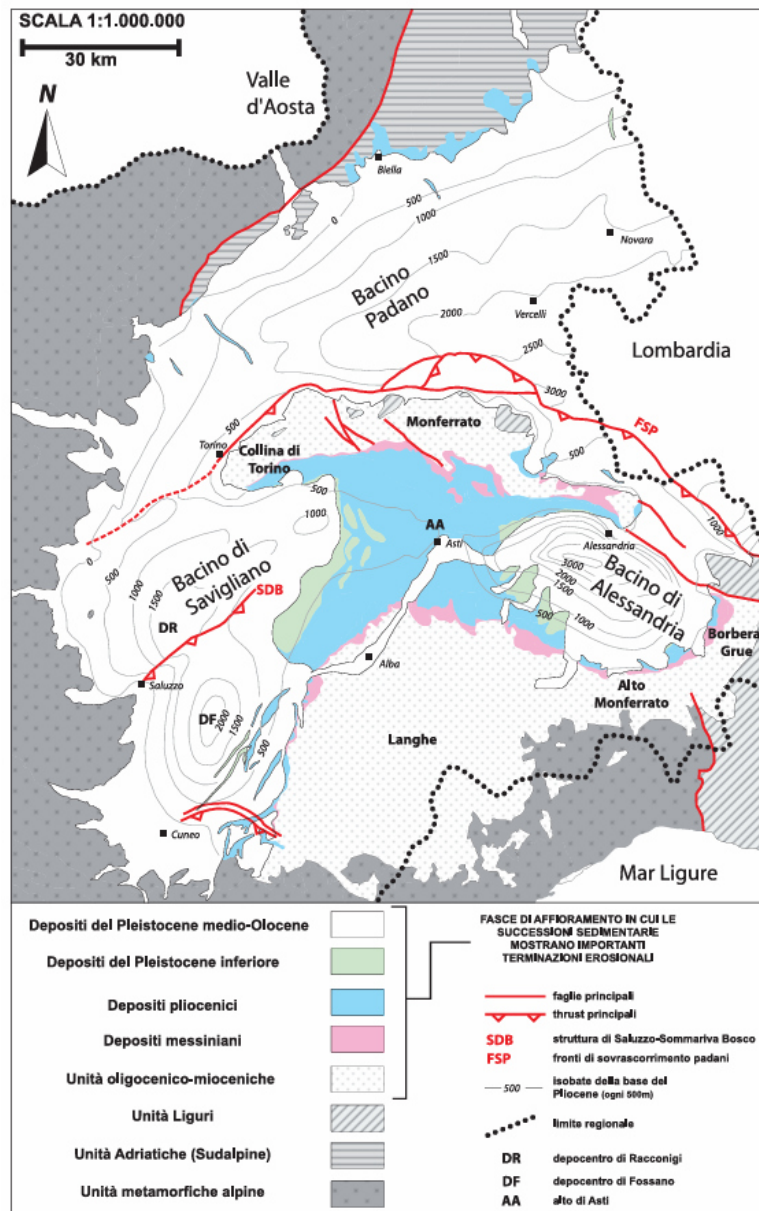
ad una portata di poco più di 3100 m<sup>3</sup>/s caratterizzata da un tempo di ritorno ventennale.

Anche nel caso di questo evento meteo-idrologico il campo di inondazione non ha interferito in alcun modo con il sito di Cava La Bolla e un suo esteso areale circostante.

In definitiva, nell'ultimo quarantennio anche in occasione del manifestarsi di eventi meteo-idrologici di intensità significativa, associati a tempi di ritorno rispettivamente dell'ordine di 100 anni per le precipitazioni e di oltre 50 anni per i fenomeni di piena, nessun fenomeno di dinamica fluviale ha interessato il sito di Cava Bolla e un esteso areale circostante. L'area in esame è risultata sempre esterna al campo di inondazione e ad una distanza significativa al limite delle aree inondate.

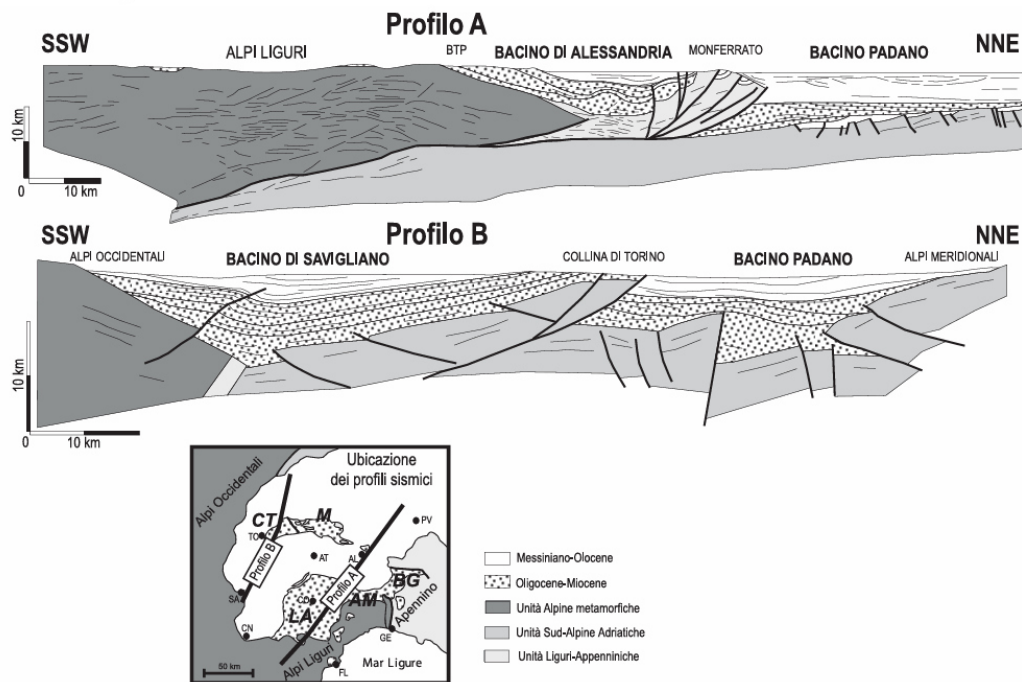
## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La pianura alessandrina, delimitata dalle Langhe a sud e dal Monferrato a nord, è compresa nella porzione occidentale della Pianura Padana. Questo settore e i suoi rilievi collinari sono localizzati in corrispondenza dell'attuale zona di giunzione strutturale tra i sistemi alpino ed appenninico (Figura 12).



**Figura 12** - Schema geologico semplificato della Regione Piemonte in cui sono rappresentati i principali domini strutturali e i più recenti bacini di deposizione plio-quadernaria (modificato da Irace et alii, 2009).

In questa regione una potente successione sedimentaria marina, definita come Bacino Terziario Piemontese (BTP), è stata deposta nel Cenozoico al di sopra di unità a diversa pertinenza paleogeografica (Irace et alii, 2009). I rapporti geometrici e stratigrafici tra queste successioni, come pure la loro prosecuzione laterale, sono mascherati dai sedimenti pliocenico-olocenici depositi nei bacini di Savigliano ed Alessandria (Figura 13).



**Figura 13** - Profili geologici schematici attraverso la Pianura Padana occidentale (modificato da Irace et alii, 2009).

In entrambi i bacini i depositi messiniano-olocenici definiscono sinclinali regionali. Gli spessori raggiungono, in corrispondenza dei depocentri sepolti, i valori massimi di 2000 m circa nel Bacino di Savigliano e 2500 m in quello di Alessandria (Mosca, 2006), per diminuire progressivamente verso gli attuali margini.

La revisione recente della geologia regionale svolta da Irace et alii (2009), basata sulla correlazione regionale delle superfici di discontinuità, ha portato alla distinzione di unità stratigrafiche a limiti inconformi corrispondenti al sintema, ovvero a un corpo sedimentario complesso delimitato da superfici di discontinuità stratigrafica. L'uso di questo tipo di unità presenta il vantaggio di disporre di pacchi rocciosi depositi nello stesso intervallo temporale e in analoghe condizioni tettoniche e climatiche. Si può

assumere quindi che a questa omogeneità genetica corrisponda ad un'uniformità di comportamento idrogeologico.

Nell'ambito del Bacino di Alessandria sono stati definiti 7 sintemi, che si estendono cronologicamente dal Messiniano superiore all'Olocene. Il sintema più recente, riferibile al Pleistocene medio-Olocene (indicato dalla sigla Q2), è costituito esclusivamente da depositi di tipo continentale e comprende la sequenza deposizionale caratterizzante il sito. Al suo interno il sintema Q2 è caratterizzato da un complesso di superfici erosive di età da pleistocenica media a olocenica (Carraro et alii, 1978).

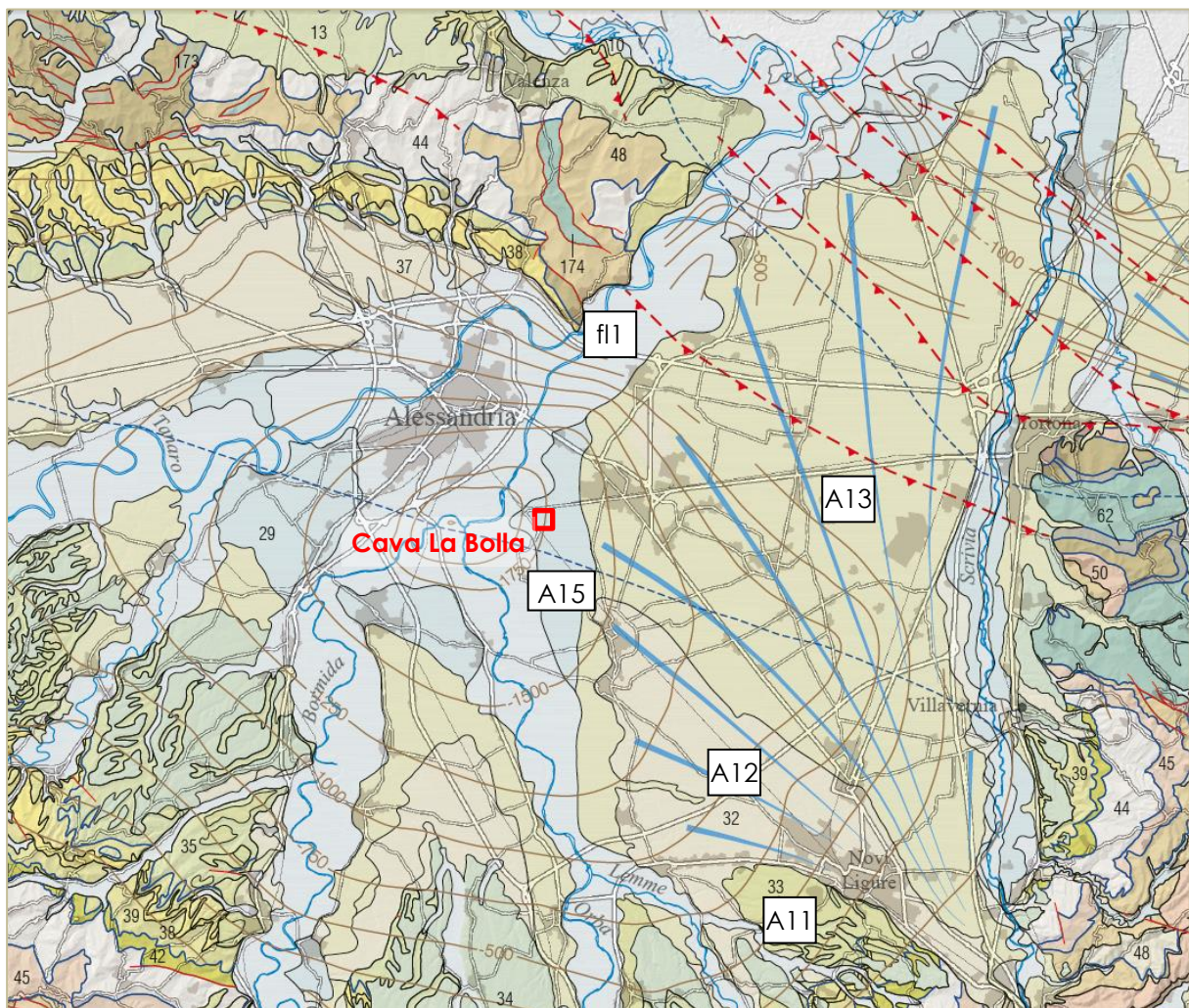
La sottostante sequenza stratigrafica riferibile cronologicamente al Pleistocene inferiore individua il sintema Q1. Questo termine comprende depositi continentali passanti, nella zona di maggiore approfondimento del bacino di Alessandria, a facies transizionali, probabilmente di ambiente litorale, rappresentate da alternanze discontinue di peliti con sabbie e ghiaie (Irace et alii, 2009). In corrispondenza del depocentro, il sintema Q1 assume potenze massime dell'ordine dei 300 m, mentre ai margini del bacino la sequenza si assottiglia, affiorando localmente con spessori ridotti a 50 ÷ 100 m.

L'ampio settore di pianura in destra idrografica del Bormida è impostato in una sequenza di sedimenti fluviali depositi dal Pleistocene medio all'Attuale (Figura 14). I termini più antichi (A11, A12 in Figura 14) affiorano alle quote maggiori, in prossimità del margine dei rilievi collinari. La gran parte del paesaggio compreso tra i corsi del Bormida e dello Scrivia è relativo al megaconoide costruito dal T. Scrivia nel corso del Pleistocene superiore (A13).

La migrazione dello Scrivia verso la posizione attuale e il progressivo approfondimento erosivo hanno interrotto l'evoluzione del conoide che a scala d'insieme risulta inattivo. La successiva attività dei corsi d'acqua principali ha portato al rimodellamento per erosione dei margini del megaconoide, associato localmente alla formazione di depositi fluviali terrazzati (A15 – età Pleistocene sup.-Olocene) relativi ad un livello di idrografico di base superiore all'attuale. Il sito di progetto si localizza nell'ambito dell'unità A15, affiorante tra Molinetto e il margine ovest di Spinetta Marengo a quote comprese tra 95 ÷ 99 m slm, significativamente superiori a quelle dei depositi riferibili al reticolo principale attuale.



I depositi fluviali recenti (fl1 – età Olocene-Attuale) sono distribuiti lungo gli alvei dei corsi d'acqua e attorno alle zone di divagazione in corrispondenza delle confluenze. La fase di approfondimento generalizzato del reticolo principale ha portato, generalmente, al modellamento di lembi di superfici poste a quote via via decrescenti con il diminuire dell'età relativa. La divagazione in epoca attuale e storica degli alvei rimane compresa nell'ambito di questo termine, il cui areale di affioramento corrisponde, in generale, anche al campo di espansione delle piene straordinarie.



**Figura 14** - Inquadramento geologico del sito, individuato dal simbolo rosso, sulla base della Carta Geologica del Piemonte (Piana et alii, 2020). *Legenda:*

- fl1 – Depositi fluviali (Olocene – Attuale);
- A15 – Depositi fluviali (Pleistocene superiore – Olocene);
- A13 – Depositi fluviali e di megaconoide (Pleistocene superiore);
- A12 – Depositi fluviali (Pleistocene medio-superiore);
- A11 – Depositi fluviali (Pleistocene medio).

SILPDUE S.r.l. - AB Green S.r.l.

CAVA LA BOLLA - ALESSANDRIA

Discarica Per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDROLOGICA

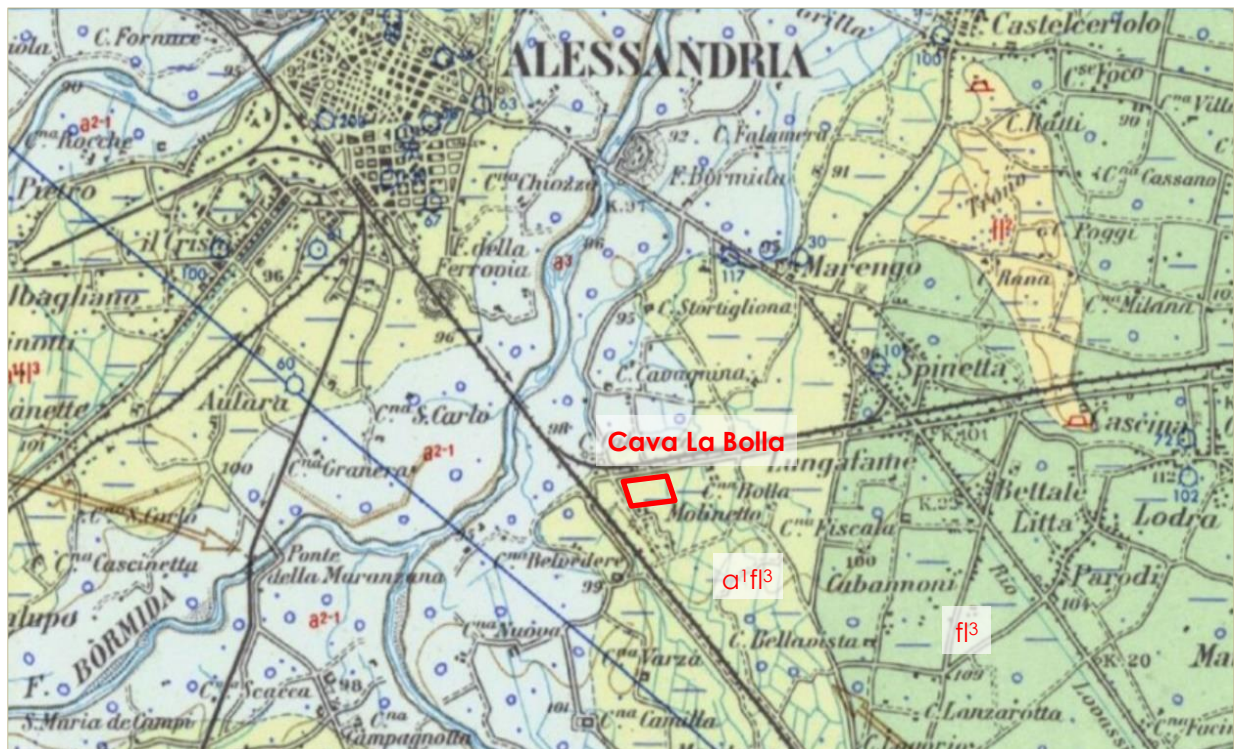
Doc. N. A23-008/R05-1



## 7. GEOLOGIA DELL'AREA

L'area oggetto della Variante urbanistica e il suo intorno significativo si localizzano in corrispondenza dell'esteso affioramento di depositi fluviali affiorante tra i corsi del Bormida e il T. Scrivia nell'insieme riferibili cronologicamente al Pleistocene medio-Olocene. Lo spessore complessivo definito sulla base dei pozzi per ricerche idriche raggiunge i  $50 \div 70$  m.

Con riferimento al Foglio Alessandria della Carta Geologica d'Italia (SGI, 1970), l'area in esame (Figura 15) si localizza al margine del vasto affioramento di depositi attribuiti al "fluviale recente" (sigla  $fl^3$ ) presente tra Mandrogne e Spinetta M., nell'ambito delle "alluvioni prevalentemente argillose" della superficie principale della pianura (sigla  $a^1fl^3$ ) attribuibili in parte alle alluvioni postglaciali ( $a^{2-1}$ ) in parte al fluviale recente.



**Figura 15** – Geologia dell'area di Cava La Bolla (stralcio della Carta geologica d'Italia, F. 70 – Alessandria; SGI, 1970). *Legenda:*

- $a^3$  – alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua;
- $a^{2-1}$  – alluvioni postglaciali;
- $a^1fl^3$  – alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale della pianura, attribuibili in parte alle alluvioni postglaciali ( $a^{2-1}$ ) in parte al fluviale recente ( $fl^3$ );
- $fl^3$  – alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, con modesta alterazione superficiale.

Come specificato nelle stesse Note illustrative della Carta geologica, i criteri di rilevamento e l'assetto del territorio rendono difficoltosa e non univoca la distinzione tra le alluvioni della superficie principale della pianura ( $\alpha^1\text{fl}^3$ ) e i depositi delle adiacenti alluvioni postglaciali ( $\alpha^2\text{-}1$ ).

La metodologia adottata nella nuova Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG) per il rilevamento dei depositi quaternari si basa sull'individuazione e la correlazione delle superfici di discontinuità che separano i corpi rocciosi. È così possibile definire unità a limiti inconformi delimitate da superfici con elevato valore cronostratigrafico, superando le limitazioni derivanti dall'utilizzo del solo approccio litostratigrafico nello studio dei depositi continentali.

Facendo riferimento alla sequenza stratigrafica definita nei nuovi Fogli Geologici già pubblicati per le aree limitrofe (es., F. 194 - SGI, 2016), nell'area di interesse si individuano, a partire dall'unità più recente, i seguenti termini appartenenti geneticamente al bacino deposizionale del fiume Bormida.

#### Depositi quaternari

- Sintema di Cairo Montenotte: Subsintema di Rocchetta Cairo - Età Olocene-Attuale
- Sintema di Merana: Subsintema di Pian del Gatto - Età Pleistocene superiore

#### Unità del substrato locale

Non sono rilevabili direttamente nell'intorno del sito. Sulla base delle stratigrafie dei pozzi profondi, al di sotto dei depositi fluviali del Pleistocene medio-Olocene è ipotizzabile la presenza dei sedimenti fluvio-lacustri del "Villafranchiano" Auct. (età Pleistocene inf.) e dei depositi marini comprendenti le unità Sabbie di Asti e Argille azzurre (età Pliocene).

L'utilizzo delle nuove unità stratigrafiche, con i relativi elementi descrittivi già definiti nelle zone circostanti (Foglio 194 – Acqui Terme; SGI, 2016), fornisce una caratterizzazione maggiormente rappresentativa dei depositi, consentendo anche l'inquadramento delle stratigrafie ottenute con i nuovi sondaggi (cfr. Cap. 8.2).

#### Subsintema di Rocchetta Cairo

Depositi fluviali ghiaioso sabbiosi e ghiaiosi, generalmente a supporto di clasti. Clasti di taglia centimetrica o, meno frequentemente decimetrica, da subarrotondati a ben

arrotondati, debolmente o per nulla alterati. La successione ghiaiosa è coperta da estese coltri di esondazione fluviale di spessore metrico ( $1 \div 4$  m), costituite da sabbie con laminazione parallela o limi e limi sabbiosi con rari elementi di ghiaia. Localmente ai depositi grossolani si intercalano lenti o livelli di spessore pluridecimetrico costituiti da sabbie e limi sabbiosi. Si distribuiscono negli attuali fondovalle in corrispondenza delle zone di divagazione, oppure formano superfici terrazzate sospese a non più di 10 m dagli alvei relativi al reticolo principale (F. Tanaro, F. Bormida), e localmente dai corsi d'acqua tributari. La potenza massima dei depositi è valutabile in circa 20 m.

Nell'intorno del sito affiorano dal fondovalle del T. Bormida sino al margine ovest dell'abitato di Spinetta, costituendo una sorta di fascia estesa in direzione N-S compresa tra l'alveo del Bormida e il margine laterale del conoide del T. Scrivia.

Le attività estrattive di Cava La Bolla (settore est ed ovest) sono state condotte interamente all'interno di questa unità. Analogamente, le perforazioni ed i piezometri realizzati in passato interessano per la maggior parte del loro sviluppo i depositi di Rocchetta Cairo, mentre i nuovi sondaggi eseguiti nella recente Campagna 2025, spinti a maggiore profondità (30 m dal p.c. originario) hanno attraversato interamente questa unità.

#### Subsistema di Pian del Gatto

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose a supporto di matrice e sabbie ghiaiose. La frazione siltoso-argillosa è localmente abbondante. I clasti a composizione prevalentemente carbonatica e arenacea, presentano taglia centimetrica e forma da subarrotondata a ben arrotondata. All'interno del deposito si rinvencono lenti e livelli limoso-sabbiosi con spessore da pluridecimetrico a metrico. La successione prevalentemente ghiaiosa è localmente coperta da coltri di esondazione fluviale di spessore variabile (alcuni metri) a granulometria limoso-argillosa. Nella porzione sommitale dell'unità i clasti e la matrice presentano un moderato grado di alterazione. Età: Pleistocene superiore.

Questi depositi costituiscono la porzione principale del conoide del T. Scrivia. Lo spessore massimo conservato è valutabile tra 20 e 30 m. Nel settore in esame affiorano estesamente tra Frugarolo e Spinetta Marengo, disponendosi sino a quote di  $10 \div 30$  m superiori rispetto al fondovalle attuale. Procedendo verso ovest, sono rilevabili in

affioramento sino al margine dell'insediamento di Spinetta, non giungendo ad interessare direttamente l'area di progetto.

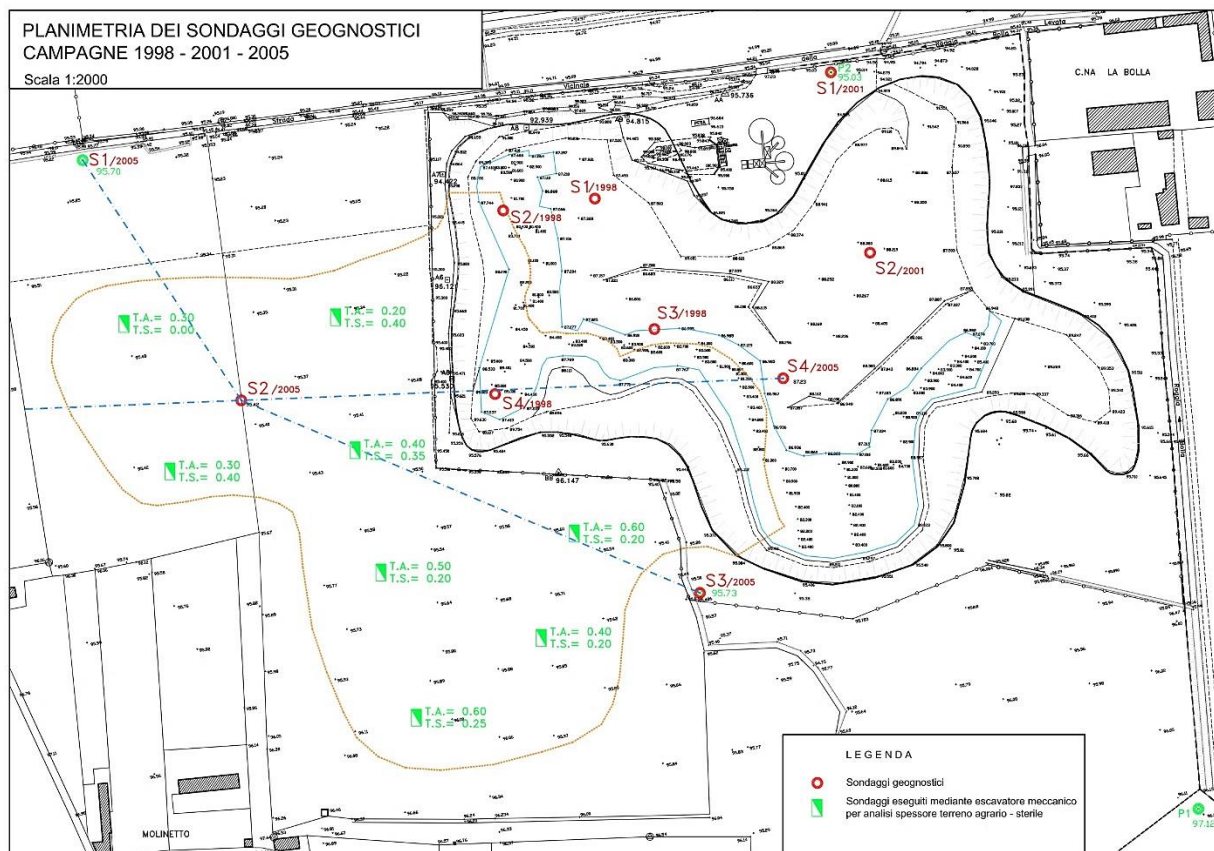
Una maggiore estensione nel sottosuolo dell'unità di Pian del Gatto è tuttavia presumibile. I sondaggi realizzati in corrispondenza del sito, infatti, al di sotto dei più recenti depositi di Rocchetta Cairo hanno riscontrato localmente intercalazioni di terreni con granulometria prevalente fine, limoso-sabbiosa, riferibili verosimilmente a episodi di esondazione fluviale, inglobanti elementi di ghiaia medio-fine. Il loro spessore varia da pluridecimetrico a metrico, mentre la giacitura risulta di tipo lentiforme, non avendo riscontrato continuità tra i diversi sondaggi.



## 8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 8.1 DATI PREGRESSI

In relazione alla conduzione delle attività di cava nel comprensorio di Cava La Bolla, avviato alla fine degli Anni Novanta ed estesi progressivamente, si dispone di un discreto numero di indagini pregresse, comprendenti sondaggi a carotaggio e pozzetti esplorativi distribuiti sia nel sito di progetto attuale, sia nelle aree circostanti (Figura 16).

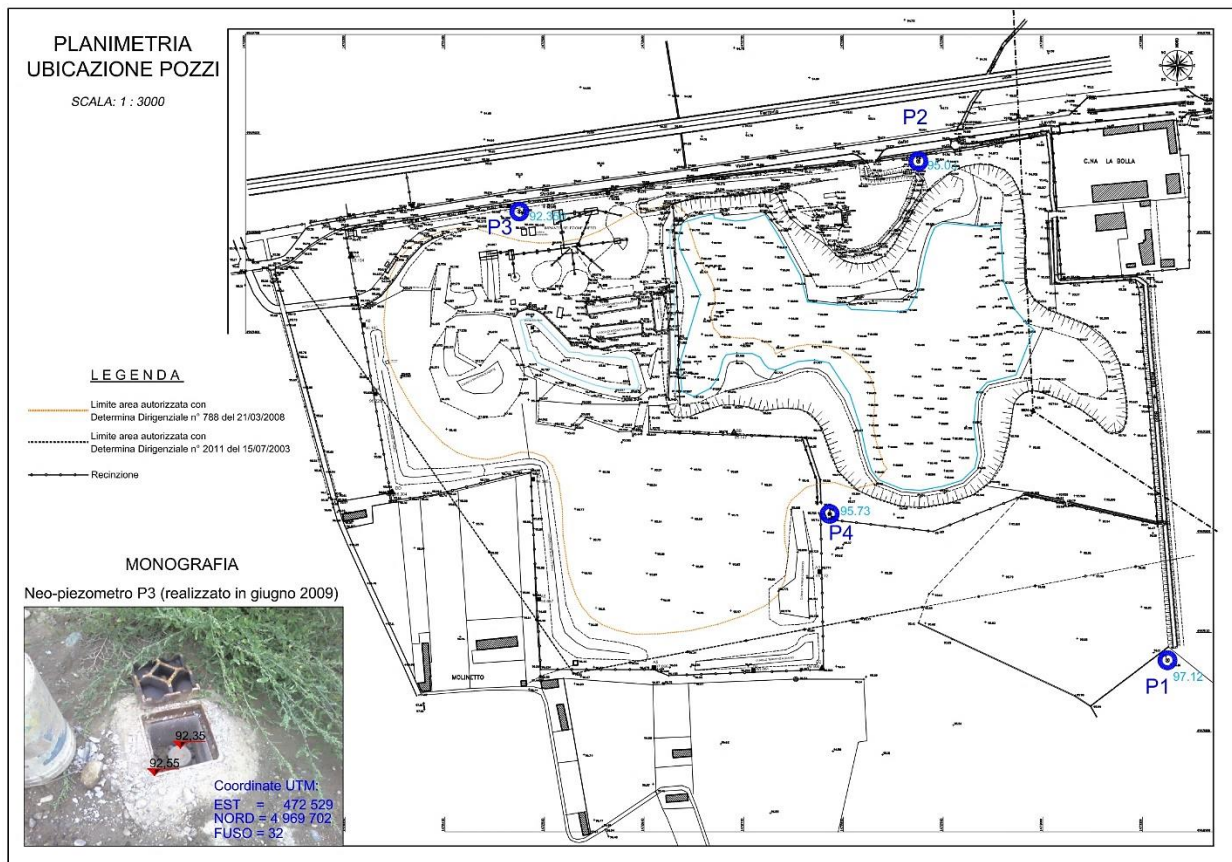


**Figura 16** - Planimetria ubicazione indagini pregresse (sondaggi, pozzetti esplorativi) realizzate nel comprensorio di Cava La Bolla negli anni 1998 – 2001 – 2005.

Trattandosi tuttavia di indagini finalizzate alla valutazione della tipologia dei materiali oggetto di coltivazione (terreni ghiaioso-sabbiosi), la documentazione disponibile è limitata alle descrizioni stratigrafiche sommarie, alla valutazione dell'orizzonte superficiale non di interesse (terreno agrario, terreno "sterile" ovvero con granulometria non adeguata) e ad alcune classificazioni granulometriche su campioni di tipo rimaneggiato. Queste indagini, eseguite a partire dal piano

campagna originario, sono comunque utili per caratterizzare l'orizzonte stratigrafico superficiale in posto, costituito da sabbie medio-fini limose con spessori variabili da 1 a 3 m.

Per il monitoraggio della falda nell'ambito dell'attività estrattiva è stata realizzata una rete di monitoraggio comprendente in origine 4 piezometri a tubo aperto, ubicati rispettivamente a monte (sud) e valle idrogeologico (nord) rispetto ai settori di scavo (Figura 17). Il progredire delle attività di cava ha comportato a più riprese la riorganizzazione dei punti di monitoraggio



**Figura 17** - Planimetria ubicazione piezometri nel comprensorio di Cava La Bolla. Situazione al Giugno 2009. In seguito, il piezometro P1 è stato rimosso, e P4 è stato assunto quale nuovo piezometro di monte.

Dalla consultazione della documentazione di archivio è stato possibile ricostruire le seguenti fasi principali:

- fase iniziale della cava, con scavi nel settore est: sono presenti (Figura 17) i piezometri P1 (di monte) e P2 di valle), le misure reperite iniziano nell'Ottobre 2003;



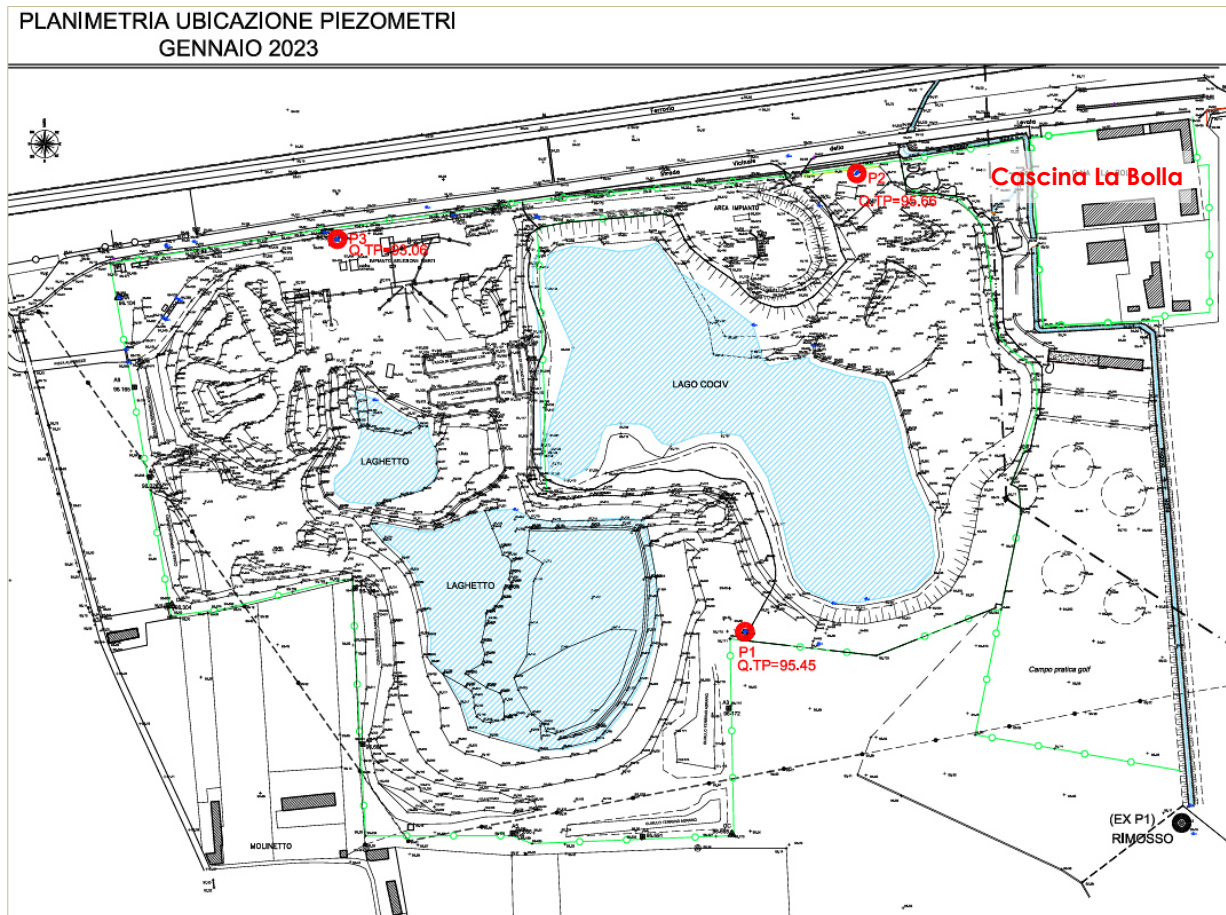
- nel corso del 2005 sono realizzati gli ulteriori piezometri P3 (a valle) e P4 (a monte), si procede anche al rilievo del livello del lago impostatosi per affioramento della falda nel settore est della cava;
- Aprile 2009, rimozione del piezometro P3;
- Giugno 2009, realizzazione nuovo piezometro P3 a breve distanza dal precedente;
- rimozione a causa di lavori agricoli del piezometro P1. Il ruolo di piezometro di monte è assunto da P4, la cui denominazione è modificata in P1.

In relazione alle lavorazioni in atto nel sito, inoltre, alcuni piezometri hanno subito variazioni di altezza della testa tubo, assunto a riferimento per il rilievo della soggiacenza della falda, e di conseguenza della loro quota topografica oggetto di nuovi rilievi.

La configurazione della rete piezometrica, come sopra definita mantenutasi sino ad oggi, è illustrata nella Figura 18, le caratteristiche dei piezometri presenti sono riassunte nella Tabella 1. Nell'intervallo temporale per cui è stato possibile acquisire i rilievi, nella definizione dei livelli piezometrici sono state tenute in considerazione le variazioni intervenute nella posizione della testa tubo dei punti di misura.

**Tabella 1** – Caratteristiche dei piezometri costituenti l'attuale rete di monitoraggio della falda.

Piezometro	Installazione	Tipo	Quota testa tubo [m slm]	Profondità [m da testa tubo]	Diametro
P1 (ex P4)	2005	Tubo aperto	95,45	20,0	4"
P2	2001	Tubo aperto	95,66	15,0	3"
P3	2009	Tubo aperto	93,06	20,0	4"



**Figura 18** - Planimetria configurazione attuale rete di monitoraggio piezometrico (P1, P2, P3, in colore rosso).

## 8.2 CAMPAGNA D'INDAGINE 2025

Per l'impostazione del Progetto in esame è stata pianificata una specifica campagna d'indagine comprendente indagini dirette, con finalità stratigrafico-geotecniche, rilievi sismici di superficie, svolgimento di prove geotecniche in sito e di laboratorio. Le indagini in sito e in laboratorio, sono state condotte con le seguenti finalità:

- definizione e verifica puntuale della natura e stratigrafia dei terreni sino alla profondità necessaria per la definizione del volume significativo di sottosuolo relativamente all'intervento in programma, ovvero 30 m rispetto alla quota del piano campagna medio originario (circa 95,0 m slm);
- svolgimento di prove in foro per la caratterizzazione geotecnica in sito dei terreni;
- prelievo di campioni di terreno per la caratterizzazione composizionale e geotecnica tramite prove di laboratorio;

- svolgimento di rilievi sismici (prove MASW) per la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio S e l'attribuzione della categoria sismica di suolo.

Le indagini condotte in sito nel Febbraio 2025, sono riassunte nei par. seguenti. La loro descrizione completa è riportata nei Report delle Ditte esecutrici ([10] Doc. No. A23-008-R08-130), mentre l'analisi dei dati volta alla definizione del Modello geotecnico e dei parametri di calcolo è sviluppata nella Relazione geotecnica [10].

## 8.2.1 Indagini geotecniche

### 8.2.1.1 Sondaggi

Sono stati eseguiti n. 5 sondaggi a carotaggio continuo, impostati in corrispondenza dell'impronta dell'opera in progetto, spinti sino a raggiungere la profondità di 30 m rispetto al piano campagna medio originario (Figura 19; Tabella 2).



‰

**Figura 19** - Ubicazione su ripresa aerea delle indagini eseguite nella Campagna 2025: SC-01 ÷ SC-05 sondaggi verticali a carotaggio; MASW-01 ÷ MASW-02 rilievi sismici MASW.

I sondaggi, con assetto verticale, sono stati condotti a secco con carotiere semplice di diametro 101 mm. Nel corso della perforazione all'avanzamento del carotiere è

stato fatto seguire costantemente l'installazione del rivestimento metallico provvisorio (diam. 127 mm) sino a fondo foro, per evitare il detensionamento del terreno incassante.

**Tabella 2** - Caratteristiche dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2025 nell'area di Cava La Bolla 2.

Sondaggio	Posizione	Quota p.c. [m slm]	Profondità sondaggio [m da p.c.]	Prove geotecniche eseguite
SC-01	Settore nord-ovest	90	25	n. 15 SPT
SC-02	Settore centrale	89	25	n. 16 SPT
SC-03	Settore est	93	27	n. 17 SPT
SC-04	Settore nord	92	27	n. 18 SPT
SC-05	Settore sud	95	30	n. 20 SPT

In relazione alla natura attesa per i terreni, prevalentemente a granulometria grossolana, per la loro caratterizzazione geotecnica era stata inizialmente prevista sia l'esecuzione di prove penetrometriche in foro (*Standard Penetration Test* – SPT), sia il prelievo di campioni di tipo indisturbato, nel caso si rinvenissero intercalazioni fini, e rimaneggiato per le determinazioni di laboratorio.

Tutte le prove SPT sono state condotte con impiego del campionatore Raymond dotato di punta aperta. Per verificare la possibile eterogeneità dei terreni e disporre di dati rappresentativi, in tutti i sondaggi le prove SPT sono state eseguite ad ogni intervallo di manovra, ovvero ogni 1,5 m di profondità, per l'intero sviluppo del foro. Le prove SPT svolte assommano nel complesso a ben n. 86 (Tabella 3).



**Tabella 3** – Sondaggi Campagna 2025, serie di prove penetrometriche in foro eseguite ogni 1,5 m di approfondimento.

Sondaggio SC-01			Sondaggio SC-03		
Profondità [m da p.c.]	Prova	N. colpi/15cm	Profondità [m da p.c.]	Prova	N. colpi/15cm
1,5	SPT 1	11 – 16 – 13	1,5	SPT 1	11 – 10 – 9
3,0	SPT 2	9 – 16 – 16	3,2	SPT 2	12 – 15 – 13
4,5	SPT 3	11 – 15 – 15	4,5	SPT 3	7 – 8 – 12
6,0	SPT 4	13 – 20 – 21	6,0	SPT 4	20 – 20 – 18
7,5	SPT 5	15 – 12 – 12	7,5	SPT 5	11 – 10 – 11
10,5	SPT 6	11 – 22 – 20	9,0	SPT 6	10 – 16 – 11
12,0	SPT 7	18 – 24 – 25	10,5	SPT 7	28 – 18 – 15
13,5	SPT 8	42 – 31 – 22	13,5	SPT 8	30 – 26 – 20
15,0	SPT 9	12 – 18 – 21	15,0	SPT 9	23 – 30 – 32
16,5	SPT 10	15 – 18 – 19	16,5	SPT 10	6 – 8 – 8
18,0	SPT 11	13 – 18 – 23	18,0	SPT 11	26 – 15 – 18
19,5	SPT 12	12 – 10 – 12	19,5	SPT 12	28 – 28 – 27
21,0	SPT 13	13 – 30 – 26	21,0	SPT 13	16 – 15 – 16
22,5	SPT 14	20 – 50 – 44	22,5	SPT 14	18 – 21 – 20
24,0	SPT 15	33 – 29 – 35	24,0	SPT 15	15 – 10 – 16
			25,5	SPT 16	26 – 40 – R
			27,0	SPT 17	28 – R
Sondaggio SC-02			Sondaggio SC-04		
Profondità [m da p.c.]	Prova	N. colpi/15cm	Profondità [m da p.c.]	Prova	N. colpi/15cm
1,5	SPT 1	12 – 11 – 10	1,5	SPT 1	8 – 7 – 8
3,0	SPT 2	10 – 13 – 11	3,0	SPT 2	12 – 11 – 12
4,5	SPT 3	14 – 19 – 14	4,5	SPT 3	10 – 12 – 14
6,0	SPT 4	13 – 9 – 13	6,0	SPT 4	12 – 20 – 25
7,5	SPT 5	13 – 8 – 11	7,5	SPT 5	13 – 21 – 21
9,0	SPT 6	12 – 8 – 21	9,0	SPT 6	11 – 18 – 15
10,5	SPT 7	33 – 33 – 26	10,5	SPT 7	11 – 6 – 7
12,0	SPT 8	13 – 19 – 18	12,0	SPT 8	13 – 14 – 19
13,5	SPT 9	13 – 13 – 13	13,5	SPT 9	15 – 13 – 25
15,0	SPT 10	15 – 18 – 16	15,0	SPT 10	18 – 16 – 17
16,5	SPT 11	5 – 7 – 9	16,5	SPT 11	14 – 41 – 30
18,0	SPT 12	9 – 33 – 28	18,0	SPT 12	16 – 17 – 21
19,5	SPT 13	14 – 35 – R	19,5	SPT 13	20 – 25 – 16
21,0	SPT 14	41 – 40 – 33	21,0	SPT 14	15 – 25 – 40
22,5	SPT 15	33 – 44 – R	22,5	SPT 15	23 – 24 – 25
24,0	SPT 16	40 – R	24,0	SPT 16	31 – 45 – R
			25,5	SPT 17	45 – R
			27,0	SPT 18	28 – 38 – R



(segue) **Tabella 3**

<b>Sondaggio SC-05</b>					
Profondità [m da p.c.]	Prova	N. colpi/15cm			
1,5	SPT 1	11 – 9 – 6			
3,0	SPT 2	8 – 7 – 7			
4,5	SPT 3	20 – 19 – 15			
6,0	SPT 4	8 – 10 – 13			
7,5	SPT 5	9 – 10 – 12			
9,0	SPT 6	16 – 22 – 16			
10,5	SPT 7	15 – 18 – 14			
12,0	SPT 8	23 – 20 – 23			
13,5	SPT 9	21 – 18 – 19			
15,0	SPT 10	8 – 6 – 6			
17,0	SPT 11	3 – 5 – 7			
18,0	SPT 12	25 – 35 – 40			
19,5	SPT 13	25 – 40 – R			
21,0	SPT 14	21 – 20 – 33			
22,5	SPT 15	33 – 24 – 33			
24,0	SPT 16	24 – 21 – 26			
25,5	SPT 17	10 – 14 – 25			
27,0	SPT 18	32 – R			
28,5	SPT 19	R			
30,0	SPT 20	23 – 28 – 28			

La presenza costante della frazione ghiaiosa, più o meno grossolana, ha infatti impedito l'ottenimento di campioni indisturbati anche nelle limitate intercalazioni con maggiore presenza della frazione fine, comunque a granulometria prevalentemente limoso-sabbiosa. Per la caratterizzazione fisica dei terreni e lo svolgimento di prove di laboratorio su provini con dimensioni rappresentative, il campionamento di quantità significative è stato effettuato sui carotaggi recuperati.

#### **8.2.1.2 Campionamenti e prove geotecniche di laboratorio**

Nel corso dei sondaggi eseguiti nella Campagna 2025 è stata prelevata una serie di campioni di terreno da sottoporre a prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni (Tabella 4). La tipologia dei depositi attraversati, pressoché interamente costituiti da materiali granulari incoerenti con granulometria prevalentemente grossolana ha consentito solo il prelievo di campioni di tipo

rimaneggiato, ottenuti direttamente dai carotaggi. I risultati forniti dalle prove di classificazione sono riassunti nella Tabella 5.

**Tabella 4** – Campioni di terreno prelevati e determinazioni geotecniche di laboratorio svolte.

Sondaggio	Campione	Profondità di prelievo [m da p.c.]	Prove eseguite		
			Analisi granulometrica per setacciatura	Analisi granulometrica per sedimentazione [*]	Limiti di plasticità
SC-01	C1	4,0 – 5,0	X	X	X
	C2	8,0 – 9,0	X	X	X
	C3	12,0 – 13,0			
	C4	18,0 – 19,0	X	X	X
SC-02	C1	3,0 – 4,0	X		X
	C2	11,0 – 12,0	X		X
	C3	14,0 – 15,0			
	C4	17,0 – 18,0	X	X	X
	C5	24,0 – 25,0			
SC-03	C1	3,0 – 4,0	X	X	X
	C2	8,0 – 9,0			
	C3	14,0 – 15,0	X	X	X
	C4	18,0 – 19,0			
	C5	24,0 – 25,0	X		X

[\*] – L'analisi per sedimentazione è stata eseguita quando la % di passante allo 0,075 mm è risultata superiore al 15 %.

**Tabella 5** – Quadro riassuntivo dei risultati delle prove geotecniche di laboratorio. Legenda: C – ciottoli, G – ghiaia, S – sabbia, L – limo, A – argilla, LL – limite liquido, LP – limite plastico, IP – indice di plasticità.

Sond.	Camp.	Composizione granulometrica *					Limiti di plasticità		
		% C	% G	% S	% L	% A	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SC-01	C1	1	58	29	10	3	22,2	17,9	4,3
	C2	0	56	14	23	6	24,1	20,0	4,0
	C4	0	52	29	14	4	26,0	20,8	5,3
SC-02	C1	1	69	21	9	0	28,8	20,0	8,8
	C2	0	51	36	13	0	18,9	15,9	3,0
	C4	0	1	10	67	23	34,3	21,6	12,7
SC-03	C1	0	58	27	11	4	19,7	16,4	3,3
	C3	0	45	35	14	6	17,3	13,8	3,5
	C5	1	63	32	5	0	22,2	18,5	3,6

[\*] secondo Classificazione AGI, 1977.

### 8.2.2 Indagine geofisica

Per la definizione della classe sismica di suolo, parametro necessario al calcolo semplificato delle azioni sismiche secondo le NTC 2018 sono stati eseguiti due rilievi sismici con la metodologia MASW (*Multi Channel Analysis of Surface Waves*). La prova MASW rappresenta una tecnica di indagine sismica di tipo non invasivo, basata sulla propagazione delle onde superficiali di Rayleigh, per determinare il profilo verticale della velocità delle onde di taglio  $V_s$  nel sottosuolo.

La tecnica si basa sulla generazione, per mezzo di un sistema di energizzazione posto sul piano di campagna, di un treno d'onda di Rayleigh che si propaga lungo un fronte d'onda cilindrico. Le onde di Rayleigh penetrano tanto più in profondità all'interno del deposito di terreno, quanto più è elevata la loro lunghezza d'onda. Il segnale rilevato dai ricevitori permette di determinare la curva di dispersione sperimentale, ovvero la variazione della velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza.

La metodologia MASW si basa essenzialmente sul confronto della curva di dispersione sperimentale con la curva di dispersione teorica che può essere calcolata numericamente per modelli di sottosuolo assimilati a successioni di strati omogenei aventi comportamento elastico.

Gli aspetti caratteristici del metodo sono:

- elevata efficienza, in quanto gran parte dell'energia fornita dai sistemi di energizzazione ordinari alla superficie del suolo si trasforma in onde elastiche di superficie;
- realizzazione dei rilievi sismici (energizzazione e registrazione del segnale) direttamente dal piano campagna, senza la necessità di realizzare perforazioni e installare sensori nel sottosuolo;
- capacità di rilevare le inversioni di velocità sismica, non evidenziabili con la sismica a rifrazione;
- assenza di limitazioni dovute alla presenza di “rumore ambientale”.

I rilievi sono stati condotti impiegando per l'acquisizione del segnale sismico un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit. I geofoni utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari a 4,5 Hz con distorsione inferiore allo 0,2 %. L'energizzazione è stata ottenuta con massa battente da 10 kg agente su

piastra metallica, per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici. Per l'innesco si è utilizzato uno "shock sensor" installato sulla massa battente e connesso via cavo al sismografo. Per maggiori dettagli sulla metodologia e gli aspetti esecutivi della prova si rimanda al relativo Rapporto tecnico.

In relazione alle dimensioni dell'area oggetto dell'intervento sono state condotte 2 Prove MASW posizionate in modo da poter indagare con sistematicità il volume di sottosuolo significativo. L'ubicazione d'insieme dei rilievi MASW in relazione anche alle nuove perforazioni è riportata in Figura 19. Caratteristiche e localizzazione di dettaglio delle prove MASW-01 e MASW-02 sono riportate, rispettivamente, alla Figura 20 e Tabella 6 Tabella 6 – Prova MASW-01, set-up di acquisizione del rilievo sismico., e alla Figura 21 e Tabella 7.



**Figura 20** – Ubicazione della prova MASW-01 in corrispondenza del settore nord del sito di progetto.



**Tabella 6** – Prova MASW-01, set-up di acquisizione del rilievo sismico.

<b>Geofoni</b>	Frequenza (Hz) 4,5	Numero 24	Interasse (m) 3	Lunghezza linea (m) 69
<b>Energizzazioni</b>	Mazza (kg) 10	Punti energizzazione 10 *	Distanza min da Geofono 1 (m) 3	Distanza max da Geofono 1 (m) 30

**Figura 21** - Ubicazione della prova MASW-02 in corrispondenza del settore sud del sito di progetto.**Tabella 7** - Prova MASW-02, set-up di acquisizione del rilievo sismico.

<b>Geofoni</b>	Frequenza (Hz) 4,5	Numero 24	Interasse (m) 1,5	Lunghezza linea (m) 34,5
<b>Energizzazioni</b>	Mazza (kg) 10	Punti energizzazione 12 *	Distanza min da Geofono 1 (m) 1,5	Distanza max da Geofono 1 (m) 27

I due rilievi sono stati impostati con diversa disposizione per quanto riguarda interasse dei geofoni e lunghezza complessiva dello stendimento, comunque rispondenti agli



Standard geofisici internazionali, per verificare eventuali influenze di scala nell'acquisizione del segnale sismico riconducibili a disomogeneità e anisotropia a scala d'insieme dei depositi indagati.

La disponibilità delle stratigrafie e delle serie di prove SPT acquisite con i nuovi sondaggi ha consentito di tarare la restituzione dei rilievi sismici sulla base dell'effettiva natura e comportamento fisico dei terreni. I due rilievi hanno fornito risultati del tutto confrontabili sotto l'aspetto sismo-stratigrafico, coerentemente alla natura, assortimento granulometrico e parametri rappresentativi dei terreni, che a scala complessiva evidenziano un comportamento relativamente uniforme e un progressivo miglioramento con la profondità delle proprietà geotecniche.

L'assetto sismo-stratigrafico rilevato dalle prove è sintetizzato nella Tabella 8 Tabella 8 (prova MASW-01) e nella Tabella 9 (prova MASW-02). Entrambi i rilievi hanno restituito per il parametro  $V_{s,30}$ , calcolato dal piano campagna valori superiori a 360 m/s, che consentono di definire i terreni indagati come *Suolo di classe sismica "B"*, ovvero:

*"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".*

**Tabella 8** – Prova MASW-01, assetto sismo-stratigrafico.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità $V_s$ [m/s]
1	0 ÷ 1	Primo sismostrato costituito da materiali rimaneggiati e depositi a bassa densità.	150
2	1 ÷ 15	Secondo sismostrato costituito da depositi ad addensamento medio.	250 ÷ 400
3	15 ÷ 30	Terzo sismostrato caratterizzato da depositi a densità crescente da media ad elevata.	450 ÷ 740
<b><math>V_{s,30}</math>, calcolato dal piano campagna = 392 m/s</b>			
Il contesto geologico-geotecnico esaminato è definibile come <i>Suolo di classe sismica B</i>			

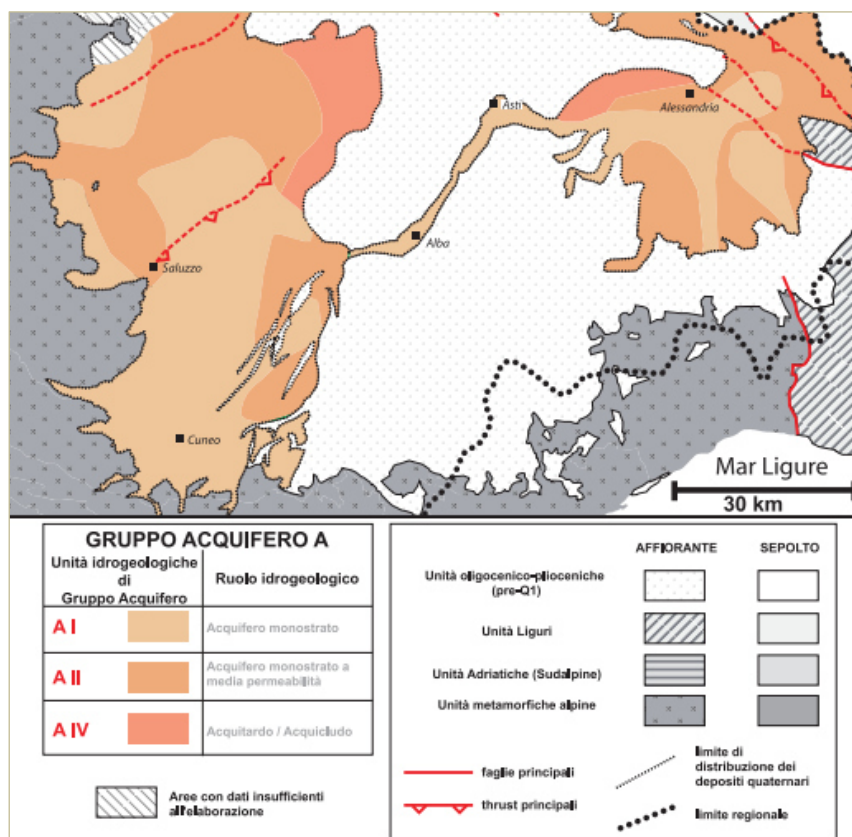
**Tabella 9** - Prova MASW-02, assetto sismo-stratigrafico.

<b>Livello</b>	<b>Profondità</b> [m da p.c.]	<b>Descrizione</b>	<b>Velocità Vs</b> [m/s]
1	0 ÷ 2,4	Primo sismostrato costituito da materiali rimaneggiati e depositi a bassa densità.	180 ÷ 210
2	2,4 ÷ 12	Secondo sismostrato costituito da depositi ad addensamento medio.	270 ÷ 360
3	12 ÷ 30	Terzo sismostrato caratterizzato da depositi a densità crescente da media ad elevata.	450 ÷ 710
<b>Vs<sub>30</sub></b> , calcolato dal piano campagna = <b>372 m/s</b>			
Il contesto geologico-geotecnico esaminato è definibile come <i>Suolo di classe sismica</i> <b>B</b>			

## 9. IDROGEOLOGIA

### 9.1 INQUADRAMENTO

Con riferimento all'evoluzione deposizionale del bacino di Alessandria (cfr. Cap. 6), la porzione di sequenza stratigrafica compresa nel sintema Q2, comprendente i depositi di ambiente continentale, individua nell'analisi idrostratigrafica (Irace et alii, 2009) il cosiddetto Gruppo Acquifero A, corrispondente nella nomenclatura tradizionale agli Acquiferi superficiali. Nel bacino di Alessandria buona parte della pianura è contraddistinta da aree a media e alta permeabilità passanti a zone a bassa permeabilità ai suoi margini settentrionali (Figura 22).



**Figura 22** - Distribuzione nel sottosuolo delle unità idrogeologiche a diversa permeabilità comprese nel Gruppo Acquifero A (da Irace et alii, 2009).

L'Acquifero A è totalmente permeato da acque dolci. I valori di potenza massima, sino a 80 m circa, si rilevano nei settori centromeridionali del bacino (Figura 23). Nel complesso la circolazione è riferibile ad un unico acquifero monostrato, le intercalazioni fini presenti al suo interno ne limitano localmente la permeabilità senza tuttavia determinare condizioni di confinamento.

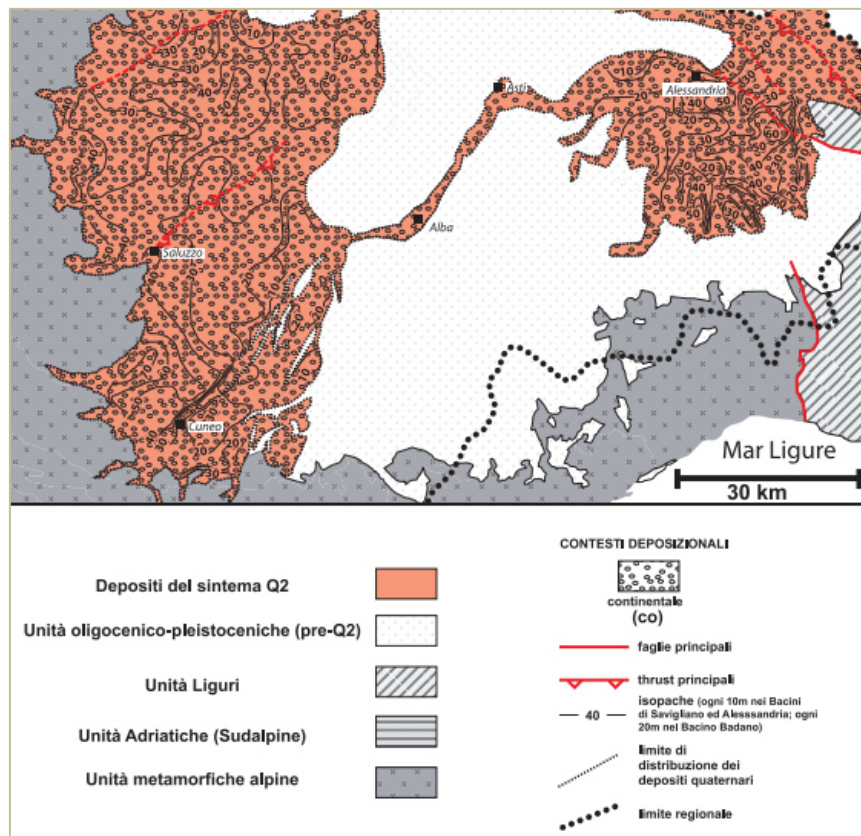
SILPDUE S.r.l. - AB Green S.r.l.

CAVA LA BOLLA - ALESSANDRIA

Discarica Per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDROLOGICA

Doc. N. A23-008/R05-1



**Figura 23** - Distribuzione nel sottosuolo degli spessori relativi ai depositi del sistema Q2, costituenti il Gruppo Acquifero A (da Irace et alii, 2009).

I depositi continentali del sistema Q2 poggiano sulla sequenza continentale-transizionale relativa al sistema Q1 del Pleistocene inferiore. Il sistema Q1 individua il Gruppo Acquifero B, corrispondente nella nomenclatura usuale agli Acquiferi profondi "tradizionali" (ovvero estesi sino a profondità nell'ordine dei 300 m), permeati sempre da acque dolci. Nel bacino di Alessandria la circolazione sotterranea nell'ambito di questo Gruppo è caratterizzata dalla presenza di acquiferi multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. Nell'ambito della pianura della Fraschetta, il Gruppo acquifero B è sede della circolazione confinata e semi-confinata captata con pozzi profondi a scopo idropotabile.

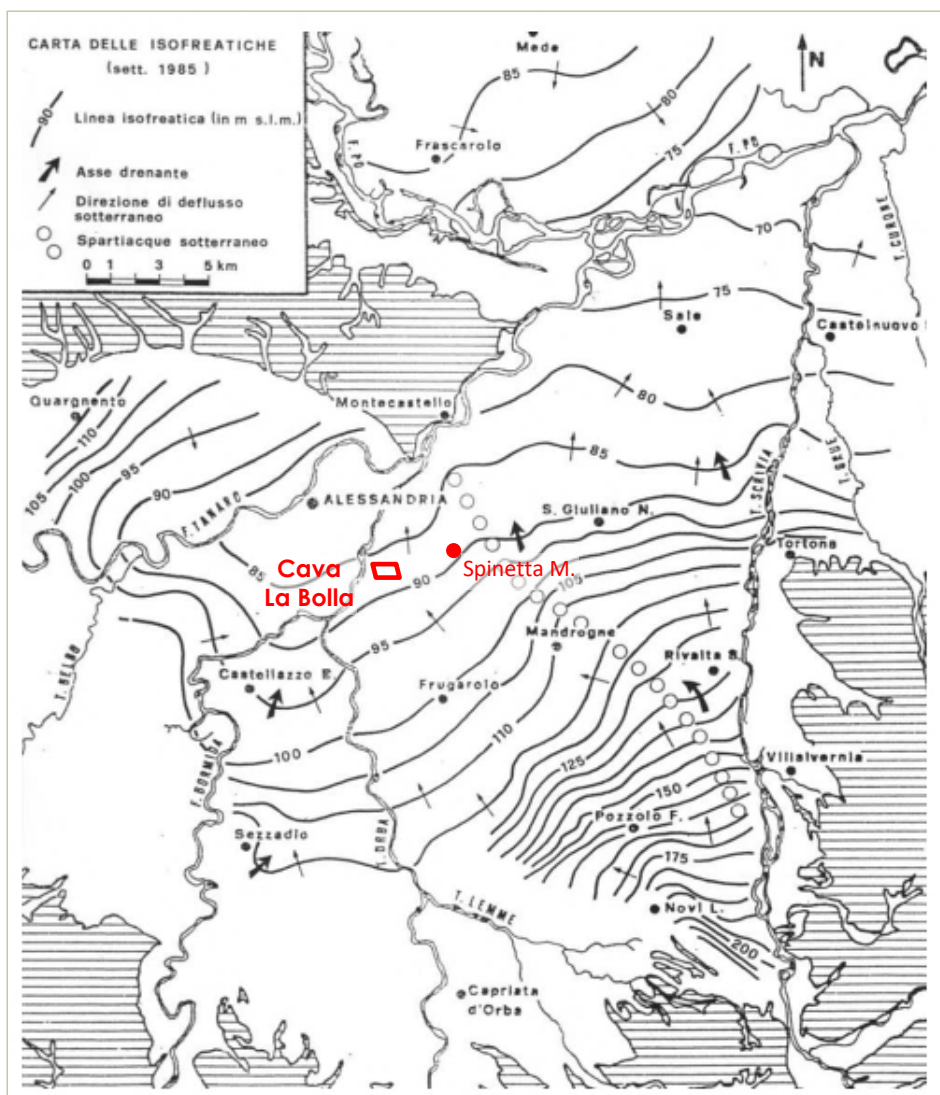
## 9.2 ASSETTO DELLA CIRCOLAZIONE SOTTERRANEA

A sud di Alessandria la sequenza stratigrafica descritta (si cfr. *Cap. 7*) è riconducibile nell'insieme ad un unico complesso idrogeologico (nell'accezione di Celico, 1988), denominato "complesso dei depositi fluviali", caratterizzato da una permeabilità di tipo primario per porosità. La conducibilità idraulica complessiva è controllata dall'assortimento granulometrico della componente grossolana (ghiaia e sabbia) e dall'incidenza e distribuzione della matrice fine, comunque a composizione fondamentalmente granulare (sabbia fine e limo). Le locali intercalazioni di terreni fini, limi e argille, individuate a tratti con i sondaggi geognostici, non assumono carattere di continuità e, pertanto, non sono in grado di determinare compartimentazioni nella circolazione idrica sotterranea.

Il complesso dei depositi fluviali ospita un acquifero di tipo libero, sede di una circolazione di tipo freatico, estesa all'intero settore di pianura compresa tra il margine dei rilievi collinari presenti più a sud e le colline del Monferrato a nord.

L'assetto idrogeologico del settore comprendente Cava La Bolla, nello specifico, è improntato dal grande conoide alluvionale costruito dal T. Scrivia, sede di una falda superficiale che si estende per oltre 400 km<sup>2</sup>, compresa tra i corsi del Bormida-Tanaro, del Po a nord, e i rilievi collinari tortonesi verso est (Figura 24). Il reticolo fluviale principale rappresenta il recapito finale della circolazione sotterranea.





**Figura 24** - Schema Idrogeologico del conoide del T. Scrivia, nella configurazione della circolazione sotterranea relativa della pianura alessandrina (De Luca et alii, 1987).

Le caratteristiche idrogeologiche dei depositi appaiono legate alla natura dei sedimenti e all'evoluzione geomorfologica dell'area. La paleo-idrografia e parte dell'attuale reticolo minore di questo tratto di pianura evidenziano direttrici di deflusso che in passato erano dirette da sud-est verso nord-ovest. Da questo andamento si discosta sensibilmente l'attuale alveo del T. Scrivia, defluente con un andamento meridiano a ridosso dei rilievi collinari di Tortona.

L'acquifero superficiale, con potenza massima dell'ordine dei  $50 \div 70$  m, è costituito da sabbie e ghiaie con locali lenti di limi e argilla. Nel complesso è caratterizzato da valori di conducibilità idraulica medio-alta, decrescenti con la profondità (Pozzi &

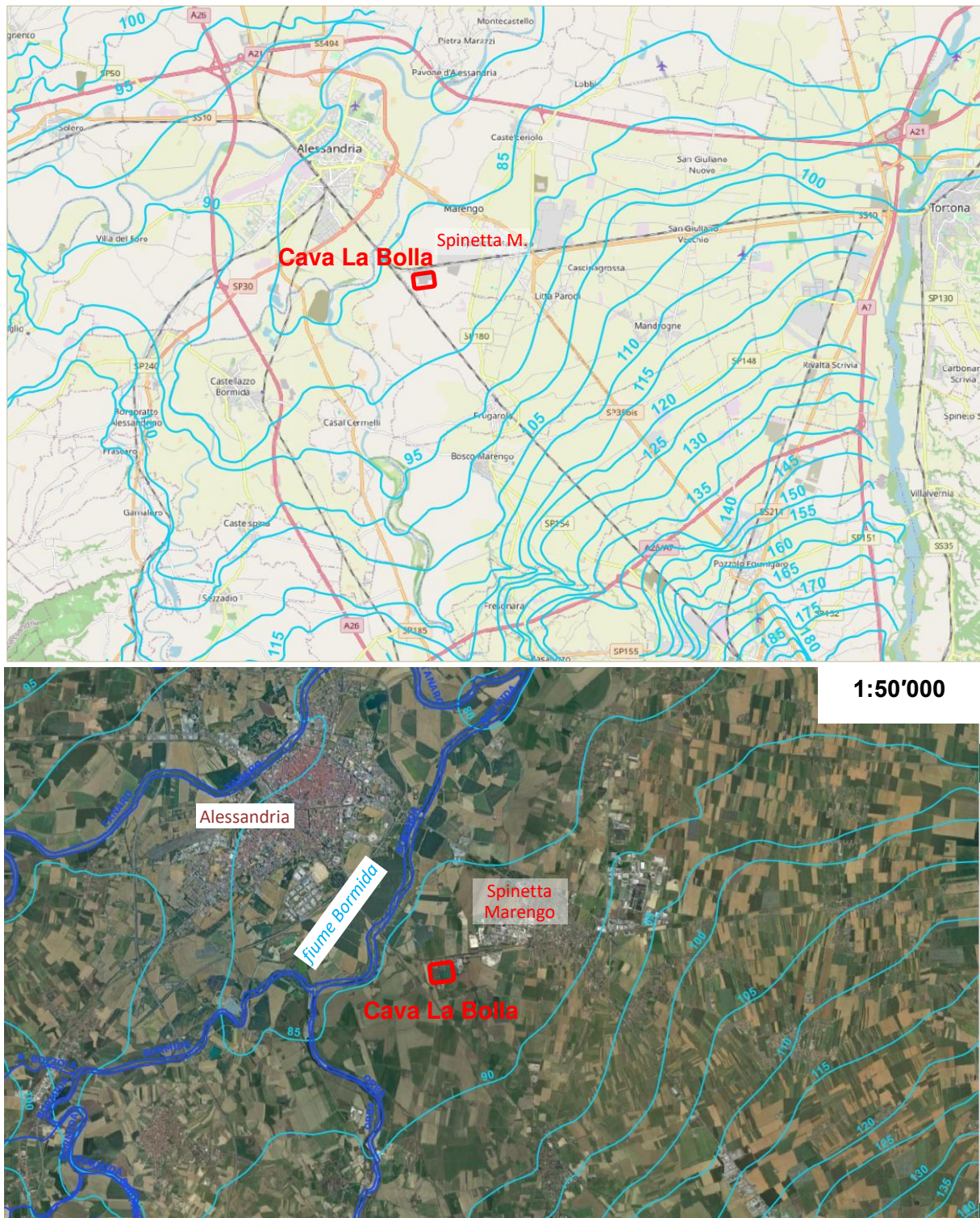
Francani, 1968). La riduzione della granulometria media, rilevabile spostandosi dal settore apicale verso la parte distale del conoide, analogamente, determina una significativa riduzione della permeabilità.

Il deflusso sotterraneo risulta avere un andamento radiale, venendo però localmente condizionato e controllato dalla presenza di numerosi assi drenanti, che si concentrerebbero lungo le direzioni di paleoalveo del T. Scrivia. L'alimentazione della circolazione sotterranea è rappresentata principalmente dal contributo delle precipitazioni dirette e dalla dispersione nel sottosuolo dei deflussi relativi alla rete di scolo superficiale. Gli apporti da parte dei corsi d'acqua sono limitati ai settori in cui gli alvei dei corsi d'acqua risultano modellati nei depositi fluviali e a quote comparabili con essi.

La superficie della falda nel settore apicale del conoide, nei pressi di Novi Ligure, si dispone attorno ai 200 m s.l.m., degradando con uno sviluppo complessivo a morfologia conica verso i tratti finali del F. Bormida – F. Tanaro, dove assume quote variabili tra 85 e 75 m s.l.m.

La ricostruzione di Figura 24 è confermata, con maggior grado di dettaglio, dal monitoraggio piezometrico condotto dalla Regione Piemonte nell'ambito del Progetto PRISMAS (2002) sull'intera pianura piemontese. L'andamento del pannello piezometrico nell'intorno significativo dell'area, tratto dall'elaborazione di un'apposita campagna di rilievi piezometrici svolti dalla Regione nel corso del 2002 sull'intera pianura piemontese è illustrato in Figura 25.





**Figura 25** - Piezometria della falda superficiale ospitata nel complesso dei depositi fluviali (da Progetto PRISMAS, Regione Piemonte). Nel settore di interesse la direzione media del flusso sotterraneo è disposta da sud-est verso nord-ovest, con recapito finale verso l'alveo del Fiume Bormida. E' anche evidente il significativo abbassamento della piezometria spostandosi nell'intorno del sito da est (Spinetta M.) verso ovest (Cava La Bolla).

Nel tratto di pianura in destra del fiume Bormida, la superficie piezometrica degrada gradualmente dal margine del conoide verso il corso d'acqua. Le isopieze assumono a scala ampia uno sviluppo leggermente arcuato che ribadisce l'andamento della superficie topografica. Il campo di moto complessivo dell'acquifero è rivolto da sud-est verso nord-ovest, con direzione rivolta al tratto inferiore del Bormida che rappresenta il recapito ultimo di questa porzione della falda. Il sito in esame, compreso tra le isopieze 90 m slm e 85 m slm, ricade in prossimità di quest'ultima.

I gradienti piezometrici medi, nel tratto di conoide posto a quote più elevate (verso sud) compresi tra l'1,0% e l'1,5 %, si riducono sensibilmente avvicinandosi al corso d'acqua, dove assumono valori nell'ordine di 0,1 ÷ 0,5 %.

Avvicinandosi al corso del Bormida è evidente l'effetto di richiamo determinato dalla presenza dell'alveo associata alla maggiore permeabilità dei depositi fluviali attuali (Figura 25 in basso). La piezometria complessiva rileva anche un maggiore "avanzamento" della falda nella zona al margine est di Spinetta, riconducibile a una zona con maggiore conducibilità idraulica dovuta alla presenza di paleo-alvei. Tale assetto non subisce variazioni sostanziali a seguito delle fluttuazioni della superficie piezometrica (innalzamento/abbassamento) conseguenti al regime di ricarica della circolazione idrica sotterranea.

Con riferimento all'areale significativo per Cava La Bolla, questa configurazione della falda determina una rilevante diminuzione dei livelli della falda procedendo da est, ovvero da Spinetta Marengo che si trova in una situazione di "alto piezometrico" relativo, verso ovest in corrispondenza del sito in esame.

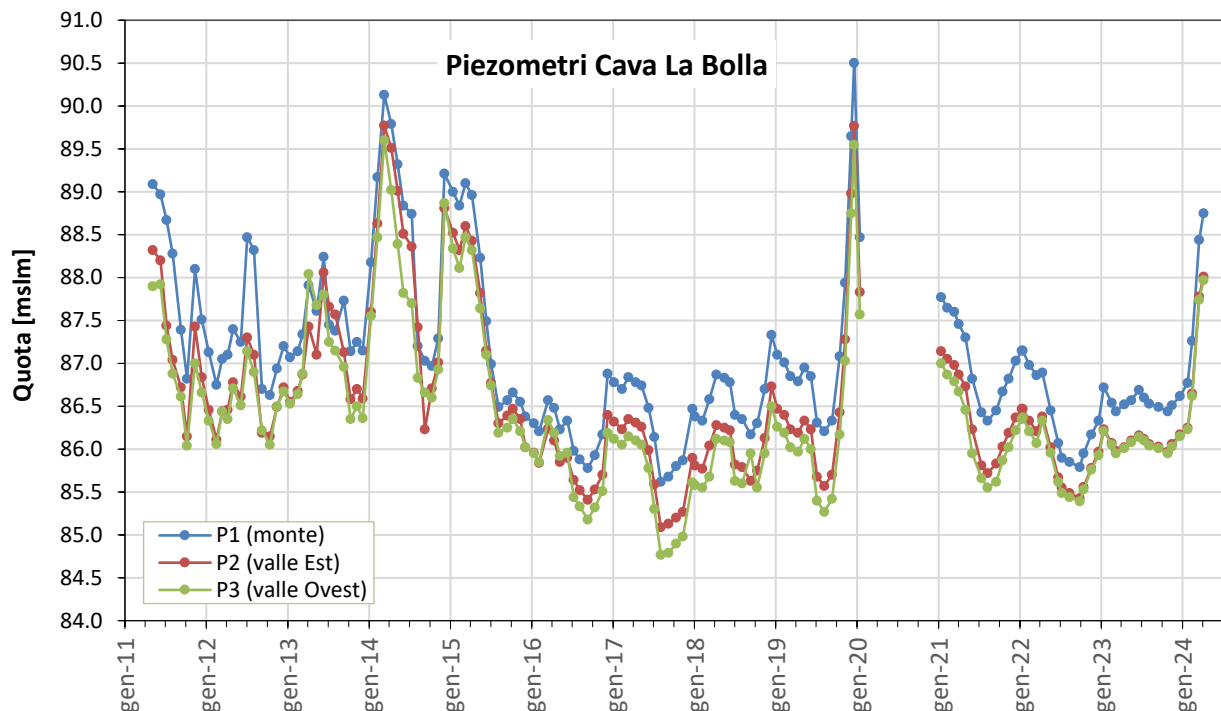
### 9.3 PIEZOMETRIA DEL SITO

Per il controllo dello stato della falda in corrispondenza dell'area di intervento sono disponibili:

- Il sistema di piezometri installato nell'ambito dell'attività estrattiva di Cava La Bolla;
- La rete di monitoraggio piezometrico di area vasta a servizio dello Stabilimento Syensqo (ex Solvay).

Congiuntamente all'avvio della cava sono stati realizzati n. 4 piezometri a tubo aperto disposti rispettivamente a monte e valle idrogeologico delle aree di scavo. Il

progredire dei lavori ha determinato il rifacimento di alcuni piezometri e la modifica della testa tubo di riferimento per le misure. Misure dei livelli, sia pure non complete, sono disponibili a partire dal 2003. Il monitoraggio è stato condotto con periodicità mensile su almeno n. 3 piezometri, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1. Per il periodo 2011-24 è stato possibile ricostruire una serie uniforme e pressoché continua di misure illustrata nel grafico di Figura 26.



**Figura 26** - Andamento del livello freatico rilevato nei piezometri di Cava La Bolla nel periodo 2011 ÷ 2024. Per l'ubicazione dei punti di monitoraggio si veda Figura 18.

Considerato nel suo insieme il monitoraggio evidenzia due andamenti distinti nel tempo, direttamente riconducibili al regime delle precipitazioni. Nel primo periodo, sino all'estate del 2015, gli apporti meteorici elevati e contraddistinti dal susseguirsi di eventi idrologici rilevanti, determinano il permanere per periodi prolungati di livelli di falda relativamente elevati (tra 86,8 ÷ 87,8 m slm), a cui si assommano più picchi di massimo innalzamento, anche superiori agli 89 m slm. Nel periodo seguente, sino al 2024, in relazione ai generalmente minori apporti atmosferici, la falda si dispone prevalentemente tra 85,5 ÷ 87,0 m slm. In quest'ultimo decennio si rilevano solo due innalzamenti significativi della falda in cui sono rilevati dal piezometro P1, rispettivamente, i livelli di 88,75 m nell'aprile 2024 e 90,50 m slm nel dicembre 2019.



Su scala annuale, il regime piezometrico evidenzia con una buona sistematicità, l'alternarsi di un periodo di alti livelli, nelle stagioni invernale-primaverile, e di bassi livelli in estate-autunno. Il campo di variazione tra i due periodi semestrali è di  $0,5 \div 2,0$  m nei periodi con regime pluviometrico ordinari, ma può raggiungere i  $3,0 \div 4,0$  m a seguito degli eventi meteo-idrologici di maggiore severità.

Ad una scala areale più ampia, nell'intorno del sito è presente la rete di monitoraggio piezometrico della Syensqo, estesa dall'altezza di Cascina La Bolla sino al centro di Spinetta Marengo. La rete comprende sia i piezometri realizzati dalla Ditta, sia i punti di monitoraggio installati dall'Azienda AMAG. Grazie alla disponibilità della Direzione Tecnica della Syensqo è stato possibile acquisire le serie di misure piezometriche rilevate con cadenza mensile dal 2005 ÷ 2008 al 2024.

Per consentire un corretto inquadramento delle misure condotte a Cava La Bolla, con quelle ottenute dalla rete di monitoraggio Syensqo, estesa su un areale molto più vasto e interessante a livello locale condizioni idrogeologiche diverse da quelle del sito, è stata condotta un'attenta valutazione dei singoli punti di misura. Il gruppo di piezometri selezionati (Figura 27; Tabella 10) risponde ai seguenti requisiti:

- coprono con continuità l'intervallo temporale 2005 ÷ 2024;
- individuano la zona di massimo innalzamento della falda a seguito di eventi meteo-idrologici rilevati (piez. PD2 situato nei pressi della Stazione di Spinetta);
- rispetto allo Stabilimento sono ubicati nella zona di monte idrogeologico, ovvero più a sud o in adiacenza alla Linea ferroviaria, in modo da non risentire dell'emungimento operato dai sistemi di barrieramento idraulico per il controllo ambientale del sito;
- possiedono caratteristiche di completamento confrontabili con quelli presenti nella cava e profondità di installazione analoghe ( $15 \div 25$  m), tali da interessare esclusivamente il corpo acquifero superficiale;
- sono distribuiti secondo una fascia disposta E – O che, oltre a rappresentare l'intero territorio compreso tra il centro di Spinetta ed il sito, consente di verificare le modalità di variazione della superficie della falda dalla zona di alto piezometrico verso il corso del Bormida e, nello specifico, la Cava La Bolla.



**Figura 27** - Ubicazione dei piezometri appartenenti alla rete di monitoraggio Syensqo utilizzati per l'inquadramento e la correlazione delle misure acquisite presso il sito di Cava La Bolla. Il perimetro in colore giallo individua l'area della Variante.

**Tabella 10** – Piezometri appartenenti alla rete di monitoraggio Syensqo utilizzati per l'inquadramento dei rilievi condotti nel sito di Cava La Bolla. Dati caratteristici forniti dalla Direzione Tecnica Syensqo [16].

Piezometro	Quota t.f. di riferimento [m slm]	Profondità [m da p.c.]	Inizio rilievi	Fine rilievi
P14AMAG	94,85	20,0	Set. 2008	Nov. 2024
P17AMAG	95,53	20,0	Set. 2008	Gen. 2024
P18AMAG	98,79	20,0	Set. 2008	Gen. 2024
P19AMAG	98,71	20,0	Set. 2008	Nov. 2024
P20AMAG	96,30	20,0	Set. 2008	Nov. 2024
PD2	98,62	22,0	Nov. 2005	Nov. 2024
PzES5	97,96	15,0	Giu. 2009	Nov. 2024
PzIN5	95,97	15,0	Giu. 2008	Nov. 2024
PzIN56	95,47	25,0	Giu. 2009	Nov. 2024

Con questo approccio i piezometri della rete Syensqo, pur non ricadendo in diretta corrispondenza del sito, consentono di inquadrare le misure nel sito con l'andamento più generale della falda esteso su un'area vasta. Risulta possibile, inoltre, rilevare la

variabilità della piezometria procedendo dalla "zona di alto" individuata subito a est dell'abitato di Spinetta verso il corso del F. Bormida, e quindi l'area della Cava, aspetto fondamentale per la corretta valutazione dei valori massimi in corrispondenza del sito.

La possibilità di correlare direttamente il monitoraggio piezometrico condotto dalla Syensqo con i rilievi svolti presso la Cava è stata verificata tramite un apposito rilievo topografico eseguito su entrambi i gruppi di strumenti, che ha confermato la coerenza complessiva delle quote di riferimento.

L'andamento rappresentativo della falda superficiale è riportato nella Tav. "Carta piezometrica" a scala 1:5.000 ([10], Doc. No. A23-008-T07). Il pannello piezometrico è stato elaborato sulla base dei rilievi condotti, sia nei piezometri dell'area di Cava (Tabella 1), che in quelli della rete Syensqo (Tabella 10). Il periodo temporale preso in considerazione –gennaio ÷ aprile 2017– corrisponde ad una fase di alto stagionale della falda (Figura 26) nell'ambito di un esteso intervallo temporale privo di forzanti (eventi meteo eccezionali). I livelli riportati sono derivati, per ciascun piezometro, dal valore medio derivante dalle misure condotte nel periodo preso a riferimento. Questo approccio consente nell'elaborazione della piezometria di minimizzare gli effetti derivanti da possibili anomalie nelle singole misure derivanti dalle perturbazioni indotte dai sistemi di contenimento della falda presenti ai margini dell'area di Cava.

#### **9.4 MASSIMO INNALZAMENTO DELLA FALDA**

Il monitoraggio continuo condotto nell'area della Cava e nel territorio circostante tramite la rete di piezometri Syensqo consente di verificare la risposta dell'acquifero al regime delle precipitazioni e, nello specifico, gli effetti sull'innalzamento della falda a seguito di eventi meteo-idrologici rilevanti. Nell'intervallo considerato, i piezometri della Cava La Bolla hanno rilevato una serie di innalzamenti significativi con le misure di: Aprile 2011, Marzo 2014, periodo Dicembre 2014 – Marzo 2015, Dicembre 2019 (Figura 26). Evidenze del tutto analoghe si riconoscono nelle serie piezometriche rilevate dalla rete dello Stabilimento Syensqo [16].

Coerentemente alle modalità di alimentazione dell'acquifero superficiale e alla sua estensione (Figura 24), tutte le fasi di innalzamento significativo del livello della falda fanno seguito al verificarsi di elevati apporti meteorici, non riferibili a eventi idrologici

intensi e di breve durata (ore, giorni), ma al susseguirsi di precipitazioni cumulate significative su intervalli temporali da settimanali a mensili.



I principali innalzamenti del livello di falda sono stati osservati nell'Aprile 2014 e nel Dicembre 2019, in entrambi i casi a seguito di apporti meteorici elevati protrattisi per più mesi consecutivi. Tali valori costituiscono i massimi noti per l'intero periodo 2003 ÷ 2024, come documentato dalle misure piezometriche condotte nell'area della Cava La Bolla a partire dal 2003.

In corrispondenza di tutti i punti di monitoraggio considerati, i livelli massimi sono stati riscontrati nel dicembre 2019 (Tabella 11). Nell'ambito del rilevante e generalizzato innalzamento della superficie della falda superficiale, è evidente la progressiva riduzione dei livelli piezometrici che si determina procedendo dalla zona di "alto", riconosciuta nei pressi di Spinetta Marengo anche nelle ricostruzioni di area vasta (Figura 24, Figura 25), verso il margine ovest della pianura e l'area di Cava La Bolla.

L'andamento della piezometria in corrispondenza del massimo innalzamento della falda rilevato nel dicembre 2019 è illustrato nella Figura 28.

In tutti i punti di monitoraggio l'innalzamento della piezometria si rileva inizialmente in modo graduale, a partire da Settembre 2019, quindi assume velocità crescenti a seguito della sempre maggiore alimentazione della falda derivante dal susseguirsi di eventi di precipitazione particolarmente elevati protrattisi durante i mesi di Ottobre e Novembre 2019. Il picco massimo è raggiunto nel Dicembre 2019, si è manifestata quindi una progressiva decrescita, dapprima rapida, quindi più graduale sino al ripristino a fine primavera del 2020 di condizioni piezometriche ordinarie.

**Tabella 11** – Livelli massimi della falda rilevati nel Dicembre 2019. Con riferimento alla loro ubicazione (Figura 27), i piezometri sono elencati procedendo da Est (Stazione di Spinetta M.) verso Ovest (Cava La Bolla). Risulta evidente la progressiva riduzione della piezometria procedendo dalla zona di “alto” presente in corrispondenza di Spinetta M. (piez. P19AMAG, PD2), verso il margine ovest della piana e il sito di interesse (P1, P2, P3).

	Rete piezometrica Syensqo [*] Est 								Ovest
Piezometro	P18AMAG	P19AMAG	PD2	PzES5	PzIN5	P20AMAG	PzIN56	P17AMAG	
Quota t.t. (m slm)	98,79 **	98,71 **	98,62	97,96	95,97	96,30	95,47	95,53***	
Livello falda max (m slm) 19/12/2019	94,64	94,29	93,28	93,25	92,90	92,09	91,22	92,01	
	Rete piezometrica Cava La Bolla Est 								Ovest
Piezometro	P1 monte	P2 valle-Est		P3 valle-Ovest					
Quota t.t. (m slm)	95,45	95,66		93,06					
Livello falda max (m slm) 19/12/2019	90,50	89,77		89,55					

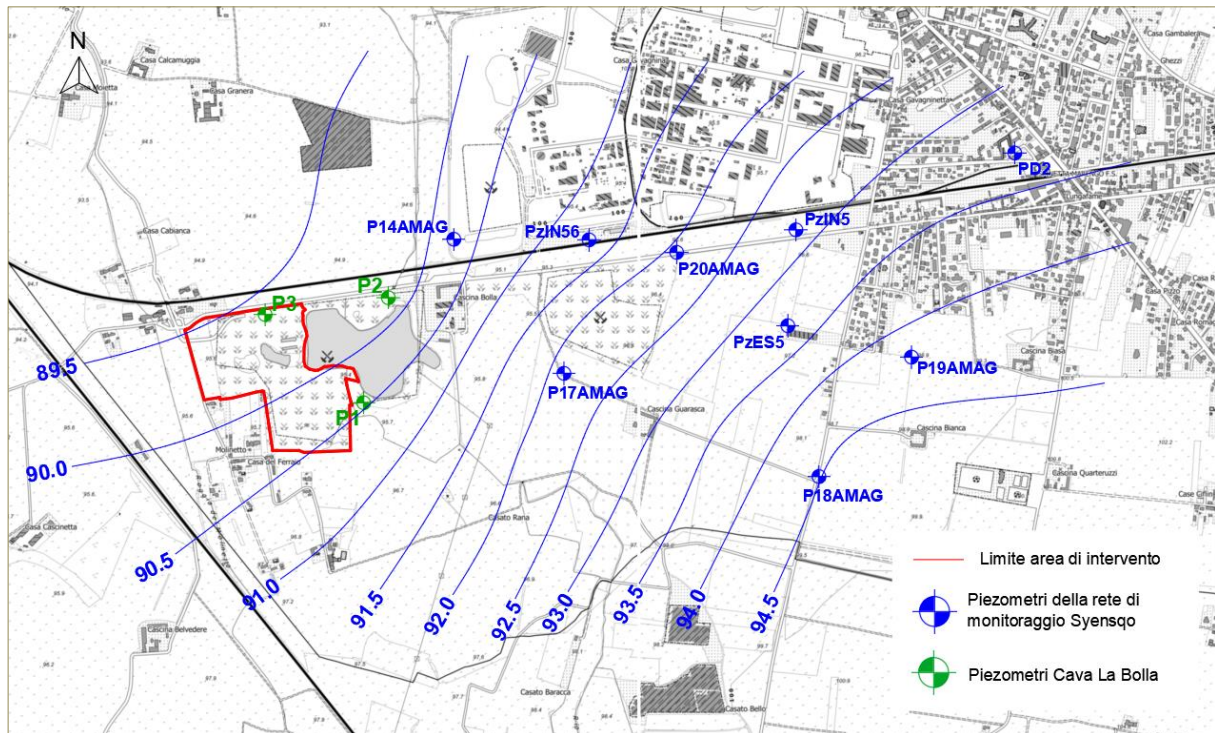
[\*] Dati forniti dalla Direzione Tecnica dello Stabilimento Syensqo[16].

[\*\*] P18AMAG e P19AMAG sono stati inseriti in questo ordine poiché ubicati significativamente a monte idrogeologico rispetto agli altri piezometri considerati.

[\*\*\*] Posto in posizione di monte idrogeologico rispetto ai piezometri circostanti.

Con riferimento all'ambito più vasto della pianura alessandrina, è stato osservato che l'innalzamento della falda, sia pure generalizzato, si è manifestato con intensità variabili nelle diverse zone [17]. L'incremento della piezometria è stato particolarmente accentuato nel settore afferente ai bacini dei torrenti Lemme e Scrivia, a partire dall'area a monte di Novi Ligure, sino a valle dell'abitato di Tortona. Nelle zone prossime al fiume Po, caratterizzate da un regime della falda fortemente condizionato dal livello idrometrico del corso d'acqua, gli innalzamenti sono stati più contenuti e confrontabili con le oscillazioni stagionali ordinarie.





**Figura 28** – Piezometria relativa al massimo innalzamento del livello della falda, rilevato nel Dicembre 2019 a seguito della serie di eventi meteo-idrologici verificatisi nel corso dell'autunno.

Il rilevante innalzamento della falda manifestatosi nel dicembre 2019 è direttamente riferibile all'entità e al regime degli apporti pluviometrici, particolarmente elevati, che hanno coinvolto il Piemonte meridionale e, in particolare, i rilievi al confine tra le province di Alessandria e Genova. A partire dall'inizio di ottobre e sino alla fine di novembre, una serie di eventi meteo-idrologici di elevata intensità [22] hanno interessato l'intero territorio compreso tra Arquata Scrivia, Gavi, Castellania Coppi e Alessandria, afferente all'acquifero ospitato nel conoide del T. Scrivia. Per la quasi totalità delle stazioni pluviometriche per (n. 7 su 8), la pioggia totale caduta nel periodo ottobre-dicembre 2019 rappresenta il dato massimo trimestrale rilevato a partire dalla fine degli Anni Ottanta-Novanta [17]. I valori rilevati nelle diverse stazioni, compresi tra 520 mm (Alessandria Lobbi) e 1360 mm (Gavi), risultano in alcuni casi superiori al totale annuo medio della serie considerata.

L'eccezionalità del quadro meteo-idrologico determinatosi nell'autunno 2019 è riconoscibile dall'analisi statistica dell'occorrenza delle altezze di precipitazione, considerando per semplicità i soli eventi principali. Secondo le analisi svolte dall'ARPA

Piemonte [22], la pioggia del 21/10 (in 24 ore: Novi L. = 234 mm; Gavi = 480 mm) è associabile ad un tempo di ritorno  $T_R$  molto superiore ai 50 anni e, verosimilmente, riferibile ad un  $T_R$  di 100 anni. I successivi eventi del 18-19/11 (24 ore: Novi L. = 96 mm) del 22-23/11 (24 ore: Novi L. = 96 mm), considerati singolarmente sempre con riferimento alla serie pluviometrica di Novi Ligure, evidenziano un  $T_R$  molto inferiore, valutabile nell'ordine di 3 anni [23].

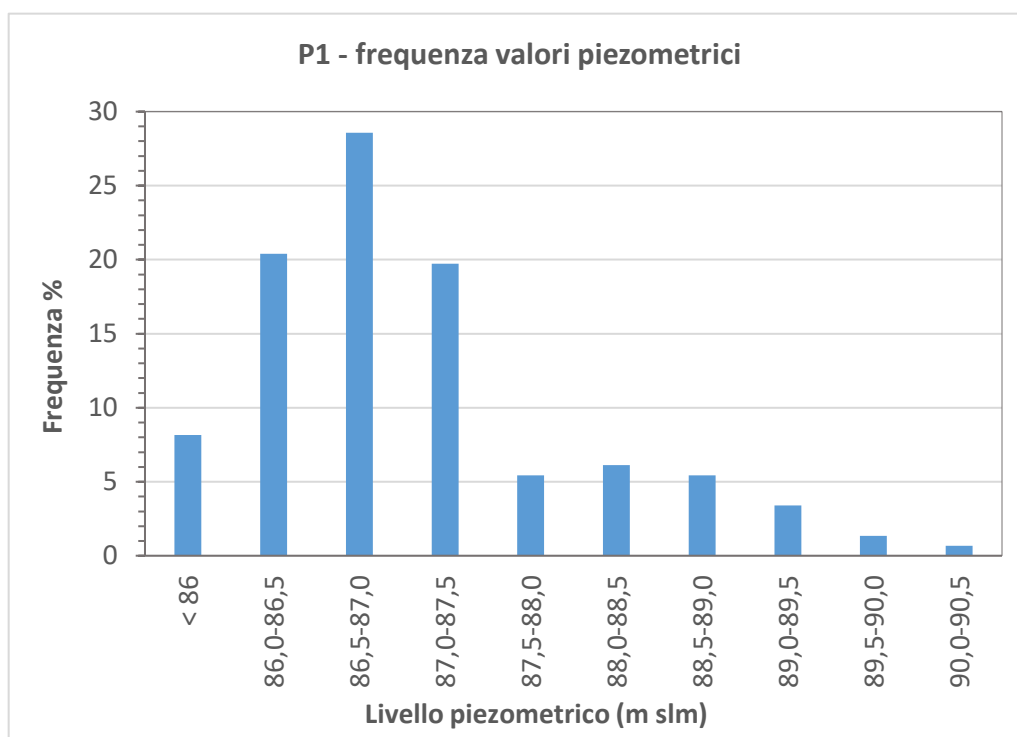
Se si volesse effettuare una stima della concorrenza degli eventi di pioggia di ottobre e di quelli di novembre, ipotizzando che la loro probabilità di accadimento sia del tutto non correlata, si può adottare la formulazione della probabilità composta. La probabilità che si verifichi un evento composto è uguale al prodotto delle singole probabilità relative agli eventi componenti. Pur tenendo conto delle semplificazioni introdotte, assumendo per l'evento di ottobre un  $T_{Rott} = 100$  anni e per i 2 eventi di novembre un  $T_{Rnov} = 3$  anni ciascuno, è possibile valutare l'ordine di grandezza del tempo di ritorno associato all'evento idrologico complessivo:  $T_R = 100 \times 3 \times 3 = 900$  anni.

In definitiva, il quadro pluviometrico verificatosi nell'autunno 2019 nell'area alessandrina presenta condizioni di eccezionalità, sia nei valori delle precipitazioni cadute, sia nel susseguirsi di eventi idrologici indipendenti intervallati da brevi intervalli temporali, che hanno comportato il sovrapporsi dei contributi di infiltrazione efficace nei confronti della ricarica della falda superficiale. L'innalzamento della superficie piezometrica rilevato in tutto l'areale del conoide del T. Scrivia, sede dell'acquifero superficiale interessante anche l'area della Cava, costituisce analogamente un evento idrogeologico eccezionale, utile per la valutazione del massimo livello di falda atteso.

L'estesa serie di misure rilevate nell'area della Cava La Bolla, la cui coerenza con l'area vasta è stata verificata tramite la correlazione con la rete di monitoraggio Syensqo (estesa per almeno 15 ÷ 20 anni), rende disponibile i dati necessari alla definizione del livello massimo della falda. Le misure acquisite nel dicembre 2019, ben superiori agli innalzamenti rilevati a seguito dei numerosi eventi idrologici verificatisi a partire almeno dagli Anni Novanta, possono essere assunte quale indicatore rappresentativo del massimo innalzamento della falda atteso in corrispondenza del sito. Sul lato sud dell'area della Cava, in posizione di monte idrogeologico, il

piezometro P1 ha rilevato 90,50 m slm, mentre al margine nord limitrofo alla Strada Bolla (in posizione di valle idrogeologico), P2 e P3 hanno individuato, rispettivamente, i livelli di 89,77 e 89,55 m slm.

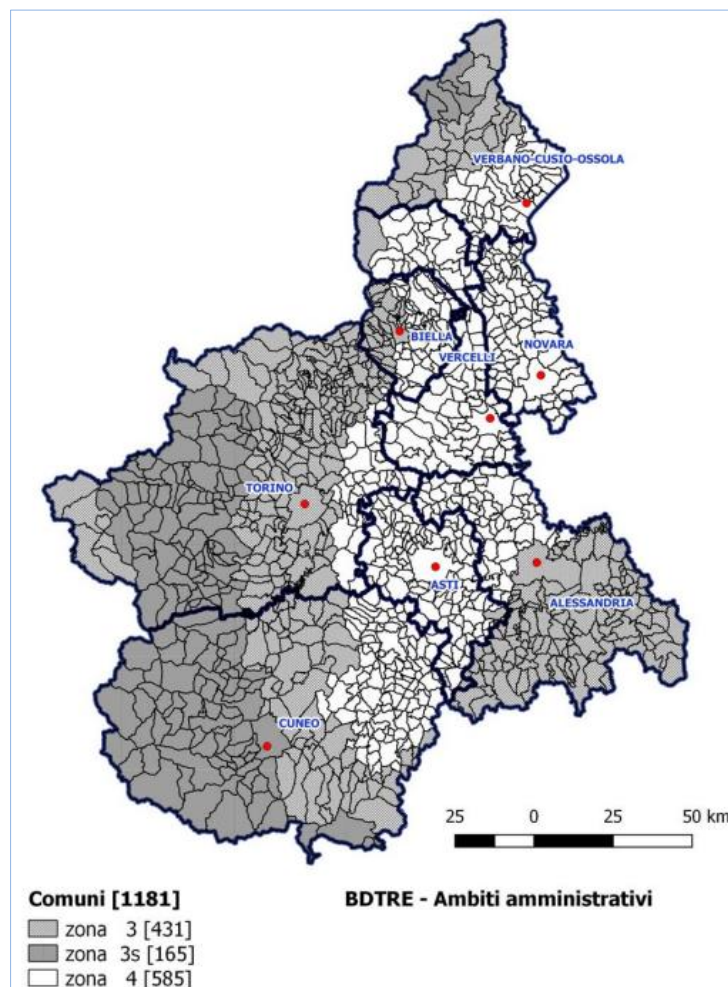
L'eccezionalità dell'innalzamento della falda verificatosi nel dicembre 2019 è confermata dalla distribuzione di frequenza dei dati di livello rilevati mensilmente con continuità nel periodo 2011-24. Con riferimento al piezometro di monte P1 (Figura 29) si rileva, infatti, che ben il 97,3 % delle misure rientra nel campo di quote  $85,5 \div 89,5$  m slm, i due soli dati superiori alla quota 90,0 m slm corrispondono, rispettivamente, ai livelli misurati nel 2014 e 2019.



**Figura 29** – Distribuzione di frequenza dei livelli piezometrici rilevati mensilmente sul piezometro P1 di Cava La Bolla nel periodo 2011-24. È evidente l'eccezionalità dell'innalzamento della falda nel Dicembre 2019 in relazione al campo di fluttuazione ordinario dei livelli, tra  $85,5 \div 89,5$  m slm, comprendente ben il 97,3 % delle misure totali acquisite.

## 10. ANALISI SISMICA

Con Deliberazione n. 6-887 del 30/12/2019 [32] la Giunta regionale ha recepito l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte di cui alla D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e successiva D.G.R. n. 65-7656 del 21/05/2014. L'attuale classificazione sismica del territorio piemontese, è stata basata sullo studio realizzato dall'Università degli Studi di Genova – Dip. di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV, 2018), Il Comune di Alessandria risulta compreso nella "Zona 3" (Figura 30).



**Figura 30** - Zonazione sismica della Regione Piemonte, tratta da All. 2 alla DGR n. 6-887 del 30/12/2019.

Con la D.D. n. 1696/A1800A del 09/06/2022 [14] sono state definite linee di indirizzo per la predisposizione degli studi in materia di prevenzione di rischio sismico in ambito di pianificazione relativi a strumenti urbanistici generali, varianti semplificate e strumenti

urbanistici esecutivi. Con riferimento alle categorie di interventi contemplate nella D.D. n. 1696/2022, il progetto in programma per tipologia e limitate dimensioni può essere considerato rientrante nel Caso 1. B – Varianti semplificate di scarso impatto in Comune privo di MS a scala comunale.

Prendendo avvio dal quadro geomorfologico, geologico e idrogeologico acquisito nel corso dello studio, integrato con la campagna geognostica specificatamente condotta nel Febbraio 2025 nel sito oggetto di Variante, è stata svolta una Caratterizzazione Geologico-Tecnica con finalità di MS di Livello 1, dell'area di intervento e del suo areale significativo. Sulla base delle indagini dirette sono state definite la colonna litologico-stratigrafica di riferimento, le modalità della circolazione idrica sotterranea e la soggiacenza della falda rispetto alla superficie topografica. La definizione della categoria sismica del sottosuolo è stata ottenuta per mezzo di rilievi sismici con il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*). Sulla base del quadro conoscitivo è stata elaborata la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

### **10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA IN PROSPETTIVA DI MS**

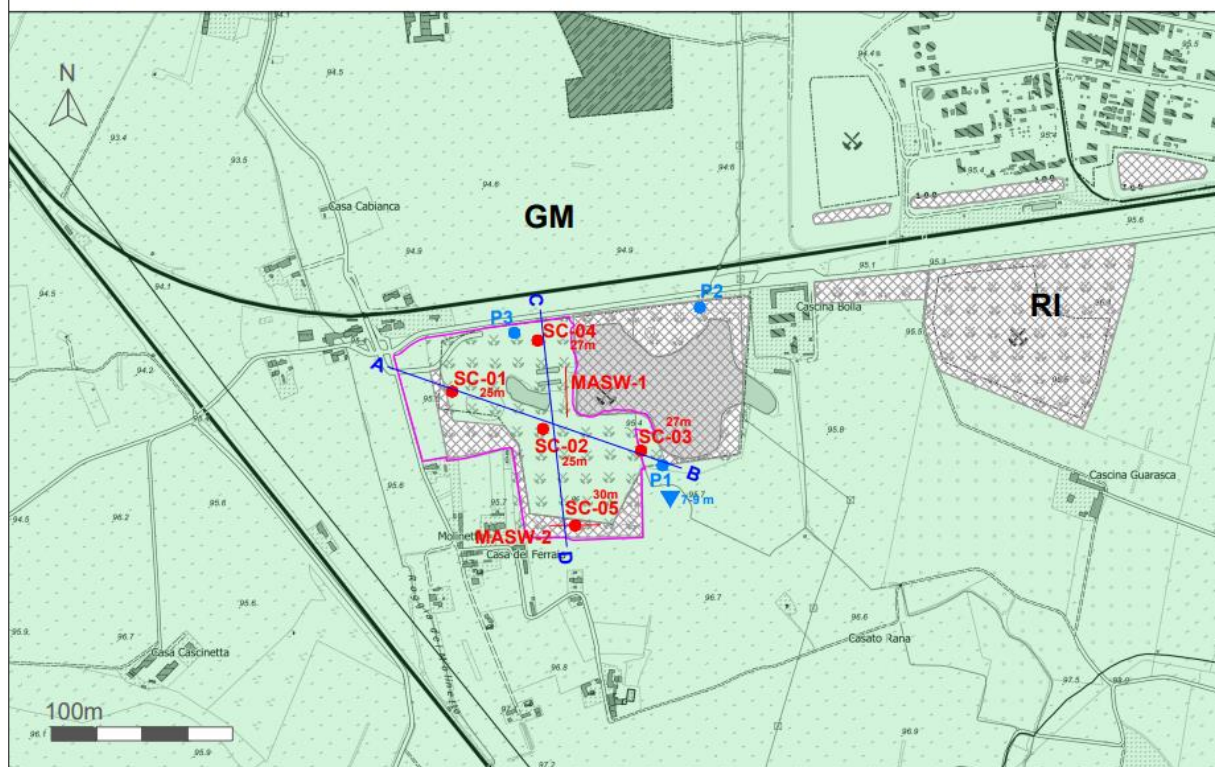
Dall'analisi congiunta dei vari livelli conoscitivi ottenuti con studi e rilievi propedeutici (assetti geologico, geomorfologico e idrogeologico), integrati con le indagini di sottosuolo, e re-interpretati in funzione della definizione del comportamento delle rocce e dei terreni ai fini applicativi è stata ottenuta la Carta geologico-tecnica. La classificazione dei terreni è stata definita, pertanto, secondo gli standard consolidati a livello nazionale ([33], [35]) e recepiti nell'ambito della Normativa Regionale [34].

La Carta geologico-tecnica è stata redatta a scala 1:10.000 per l'area di intervento e l'intero settore significativo circostante (Figura 31).

La superficie topografica in corrispondenza dell'area in Variante e per un ampio areale circostante è uniforme e presenta un assetto pianeggiante, con una modesta pendenza (nell'ordine del 1 ‰) verso nord.



Carta geologico-tecnica e delle indagini in prospettiva MS

**LEGENDA**Unità delle coperture

- RI Riporti. Spessore 5 - 10 m  
 GM Ghiaie con sabbia limosa. Spessore stimato 45 - 55 m

Indagini geognostiche

- SC... Sondaggi a carotaggio continuo. Indagine 2025.  
 — MASW... Rilievo MASW (2025)  
 ● P... Piezometri a tubo aperto  
 — Traccia delle sezioni geologico tecniche riportate nella tavola fuori testo

Elementi idrogeologici

- ▼ Profondità (in m da p.c.) della falda in condizioni idrologiche ordinarie (periodo 2003-2024)  
 — Perimetrazione dell'intervento in Variante

**Figura 31** - Carta geologico-tecnica e delle indagini in prospettiva di MS.

Non rilevano elementi morfologici e topografici, quali scarpate, orli di terrazzi, rilievi isolati, ecc.) in grado di determinare amplificazioni nello spettro locale di risposta sismica orizzontale.

Nell'ambito dell'areale di specifico interesse la re-interpretazione della sequenza geologico-stratigrafica in chiave geologico-tecnica con finalità di MS ha portato all'individuazione delle seguenti unità:

Unità delle coperture

- RI riporto antropico;
- GM ghiaie con sabbia limosa (miscele di ghiaia, sabbia e limo);

Substrato locale

- S substrato coesivo sovraconsolidato.

### **10.1.1 Unità Geologico-tecniche**

Riporto antropico (RI)

In corrispondenza del sito di progetto sono costituiti da limi sabbiosi localmente inglobanti ghiaia fine. Lo stato del deposito è sciolto, gli spessori variano da 1 ÷ 2 m a un massimo di 5 m. Si tratta dei terreni naturali costituenti la copertura superficiale del sito rimossi nel corso delle attività estrattive. In fase di realizzazione dell'intervento è prevista la loro completa rimozione per essere re-impiegati nella costruzione della discarica.

Nell'areale esterno al sito sono riferibili principalmente al tombamento di ex aree di cava per inerti o, secondariamente, a rilevati realizzati a margine degli impianti industriali a rischio di incidente rilevante. Spessori stimati 3 ÷ 10 m.

Ghiaie con sabbia limosa (GM)

La sequenza litostratigrafica in posto presente in affioramento e riscontrata con le indagini dirette sino alla massima profondità indagata (30 m dal p.c.) è riferibile, sulla base della natura dei depositi e del loro comportamento geotecnico e sismico, ad un'unica unità geologico-tecnica, quella delle Ghiaie con sabbia limosa, comprendente la successione alluvionale.

I depositi, a composizione granulare medio-grossolana, sono costituiti per la quasi totalità da ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa, inglobanti a tratti ciottoli ( $d_{max} = 6 \div 8$  cm), sciolti o moderatamente addensati. L'orizzonte superiore, affiorante con spessore 1 ÷ 3 m, comprende sabbie limose e limi sabbiosi, con subordinata ghiaia medio-fine dispersa.

La sequenza nel suo complesso è riferibile alla classe GM (Classificazione USCS) comprendente ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo.

Non si rileva la presenza di cementazione. Lo stato di addensamento aumenta progressivamente con la profondità. Al di sotto dell'orizzonte superficiale fine e sino alla profondità media di circa 15 m (con riferimento al piano di campagna originario posto a circa 95 m slm), l'addensamento è moderato (valori  $N_{spt} = 20 \div 30$  colpi).

Nel campo di profondità compreso tra i 15 m e i 25 m i terreni sono addensati con valori caratteristici di  $N_{spt} = 30 \div 50$  colpi, sino a risultare molto addensati al di sotto dei 25 m dal p.c. (valori  $N_{spt} = > 50$  colpi). La densità relativa risulta in genere compresa tra il 60 e l'80 %, assumendo localmente valori superiori all' 80 %.

Il profilo di velocità delle onde di taglio,  $V_s$ , analogamente alle prove SPT, evidenzia un netto incremento con la profondità, indice di un progressivo miglioramento delle caratteristiche fisiche del mezzo, senza rilevare nel sottosuolo zone di inversione di velocità estese a scala dell'area indagata. Con riferimento agli intervalli di profondità sopra definiti sono state rilevate:

- a partire dalla base dell'orizzonte superficiale rimaneggiato e sino ai 15 m di profondità,  $V_s = 250 \div 400$  m/s;
- nell'intervallo di profondità tra 15 m e 20 ÷ 25 m dal p.c.,  $V_s = 400 \div 580$  m/s;
- al di sotto di 20 ÷ 25 m dal p.c.,  $V_s = 500 \div 735$  m/s.

All'interno della sequenza descritta, i sondaggi hanno riscontrato solo puntualmente intercalazioni a granulometria medio-fine costituite da limi argilloso-sabbiosi, con rara ghiaia medio-fine. Si tratta comunque di terreni da consistenti a molto consistenti (valori *pocket penetrometer* = 0,2 ÷ 0,4 MPa;  $N_{spt} = 12 \div 16$  colpi). Nella Carta di plasticità ricadono al limite tra il campo dei limi inorganici di bassa compressibilità e quello delle argille inorganiche di media plasticità ( $IP = 12,7\%$ ). Dal punto di vista dell'ambiente deposizionale sono riferibili a sedimenti fini di esondazione in ambito di pianura e a paleosuoli. Lo spessore varia da 2 ÷ 3 dm a 1 ÷ 2 m. La giacitura è riferibile a lembi residuali, discontinui, delle originarie coperture o lenti, in quanto non risultano correlabili tra le diverse verticali d'indagine. La loro incidenza complessiva sul comportamento geologico-tecnico ed elastico dell'ammasso è da ritenersi trascurabile, in quanto i rilievi MASW attraversandoli non evidenziano, come ci si dovrebbe aspettare in presenza nel sottosuolo di orizzonti caratterizzati da minore

rigidità, inversioni nel profilo delle velocità delle onde di taglio Vs correlabili alla scala del sito.

#### Substrato coesivo sovraconsolidato (S)

È riferibile, in base all'assetto regionale e ai dati delle stratigrafie profonde ai sedimenti fluvio-lacustri del "Villafranchiano" Auct. e dei depositi marini comprendenti le Sabbie di Asti e le Argille azzurre. Questi termini non sono stati raggiunti nell'ambito delle profondità indagate direttamente nel sito con i sondaggi approfonditi sino a 30 m dal piano campagna naturale. Sulla base della "Carta della base dell'acquifero superficiale" [36] la sua posizione è ipotizzabile a partire da 45 ÷ 55 m dalla superficie topografica. La porzione sommitale del substrato è costituita da terreni coesivi sovraconsolidati, come indicato dalle stratigrafie dei pozzi idrici profondi e la compartimentazione della circolazione sotterranea che determina l'esistenza di falde confinate.

Le sezioni Geologico-tecniche indicate sulla Carta, elaborate alla scala 1:1.000 (orizzontale) / 1:200 (verticale) sono riportate nella Tavola fuori testo annessa alla relazione ([10], Doc. No. A23-008-T06).

#### **10.1.2 Indagini geotecniche e geofisiche**

Per consentire una visione di sintesi del contesto geologico-tecnico, anche con riferimento ai dati di sottosuolo disponibili, nella Carta è stata riportata l'ubicazione della Campagna geognostica 2025 e della rete piezometrica pre-esistente e tuttora in efficienza. Gli elementi indicati comprendono:

- Sondaggi geotecnici verticali, a carotaggio continuo, approfonditi sino a 30 m dal p.c. originario (ovvero sino a 65 m slm), con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni di tipo rimaneggiato in relazione alla composizione granulare grossolana dei terreni.
- Rilievi sismici di superficie con la metodologia MASW.
- Piezometri a tubo aperto, con profondità comprese tra 15 e 20 m dal p.c., installati nell'ambito delle attività estrattive. I rilievi del livello di falda, iniziati nel 2003, sono disponibili in modo continuativo dal 2011 al 2024.

## 10.2 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande, comunale o subcomunale, le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico di riferimento, ovvero le aree ove possono generarsi fenomeni di instabilità del terreno. Uno studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale vengono indicate le zone suscettibili di instabilità o per le quali il moto sismico atteso è passibile, rispetto a condizioni ideali di sito in roccia e morfologia pianeggiante, di fenomeni di amplificazione sismica, a causa delle peculiari caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche locali.

Gli studi di microzonazione si sviluppano secondo tre livelli caratterizzati da grado di approfondimento crescente. Il livello 1 presenta un carattere qualitativo e consiste nell'acquisizione e analisi integrata degli elementi geologici, geomorfologici, litotecnici di base al fine di suddividere il territorio in "microzone qualitativamente omogenee in termini di prospettiva sismica", discriminando le aree in cui sono attesi fenomeni di amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità rispetto a quelle dove non si prevedono modifiche dello scuotimento sismico. Nell'ambito della predisposizione di strumenti di pianificazione territoriale a scala comunale e subcomunale, tale livello di studio si inserisce, quindi, nell'ambito della stesura dello strumento urbanistico generale.

Il livello 1 costituisce uno studio propedeutico e obbligatorio per indirizzare verso gli eventuali successivi livelli di approfondimento (livelli 2 e 3). Nei casi in cui i risultati ottenuti possono essere considerati esaustivi e definitivi, si procede alla determinazione della Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS). La Carta delle MOPS comporta la classificazione del territorio nelle seguenti zone:

- zone stabili (zone A), sono quelle aree ove non si ipotizzano effetti di amplificazione di alcun tipo, ovvero dove il substrato geologico è affiorante o sub-affiorante, con coperture aventi potenza sino a 5 m, con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Al loro interno le zone stabili sono differenziate in base alla tipologia del substrato, alla presenza della stratificazione e al grado di fratturazione;

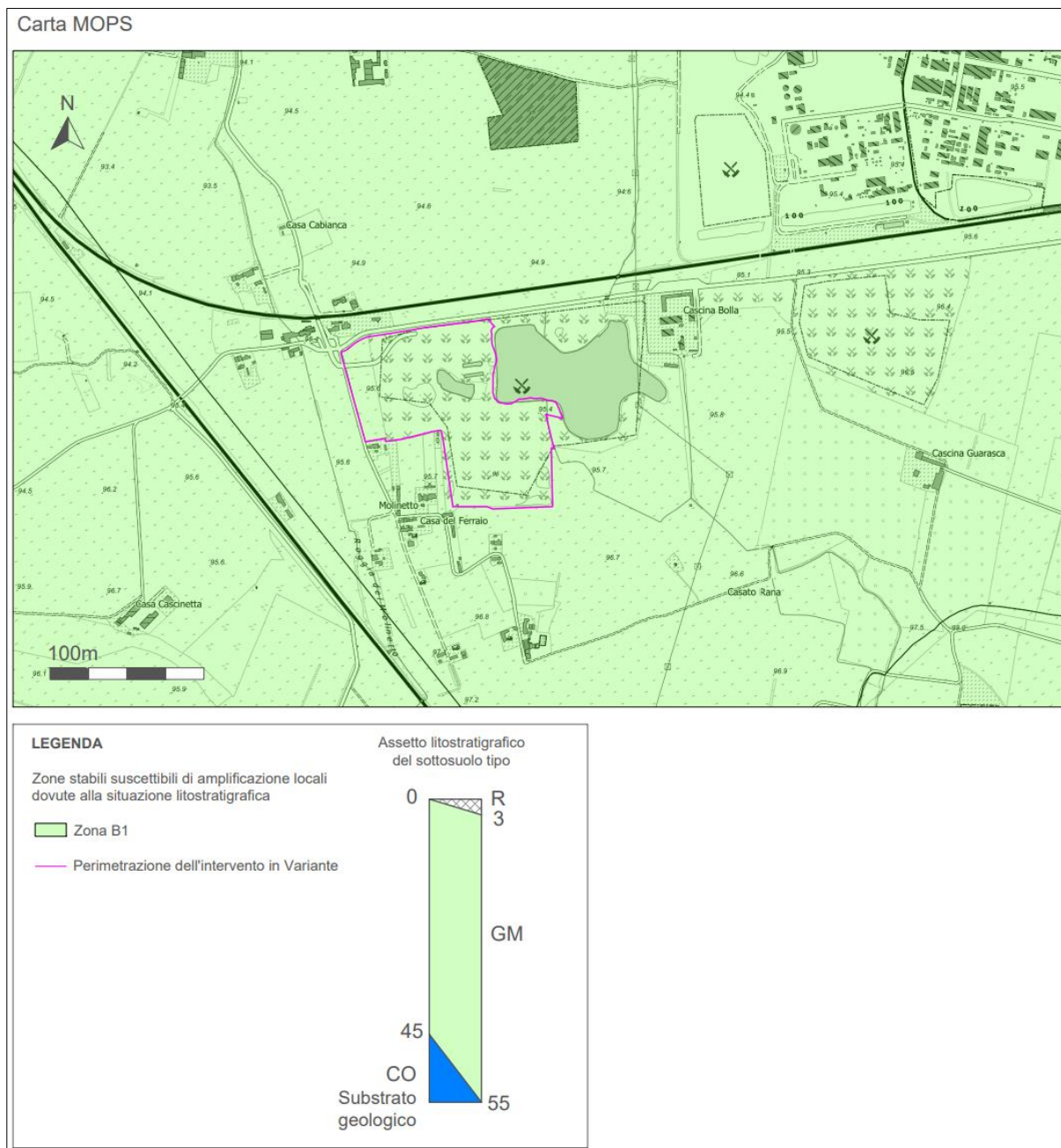


- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (zone B), comprendono le aree passibili di amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e/o della morfologia locale. In tali zone sono compresi i terreni di copertura, le coltri di alterazione del substrato e le zone del substrato roccioso che presentano condizioni di elevata fratturazione e disarticolazione; gli spessori di questi terreni devono essere superiori a 5 m. Sono altresì comprese le aree che presentano pendenza inclinazione superiore a 15°, a cui possono essere associati fenomeni amplificativi di carattere topografico;
- zone suscettibili di instabilità (zone C), sono quelle aree nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, senza escludere fenomeni di amplificazione del moto sismico. In queste zone le categorie principali di effetti deformativi possono comprendere instabilità di versante, liquefazione; faglie attive e capaci; cedimenti differenziali.

La delimitazione dell'areale di studio considerato nella Carta delle MOPS deve tener conto dell'estensione delle zone dove sono previsti trasformazioni territoriali di natura urbanistico-edilizia, comprendendo comunque la zona d'influenza dei fenomeni geologici che possono interessare l'area oggetto di microzonazione.

Per la Variante in esame, la Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica è stata redatta a scala 1:10.000 per l'area in Variante e un esteso settore significativo circostante (Figura 32). I "livelli informativi" di base utilizzati derivano dall'estrapolazione delle seguenti carte tematiche e banche dati:

- carta geologica;
- carta geomorfologica;
- carta piezometrica;
- carta geologico-tecnica;
- carta delle indagini.



**Figura 32** - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

L'areale significativo per la Variante urbanistica, sulla base dell'analisi integrata dell'assetto morfologico, litologico-stratigrafico e idrogeologico, è caratterizzato in generale da condizioni riferibili alla Zona B, ovvero a zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

L'analisi svolta ha portato alla definizione di una singola MOPS corrispondente alla Zona 1:

- Zona B1 - Zona stabile soggetta ad amplificazione per effetti litostratigrafici

Area a morfologia pianeggiante ( $i < 1^\circ$ ). Assenza elementi morfologici e topografici, quali scarpate, orli di terrazzi, rilievi isolati, valli sepolte, ecc., in grado di determinare amplificazioni nello spettro locale di risposta sismica orizzontale.

Affioramento coltri delle coperture costituite da terreni granulari da moderatamente a molto addensati (Carta geologico-tecnica: unità RI, GM), con spessore  $45 \div 55$  m, Profilo verticale di velocità delle onde trasversali con  $V_{s,30} = 360 \div 800$  m/s. Categoria sismica di suolo B. Substrato locale a profondità di almeno  $45 \div 55$  m, costituito da terreni coesivi sovraconsolidati con  $V_s$  verosimilmente  $> 800$  m/s.

## 11. VINCOLI DI NATURA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

Nel cap. sono presi in esame, con riferimento alla Normativa attualmente in vigore, i vincoli sovra-ordinati di interesse per l'area oggetto di Variante, di tipo idraulico (Fasce Fluviali, Piano Gestione Rischio Alluvioni), paesaggistico (Fasce rispetto corsi d'acqua, D. Lgs. n. 42/2004) e idrogeologico (Fasce di rispetto pozzo idropotabile; Vincolo idrogeologico ex R.D. n. 3267/1923, LR n. 45/1989 e smi).

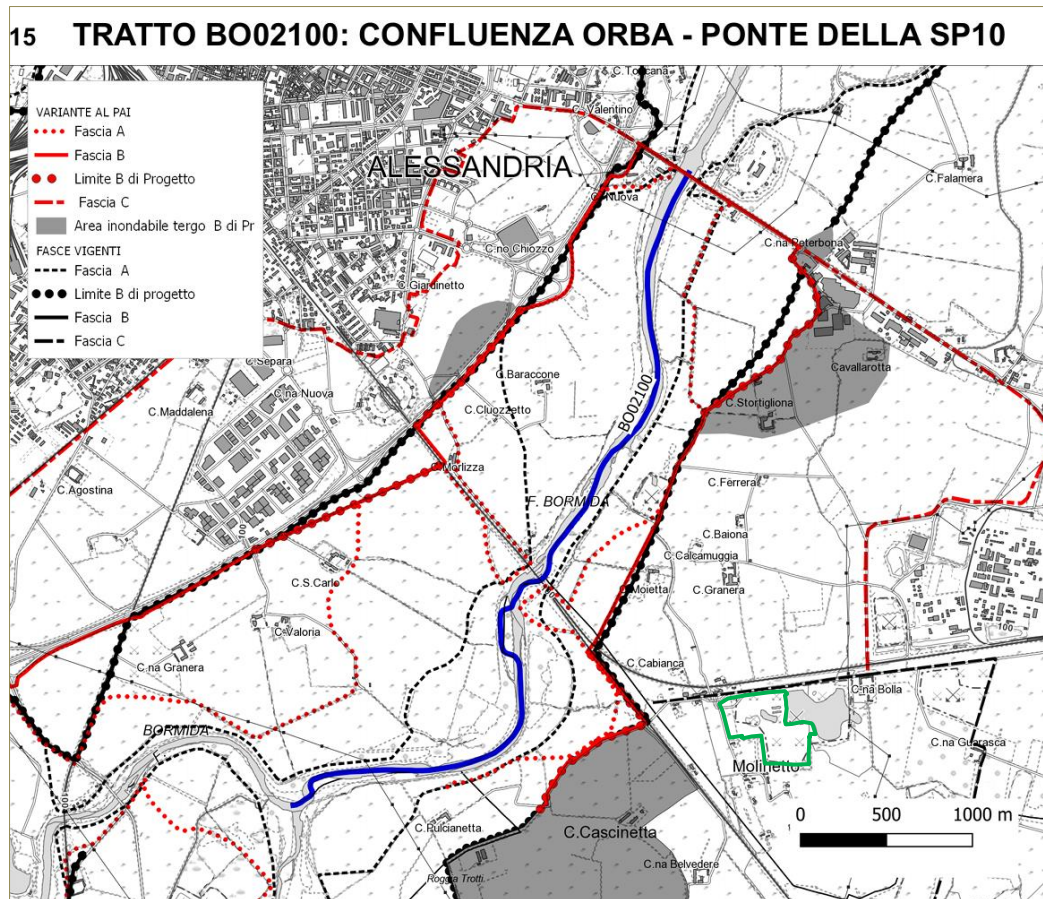
### 11.1 PAI – FASCE FLUVIALI

La Variante al PAI del Fiume Bormida approvata nel Novembre 2020 [18] ha modificato nel tratto fluviale di interesse per la Variante urbanistica la delimitazione della Fascia B di progetto, introducendo anche il limite di "Area inondabile a tergo della Fascia B di progetto in assenza della realizzazione degli interventi di progetto". Il sito di Cava La Bolla risulta esterno alla Fascia B e compreso all'interno della Fascia C (Figura 33). Non risulta pertanto interessato né dalla Fascia B, né dalla Fascia B di progetto, ed è esterno altresì anche all' "Area inondabile a tergo della Fascia B di progetto" in assenza di interventi di sistemazione idraulica.

L'area di Cava La Bolla, esterna alla Fascia B e alla Fascia B di progetto anche in assenza degli interventi di sistemazione idraulica, non risulta interessata quindi da eventi di dinamica fluviale caratterizzati da tempi di ritorno  $T_R = 200$  anni.

In relazione alla ridefinizione proposta per la Carta di sintesi e di idoneità all'utilizzo urbanistico è opportuno evidenziare come l'inclusione del sito all'interno della Fascia non costituisca un motivo ostativo alla realizzazione della discarica. Il D.Lgs. 121/2020 [26] nel definire i criteri per l'ubicazione (Allegato 1, punto 2.1 – Ubicazione) specifica: *"Gli impianti di discarica per rifiuti pericolosi e non pericolosi non vanno ubicati: ... in aree esondabili, instabili e alluvionabili, come individuate negli strumenti di pianificazione territoriali, deve essere presa come riferimento la piena con tempo di ritorno minimo a 200 anni."* Nel PAI l'area interessata dagli eventi di piena con  $T_R = 200$  anni corrisponde alla Fascia B [24], che non interessa in alcun modo l'area di Cava La Bolla (Figura 33).





**Figura 33** – Fiume Bormida, limiti delle Fasce Fluviali a seguito della Variante al PAI del Novembre 2020 (da ABDPO, 2020 [18]). L'area oggetto di Variante urbanistica - individuata dal perimetro in colore verde - si localizza in posizione esterna, sia alla Fascia B, che alla Fascia B di progetto, non risultando interessata neanche dalle aree di esondazione esterne alla Fascia B di progetto.

Ai sensi della Deliberazione della Giunta Regione Piemonte n. 18-4076 del 2021 [29] la sua inclusione all'interno della Fascia C, nel Quadro "Criteri di macro-localizzazione degli impianti di trattamento rifiuti" (al punto F2), rappresenta un "criterio penalizzante", ma non ostativo alla realizzazione dell'impianto.

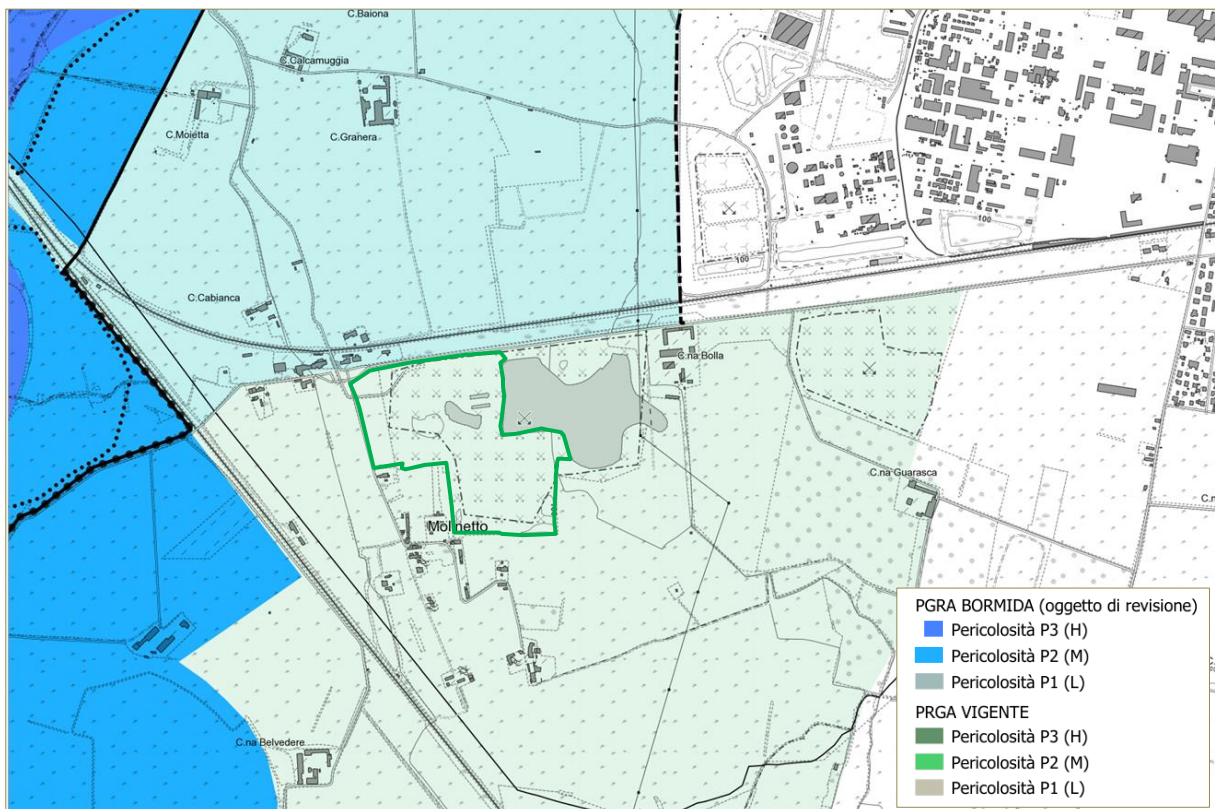
## 11.2 PAI – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

L'attuale Mappa di pericolosità relativa al Fiume Bormida è derivata dalle modifiche apportate con il "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Po (PAI): Fiume Bormida da Acqui Terme ad Alessandria" divenuto operante nel Novembre 2020 [19]. Lo stralcio della Mappa di pericolosità relativo al sito di Cava La Bolla è riportato in Figura 34.



L'area di Cava La Bolla risulta compresa nelle zone classificate P1, ovvero caratterizzate da una bassa probabilità di inondazione da parte del Fiume Bormida e dei suoi affluenti.

Per quanto riguarda la localizzazione dell'impianto sono valide le stesse considerazioni svolte al paragrafo precedente. La scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi, non costituisce dal punto di vista Normativo un fattore ostativo, ma solo un criterio penalizzante nella valutazione complessiva del sito (Del. G.R. n. 18-4076 del 2021, Quadro "Criteri di macro-localizzazione degli impianti di trattamento rifiuti", punto F5).



**Figura 34** – Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA). Mappa della pericolosità relativa al sito di Cava La Bolla (da [19], Tav. BO06). L'area oggetto di Variante urbanistica - individuata dal perimetro in colore verde - sia nel PGRA previgente, sia nella zona soggetta a revisione, risulta compresa nella classe P1 (low) corrispondente ad una "Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi" ad opera del reticolo idrografico.

### 11.3 VINCOLO DA CORSI D'ACQUA - ROGGIA BOLLA

Il D. Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" individua, tra i Beni paesaggistici di cui alla Parte Terza, art. 142. Aree tutelate per legge, al comma 1:

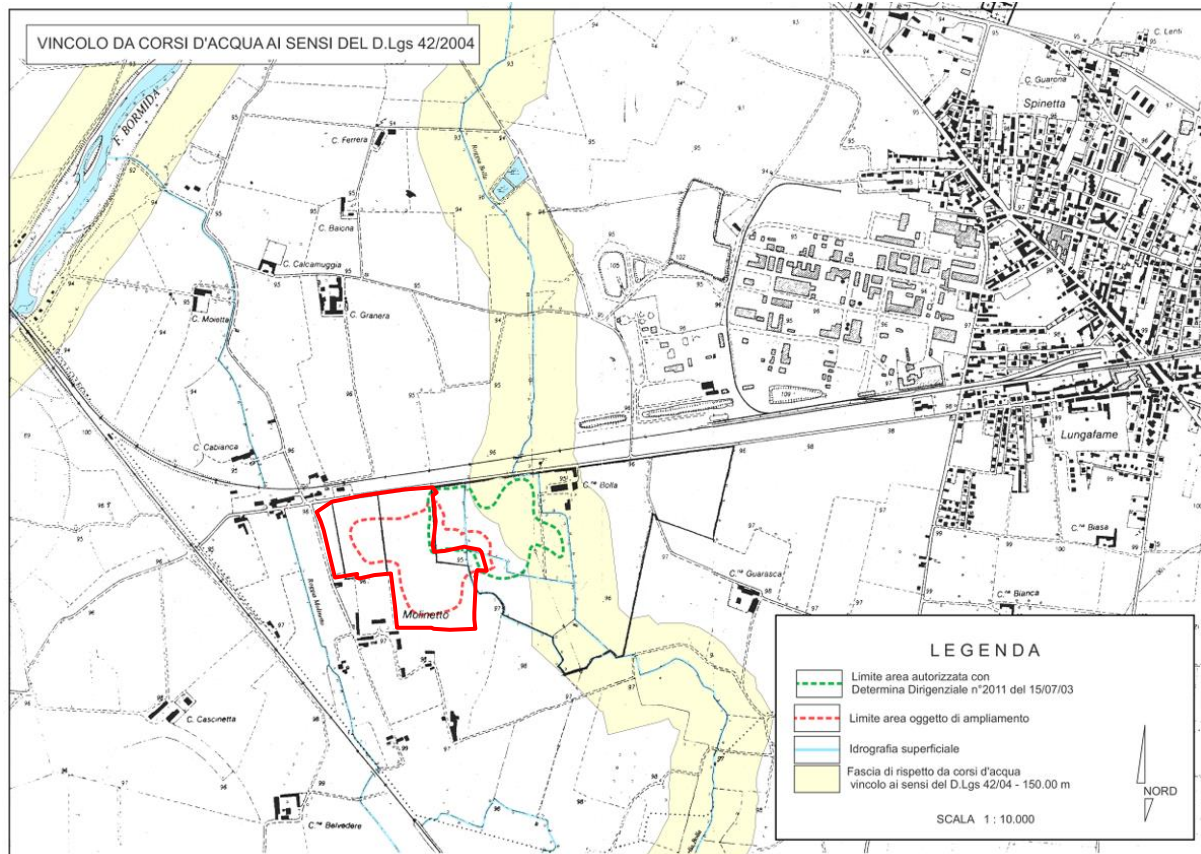
*"1. Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo": ...*

*"c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna";*

Nell'intorno del settore in esame, i corsi d'acqua inseriti nel cosiddetto Elenco delle Acque pubbliche comprendono il F. Bormida, il cui corso si dispone comunque a oltre 1 km di distanza dal perimetro dell'area della Cava, e la Roggia Bolla defluente a margine della Cascina La Bolla (Figura 35). L'alveo e la sponda in sinistra idrografica della Roggia si dispongono sempre a distanze di almeno 250 m dal perimetro dell'area oggetto di variante, che risulta del tutto esterna rispetto a questo vincolo.

L'esecuzione delle opere previste sulla Roggia Bolla, nell'ambito dell'intervento di sistemazione idraulica del Rio Lovassina e del reticolo minore circostante (cfr. Cap. 12.3.1), non comportando variazioni significative nella geometria dell'alveo, non determina modifiche rispetto alla situazione attuale.

In definitiva, l'area oggetto di variante non risulta interessata dal vincolo sui corsi d'acqua.



**Figura 35** – Perimetrazione delle fasce di rispetto dai corsi d'acqua inseriti nell'elenco delle Acque pubbliche ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004 (ex art. 142, punto 1., comma c). L'area oggetto di Variante, indicata con il perimetro rosso a tratto continuo, non è interessata dal vincolo.

#### 11.4 POZZO IDROPOTABILE IN LOCALITÀ MOLINETTO

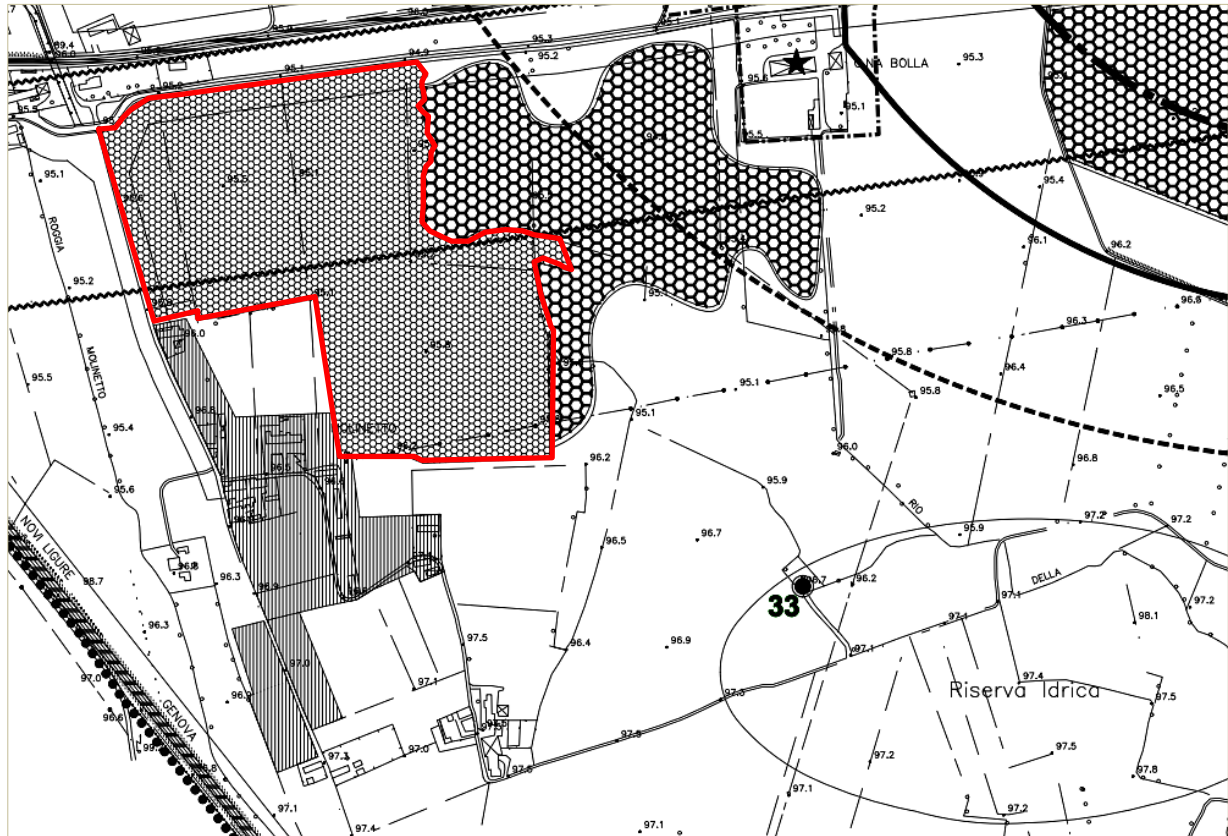
In loc. Molinetto, a sud dell'area della Cava La Bolla e in posizione di monte idrogeologico rispetto a questa, è presente un pozzo idropotabile profondo realizzato e gestito da AMAG Reti Idriche S.p.A. (Figura 36).

Il pozzo perforato sino alla profondità di 200 m dal p.c. è impostato nell'acquifero multistrato ospitato nei depositi villafranchiani riferibile, con riferimento all'assetto idrogeologico regionale, al Gruppo Acquifero B (Cap. 9.1).

La captazione [15] intercetta la circolazione profonda di tipo semiconfinata/confinata con due tratti fenestrati posti, rispettivamente a  $-86,0 \div 104,0$  m e a  $-159,0 \div 183,0$  m, in corrispondenza di orizzonti di ghiaie con matrice sabbiosa. La direzione complessiva del deflusso sotterraneo è rivolta da SE (monte idrogeologico) verso NO (valle idrogeologica). Il livello statico misurato nel giugno 2009 era coincidente con il piano campagna per la risalienza dei circuiti idrici confinati



[15]. Misure successive eseguite su una perforazione pilota munita di manometro hanno rilevato una risalienza di + 4,5 m rispetto al p.c., corrispondente ad un livello piezometrico di 101,7 m slm.



**Figura 36** – PRGC 1990 3. “Destinazioni d'uso del suolo”, stralcio della Tav. U a scala 1:5.000 [21], con inserita l'area in Variante (perimetro in colore rosso). La posizione del pozzo idropotabile Molinetto è indicata con il circolo associato alla numerazione “33”, riferita alle opere di captazione della falda sull'intero territorio comunale.

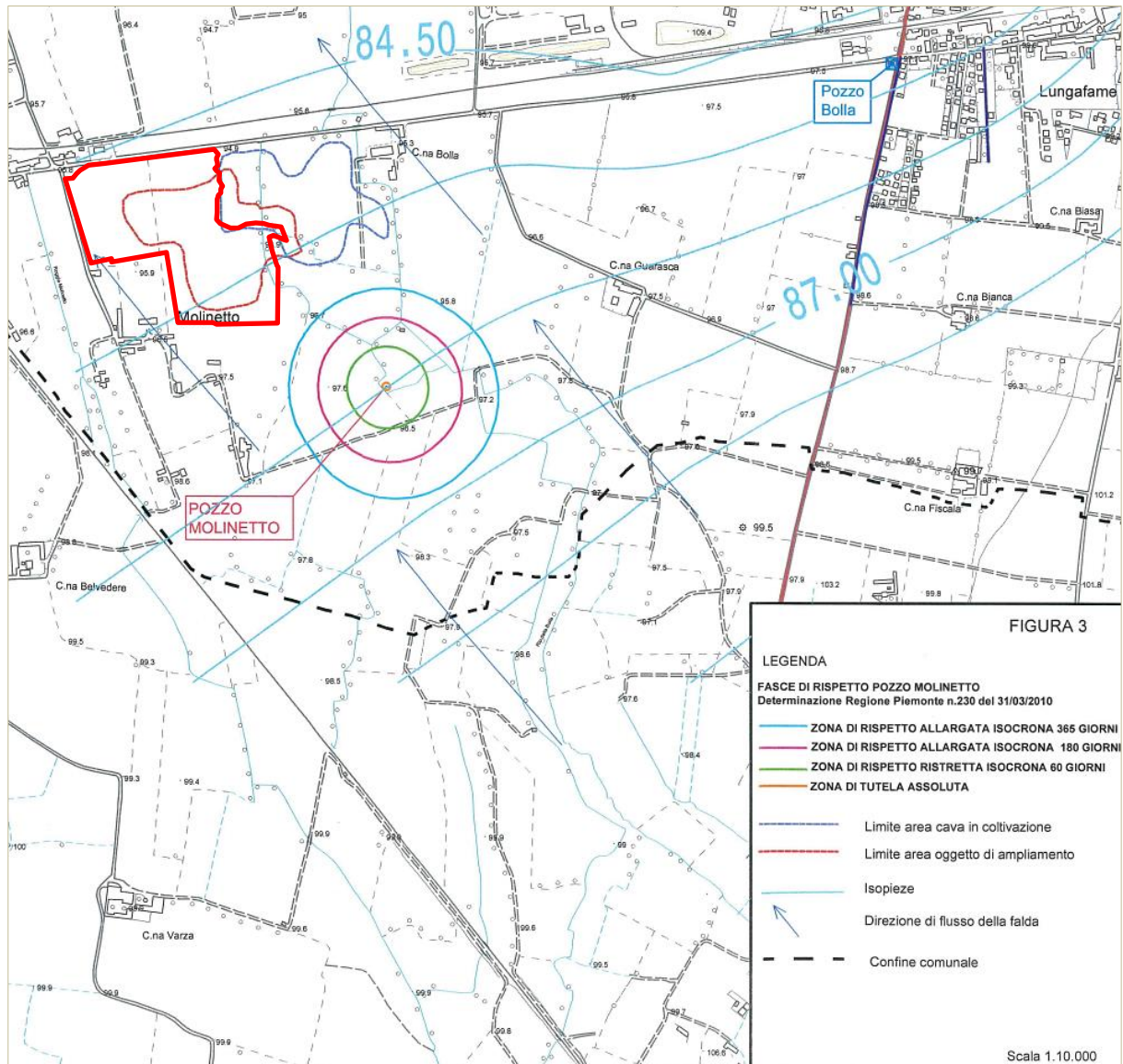
AMAG SpA nella veste di gestore del pozzo idropotabile ha condotto uno specifico Studio (AMAG, 2011; [15]), volto a verificare la possibile interferenza delle attività estrattive condotte nell'ambito dell'intero comprensorio di Cava La Bolla, anche in relazione ad un possibile approfondimento degli scavi. Lo studio, approvato dalla Regione Piemonte con la Determinazione n. 230 del 31 marzo 2010, ha portato alla definizione delle aree di salvaguardia del pozzo definite con il criterio cronologico delle isocrone, ovvero sulla base della delimitazione delle aree corrispondenti a determinati intervalli temporali necessari alle particelle d'acqua della falda per raggiungere l'opera di captazione, con l'individuazione delle:

- Zona di tutela assoluta;
- Zona di rispetto ristretta, relativa all'isocrona a 60 giorni;
- Zona di rispetto allargata relativa, rispettivamente, alle isocrone a 180 e 365 giorni.

L'intero comprensorio della Cava, comprendente il settore est oggetto di deposito dei terreni COCIV, e il settore ovest in cui è prevista la realizzazione della discarica, risultano completamente esterni (Figura 37), sia alla Zona di Tutela assoluta, sia alle Zone di rispetto ristretta e allargata (con riferimento alle isocrone 60, 180 e 365 giorni). L'area interessata dalla Variante attuale corrisponde, a meno di modesti spostamenti puntuali, al "Limite area oggetto di ampliamento" indicato nella "Carta delle fasce di rispetto del pozzo" contenuta nello Studio AMAG [15].

La distanza minima tra il perimetro dell'area in Variante e l'isocrona 365 giorni è comunque nell'ordine del centinaio di metri. Si possono confermare, quindi, le conclusioni formulate nello Studio AMAG, che non riscontrano elementi comportanti interazioni spaziali tra l'intero comprensorio di Cava La Bolla ed il pozzo Molinetto.





**Figura 37** – Pozzo idropotabile Molinetto. Definizione delle zone di salvaguardia con il metodo delle isocrone (AMAG, 2011; [15]). L'area in variante, indicata con il perimetro in colore rosso spesso, risulta esterna a tutte le zone di salvaguardia. Il suo margine, anche nei punti più prossimi si dispone comunque ad almeno un centinaio di metri dal limite della "Zona di rispetto allargata con isocrona 365 giorni".

## 11.5 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Vincolo idrogeologico sottopone a tutela le aree che per effetto di interventi possono, subire processi erosivi, essere interessati da fenomeni di instabilità o alterare il regime di deflusso delle acque, determinando un danno pubblico.

La gestione del Vincolo idrogeologico, introdotto con il R.D. n. 3267 del 30 dicembre 1923, è attualmente di competenza regionale. In Piemonte è stata regolamentata

con la L.R. n. 45/1989 "Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici", in seguito modificata dalla L.R. n. 10/2024, con ulteriori note interpretative fornite dalla Circolare n. 3/AMB del 31/08/2018.

L'area di Cava La Bolla, come pure l'intero tratto di pianura compreso tra il corso del F. Bormida e quello del T. Scrivia, non risulta soggetto al Vincolo idrogeologico.

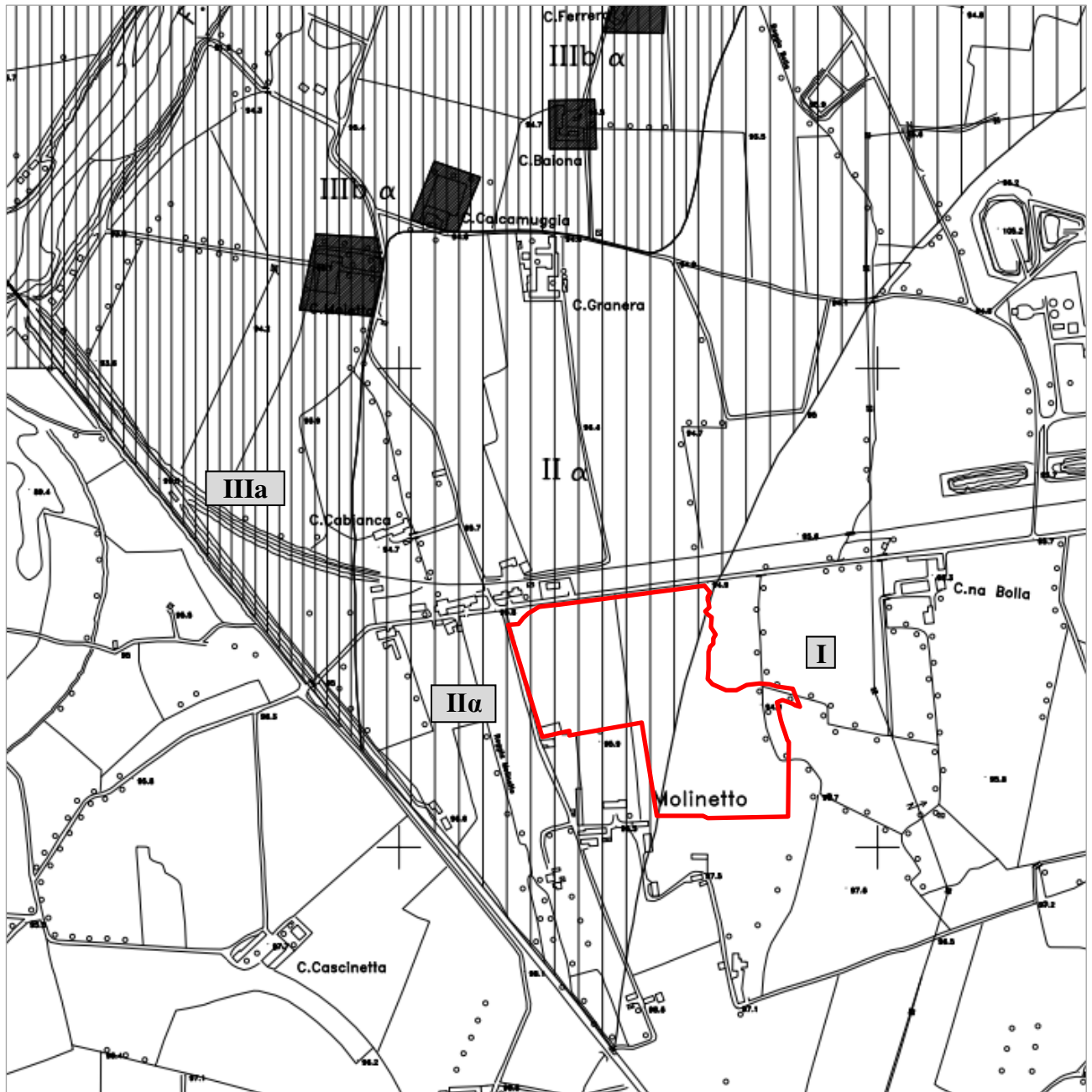
## **12. CLASSIFICAZIONE ATTUALE DELL'AREA NELLA CARTA DI SINTESI**

L'area di Cava La Bolla interessata dalla Variante urbanistica, volta a consentire la modifica della sistemazione finale dell'area estrattiva e la realizzazione di una discarica per pietrisco ferroviario contenente amianto, nella *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"* relativa al PRGC vigente [7], è compresa nelle Classi di pericolosità geomorfologica I e II (Figura 38).

Nell'ambito territoriale in esame (pianura), la Classe I comprende le aree a pericolosità geomorfologica bassa o nulla, tali comunque da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

La Classe II comprende le aree a pericolosità geomorfologica media. In termini di idoneità all'utilizzazione urbanistica, la Classe II nel suo insieme individua sempre aree edificabili previo accertamento geotecnico per la quota di imposta delle fondazioni e/o valutazione della quota di abitabilità.

L'area di interesse per la realizzazione della discarica, nello specifico, risulta in parte compresa nella sottoclasse II $\alpha$  relativa alle *"Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna, dalla presenza del reticolo idrografico minore e da potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente idraulico limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali"*.



**Figura 38** - Stralcio della "Carta di Sintesi delle classi di pericolosità geomorfologica" Tav. 4, scala 1:10.000 (PRGC 1990, III Variante Strutturale al PRGC – Dicembre 2010, Norme di attuazione: allegato 2 [7] [8]). Il perimetro in colore rosso individua l'area in Variante. **Legenda:**  
 I - Classe I: Pericolosità geomorfologica bassa o nulla.

IIa - Classe II: Pericolosità geomorfologica media. Sottoclasse IIa: Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna, dalla presenza del reticolo idrografico minore e da potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente idraulico limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali.

IIIa - Classe III: Pericolosità geomorfologica alta. Sottoclasse IIIa. Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti (Circ. 7/LAP).

SILPDUE S.r.l. - AB Green S.r.l.

CAVA LA BOLLA - ALESSANDRIA

Discarica Per Pietrisco Ferroviario Contenente Amianto

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDROLOGICA

Doc. N. A23-008/R05-1

Per la sottoclasse II $\alpha$ , le Norme di attuazione al Titolo IV – Capo I Aree sottoposte a vincolo, art. 51 – *Prescrizioni geologiche Aree di pianura* (PRGC 1990, Testo coordinato, con data Novembre 2022 [8]), specificano ulteriormente che “In questo ambito l'edificazione è subordinata alle seguenti prescrizioni”:

1. *“accertamento geotecnico nel rispetto del D.M. 11/03/1988 e del D.M. 14/01/2008 e smi volto a determinare la quota di imposta e la tipologia delle fondazioni nonché le necessarie verifiche di stabilità relativamente gli orli di terrazzo fluviale;*
2. *esecuzione preventiva di una corretta regimazione delle acque superficiali, previa relazione geologica;*
3. *l'edificazione finalizzata a destinazioni d'uso che comportano la presenza continuativa di persone dovrà essere realizzata in ambienti aventi il piano di calpestio ad una quota di sicurezza come riportato indicativamente nell'allegata Tabella A. ...*
4. *la realizzazione di piani seminterrati, purché adibiti esclusivamente ad autorimessa, cantine, depositi, senza presenza continuativa di persone, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda ...*
5. *in queste aree sono vietati lo stoccaggio e la realizzazione di discariche di ogni tipo di rifiuti”.*

I primi 4 comma fanno riferimento a prescrizioni di natura geologico-idrogeologica e all'esigenza di specifici approfondimenti conoscitivi ottemperabili per mezzo delle verifiche geologiche e geotecniche puntuali richieste ordinariamente per la realizzazione di opere edilizie, e nel caso in esame comunque necessarie allo sviluppo del progetto in essere. Il 5° comma, al contrario, risulta del tutto ostativo per la realizzazione dell'intervento.

## 12.1 ESAME DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ

Per individuare i presupposti che hanno portato alla formulazione del vincolo ostativo alla realizzazione di impianti di discarica nell'ambito degli areali compresi nella Classe di pericolosità II $\alpha$  è stata condotta un'analisi sistematica dell'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area, nell'ambito del quadro conoscitivo reso disponibile dagli Studi del PRG per il settore di territorio significativo per il progetto.

La Classe II $\alpha$  è caratterizzata da condizioni di pericolosità geomorfologica ascrivibili a 3 tipologie di processi di instabilità [8]:

- a. presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna;



- b. presenza del reticolo idrografico minore;
- c. potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente idraulico limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali, quest'ultimo aspetto riferibile evidentemente alla dinamica del reticolo idrografico principale, rappresentato nell'area di interesse dal corso del F. Bormida.

Gli Studi geologici posti a base del PRGC 1990 di Alessandria, con i successivi approfondimenti del 1996 e 1998, illustrati in un'ampia serie di Elaborati anche cartografici forniscono un quadro conoscitivo del territorio che consente una definizione puntuale delle condizioni di potenziale instabilità. Gli aspetti e i fenomeni morfogenetici richiamati sono stati nel presente studio oggetto di specifici approfondimenti, comprendenti anche lo svolgimento di un'articolata campagna geognostica e l'acquisizione dei dati piezometrici acquisiti con le reti monitoraggio della falda presenti nell'area.

Il quadro conoscitivo acquisito tramite le indagini e le analisi svolte consentono di valutare adeguatamente il ruolo dei 3 fattori sopra richiamati.

## **12.2 PRESENZA DELLA FALDA A LIMITATA PROFONDITÀ DAL PIANO DI CAMPAGNA**

La superficie topografica originaria in corrispondenza dell'area di interesse progettuale e di un vasto areale circostante, ovviamente nei settori non interessati dalle attività estrattive risulta pianeggiante, disponendosi nell'intorno della Cava a quote comprese tra 90,5 m slm e 91,0 m slm.

L'assetto idrogeologico dell'areale di pianura del territorio comunale è illustrato nella *Relazione Geologica ed Idrogeologica di completamento all'Allegato al PRGC 90* [4], con l'annessa *Carta Idrogeologica* a scala 1:20.000 (in All. 1, Giugno 1998 [5]). La citata Carta idrogeologica (Figura 39), oltre a riportare l'andamento della piezometria in quote assolute (m slm), individua anche con dettaglio operativo i settori caratterizzati dalla limitata soggiacenza della falda superficiale rispetto alla superficie topografica. Quale valore limite è stata assunta la profondità minima di 5 m.



**Figura 39** - Stralcio della Carta idrogeologica elaborata nell'ambito del PRGC 90. La piezometria (linee nere a tratteggio) è relativa alla campagna di misure del Giugno 1976. Le aree con presenza della falda a ridotta profondità dalla superficie (< 5 m), indicate con le campiture in colore grigio, non interessano in alcun modo l'area della Variante (retino in colore rosso), localizzandosi sempre a elevata distanza e nelle zone prossimali ai principali corsi d'acqua. Il rilievo piezometrico del 1976 conferma, anche storicamente, la direzione generale del flusso sotterraneo, rivolta da sudest verso nordovest (frecce nere) e la posizione altimetrica della falda che, seppure all'epoca soggetta ad una ricarica idrica significativamente superiore all'attuale, si dispone nell'area di interesse attorno alla quota di  $89,0 \div 89,5$  m slm.

La Carta assume particolare valenza in quanto, oltre a fornire una ricostruzione dell'assetto complessivo della circolazione idrica sotterranea in un vasto intorno significativo per l'area in esame, è basata su misure piezometriche eseguite nel 1976,

ovvero in un periodo temporale in cui l'alimentazione della circolazione idrica sotterranea risultava ben più elevata dei valori attuali, sia per le maggiori precipitazioni medie, sia per i minori prelievi per gli impieghi industriali e l'uso irriguo.

Le aree con presenza della falda a ridotta profondità dalla superficie topografica (< 5 m) si localizzano sempre a elevata distanza dall'area in esame (maggiore di 2 km), nelle aree prossime al corso del fiume Tanaro, lungo il tratto terminale del fiume Bormida, e nelle zone poste in posizione topograficamente ribassata nell'intorno della zona di confluenza tra i due corsi d'acqua.

Il rilievo del 1976 conferma, anche storicamente, la direzione generale del flusso sotterraneo, rivolta da sudest verso nordovest e la posizione altimetrica della falda che, seppure soggetta all'epoca a minori prelievi idrici rispetto ad oggi, si dispone comunque nell'area di interesse attorno alla quota di  $89,0 \div 89,25$  m slm.

Le misure piezometriche condotte nell'area della cava in modo sistematico almeno a partire dal 2011 (Cap. 9.3), e la cui rappresentatività in ambito areale più vasto è stata verificata tramite la correlazione con la rete di monitoraggio dello Stabilimento Syensqo, documentano il mantenimento nel sito di soggiacenze significative in modo pressoché continuativo nel tempo. Nell'intero periodo 2011-24, il livello della falda nell'area di cava, rilevato mensilmente in corrispondenza della zona di monte idrogeologico (Piezometro P1) ha assunto nel 74% delle misure valori compresi tra 86 e 88 m slm. Ben il 94 % dei rilievi svolti (pari a n. 138) ha riscontrato livelli di falda minori di 89,0 m slm. Nell'immediato intorno della cava il piano campagna si estende a quote di  $95,0 \div 95,5$  m slm (dati BD TRE), questo comporta il mantenimento in modo pressoché continuativo nel tempo di soggiacenze minime di almeno  $6,0 \div 6,5$  m.

Sulla base di queste evidenze è ragionevolmente da escludere quindi il "fattore" falda posta a limitata profondità tra gli elementi che hanno contribuito a definire un quadro geologico tale da inserire l'area di Cava La Bolla nella Classe II $\alpha$  di pericolosità geomorfologica.

Il livello di massimo innalzamento della falda rilevato (90,5 m slm), seppure individuato in una sola occasione nell'ambito del monitoraggio condotto per un ventennio, è stato comunque assunto come parametro vincolante per il piano di imposta della discarica.

### 12.3 RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

Nell'intorno significativo di Cava La Bolla gli unici corsi d'acqua di evidente impostazione artificiale sono relativi alla Roggia del Molinetto e alla Roggia Bolla, i cui alvei si dispongono sempre, rispetto al perimetro dell'area in Variante, a distanze non inferiori, rispettivamente, ai 100 m e ai 300 m (Cap. 5.1.1).

Gli alvei dei due corsi d'acqua evidenziano condizioni di discreta efficienza idraulica, alimentati a monte da acque pulite con portate modeste e velocità di scorrimento medio-basse. Nella Roggia Bolla, drenante un bacino di maggiori dimensioni, l'alveo presenta in sommità una larghezza di  $4 \div 5$  m e profondità compresa tra  $1,5 \div 2$  m. Avvicinandosi a Cascina La Bolla il deflusso risulta alimentato sostanzialmente dagli apporti meteorici diretti, con periodi anche prolungati di assenza di scorrimento.

L'analisi degli strumenti di pianificazione territoriale, condotta unitamente alla consultazione dei Rapporti di evento meteo-idrologico e alla ricerca documentale, non ha individuato segnalazioni di fenomeni di esondazione o altre condizioni di criticità idraulica, in un ampio intorno circostante al sito, esteso a partire da monte nel settore confinante di Frugarolo verso valle sino alla Cascina Stortigliona. Nell'intero periodo di esercizio del sito di cava, avviato alla fine degli Anni Novanta, analogamente non si è manifestato alcun fenomeno di criticità idraulica.

Sulla base di queste evidenze è ragionevolmente da escludere quindi il "fattore" reticolo minore tra gli elementi che hanno contribuito a definire un quadro geologico tale da inserire l'area di Cava La Bolla nella Classe II $\alpha$  di pericolosità geomorfologica.

Il progetto organico avviato dalla Regione per il riassetto idraulico del bacino del Rio Lovassina, corso d'acqua non interessante direttamente l'area in Variante in quanto defluente a circa 2,5 km di distanza, prevede l'utilizzo di un esteso tratto del corso della Roggia Bolla per l'impostazione di un canale scolmatore dei deflussi provenienti dalle aree a monte. L'intervento prevede la sistemazione completa con risagomatura dell'alveo della Roggia Bolla e la deviazione del suo tratto finale per consentire un più efficiente recapito dei deflussi in alveo al Bormida.

L'andamento planimetrico della Roggia non subirà variazioni di tracciato per un ampio tratto circostante l'area della Variante (Figura 40) [12] [13]. L'adeguamento dell'alveo comporta, sulla base degli elaborati progettuali, un significativo aumento



delle sezioni di deflusso accompagnate dal rifacimento degli attraversamenti stradali nell'intorno dell'area di cava [12]. Le verifiche idrauliche svolte per il bacino scolante nel suo complesso evidenziano un significativo miglioramento dell'efficienza idraulica dei corsi d'acqua oggetto di sistemazione. Gli aspetti di specifico interesse per il sito di Cava La Bolla sono esaminati nel Cap. 12.3.1.

### **12.3.1 Sistemazione idraulica del Rio Lovassina e del reticolo circostante**

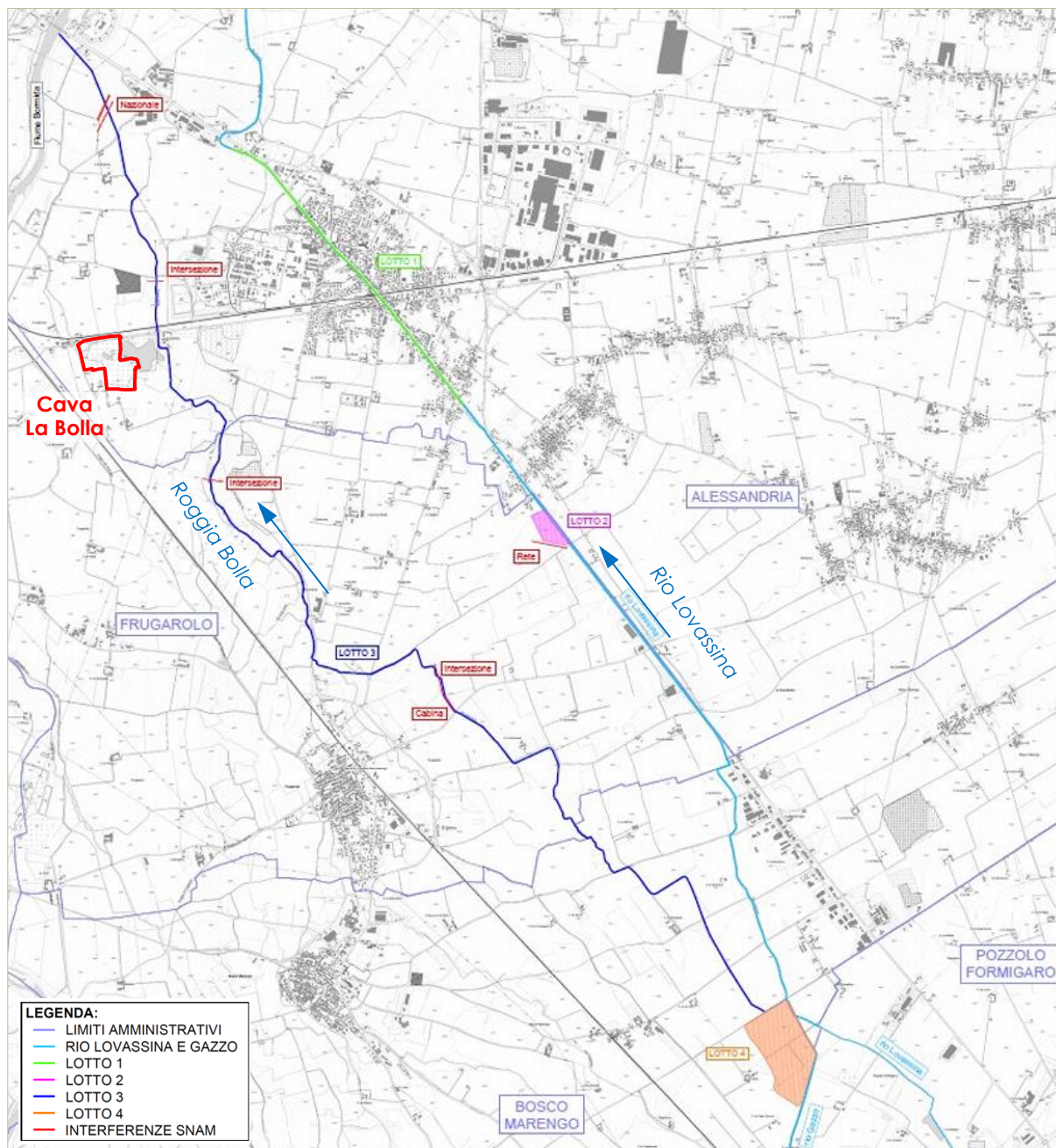
Per la risoluzione delle criticità idrauliche presenti lungo il corso del Rio Lovassina, con particolare riferimento al tratto tombato in corrispondenza dell'abitato di Spinetta è stato predisposto un intervento organico di sistemazione del corso d'acqua principale, unitamente al riassetto del reticolo circostante. Il progetto generale prevede la realizzazione di quattro lotti funzionali, per conseguire la minimizzazione delle condizioni di rischio idraulico nell'abitato di Spinetta Marengo [12]. Gli interventi sono stati definiti con riferimento alle condizioni idrologiche e idrauliche in grado di determinare la piena di progetto caratteristica associata a un tempo di ritorno di 200 anni.

La realizzazione degli interventi, articolata nell'ambito di 4 Lotti funzionali, è di seguito descritta in sintesi.

Lotto 1 – Adeguamento dell'esistente tratto cittadino tombinato del Rio Lovassina attraversante longitudinalmente l'abitato di Spinetta Marengo [11]. Gli interventi hanno comportato la ricognizione delle condizioni della tombinatura, eseguita in più fasi con diverse metodologie, la sistemazione dei tratti ammalorati e dei manufatti accessori. I lavori di questo lotto sono già stati completati. Allo stato attuale il massimo valore di portata convogliabile nel tratto cittadino tombinato è pari a 4,5 m<sup>3</sup>/s. Gli elaborati progettuali del Lotto sono stati resi disponibili dal Progettista.

Lotto 2 – Interessa il corso del Rio Lovassina dal tratto di monte (al confine con il comune di Pozzolo Formigaro), dove è prevista la Cassa di laminazione 4, e l'abitato di Spinetta [12]. Il bacino imbrifero considerato sino all'altezza della Cassa 4 (quota 130 m slm) si estende per 21 km<sup>2</sup>. Nel tratto successivo, chiuso immediatamente a monte dell'abitato di Litta Parodi (109 m slm), la superficie direttamente incidente sul Rio raggiunge i 26,6 km<sup>2</sup>, a cui si aggiungono le aree laterali sottese, pari a 5,6 km<sup>2</sup>.





**Figura 40** - Configurazione complessiva del Progetto di sistemazione del Rio Lovassina e riassetto del reticolo idrografico circostante [12]. La posizione dell'area interessata dalla Variante è indicata schematicamente con il quadrato rosso.

La portata attesa complessiva del contributo in uscita a monte dalla Cassa di laminazione 4 ( $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e delle acque di ruscellamento provenienti dal tratto di bacino intermedio è complessivamente di  $15,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , non compatibile con il massimo valore convogliabile nel tratto cittadino tombinato ( $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Nell'ambito del Lotto 2

è prevista, pertanto, la realizzazione di una cassa di laminazione subito a monte di Litta Parodi (Cassa 2) in grado di laminare la portata di 11,20 m<sup>3</sup>/s, garantendo come massimo valore in uscita un deflusso di 4,0 m<sup>3</sup>/s. Gli interventi descritti sono di prossima realizzazione. Gli elaborati progettuali sono stati consultati tramite il Repertorio Rendis della Regione Piemonte accessibile tramite internet.

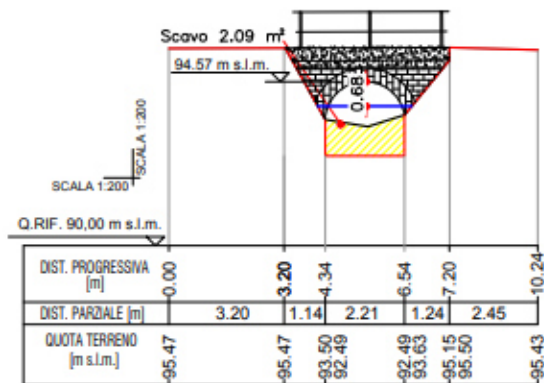
Lotto 3 – Comprende gli interventi di maggiore estensione areale, finalizzati alla realizzazione di un canale scolmatore, con tracciato del tutto indipendente da quello del Rio Lovassina, in grado di scaricare una portata massima di 10,0 m<sup>3</sup>/s proveniente dalla Cassa di laminazione 4 direttamente nell'alveo del fiume Bormida, subito a monte dell'attraversamento stradale della SP 10 [13]. Il tracciato del nuovo scolmatore non comporta l'impostazione ex novo di un nuovo alveo, in quanto prevede in larga parte la ricalibratura di fossati e rii minori attualmente esistenti (Figura 40).

Questo intervento assume rilevanza anche per l'assetto del reticolo idrico circostante il sito di progetto. Il tracciato del nuovo scolmatore, che inizialmente utilizza l'incisione del Rio Spierdaro, a partire dall'abitato di Frugarolo corrisponde sostanzialmente al percorso della Roggia Bolla sino all'altezza della Cascina Stortigliona, dove subisce una deviazione verso ovest per confluire direttamente in sponda destra del Bormida. Le opere previste nel Lotto 3 rappresentano potenzialmente gli interventi di maggiore rilevanza per l'area di Cava La Bolla. Tuttavia, il tracciato del corso d'acqua non subisce variazioni planimetriche per un intorno significativo, defluendo sempre ad est del sito di deponia COCIV. Il progetto idraulico prevede la risagomatura dell'alveo della Roggia, per consentire il transito in sicurezza della portata di progetto (10,0 m<sup>3</sup>/s), nonché l'adeguamento dei manufatti accessori (Figura 41). A seguito degli interventi previsti la Roggia Bolla presenterà per il suo intero sviluppo sezioni di deflusso e condizioni di efficienza idraulica significativamente superiori alle attuali. In questo contesto, nei pressi del sito, è prevista anche la sistemazione dell'attraversamento stradale di Strada Bolla. Le tavole di progetto indicanti la nuova geometria prevista per le sezioni di deflusso è stata resa disponibile dai Tecnici della Regione.

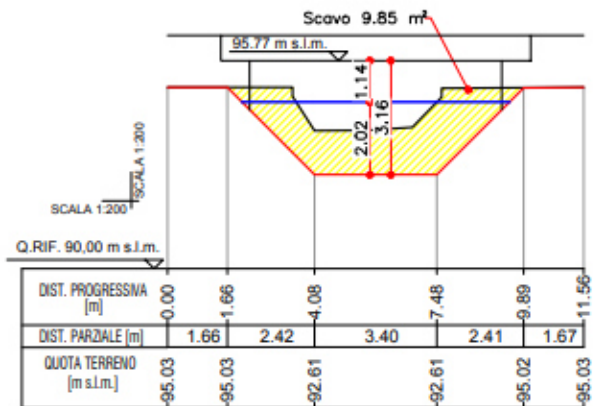
Lotto 4 – Prevede la realizzazione di una prima cassa di laminazione di monte (Cassa 4) posizionata in corrispondenza della confluenza del Rio Lovassina con il Rio Gazzo. Il bacino complessivo, chiuso alla quota 130 m slm, si estende per 21,0 km<sup>2</sup>. La portata

complessiva scolante prevista in ingresso nella Cassa è pari a 57,6 m<sup>3</sup>/s. Di questi, una porzione pari a 10 m<sup>3</sup>/s è deviata nel nuovo Canale scolmatore previsto al Lotto 3, mentre la parte restante (46,6 m<sup>3</sup>/s) viene laminata all'interno alla Cassa in progetto.

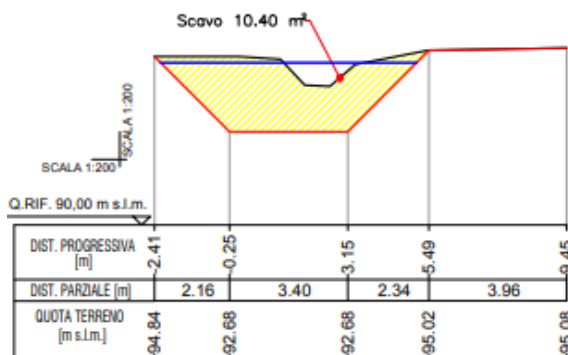
## SEZIONE N. : 6



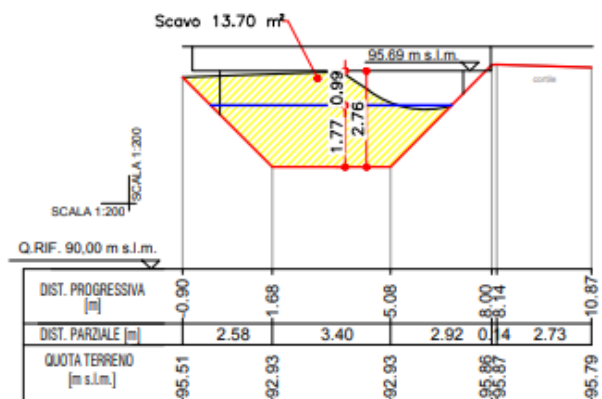
## SEZIONE N. : 7



## SEZIONE N. : 8



## SEZIONE N. : 9

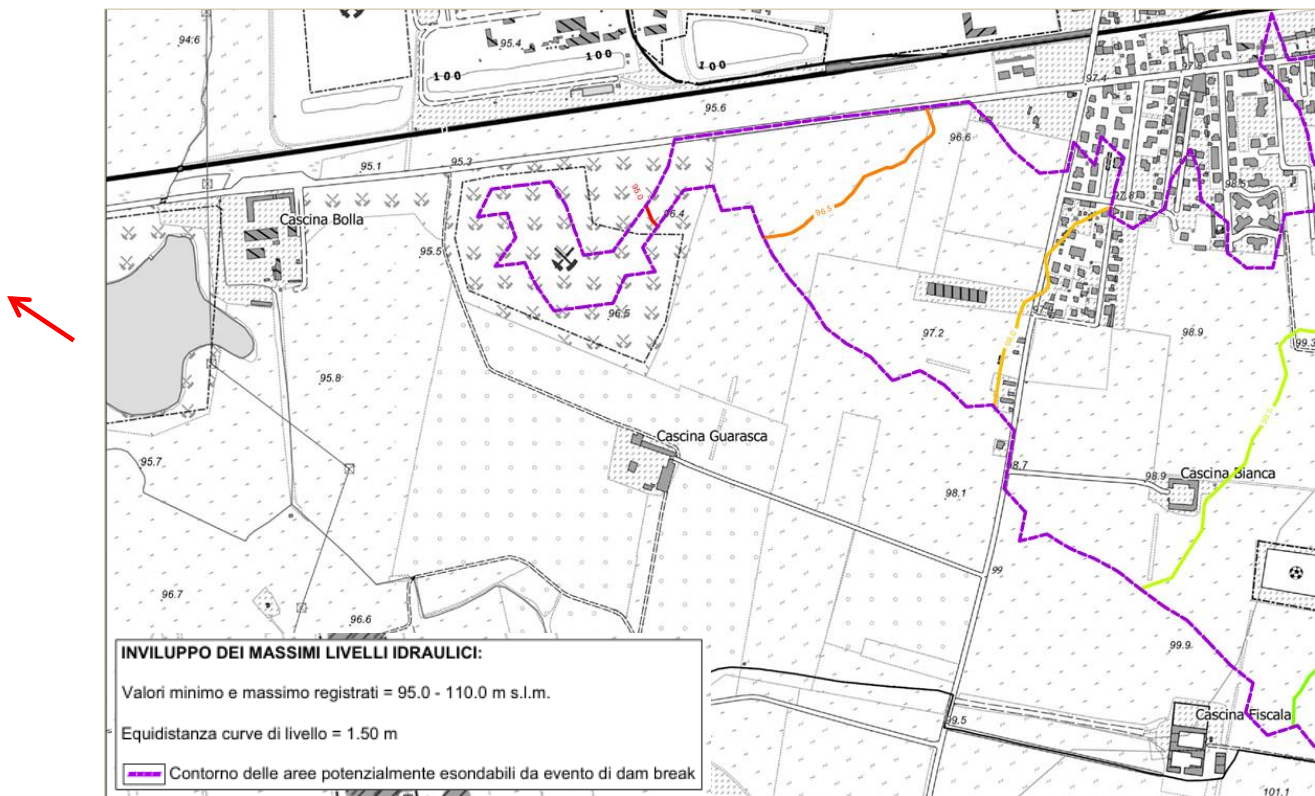


**Figura 41** – Adeguamento sezioni di progetto della Roggia Bolla nell'interno dell'area di Cava (dal Progetto del Lotto 3 [13]). In colore giallo i settori di scavo per l'adeguamento idraulico della sezione di deflusso, in rosso le zone di riporto. Sez. 6 – attraversamento ferrovia TO-PC a valle del sito; Sez. 7 – attraversamento stradale Via Bolla; Sez. 9 – attraversamento strada vicinale Casato Baracca.

In definitiva, considerando nel suo insieme il progetto di sistemazione idraulica del Rio Lovassina, si può ritenere che gli interventi previsti, anche nel caso del Lotto 3 interessante direttamente la Roggia Bolla, non apportino variazioni né interferiscano con l'assetto idraulico dell'area di progetto. Il tracciato planimetrico della Roggia,



infatti, non subisce variazioni, transitando sempre ad est dal sito di deponia COCIV. La sistemazione e l'adeguamento delle sezioni dell'alveo, secondo le finalità del progetto, consentiranno di assolvere alla funzione di scolmatore del Rio Lovassina per valori di portata corrispondenti a eventi di piena con tempo di ritorno di 200 anni. Il progetto idraulico ha preso in esame anche la pericolosità derivante da un ipotetico rilascio incontrollato dei volumi idrici, secondo uno scenario di "dam break", presenti nella Cassa di laminazione 2, posta direttamente a monte di Spinetta Marengo. La rottura del serbatoio determina un'onda di piena che nelle condizioni morfologiche dell'area, caratterizzate da morfologie molto blande e assenza di spartiacque ben definiti, può comportare una vasta propagazione areale dei flussi idrici (Figura 42).



**Figura 42** - Estensione dell'area esondabile in caso di rottura della Cassa di laminazione 2, localizzata subito a monte dell'abitato di Litta Parodi (quota 110,0 m slm). La linea a tratto in colore viola individua il perimetro dell'area soggetta ad allagamento. Il sito di progetto non risulta in alcun modo interessato, in quanto ubicato interamente oltre il margine sinistro della figura (freccia rossa). Stralcio della Tavola 07.1 – *Planimetria di potenziale esondabilità da dam break: inviluppo dei massimi livelli idraulici*, compresa nel Progetto di Fattibilità tecnico-economica – Lotto 2 [12].

Le modellazioni svolte nelle diverse condizioni idrauliche [12] escludono la possibilità di coinvolgimento dell'area di Cava La Bolla e del suo intorno circostante da parte dei volumi fuoriusciti in modo repentino dall'invaso di laminazione.

L'area di inondazione si propaga ampliandosi progressivamente procedendo da monte verso il centro di Spinetta, il suo perimetro tuttavia si chiude all'altezza di Cascina Guarasca, ben prima di Cascina La Bolla (Figura 42).

#### **12.4 RETICOLO PRINCIPALE - F. BORMIDA**

Sono state esaminate le possibili motivazioni che hanno portato all'inserimento nella Carta di sintesi e nelle relative Norme Tecniche di attuazione vigenti del divieto di "stoccaggio e realizzazione di discariche di ogni tipo di rifiuti" (NTA, art. 51, Area di pianura, Classe II $\alpha$ , comma 5 [8]). Tale limitazione è derivata direttamente dalle Norme di Attuazione del PAI [24], emanate nel 1998, che agli artt. 29-30 vietano espressamente la *"realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti"* nei territori compresi, rispettivamente, all'interno delle Fasce A e B.

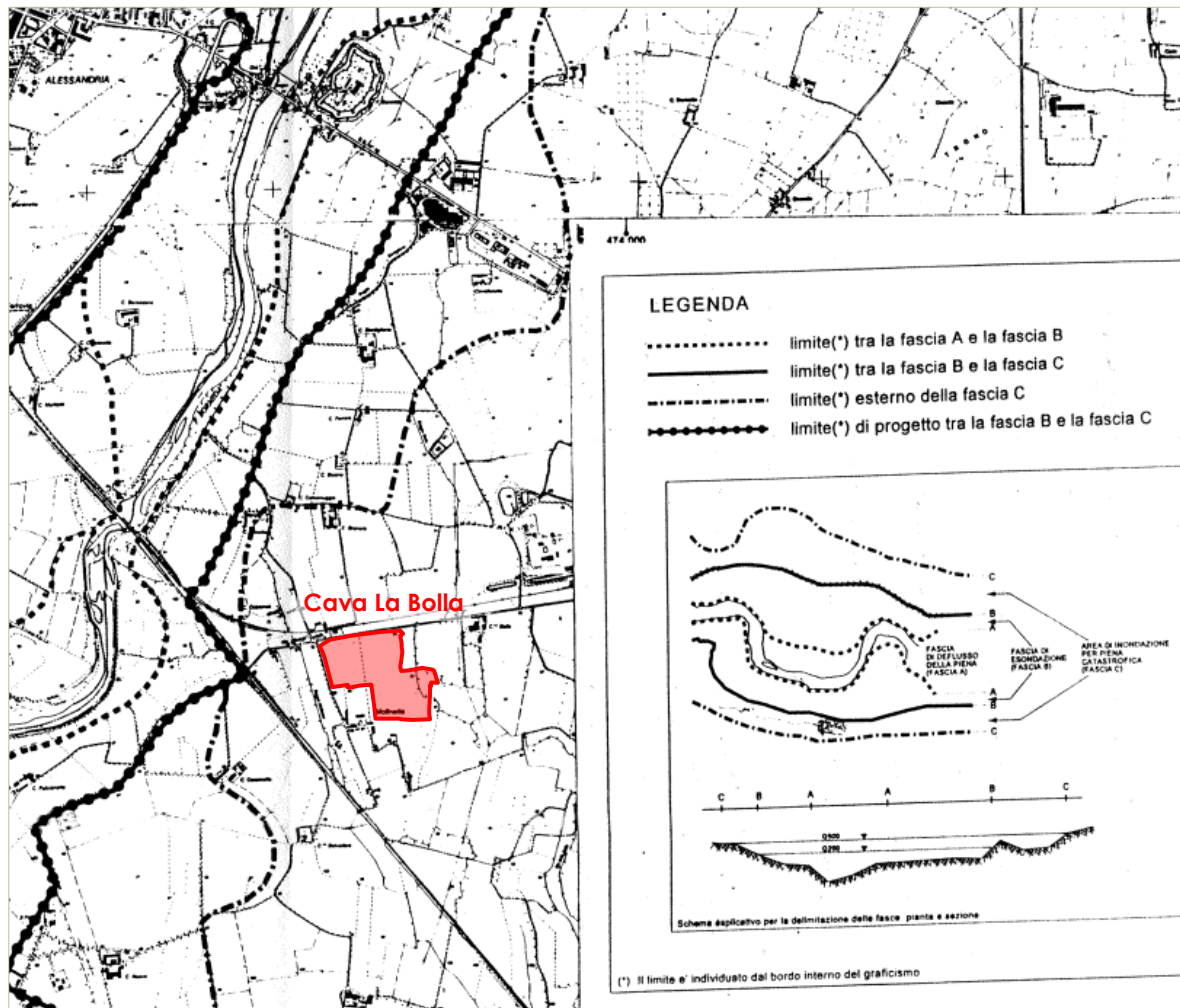
La prescrizione è stata quindi inserita nella normativa sulle discariche per rifiuti pericolosi e non pericolosi che vieta, sin dal D. Lgs. n. 36/2003 [27] successivamente confermato dal D. Lgs. n. 121/2020 [28], la localizzazione di impianti *"in aree esondabili, instabili e alluvionabili, come individuate negli strumenti di pianificazione territoriali, deve essere presa come riferimento la piena con tempo di ritorno minimo pari a 200 anni"* ([27] All 1, punto 2.1). Per inciso, l'areale soggetto a inondazione per eventi idrologici con  $T_R = 200$  anni corrisponde nel PAI ai settori compresi nel limite della Fascia B.

Il PAI vigente in fase di redazione del PRGC [24] riportava una delimitazione delle fasce fluviali diversa dall'attuale (Figura 43). L'area interessata dall'attuale Variante, come pure l'intero comprensorio estrattivo si localizzava del tutto esternamente, sia al Limite di progetto della Fascia B, che allo stesso Limite esterno della Fascia C.

Gli studi condotti per il PRGC 1990, con i successivi completamenti [4], [5] e le successive integrazioni [9], non hanno individuato elementi riconducibili a eventi meteo-idrologici che abbiano comportato l'inondazione del sito e dei settori circostanti.



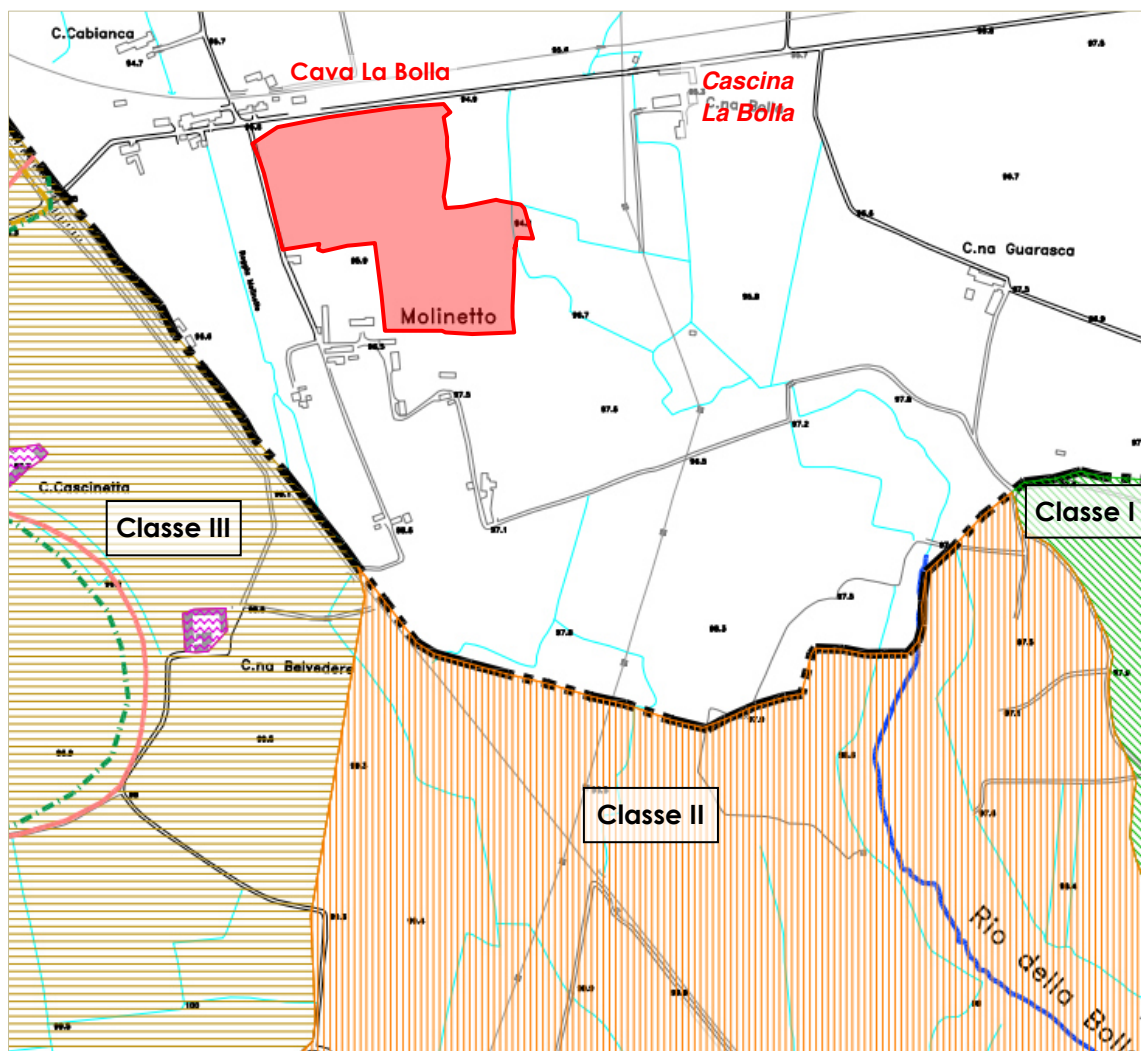
L'analisi geomorfologica svolta per il presente studio, basata sui rilievi di terreno, analisi delle riprese aerofotografiche e la revisione della documentazione tecnico-scientifica, analogamente, non ha riscontrato tendenze evolutive nella divagazione dell'alveo o fenomeni erosivi ai margini dei terrazzi fluviali che possano interferire, in modo sia diretto che indiretto, con la morfologia e le condizioni di stabilità dell'area in Variante e del suo intorno significativo.



**Figura 43** – Delimitazione delle Fasce Fluviali per il tratto finale del F. Bormida [24] vigente in fase di adeguamento del PRGC 1990 di Alessandria a seguito dell'evento alluvionale del Novembre 1994 (stralcio PRGC 1990, All. n. 13 del Giugno 1996 [4]. L'area considerata nell'attuale Variante, evidenziata con il retino rosso, risulta del tutto esclusa anche dal "Limite esterno della Fascia C" all'epoca vigente.

Per gli eventi alluvionali verificatisi nell'ultimo trentennio sono disponibili dati e documentazioni attendibili realizzate a cura dei Servizi Tecnici della Regione e

dell'ARPA Piemonte, comprendenti anche precise ricostruzioni cartografiche degli areali coinvolti. La serie comprende numerosi fenomeni di elevata intensità, riferibili anche ad eventi con elevato tempo di ritorno, almeno dell'ordine dei 100 anni. Dall'analisi della documentazione è possibile verificare come l'area della ex Cava e un ampio areale circostante non siano mai stati interessati da eventi di esondazione, sia pure da parte di battenti idrici modesti, o da fenomeni erosivi che abbiano coinvolto il margine della pianura adiacente il corso del Bormida (si cfr. Cap. 5.2.2). Quale ulteriore elemento di valutazione, è stata esaminata la classificazione della pericolosità morfologica nel limitrofo territorio del Comune di Frugarolo [30], confinante con l'area di interesse subito a sud del sito (Figura 44).



**Figura 44** – Comune di Frugarolo, stralcio della Carta di sintesi [30] relativa al territorio adiacente all'area di Cava La Bolla. Risulta evidente come l'intero settore immediatamente a sud della loc. Molinetto sia inserita in Classe II, senza alcuna limitazione specifica.

L'ampio settore in territorio di Alessandria classificato in Classe II $\alpha$  (con le limitazioni d'uso riferite a eventi idraulici con  $T_R = 200$  anni), comprendente parte dell'area di Cava La Bolla, non trova riscontro nella Carta di sintesi dell'adiacente comune, dove l'intero settore esterno al campo di attività fluviale del Bormida è compreso in Classe II (si cfr. Figura 38) senza limitazioni specifiche all'idoneità all'utilizzo urbanistico [30].

In definitiva, né gli strumenti di pianificazione territoriale sovraordinati vigenti in fase di stesura del PRGC vigente, né il quadro di riferimento geomorfologico e i fenomeni di instabilità conseguenti agli eventi meteo-idrologici di maggiore severità, supportano l'esigenza di estendere all'area di Cava La Bolla un vincolo per pericolosità da inondazione con tempo di ritorno inferiore o pari a 200 anni.

L'unico elemento in tal senso appare riconducibile alla consultazione dell'elaborato "Aree inondabili – Foglio 70 Alessandria" compreso nella Banca Dati Geologica implementata dai Servizi Tecnici della Regione Piemonte con il supporto scientifico del CNR – IRPI di Torino a partire dalla fine degli Anni Settanta (Regione Piemonte, 1990). Tale carta tematica, derivata da cartografie elaborate dal CNR-IRPI, sulla base di un'ampia raccolta documentaria, fornisce una valutazione della pericolosità idraulica del territorio per eventi di piena con diversi tempi di ritorno.

Come indicato nella Relazione geologica 1998 di completamento al PRG 90 [5] la Carta delle aree inondabili era stata utilizzata inizialmente per la zonizzazione della pericolosità di esondazione, rilevando tuttavia delle sostanziali incongruenze a seguito del verificarsi dell'evento alluvionale del Novembre 1994.

Il Progetto "Geos" Banca Dati Geologica promosso dalla Regione ha rappresentato un primo e meritevole esempio, a scala dell'intero territorio regionale, di schedatura e documentazione sistematica dei fenomeni di instabilità ai fini della prevenzione del rischio geologico. Nella definizione della pericolosità da inondazione, tuttavia, alcuni aspetti ne inficiano fortemente l'applicabilità diretta nella pianificazione territoriale a scala di dettaglio. Il rilevamento dei fenomeni fluviali è avvenuto alla scala 1:100.000, come pure la loro restituzione (Regione Piemonte, 1990). All'epoca la base cartografica a media scala era rappresentata dai fogli a scala 1:100.000 pubblicati dall'Istituto Geografico Militare (IGMI). Come specificato nella stessa Banca Dati Geologica (Regione Piemonte, 1990), per quanto si siano adottate procedure

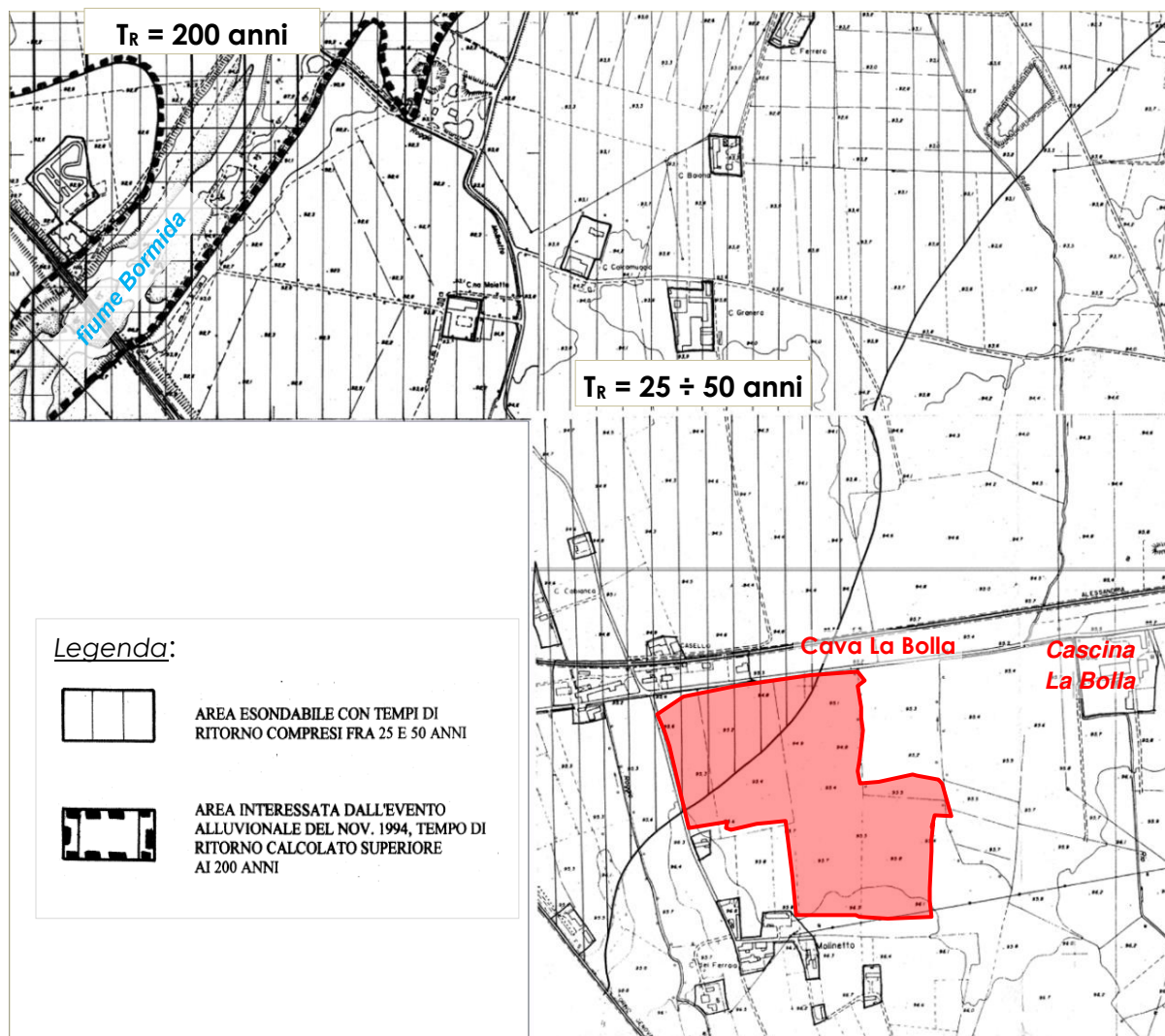
finalizzate alla migliore accuratezza possibile, la rappresentazione grafica è affetta da un'approssimazione non inferiore ai 50 m. I fogli topografici utilizzati sono inquadrati, in relazione alla diversa data di rilevamento, secondo diversi reticolati geografici (Ellissoide Internazionale, Ellissoide di Bessel), questo comporta ulteriori approssimazioni comprese tra alcune decine e un centinaio di metri.

Sotto l'aspetto metodologico, l'individuazione delle aree inondabili, con i relativi tempi di ritorno dei fenomeni, è stata ottenuta tramite l'esame della documentazione tecnico-scientifica di archivio e un sistematico studio interpretativo delle aerofotografie eseguite a partire dagli Anni Cinquanta. Per la delimitazione degli areali di inondazione non si è potuto, in genere, usufruire di rilievi puntuali coevi all'evento meteo-idrologico condotti a scala dell'intero corso d'acqua. La valutazione dei tempi di ritorno dei fenomeni, analogamente, non è supportata da modellazioni idrauliche dei deflussi, né da analisi statistiche dei parametri idrologico-idraulici.

Le conseguenze di tali limitazioni conoscitive sono evidenti negli stessi Studi del PRGC 1990. L'inserimento nella *"Carta delle Aree esondabili con diversi tempi di ritorno"* (Figura 45), facente parte della Relazione Geologica di completamento del PRGC 90 ([5], All. 4), delle aree esondabili con  $T_R = 25 \div 50$  anni (tratti dalla Banca Dati Geologica), risulta del tutto incongruente con il limite dell'area inondata nel Novembre 1994 (evento con  $T_R = 200$  anni per il corso del Tanaro e la zona di confluenza con il Bormida). L'areale interessato da fenomeni idraulici con tempi di ritorno decennali risulterebbe, infatti, più esteso rispetto a quello, peraltro rilevato direttamente sul terreno, caratterizzato da un tempo di ritorno almeno secolare.

Negli elaborati del PRGC vigente, il limite esterno dell'*"Area esondabile con tempi di ritorno compresi tra 25 e 50 anni"* corrisponde nell'insieme al limite della Classe II $\alpha$ , per cui è ipotizzabile che la perimetrazione di quest'ultima sia stata basata proprio sulla rappresentazione delle Aree inondabili tratte dalla Banca Dati Geologica.





**Figura 45** - PRGC 90 di Alessandria. Carta delle aree esondabili, stralcio delle Tav. 4-12, 4-13, 4-19, scala 1:5.000 [5]. La delimitazione delle aree inondabili presenta un'evidente incongruenza. Il limite della zona esondabile con  $T_R = 25 \div 50$  anni (tratta dal Foglio Alessandria della Banca Dati Geologica) comprende un ampio settore esterno all'area interessata dall'evento alluvionale del Novembre 1994, per il quale è stato valutato per il Tanaro e la zona di confluenza con il Bormida un  $T_R$  pari ad almeno 200 anni.



### 13. PROPOSTA DI MODIFICA LOCALE ALLA CARTA DI SINTESI

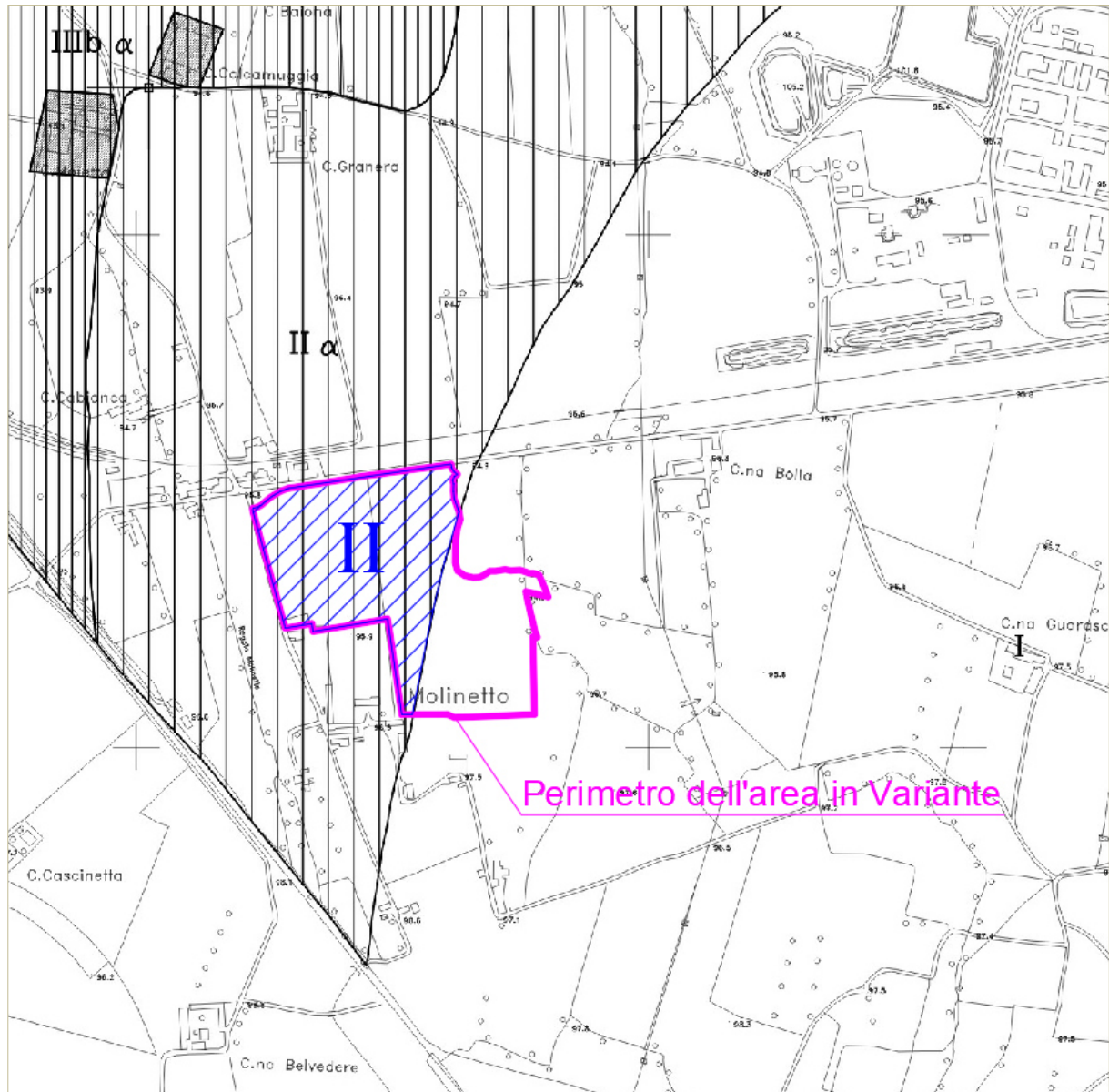
L'analisi svolta ha consentito di definire in modo dettagliato i caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'ex Cava La Bolla. L'assetto territoriale del sito è caratterizzato da:

- Zonizzazione nell'ambito del PAI attuale (Fasce Fluviali, Variante 2019) esterna alla Fascia B (ovvero al limite delle aree inondabili con  $T_R = 200$  anni), e interna alla Fascia C (si cfr. Cap. 11.1).
- Zonizzazione nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni vigente (PGRA, Variante 2020) nell'ambito della zona P1 (low) corrispondente ad una *"Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi"* ad opera del reticolo idrografico (si cfr. Cap.11.2).
- Assenza di evidenze o elementi riferibili al verificarsi di inondazioni nel corso degli eventi meteo-idrologici di maggiore severità verificatisi nell'ultimo trentennio (si cfr. Cap. 5.2.2).
- Assenza di informazioni o documentazione d'archivio e/o storica relativi a eventi di esondazione del reticolo principale o secondario che hanno interessato l'area dell'ex Cava La Bolla.
- Assenza di evidenze geomorfologiche riferibili a processi erosivi in atto o potenziali al margine della pianura prospiciente il corso del Bormida che possano interferire con la stabilità dell'area dell'ex Cava La Bolla.

L'esame degli studi svolti per la redazione del PRGC 1990 ha consentito, inoltre, di ricostruire la procedura che ha portato all'individuazione delle aree esondabili con tempi di ritorno compresi tra 25 e 50 anni, su cui è stata basata la perimetrazione della Classe di pericolosità II $\alpha$  e l'attribuzione del vincolo ostativo alla realizzazione di impianti di discarica. Il quadro informativo posto alla base della suddetta zonizzazione, oltre a non essere adeguato alle finalità della Carta di sintesi, risulta evidentemente in contrasto con la recente ridefinizione delle condizioni di pericolosità geomorfologica e idraulica, basate su un accurato modello idraulico sviluppato alla scala dell'intero bacino padano [18], [19], [20].

Alla luce del complesso di considerazioni svolte, si propone la modifica puntuale della zonizzazione riportata nella Carta di sintesi vigente, limitatamente all'area di interesse progettuale (Figura 46). In corrispondenza dell'intervento in progetto, per una limitata

porzione dell'areale attualmente compreso nella Classe II $\alpha$  si propone la trasformazione in Classe II non differenziata.



**Figura 46** – Stralcio della Carta di sintesi vigente (PRGC 1990, Tav. 4, adeguata a III Var. Strutturale [7]), con evidenziata in color fucsia l'area per cui si propone la modifica dell'attribuzione della pericolosità geomorfologica passando dalla Classe II $\alpha$  alla Classe II.

La nuova porzione di area in Classe II così individuata, è delimitata verso sud, ovest e nord, dall'esistente Classe II $\alpha$ , mentre al margine E confina con l'attuale vasto settore già incluso in Classe I.

La proposta di modifica locale della zonazione delle Classi pericolosità geomorfologica, inserita nel contesto della Carta di Sintesi attuale facente parte del PRGC vigente [7], è rappresentata nella Tavola fuori testo, alla scala 1:10.000, annessa alla presente relazione (Elab. G2 - Carta di sintesi). Con riferimento all'area oggetto dell'intervento specifico, la ri-delimitazione della classe di pericolosità è stata anche riportata sulla cartografia catastale restituita alla scala 1:2.000 per consentire una migliore leggibilità della ripartizione dei mappali interessati (Tavola fuori testo annessa alla relazione, Elab. G3 - Carta di sintesi).

All'area stralciata dalla Classe II $\alpha$  attuale e inserita nella Classe II (indifferenziata) relativa all'ambito della pianura, si applicano le Norme Tecniche vigenti per l'intero territorio comunale [8]. Nello specifico, si ritengono valide le attuali indicazioni riportate nelle Norme Tecniche - *Prescrizioni geologiche* (art. 51) con riferimento all'Area di pianura, per la Classe II.

#### Classe II

*"Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano campagna e dalla presenza del reticolo idrografico minore.*

*In questo ambito l'edificazione è subordinata alle seguenti prescrizioni:*

- 1. Accertamento geotecnico nel rispetto del D.M. LL.PP 11/03/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., volto a determinare la quota di imposta e la tipologia delle fondazioni.*
- 2. Esecuzione preventiva di una corretta regimazione delle acque superficiali e di falda, previa relazione geologica".*

La Scheda Geologico-tecnica contenente le specifiche Norme di attuazione per gli interventi oggetto della Variante semplificata al P.R.G.C. vigente è riportata di seguito in Allegato.

## **14. VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO**

Lo studio, condotto per mezzo di rilevamenti in sito, l'analisi aerofotogeologica, la consultazione della bibliografia geologica recente e l'esame della documentazione tecnico-scientifica, ha consentito la definizione di un quadro conoscitivo rappresentativo per gli aspetti geomorfologici, geologici e idrogeologici, dell'area estrattiva di Cava La Bolla, con specifico riferimento alla realizzazione di una discarica per pietrisco ferroviario e al suo recupero ambientale.

L'area in esame è inserita in un contesto di pianura, privo di tratti acclivi e morfologie accidentate. Nell'ambito dell'area di progetto e di un esteso areale circostante non sono stati rilevati fenomeni di instabilità, riferibili all'azione della gravità o delle acque di scorrimento superficiale. Dall'analisi della documentazione tecnica e di archivio, come pure dall'esame degli eventi meteo-idrologici dell'ultimo quarantennio, per cui è disponibile un'adeguata illustrazione, non risulta alcun coinvolgimento del sito da parte di fenomeni idraulici e/o erosionali da parte del reticolo idrico principale e secondario.

Con riferimento ai vincoli territoriali sovraordinati di natura idraulica e idrogeologica per il sito di progetto è stato verificato che:

- si localizza esternamente al limite della Fascia fluviale B, ovvero non è interessata da fenomeni fluviali con tempi di ritorno sino a 200 anni;
- ricade nella classificazione del PGRA nella zona con pericolosità bassa (P1);
- non è compreso in aree soggette al Vincolo idrogeologico;
- non è interessato dalle fasce di rispetto dei corsi d'acqua;
- risulta del tutto esterno alle zone di tutela assoluta, rispetto ristretta e rispetto allargata (con riferimento alle isocrone a 180 e 365 giorni).

L'integrazione dei dati di superficie con lo svolgimento di uno specifico piano d'indagine geognostica (con sondaggi a carotaggio, prove in foro, rilievi MASW, prove geotecniche di laboratorio) ha consentito la ricostruzione dell'assetto e la caratterizzazione del volume di sottosuolo significativo per l'intervento.

È stata condotta una caratterizzazione geologico-tecnica ai fini di microzonazione sismica, con la definizione di una microzona omogenea in prospettiva sismica. I risultati dei rilievi MASW attribuiscono ai terreni una categoria sismica di sottosuolo di tipo B.

L'area è priva di elementi morfologici e topografici in grado di determinare amplificazioni nello spettro locale di risposta sismica orizzontale. Il sito è classificabile come una zona stabile, soggetta ad amplificazione per effetti litostratigrafici.

Il quadro conoscitivo acquisito nel suo complesso non evidenzia elementi di criticità per la realizzazione dell'intervento che, quindi, è da ritenersi compatibile con l'assetto del territorio fisico rilevato. Il modello geologico e i relativi parametri sono stati assunti per l'impostazione delle analisi e verifiche di tipo geotecnico.

L'esame dell'assetto idrogeologico del sito e dell'area vasta circostante ha permesso di definire le modalità della circolazione idrica sotterranea. La disponibilità dei rilievi della falda, condotti circa un ventennio in corrispondenza dell'area della Cava e del vicino Stabilimento Solvay, ha reso possibile verificare le variazioni di livello in relazione ai principali eventi meteo-idrologici. Il massimo innalzamento della falda è stato rilevato nel dicembre 2019 a seguito della serie di piogge straordinarie dell'ottobre-novembre, nell'insieme riferibili a tempi di ritorno dell'ordine di varie centinaia di anni. Il relativo valore di 90,5 m slm, misurato in corrispondenza della Cava in posizione di monte idrogeologico, è assunto quale valore limite per la definizione secondo la Normativa del piano di imposta della discarica (ovvero con l'applicazione del franco minimo prescritto dal D.Lgs. n. 121/2020).



## **15. ALLEGATI**

### **15.1 SCHEDA MONOGRAFICA AREA IN VARIANTE**

## REGIONE PIEMONTE – PROVINCIA DI ALESSANDRIA

## Comune di Alessandria

## Variante al P.R.G.C. vigente in loc. Cava La Bolla (Spinetta Marengo)

## Progetto Definitivo

<b>SCHEMA n. 1</b>	<b>Intervento:</b> N. 1 – Destinazione d'uso vigente: area di cava; Destinazione d'uso a seguito variante semplificata: area di discarica per rifiuti non pericolosi
--------------------	--

**CLASSE DI IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA:** I, II**PAI – FASCE FLUVIALI:**

l'area è compresa nel limite della Fascia C, ma risulta esterna sia alla Fascia B che alla Fascia B di progetto.

**PAI – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA):**

l'area è compresa nella classe P1 (low) corrispondente ad una "Scarsa probabilità di alluvioni" ad opera del reticolo idrografico.

**VINCOLO IDROGEOLOGICO:**

assente

**FASCE DI RISPETTO DAI CORSI D'ACQUA NATURALI ED ARTIFICIALI:** assenti**CONDIZIONI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO:**

assenti

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA:**

Categoria di sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Assenza di elementi topografici e morfologici condizionanti

**IDROGRAFIA DI SUPERFICIE:**

Assente nel sito e nel suo intorno significativo.

Il reticolo minore più prossimo, di impostazione artificiale, si localizza a distanze superiori, rispettivamente, al centinaio di metri (Roggia del Molinetto) o a 300 m (Roggia Bolla).

L'alveo attivo del fiume Bormida dista circa 1400 m dal perimetro esterno dell'area oggetto della variante.

**GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA:**

L'area interessata dalla variante si localizza sul margine ovest della porzione distale del conoide inattivo generato dal corso del T. Scrivia. La superficie topografica del sito, dove non interessata dalle attività estrattive, presenta un assetto pianeggiante estendendosi tra i 95,5 e i 95,0 m slm, con una modesta pendenza verso nord (0,1 %). L'esercizio della cava ha comportato sbancamenti e formazione di cumuli di terreni di risulta con altezza sino a 4-5 m.

I terreni presenti, indagati con una serie di sondaggi spinti sino a 30 m dal p.c., comprendono una sequenza di depositi fluviali di età Pleistocene sup. -Attuale.

Dove conservatosi in posto, l'orizzonte di terreno affiorante è costituito da limi e sabbie limose con spessori generalmente compresi tra alcuni decimetri e 1 ÷ 3 m.

Al di sotto di questo si individua una prima unità, estesa sino a profondità dell'ordine dei 15 m, costituita da ghiaia, localmente con ciottoli ( $D_{max} = 6 \div 8$  cm), associata ad una matrice sabbioso-limosa. Lo stato del deposito è moderatamente addensato.

Al di sotto e sino ai 30 m di profondità, sono presenti ghiaie, a tratti con ciottoli ( $D_{max} = 6 \div 8$  cm) in matrice da sabbioso-limosa a limoso-sabbiosa. Lo stato di addensamento aumenta progressivamente con la profondità sino a molto addensato.

Sporadicamente all'interno della sequenza ghiaioso-sabbiosa si intercalano limi e limi argillosi, da consistenti a molto consistenti, inglobanti ghiaia medio-fine costituenti lenti di limitata continuità areale. Gli spessori accertati variano da alcuni decimetri a 2 m circa.

**IDROGEOLOGIA:**

I depositi fluviali caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità costituiscono un acquifero superficiale di tipo libero, appartenente secondo la classificazione idrostratigrafica della Pianura Padana occidentale al Gruppo Acquifero A.

L'acquifero si estende alla porzione superficiale dell'intero conoide inattivo dello Scrivia. Lo spessore è valutabile nell'ordine dei 30 m. La circolazione idrica presente al suo interno è alimentata principalmente dalle precipitazioni dirette. La superficie della falda presenta una configurazione complessiva di tipo radiale.

Nell'intorno dell'area di Cava La Bolla la direzione media del flusso sotterraneo è disposta da SE verso NO, con recapito finale verso i corsi del F. Bormida e del F. Tanaro.

Nell'area oggetto di variante, la superficie piezometrica si dispone in genere a quote comprese tra 86 ÷ 88 m s.l.m., con episodici innalzamenti a seguito di eventi di precipitazione elevata e prolungata.

Al di sotto dell'acquifero superficiale, circuiti idrici di tipo confinato e semi-confinato sono presenti nell'ambito delle intercalazioni grossolane ospitate nei depositi di transizione del Villafranchiano Auct. (Gruppo Acquifero B).

**USO DEL SUOLO:**

- ☐ Centro abitato
- ☐ Nuclei residenziali in aree agricole
- ☐ Aree artigianali-produttive
- ☒ Area di cava
- ☐ Seminativi
- ☐ Frutteti
- ☐ Vigneti
- ☐ Prati stabili
- ☐ Aree con vegetazione rada
- ☐ Boschi
- ☐ Rocce nude, falesie

**PRESCRIZIONI GEOLOGICO-TECNICHE E SISMICHE****NORME DI ATTUAZIONE:**

La progettazione degli interventi edificatori dovrà essere supportata dalla predisposizione di Relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 11/03/1988 e del D.M. 17/01/2018 e s.m.i., ponendo particolare attenzione agli aspetti connessi alle:

- caratteristiche dell'orizzonte di terreno affiorante;
- oscillazioni del livello della falda superficiale;
- regimazione delle acque meteoriche dirette o provenienti da superfici scolanti, anche in relazione alla funzionalità del reticolo idrico minore in ambito locale.

Per l'area in Classe II, in particolare, si prescrivono le seguenti  
Indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alla caratterizzazione  
litostratigrafica e geotecnica dei terreni:

- Esecuzione di pozzetti esplorativi per la caratterizzazione dell'orizzonte superficiale a granulometria fine, spinti almeno sino a 3,5 m dalla quota originaria del p.c. (95,5 m slm), e comunque almeno 1 metro al di sotto del piano di appoggio di fondazioni e manufatti significativi.
- Esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, condotti a rotazione, da spingere a profondità di almeno 30 m dal previsto piano di imposta delle fondazioni di opere e installazioni di particolare rilevanza. Nel corso delle perforazioni si procederà, in relazione alla tipologia delle opere, allo svolgimento di prove geotecniche (SPT), idrauliche (prove di permeabilità) e al prelievo di campioni di terreno di tipo indisturbato e rimaneggiato.
- Esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno, prelevati con i pozzetti esplorativi e nel corso dei sondaggi, per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche rilevanti per l'intervento in progetto. Le determinazioni andranno condotte preferibilmente su campioni di tipo indisturbato o, qualora questi non fossero prelevabili data la composizione dei terreni, a campioni rimaneggiati, semi-disturbati o ricostituiti in laboratorio con riferimento alle caratteristiche possedute in sito.
- Esecuzione di prove di carico su piastra per la valutazione della deformabilità e della capacità portante dell'orizzonte di terreno superficiale in posto in relazione all'impostazione di manufatti o impianti di rilevanza in prossimità della superficie topografica.

Sarà comunque facoltà del Progettista valutare, con riferimento al quadro conoscitivo acquisito per il volume di sottosuolo significativo per l'intervento, la completezza dei dati disponibili e l'eventuale necessità di ulteriori indagini, prove in sito, campionamenti e determinazioni di laboratorio.

#### Monitoraggio della falda

In corrispondenza del sito dovrà essere mantenuta in efficienza una rete di misura per il monitoraggio continuativo del livello della falda. I punti di misura, almeno in numero di 3 in modo da consentire la ricostruzione areale della superficie di falda, saranno costituiti da piezometri a tubo aperto realizzati in modo da evitare l'afflusso diretto (accidentale) di acqua dalla superficie topografica.

Il piano di monitoraggio minimo comprenderà, in condizioni idrologiche ordinarie, l'esecuzione del rilievo piezometrico in tutti gli strumenti disponibili almeno una volta al mese. In corrispondenza e a seguito di eventi meteo-idrologici di elevata intensità, la periodicità dei rilievi sarà ridotta (es., una misura/settimana)



mantenendo la maggiore frequenza per almeno un mese dal culmine dell'evento idrologico o idraulico, in modo da poter rilevare la fase di massimo innalzamento della falda.

In caso di sostituzione o rifacimento dei piezometri attualmente presenti, i nuovi punti di monitoraggio andranno realizzati e rilevati topograficamente in modo da consentire la correlazione tra le diverse serie di misure piezometriche acquisite.

#### Gestione del deflusso delle acque di pioggia

L'area risulta esterna ai fenomeni alluvionali, con tempi di ritorno sino a 200 anni, derivanti dai corsi d'acqua principali e dal reticolo minore.

Nell'ambito degli interventi andranno comunque valutati i deflussi relativi agli apporti meteorici diretti o provenienti da superfici scolanti, adottando qualora necessari opportuni sistemi di raccolta e restituzione controllata dei deflussi per non alterare la funzionalità idraulica dei recapiti finali.

#### **AZIONE SISMICA:**

La Categoria sismica di sottosuolo dovrà essere verificata localmente mediante esecuzione di prove MASW.

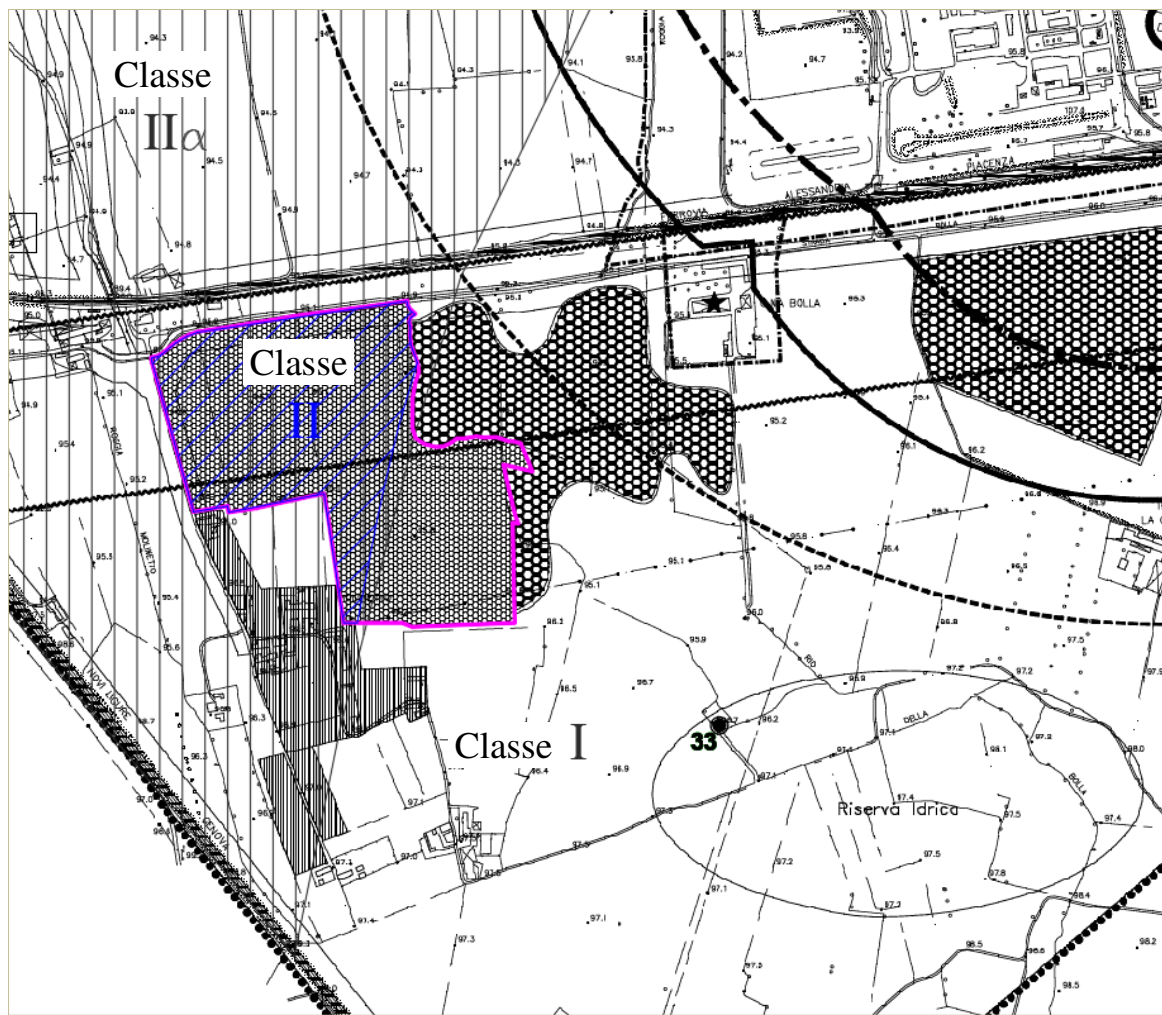
#### **REALIZZAZIONE DI PIANI INTERRATI:**

È vietata la realizzazione di piani interrati. Al di sotto della superficie topografica media (95,0 m slm) è consentito il solo posizionamento di manufatti, attrezzature, impianti tecnologici e simili, a servizio dell'impianto di discarica.

La prescrizione non si applica al piano di impostazione della discarica e dei sistemi di barriera associati, la cui quota è definita sulla base del massimo innalzamento della falda, incrementato del franco di sicurezza imposto dalla Normativa specifica (D. Lgs. n. 121/2020).

**CARTOGRAFIA:**

Destinazione d'uso del suolo e Classi di pericolosità geomorfologica.



Aree per attività estrattive, discariche:

	cave attive;	N d A, art. 28
	cave inattive;	N d A, art. 28
	discariche;	N d A, art. 28
	Elettrodotti: 132 KV, 15 KV;	N d A, art. 58
	Aree ferroviarie;	N d A, art. 32 ter
	Aree destinate alla viabilità;	N d A, art. 32 bis
	Aree per attività agricole;	N d A, art. 45

La perimetrazione dell'area di progetto interessata dalla Variante urbanistica sulla cartografia catastale è riportata nell'apposita Tavola fuori testo a scala 1:2.000.