



REGIONE DEL VENETO



PROVINCIA DI VERONA



Valeggio sul Mincio



Titolo progetto:

Impianto per il fabbisogno regionale di smaltimento rifiuti contenenti amianto da realizzare nel Comune di Valeggio sul Mincio (VR), località Ca' Baldassarre

PROGETTO

01_R08

Nome documento:

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

Richiedente:

Progeco Ambiente S.P.A.

Via Ca' Vecchia 9, San Martino
Buon Albergo (VR)

Coordinamento:

Progeco Ambiente S.P.A.

Via della Ferrovia 13,
Gavardo (BS)

PROGETTO

Ing. Massimo Di Martino

S.I.A. e V.Inc.A.

Dott.
Marco Stevanin

STUDI SPECIALISTICI



Geol.
Bianca Saudino Dughera



Dott.
Marco Abordi

Abbestos Specialist Managment: Ing. Remo Bordini

Data documento:
Novembre 2023

Revisione:
Rev. 00

Nome file:
01_R08_Rel_Geol.pdf

Scala:

revis. n.	data	oggetto revisione
00	15/11/23	prima emissione.

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA DISPONIBILE	5
3.	INQUADRAMENTO GENERALE DI AREA VASTA	7
3.1	Inquadramento geografico.....	7
3.2	Inquadramento catastale ed urbanistico.....	7
3.3	Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico.....	11
3.3.1	Assetto geomorfologico e geologico	11
3.3.2	Assetto idrogeologico e piezometrico	14
3.3.3	Vulnerabilità dell'acquifero superficiale e qualità delle acque sotterranee.....	16
3.4	Inquadramento idrografico.....	21
3.4.1	Corsi d'acqua naturali.....	21
3.4.2	Corsi d'acqua artificiali.....	22
3.5	Inquadramento meteorologico	24
4.	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	28

5.	RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DELLE INDAGINI DISPONIBILI...	34
5.1	Indagini geognostiche e rete piezometrica	34
5.2	Prove idrodinamiche.....	36
5.2.1	Prove di permeabilità in pozzetti superficiali	36
5.2.2	Slug-test.....	36
5.3	Rilievi piezometrici.....	38
5.4	Campagne di monitoraggio delle acque sotterranee.....	38
6.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO	40
6.1	Assetto morfologico	40
6.2	Assetto litostratigrafico.....	40
7.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	43
7.1	Stima delle oscillazioni piezometriche e della quota di massima escursione della falda.....	43
7.1.1	Dati piezometrici di area vasta	43
7.1.2	Dati piezometrici sito-specifici.....	49
7.2	Ricostruzioni piezometriche	52
7.3	Direzioni di deflusso della falda e definizione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee.....	55
7.4	Velocità di deflusso delle acque sotterranee.....	57
8.	VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA DELLA FALDA.....	59

9.	CARATTERISTICHE QUALITATIVE DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	66
10.	POZZI ACQUEDOTTISTICI NEL RAGGIO DI 5 KM	76
11.	INTERVENTI SULLA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	77
11.1	Cementazione piezometri esistenti interferenti con l'impianto.....	77
11.2	Realizzazione nuovi piezometri di monitoraggio delle acque sotterranee	78
<u>ALLEGATO 1</u>	Tavole grafiche.....	80
<u>ALLEGATO 2</u>	Stratigrafie.....	106
<u>ALLEGATO 3</u>	Monografie piezometri.	198
<u>ALLEGATO 4</u>	Schede interpretazione slug-test.....	236
<u>ALLEGATO 5</u>	Rilievi freaticometrici 2007-2023.....	242
<u>ALLEGATO 6</u>	RDP campagne aprile 2021 e ottobre 2023.....	247

1. PREMESSA

La presente relazione è redatta per conto dalla società Progeco Ambiente S.p.A. con sede in località Cà Vecchia, 9 in comune di San Martino Buon Albergo (VR), a supporto del progetto di realizzazione di un *“Impianto per il fabbisogno regionale di smaltimento rifiuti contenenti amianto da realizzare nel comune di Valeggio sul Mincio (VR), Località Cà Baldassarre”*.

Il documento costituisce la relazione Geologica ed Idrogeologica ed ha lo scopo di definire le caratteristiche geologiche del sito in esame al fine di valutare la fattibilità geologica del progetto ed ottimizzare le scelte progettuali nella realizzazione delle nuove opere.

Le attività condotte nell'espletamento dell'incarico hanno previsto:

- reperimento di dati bibliografici;
- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico generale e di dettaglio del sito;
- inquadramento meteorologico e raccolta dei dati di precipitazioni e temperatura caratteristici della zona;
- pianificazione, esecuzione ed interpretazione di prove di falda a pozzo singolo (slug-test), allo scopo di ricostruire il modello idrodinamico dell'acquifero superficiale;
- raccolta, sistematizzazione e analisi dei dati relativi ai livelli piezometrici caratteristici del sito, allo scopo di individuare la massima escursione positiva della falda superficiale;
- ricostruzione della superficie piezometrica nelle condizioni di minimo e massimo piezometrico e delle variazioni della direzione di deflusso delle acque sotterranee, al fine di individuare i punti di monitoraggio significativi;
- valutazione della vulnerabilità idrogeologica locale della falda e dello stato di qualità delle acque sotterranee;
- definizione delle caratteristiche costruttive di nuovi punti di monitoraggio in progetto.

Le Tavole grafiche citate nel testo sono riportate in Allegato 1.

2. ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA DISPONIBILE

Per la stesura del presente elaborato è stata consultata la seguente documentazione tecnica:

- [1]. 1999 – CNR, Dip. Geol. Univ. Padova, SELCA, Firenze “*Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura Veronese Occidentale*” (scala 1:30'000), a cura di A. Dal Prà, P. De Rossi, M. Leso, A. Silotti;
- [2]. Gennaio 2012 – Adige Ambiente S.r.l. “Progetto Definitivo. Elab. 1.R4. Relazione geologica e idrogeologica”.
- [3]. Giugno 2018 – Progeco Ambiente SpA. “Studio idrogeologico-ambientale dell’area presso la discarica RSU di Cà Baldassarre. Relazione tecnica definitiva”, a cura di BDM Srl.
- [4]. Ottobre 2018 – Comune di Valeggio Sul Mincio. “*Relazione tecnica*”, a cura del DICAM Dipartimento Ingegneria Civile Ambientale Meccanica di Trento.
- [5]. Maggio 2019 – ARPAV. Servizio Osservatorio Acque Interne – “*Qualità delle acque sotterranee 2018*”;
- [6]. Marzo 2020 – Comune di Valeggio Sul Mincio. “*Relazione tecnica. Valutazione tecnica dati di monitoraggio discarica di Valeggio*”, a cura del DICAM Dipartimento Ingegneria Civile Ambientale Meccanica di Trento e ISER Srl.
- [7]. Ottobre 2021 – Comune di Valeggio Sul Mincio. “Progetto esecutivo per la ribaulatura del capping. Variante tecnica e morfologica – Elaborato 01 Relazione generale”, a cura del Dott. C. Bagolini.
- [8]. Dicembre 2020 – ARPAV. Servizio Osservatorio Acque Interne – “*Qualità delle acque sotterranee 2019*”;
- [9]. Dicembre 2021 – ARPAV. Servizio Osservatorio Acque Interne – “*Qualità delle acque sotterranee 2020*”;
- [10]. Giugno 2022 – ARPAV. Servizio Osservatorio Acque Interne – “*Qualità delle acque*”

sotterranee 2021”;

[11]. Giugno 2023 – ARPAV. Servizio Osservatorio Acque Interne – *“Qualità delle acque sotterranee 2022”;*

[12]. Settembre 2023 – Comune di Valeggio Sul Mincio. *“Relazione tecnica. Valutazione tecnica dati di monitoraggio discarica di Valeggio”*, a cura del DICAM Dipartimento Ingegneria Civile Ambientale Meccanica di Trento e ISER Srl.

[13]. 2023 - ARPAV – Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio *“Rapporto sulla risorsa idrica in Veneto al 30 settembre 2023”;*

Il riferimento alla documentazione consultata viene di seguito riportato con il rispettivo numero secondo l'ordine di cui sopra.

3. INQUADRAMENTO GENERALE DI AREA VASTA

3.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è situata nella porzione orientale del territorio comunale di Valeggio sul Mincio (VR), in corrispondenza di località Cà Baldassarre.

Attualmente il sito è caratterizzato da una depressione artificiale, generata dall'attività di escavazione di inerti. Tale attività, intestata alla ditta CAV.CA s.n.c. e autorizzata con DGR n. 2710 del 12/05/1981, è stata estinta con DGR n. 208 del 30.10.2013.

Inoltre, l'area confina a nord con la discarica di RSU del Comune di Valeggio Sul Mincio, ormai esaurita e in fase di post-gestione (Tav. 3.1, Tav. 3.2 e Tav. 3.3).

3.2 Inquadramento catastale ed urbanistico

Le aree nella disponibilità della Società, come da Atti allegati alla documentazione progettuale, sono individuate catastalmente come riportato nel seguito:

- Foglio 49, particelle 5, 6, 35, 36, 72, 73, 283, 285, 301, 302, 303, 304, 305, 306
- Foglio 40 particella 5

del NCT del Comune di Valeggio sul Mincio (VR).

L'impianto verrà realizzato sui seguenti mappali: Foglio 49, particelle 5, 6, 35, 36, 72, 73, 283, 285, 301, 302, 303, 304, 305, 306.

Dal punto di vista urbanistico, il PAT (Piano di Assetto del Territorio) comunale, approvato con deliberazione di Giunta Regionale del Veneto n. 1846 del 15/10/2013, inserisce l'area in oggetto all'interno delle perimetrazioni che seguono:

ART. 2 - VINCOLI, TUTELA, INVARIANTI E FRAGILITÀ

Rif. Tav. 1 – Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale (vedasi Fig. 3.1).

FASCE DI RISPETTO

- *Art. 2.9 delle N.T.A. – Discarica – fasce di rispetto*

L'area in oggetto è parzialmente interessata dalla fascia di rispetto della limitrofa discarica RSU, alla quale sono applicate le seguenti prescrizioni e vincoli:

Alle discariche ed all'edificazione in prossimità di esse si applicano le fasce di rispetto previste dal Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n.36 e dagli artt.32 e 32 bis della LR n.3/2000. All'interno di tali fasce non è ammessa nuova edificazione residenziale.

- *Art. 2.10 delle N.T.A. – Cava e piano cave*

L'area in oggetto interessa un'area di cava dismessa

- *Art. 2.13 delle N.T.A. – Servizio Tecnologico - Elettrodotta, Metanodotto, Depuratore e Impianti di comunicazione elettronica ad uso pubblico - fasce di rispetto*

L'area in oggetto è parzialmente interessata dalla fascia di rispetto del metanodotto, alla quale sono applicate le seguenti prescrizioni e vincoli:

Lungo i tracciati dei metanodotti la fascia di rispetto da osservarsi dipende dalla pressione di esercizio, dal diametro della condotta, dalla natura del terreno di posa e dal tipo di manufatto esistente.

Per il territorio del comune di Valeggio sul Mincio, la fascia di rispetto da osservarsi nella edificazione varia da un minimo di m 20 per i metanodotti esistenti, ad un massimo di m 40 per i tracciati di progetto.

La distanza si calcola per lato a partire dall'asse della condotta, misurata ortogonalmente allo stesso

FRAGILITÀ

Rif. Tav. 3 – Carta delle Fragilità (vedasi Fig. 3.2).

- *Art. 2.24 delle N.T.A. – Compatibilità geologica*

L'area in oggetto ricade in area idonea a condizione: attività estrattiva, per la quale valgono le seguenti prescrizioni e vincoli: *Le istanze per l'approvazione di P.U.A., dei permessi di costruire e le D.I.A./S.C.I.A., dovranno contenere adeguata relazione geologica e geotecnica conforme alle Norme tecniche di settore emanate con il D.M. 11/3/1988 e D.M. 14/1/2008 e s.m.i., e proporzionata al grado di penalità attribuito al terreno e alle caratteristiche dell'opera in progetto.*

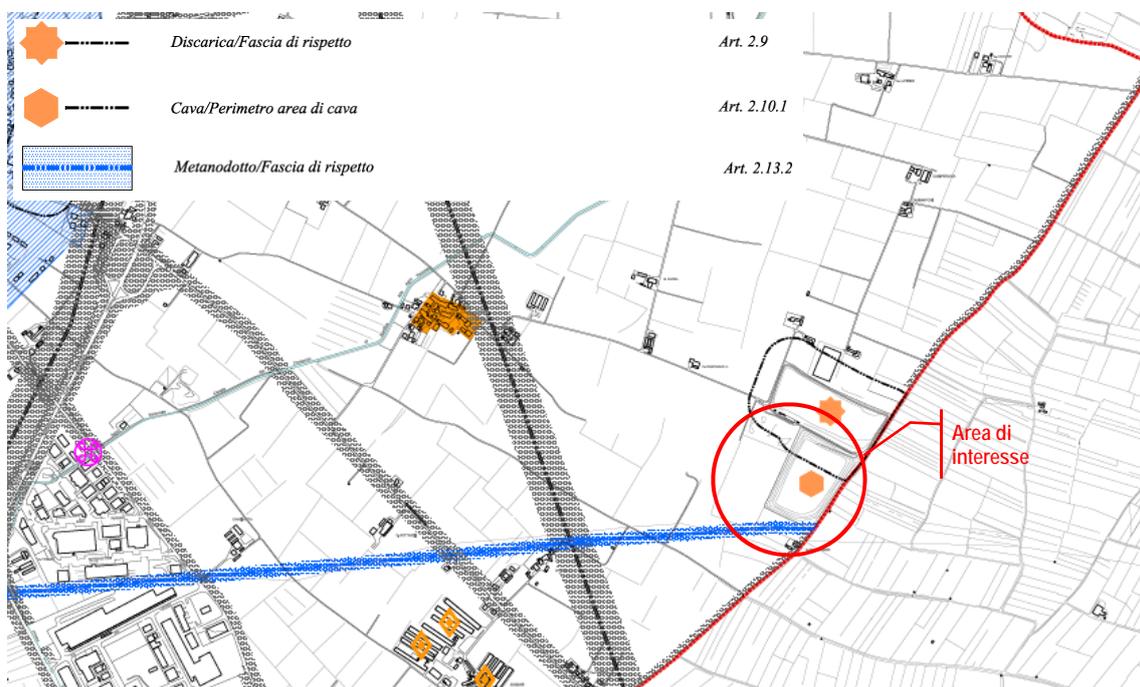


Fig. 3.1. Estratto Tav. 1 "Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale" del PAT del Comune di Valeggio Sul Mincio (VR). Data: Agosto 2013. Scala originale: 1:10.000.

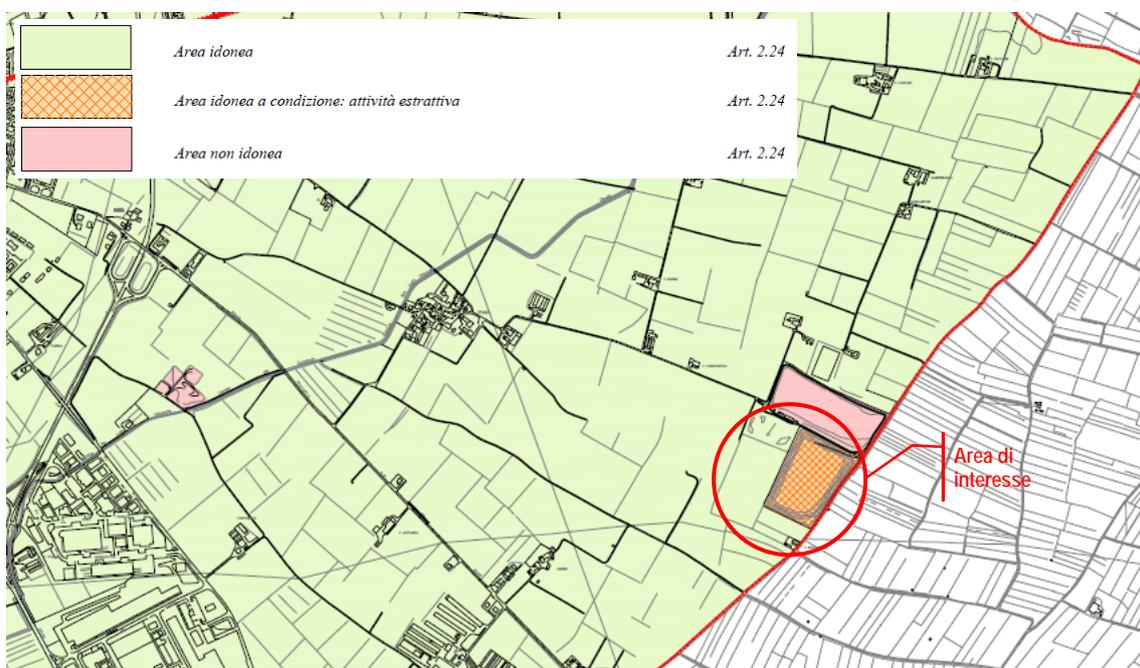


Fig. 3.2. Estratto Tav. 3 "Carta delle Fragilità" del PAT del Comune di Valeggio Sul Mincio (VR). Data: Febbraio 2012. Scala originale: 1:10.000.

Nelle aree idonee sotto condizione gli interventi possono essere autorizzati sulla base di puntuali indagini di approfondimento specifico, valutate dal Comune, finalizzate a definire la fattibilità dell'opera, le modalità esecutive per la realizzazione e per la sicurezza dell'edificato e delle infrastrutture adiacenti. In particolare:

-
- *per le aree di cava attiva l'edificabilità è limitata da specifiche norme di settore; per le aree di cava dismesse le condizioni geologiche di fattibilità edificatoria e infrastrutturale dovranno essere verificate in funzione delle condizioni di stabilità del fondo e delle pareti con particolare riguardo ai terreni o materiali utilizzati per la ricomposizione ambientale;*
- *per le aree di cava attiva, abbandonata o dimessa l'edificabilità è limitata da specifiche norme di settore.*

ART. 3 - TRASFORMABILITA' - STRUMENTI PER L'ATTUAZIONE DEL P.I.

Rif. Tav. 4 – Carta delle Trasformabilità (vedasi Fig. 3.3)

- *Art. 3.5 delle N.T.A. – Ambiti Territoriali Omogenei – A.T.O.*

L'area in oggetto ricade nell'ATO 3 – PIANURA. L'A.T.O. è prevalentemente agricolo e pianeggiante, con coltivazioni di alberi da frutto. Il territorio è disseminato di allevamenti, anche intensivi, anche nelle immediate vicinanze dei centri abitati, per alcuni dei quali il piano ha previsto azioni di trasformazione attraverso l'istituto del credito edilizio.

L'area è particolarmente compromessa per la presenza di un ambito di cave per l'escavazione di inerti, molto ampio. Tale zona, infatti, era stata individuata con un "piano comunale", quale unica area dove era ammessa l'attività di cava.

Attualmente il degrado ambientale è dovuto anche alla dismissione di molti siti, e ad una esigua ricomposizione ambientale.

Al margine est, sul confine con il comune di Villafranca, si colloca la discarica Ca' Baldassarre, in fase "Post-mortem".

- *Art. 3.14 delle N.T.A. - Contesto territoriale destinato alla realizzazione di programmi complessi*

L'area rientra nell'ambito 3) Cava/ Discarica località "Ca' Baldassarre". Tale ambito si presta alla realizzazione di:

- *ricomposizione ambientale.*
- *destinazioni compatibili con lo stato dei luoghi.*

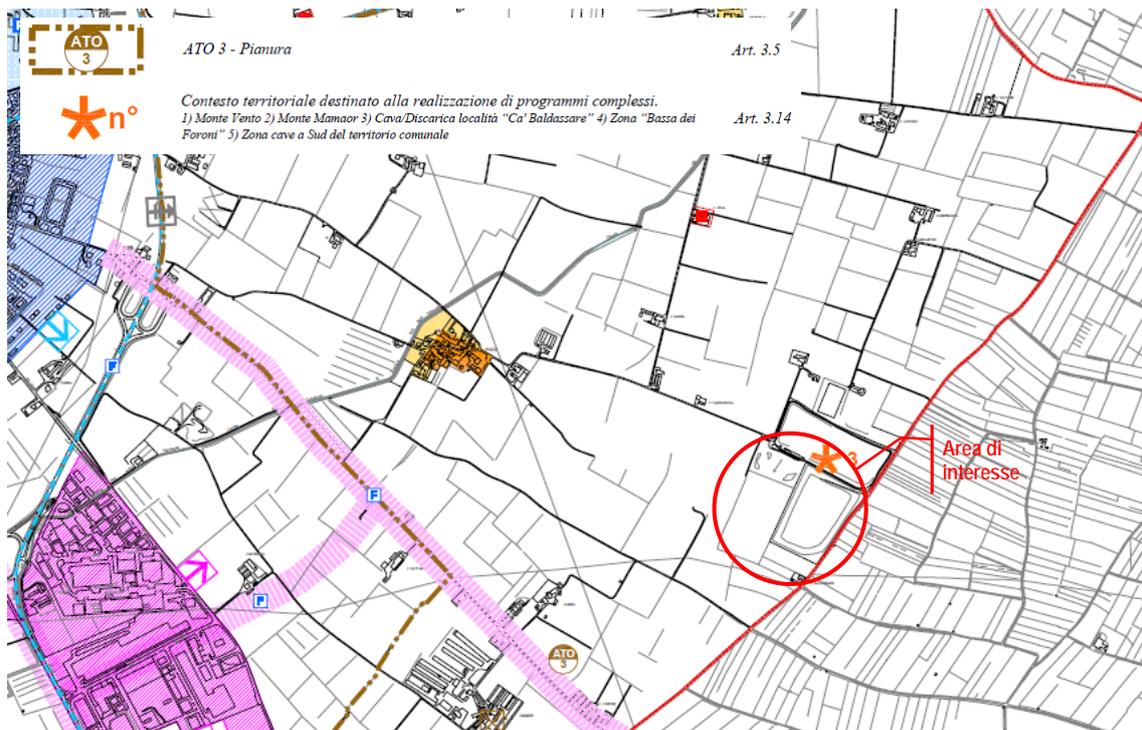


Fig. 3.3. Estratto Tav. 4 "Carta delle Trasformabilità" del PAT del Comune di Valeggio Sul Mincio (VR). Data: Febbraio 2012. Scala originale: 1:10.000.

3.3 Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

3.3.1 Assetto geomorfologico e geologico

Il sito oggetto di indagine si sviluppa all'interno dell'Alta Pianura Veronese, a ridosso delle cerchie più esterne dell'Anfiteatro Morenico del Garda, costituita da un imponente materasso alluvionale, prevalentemente ghiaioso sabbioso, venutosi a formare ad opera dell'azione fluviale prodotta dal Mincio, dall'Adige, dal Tione e da altri corpi idrici secondari nel corso dell'era quaternaria.

Questo tratto di pianura raccorda il piede dell'arco prealpino alla fascia delle risorgive ed è caratterizzata da deboli pendenze verso sud.

Le divagazioni dell'Adige hanno portato alla formazione di un'ampia conoide composta, con asse disposto in direzione NNW-SSE, delimitata a Nord-Ovest dall'Anfiteatro Morenico del Garda, a Nord dai Monti Lessini, a Sud dal limite settentrionale della Fascia delle Risorgive e a Ovest dalla depressione valliva del Fiume Mincio (vedasi Fig. 3.4).

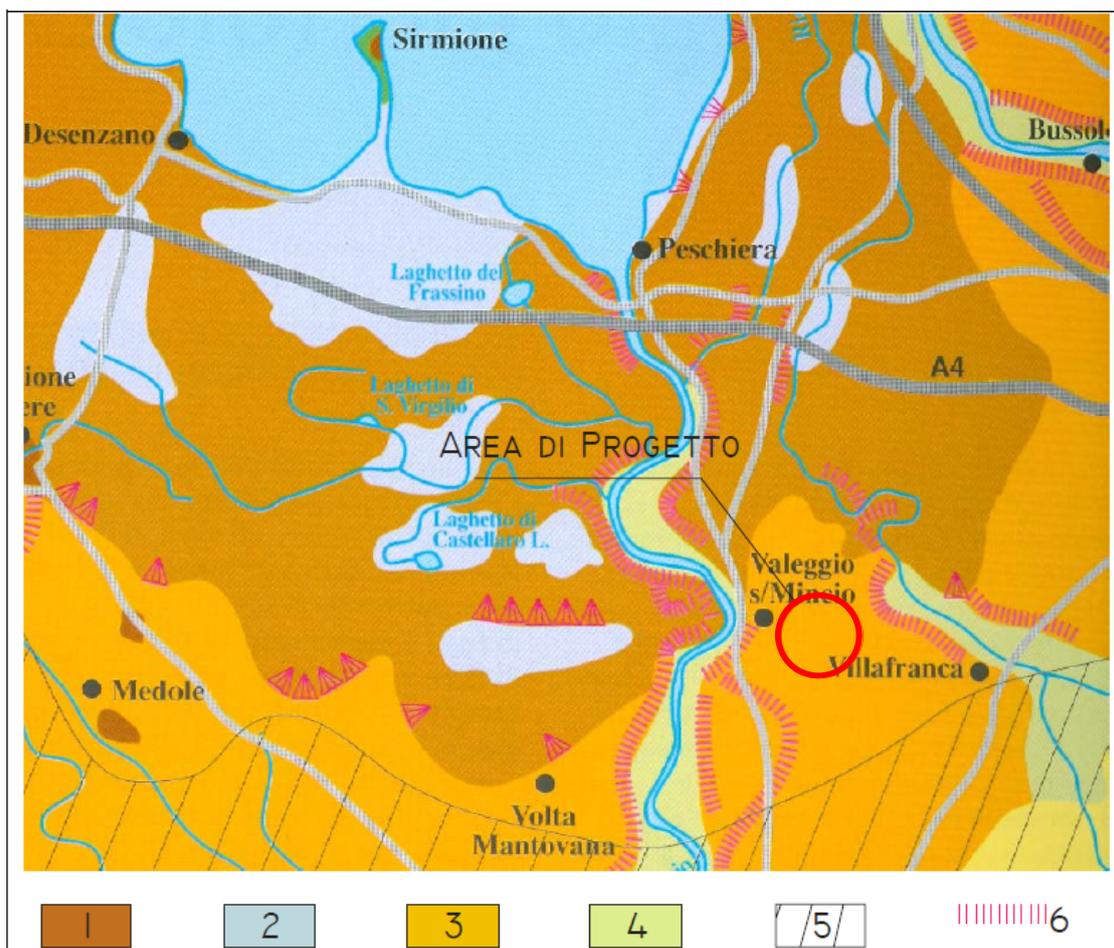


Fig. 3.4. Schema Geomorfológico dell'area compresa tra il Mincio, l'Adige e il Lago di Garda (stralcio tratto da AA. VV.: "Il Mincio e il suo Territorio", CIERRE Edizioni, Verona, 1993).
 Legenda: 1 - Depositi Morenici; 2 - Depositi lacustri e Alluvionali Intramorenci; 3 - Principale Livello della Pianura Postglaciale (Conoidi Fluviali Ghiaiose); 4 - Piano di Divagazione dei Principali Corsi d'Acqua; 5 - Fascia delle Risorgive; 6 - Orlo dei Terrazzi Fluviali.

Il settore oggetto di indagine si sviluppa in un tratto di pianura terrazzata all'interno del quale l'attività antropica, legata principalmente ad attività di cava, ha modificato in modo incisivo l'assetto naturale del territorio (Tav. 3.4).

Nell'area in esame lo spessore complessivo dei depositi raggiunge valori notevoli: la base del Quaternario è infatti segnalata a $500 \div 1'000$ m di profondità nel settore delle colline moreniche e nella fascia pedecollinare, nella media pianura può raggiungere anche i 1'500 m di profondità.

Come riportato nel Foglio n. 48 "Peschiera del Garda" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, le unità geologiche affioranti nel territorio sono esclusivamente di ambiente continentale e costituite da morene, depositi fluvio-glaciali ed alluvioni di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene (Fig. 3.5).

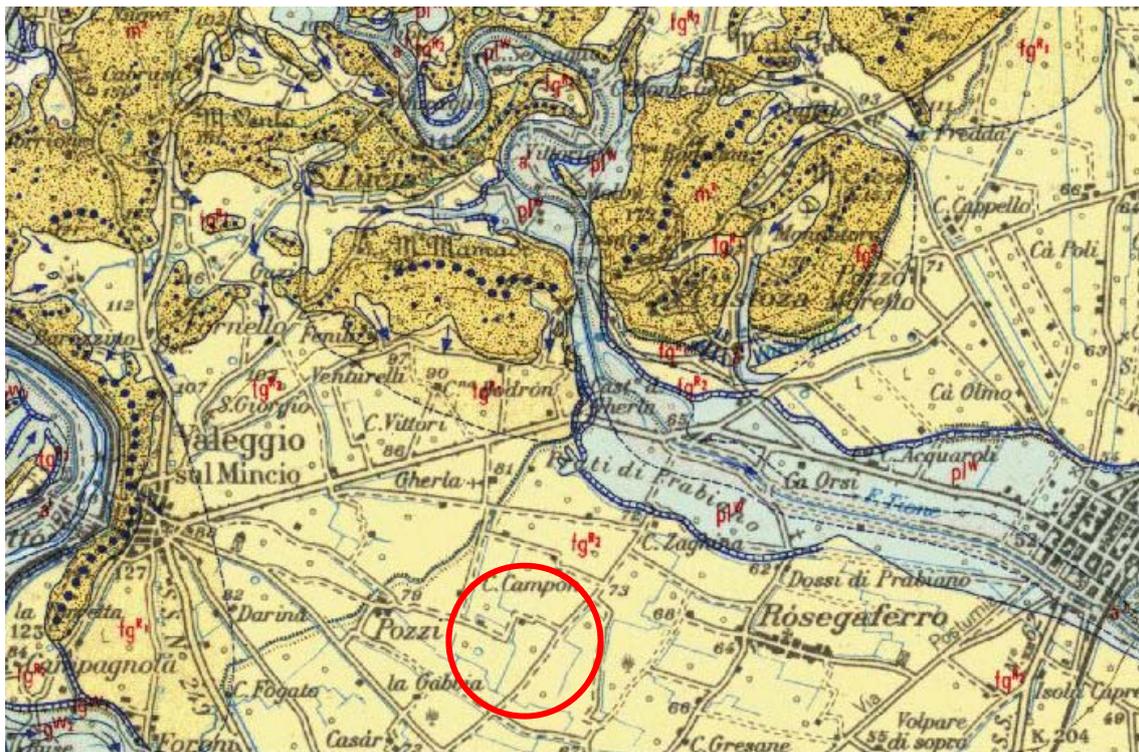


Fig. 3.5. Stralcio del Foglio n. 48 della C.G.I. alla scala originaria 1:100.000. Entro il cerchio rosso ricade l'area d'intervento. *Legenda: fg^{R2} – Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazzate, sospese si 30 m, costituiscono l'alta pianura generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. Riss.*

3.3.2 Assetto idrogeologico e piezometrico

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame è posta all'interno dell'Alta Pianura, che si sviluppa tra 150 e 40 metri s.l.m..

Questa porzione di pianura è caratterizzata da un materasso alluvionale costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, con inglobati livelli impermeabili ma discontinui, che costituiscono un acquifero praticamente unitario, sede di un'importante falda a superficie libera.

L'Alta Pianura rappresenta inoltre la principale zona di alimentazione delle falde idriche in pressione, che caratterizzano la fascia settentrionale della Media e Bassa Pianura, compresa tra il Tavolato Lessineo e il limite superiore delle Risorgive (Fig. 3.6).

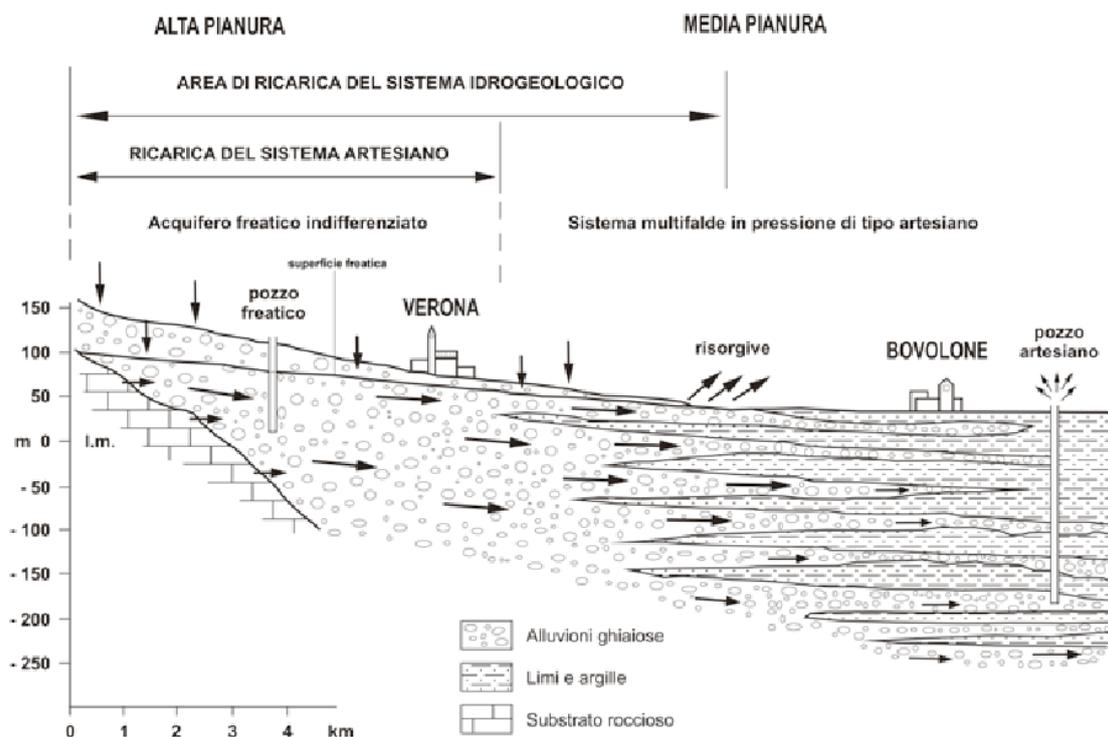


Fig. 3.6. Schema idrogeologico della pianura veronese (tratto da Franchi & Zorzini, 2015).

Il regime della falda superficiale risulta principalmente connesso agli eventi meteorici ed è secondariamente influenzato dagli apporti del complesso idrogeologico dell'arco prealpino, e dal reticolo idrografico principale.

Durante la stagione estiva il livello freatico è inoltre fortemente influenzato dagli apporti legati alle pratiche irrigue; questi ultimi hanno comunque limitata estensione areale e durata relativamente breve, pertanto, provocano delle continue oscillazioni a frequenza settimanale della superficie piezometrica, che tende ad un innalzamento continuo fino al mese di settembre.

A livello locale la distribuzione settimanale dell'acqua irrigua per mezzo della rete consortile viene effettuata secondo un metodo a rotazione, che può provocare temporanee deviazioni alle direzioni di deflusso prevalenti della falda. In taluni casi i deflussi sotterranei possono subire anche inversioni complete, pur se temporanee.

Normalmente l'inizio della fase di abbassamento della falda coincide con la fine delle irrigazioni artificiali, e con periodi di scarse precipitazioni.

Facendo riferimento alla "*Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Occidentale*" alla scala 1:30.000 [1], realizzata sulla base di rilievi piezometrici quindicinale effettuati tra aprile 1993 ed aprile 1995 (vedasi Fig. 3.7), per la porzione di territorio di interesse, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- le linee isopiezometriche presentano un andamento irregolare, con una direzione di deflusso prevalente da Nord-Ovest verso Sud-Est;
- a Sud e Sud-Est si riscontra una rapida diminuzione delle granulometrie del materasso alluvionale che rallentano la velocità di deflusso della falda e provocano la risalita della falda in superficie lungo la linea dei fontanili. Questo spiega in parte l'aumento del gradiente piezometrico che passa da valori di $1 \div 2 \text{ ‰}$ a circa 4 ‰ ;
- il Fiume Tione svolge un'azione di alimentazione delle acque sotterranee; le curve isofreatiche subiscono infatti un rilevante innalzamento in corrispondenza dell'asta fluviale, dovuto probabilmente alle perdite di subalveo del corso d'acqua;

- nell'area in esame, posta in destra del fiume Tione, ed in sinistra del fiume Mincio, la superficie freatica si presenta abbastanza regolare, con debole pendenza in direzione da Nord-Ovest verso Sud-Est, secondo un gradiente inferiore a 1‰.

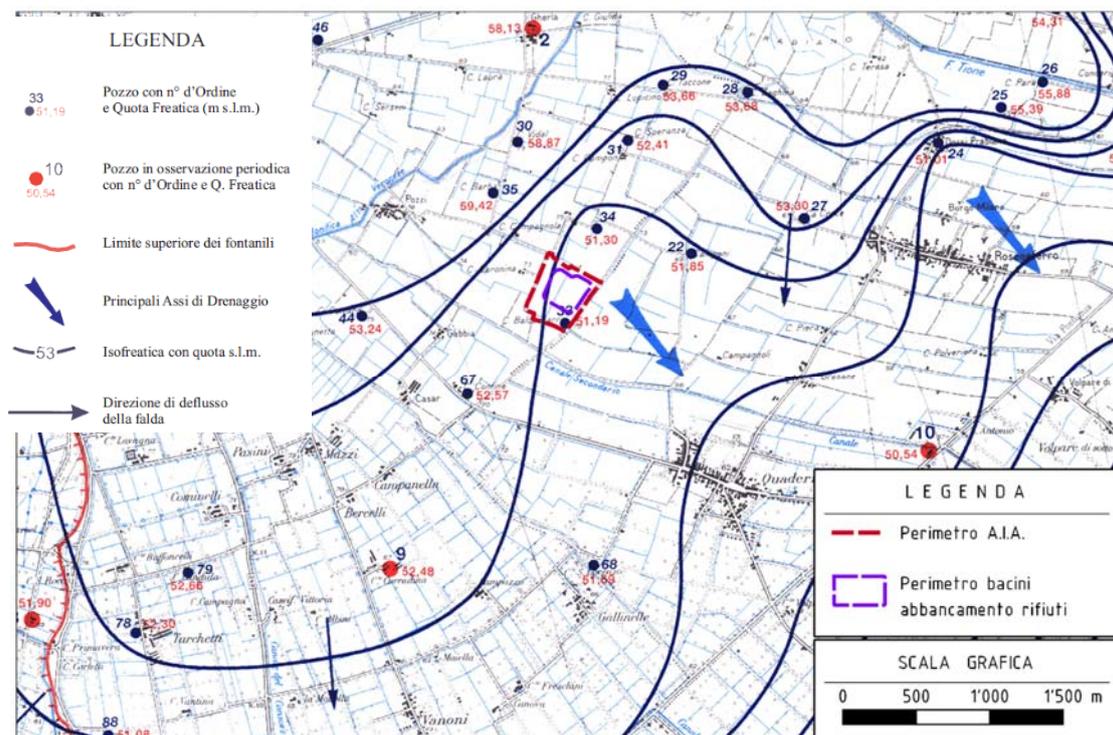


Fig. 3.7. Stralcio della “Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura Veronese Occidentale” alla scala originaria 1:30.000, redatta a cura del CNR, Dipartimento di Geologia dell’Università di Padova (1999).

3.3.3 Vulnerabilità dell’acquifero superficiale e qualità delle acque sotterranee

A scala regionale la vulnerabilità dell’acquifero superficiale è stata definita attraverso l’applicazione del metodo SINTACS. Pur non entrando nel dettaglio dell’applicazione di tale metodo (descritto ampiamente nel successivo par. 8), si osserva che l’area in esame ricade in un settore caratterizzato da una “vulnerabilità elevata” (vedasi Fig. 3.8).

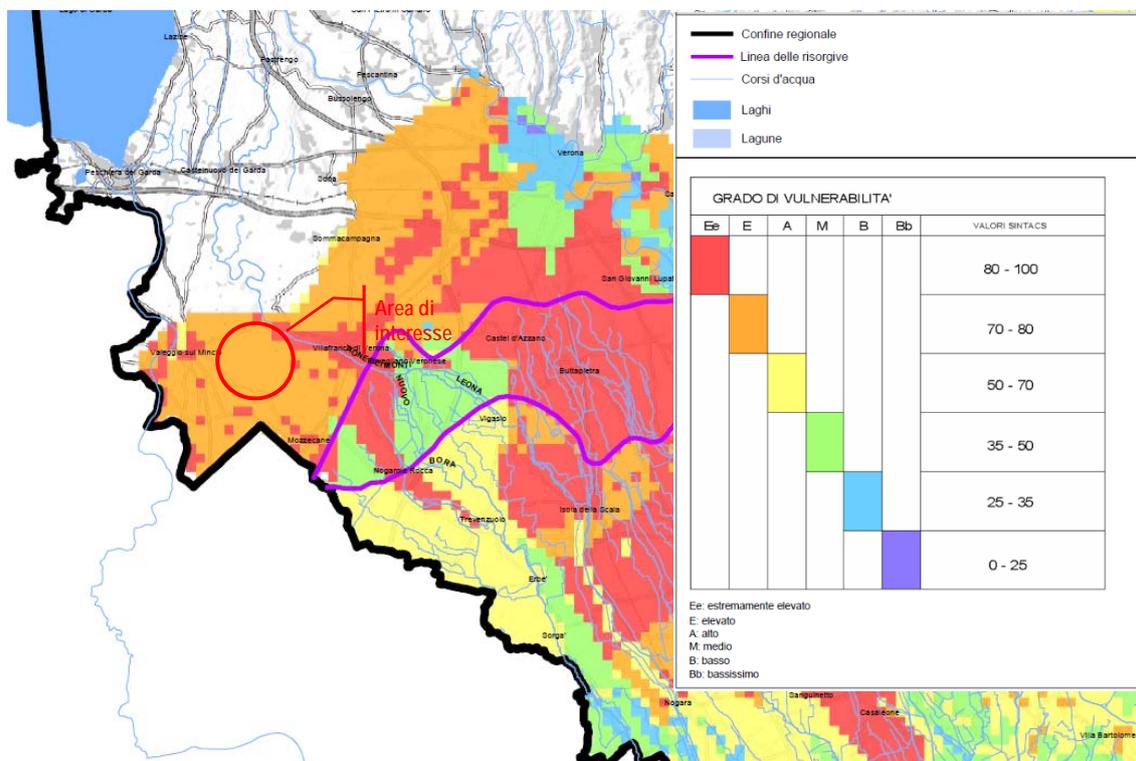


Fig. 3.8. Stralcio dalla Tavola 2.2 “Carta della Vulnerabilità intrinseca della falda freatica della Pianura Veneta” del PTUA.

Per verificare lo stato qualitativo delle acque sotterranee, nella Regione Veneto è attivo un monitoraggio delle acque sotterranee, coerentemente con quanto richiesto dal Decreto Legislativo del 16 marzo 2009, n. 30 “Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e dal deterioramento”.

Il monitoraggio, che nel 2022 ha interessato 292 punti, con cadenza semestrale, ha lo scopo di determinare lo stato di qualità delle acque sotterranee e di classificarlo secondo i due livelli di cui all’allegato 3 della normativa: “buono” o “scadente”.

A tale scopo vengono determinati una serie di parametri, che comprendono: i cinque parametri obbligatori previsti dalla direttiva 2000/60/CE (ossigeno disciolto, pH, conduttività elettrica, nitrati e ione ammonio), i principali metalli, nitrati, pesticidi, composti organici volatili (VOC), contaminanti inorganici, composti organici aromatici, clorobenzeni

e composti perfluorurati (PFAS).

Il sito in esame ricade nel corpo idrico sotterraneo dell'Alta Pianura Veronese (VRA), che, sulla base dei report dei monitoraggi condotti negli ultimi cinque anni, presenta uno stato di qualità buono.

In Tab. 3.1 sono elencati i punti di monitoraggio d'interesse per la definizione della qualità delle acque sotterranee in prossimità del sito in esame e le loro principali caratteristiche. L'ubicazione di tali punti è riportata in Fig. 3.9.

Si evidenzia che il pozzo n. 681, trovandosi in corrispondenza del corpo idrico sotterraneo "Media Pianura Veronese", non interessa lo stesso acquifero del sito in esame (denominato "Alta Pianura Veronese"). Tuttavia, data l'interazione esistente fra i due corpi idrici, si ritiene che i risultati in tale punto possano comunque essere considerati come indicativi della qualità delle acque di falda a valle idrogeologica del sito.

In Tab. 3.2 sono infine riportati gli esiti della classificazione qualitativa effettuata nei punti selezionati negli ultimi cinque anni (periodo 2018 ÷ 2022) e desunti dai report sulla qualità delle acque sotterranee pubblicati da ARPAV [5], [8], [9], [10] e [11]. I risultati dei monitoraggi effettuati nei punti più prossimi all'area in esame (id. 679 e 681) hanno evidenziato uno stato di qualità "buono" in tutto il periodo di riferimento. Al contrario, il punto id. 680, a 11.8 km dal sito (in posizione laterale rispetto alla direzione di deflusso della falda), ha evidenziato una qualità "scadente" delle acque sotterranee monitorate negli anni 2018, 2019 e 2023 a causa della presenza del PFOS.

Nella stessa Tab. 3.2 sono inoltre riportate le medie annuali delle concentrazioni di nitrati rinvenute nei pozzi d'interesse. Tutti i dati risultano inferiori a 50 mg/l, valore fissato dalla "direttiva nitrati" (91/676/CEE) come concentrazione oltre la quale le acque sotterranee sono da considerarsi inquinate; pertanto, l'area in esame non risulta essere soggetta a tale contaminazione. Tuttavia, occorre precisare che, sulla base della "*Carta delle Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola*", contenuta nel PTA della Regione Veneto e riportata in Fig. 3.10, il comune di Valeggio sul Mincio (VR) è classificato come zona vulnerabile.

Tab. 3.1. Caratteristiche dei punti d'interesse rientranti nella rete regionale di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee.

Id. pozzo	X (m)	Y (m)	Comune	Profondità (m)	Posizione idrogeologica rispetto al sito	Tipologia falda	Corpo idrico sotterraneo		Distanza dal sito (km)
	SR: Gauss-Boaga								
679	1643032	5026435	Villafranca di Verona	87.8	laterale	falda libera	VRA	Alta Pianura Veronese	5.3
680	1649734	5028281	Villafranca di Verona	50	laterale	falda libera	VRA	Alta Pianura Veronese	11.8
681	1642783	5018988	Mozzecane	70.5	valle	falda confinata	MPVR	Media Pianura Veronese	4.8

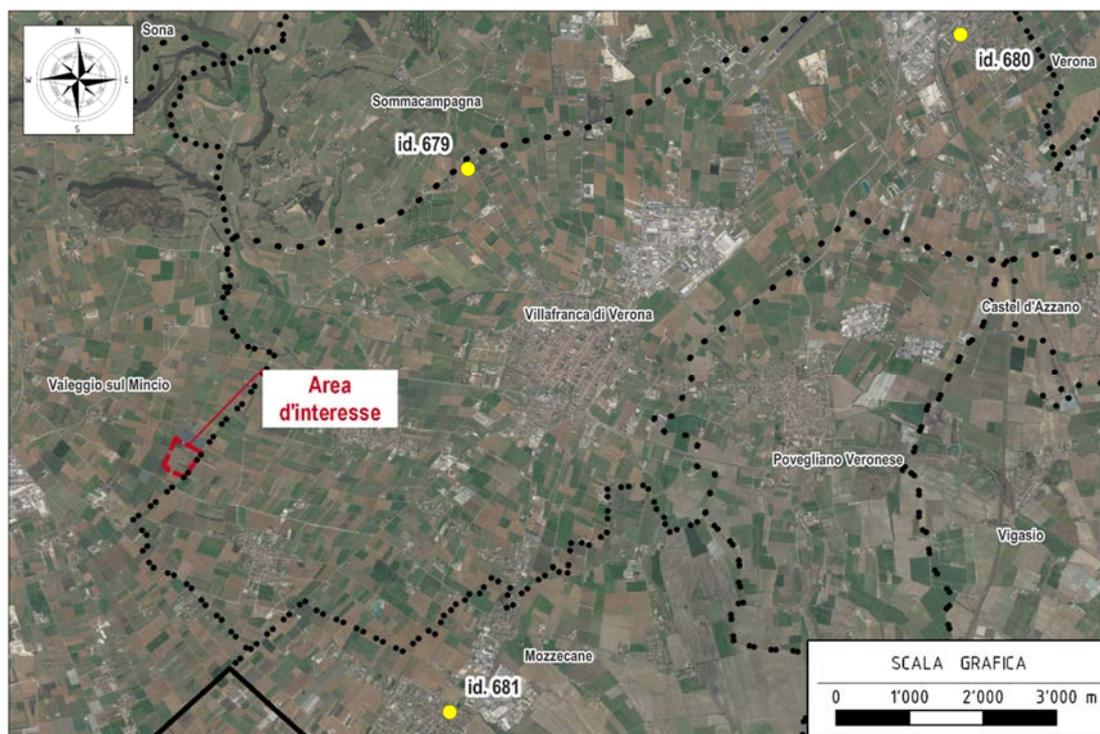
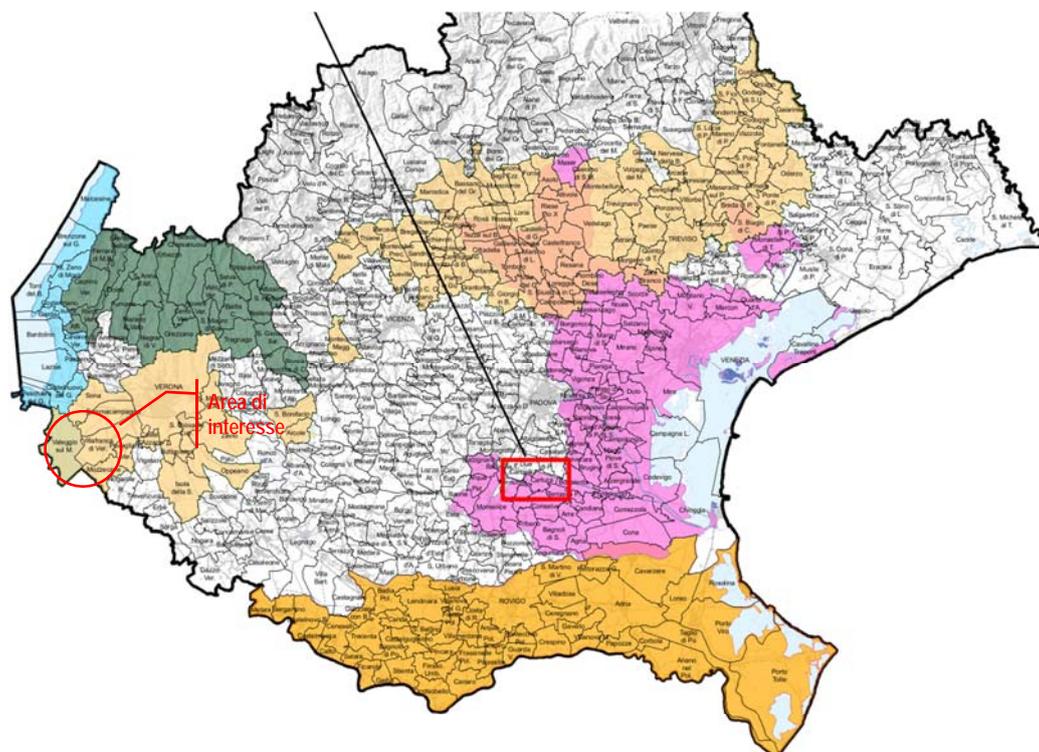


Fig. 3.9. Ubicazione dei piezometri d'interesse della rete regionale ARPAV per il monitoraggio qualitativo delle acque sotterranee.

Tab. 3.2. Esiti della classificazione delle acque sotterranee nei punti d'interesse (periodo 2018-2022). Fonte: report annuali sulla qualità delle acque sotterranee pubblicati da ARPAV [5], [8], [9], [10] e [11].

Punto	Tipo	Profondità	Anno	Qualità	Parametri con conc. media annua > limiti DLgs 152/2006 smi	Nitrati - media annua (mg/l)
679	falda libera	87.77	2018	buona		21.5
679	falda libera	87.77	2019	buona		23.5
679	falda libera	87.77	2020	buona		23.5
679	falda libera	87.77	2021	buona		24.5
679	falda libera	87.77	2022	buona		23.5
680	falda libera	50	2018	scadente	PFOS	21
680	falda libera	50	2019	scadente	PFOS isomero lineare	21
680	falda libera	50	2020	buona		20
680	falda libera	50	2021	buona		20
680	falda libera	50	2022	scadente	PFOS isomero lineare	20.5
681	falda confinata	32	2018	buona		25
681	falda confinata	32	2019	buona		26
681	falda confinata	32	2020	buona		23.5
681	falda confinata	70.5	2021	buona		25
681	falda confinata	70.5	2022	buona		24



Zone vulnerabili

- Alta pianura - zona di ricarica degli acquiferi (Deliberazione del Consiglio regionale n. 62 del 17 maggio 2006)
- Bacino scolante nella Laguna di Venezia (Deliberazione del Consiglio regionale n. 23 del 7 maggio 2003)
- Comuni della Lessinia e dei rilievi in destra Adige
- Comuni in provincia di Verona afferenti al bacino del Po
- Provincia di Rovigo e comune di Cavarzere (D.Lgs. 152/2006)
- Prossimità bacino Ca' Erizzo
- Confine regionale
- Confine comunale

Fig. 3.10. Estratto della carta delle “Zone vulnerabili da nitrati” di origine agricola (fonte: Piano di tutela delle Acque della Regione Veneto).

3.4 Inquadramento idrografico

3.4.1 Corsi d’acqua naturali

Il corso d’acqua che condiziona maggiormente l’idrografia superficiale dell’alta pianura veronese è il Fiume Mincio, che scorre circa 4.7 km ad Ovest dell’area di progetto.

Questo corso d'acqua, caratterizzato da un regime con piene prevalentemente in autunno e in primavera e da magre invernali, registra la sua massima portata media a Peschiera ($60 \div 80 \text{ m}^3/\text{s}$). Tale portata, che può oscillare notevolmente da un minimo di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ad un massimo di $150 \text{ m}^3/\text{s}$, a valle di Peschiera diminuisce notevolmente a causa dei massicci prelievi a scopo irriguo.

Il corso d'acqua più prossimo all'area di indagine è il Fiume Tione, che scorre circa 2,4 km a Nord-Est. Questo corso d'acqua costituisce il collettore principale nel settore Veronese dell'Anfiteatro Morenico Del Garda. Il Tione svolge azione di drenaggio per buona parte dei corsi d'acqua secondari qui presenti. Dopo aver attraversato i rilievi morenici in direzione Nord-Sud, sbocca in pianura poco a Sud di Custoza, da dove si muove in direzione Ovest-Est fino a Villafranca di Verona. Proseguendo per Povegliano il fiume entra nella fascia delle risorgive (vedasi Tav. 3.5).

3.4.2 Corsi d'acqua artificiali

L'attività antropica ha comunque fortemente condizionato l'idrografia superficiale del territorio indagato, realizzando una fitta rete di canali artificiali, distribuita in maniera capillare su tutto il territorio, e modificando con opere di rettificazione ed arginamento ampie porzioni dei corsi d'acqua naturali.

L'Ente principale che gestisce questo reticolo idrografico è il Consorzio di Bonifica Alto Agro Veronese (CONAGRO).

La rete del Consorzio è costituita da un *Canale principale*, che deriva l'acqua dall'Adige con una portata di $34 \text{ m}^3/\text{s}$ per mezzo di un sistema di bocche di presa posto in località Scirone, nel Comune di Rivoli Veronese.

All'altezza di Bussolengo l'asta di alimentazione si divide in due derivazioni secondarie: la *Diramazione di Sommacampagna* che si dirama lungo il settore occidentale e la *Diramazione di San Giovanni*, che va a servire la parte orientale del comprensorio.

Il territorio in esame è servito dal Canale di Consorzio di Bonifica Alto Veronese (o Diramazione di Sommacampagna), che scorre in direzione Nord-Est Sud-Ovest a circa 1,0 km ad Ovest dell'area di progetto (vedasi Fig. 3.11 e Tav. 3.5). La portata massima del canale è pari a 7'500 l/min. Attraverso un sistema gerarchico di canalizzazioni, l'acqua viene quindi distribuita in maniera capillare, per soddisfare alle esigenze idriche dell'intero comprensorio.

L'acqua non utilizzata viene infine riversata nel Canale Raccoglitore Generale del CONAGRO, che scorre a Sud dell'area in esame, con direzione da Ovest verso Est.

Come già accennato, le acque di irrigazione costituiscono un importante fattore di alimentazione del sistema idrico superficiale, nel periodo che va da Aprile a Settembre.

Nelle immediate vicinanze dell'area di indagine si sviluppano solamente tratti di canali in calcestruzzo della rete irrigua minore. L'opera più importante della rete irrigua consortile si rinviene circa 200 m verso Sud, ed è costituita da una diramazione secondaria (Canale Secondario in Fig. 3.11 e in Tav. 3.5).



Fig. 3.11. Estratto della "Mappa della rete idrografica" del Consorzio di Bonifica Veronese, con rappresentati i canali principali e secondari ricadenti nell'intorno dell'area in esame (fonte: <https://portale.bonificaveronese.it/>).

3.5 Inquadramento meteoroclimatico

Il Comune di Valeggio Sul Mincio ricade in una zona temperata subcontinentale, il cui clima si qualifica per temperature medie annue comprese fra 10 e 14 °C, temperatura media del mese più freddo fra - 1 e 4°C, temperatura media superiore a 20°C per 1 ÷ 3 mesi l'anno ed escursione termica annua (differenza fra temperatura media del mese più freddo e di quello più caldo) di oltre 19°.

Per definire il quadro meteoroclimatico di dettaglio dell'area di intervento si è fatto riferimento ai dati idro-meteorologici di ARPA Veneto. Fra le stazioni meteo presenti sul territorio, quella di Valeggio Sul Mincio (VR) risulta quella più rappresentativa per distanza dal sito in esame (posta circa 3.8 km a Nord-Ovest), ampiezza della serie storica disponibile (un ventennio: 2002-2022) e morfologia dell'area. Vedasi ubicazione in Fig. 3.12.

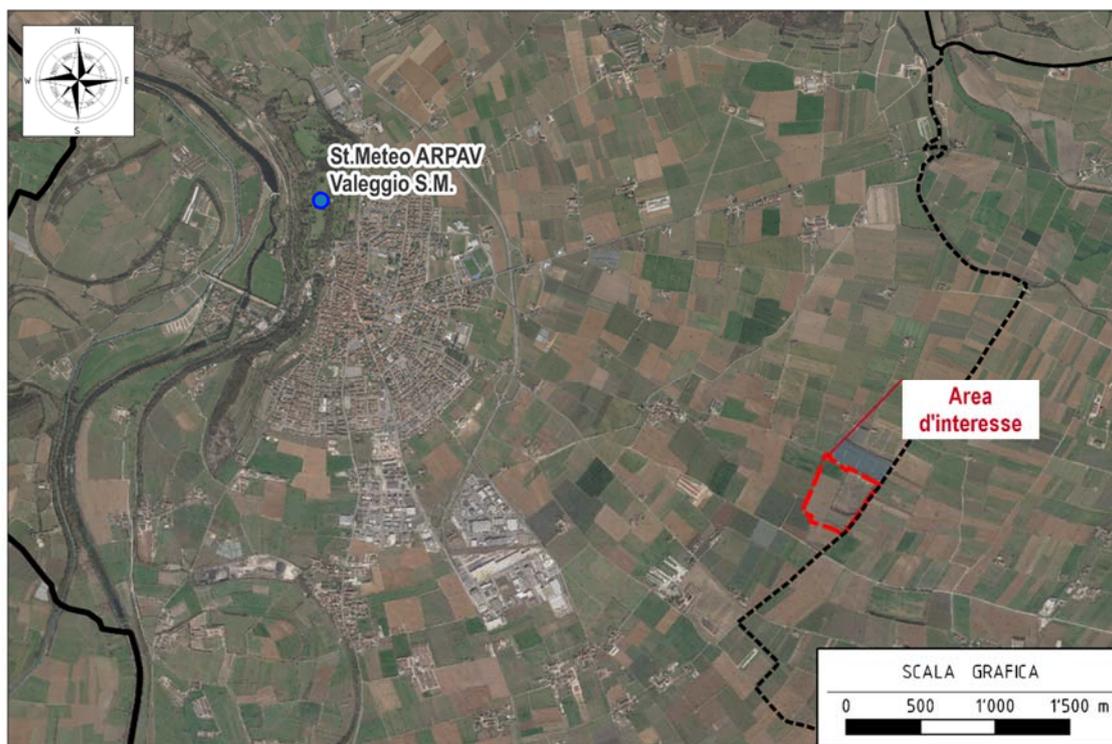


Fig. 3.12. Ubicazione della stazione meteoroclimatica della rete regionale ARPAV, più prossima al sito d'intervento.

Le Tab. 3.3 e Tab. 3.4, oltre che le Fig. 3.13 e Fig. 3.14, riportano le principali statistiche relative alle temperature medie mensili e alle precipitazioni totali mensili rilevate presso la stazione meteorologica di riferimento nel periodo 2002-2022.

L'area indagata risulta così caratterizzata dai seguenti dati climatici medi:

- il mese più caldo è luglio, con una temperatura media mensile di 25.0°C;
- il mese più freddo è gennaio, con una temperatura media pari a 3.5°C;
- l'escursione termica media annua è pari a circa 21.5°C;
- la temperatura media annua si attesta su valori compresi tra 13 e 14°C;
- la piovosità media annua è di 873 mm, con variazioni comprese tra i 554 ed i 1'317 mm;
- il regime pluviometrico è caratterizzato da due picchi massimi di precipitazione nell'arco dell'anno: uno si verifica in primavera (aprile-maggio: 76 ÷ 82 mm), l'altro in autunno (ottobre-novembre: 87 ÷ 112 mm). Valori minimi si riscontrano invece nel periodo invernale (gennaio: 46 mm).

Tab. 3.3. Valori massimi, minimi e medi delle temperature medie mensili registrate nella stazione meteorologica di Valeggio Sul Mincio. Periodo: 2002 – 2022. (fonte: ARPAV).

TEMPERATURE MEDIE (°C)			
Mese	Minime	Medie	Massime
Gennaio	0.6	3.5	7.4
Febbraio	2.2	5.7	10.1
Marzo	5.2	9.8	15.3
Aprile	9.0	14.0	19.7
Maggio	13.0	18.4	24.6
Giugno	17.4	23.1	29.2
Luglio	19.2	25.0	31.1
Agosto	18.8	24.2	30.4
Settembre	15.1	19.8	25.6
Ottobre	10.8	14.6	19.4
Novembre	6.3	9.2	12.9
Dicembre	1.5	4.3	8.0
<i>Media annua</i>	<i>9.9</i>	<i>14.3</i>	<i>19.5</i>

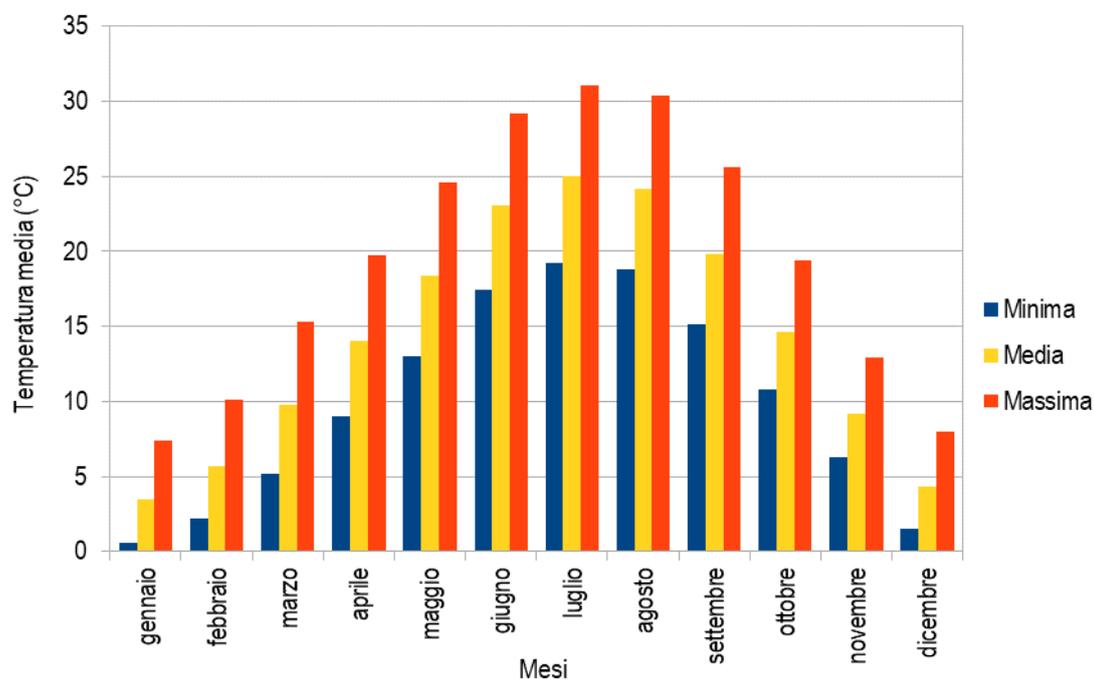


Fig. 3.13. Temperature medie mensili registrate nella stazione meteorologica di Valeggio Sul Mincio (VR). Periodo: 2002 – 2022 (fonte: ARPAV).

Tab. 3.4. Valori massimi, minimi e medi delle precipitazioni totali mensili registrate nella stazione meteorologica di Valeggio Sul Mincio. Periodo: 2002 – 2022. (fonte: ARPAV).

PRECIPITAZIONI (mm)			
Mese	Minime	Medie	Massime
Gennaio	2.0	46.3	181.8
Febbraio	0.0	60.3	180.0
Marzo	0.2	50.3	199.0
Aprile	5.4	75.9	125.8
Maggio	0.0	81.5	273.6
Giugno	2.0	73.4	193.0
Luglio	5.0	59.5	257.2
Agosto	2.4	74.5	248.6
Settembre	15.8	79.5	162.4
Ottobre	0.6	86.5	231.8
Novembre	10.2	112.0	230.4
Dicembre	0.8	68.1	233.6
<i>Totale annuo</i>	<i>554.2</i>	<i>873.0</i>	<i>1317.0</i>

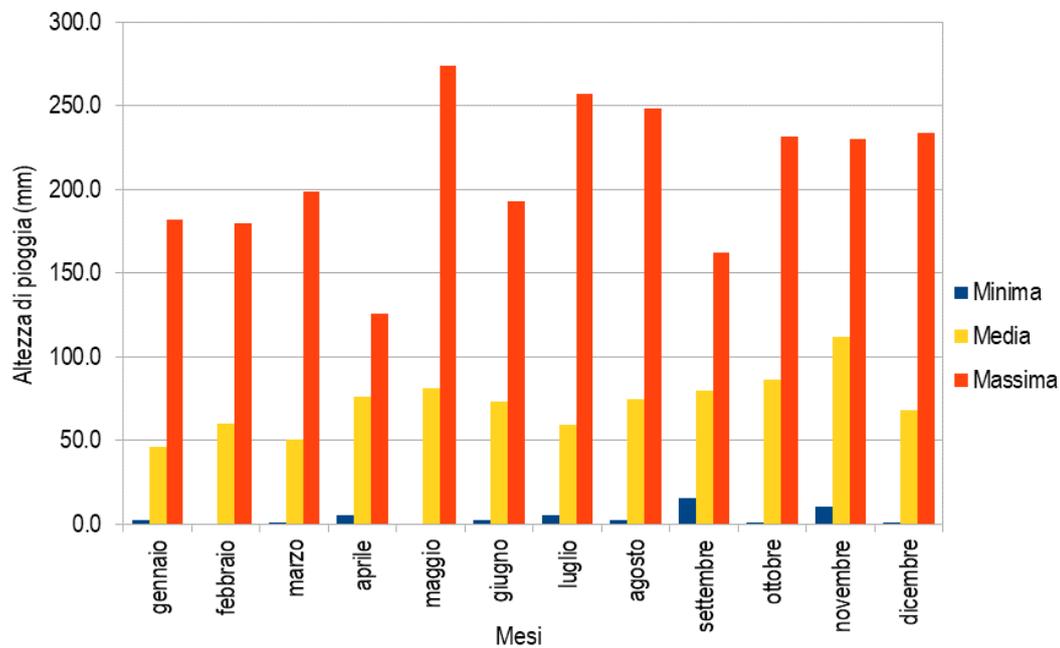


Fig. 3.14. Altezze di pioggia mensili registrate nella stazione meteorologica di Valeggio Sul Mincio (VR). Periodo: 2002 – 2022 (fonte: ARPAVA).

4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'area in progetto è attualmente caratterizzata dalla presenza di un'ex cava di inerti, estinta con Decreto Regione Veneto n. 208 del 30/10/2013, e presenta pertanto una morfologia a fossa, secondo una forma all'incirca rettangolare.

Come già accennato, l'area è inoltre caratterizzata dalla presenza di una limitrofa Discarica di RSU ormai esaurita e gestita dal Comune di Valeggio Sul Mincio (VR), vedasi Tav. 3.2.

Per completezza d'informazione e per quanto di interesse per lo studio in oggetto, di seguito vengono brevemente richiamate le principali caratteristiche dell'impianto RSU e della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, oltre che gli esiti degli studi in corso, relativi alla qualità delle acque sotterranee condotti dal Dipartimento Ingegneria Civile Ambientale Meccanica (DICAM) dell'Università degli Studi di Trento su incarico del comune.

La Discarica RSU è sorta su di una cava dismessa, che presenta una forma grosso modo rettangolare, con lati di circa 350 m x 150 m, ed una profondità di circa 18 m, rispetto al piano campagna delle aree limitrofe.

L'esercizio dell'impianto, la cui capacità complessiva risulta di circa 900'000 m³, è iniziato alla fine del 1983. Al suo interno sono stati conferiti prevalentemente Rifiuti Solidi Urbani, provenienti dal Comune di Valeggio sul Mincio e da quelli ad esso limitrofi.

Come accennato, la discarica ha iniziato la sua attività nell'anno 1983 e dal settembre 1996 è entrata nella fase di post esercizio, anche se ne rimaneva aperto un piccolo settore per il conferimento dei soli rifiuti prodotti nel Comune di Valeggio sul Mincio. A partire dal mese di marzo 2000 anche quest'ultima porzione della discarica è stata chiusa e pertanto si è entrati a tutti gli effetti nella fase di post esercizio.

Al termine delle attività di conferimento rifiuti, la copertura provvisoria della discarica era stata garantita attraverso la posa di teli in LDPE (quale variante temporanea al progetto approvato con DSE n. 2580/14). Recentemente, tra il 23 giugno 2022 ed il 1 marzo 2023 sono stati eseguiti i lavori per la ribaulatura definitiva della discarica, secondo il progetto approvato [7] e relative varianti non sostanziali, attraverso la posa di un sistema di

impermeabilizzazione multistrato (vedasi Fig. 4.1).



Fig. 4.1. Foto nel corso dei lavori di ribaulatura definitiva della discarica RSU, limitrofa al sito in esame. *A: stato iniziale, con copertura mediante teli impermeabili in LDPE; B: Stendimento geomembrane impermeabili in HDPE; C: Stesa Geocomposito Drenante; D: apporto e stendimento Terreno Vegetale; E: operazioni specialistiche in corrispondenza dei pozzi per la captazione del percolato.* (tratta da [12]).

L'acquifero sottostante la discarica viene monitorato con frequenza semestrale/trimestrale dai tecnici dell'ARPAV e da un laboratorio privato incaricato dal Comune di Valeggio Sul Mincio (VR). La rete di monitoraggio della discarica negli anni è stata implementata per indagare nel dettaglio le dinamiche relative al sito. La rete originale fino al 2017 prevedeva 24 piezometri, suddivisi nei seguenti sottogruppi (vedasi Fig. 4.2):

- rete di monitoraggio della Discarica, composta da 8 pozzi denominati A, B, C, 5, 6, 7, 8 e Discarica;
- rete di monitoraggio utilizzata dal Comune di Valeggio sul Mincio, composta da 4 piezometri, denominati 28, 30, 32 e 59;
- rete di monitoraggio utilizzata dal Comune di Villafranca, composta da 9 piezometri,

denominati 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 5;

- rete di monitoraggio utilizzata dai Comuni di Villafranca e Valeggio, composta da 3 pozzi, denominati 34, 35 e 58.

A seguito dei rinvenimenti di Ammoniaca nel pozzo Discarica a partire da giugno del 2013, il comune di Valeggio sul Mincio nel 2016 ha incaricato il DICAM di Trento di valutare i dati di monitoraggio della discarica di RU “Ca Baldassarre”.



Fig. 4.2. Planimetria della rete di monitoraggio della discarica RSU (tratta da [12]). *Legenda:* 1) pozzi Discarica; 2) pozzi Comune di Valeggio; 3) pozzi Comune di Villafranca Veronese; 4) pozzi Comuni di Valeggio s. M. e Villafranca V

Per chiarire le dinamiche in atto, tra gennaio 2018 e maggio 2019 è stato implementato il numero di pozzi prossimi alla discarica e sono stati realizzati ulteriori n. 7 nuovi piezometri (N1÷N7), inseriti nella suddetta rete di monitoraggio della Discarica (vedasi Fig. 4.3).

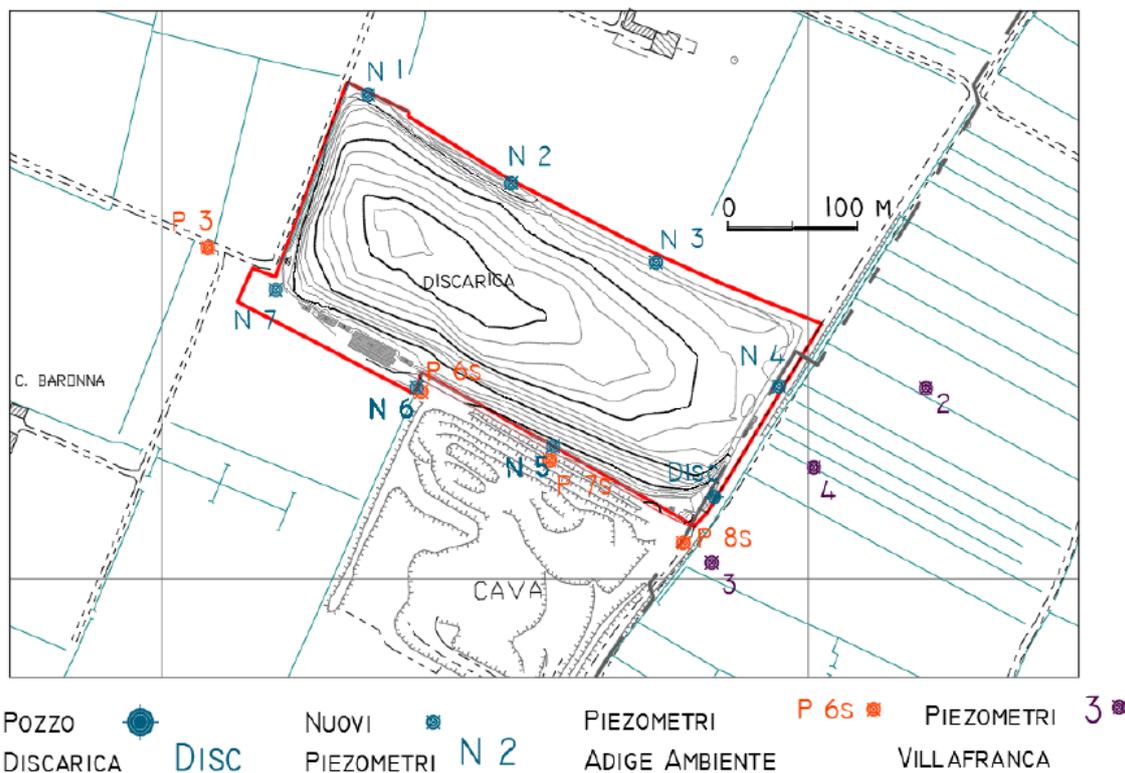


Fig. 4.3. Nuova Rete di Monitoraggio prossimale della discarica RSU: pozzi N1÷N7 (tratta da [12]).

Per l'ubicazione complessiva dei punti di monitoraggio si rimanda alla successiva Tav. 5.1.

Le informazioni relative all'ubicazione e al completamento delle suddette opere di monitoraggio, laddove disponibili, sono state raccolte in Tab. 4.1.

Tab. 4.1. Ubicazione e caratteristiche di completamento della rete di monitoraggio delle acque sotterranee della discarica RSU.

Rete monitoraggio	Nome	X (m) (S.R. EPGS 32632)	Y (m)	Quota P.R. (m s.l.m.)	Anno	Tipologia piezometro	Profondità pozzo (m da p.c.)	Tratto finestrato (m da p.c.)
Discarica RSU	P.A	639670	5021593	-	-	-	-	-
	P.B	639129	5022234	70.17	-	100 cm	32.20	-
	P.C	639557	5023371	74.96	-	100 cm	26.05	-
	P.5/48	638957	5022581	72.18	-	-	42.00	-
	P.6/V	639891	5022134	-	-	-	42.00	-
	P.7(cava)	639338	5021846	67.25	-	-	48.00	-
	P.8/49	638316	5022226	-	-	-	-	-
	P.Discarica	639398	5022541	72.41	-	-	-	-
	N1*	639129	5022842	-	2018	-	-	-
	N2*	639240	5022775	-	2018	-	-	-
	N3*	639352	5022716	-	2018	-	-	-
	N4*	639447	5022623	-	2018	-	-	-
	N5*	639273	5022579	-	2019	-	-	-
	N6*	639166	5022624	-	2019	-	-	-
N7*	639059	5022697	-	2019	-	-	-	
Comune di Valeggio	P.28	637640	5021520	-	-	-	-	-
	P.30	638410	5021766	71.93	-	110 cm	22.59	-
	P.32	639996	5022676	69.54	-	110 cm	21.84	-
	P.59	637996	5022966	78.81	-	130 cm	24.63	-
Comune di Villafranca	P.1A	639463	5022622	71.31	1987	4"	41.15	35.15-41.15
	P.2B	639479	5022591	70.45	1986	4"	24.70	17.70-23.70
	P.3	639392	5022508	70.45	1985	4"	27.55	23.00-28.00
	P.4	639472	5022522	70.09	1985	4"	26.40	19.50-26.50
	P.5	639377	5022342	69.14	1987	4"	22.05	19.50-25.50
	P.6	639418	5022248	68.07	1987	4"	39.80	34.20-40.20
	P.7	639545	5022206	67.71	1987	4"	21.65	16.00-22.00
	P.8	639299	5022108	68.60	1987	4"	23.95	18.20-24.20
P.55	639588	5023440	-	-	-	-	-	
Comune di Villafranca e Valeggio	P.34	640181	5022008	64.69	1983	100 cm	16.47	-
	P.35	638843	5021507	69.39	-	110 cm	19.12	-
	P.58	639992	5020829	-	-	-	-	-

Note: P.R.=punto di riferimento; *= informazione estrapolata da [12].

Come si evince dalle relazioni periodiche del DICAM, i controlli analitici ad oggi disponibili sulla rete di monitoraggio della discarica, con specifico riferimento alla rete prossimale (Pozzo discarica e piezometri N1÷N7), evidenziano superamenti sistematici per i parametri:

Ammoniaca, Nitrati, Ferro, Manganese e Arsenico. Inoltre, sono stati individuati isolati superiori del parametro Nitriti (pozzo N3 e N5 in data 15/07/20) e di Zinco (Pozzo N7 in data 15/07/20).

Come si legge nelle conclusioni dell'ultima relazione tecnica del DICAM [12]: *“i dati di monitoraggio derivati dalla rete prossimale confermano ancora un problema di contaminazione associabile alla perdita di percolato in falda”* proveniente dalla discarica RSU.

“Il fenomeno risulta oggi non più rilevabile sul piezometro “Discarica”, ma ancora marcato sul piezometro N5..... che risulta chiaramente il focus del plume di contaminazione”.

Si precisa che il piezometro N5 si colloca a breve distanza dal piezometro P.07 dell'area d'interesse, anch'esso interessato dal fenomeno di contaminazione sopra descritto, come verrà meglio illustrato nel successivo par. 9.

5. RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DELLE INDAGINI DISPONIBILI

Per elaborare un quadro geologico ed idrogeologico completo del sito in esame, si è provveduto innanzitutto a raccogliere e a sistematizzare tutti i dati e le informazioni già disponibili, derivanti da indagini pregresse eseguite sul sito e sulle aree circostanti.

Nei paragrafi seguenti sono brevemente descritte le principali tipologie di dati raccolti, ovvero:

1. indagini geognostiche;
2. prove idrodinamiche;
3. rilievi freaticometrici;
4. campagne di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee.

Di seguito si riportano i dati ritenuti di maggiore interesse ai fini dell'elaborazione del quadro idrogeologico ed ambientale del sito.

5.1 Indagini geognostiche e rete piezometrica

Sul sito sono stati eseguiti n. 17 sondaggi geognostici attrezzati a piezometro, realizzati nelle n. 2 fasi di indagine di seguito descritte:

- nel 2007 sono stati eseguiti n. 4 sondaggi attrezzati a piezometro (P.01, P.02, P.03 e P.04), ubicati nell'intorno della ex-cava;
- tra aprile e giugno 2017 la rete di monitoraggio è stata integrata con n. 5 cluster di piezometri (costituiti da due piezometri affiancati, completati a profondità differenti) e n. 1 piezometro singolo, denominati rispettivamente P.05 s e p, P.06 s e p, P.07 s e p, P.08 s e p, P.10 s e p e P.09. Inoltre, sono stati ripristinati n. 2 piezometri inizialmente abbandonati perchè ritenuti interferenti con le opere in progetto sull'area (P.03old e

P.04old).

L'ubicazione complessiva dei punti monitoraggio è rappresentata in Tav. 5.2; le stratigrafie e gli schemi di completamento sono riportati in Allegato 2 e le monografie in Allegato 3.

Nella successiva Tab. 5.1 vengono invece riassunte le principali caratteristiche costruttive dei sondaggi attrezzati a piezometro.

Tab. 5.1. Ubicazione e caratteristiche di completamento della rete di monitoraggio delle acque sotterranee dell'area in esame.

Rete monitoraggio	Nome	X (m) (S.R. EPGS 32632)	Y (m)	Quota P.R. (m s.l.m.)	Anno	Tecnica Perforaz.	Tipologia piezometro	Profondità pozzo (m da p.c.)	Tratto finestrato (m da p.c.)
Ex Cava Cà Baldassarre (area di progetto)	P.01	639240	5022328	70.32	2007	DN/CC	PVC 5"	32.00	20.00-32.00
	P.02	639333	5022458	71.25	2007	DN/CC	PVC 5"	31.00	19.00-31.00
	P.03	639005	5022728	73.41	2007	CC	PVC 4"	32.00	20.00-32.00
	P.03 old	639143	5022562	70.38	-	-	PVC 5"	31.10	17.00-24.50
	P.04	638926	5022489	71.97	2007	CC	PVC 4"	32.00	20.00-32.00
	P.04 old	639072	5022415	70.11	-	-	PVC 5"	27.94	18.00-27.94
	P.05 s	639109	5022491	70.52	2017	DN	PVC 4"	24.50	17.00-24.50
	P.05 p	639109	5022493	70.64	2017	CC	PVC 4"	35.00	28.00-35.00
	P.06 s	639170	5022620	71.25	2017	DN	PVC 4"	26.00	17.00-26.00
	P.06 p	639170	5022618	71.33	2017	CC	PVC 4"	35.00	28.60-35.00
	P.07 s	639270	5022569	70.85	2017	DN	PVC 4"	25.00	17.00-25.00
	P.07 p	639268	5022570	70.78	2017	CC	PVC 4"	35.00	28.00-35.00
	P.08 s	639373	5022508	71.17	2017	DN	PVC 4"	26.00	17.00-26.00
	P.08 p	639372	5022506	71.18	2017	CC	PVC 4"	35.00	29.00-35.00
P.09	639290	5022403	70.79	2017	CC	PVC 4"	35.00	17.00-35.00	
P.10 s	639142	5022303	68.96	2017	DN	PVC 4"	24.30	17.00-24.30	
P.10 p	639141	5022304	69.02	2017	CC	PVC 4"	35.00	27.50-35.00	

Note: P.R.=punto di riferimento (testa chiusino); DN = distruzione di nucleo; CC = carotaggio continuo.

Come già accennato, si ricorda che nell'area circostante la discarica in progetto sono presenti numerosi pozzi/piezometri, utilizzati per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee dell'adiacente discarica RSU (vedasi maggiori dettagli al par. 4). Le stratigrafie disponibili dei suddetti punti di monitoraggio, utilizzate per la ricostruzione dell'assetto lito-stratigrafico di dettaglio, sono riportate in Allegato 2.

5.2 Prove idrodinamiche

5.2.1 Prove di permeabilità in pozzetti superficiali

Su fondo della cava dismessa, sono state eseguite alcune prove di permeabilità in pozzetti superficiali, condotte seguendo le “Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – punto 6.2: Prove su Pozzetto Superficiale (1977)”, consigliate dall’A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana).

In Tab. 5.2 si riportano i risultati ottenuti. Sulla base di tali prove i valori di permeabilità che caratterizzano il substrato alluvionale non saturo oscillano tra 2.8×10^{-4} m/s e 9.3×10^{-4} m/s. Il valore medio complessivo si attesta a 5.8×10^{-4} m/s.

Tab. 5.2. Risultati delle prove di permeabilità eseguite su pozzetto superficiali [2].

Prova	Tessitura terreno	K (m/s)
PP01	Ghiaia sabbiosa, con ciottoli	9.3E-03
PP02	Ghiaia sabbiosa	4.4E-04
PP03	Sabbia ghiaiosa, con ciottoli	6.7E-04
PP04	Ghiaia sabbiosa	2.8E-04
PP05	Ghiaia sabbiosa, con ciottoli	7.3E-04
PP06	Ghiaia sabbiosa	4.3E-04
Valore medio		5.8E-04

5.2.2 Slug-test

Il 28 settembre 2017, a cura degli scriventi, sono stati eseguiti alcuni slug-test presso i piezometri di monitoraggio presenti nell’area di interesse.

In particolare, le prove sono state eseguite nei punti di monitoraggio denominati P.06(s), P.06(p), P.07(s), P.07(p) e P.09, la cui ubicazione è riportata in Tav. 5.1.

Modalità di esecuzione

Lo slug test è una prova di falda a pozzo singolo eseguita in maniera da produrre un'istantanea variazione del livello statico in un pozzo o piezometro e misurare, in funzione del tempo, il conseguente recupero di livello originario nello stesso pozzo.

In tutti i piezometri, tali prove sono state realizzate in risalita (con carico crescente): la variazione di livello è stata generata meccanicamente mediante l'introduzione ed il recupero di cilindri di lunghezza 1 m e diametro 3" (slug). In ciascun punto di monitoraggio, prima di iniziare le prove è stata annotata la soggiacenza del livello piezometrico; quindi è stato calato lentamente all'interno della tubazione piezometrica uno slug di diametro idoneo, fino a completa sommersione in falda.

Dopo aver verificato il raggiungimento della condizione statica originaria, è stato estratto rapidamente il cilindro dall'acqua, misurando mediante acquisitore automatico l'andamento del livello piezometrico nel tempo. In particolare, sono stati utilizzati Levellogger SOLINST Model 3001-M30, aventi precisione millimetrica e intervallo di acquisizione pari a 0,125 secondi. Oltre all'acquisizione dei livelli, si è provveduto a registrare la pressione barometrica con strumentazione analogica (Barologger SOLINST Model 3001-M1.5).

L'acquisizione automatica dei dati è stata proseguita fino al raggiungimento del livello piezometrico statico iniziale.

Elaborazioni e risultati

L'interpretazione delle prove è stata eseguita con il supporto del software Aqtesolv 4.0, adottando il metodo KGS (acronimo di Kansas Geological Survey), oppure, in presenza di andamento oscillatorio nei primi tempi di recupero, il metodo Springer-Gelhar.

In Tab. 5.3 si riportano i valori di conducibilità così ottenuti. Per un dettaglio si rimanda agli output del software di interpretazione, riportati in Allegato 4.

Tab. 5.3. Valori di conducibilità idraulica ricavati dall'interpretazione degli slug-test.

Piezometro	Tipologia prova	Metodo	K [m/s]
P.06 (s)	slug-test	KGS	7.54E-04
P.07 (s)	slug-test	KGS	1.83E-04
P.06 (p)	slug-test	Springer-Gelhar	5.04E-04
P.07 (p)	slug-test	Springer-Gelhar	6.54E-04
P.09	slug-test	Springer-Gelhar	4.16E-04
Valore medio			5.02E-04

5.3 Rilievi piezometrici

Sul sito di indagine sono state eseguite campagne piezometriche a cadenza mensile a partire da luglio 2007 ad ottobre 2023, per un totale di n. 221 rilievi freaticometrici. I valori acquisiti sono riportati in Allegato 5.

I primi rilievi (da luglio 2007 a giugno 2017) sono stati eseguiti sui n. 4 piezometri allora esistenti, successivamente implementati a n. 17 piezometri complessivi.

L'elaborazione dei dati acquisiti è illustrata nel successivo par. 7.

5.4 Campagne di monitoraggio delle acque sotterranee

In concomitanza delle campagne piezometriche di luglio 2017 e gennaio 2018, ed in particolare nei giorni 25÷27 luglio 2017 e 9÷11 gennaio 2018, sono state realizzate due campagne analitiche complete, che hanno interessato n. 30 piezometri, ubicati nell'area delle discariche ed in un intorno significativo (vedasi Tab. 5.4 e Tav. 5.1). I campionamenti e le analisi di entrambe le campagne sono stati eseguiti dal laboratorio incaricato da Progeco Ambiente Spa, in contraddittorio con ARPAV.

Successivamente, sui piezometri dell'area oggetto di intervento, sono state condotte delle

campagne di aggiornamento ad aprile 2021 e a ottobre 2023.

In Tab. 5.4 si riporta un elenco dei piezometri oggetto di campionamento per ciascuna campagna di analisi.

In Allegato 6 si trasmettono i RDP di aprile 2021 e ottobre 2023; per quelli degli anni precedenti si rimanda all'allegato 7 di [3].

L'illustrazione dei dati acquisiti è illustrata nel successivo par. 9.

Tab. 5.4. Punti di campionamento sottoposti interessati nelle diverse campagne di monitoraggio disponibili.

Campagna	Laboratorio privato	n. di punti analizzati	Piezometri/pozzi campionati
Luglio 2017	SGS	n. 30	P.01, P.02, P.03, P.03old, P.04, P.04old, P.05(s e p), P.06(s e p), P.07(s e p), P.08(s e p), P.09, P.10(s e p), 1A, 2B, 3, 4, 5, 6, 7, 8, Discarica, 7 cava, 6V, 5, B
Gennaio 2018	SGS	n. 30	
Aprile 2021	Geambiente	n. 8	P.05(s e p), P.06(s e p), P.07(s e p) e P.08(s e p)
Ottobre 2023	Geambiente	n. 17	P.01, P.02, P.03, P.03old, P.04, P.04old, P.05(s e p), P.06(s e p), P.07(s e p), P.08(s e p), P.09 e P.10(s e p),

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DI DETTAGLIO

6.1 Assetto morfologico

La depressione di cava ha una forma grossomodo rettangolare e occupa una superficie di circa 55*000 m², ubicata nella porzione nord-orientale dell'intera area destinata al futuro impianto.

L'attuale depressione confina su tre lati con fondi agricoli, immediatamente prospicienti sulla depressione stessa o separati dalla strada secondaria, che costeggia il confine est del sito. Il lato nord, invece, confina con la discarica RSU del Comune di Valeggio Sul Mincio, attualmente in fase di post gestione.

Come accertato attraverso uno specifico rilievo topografico, le quote del piano campagna variano tra circa 70.5 m. s.l.m. nel settore Sud-Est dell'area a 72.5 m s.l.m. nel settore Nord-Ovest. Il fondo cava si pone alla quota media di circa 56.5 m s.l.m. L'attività estrattiva ha quindi prodotto un approfondimento di circa 15 m dal piano campagna.

La natura grossolana del substrato permette una veloce infiltrazione delle acque superficiali.

Nelle zone immediatamente circostanti il sito l'idrografia è caratterizzata da un sistema di fossati e canalette in calcestruzzo, che si attiva in occasione di eventi piovosi copiosi o nei periodi di irrigazione programmata.

6.2 Assetto litostratigrafico

Le prime indagini eseguite sull'area e spinte fino ad una profondità massima di 32 m da p.c. (vedasi stratigrafie dei sondaggi P.01, P.02, P.03 e P.04 in Allegato 2) hanno evidenziato, a partire dal piano campagna, un primo livello di terreno vegetale di potenza metrica, a cui

segue un'alternanza di livelli di ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, di spessore variabile. Rare sono le lenti di materiali più fini (sabbie limose e limi argillosi).

Dalla consultazione delle stratigrafie disponibili nell'immediato intorno dell'area, relative a n. 8 piezometri del Comune di Villafranca (vedasi stratigrafie dei sondaggi 1A, 2B, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 in Allegato 2) e a n. 2 sondaggi realizzati nel 1985 dalla Regione Veneto nell'area di cava successivamente allestita a discarica RSU, di cui non si conosce esattamente l'ubicazione (sondaggi 1R e 2R in Allegato 2), invece, ad una profondità di circa 25.0-30.0 m dal piano campagna, viene segnalata la presenza di un setto limoso-argilloso, caratterizzato da una potenza di circa 2 metri.

Pertanto, tenuto conto che sulla base delle indagini pregresse veniva evidenziata la presenza, seppur discontinua, di un setto limoso-argilloso, su richiesta degli Scriventi [3], nel 2017 sono stati realizzati nuovi sondaggi geognostici, al fine di ricostruire con maggior dettaglio l'assetto litostratigrafico locale.

Allo stesso tempo, in presenza del setto limoso-argilloso, per evidenziare l'eventuale presenza di locali falde sospese e/o in pressione, e ricostruire l'andamento piezometrico locale, si è scelto di realizzare due piezometri affiancati a differenti profondità (c.d. "cluster di piezometri"), con tratti finestrati posizionati rispettivamente sopra (s) e sotto (p) il livello a bassa permeabilità intercettato.

Sulla base del suddetto schema costruttivo, tra aprile e giugno 2017 a cura della ditta GE Ground Engineering, sono così stati realizzati n. 5 cluster di piezometri (costituiti da due piezometri affiancati, completati a profondità differenti) e n. 1 piezometro singolo, denominati rispettivamente P.05 s e p, P.06 s e p, P.07 s e p, P.08 s e p, P.10 s e p e P.09.

Per maggiori dettagli sulla tecnica di perforazione e completamento dei sondaggi si rimanda al par. 5 e all'Allegato 2.

Con tutte le informazioni disponibili, sono state elaborate le sezioni lito-stratigrafiche ed idrogeologiche interpretative di Tav. 6.1, le cui tracce sono riportate in Tav. 6.2.

Le indagini geognostiche di nuova realizzazione hanno confermato la presenza di una

potente sequenza di depositi costituiti in prevalenza da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, con una buona continuità areale e verticale, fino ad una profondità di circa 35-40 m da p.c., con subordinate e discontinue lenti limose-argillose. Una discontinuità litologica, che interessa lo spessore saturo, è rappresentata da una lente di depositi fini limoso-argillosi, di potenza variabile, rinvenuta ad una profondità di circa 24-28 m da p.c..

Dalle sezioni è possibile evidenziare anche una lente più superficiale, sempre discontinua, riscontrata ad una profondità di circa 20-22 m da p.c., che tuttavia sulla verticale di Cà Baldassarre interessa lo spessore non saturo (vedasi P.07, P.08 e P.10).

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO

7.1 Stima delle oscillazioni piezometriche e della quota di massima escursione della falda

Per valutare l'entità delle oscillazioni piezometriche stagionali, nonché per definire la massima escursione della falda, si è fatto riferimento sia a fonti bibliografiche, che a dati sito-specifici riferiti alla rete di monitoraggio delle acque sotterranee esistente, come di seguito descritto.

7.1.1 Dati piezometrici di area vasta

Tra le fonti bibliografiche è stata consultata la già citata *“Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura Veronese Occidentale”* in scala 1:30'000 [1], che riporta i risultati dei rilievi effettuati ad agosto 1994, oltre che i dati delle oscillazioni freatiche rilevate tra aprile 1993 e aprile 1995 (periodo di due anni).

Per l'area in esame (c.f. Fig. 7.1), la suddetta carta mostra una direzione di deflusso da NO verso SE, in linea con la direzione di sviluppo della piana di divagazione del fiume Adige, con un gradiente medio che si attesta intorno allo 1.0%. Tale gradiente, in corrispondenza dell'area d'interesse, registra una leggera diminuzione.

In corrispondenza dell'area interessata dall'abbancamento dei rifiuti, la quota piezometrica ad agosto 1994 si attestava tra 51.0 e 52.0 m s.l.m. (vedasi Pozzo 33 e Pozzo 34 in Fig. 7.1). Inoltre, facendo riferimento ai tre pozzi più prossimi all'area di progetto (Pozzo 2, Pozzo 9 e Pozzo 10 in Fig. 7.1), sottoposti ad osservazioni periodiche sul livello di falda a cadenza quindicinale per circa due anni, è possibile ricavare quanto segue (Tab. 7.1):

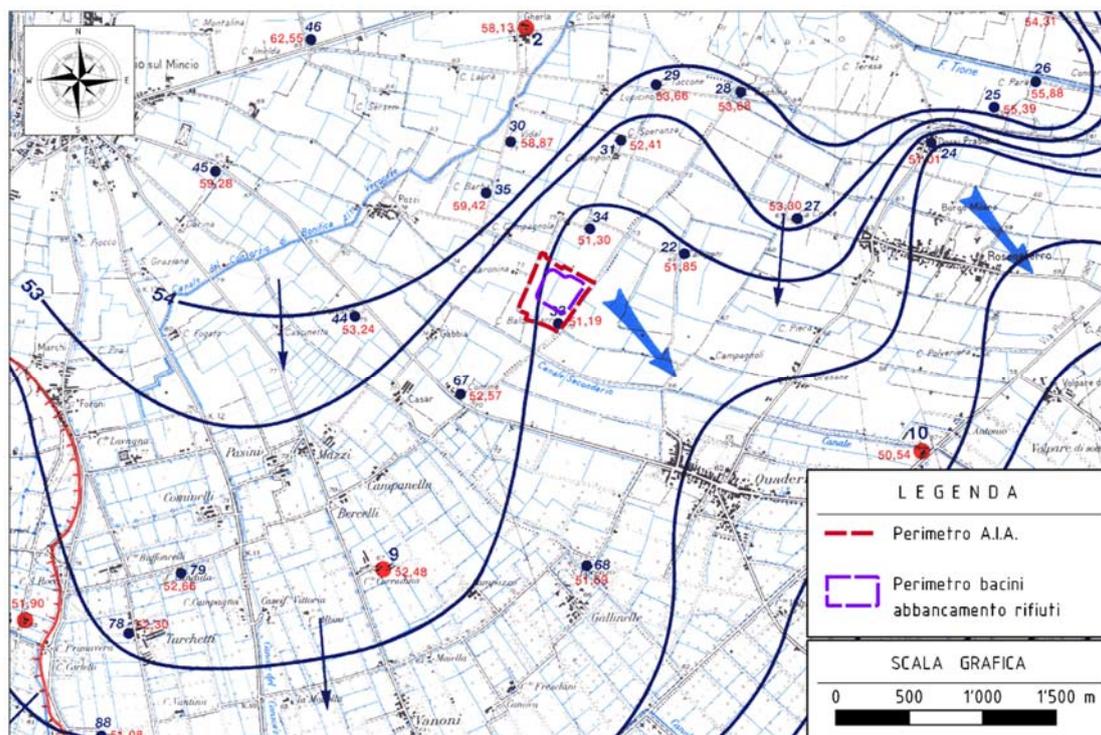


Fig. 7.1. Estratto della “Carta Idrogeologica dell’Alta Pianura Veronese Occidentale” [1], con rappresentata la piezometria di agosto 1994.

Tab. 7.1. Sintesi delle misure piezometriche effettuate sui Pozzi n. 2, 9 e 10. Periodo di Osservazione: aprile 1993 ÷ aprile 1995. Frequenza delle misure: quindicinale (fonte [1]).

POZZO			Comune	Distanza dal sito (km)	Quota min. (m s.l.m.)	Quota max. (m s.l.m.)	Oscillazione (m)	Quota agosto 1994 (m s.l.m.)	Quota max Quota 08/1994 (m)	
N°	Nome	Località								
2	La Gherla	Valeggio S.M.	Valeggio S.M.	1.5	55.66	58.13	2.47	58.13	0.00	
9	Corradina	Quaderni	Valeggio S.M.	1.9	50.36	52.65	2.29	52.48	0.17	
10	S. Antonio	Pizzoletta	Villafranca di V.	2.5	45.77	50.54	4.77	50.54	0.00	
33	-	Cà Baldassarre	Valeggio S.M.	0.0	-	-	-	51.19	-	
34	-	Cà Baldassarre	Valeggio S.M.	0.3	-	-	-	51.30	-	
VALORI MEDI							3.18			

- nel periodo di osservazione (aprile 1993 ÷ aprile 1995) le **oscillazioni piezometriche** medie si attestano a 3.18 m, mentre quelle **massime** si registrano nel Pozzo 10, con valori **pari a 4.77 m**;
- rispetto alle quote piezometriche di agosto 1994 (riportate in Fig. 7.1) è possibile attendersi ulteriori incrementi di 0.20 m circa (c.f. Pozzo 9 in Tab. 7.1), che in ogni caso confermerebbero per il sito in esame una **quota massima raggiunta nel periodo di osservazione, compresa tra 51.0 e 52.0 m s.l.m.**

Il Pozzo 2 è inserito (con la denominazione di Pozzo n. 170) anche nella rete di monitoraggio quantitativo di ARPAV per il rilievo trimestrale del livello piezometrico e sono disponibili dati su di un arco temporale di ben 23 anni (maggio 1999÷novembre 2022, vedasi ubicazione Fig. 7.2. Sulla base di questi monitoraggi, sintetizzati in Fig. 7.3 e Tab. 7.2, che interessano anche un altro pozzo posto nell'intorno dell'area in esame (Pozzo n. 670), si ricava quanto segue:

- la quota piezometrica massima raggiunta nel Pozzo 2 (n. 170 secondo la denominazione di ARPAV), anche nel periodo 1999÷2022 raggiunge quote di 58.35 m s.l.m., confrontabili con quanto rilevato negli anni precedenti (1993÷1995, vedasi Tab. 7.1);
- le **oscillazioni della falda** si attestano su valori medi di 4.83 m e **valori massimi di 5.60 m** nel Pozzo 2 (n. 170 secondo la denominazione di ARPAV).

La rete di monitoraggio quantitativa di ARPAV dispone anche di stazioni in cui è attivo un monitoraggio in continuo del livello piezometrico, maggiormente rappresentativo per la ricostruzione delle effettive oscillazioni piezometriche, proprio perché in grado di acquisire con continuità le variazioni del livello nei diversi periodi dell'anno. Tra queste stazioni, la più vicina al sito di interesse si colloca nel territorio comunale di Villafranca di Verona (Stazione n. 104), vedasi ubicazione Fig. 7.4.

Sulla base dei dati acquisiti, il regime della falda nell'alta pianura veronese risulta caratterizzato da una fase di piena che si verifica tra agosto ed ottobre, con massimi a fine settembre, e da una fase di magra tra aprile e maggio, con minimi nel mese di maggio.

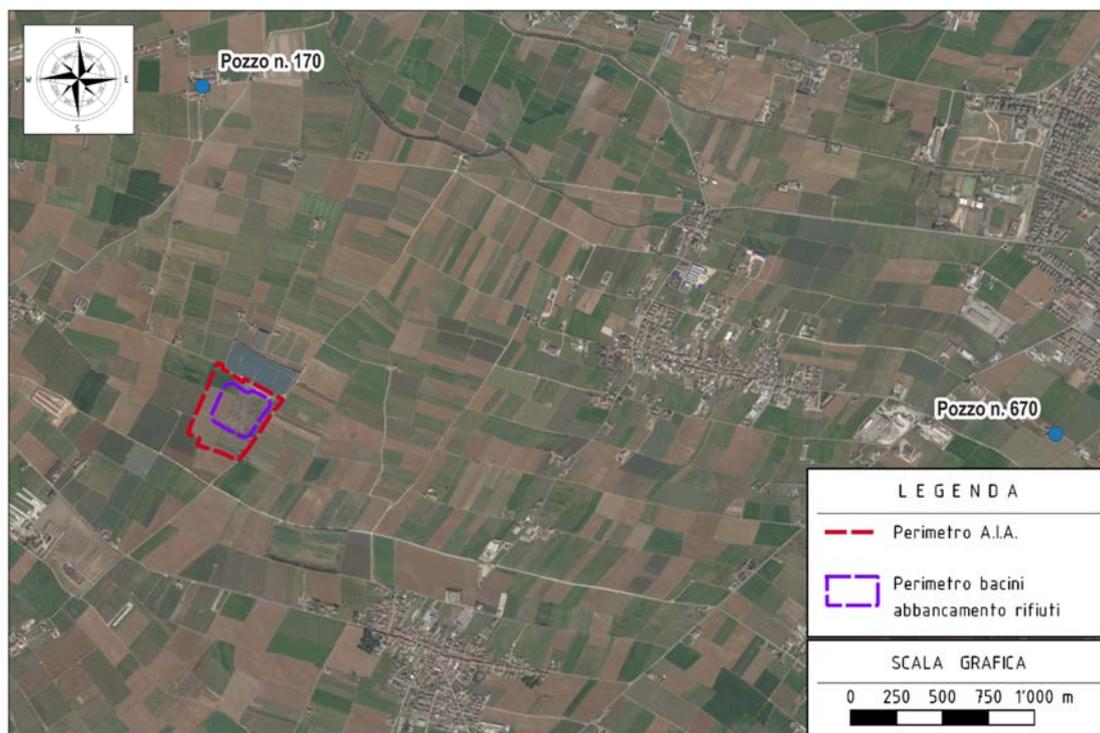


Fig. 7.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio inseriti nella rete ARPAV per il controllo manuale del livello piezometrico e prossimi al sito di interesse.

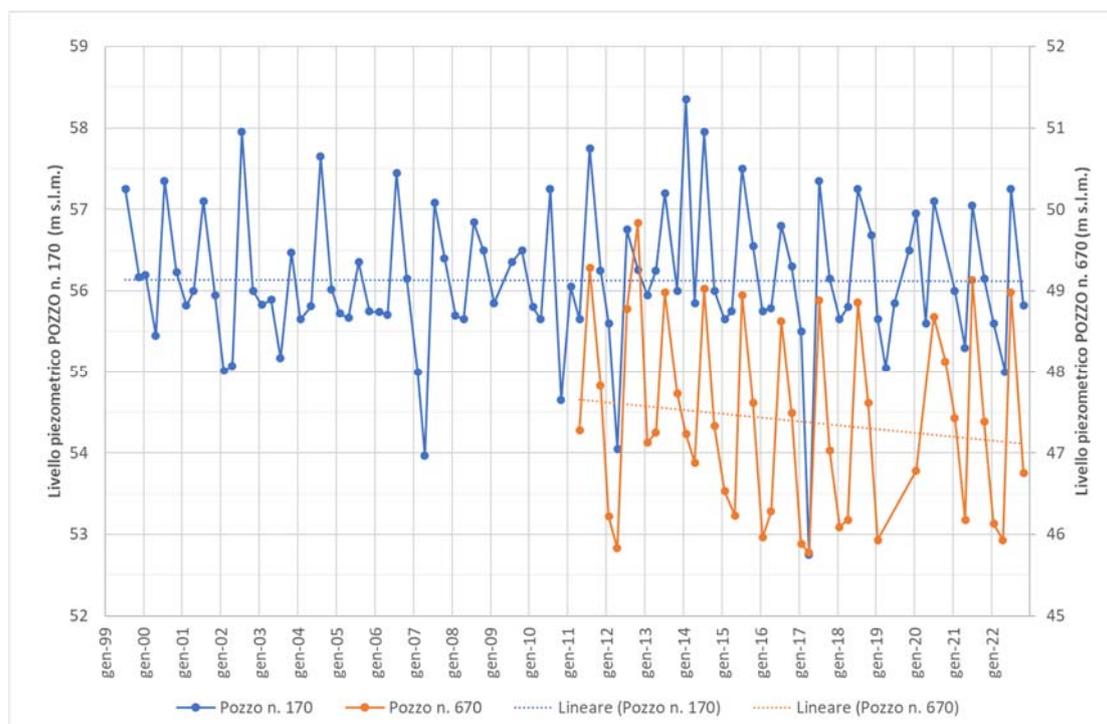


Fig. 7.3. Oscillazioni piezometriche registrate nei Pozzi n. 170 e 670 (rete di monitoraggio manuale di ARPAV). Periodo di Osservazione: aprile 1993 ÷ aprile 1995. Frequenza delle misure: quindicinale (fonte [1]).

Tab. 7.2. Sintesi delle misure piezometriche effettuate sui Pozzi n. 170 e 670 (rete di monitoraggio del livello manuale di ARPAV). Periodo di Osservazione: maggio 1999÷novembre 2022. Frequenza delle misure: mediamente trimestrale.

POZZO		Comune	Distanza dal sito (km)	Prof. pozzo	Tipo di falda	Periodo osservazione	Quota min. (m s.l.m.)	Quota max. (m s.l.m.)	Oscillazione (m)
N° CARTA idrogeologica [1]	N° ARPAV								
2	170	Valeggio S.M.	1.5	32	superficiale	05/99÷11/22	52.75	58.35	5.60
-	670	Villafranca di Verona	4.2	7.11	superficiale	05/99÷11/22	45.78	49.83	4.05
VALORI MEDI									4.83

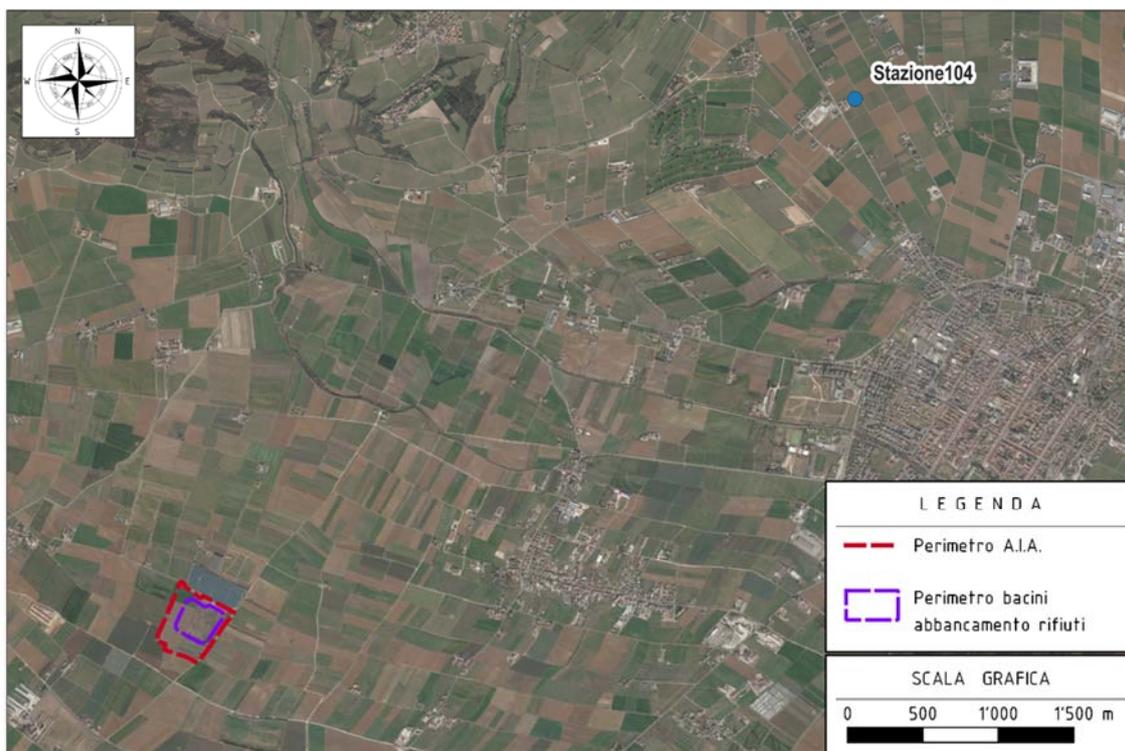


Fig. 7.4. Ubicazione dei punti di monitoraggio inseriti nella rete ARPAV per il controllo automatico del livello piezometrico e prossimi al sito di interesse.

Nella Fig. 7.5, tratta dal “Rapporto sulla risorsa idrica in Veneto (Arpav) di settembre 2023”, i livelli piezometrici attuali della stazione di Villafranca di Verona (Stazione 104) sono confrontati con i valori massimi, medi e minimi del periodo 2007-2022 (pari a 16 anni) e con l'andamento dei livelli di falda in anni particolarmente significativi, come di seguito specificato.

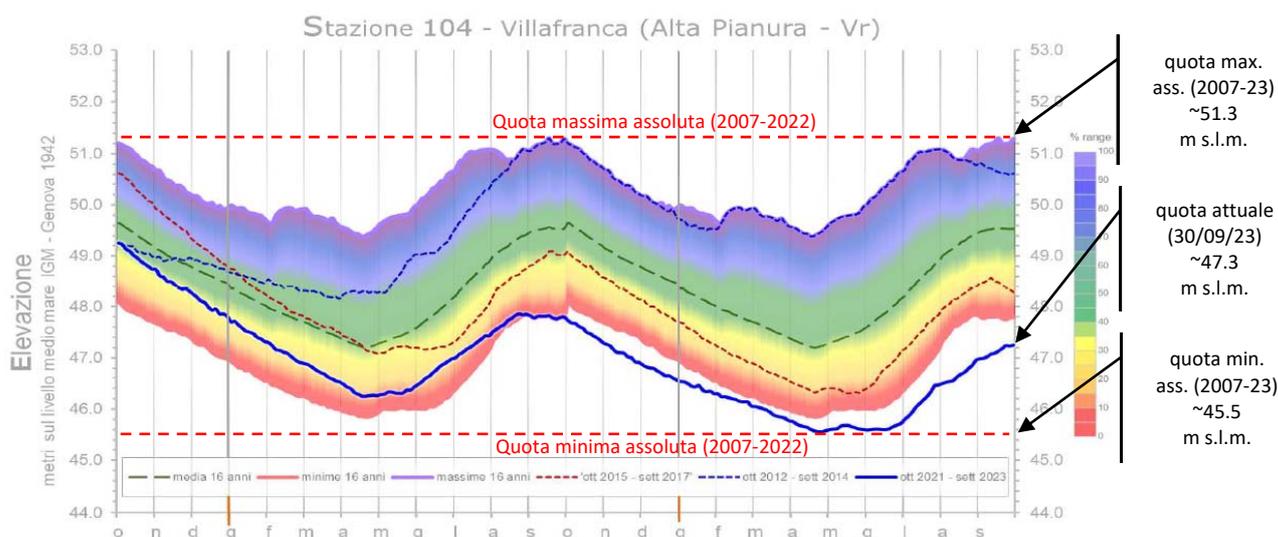


Fig. 7.5. Oscillazioni piezometriche registrate nella Stazione n. 104 (rete di monitoraggio in continuo di ARPAV). Periodo di Osservazione: 2007 ÷ 2022. Frequenza delle misure: in continuo (fonte [13]).

In linea continua *blu* è indicato l'andamento attuale, in *tratteggio fine blu* il periodo che ha compreso i massimi da ottobre 2012 a settembre 2014, in *tratteggio fine amaranto* il periodo siccitoso da ottobre 2015 a settembre 2017, in linea *tratteggiata verde* il valore medio, in gradazione colorata dal *rosso* (*minimo*) al *blu* (*massimo*) il valore percentuale del campo di oscillazione del livello freatico nel periodo di riferimento.

Dall'analisi del grafico si può inoltre osservare che, rispetto al livello piezometrico attuale (30 settembre 2023), il deficit accumulato nell'ultimo anno e mezzo rimane consistente e i livelli sono ancora inferiori ai minimi registrati storicamente. Rispetto a settembre 2022,

attualmente il livello è ulteriormente sceso di circa 40 cm.

Sull'intero periodo di osservazione (2007-2023), la quota della falda varia tra valori minimi di circa 45.5 m s.l.m. e massimi di circa 51.3 m s.l.m., con **oscillazioni freatiche massime di 5.0÷6.0 m**. Le oscillazioni medie sono invece limitate a 2.0÷2.5 m.

Rispetto alla massima quota piezometrica registrata nella stazione di Villafranca, il livello di settembre 2023 si attesta ad una quota inferiore di circa 4.0 m.

Pertanto, a grande scala sui vari punti monitoraggio analizzati e diversi periodi presi in considerazione le oscillazioni freatiche massime della falda raggiungono valori di 5-6.0 m.

7.1.2 Dati piezometrici sito-specifici

Sul sito di indagine sono state eseguite campagne piezometriche a cadenza mensile a partire da luglio 2007 ad ottobre 2023, interessando così un arco temporale di quasi 17 anni (i dati raccolti sono sintetizzati nella tabella riportata in Allegato 5).

La rete piezometrica è costituita complessivamente da n. 17 piezometri che, in funzione della data di realizzazione/riattivazione, sono stati oggetto di misurazione del livello piezometrico nei periodi di seguito indicati:

- Piezometri: P.01, P.02, P.03 e P.04.
Periodo di misura: luglio 2007 - ottobre 2023.
- Piezometri: P.03old, P.04old, P.05s, P.05p, P.06s, P.06p, P.07s, P.07p, P.08s, P.08p, P.09, P.10s e P.10p.
Periodo di misura: luglio 2017 - ottobre 2023.

Analizzando la serie storica dei dati rilevati nei piezometri dal mese di Luglio 2007 a Ottobre 2023 (Fig. 7.6 e Tab. 7.3), in accordo con i dati bibliografici disponibili (cf. par. 7.1), si osserva una sostanziale regolarità nei cicli stagionali e una buona coerenza tra le misure in tutti i piezometri, con oscillazioni comprese tra 4.61 m (± 2.3 m) e 6.99 m (± 3.5 m).

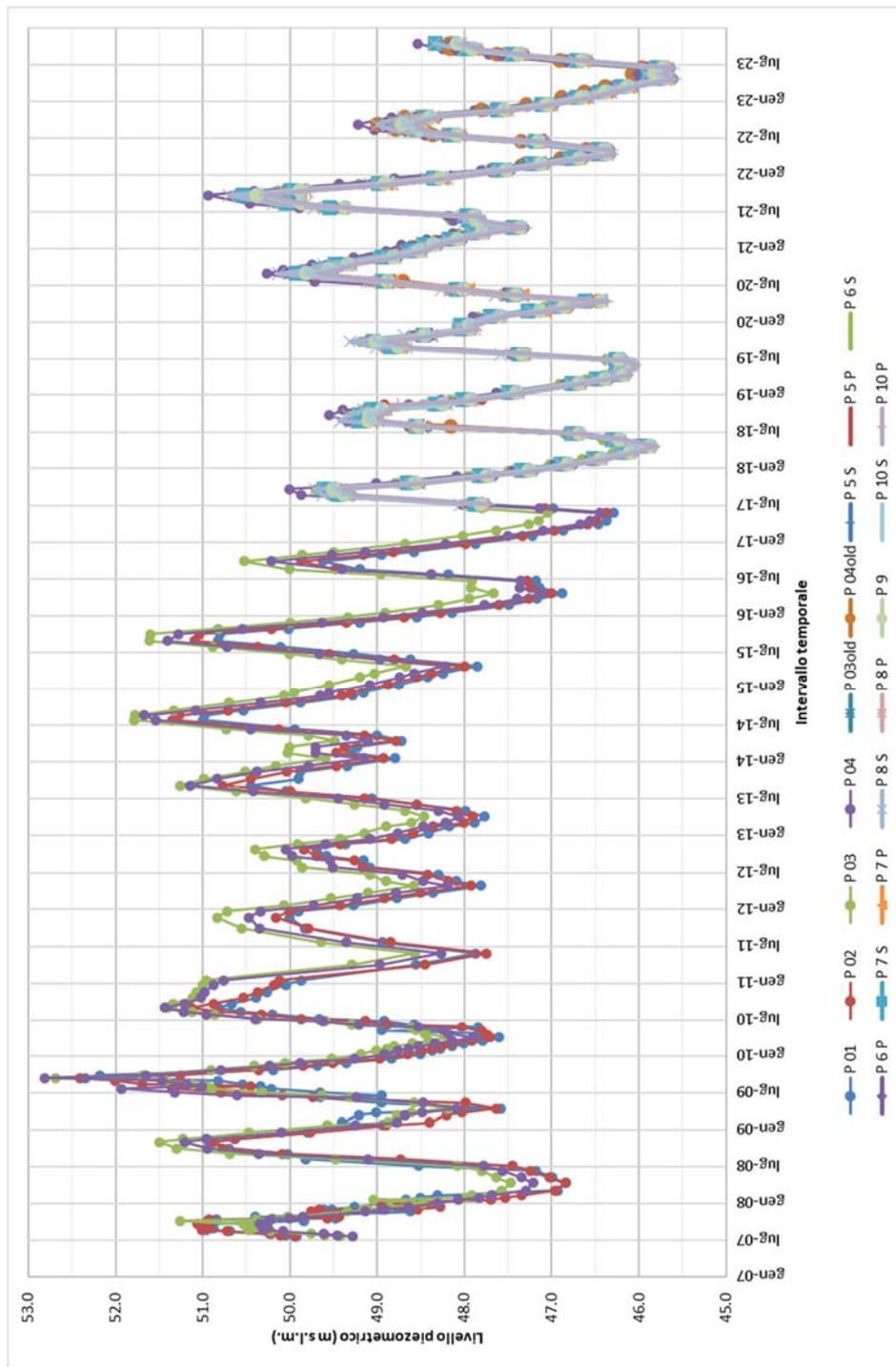


Fig. 7.6. Serie storica relativa al monitoraggio della falda nell'area in esame da Luglio 2007 a Ottobre 2023.

Tab. 7.3. Sintesi dei valori freaticometrici significativi, desunti dalla serie di dati disponibili sul sito di indagine (periodo 2007-2023).

Piezometri	n° di misure	Livello piezometrico medio (m s.l.m.)	Livello piezometrico minimo (m s.l.m.)	Livello piezometrico massimo (m s.l.m.)	Escursione piezometrica (m)
P.01	221	48.61	45.61	52.35	6.74
P.02	221	48.71	45.73	52.41	6.68
P.03	221	49.05	45.88	52.69	6.81
P.04	221	48.90	45.82	52.81	6.99
P.03old	77	47.79	45.84	50.46	4.62
P.04old	77	47.82	45.93	50.58	4.65
P.05 S	77	47.82	45.89	50.52	4.63
P.05 P	77	47.71	45.67	50.38	4.71
P.06 S	77	47.81	45.84	50.50	4.66
P.06 P	77	47.80	45.87	50.48	4.61
P.07 S	77	47.80	45.77	50.55	4.78
P.07 P	77	47.72	45.70	50.45	4.75
P.08 S	77	47.87	45.79	50.70	4.91
P.08 P	77	47.69	45.66	50.33	4.67
P.09	77	47.71	45.70	50.39	4.69
P.10 S	77	47.70	45.66	50.33	4.67
P.10 P	77	47.63	45.59	50.28	4.69
VALORI MEDI		48.01	45.76	50.95	5.19

I livelli massimi vengono generalmente raggiunti nel periodo tardo estivo (da luglio a settembre), quelli minimi tra aprile e maggio (in primavera).

Nel periodo di osservazione si registra inoltre una progressiva diminuzione dei livelli freatici, che hanno raggiunto i valori minimi nel periodo aprile-giugno 2023 (con una quota piezometrica minima di 45.59 m s.l.m.).

Per l'area in esame la massima quota piezometrica rilevata risulta pari a 52.81 m s.l.m., corrispondente alla misura registrata nel piezometro P.04 nel mese di Settembre 2009, con un'oscillazione massima sul periodo di osservazione di 6.99 m.

La suddetta quota supera di circa 80 cm, la quota piezometrica massima desunta dai dati raccolti nel periodo 1983-1985 e sintetizzati nella “Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura Veronese Occidentale” in scala 1:30'000 [1], già commentati nel precedente par. 7.1.

Massimi piezometrici secondari si sono verificati nel luglio 2014 e settembre 2015, quando sono state raggiunte quote massime rispettivamente 51.79 m s.l.m. e 51.61 m s.l.m..

Confrontando la misura piezometrica effettuata in P.04 a settembre 2023 (pari a 48.25 m s.l.m.), quindi, è possibile attendersi degli innalzamenti massimi di falda pari a 4.56 m, valore cautelativo, se confrontato con la serie storica disponibile sul piezometro di Villafranca di Verona monitorato da ARPAV che, per lo stesso periodo di osservazione indica innalzamenti massimi (rispetto alla condiziona attuale) di circa 4.0 m.

Cautelativamente, anche considerando la massima quota piezometrica raggiunta nel piezometro di monte P.04, quindi trascurando il gradiente naturale della falda, che porta ad avere in corrispondenza del sito oggetto di abbancamento dei rifiuti quote inferiori, **il franco minimo di legge risulta rispettato**, come di seguito dettagliato:

- Quota piezometrica massima raggiunta sull'intero sito: **52.81 m s.l.m.**
- Quota minima di imposta del piano di imposta della discarica: **57.30 m s.l.m.**
- Franco falda minimo rilevato sull'intero sito: **4.49 m (>2.0 m)**
- Franco falda minimo previsto dalla norma: **2.00 m**

7.2 Ricostruzioni piezometriche

Come già accennato, sul sito di indagine sono state eseguite campagne piezometriche a cadenza mensile a partire da luglio 2007 ad ottobre 2023, per un totale di n. 221 rilievi freaticometrici.

In particolare, i primi rilievi (da luglio 2007 a giugno 2017) sono stati eseguiti sui n. 4 piezometri allora esistenti, successivamente implementati a n. 17 piezometri complessivi.

Nelle Tav. 7.1 ÷ Tav. 7.13 sono rappresentate le piezometrie del periodo 2017-2023 (eseguite sull'intera rete di monitoraggio disponibile), riferite al minimo e massimo piezometrico di ciascun anno di osservazione.

Nell'elaborazione delle piezometrie, in presenza dei cluster di piezometri, si è fatto riferimento alle misure eseguite nei piezometri superficiali (s), con tratto fenestrato realizzato in corrispondenza della superficie piezometrica della falda a superficie libera.

L'analisi della serie storica di dati acquisiti (Tab. 7.4), infatti, ha permesso di accertare che i piezometri profondi (p) hanno un livello piezometrico mediamente inferiore dei piezometri superficiali di circa 10 cm. Tale differenza è attribuibile alla presenza, seppur discontinua, di un setto a bassa permeabilità posto ad una profondità di circa 24-28 m da p.c., che solo localmente è in grado di confinare la porzione più profonda della falda superficiale. La differenza tra i due livelli piezometrici evidentemente diminuisce nei settori ove tale setto tende a scomparire (P.06), mentre diventa più importante laddove il setto tende ad avere una maggior continuità laterale (P.08).

Tab. 7.4. Differenze di livello registrate nei cluster di piezometri, desunte dalla serie di dati disponibili sul sito di indagine (periodo 2017-2023).

Piezometri	Livello piezometrico medio (m s.l.m.)	Differenza livello s - livello p (m)
P.05s	47.82	0.11
P.05p	47.71	
P.06s	47.81	0.01
P.06p	47.80	
P.07s	47.80	0.08
P.07p	47.72	
P.08s	47.87	0.18
P.08p	47.69	
P.10s	47.70	0.07
P.10p	47.63	

Nelle prime interpretazioni effettuate dagli Scriventi [3], sulla base di un numero limitato di rilievi piezometrici, era stata ipotizzata la presenza due distinte falde idriche: la falda freatica principale che scorre con direzione NW-SE in accordo con la piezometria regionale e una falda freatica sospesa con direzione opposta SE-NW, presente nella porzione sud-orientale dell'area, alimentata oltre che dagli apporti meteorici, anche dalle acque di irrigazione.

Con un numero più significativo di misure, ad oggi è invece possibile affermare che nel sottosuolo dell'area di indagine è presente un unico acquifero, solo localmente compartimentato da lenti limose-argillose, ospitante una falda a superficie libera caratterizzata da importanti variazioni di direzione di deflusso nell'arco dell'anno, connesse principalmente agli apporti irrigui, come verrà meglio dettagliato in seguito.

Nel periodo invernale è possibile definire l'andamento della falda in condizioni "naturali" e indisturbate, ovvero in assenza degli apporti generati dalle pratiche irrigue, che interessano i terreni circostanti l'area dell'ex-cava, ad eccezione del lato NE, dove si trova la discarica RSU in fase di post-gestione.

Nei periodi di minimo piezometrico la falda assume una direzione di deflusso prevalente da NW-SE, con una componente NNE-SSW sul lato discarica RSU, che determina la formazione di un modesto asse di drenaggio in corrispondenza dell'area dell'ex-cava. Il gradiente della superficie piezometrica è dell'ordine dello 0.5‰ circa (in accordo con quanto riportato nella cartografia regionale [1]).

Nel periodo primaverile la morfologia della superficie piezometrica inizia a modificarsi per effetto degli apporti irrigui, che nelle condizioni di massimo piezometrico determinano degli effetti di alimentazione sia sul lato ovest, che est dell'area in oggetto, accentuando l'asse di drenaggio presente nella porzione dell'ex-cava (non interessata da pratiche agricole).

Nei periodi di massimo piezometrico, quindi la falda assume una direzione di deflusso da WNW-ESE - nel settore occidentale dell'area - a NE-SW – nel settore orientale dell'area. Il gradiente della superficie piezometrica registra un aumento rispetto alle condizioni di minimo piezometrico: raggiungendo valori dell'ordine dello 1.5‰-2.0‰.

Nelle ultime piezometrie di aprile 2022 e aprile 2023, rispetto agli anni precedenti, si osserva una maggior ricarica nei piezometri P.04old e P.05, posti al margine della ex-cava e a ridosso dell'area agricola immediatamente a monte, che ricade comunque all'interno del perimetro AIA. Considerato che le pratiche irrigue vengono generalmente gestite in modo che i lotti di terreno siano irrigati ad allagamento a cadenza settimanale nel periodo 1aprile-30 settembre,

tale ricarica può essere attribuita all'inizio del periodo irriguo. In ogni caso tale disturbo, in fase di allestimento dell'impianto verrà minimizzato e/o annullato, in considerazione del fatto che al perimetro AIA non saranno previste attività agricole e che l'area occupata dalla nuova discarica sarà posta ad una distanza dal perimetro AIA di almeno 80 m.

7.3 Direzioni di deflusso della falda e definizione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee

Come evidenziato dalle ricostruzioni piezometriche commentate nel par. 7.2, la direzione di deflusso della falda subisce importanti variazioni stagionali. Pertanto, si è provveduto a definire il range di tali variazioni in corrispondenza di ciascun piezometro, in modo da valutare l'effettiva posizione del punto di monitoraggio rispetto alla nuova discarica in progetto.

Non si è proceduto a tali valutazioni per i piezometri **P.03old, P.04old, P.05 e P.10**, che **verranno cementati e sostituiti da nuovi punti di monitoraggio in posizione idonea, prima dell'inizio dei lavori** di allestimento del nuovo impianto in progetto, in quanto interferenti con la vasca di stoccaggio rifiuti (P.03old, P.04old e P.05) o con la viabilità (P.10).

Come si può osservare in Tav. 7.14, rispetto all'ubicazione della nuova discarica ed in funzione della direzione di deflusso delle acque sotterranee, i piezometri possono essere distinti come sintetizzato in Tab. 7.5.

Sulla base di quanto sopra, nella rete di monitoraggio della nuova discarica, finalizzata a monitorare lo stato qualitativo delle acque sotterranee, si propone di inserire i piezometri (esistenti e di nuova realizzazione) riportati in Tab. 7.6 e ubicati in Tav. 7.14.

Tab. 7.5. Classificazione dei piezometri in base alla direzione di deflusso delle acque sotterranee.

Piezometro	Tipologia di piezometro	Classificazione
P.06 (s-p)	Esistente	MONTE (valle discarica RSU)
P.07 (s-p)	Esistente	
P.11	In progetto	MONTE
P.03	Esistente	MONTE / LATERALE
P.04	Esistente	
P.08 (s-p)	Esistente	
P.02	Esistente	LATERALE
P.13	In progetto	
P.09	Esistente	VALLE / LATERALE
P.12	In progetto	
P.01	Esistente	VALLE

Tab. 7.6. Rete di monitoraggio per il controllo dello stato qualitativo delle acque sotterranee.

Piezometri	Classificazione	RETE DI MONITORAGGIO
P.06 (s-p)	MONTE	QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERANEE
P.07 (s-p)		
P.11		
P.01	VALLE	
P.09	VALLE / LATERALE	
P.12		

Tutta la rete di monitoraggio esistente e di nuova realizzazione (ad eccezione dei piezometri che verranno cementati) verrà comunque mantenuta ai fini della ricostruzione della geometria della superficie piezometrica (vedasi Tab. 7.7).

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche costruttive dei nuovi piezometri di monitoraggio e sulle attività di cementazione dei piezometri esistenti, interferenti con l'impianto, si rimanda al successivo par. 11.

Tab. 7.7. Rete di monitoraggio per il controllo del livello piezometrico.

Piezometro	Classificazione	RETE DI MONITORAGGIO
P.06 (s-p)	MONTE (valle discarica RSU)	PIEZOMETRICA
P.07 (s-p)		
P.11	MONTE	
P.03	MONTE / LATERALE	
P.04		
P.08 (s-p)		
P.02	LATERALE	
P.13		
P.09	VALLE / LATERALE	
P.12		
P.01	VALLE	

7.4 Velocità di deflusso delle acque sotterranee

Sebbene trattasi di un'eventualità remota per tipologia di rifiuti e modalità di allestimento dell'impianto di conferimento, al fine di valutare la velocità di propagazione di un eventuale inquinante che si dovesse originare dalla discarica in progetto (trascurando cautelativamente i fenomeni di dispersione, di diffusione, chimico-fisici e biologici), di seguito si è proceduto a stimare la velocità di deflusso della falda utilizzando la seguente formula:

$$V_e = K i / n_e$$

dove:

- V_e = velocità effettiva (m/s)
- i = gradiente idraulico (adimensionale)
- K = coeff. di permeabilità (m/s)
- n_e = porosità efficace (adimensionale)

Utilizzando il valore medio di permeabilità ottenuto dalle prove idrodinamiche svolte in sito ($K = 5.02E-04$ m/s), il valore del gradiente idraulico misurato in condizioni di minimo e

massimo piezometrico ($0.5\% < i > 2.0\%$) e un valore di porosità tipico per la litologia del sito ($n_e = 0.25$), si ottiene una **velocità effettiva della falda $0.09 \text{ m/g} < V_e > 0.35 \text{ m/g}$** .

Si tratta di un valore di velocità effettiva piuttosto basso, determinato dal gradiente idraulico ridotto che caratterizza l'area in esame e che, sulla base delle piezometrie regionali, risulta mantenersi molto basso a valle idrogeologico del sito per almeno 2-3 km (Tav. 3.5).

8. VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA DELLA FALDA

La valutazione della vulnerabilità intrinseca della falda freatica è stata stimata mediante l'utilizzo del Metodo **SINTACS** (Civita, 1994; Civita e De Maio, 2000; APAT, 2001).

Il metodo adottato consiste nella valutazione quantitativa, commutata in un punteggio, di una serie di parametri d'ingresso e di una serie di pesi moltiplicatori, che consentono di amplificare l'importanza che si vuole attribuire ai singoli parametri.

I parametri considerati sono i seguenti:

- la **Soggiacenza**: profondità della superficie piezometrica misurata dal p.c.. A parità di condizioni idrogeologiche dell'insaturo, da essa dipende il tempo di transito di un contaminante idroveicolato dalla superficie all'acquifero e, quindi, la durata delle azioni di autodepurazione e attenuazione, con riferimento in particolare all'azione ossidante dell'ossigeno atmosferico.

Nell'area in esame il valore della soggiacenza è stato ricavato da misure dirette del livello statico nei piezometri di monitoraggio esistenti. Il valore medio varia tra circa 22-23 m nelle aree che conservano il piano campagna originario e tra 7 e 8 m nelle aree cavate;

- l'**Infiltrazione efficace**: quantità di acqua derivante dalle precipitazioni che viene trasferita dalla superficie al sottosuolo. Regge il trascinamento in profondità dei contaminanti e la loro diluizione nell'insaturo e nella zona di saturazione.

Per la stima dell'infiltrazione efficace sulle aree di interesse, si è fatto riferimento alle serie storiche dei dati pluviometrici e termometrici mensili misurati nella stazione di Valeggio Sul Mincio;

- l'effetto di autodepurazione del **Non saturo**: la zona insatura è quella compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero ed in essa avvengono gli spostamenti prevalentemente verticali dell'acqua.

Le caratteristiche litologiche del non saturo sono state ricavate dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nell'area e in un intorno significativo;

- la **Tipologia** della copertura: questo è un parametro fondamentale in quanto all'interno del suolo si esplicano processi sia fisici, sia chimici che possono attenuare l'importanza dell'impatto.

I dati pedologici relativi al territorio agricolo non urbanizzato sono stati desunti dalle stratigrafie dei sondaggi e dalla carta dei suoli della Regione Veneto alla scala 1:50'000. Alle aree oggetto di attività estrattiva (prive di suolo) è stato attribuito cautelativamente un punteggio di 10;

- le caratteristiche idrogeologiche dell'**Acquifero**: si considera la zona di saturazione all'interno di un determinato complesso idrogeologico e si considerano i processi (quali diluizione, dispersione, assorbimento, reattività chimica) che avvengono al di sotto della superficie piezometrica.

Le caratteristiche litologiche del saturo sono state ricavate dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nell'area e in un intorno significativo;

- la **Conducibilità** idraulica dell'acquifero: misura della permeabilità del terreno ovvero la capacità di un mezzo dotato di porosità primaria o secondaria, di farsi attraversare dall'acqua sotterranea. È pertanto la capacità di spostamento attraverso il mezzo saturo dell'acqua di falda e quindi anche di un contaminante che non ne alteri troppo le caratteristiche di densità.

Il valore di conducibilità idraulica adottato per l'area in esame deriva dall'elaborazione di specifiche prove idrodinamiche eseguite in sito (slug-test, par. 5.2.2);

- l'**acclività** della **Superficie** topografica: incide sulla vulnerabilità intrinseca perché da essa dipende la velocità di spostamento e la quantità d'acqua piovana che, a parità di precipitazione, è soggetta a ruscellamento.

L'area d'indagine, come desumibile dai dati topografici disponibili (CTR), è caratterizzata da un contesto morfologico uniforme ed essenzialmente sub-pianeggiante, ad eccezione delle aree cavate o rialzate con lo stoccaggio di rifiuti.

L'applicazione del metodo SINTACS consente di attribuire un punteggio (variabile da 1 a 10) ai sette parametri di cui sopra (S, I, N, T, A, C, S), sulla base di specifici diagrammi

predisposti in base alle esperienze maturate. In Tab. 8.1 si riporta una possibile sintesi dei valori attribuibili ai singoli parametri sulla base della lettura dei diagrammi.

Tab. 8.1. Punteggio da attribuire ai parametri previsti dal metodo SINTACS in relazione all'intervallo di variazione o alla tipologia del singolo parametro (Di Molfetta e Sethi, 2012).

Punteggio SINTACS	S soggiacenza (m)	I infiltrazione efficace (mm/a)	N litologia non saturo	T tipologia suolo
10	0.00 - 1.50	-	calcarei carsificati	sottile, assente, ghiaia pulita
9	1.50 - 3.00	> 215	ghiaia grossolana, ghiaia e ciottoli	sabbia pulita
8	3.00 - 5.00	215 - 180	ghiaia e sabbia	sabbioso, torboso
7	5.00 - 7.50	180 - 150	sabbia	argillo-sabbioso
6	7.50 - 10.00	150 - 120	ghiaia e sabbia con argilla, conglomerati	franco sabbioso
5	10.00 - 13.00	120 - 95	alternanze	franco sabbioso-limoso
4	13.00 - 21.00	95 - 75	ghiaia argillosa, sabbia + argilla	franco limoso
3	21.00 - 30.00	75 - 55	torba	franco-limoso-argilloso
2	30.00 - 60.00	55 - 30	argilla + limo + torba	umifero
1	> 60.00	< 30	argilla	argilloso

Punteggio SINTACS	A litologia acquifero	C conducibilità idraulica acquifero (m/s)	S acclività superficie topografica (%)
10	calcarei carsificati	$> 4 \cdot 10^{-3}$	0 - 2
9	calcarei fessurati, alluvioni grossolane	$4 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-4}$	3 - 4
8	alluvioni medio fini	$7 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}$	5 - 6
7	morene grossolane, arenarie, conglomerati	$3 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-5}$	7 - 9
6	piroclastiti, alternanze (flysch)	$8 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-5}$	10 - 12
5	marne medio-fini	$3 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-6}$	13 - 15
4	metamorfiti fessurate	$8 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-6}$	16 - 18
3	plutoniti fessurate	$2 \cdot 10^{-6} - 6 \cdot 10^{-7}$	19 - 21
2	limi, torbe	$6 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-8}$	22 - 25
1	marne, argille	$< 3 \cdot 10^{-8}$	> 26

Tale metodo, inoltre, consente di utilizzare diverse stringhe di pesi, ossia di moltiplicatori, per i sette parametri descritti, allo scopo di darne la giusta valutazione e di descrivere al meglio le diverse situazioni idrogeologiche e di impatto.

La metodologia definisce cinque stringe di valori per le seguenti tipologie di aree, che vengono descritte nel dettaglio solo per le casistiche di interesse, come indicato in Tab. 8.2:

1. aree soggette a impatto normale: aree a scarso gradiente topografico (pianura, pedemonte, pianalto, conche intramontane, ecc.), con insaturo composto prevalentemente da rocce a permeabilità matriciale, ove non sussistono particolari situazioni d'impatto antropico e con utilizzo reale del territorio contenuto e scarsamente trasformato;
2. aree soggette a impatto rilevante: si tratta di territori, con insaturo costituito in prevalenza da mezzi a permeabilità matriciale, morfologicamente adatti ad antropizzazione estensiva, con colture che prevedono abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, applicazioni di fert-irrigazione, spargimento di liquami; aree a discarica incontrollata, lagoni, vasche di dispersione, oleodotti, collettori fognari, ecc.; aree industriali attive e dismesse; aree urbanizzate e assimilabili;
3. aree soggette a drenaggio;
4. aree soggette a carsismo;
5. aree con acquiferi fessurati.

Tab. 8.2. Parametri SINTACS e relative stringhe di peso (W).

Sigla	Parametro	normale	rilevante
S	Soggiacenza	5	5
I	Infiltrazione efficace	4	5
N	Non saturo	5	4
T	Tipologia della copertura	3	5
A	Acquifero	3	3
C	Conducibilità	3	2
S	Superficie topografica	3	2

La vulnerabilità intrinseca si ottiene determinando la sommatoria dei sette parametri precedentemente descritti, ciascuno moltiplicato per il proprio peso:

$$I_{\text{SINTACS}} = S W_S + I W_I + N W_N + T W_T + A W_A + C W_C + S W_S$$

Il valore ottenuto può variare da un minimo di 26 a un massimo di 260 (Fig. 8.1). La vulnerabilità si definisce estremamente elevata (Ee) quando il punteggio finale SINTACS è compreso tra 260 e 210, elevata (E) quando è compreso tra 210 e 186, alta (A) tra 186 e 140, media (M) tra 140 e 105, bassa (B) tra 105 e 80, bassissima (Bb) tra 80 e 26.

In particolare, sulla base delle caratteristiche del sito in esame, sono state individuate tre differenti situazioni, legate all'uso del suolo (aree verdi/agricole non urbanizzate, in cui cautelativamente è stata trascurata la presenza di edifici sparsi), alle condizioni topografiche indotte dall'attività di escavazione (bacini di cava) o dall'apporto di rifiuti (discariche). Le aree di cava, in particolare, sono quelle che risultano più vulnerabili in quanto hanno comportato un'asportazione del suolo e la riduzione della soggiacenza rispetto alle aree naturali circostanti. Per le aree di discarica, invece, è stato considerato il contributo positivo determinato dal ripristino ambientale e dalla posa di una copertura sommitale impermeabile (capping).

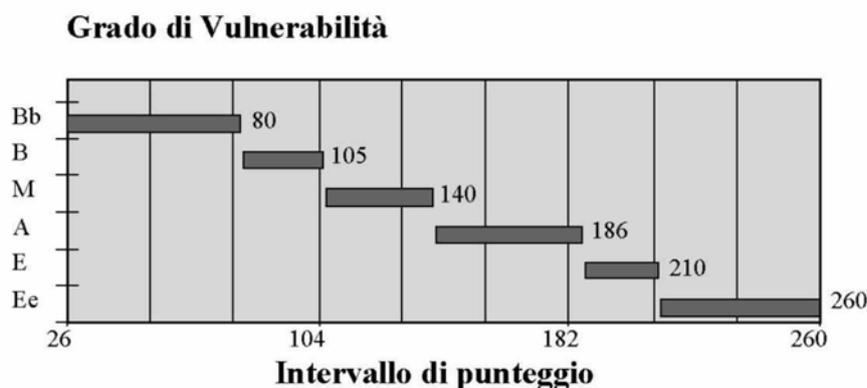


Fig. 8.1. Intervalli/gradi di vulnerabilità intrinseca (punteggi grezzi) (APAT, 2001).

Per applicare il metodo sopra descritto, l'area in esame è stata quindi suddivisa in tre zone, in cui i parametri assumono valori differenti, come di seguito riportato:

Zona 1: aree verdi/agricole					
Sigla	Parametro	Valore	Punteggio	Peso	Totale
S	Soggiacenza	22.0-23.0 m	3	5	15
I	Infiltrazione efficace	174 mm/anno	7	4	28
N	Non saturo	ghiaia e sabbia	8	5	40
T	Tipologia della copertura	argilloso	1	3	3
A	Acquifero	ghiaia e sabbia	9	3	27
C	Conducibilità	5.02E-04 m/s	8	3	24
S	Superficie topografica	0-2%	10	3	30
Totale					167
Zona 2: aree oggetto di escavazione (bacini di cava)					
Sigla	Parametro	Valore	Punteggio	Peso	Totale
S	Soggiacenza	7.0-8.0 m	6	5	30
I	Infiltrazione efficace	205 mm/anno	8	5	40
N	Non saturo	sabbia e ghiaia	8	4	32
T	Tipologia della copertura	sottile, assente	10	5	50
A	Acquifero	ghiaia e sabbia	9	3	27
C	Conducibilità	5.02E-04 m/s	8	2	16
S	Superficie topografica	0-2%	10	2	20
Totale					215

Zona 3: aree oggetto di sopraelevazione e impermeabilizzazione (discariche)					
Sigla	Parametro	Valore	Punteggio	Peso	Totale
S	Soggiacenza	31.0-32.0 m	2	5	10
I	Infiltrazione efficace	<30 mm/anno	1	5	5
N	Non saturo	sabbia e ghiaia	8	4	32
T	Tipologia della copertura	argilloso	1	5	5
A	Acquifero	ghiaia e sabbia	9	3	27
C	Conducibilità	5.02E-04 m/s	8	2	16
S	Superficie topografica	0-2%	10	2	20
Totale					115

Per quanto riguarda il contesto in esame, per le aree interessate dalle attività di escavazione e di discarica, si è scelto di applicare la stringa di pesi moltiplicatori relativa ad "aree soggette

ad impatto rilevante”, che serve a modellare situazioni territoriali che favoriscono impatti importanti da fonti diffuse di inquinamento potenziale.

Per le aree agricole, invece, si è adottata la stringa di pesi proprio di “aree soggette ad impatto normale”.

Nel territorio oggetto di studio sono stati così identificati dei gradi vulnerabilità variabile da estremamente elevata a media. Le aree adibite a discarica ricadono in aree a vulnerabilità media per effetto dell’attenuazione/protezione del suolo generato dalle aree impermeabilizzate, nei confronti della vulnerabilità dell’acquifero. Le zone verdi/agricole ricadono generalmente in aree a vulnerabilità alta; laddove la morfologia originale del territorio è stata modificata dalle attività di escavazione e quindi lo spessore dell’insaturo è inferiore, il suolo è assente e i valori di soggiacenza sono più modesti, il grado di vulnerabilità idrogeologica dell’acquifero risulta temporaneamente molto elevato.

La zona dell’ex-cava ricadente nell’area in oggetto, pur ricadendo attualmente nel campo di vulnerabilità molto elevato, tuttavia, a ripristino ambientale ultimato, a fronte degli interventi di ritombamento della cavità e di impermeabilizzazione superficiale, a fine lavori ricadrà nel campo medio, analogamente alla discarica RSU.

L’elaborazione dei dati con il metodo SINTACS ha portato così all’elaborazione della “Carta della vulnerabilità idrogeologica” per l’area di interesse (vedasi Tav. 8.1).

9. CARATTERISTICHE QUALITATIVE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Come già accennato al par. 5.4, i piezometri dell'area in oggetto sono stati sottoposti a controlli analitici da parte del Committente nelle seguenti campagne di monitoraggio:

- Luglio 2017 (campagna eseguita in contraddittorio con ARPAV ed estesa a tutti i punti di monitoraggio della discarica RSU);
- Gennaio 2018 (campagna eseguita in contraddittorio con ARPAV ed estesa a tutti i punti di monitoraggio della discarica RSU);
- Aprile 2021;
- Ottobre 2023.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con le CSC di tab. 2, allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06, oltre che ai valori limite per acque destinate al consumo umano di cui alle tab. 2 e 3 del D.Lgs. 31/01 per quanto riguarda i parametri Ammoniaca e Nitrati.

I superi di entrambi i limiti normativi sono sintetizzati in Tab. 9.1, Tab. 9.2 e Tab. 9.3. I risultati analitici del laboratorio pubblico e privato sono pressoché coincidenti, pertanto, di seguito si farà riferimento ai valori del Laboratorio Privato.

I parametri che hanno superato almeno una volta i limiti di legge nei piezometri dell'area in esame sono: Ammoniaca, Arsenico, Ferro, Manganese, Nitrati, Nitriti, Triclorometano e 1,1-Dicloroetilene.

L'analisi dei dati disponibili consente di descrivere con completezza lo stato qualitativo delle acque sotterranee dell'area in esame ante realizzazione dell'opera in progetto.

Il fenomeno più generalizzato è rappresentato dalla contaminazione da Nitrati di chiara origine agricola, con valori medi dell'ordine di 60-65 mg/l e valori massimi di 100-200 mg/l nel periodo estivo (luglio 2017), vedasi Fig. 9.1.

Meno diffuso arealmente è il fenomeno di contaminazione riscontrato nei punti di monitoraggio posti lungo il confine con la discarica RSU ed in particolare in corrispondenza

del piezometro P.07. Tale fenomeno, è riconducibile a perdite di percolato della vecchia discarica RSU, come dimostrato dai superi di Ammoniaca (14,6÷55,6 mg/l nel P.07s e 12,2-19,3 mg/l nel P.07p, vedasi Fig. 9.2), seppur in attenuazione probabilmente per effetto dei lavori di impermeabilizzazione superficiale recentemente eseguiti (vedasi par. 4).

Il P.07 è inoltre caratterizzato dai superi di Arsenico, Ferro e Manganese, sia nel completamento superficiale, che in quello profondo, a conferma del fatto che l'estensione e la tenuta idraulica delle lenti limoso-argillose sono comunque limitate (Fig. 9.3, Fig. 9.4 e Fig. 9.5).

Seppur in concentrazioni inferiori alle CSC, è stata rilevata presenza di Ammoniaca anche nei piezometri P.05, P.06 e P.08, tutti posti lungo il confine con la discarica RSU.

Il fenomeno di contaminazione in atto è oggetto di studio da parte del DICAM, su incarico del Comune di Valeggio Sul Mincio, come già accennato al par. [4].

Tab. 9.1. Superamenti dei limiti normativi, evidenziati sia dal laboratorio pubblico (ARPAV), che da quello privato nel periodo 2017÷2023. Metalli.

Parametri	Laboratori o	METALLI											
		Arsenico µg/l)				Ferro µg/l)				Manganese (µg/l)			
Data		lug-17	gen-18	apr-21	ott-23	lug-17	gen-18	apr-21	ott-23	lug-17	gen-18	apr-21	ott-23
<i>CSC D.Lgs. 152/06</i>		<i>10</i>				<i>200</i>				<i>50</i>			
<i>Valori limite D.Lgs. 31/01</i>		<i>10</i>				<i>200</i>				<i>50</i>			
P 01	ARPAV	<2	<2	-	-	<50	<20			1	<1		
	Privato	<1	<1	-	<1	10	<10		10	<1	<1		<5
P 02	ARPAV	<2	<2	-	-	<50	<20			<1	<1		
	Privato	<1	<1	-	<1	<10	<10		<5	<1	<1		<5
P 03	ARPAV	<2	<2	-	-	<50	<20			2	<1		
	Privato	<1	<1	-	<1	<10	<10		<5	1	<1		<5
P 03 old	ARPAV	<2	<2	-	-	<50	<20			<1	<1		
	Privato	<1	<1	-	<1	10	<10		<5	<1	<1		<5
P 04	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			<1	<1		
	Privato	<1	<1		<1	<10	<10		<5	<1	1		<5
P 04 old	ARPAV	<2	<2			<50	<20			<1	<1		
	Privato	<1	<1		<1	10	10		<5	<1	<1		<5
P 05 (s)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20	-		32	3	-	
	Privato	<1	<1	<1	<1	10	15	15	9	36	4	20	<5
P 05 (p)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			22	<1		
	Privato	<1	<1	<1	<1	27	<10	<5	<5	24	5	<5	<5
P 06 (s)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			17	2		
	Privato	<1	<1	<1	<1	15	10	6	5	16	2	<5	<5
P 06 (p)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			13	<1		
	Privato	<1	<1	<1	<1	10	<10	<5	7	15	2	<5	<5
P 07 (s)	ARPAV	<u>23</u>	10	-		<u>3510</u>	<u>689</u>			<u>129</u>	<u>251</u>		
	Privato	<u>18</u>	9	8	8	<u>4100</u>	<u>1900</u>	<u>2239</u>	<u>3363</u>	<u>150</u>	<u>290</u>	<u>270</u>	<u>362</u>
P 07 (p)	ARPAV	<u>24</u>	<u>26</u>	-		<u>2930</u>	<u>3200</u>			<u>146</u>	<u>192</u>		
	Privato	<u>20</u>	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>48</u>	<u>3500</u>	<u>4300</u>	<u>5050</u>	<u>15541</u>	<u>160</u>	<u>220</u>	<u>250</u>	<u>211</u>
P 08 (s)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			15	3		
	Privato	<1	<1	<1	<1	15	<10	<5	<5	18	4	<5	<5
P 08 (p)	ARPAV	<2	<2	-		<50	<20			<u>109</u>	<u>113</u>		
	Privato	1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<u>116</u>	<u>130</u>	47	20
P 09	ARPAV	<2	<2			<50	<20			2	<1		
	Privato	<1	<1		<1	10	<10		<5	2	<1		<5
P 10 (s)	ARPAV	<2	<2			<50	<20			5	2		
	SGS	<1	<1		<1	<10	12		<5	5	2		<5
P 10 (p)	ARPAV	<2	<2			<50	<20			16	2		
	Privato	<1	<1		<1	<10	15		<5	14	2		<5

Tab. 9.2. Superamenti dei limiti normativi evidenziati sia dal laboratorio pubblico (ARPAV), che da quello privato nel periodo 2017÷2023. Altri parametri.

Parametri	Laboratorio	ALTRI PARAMETRI							
		Ammoniaca (mg/l)				Nitrati (mg/l)			
Data		lug-17	gen-18	apr-21	ott-23	lug-17	gen-18	apr-21	ott-23
<i>CSC D.Lgs. 152/06</i>		-				-			
<i>Valori limite D.Lgs. 31/01</i>		<u>0.5</u>				<u>50</u>			
P 01	ARPAV	<0.10	<0.10			21	14		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	19	27		34.6
P 02	ARPAV	0.1	0.1			<u>71</u>	40		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>66</u>	40		<u>70.2</u>
P 03	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>57</u>	35		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>56</u>	35		<u>77.1</u>
P 03 old	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>68</u>	<u>91</u>		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>64</u>	<u>93</u>		<u>136</u>
P 04	ARPAV	<0.10	<30			<u>61</u>	<u>66</u>		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>59</u>	<u>68</u>		<u>63.4</u>
P 04 old	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>108</u>	<u>104</u>		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>102</u>	<u>104</u>		<u>62.6</u>
P 05 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>209</u>	<u>168</u>		
	Privato	<u>0.55</u>	<0.04	<0.1	<0.1	<u>208</u>	<u>162</u>	<u>138</u>	<u>147</u>
P 05 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>52</u>	<u>85</u>		
	Privato	0.05	<0.04	<0.1	<0.1	50	<u>87</u>	<u>118</u>	<u>65</u>
P 06 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			35	19		
	Privato	<0.04	<0.04	<0.1	<0.1	34	19	14.5	<u>131</u>
P 06 (p)	ARPAV	0.19	0.13			26	33		
	Privato	0.08	<0.04	<0.1	0.4	25	33	41.6	35
P 07 (s)	ARPAV	<u>55.6</u>	<u>49</u>			<1.00	1		
	Privato	<u>46.1</u>	<u>39.8</u>	<u>22.9</u>	<u>14.6</u>	<1.0	<1.0	1.2	1.4
P 07 (p)	ARPAV	<u>18.9</u>	<u>19.3</u>			<1.00	<1.00		
	Privato	<u>15.2</u>	<u>16.8</u>	<u>12.9</u>	<u>12.2</u>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
P 08 (s)	ARPAV	0.23	0.13			13	24		
	Privato	<0.04	<0.04	0.3	<0.1	12	24	6.1	37.3
P 08 (p)	ARPAV	0.3	0.23			20	4		
	Privato	0.28	0.3	0.4	0.5	20	3.1	7.7	2.5
P 09	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>59</u>	<u>56</u>		
	Privato	0.07	<0.04		<0.1	<u>58</u>	<u>56</u>		<u>66.9</u>
P 10 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>121</u>	<u>87</u>		
	Privato	0.04	<0.04		<0.1	<u>111</u>	<u>89</u>		<u>57.8</u>
P 10 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<u>107</u>	<u>93</u>		
	Privato	<0.04	<0.04		<0.1	<u>103</u>	<u>92</u>		<u>87.2</u>

Tab. 9.3. Superamenti dei limiti normativi evidenziati sia dal laboratorio pubblico (ARPAV), che da quello privato nel periodo 2017÷2023. Composti organoalogenati.

Parametri	Laboratorio	COMPOSTI ORGANOALOGENATI							
		1,1-Dicloroetilene (µg/l)				1,2-Dicloropropano (µg/l)			
Data		lug-17	gen-18	apr-21	ott-23	lug-17	gen-18	apr-21	ott-23
<i>CSC D.Lgs. 152/06</i>		<i>0.05</i>				<i>0.15</i>			
<i>Valori limite D.Lgs. 31/01</i>		-				-			
P 01	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	0.18		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	0.2		<0.1
P 02	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	0.01		<0.1
P 03	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.1	0.01		<0.05	<0.01	0.01		<0.1
P 03 old	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.11	0.025		<0.05	<0.01	<0.01		<0.1
P 04	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	<0.01		<0.1
P 04 old	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.006	<0.005		<0.05	<0.01	0.02		<0.1
P 05 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	0.43		
	Privato	<0.005	<0.005	<0.05	<0.05	<0.01	0.26	<0.1	<0.1
P 05 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.025	0.013	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1
P 06 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.007	<0.005	<0.05	<0.05	0.01	0.02	<0.1	<0.1
P 06 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	0.011	<0.005	<0.05	<0.05	<0.01	0.04	<0.1	<0.1
P 07 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	0.06		
	Privato	<0.005	<0.005	<0.05	<0.05	0.01	0.03	<0.1	<0.1
P 07 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	0.2		
	Privato	<0.005	<0.005	<0.05	<0.05	<0.01	0.08	<0.1	<0.1
P 08 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005	<0.05	<0.05	<0.01	0.01	<0.1	<0.1
P 08 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	0.1		
	Privato	<0.005	<0.005	<0.05	<0.05	0.09	0.07	0.1	<0.1
P 09	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	0.01		<0.1
P 10 (s)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	0.01		<0.1
P 10 (p)	ARPAV	<0.10	<0.10			<0.05	<0.05		
	Privato	<0.005	<0.005		<0.05	<0.01	<0.01		<0.1

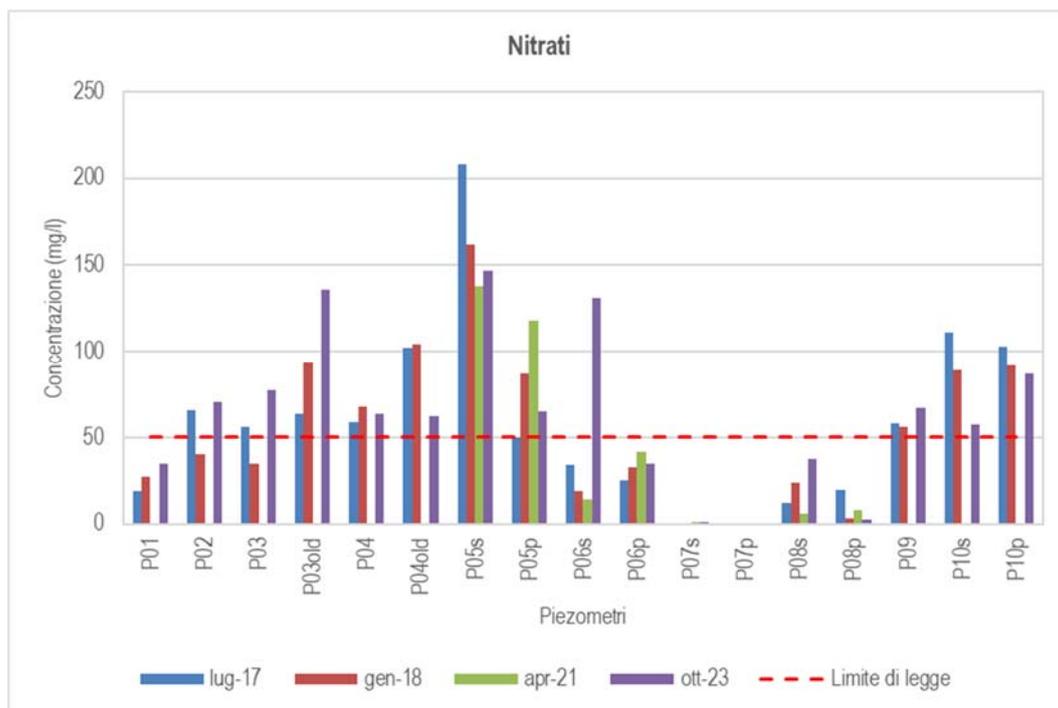


Fig. 9.1. Concentrazioni di Nitrati rilevate nel periodo 2017÷2023.

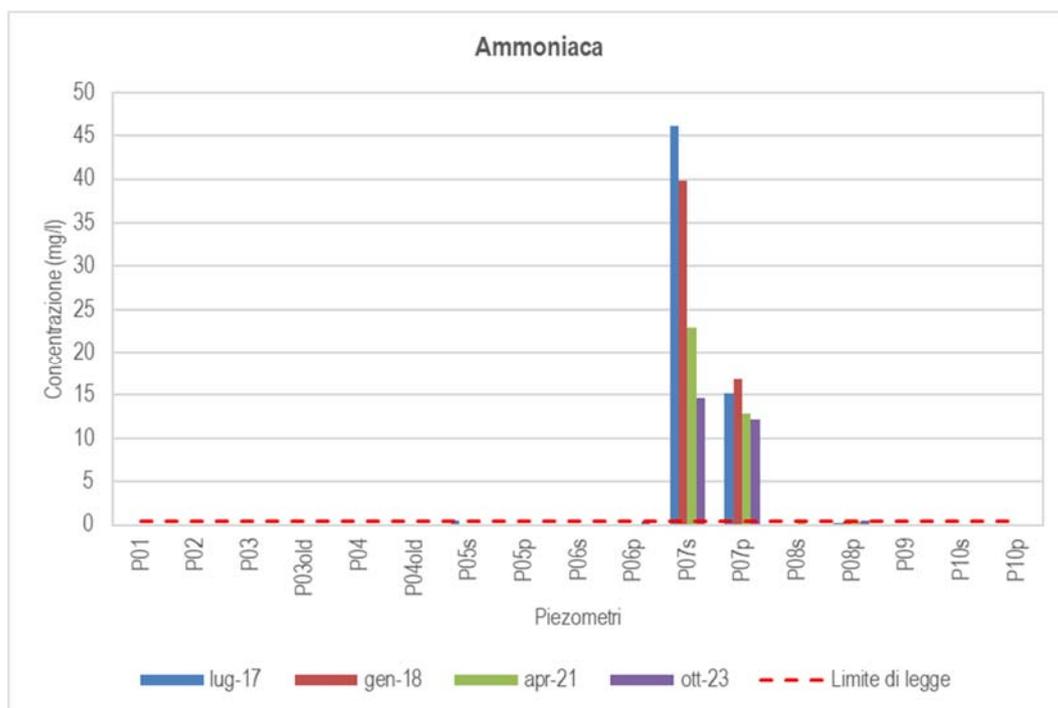


Fig. 9.2. Concentrazioni di Ammoniaca rilevate nel periodo 2017÷2023.

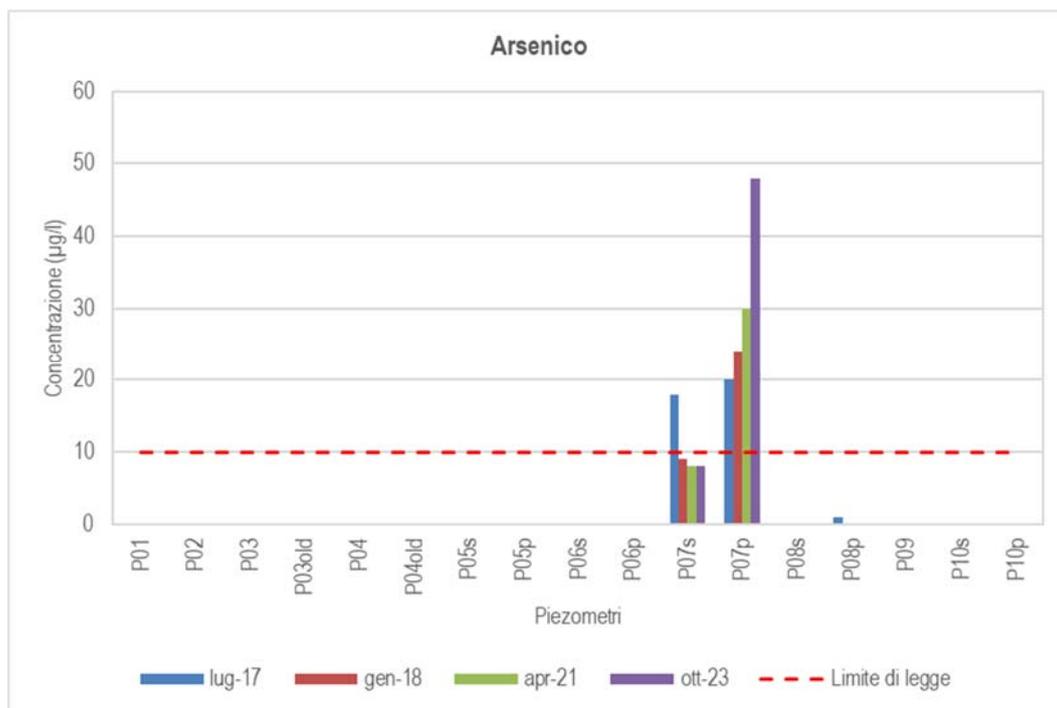


Fig. 9.3. Concentrazioni di Arsenico rilevate nel periodo 2017÷2023.

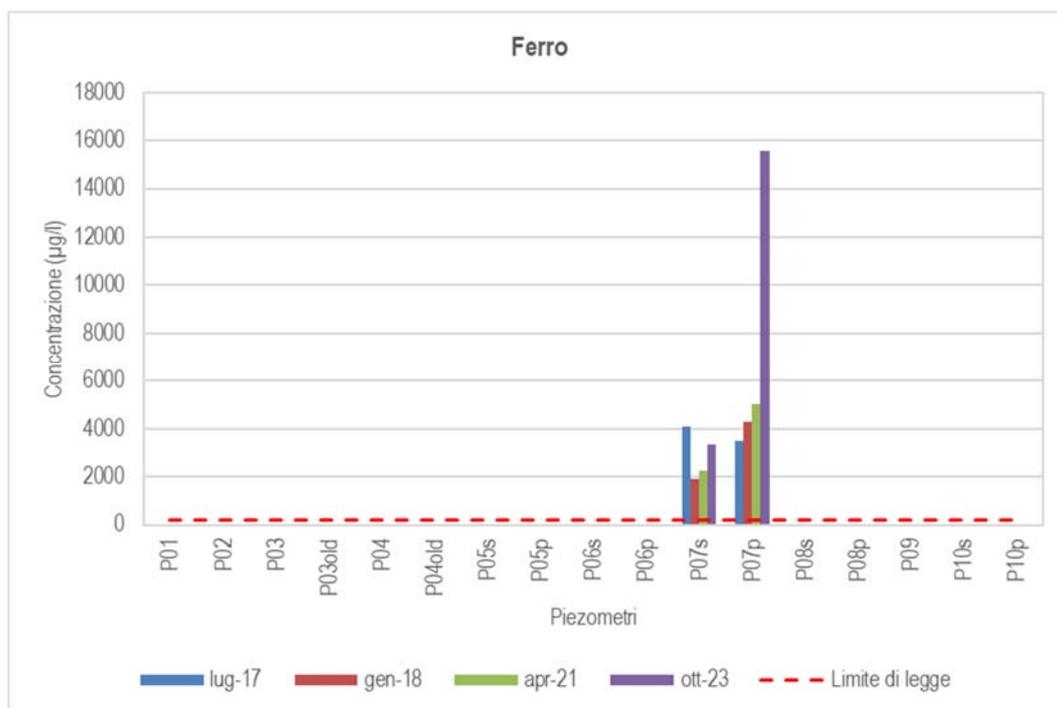


Fig. 9.4. Concentrazioni di Ferro rilevate nel periodo 2017÷2023.

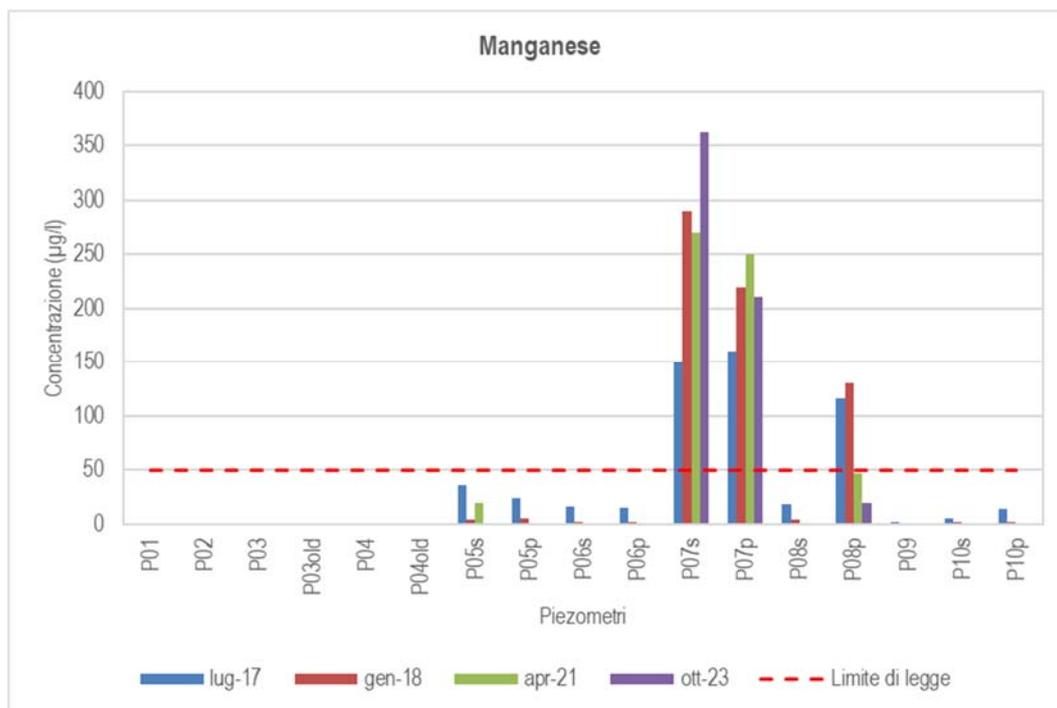


Fig. 9.5. Concentrazioni di Manganese rilevate nel periodo 2017÷2023.

Tracce occasionali di solventi clorurati (1,1-Dicloroetilene e l'1-2-Dicloropropano) sono stati riscontrati nelle campagne 2017 e 2018, comunque già accertati a monte dell'area di interesse (P03). Quindi, dalla distribuzione spaziale delle concentrazioni, la presenza di solventi clorurati non sembra riconducibile alla presenza della discarica RSU, ma bensì a un valore di fondo, proveniente da monte.

In occasione delle campagne 2017, 2018 e 2023 è stata eseguita anche la determinazione delle sostanze perfluoroalchiliche (d'ora in avanti PFAS), non ricomprese né nel D.Lgs. 152/06 né nel D.Lgs. 31/2001. Per tali sostanze si è fatto riferimento alla D.G.R. Veneto n. 1590 del 03/10/17 che, "fino a diverse nuove indicazioni da parte delle autorità nazionali e sovranazionali competenti" fissa i seguenti livelli di performance per l'acqua destinata al consumo umano: PFOA+PFOS 90 ng/l, PFOS 30 ng/l e Sommatoria altri PFAS 300 ng/l.

Premesso che nessun limite e nessun obiettivo viene superato nelle acque di falda, è interessante analizzare le concentrazioni della sommatoria di PFAS caratteristici dell'area in esame (vedasi Fig. 9.6), che raggiungono valori medi di 80 ng/l e massimi di 253 ng/l, che rappresentano il contributo proveniente da aree esterne.

Come riportato in Tab. 9.4, i PFAS rilevati in concentrazioni superiori ai limiti di rilevabilità sono: PFOA, PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA, PFHpA e PFHxS. Tra questi, le concentrazioni maggiori sono riconducibili al PFBA.

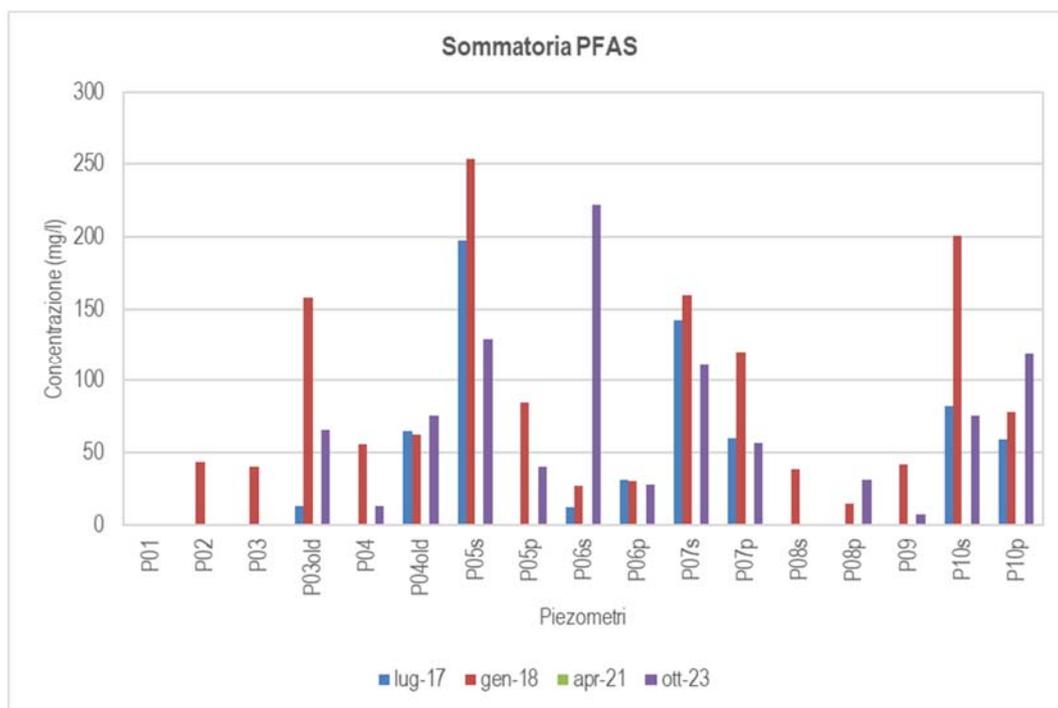


Fig. 9.6. Concentrazioni di PFAS rilevate nel periodo 2017÷2023.

Tab. 9.4. Valori di PFAS riscontrati nelle acque di falda in concentrazioni superiori ai limiti di rilevabilità (dati Laboratorio Privato).

Piezometro	Campagna	PFOA	PFBA	PFPeA	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFHxS
		ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
P.02	gen-18		43.2					
P.03	gen-18		40.1					
P.03 old	lug-17	13						
	gen-18	30.9	92		10.1	12.3	12.6	
	ott-23	12	15	9	10	12	8	
P.04	gen-18		56.2					
	ott-23				8	5		
P.04 old	lug-17	51					13.8	
	gen-18	36.4	25.9					
	ott-23	17	10	11	8	15	15	
P.05 (s)	lug-17	48	72.7	14.4	16.1	18	28.3	
	gen-18	81.9	92.9	12.7	16.1	17.6	32.3	
	ott-23	27	18	19	12	26	22	5
P.05 (p)	gen-18	30.9	19.5			10.6	15.2	
	ott-23	8	7	6	6	7	6	
P.06 (s)	lug-17		12.2					
	gen-18		26.9					
	ott-23	56	67	28	15	33	16	7
P.06 (p)	lug-17		30.7					
	gen-18		30.2					
	ott-23	9	8	5		6		
P.07 (s)	lug-17	14	113			15.3		
	gen-18		160					
	ott-23	8	28	36	8	23	8	
P.07 (p)	lug-17		59.8					
	gen-18		120					
	ott-23	8	19	6	7	7	5	5
P.08(s)	gen-18		38.5					
P.08(p)	gen-18		14.8					
	ott-23	8	17		6			
P.09	gen-18		41.5					
	ott-23		7					
P.10 (s)	lug-17	25		14.4	11.9	17.1	13.9	
	gen-18	34.8	143			10.4	12.8	
	ott-23	15	14	11	11	14	11	
P.10 (p)	lug-17	24			10.3	12.5	12.6	
	gen-18	34.1	16.8			12.4	14.6	
	ott-23	26	17	18	13	22	18	5
<i>Concentrazioni medie</i>	<i>2017-2023</i>	<i>26.9</i>	<i>44.8</i>	<i>14.7</i>	<i>105</i>	<i>14.8</i>	<i>14.7</i>	<i>5.5</i>
<i>Concentrazioni massime</i>	<i>2017-2023</i>	<i>81.9</i>	<i>160</i>	<i>36</i>	<i>16.1</i>	<i>33</i>	<i>32.3</i>	<i>7</i>

10. POZZI ACQUEDOTTISTICI NEL RAGGIO DI 5 KM

In Tav. 10.1 sono riportati i pozzi ad uso idropotabile presenti nell'intorno del sito in esame, la cui ubicazione è stata ricavata dalle *Carte dei vincoli e della Pianificazione Territoriale* dei Piani di Assetto del Territorio (PAT) dei comuni di Valeggio sul Mincio, Villafranca di Verona e Mozzecane e da database resi disponibili dalle Province di Verona e Mantova.

Considerando d'interesse per il presente studio i pozzi ricadenti in un'area di raggio 5 km dal perimetro del sito (anch'essa indicata in Tav. 10.1) sono stati così individuati i n. 14 pozzi idropotabili elencati in Tab. 10.1.

Tab. 10.1. Pozzi pubblici ad uso idropotabile presenti nell'intorno del sito.

Codice identificativo	Comune	Distanza dall'area di progetto (km)	Posizione idrogeologica
6035001	Valeggio Sul Mincio	4.65	MONTE-LATERALE
6035004	Valeggio Sul Mincio	3.83	MONTE
-	Valeggio Sul Mincio	3.65	MONTE
6035003	Valeggio Sul Mincio	1.77	LATERALE
6054007	Villafranca di Verona	1.51	VALLE
6054008	Villafranca di Verona	3.89	LATERALE
6054009	Villafranca di Verona	4.02	LATERALE
6054003	Villafranca di Verona	4.91	LATERALE
6054004	Villafranca di Verona	4.62	LATERALE
6028001	Mozzecane	4.61	VALLE
6028002	Mozzecane	4.84	VALLE
PO02005302	Roverbella	4.18	VALLE / LATERALE
PO02005306	Roverbella	4.18	VALLE / LATERALE
PO02005303	Roverbella	5.01	VALLE / LATERALE

Il pozzo più vicino all'area d'interesse, a valle rispetto alla direzione di deflusso della falda, è il pozzo id.6054007 del Comune di Villafranca di Verona, che si trova ad una distanza di 1.5 km circa; tutti gli altri si trovano invece ad una distanza superiore.

Non vi sono pozzi ad uso idropotabile entro una distanza di 200 m dalla discarica.

11. INTERVENTI SULLA RETE DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Come specificato nei precedenti paragrafi, per allestire la rete di monitoraggio definitiva del nuovo impianto in progetto, si renderà necessario procedere con le attività di seguito illustrate.

11.1 Cementazione piezometri esistenti interferenti con l'impianto

Per la chiusura mineraria dei piezometri esistenti, interferenti con i bacini di scarica e con le aree di piazzale, si provvederà al completo riempimento delle tubazioni con una miscela impermeabile.

Di seguito, in Tab. 11.1 si riportano le ubicazioni e le principali caratteristiche delle opere di cementazione da realizzare.

La chiusura mineraria dei piezometri di monitoraggio andrà eseguita adottando i criteri di seguito illustrati:

1. riempire l'interno piezometro con boiaccia cementizia e bentonite fino alla quota indicata in Tab. 11.1, che per i piezometri interferenti con il bacino di scarica corrisponde alla profondità di massimo scavo prevista dal progetto. Eseguire la cementazione a spinta dal basso a risalire, mediante idonea tubazione calata sul fondo e ritirata man mano da fondo foro a risalire. Non è ammessa la cementazione per gravità. Utilizzare boiaccia pura di cemento, con bentonite al 4% in peso rispetto al cemento, di densità 1.7-1.8 t/m³;
2. verificare che il volume dei vari materiali impiegati corrisponda almeno al volume del piezometro fino alla quota di riempimento, indicata in Tab. 11.1;
3. per i piezometri interferenti con il bacino di abbancamento dei rifiuti, in fase di scavo si dovrà provvedere al progressivo taglio delle tubazioni originarie dei piezometri,

che verranno progressivamente messe a giorno dalla rimozione del terreno circostante.

Tab. 11.1. Caratteristiche di completamento dei piezometri da cementare e volumi minimi di boiacca da iniettare.

Nome	Profondità (m da p.c.)	Ø colonna di rivestimento (mm)	Materiale colonna di rivestimento (-)	Quota da raggiungere con la cementazione		Volume min. cementazione (m ³)
				(m da t.p.)	(m s.l.m.)	
P03old	31.1	127.0	PVC	13.1	57.3	0.23
P04old	29.7	127.0	PVC	12.8	57.3	0.21
P05(s)	24.5	101.6	PVC	13.2	57.3	0.09
P05(p)	35.0	101.6	PVC	13.3	57.3	0.18
P10(s)	24.3	101.6	PVC	0.0	69.0	0.20
P10(p)	35.0	101.6	PVC	0.0	69.0	0.28

11.2 Realizzazione nuovi piezometri di monitoraggio delle acque sotterranee

Nel corso dei lavori di allestimento del nuovo impianto saranno realizzati **n. 3 nuovi piezometri (P11, P12 e P13)**, la cui ubicazione è stata valutata sulla base delle piezometrie sperimentali disponibili e commentate al par. 7.2

L'ubicazione dei nuovi punti di monitoraggio in progetto è riportata in Tav. 7.14.

I piezometri di monitoraggio dovranno raggiungere la profondità di 35.0 m da p.c..

Le perforazioni dei sondaggi andranno eseguite a carotaggio continuo (carotiere Ø 101), utilizzando la tecnica a rotazione con avanzamento a secco e l'impiego di tubazioni di rivestimento Ø 178 mm. I piezometri saranno completati con tubazioni di diametro 4" in PVC atossico, con luci filtro di 0,5 mm e fondello cieco impermeabile.

Il completamento dei piezometri sarà definito in corso d'opera in funzione della stratigrafia dei terreni attraversati e secondo i criteri utilizzati per la rete di monitoraggio esistente di recente realizzazione (P05÷P10), in particolare:

- in corrispondenza dei tratti filtranti si dovrà provvedere alla formazione del dreno, mediante la posa di ghiaietto opportunamente calibrato. Qualora possibile, il ghiaietto sarà posato fino a + 0.5 m al di sopra del tratto finestrato in modo da impedire intasamenti da parte della soprastante bentonite;
- in corrispondenza dei tratti ciechi dovrà essere realizzato un tampone impermeabile mediante la posa per gravità di bentonite sodica granulare.

Le caratteristiche di massima di perforazione e completamento dei nuovi piezometri, che comunque dovranno essere confermate in fase operativa dalla Direzione Lavori, in funzione della stratigrafia dei terreni attraversati, sono sintetizzate in Tab. 11.2.

Tab. 11.2. Caratteristiche di massima dei piezometri in progetto.

Nome	PERFORAZIONE			COMPLETAMENTO		
	Metodo di perforazione	Diametro rivestimento (mm)	Profondità (m)	Tratti finestrati (m da p.c.)	Ø Tubazione (pollici)	Profondità (m)
P11	Carotaggio continuo Ø 101	178	35	17.0-35.0	Ø 4" PVC	35
P12	Carotaggio continuo Ø 101	178	35	17.0-35.0	Ø 4" PVC	35
P13	Carotaggio continuo Ø 101	178	35	17.0-35.0	Ø 4" PVC	35
Profondità massima complessiva di perforazione prevista a carotaggio continuo: 105 m						

Le teste pozzo dovranno essere chiuse con tappo a vite o ad espansione ed idoneamente protette mediante pozzetto prefabbricato in calcestruzzo con chiusino carrabile in ghisa, o con funghetto in PVC fuori terra.

Terminate le operazioni di completamento si procederà allo sviluppo dei piezometri mediante idonea pompa, fino a chiarificazione delle acque e comunque per un volume di spurgo non inferiore a 5 volte il volume saturo del piezometro.

Torino, 15 novembre 2023