

# AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI - COROGLIO (NA)

**D.P.C.M. 15.10.2015**

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio

## Infrastrutture, reti idriche, trasportistiche ed energetiche dell'area del Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli - Coroglio



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO  
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA  
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE  
BAGNOLI - COROGLIO



### STAZIONE APPALTANTE

**INVITALIA S.p.a.:** Soggetto Attuatore, in ottemperanza all'art. 33 del D.L. n. 133/2014, convertito con legge n. 164/2014, e del D.P.C.M. 15 ottobre 2015, ai fini della predisposizione ed esecuzione del Programma di Risanamento Ambientale e la Rigenerazione Urbana per il Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:** Ing. Daniele BENOTTI

#### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**PROGETTAZIONE GEOTECNICA, STRUTTURALE e STRADALE**  
Ing. Letterio SONNESSA

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

#### GRUPPO DI LAVORO INTERNO

Collaboratori:  
Geom. Gennaro DI MARTINO  
Geom. Alessandro FABBRI  
Ing. Davide GRESIA  
Ing. Nunzio LAURO  
Ing. Alessio MAFFEI  
Ing. Angelo TERRACCIANO  
Ing. Massimiliano ZAGNI

Supporto operativo:  
Ing. Irene CIANCI  
Arch. Alessio FINIZIO  
Ing. Carmen FIORE  
Ing. Federica Jasmeen GIURA  
Ing. Leonardo GUALCO

**PROGETTAZIONE IDRAULICA**  
Ing. Claudio DONNALOIA

**PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA**  
Ing. Michele PIZZA

**PROGETTAZIONE ENERGETICA e TELECOMUNICAZIONI**  
Ing. Claudio DONNALOIA

**COMPUTI E STIME**  
Geom. Gennaro DI MARTINO

**SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO**  
Prof. Ing. Alessandro PAOLETTI  
Ing. Domenico CERAUDO  
Ing. Cristina PASSONI

#### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

##### MANDATARIA



**VIA INGEGNERIA Srl**  
Via Flaminia, 999  
00189 Roma (RM)

**COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE**  
Ing. Matteo DI GIROLAMO

**PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI**  
Ing. Giovanni PIAZZA

**COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**  
ai sensi D. Lgs. 81/08  
Ing. Massimo FONTANA

##### MANDANTI



**QUANTICA INGEGNERIA Srl**  
Piazza Bovio, 22  
80133 Napoli (NA)

**PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI SPECIALI**  
Ing. Francesco NICCHIARELLI

**PROGETTAZIONE OPERE IMPIANTISTICHE ELETTRICHE**  
Ing. Paolo VIPARELLI

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
Geol. Maurizio LANZINI

**RELAZIONE ARCHEOLOGICA**  
Arch. Luca DI BIANCO



**WEE WATER ENVIRONMENT ENERGY Srl**  
Piazza Bovio, 22  
80133 Napoli (NA)

**PROGETTAZIONE OPERE DI VIABILITA' ORDINARIA**  
Ing. Giuseppe RUBINO

**RELAZIONE ACUSTICA**  
Ing. Tiziano BARUZZO



**AMBIENTE SPA**  
Via Frassina, 21  
54033 Carrara (MS)

**PROGETTAZIONE ARENA SANT'ANTONIO-HUB DI COROGLIO**  
Ing. Giuseppe VACCA

**PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE A RETE**  
Ing. Giulio VIPARELLI

**GIOVANE PROFESSIONISTA**  
Ing. Veronica NASUTI  
Ing. Andrea ESPOSITO  
Ing. Raffaele VASSALLO  
Ing. Serena ONERO  
Ing. Francesco CAPACCIONE



**HYSOMAR SOCIETA' COOPERATIVA**  
Corso Umberto I, 154  
80138 Napoli (NA)

**PROGETTAZIONE OPERE A MARE E IMPIANTO TAF 3**  
Ing. Roberto CHIEFFI

**DESEGNATORI**  
Geom. Salvatore DONATIello  
Geom. Paolo COSIMELLI  
Ugo NAPPI  
Daniele CERULLO



**ALPHATECH**  
Via S. Maria delle Libertà, 13  
80127 Napoli (NA)

**COMPUTI E STIME**  
Per. Ind. Giuseppe CORATELLA  
Geom. Luigi MARTINELLI



**ING. GIUSEPPE RUBINO**  
Via Riviera di Chiaia, 53  
80121 Napoli (NA)



Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica  
Opere civili:  
Arch. Giulia LEONI

## PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato		MODELLO IDROGEOLOGICO		DATA	NOME	FIRMA
Modello numerico di flusso dell'acquifero al di sotto del SIN di Bagnoli-Coroglio		REDATTO	GIUGNO 2023	E.M.		
		VERIFICATO	GIUGNO 2023	F.P.		
		APPROVATO	GIUGNO 2023	M.D.G.		
		DATA	GIUGNO 2023	CODICE ELABORAZIONE		
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI		SCALA	2021INV-D-0-RT.01.03.01.01	
0	MARZO 2023	Emissione		-		
				CODICE FILE		
				2021INV-D-0-RT.01.03.01.01.doc		

## Sommario

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.</b>	<b>PROVE DI EMUNGIMENTO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.</b>	<b>TARGET DI CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI FLUSSO.....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>MODELLO NUMERICO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1.</b>	<b>METODOLOGIA GENERALE .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.</b>	<b>SCELTA DEL CODICE DI CALCOLO PER IL MODELLO DI FLUSSO.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.</b>	<b>DOMINIO DI CALCOLO MODELLO DI FLUSSO.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.</b>	<b>CONDIZIONI AL CONTORNO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.5.</b>	<b>CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE IN REGIME STAZIONARIO DEL MODELLO DI FLUSSO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.6.</b>	<b>BILANCIO DI MASSA MODELLO DI FLUSSO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.7.</b>	<b>ANALISI DI SENSITIVITA' MODELLO DI FLUSSO .....</b>	<b>33</b>
<b>5.</b>	<b>SIMULAZIONI .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.</b>	<b>SIMULAZIONE 1 .....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.</b>	<b>SIMULAZIONE 2 .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.</b>	<b>SIMULAZIONE 3 .....</b>	<b>40</b>
<b>5.4.</b>	<b>SIMULAZIONE 4 .....</b>	<b>45</b>
<b>5.5.</b>	<b>SIMULAZIONE 5 .....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>BREVE AGGIORNAMENTO DELLO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....</b>	<b>51</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI.....</b>	<b>64</b>

## ALLEGATI

**ALLEGATO 1: SINTESI RISULTATI ANALITICI CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE (PIEZOMETRI SUPERFICIALI)**

**ALLEGATO 2: SINTESI RISULTATI ANALITICI CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE (PIEZOMETRI PROFONDI)**

## 1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

Nell'ambito delle attività di implementazione della Messa In Sicurezza Permanente attraverso barrieramento idraulico presente nel SIN di Bagnoli-Coroglio (nel seguito SIN), è stata richiesto l'aggiornamento del modello idrogeologico concettuale e, conseguentemente, di quello numerico per modellizzare il flusso della falda ed il trasporto advettivo.

Il modello di flusso in questione è stato sviluppato in 3D utilizzando il software di modellistica Vistas© ver. 8.

Nei capitoli seguenti la descrizione delle attività svolte ed i risultati delle simulazioni modellistiche, nonché un breve aggiornamento dello stato qualitative delle acque sotterranee.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### 2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area del SIN rientra, dal punto di vista geologico, nella più ampia ed estesa "Depressione di Bagnoli-Fuorigrotta"; tale depressione, collocata tra il campo policroterico di Agnano e la dorsale di Posillipo, costituisce parte integrante del margine sud-orientale dell'area pluricraterica dei Campi Flegrei (Russo, Calderoni, & Lombardo, 1998).

Le caratteristiche geomorfologiche derivano sia dalle vicende vulcaniche, che vulcano-tettoniche connesse alle manifestazioni eruttive flegree degli ultimi 12.000 anni, che hanno interessato l'area in esame.

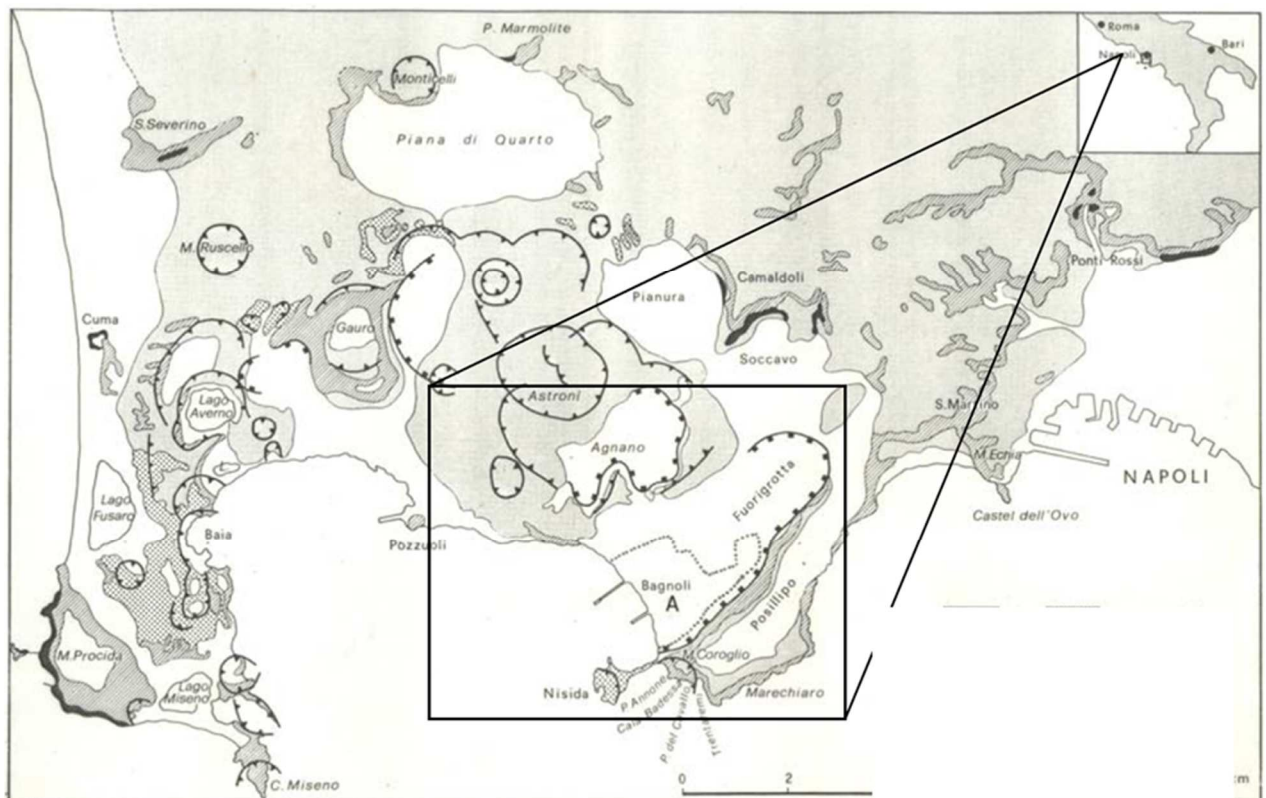
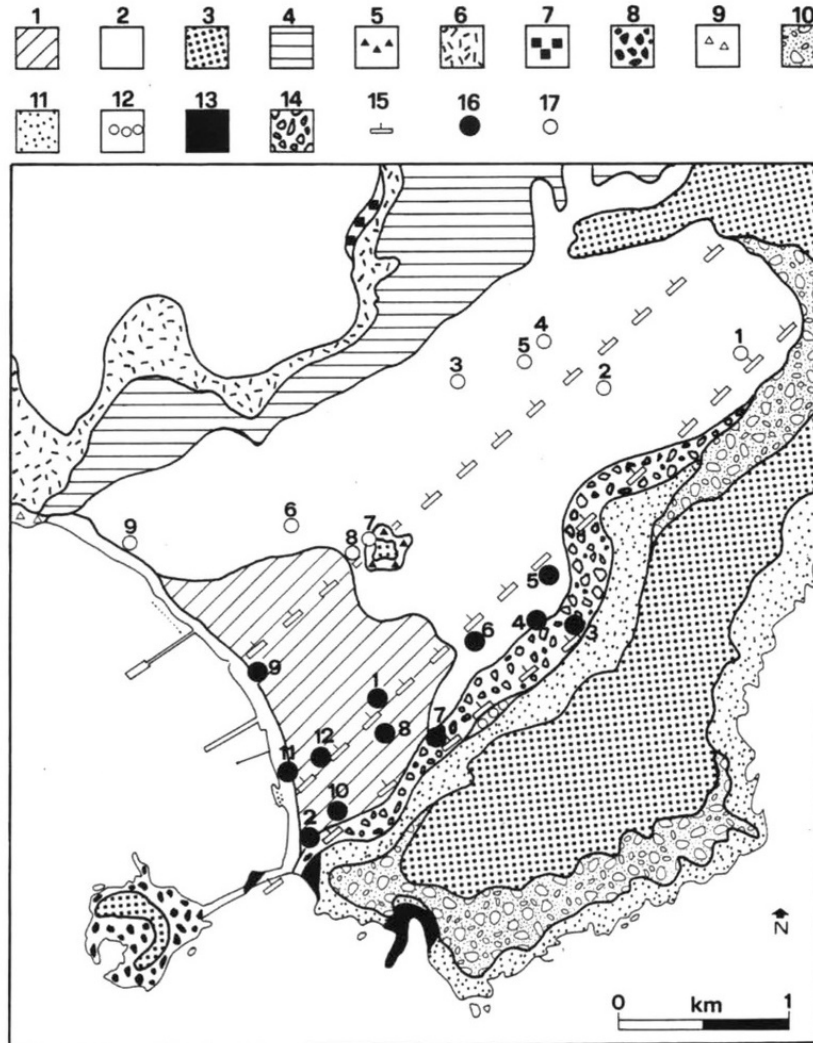


Figura 2-1 - Depressione di Bagnoli-Fuorigrotta (da Russo et alii, 1998, semplificata).

Dal punto di vista stratigrafico, la depressione, formatasi a seguito dello sprofondamento vulcano-tettonico del Tufo Giallo Napoletano Aut., risulta oggi costituita da un'alternanza disordinata di sedimenti vulcanoclastici, alluvionali e detritici, frammisti a prodotti piroclastici, sedimenti limno-palustri, torbosi e di paleosuolo, nonché a depositi di origine marina; il tutto poggiante, localmente, su un substrato tufaceo (Tufo Giallo Napoletano Aut.). Inoltre, nel settore centrale della depressione si rinvengono, sia in affioramento, sia

nell'ambito dell'anzidetta successione, depositi antropici di riempimento e di colmata derivanti dall'attività industriale. Il substrato su cui poggia il riempimento della depressione è costituito dalla formazione del Tufo Giallo Napoletano Auctt. che, dalla dorsale di Posillipo dove affiora estesamente, si riscontra nel sottosuolo a profondità crescenti via via crescenti procedendo verso il campo di Agnano.



Legenda: 1) Sedimenti limno-palustri e vulcaniti di epoca post-romana; 2) vulcaniti e vulcanoclastiti (3.5 ka b.p.- epoca moderna); 3) vulcaniti e vulcanoclastiti costituenti la "Pila napoletana" (11.0-3.5 ka b.p.); 4) piroclastiti da flusso cineritiche e livelli pomicei del vulcano di Astroni (4.0-3.5 ka b.p.); 5) cono scoriaceo di S. Teresa (5.5-3.5 ka b.p.); 6) piroclastiti da flusso cineritico- lapilliche e breccie di esplosione dell'Unità di Monte Spina (età media 4.4 ka b.p.) 7) piroclastiti da flusso cineritiche e livelli pomicei dell'Unità di Celle-Monte S. Angelo (5.5-5.0 ka b.p.); 8) tufi gialli stratificati del vulcano di Nisida (10 ka b.p. ?); 9) tufi gialli stratificati del vulcano di La Pietra (10 ka b.p. ?); 10) vulcaniti pozzolanacee del Tufo Giallo Napoletano Auct. (12 ka b. p.); 11) Tufo Giallo Napoletano Auct. (12 ka b. p.); 12) breccia scoriacea (pre-12 ka b.p.); 13) tufi gialli stratificati del vulcano di Coroglio-Trentaremi (pre-12 ka b.p.); 14) detrito vulcanoclastico subattuale e di epoca storica; 15) principali lineamenti vulcano-tettonici responsabili del collasso calderico: i trattini indicano la parte sprofondata; 16) ubicazione dei carotaggi (C) effettuati nella Piana di Coroglio; 17) ubicazione dei carotaggi (BF) effettuati sul Terrazzo di Bagnoli-Fuorigrotta

Figura 2-2 - Carta geologica schematica della "Depressione di Bagnoli-Fuorigrotta" (da Russo et alii, 1998, modificata).

## 2.2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico e stratigrafico precedentemente descritto si traduce, dal punto di vista idrogeologico, nella presenza di un acquifero poroso, di natura prevalentemente detritico-piroclastica, delimitato alla base dal substrato tufaceo e/o localmente da depositi marini pressoché impermeabili.

La successione idrostratigrafica è caratterizzata da orizzonti, a diverso grado di permeabilità, caratterizzati da forme lenticolari e discontinue, se di origine vulcanica o continentale, o da geometrie più regolari e continue, se di origine marina.

Tale acquifero è sede di una circolazione idrica sotterranea che, a grande scala, può assumere carattere di unicità. Il flusso, tipico dei mezzi continui, risulta particolarmente influenzato dalla eterogeneità e dalla anisotropia dei litotipi costituenti l'acquifero. Ciò comporta che, localmente, le acque sotterranee tendono ad interdigitarsi in più livelli idrici tra loro interconnessi, mediante flussi di drenanza e/o soluzioni di continuità negli orizzonti meno permeabili (Celico, 2006).

### 3. MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE

Nella costruzione del modello matematico si è fatto riferimento al modello idrogeologico concettuale descritto nelle precedenti relazioni e modelli numerici a cura del DICEA – Università degli Studi di Napoli Federico e sulla base della carta idrogeologica della provincia di Napoli.

Il sistema studiato è costituito da un acquifero monofalda con un substrato impermeabile costituito dalla formazione del Tufo Giallo presente nel SIN ad oltre 200 mpc.

A livello stratigrafico l'acquifero è costituito da una alternanza di materiali sabbiosi-limosi-ghiaiosi con conducibilità idraulica mediamente pari a  $10E-5$  m/s ma con un forte range di variabilità, compreso tra  $10E-4$  e  $10E-6$  m/s.

Come riportato nella carta idrogeologica della Provincia di Napoli, la falda è alimentata da monte secondo una direzione principale di deflusso NO-SE (freccia celeste), mentre è presente uno spartiacque lungo il confine orientale e meridionale (linea rossa tratteggiata); globalmente la falda è diretta verso mare che rappresenta la quota di base a livello idraulico.

Nell'area del SIN il gradiente idraulico è molto basso, pari allo 0.1%.

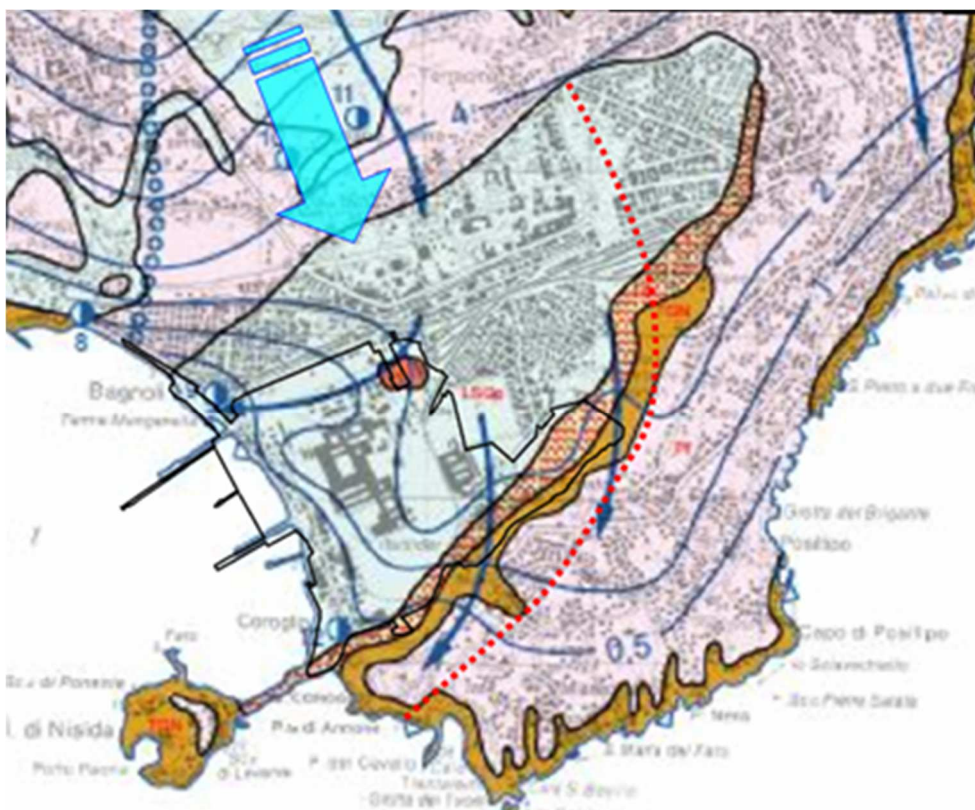


Figura 3-1 - Stralcio della carta idrogeologica della Provincia di Napoli.



### 3.1. PROVE DI EMUNGIMENTO

In corrispondenza dei piezometri di nuova costruzione (PZ29→33) sono state condotte delle prove di emungimento a gradini e portata costante.

Durante le prove a portata costante, svolte alle massime portate ottenibili (considerando il diametro massimo della pompa inseribile all'interno dei piezometri), non è stata misurata nessuna variazione dei carichi idraulici all'interno dei piezometri di monitoraggio, pertanto per il calcolo della conducibilità idraulica sono state utilizzati gli abbassamenti specifici misurati durante le prove a gradini, interpretati secondo la nota soluzione analitica di Batu <sup>1</sup>.

ID	UTM Est	UTM Nord	Fondo foro	Diametro	Tratto cieco (m da b.p.)	Tratto fessurato (m da b.p.)	BP (m slm)
PZ29	430905	4517297	30	4"	0 - 1.5	1.5 - 30	5.3
PZ30	431095	4517448	30	4"	0 - 1.5	1.5 - 30	5.97
PZ31	431401	4517833	30	4"	0 - 1.5	1.5 - 30	9.05
PZ32	429964	4518265	17	4"	0 - 1.5	1.5 - 17	1.7
PZ33	430306	4517756	17	4"	0 - 1.5	1.5 - 17	3.65

Tabella 3-1: Dati di completamento e cartografici dei nuovi piezometri.

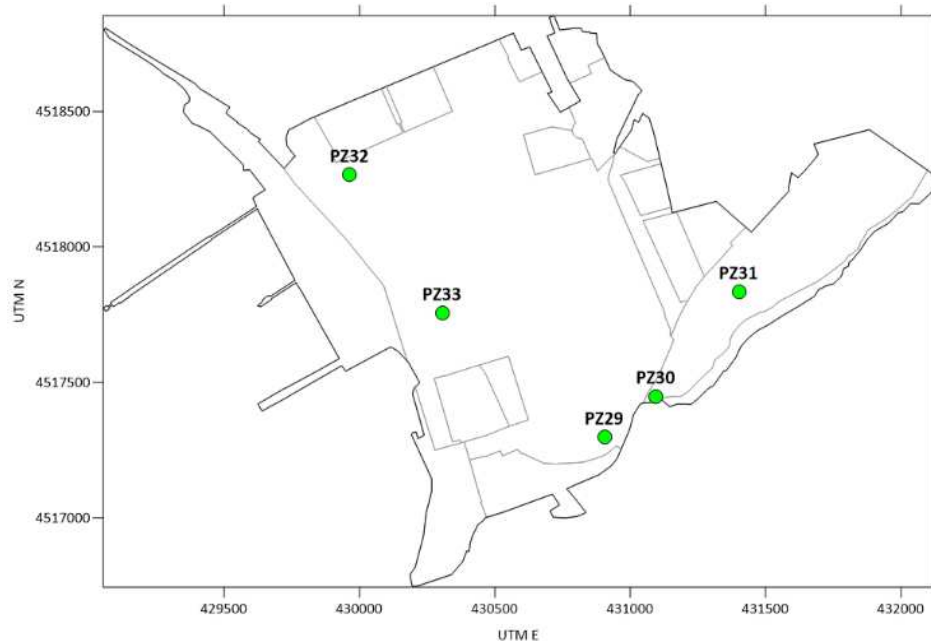


Figura 3-2 – Ubicazione dei nuovi piezometri

<sup>1</sup> Batu, V., 1998. Aquifer Hydraulics: A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis, John Wiley & Sons, New York, 727p.

PZ29				
Profondità (m)	30			
	mc/h	$\Delta S$	S/Q	T (m <sup>2</sup> /s)
Q1	0.3678	0.08	0.22	1.33E-03
Q2	0.5502	0.18	0.33	8.85E-04
Q3	1.767	0.55	0.31	9.30E-04
media				1.05E-03
spessore saturo	25.00			
k (m/s)	4.19E-05			
PZ30				
profondità (m)	30			
	mc/h	$\Delta S$	S/Q	T (m <sup>2</sup> /s)
Q1	1.11	0.57	0.51	5.64E-04
Q2	1.908	0.98	0.51	5.64E-04
Q3	2.742	1.30	0.47	6.11E-04
media				5.79E-04
spessore saturo	25.00			
k (m/s)	2.32E-05			
PZ32				
profondità (m)	17			
	mc/h	$\Delta S$	S/Q	T (m <sup>2</sup> /s)
Q1	0.972	0.01	0.01	2.81E-02
Q2	1.92	0.19	0.10	2.92E-03
Q3	2.694	0.27	0.10	2.89E-03
media				1.13E-02
spessore saturo	15.00			
k (m/s)	7.54E-04			
PZ33				
profondità (m)	17			
	mc/h	$\Delta S$	S/Q	T (m <sup>2</sup> /s)
Q1	0.30	0.3	0.99	2.93E-04
Q2	0.60	0.63	1.04	2.77E-04
Q3	1.80	2.98	1.66	1.75E-04
media				2.48E-04
spessore saturo	13.00			
k (m/s)	1.91E-05			

Tabella 3-2: Dati prove a gradini e relativa interpretazione per il calcolo della conducibilità idraulica.

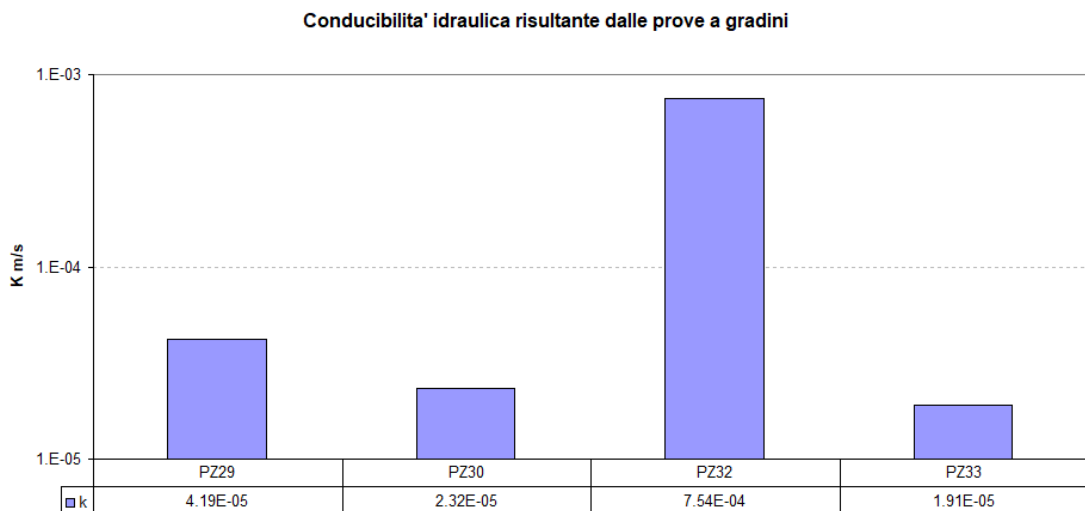


Grafico 3-1: Sintesi dei valori di conducibilità idraulica calcolati dalle prove a gradini di portata.

I valori della conducibilità idraulica calcolati sono coerenti con la tipologia del mezzo (sabbie, limi e ghiaie) e con i valori determinati nelle precedenti campagne di indagine.

### 3.2. TARGET DI CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI FLUSSO

Per la calibrazione del modello di flusso si è fatto riferimento ai valori dei carichi idraulici della campagna di monitoraggio di novembre 2022 in quanto le letture dei carichi idraulici sono state svolte in poche ore, minimizzando quindi gli effetti indotti dall'oscillazione mareale.

Nello stesso giorno dello svolgimento del rilievo freaticometrico, sono state svolte le letture delle portate dei pozzi di emungimento.

La superficie piezometrica è stata elaborata attraverso un approccio geostatistico avvalendosi del kriging come metodo di interpolazione.

Nell'elaborazione della superficie si è proceduto secondo il seguente schema logico-procedurale:

1. scelta del dominio e della dimensione delle celle di interpolazione;
2. calcolo del variogramma sperimentale e scelta del modello geostatistico di interpolazione;
3. interpolazione della freaticometria mediante *kriging* ordinario;
4. calcolo della *cross-validation*.

L'andamento della falda, rappresentato nella figura seguente, presenta una conformazione derivante sia dall'azione dei pompaggi ma anche dalla presenza dei diaframmi fisici-trincee e dalla alternanza di livelli a differente permeabilità e ricarica zenitale

Sostanzialmente si riconosce un deflusso da monte orientato circa NE-SW ed una estesa area di richiamo dei pozzi barriera.

ID	UTM E	UTM N	Quota bp mslm	Ls mslm	Is mslm
LAM7P	430673	4517700	4.11	3.51	0.60
LAM7R	430675	4517702	4.22	3.6	0.62
VARN1	430911	4518307	12.26	11	1.26
VARN13S	431005	4517373	5.26	4.23	1.03
PZ11	430509	4518746	5.64	4.39	1.25
PZ12	430560	4518545	7.52	6.43	1.09
PZ13	430321	4518424	6.25	5.49	0.76
PZ14	430006	4518296	1.12	0.6	0.52
PZ15	430694	4518273	6.89	5.95	0.94
PZ17	430124	4518014	4.15	4.19	0.00
PZ19	430612	4517842	5.54	4.72	0.82
PZ21	431011	4517616	5.47	4.32	1.15
PZ22	430753	4517511	5.03	4.47	0.56
PZ29	430905	4517297	5.30	4.7	0.60
PZ32	429964	4518265	1.70	1.18	0.52
PZ33	430306	4517756	3.65	3.66	0.00
LAMR20P	430570	4517492	4.80	4.52	0.28

Tabella 3-3: Rilievo freaticometrico del 07/11/2022.

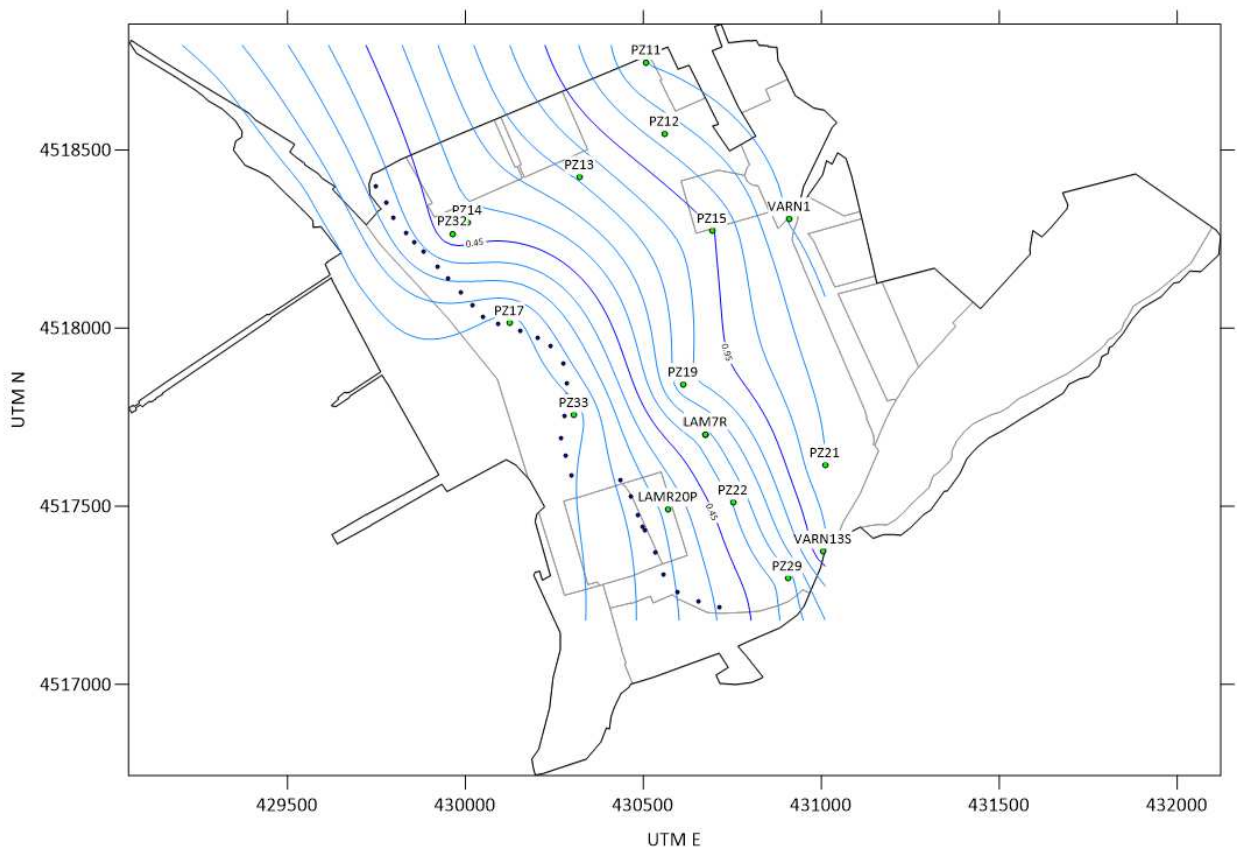


Figura 3-3 – Piezometria 7/11/2022 (quota absolute in mslm).

#### 4. MODELLO NUMERICO

Sulla base del modello idrogeologico concettuale descritto nei capitoli precedenti è stato implementato un modello numerico di flusso alle differenze finite in regime stazionario per la calibrazione del flusso saturo.

Nei capitoli seguenti sono descritte le attività di elaborazione svolte ed i relativi risultati.

##### 4.1. METODOLOGIA GENERALE

Il diagramma di flusso che sintetizza le diverse fasi seguite durante lo studio della modellazione numerica è riportato nella figura seguente.

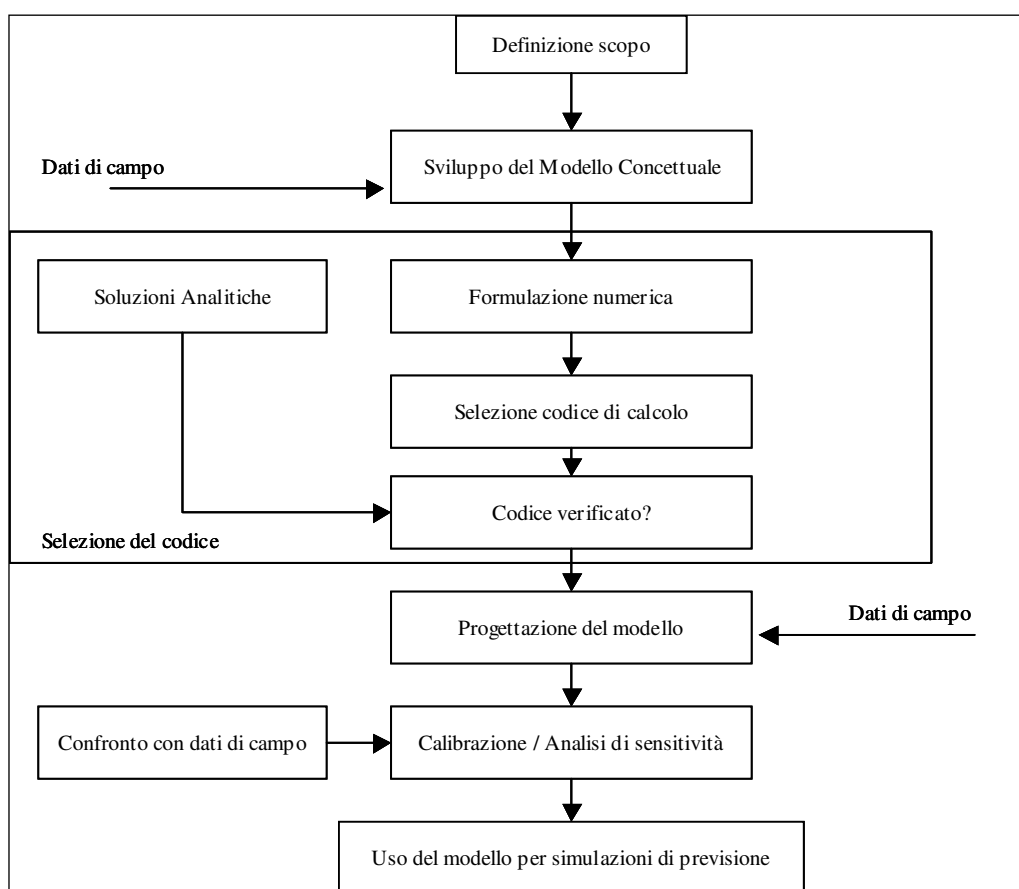


Grafico 4-1: Diagramma di flusso per l'applicazione di modelli numerici (tratto da "Applied Groundwater Modeling" di Anderson e Woessner, 1992).

Il diagramma di flusso è basato sullo schema logico illustrato nel libro "Applied Groundwater Modeling – Simulation of flow and advective transport" (M. P. Anderson e W. W. Woessner, 1992), di riferimento internazionale per le applicazioni modellistiche applicate alla simulazione del comportamento delle falde acquifere, e comprende 5 fasi (step) principali di sviluppo, come descritto nel seguito:

Il **primo step** consiste nella definizione degli obiettivi della modellazione numerica.

Il **secondo step** consiste nella selezione del codice di calcolo più adatto a modellizzare le condizioni specifiche del sito e dei processi che si intendono quantificare.

Il **terzo step** consiste nella definizione del modello concettuale dell'acquifero. In questa fase vengono identificati le unità idrostratigrafiche, i confini del sistema ed i parametri idrodinamici da implementare nel modello numerico. Il modello concettuale è stato elaborato sulla base dei dati acquisiti durante indagini ad hoc effettuate in sito (rilievo topografico, stratigrafie dei sondaggi, prove di pompaggio, misure del livello piezometrico ecc...) durante le fasi di caratterizzazione del sito.

Il **quarto step** consiste nell'elaborazione, sulla base del modello concettuale, del modello numerico del flusso delle acque sotterranee.

Il **quinto step** consiste nella calibrazione del modello numerico sulla base dei dati acquisiti durante le indagini effettuate. Per la calibrazione del modello numerico nelle condizioni stazionarie sono stati utilizzati i dati relativi al rilievo piezometrico svolto nel mese di novembre 2022 essendo l'unico rilievo per il quale sono state svolte le letture delle portate dei pozzi barriera.

A seguito della calibrazione è stata inoltre effettuata l'analisi di sensitività.

#### 4.2. SCELTA DEL CODICE DI CALCOLO PER IL MODELLO DI FLUSSO

I calcoli modellistici sono stati effettuati mediante l'utilizzo di un codice numerico alle differenze finite per la ricostruzione e simulazione del campo di moto della falda e per il calcolo della sola componente advettiva del trasporto (calcolo del *particle tracking*).

Il modello implementato riproduce l'assetto idrodinamico nelle tre dimensioni spaziali (x,y,z), in condizioni stazionarie, su tutta l'area interessata.

La presenza di elementi molto piccoli rispetto le dimensioni del modello, quali i diaframmi ed i dreni, ha comportato la necessità di creare una griglia modulare, non essendo possibile secondo il consueto approccio con griglie strutturate, essendo la variazione dimensionale richiesta troppo alta (da 50 a circa 3 metri di lato per singola cella) e quindi onerosa sia in termini dei tempi di calcolo e della instabilità numerica; pertanto è stata creata una griglia destrutturata utilizzando il codice di calcolo MODFLOW-USG (2017) (<https://www.usgs.gov/software/modflow-usg-unstructured-grid-version-modflow-simulating-groundwater-flow-and-tightly>) secondo lo schema chiamato "quadtree refinement".

MODFLOW-USG è un codice numerico alle differenze finite MODFLOW che utilizza il metodo numerico

delle differenze finite per la risoluzione delle equazioni generali di flusso, permettendo di effettuare simulazioni sia bidimensionali che tridimensionali del flusso idrico in uno o più acquiferi freatici, confinati o semiconfinati, in condizioni sia stazionarie che transitorie.

L'affidabilità e la precisione di questo codice è comprovata in letteratura da un elevato numero di pubblicazioni in base alle quali la comunità scientifica internazionale ha finito per utilizzarlo per tutte quelle applicazioni che implicano un controllo del risultato da parte dagli Enti di controllo.

La sua strutturazione, inoltre, permette una buona elasticità nella scelta delle condizioni e delle configurazioni del modello idrogeologico.

### 4.3. DOMINIO DI CALCOLO MODELLO DI FLUSSO

Per minimizzare il fenomeno della dispersione numerica il dominio di calcolo definito presenta l'asse ed i bordi laterali orientati circa parallelamente alla direzione di deflusso principale della falda, ricostruita a scala ampia coerentemente rispetto i gradienti idraulici misurati nel sito e calcolati sulla base delle condizioni al contorno e dell'andamento regionale dalle falda desunto dalla modello idrogeologico concettuale.

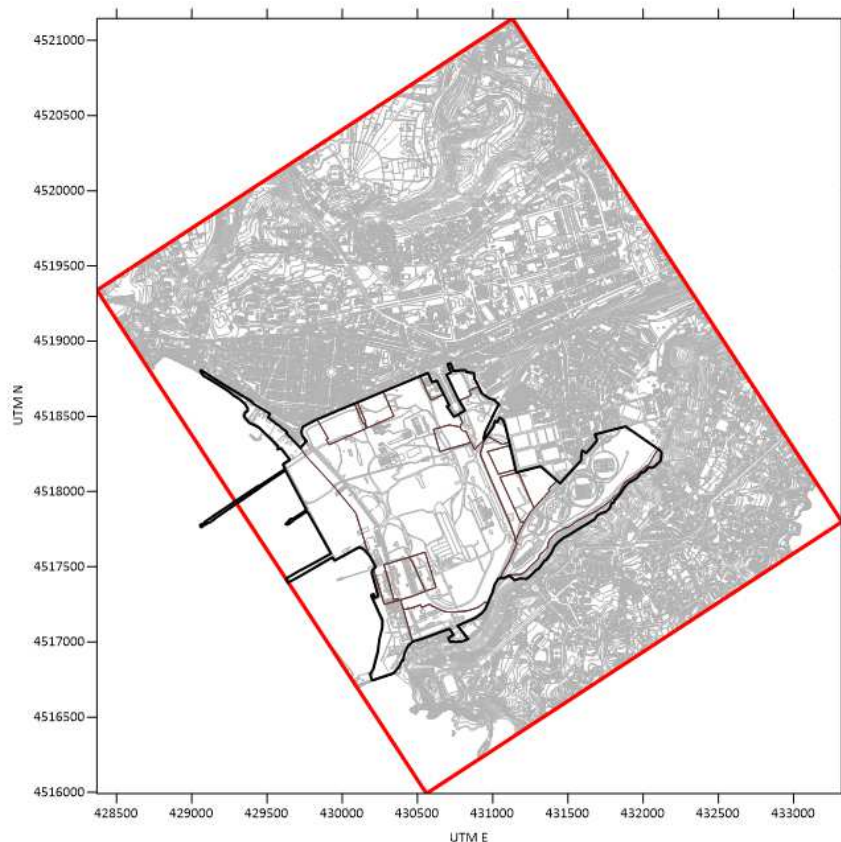


Figura 4-1 – Dominio di calcolo del modello (linea rossa) - limiti del SIN (linea nera).

Le dimensioni del dominio sono pari a 4000 x 3300 metri.

Le coordinate metriche (sistema di riferimento UTM 33) del vertice inferiore sinistro del dominio di calcolo (angolo SW) sono le seguenti:

- X: 430559;

- Y: 4515992;

Angolo rispetto l'asse longitudinale: 33°.

Il modello è stato implementato con 6 livelli (layer) che permettono una ricostruzione sufficientemente accurata della sequenza stratigrafica e delle condizioni al contorno, nello specifico:

- 1° Layer: compreso tra la superficie topografica<sup>2</sup> e la quota -3 mslm, necessario per la ricostruzione delle geometrie dei diaframmi e del dreno;
- 2° Layer: compreso tra -3 e -6 mslm, necessario per il calcolo dei gradienti verticali indotti dai dreni e dai diaframmi;
- 3° Layer: compreso tra -6 e -15 mslm, necessario per la corretta simulazione dei pozzi barriera;
- 4° Layer: compreso tra -15 e -30 mslm, necessario per il calcolo dei gradienti verticali indotti dai pozzi barriera;
- 5° Layer: compreso tra -30 e -50 mslm, necessario per il calcolo dei gradienti verticali;
- 6° Layer: compreso tra -50 e -200 mslm, la base a -200 mslm corrisponde al livello impermeabile di base della falda.

Nella figure seguenti è riportato il DEM caricato come superficie topografica.

---

<sup>2</sup> Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2007) TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 m-cell size (Version 1.0) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>."



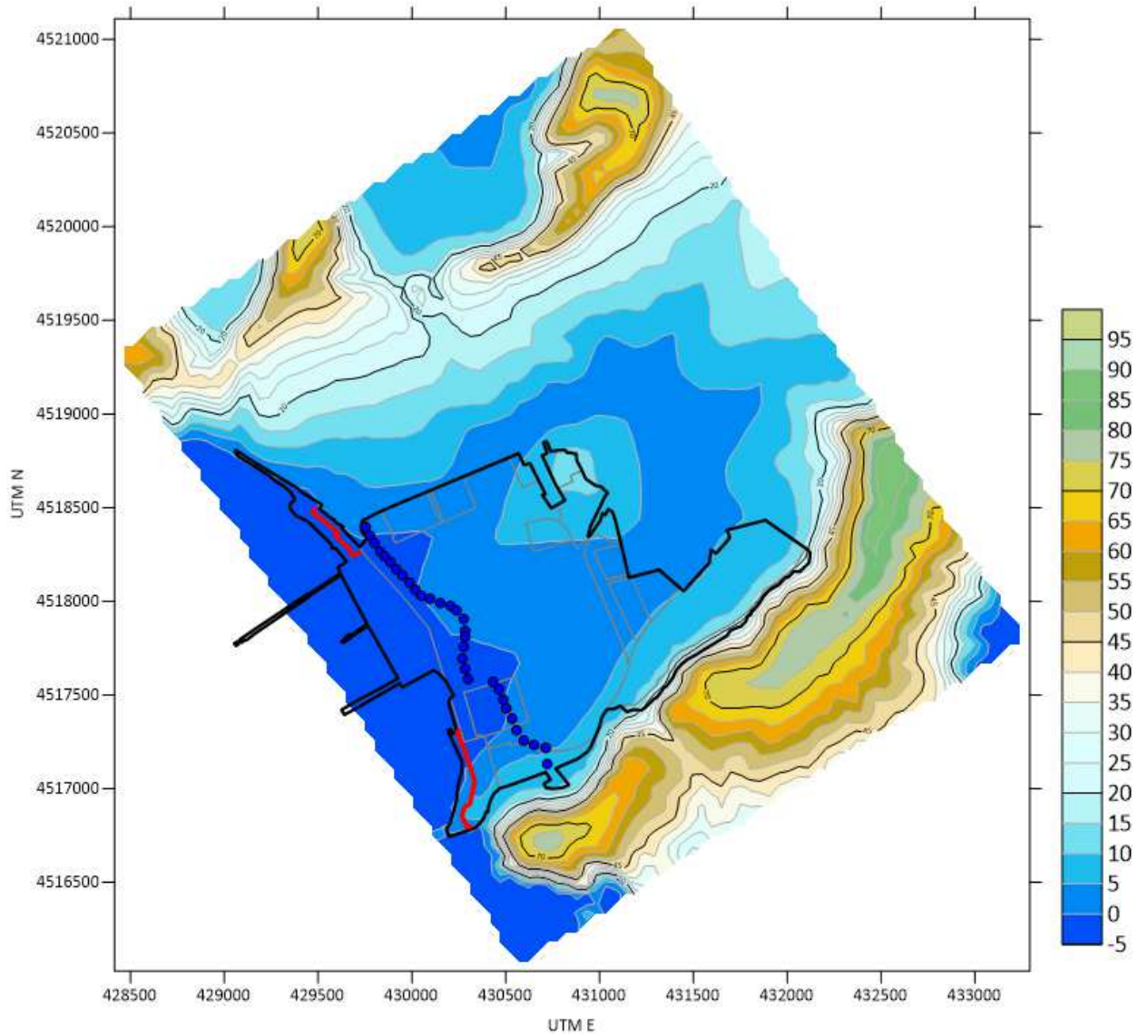


Figura 4-2 – DEM in mslm.

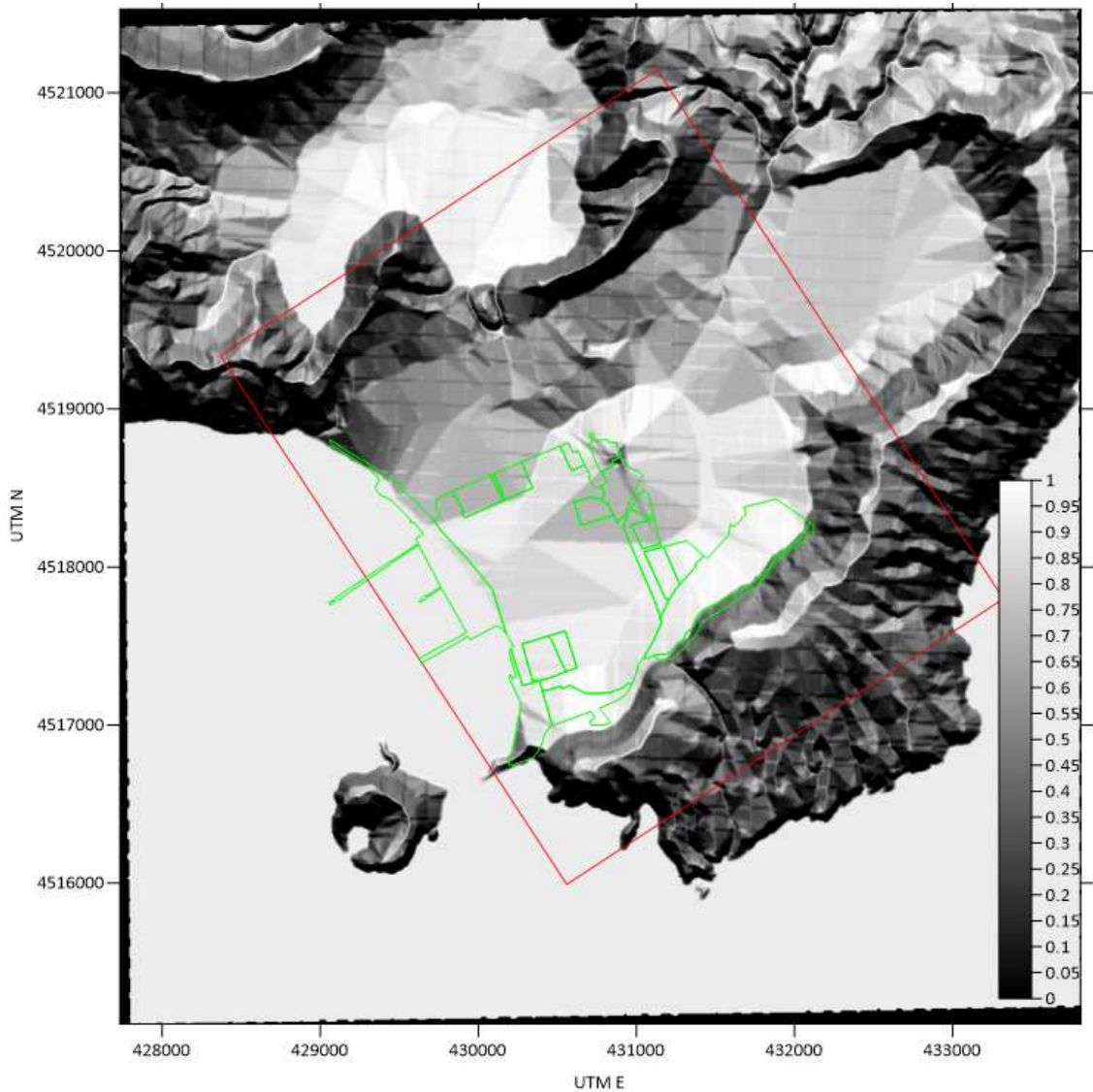


Figura 4-3 – DEM in mslm.

La scheda seguente riporta le caratteristiche globali del modello (il numero di righe e colonne si riferisce alla griglia strutturata):

Grid		Boundary Conditions		Target Types	
Rows	80	Constant Heads	950	Head	13
Columns	66	Wells	0	Head Difference	0
Layers	6	Rivers	0	Drawdown	0
Total Cells	53154	Drains	160	Concentration	0
Active Cells	41517	GHBs	426	Flux (node)	0
Total Area	13200000	Streams	0	Flux (reach)	0
Active Area	8526835.9375	Walls	0	Flow Direction	0
Coordinate Transformation		Lakes	0	Subsidence	0
X Offset	430559	Wetlands	0	Prior Information	0
Y Offset	4515992	No Flow	11637	Constraints	0
Rotation	33	FHB	0	Kx Pilot Point	141
Grid Spacings		SGB	0	Kz Pilot Point	0
				S Pilot Point	0
				Recharge Pilot Pt	13
				Porosity Pilot Pt	0
				Analytic Elements	
				Wells	32
				Line Boundaries	0
				Circle Boundaries	0
				Polylines	0
				Polygons	0
				Original File from GV Version 8: gv753 MODFLOW-USG	
				Stress Periods	
				1	

*Figura 4-4 – Sintesi delle caratteristiche globali del modello di flusso.*

Nelle figura seguenti una serie di sezioni esemplificative dei vari livelli.

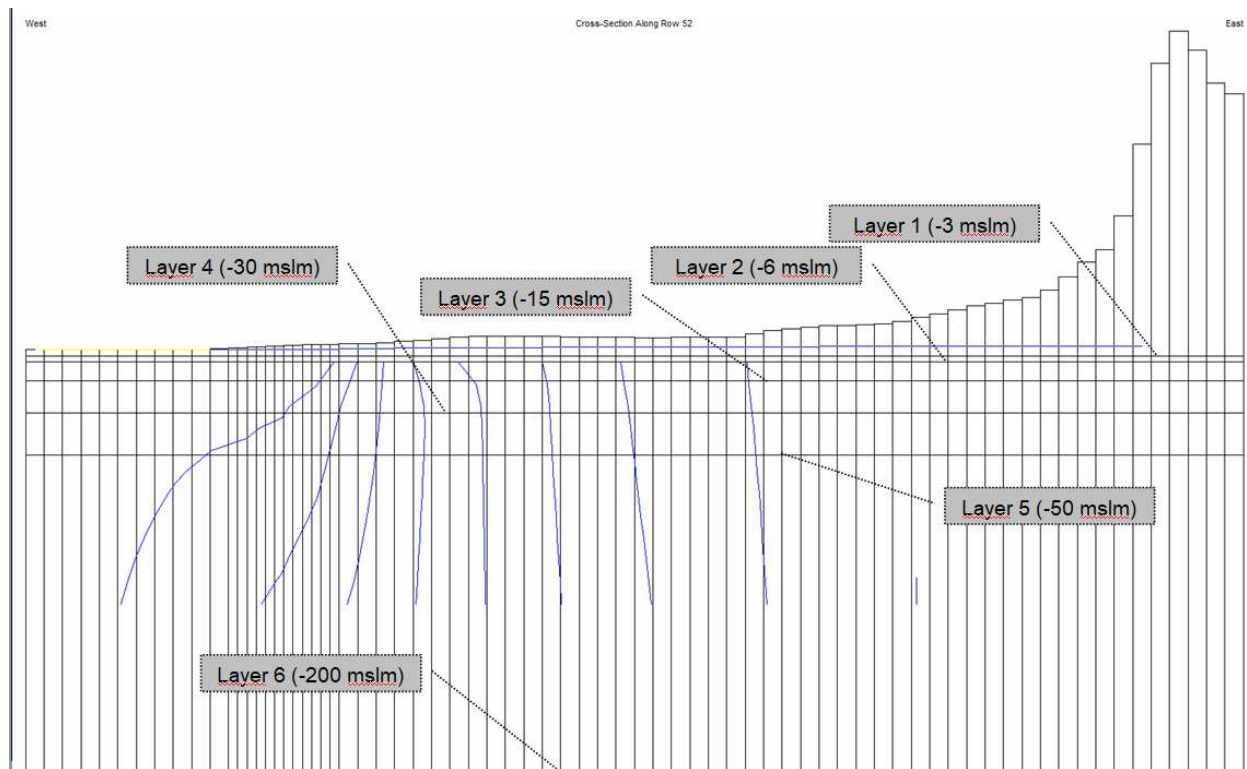


Figura 4-5 – Traccia sezione riga n°50 con indicazione della numerazione dei layers applicata nel modello numerico.

L'ampiezza del dominio è tale che la risposta simulata del sistema agli stress, in condizioni stazionarie e transitorie, non viene influenzata dalle condizioni artificiali al contorno imposte al sistema stesso.

#### 4.4. CONDIZIONI AL CONTORNO

Facendo riferimento alla modello concettuale idrogeologico sono state impostate delle condizioni al contorno in coerenza con la piezometria di riferimento.

La disposizione delle condizioni al contorno è tale che la risposta simulata del sistema agli stress, in condizioni stazionarie, non viene influenzata dalle condizioni artificiali al contorno imposte al sistema stesso.

Nello specifico sono state implementate le seguenti condizioni al contorno:

- limite di valle idraulica (linea di costa): condizione del I tipo (a carico imposto) con valore di base del campo di moto (carico idraulico pari a 0 considerando minima l'oscillazione mareale rispetto il flusso della falda);

- limite di monte idraulico: condizione mista tipo GHB (General Head Boundary) con carico di riferimento calcolato sulla base dei gradienti medi sperimentali;
- I diaframmi sono stati simulati con condizioni del II tipo con flusso nullo essendo la permeabilità del mezzo dell'ordine di  $10E-10$  m/s (secondo indicazioni del Committente);
- la ricarica zenitale ed i pozzi sono stati simulati attraverso un condizione del II tipo a flusso imposto; le portate dei pozzi sono quelle misurate durante il rilievo del 07/11/2022, per quei pozzi per i quali non è stato possibile misurare le portate (contatore volumetrico mal funzionante) sono state assegnate le portate dei pozzi limitrofi.
- la base del modello, ovvero il bottom del layer più basso (-200 mslm, base del layer n°6), è un limite del II tipo a flusso nullo.
- I dreni sono stati simulati con una condizione mista denominata Drain, i valori di conduttanza e del carico idraulico di riferimento sono stati definiti sulla base dei dati progettuali forniti dal Committente; le portate di riferimento dei dreni (nord e sud), a cui si è fatto riferimento nel processo di calibrazione, sono state calcolate sulla base delle portate storiche disponibili fornite dal Committente, per il mese di novembre 2019 e 2020 (non è nota la portata del dreno al momento del rilievo del 07/11/2022 e neanche quella media del mese precedente);
- la ricarica zenitale ed i pozzi sono stati simulati attraverso un condizione del II tipo a flusso imposto;
- la base del modello, ovvero il bottom del layer più basso, è un limite del II tipo a flusso nullo.

Nella figura seguente la griglia del modello con indicazione delle condizioni al contorno.

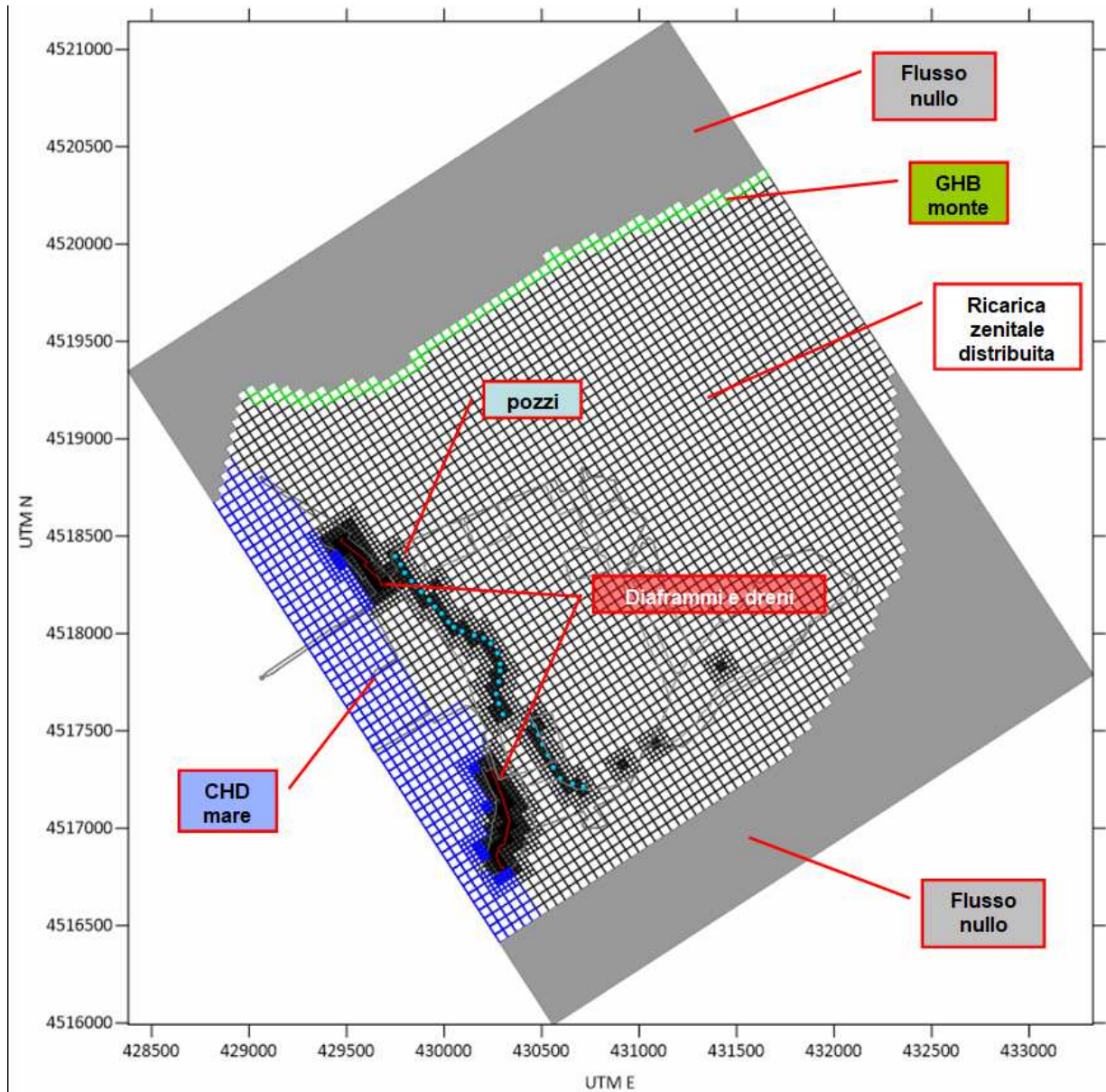


Figura 4-6 – Griglia di calcolo e condizioni al contorno.

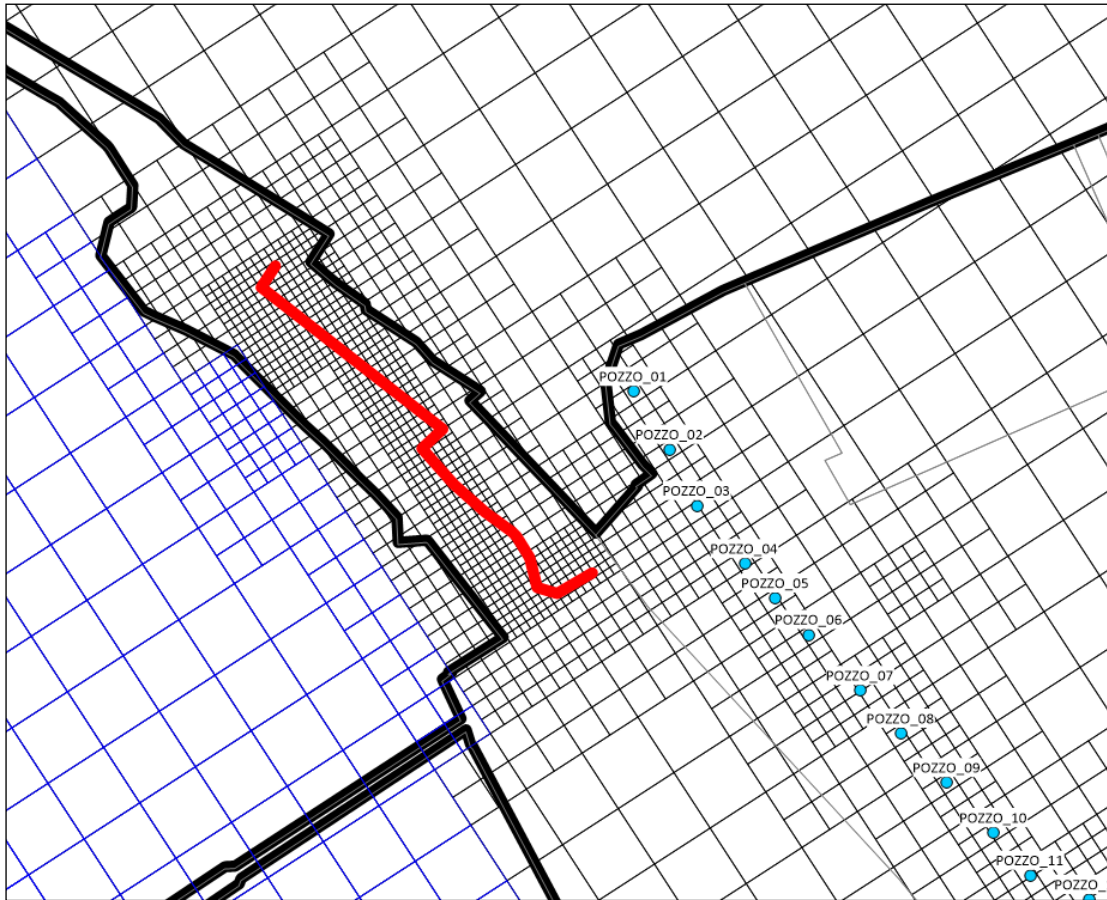


Figura 4-7 – Particolare della griglia di calcolo.

Nella seguente tabella i valori delle portate di emungimento dei pozzi barriera misurati il 07/11/2022.

ID	UTM E	UTM N	Q mc/giorno
POZZO_01	429750	4518397	-86.4
POZZO_02	429777	4518353	-79.2
POZZO_03	429797	4518311	-86.4
POZZO_04	429833	4518267	-86.4
POZZO_05	429857	4518241	-86.4
POZZO_06	429882	4518213	-86.4
POZZO_07	429921	4518171	-86.4
POZZO_08	429951	4518139	-86.4
POZZO_09	429986	4518102	-66.24
POZZO_10	430021	4518064	-149.76
POZZO_11	430049	4518032	-161.28
POZZO_12	430093	4518013	-144
POZZO_13	430155	4517993	-92.16
POZZO_14	430203	4517974	-69.12
POZZO_15	430240	4517948	0
POZZO_16	430274	4517902	-54.72
POZZO_17	430285	4517844	-23.04
POZZO_18	430284	4517811	-83.52
POZZO_19	430279	4517754	-59.04
POZZO_20	430267	4517692	-59.04
POZZO_21	430282	4517642	-59.04
POZZO_22	430299	4517586	-56.16
POZZO_23	430436	4517573	-46.08
POZZO_24	430464	4517527	-48.96
POZZO_25	430485	4517477	-25.92
POZZO_26	430505	4517432	-25.92
POZZO_27	430533	4517372	-11.52
POZZO_28	430558	4517309	-8
POZZO_29	430597	4517258	-17.28
POZZO_30	430654	4517232	-54.72
POZZO_31	430714	4517216	0
PZ_S1_IDIS	430497	4517443	-9.6

Tabella 4-1: Tabella portate pozzi barriera (e piezometro di MISE PZ\_S1\_IDIS), rilievo del 07/11/2022.

#### 4.5. CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE IN REGIME STAZIONARIO DEL MODELLO DI FLUSSO

Il modello numerico è stato calibrato in prima analisi mediante procedura trial-and-error assegnando una zonazione delle conducibilità idrauliche e poi utilizzando un codice di calcolo inverso per la risoluzione delle equazioni di flusso, nello specifico il codice numerico PEST3, per la regionalizzazione delle variabili di interesse (conducibilità idraulica orizzontale, ricarica zenitale) e per la parametrizzazione della condizione al

<sup>3</sup> Doherty, J., 1998: Visual PEST: Graphical Model Independent Parameter Estimation. Watermark Computing and Waterloo Hydrogeologic Inc.



contorno di monte idrogeologico.

Nelle condizioni stazionarie questa procedura è consistita nell'assegnare valori delle variabili ricercate tali da ottenere, all'interno di un intervallo di errore prestabilito, valori di carico idraulico confrontabili con quelli di riferimento (piezometria novembre 2022) .

I valori della conducibilità idraulica e della ricarica zenitale sono stati variati tenendo in considerazione la finestra di variazione dei dati sperimentali; si è quindi forzato il sistema a risolvere i calcoli per la minimizzazione delle differenze tra valore sperimentale e calcolato dei carichi idraulici, utilizzando dei valori di conducibilità idraulica e di infiltrazione efficace compresi entro quelli attesi per il materiale costituente la falda modellizzata.

Un modello di flusso si considera calibrato quando lo scarto quadratico medio normalizzato (Scaled RMS) è inferiore al 10% della variazione totale dei parametri di riferimento che nel caso in esame sono rappresentati dai carichi idraulici in tutto il dominio del modello (Anderson e Woessner, 1992):

$$RMS = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_m - h_z)_i^2 \right]^{0.5}$$

A livello teorico, la calibrazione di un modello di flusso tramite il confronto con un solo parametro di riferimento (nel caso in oggetto i carichi idraulici) non permette di ottenere un risultato univoco; del resto non sono disponibili dati sperimentali per una calibrazione che tenga conto anche del bilancio idrico nell'area in oggetto ad eccezione delle portate drenate dai dreni.

In realtà, il problema è stato superato considerando un range di variabilità delle grandezze ricercate che rientra nei valori verosimili a livello sito specifici.

Il risultato della calibrazione del modello nelle condizioni stazionarie è riportato nei grafici e tabelle seguenti che mostrano gli indici statistici derivanti dal confronto tra il carico idraulico misurato (novembre 2022) con quello simulato:

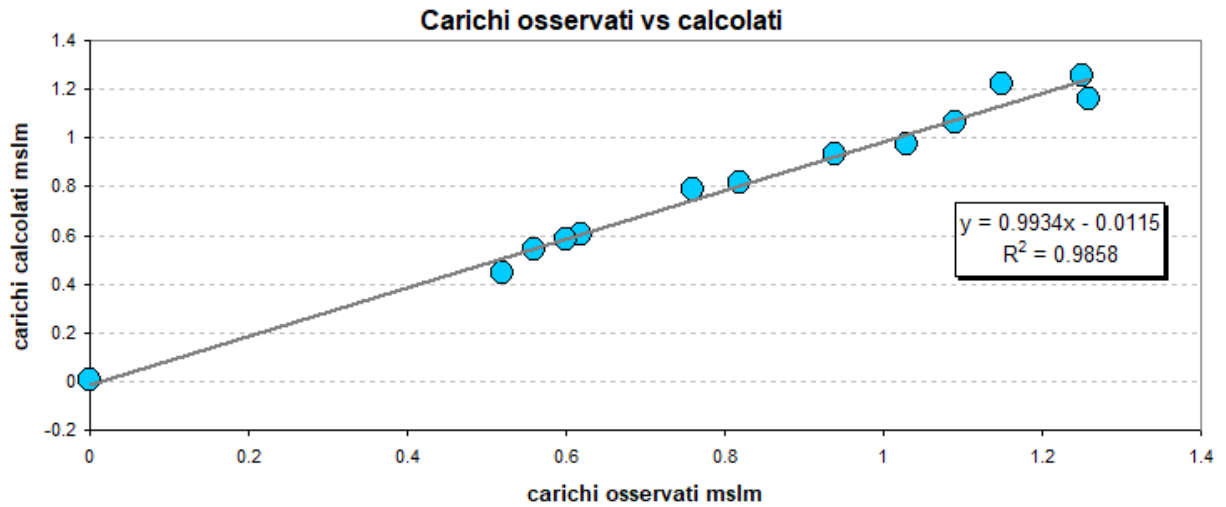


Grafico 4-2: Valori dei carichi idraulici osservati vs. calcolati - novembre 2022.

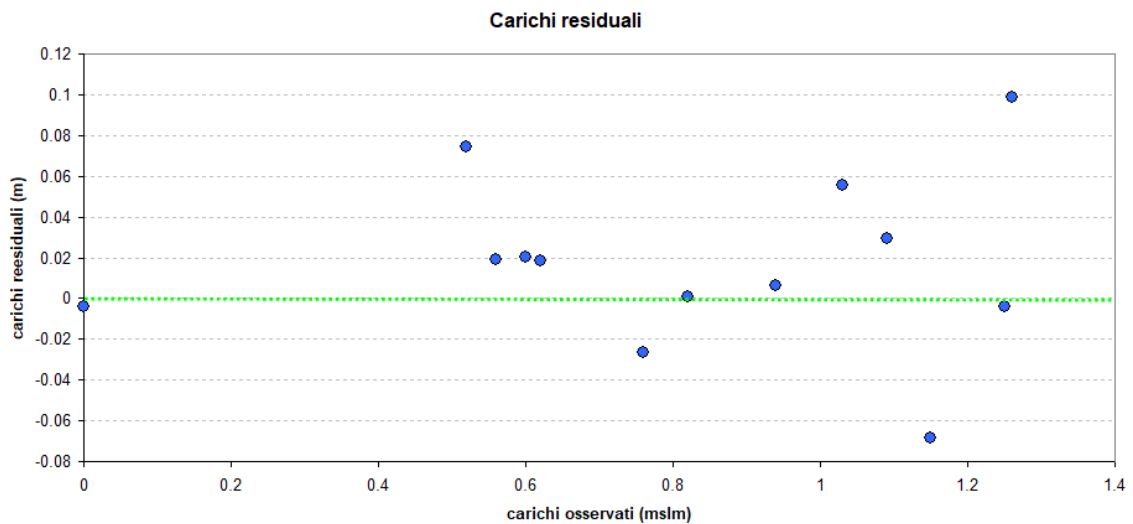


Grafico 4-3: Differenza tra i carichi idraulici misurati e calcolati – novembre 2022.

Residual Mean	0.016889
Absolute Residual Mean	0.032717
Residual Std. Deviation	0.041167
Sum of Squares	0.02574
RMS Error	0.044497
Min. Residual	-0.06837
Max. Residual	0.098752
Number of Observations	13
Range in Observations	1.26
Scaled Residual Std. Deviation	0.032672
Scaled Absolute Residual Mean	0.025966
<b>Scaled RMS Error</b>	<b>0.035315</b>
Scaled Residual Mean	0.013404

Tabella 4-2: Tabella di sintesi indici statistici di calibrazione in regime stazionario (novembre 2022).

Lo scarto quadratico medio normalizzato (Scaled RMS) ottenuto è pari a circa il 3% con un coefficiente di correlazione R pari a 0,98.

I valori degli indici statistici ottenuti ricadano nell'intervallo di errore prestabilito e il modello numerico si può quindi ritenere calibrato con sufficiente precisione ed accuratezza.

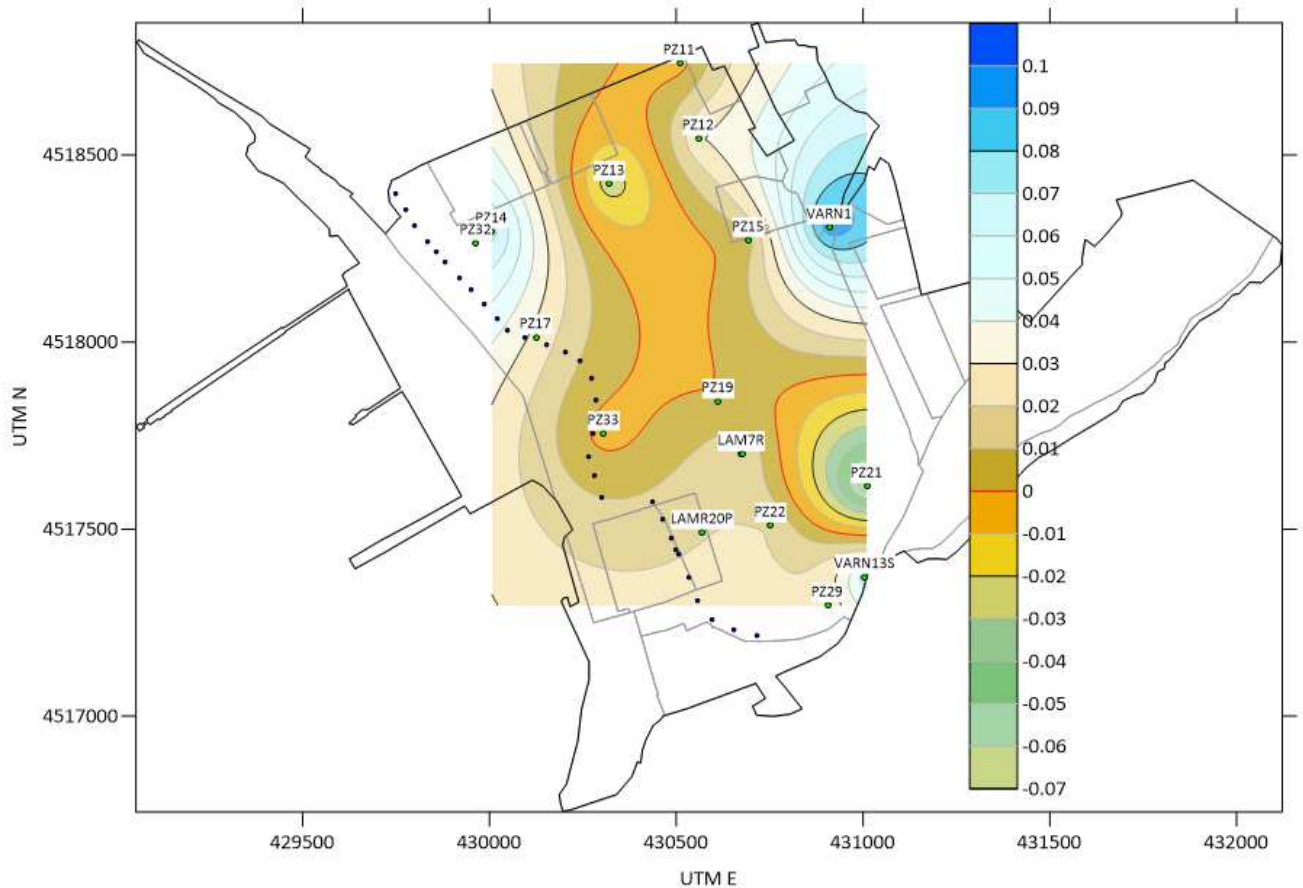


Figura 4-8 – Andamento residuali novembre 2022 - quote in metri.

Il modello del variogramma di riferimento per la distribuzione spaziale della conducibilità idraulica orizzontale media  $k_x$  è di tipo sferico, così come rappresentato nella figura seguente:

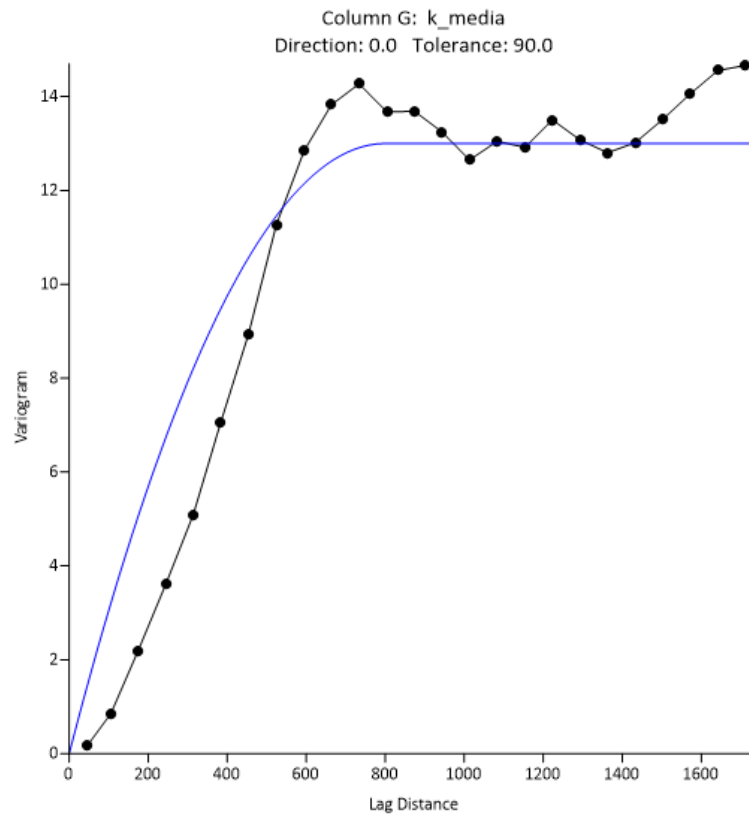


Grafico 4-4: Semivariogramma sperimentale della conducibilità idraulica  $k$  media.

La mappa seguente mostra la regionalizzazione della conducibilità idraulica  $k_x$  calcolata dal modello in fase di calibrazione, mediante tra tutti i layer entro -30 mslm.

I valori della conducibilità idraulica e la loro distribuzione spaziale sono coerenti con la tipologia media del materiale costituente la falda nella porzione superficiale (entro i primi 30 metri) ed in generale con il modello idrogeologico concettuale; il rapporto tra la componente orizzontale e verticale della conducibilità idraulica è stata posta pari a 10 in relazione alla tipologia del materiale ed in assenza di dati sperimentali; per i layer più profondi è stata assegnata una conducibilità idraulica pari a  $7.5E-5$  m/s, desunta dai dati sperimentali disponibili.

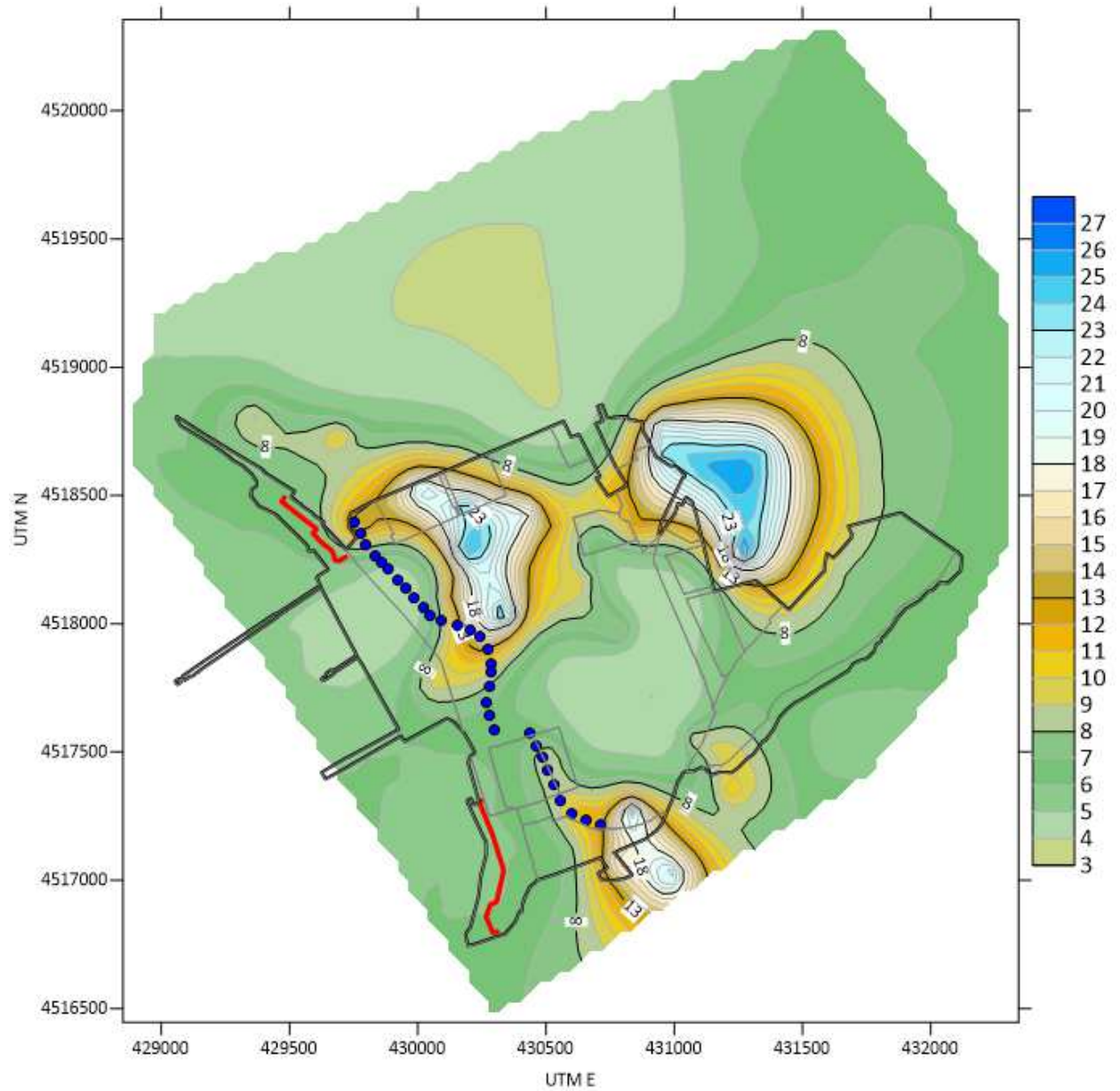


Figura 4-9 – Mappa della conducibilità idraulica orizzontale  $k_x$  mediata tra tutti i layer entro i primi 30 metri di spessore, valori in m/giorno.

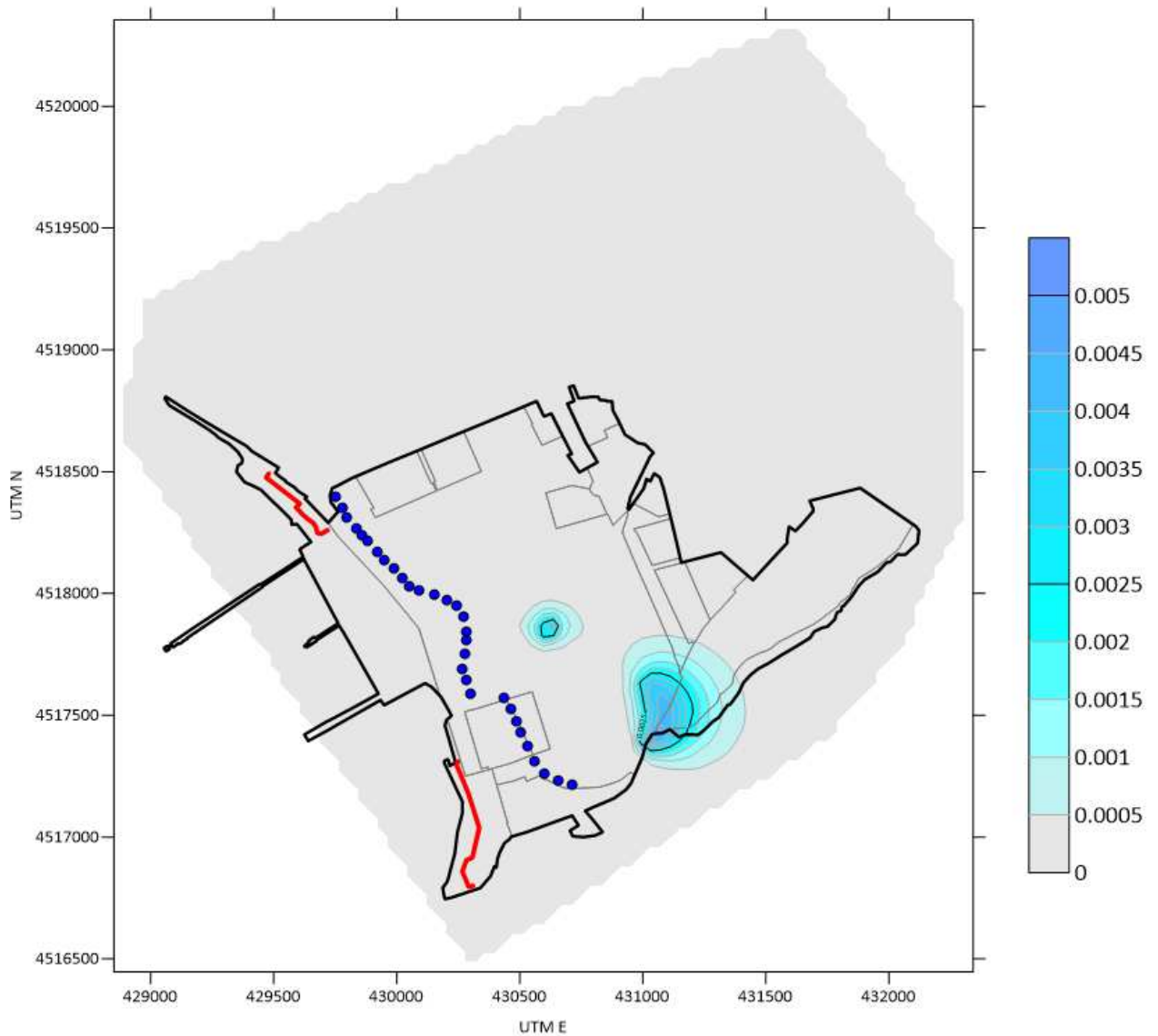


Figura 4-10 – Mappa della conducibilità ricarica zenitale (infiltrazione efficace) – valori in m/giorno.

La figura seguente mostra la freaticmetria calcolata dal modello al termine del processo di calibrazione.

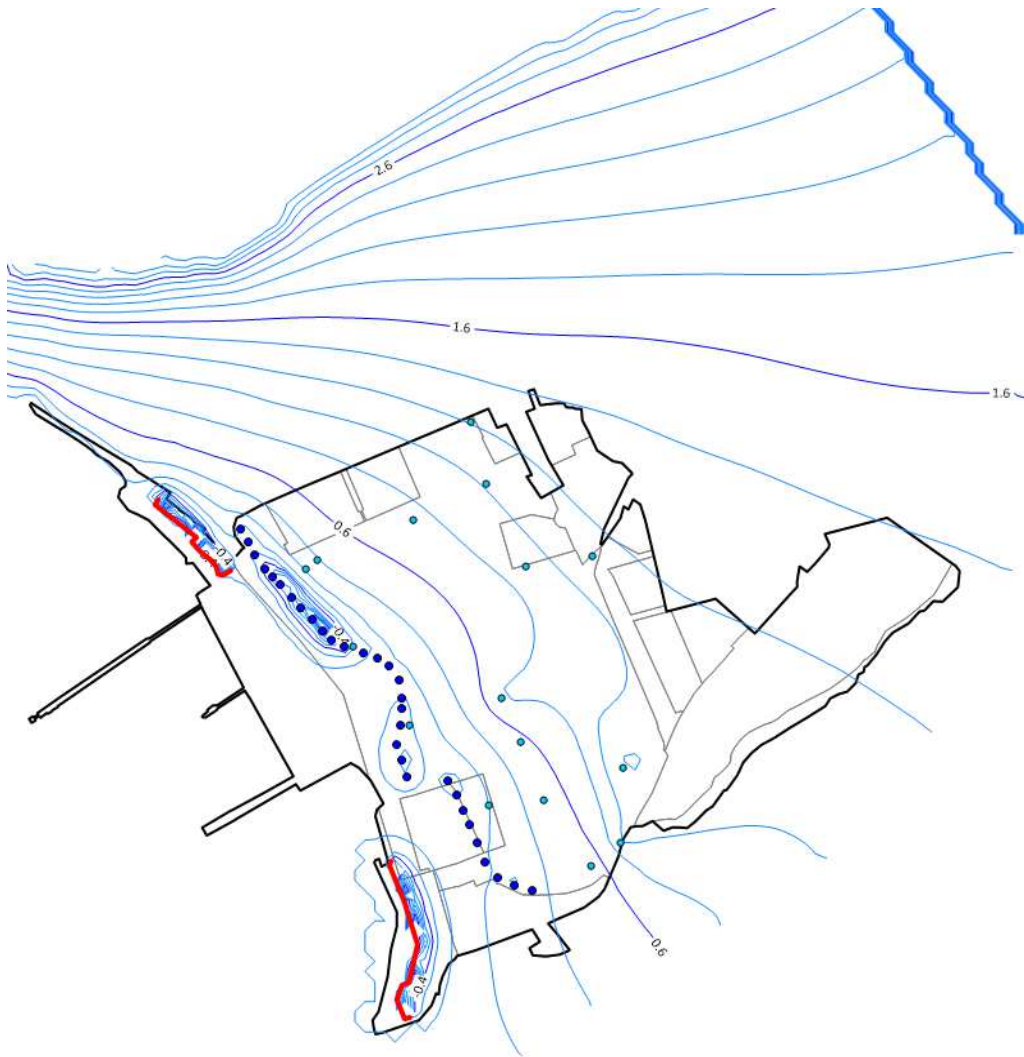


Figura 4-11 – Freatimetria calcolata al termine della calibrazione (novembre 2022) riferita al layer superficiale (1° Layer).

#### 4.6. BILANCIO DI MASSA MODELLO DI FLUSSO

Alla scala dell'intero dominio di calcolo, il bilancio idrogeologico è rappresentato dalle seguenti voci:

- Ricarica per infiltrazione efficace (Ricarica zenitale);
- Flusso in entrata dal settore di monte idrogeologico (Monte);
- Flussi dal contatto con il limite idrogeologico del mare (Mare);
- Flussi dal contatto con il limite idrogeologico rappresentato dal Fiume Gela (Gela);
- Flusso in uscita dai pozzi di estrazione (Well).

L'errore percentuale del bilancio è pari a circa 1E-3, quindi sostanzialmente nullo, a conferma della correttezza dei calcoli svolti a livello numerico.

Nel grafico seguente i valori del bilancio alla scala dell'intero dominio di calcolo.

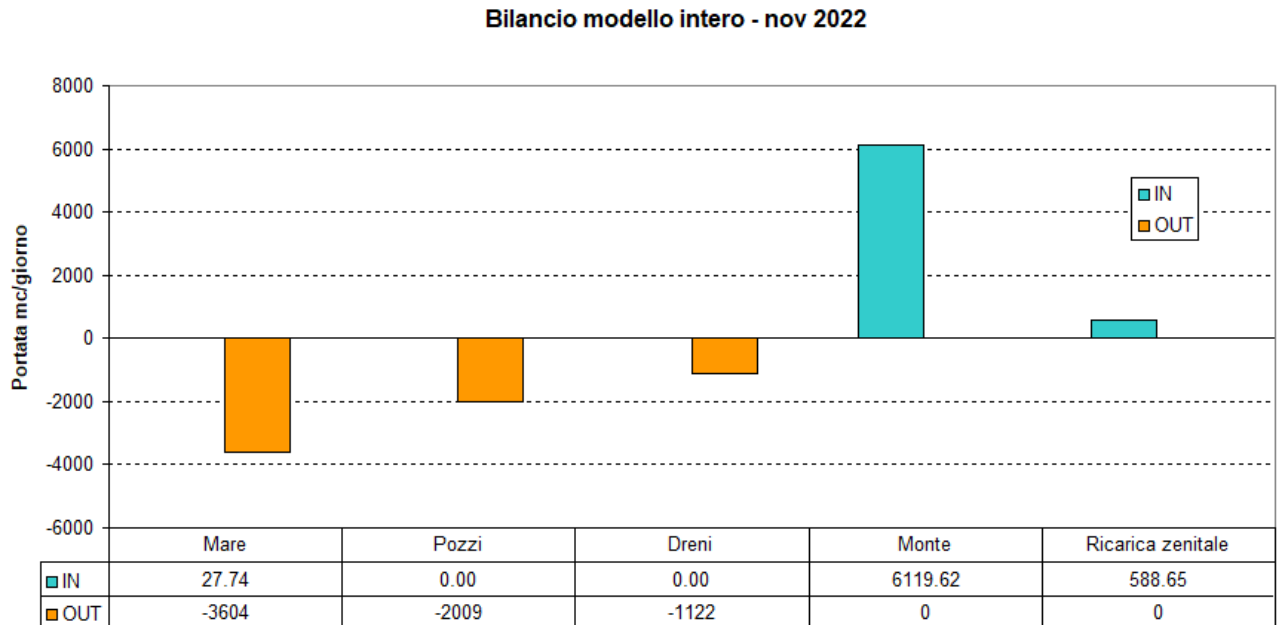


Grafico 4-5: Bilancio idrogeologico modello stazionario alla scala del dominio di calcolo - Novembre 2022.

Sulla base dei calcoli di bilancio svolti si evidenzia che il termine maggiore di entrata nel sistema è rappresentato dal flusso in entrata dal limite idrogeologico di monte, il secondo termine è rappresentato dalla ricarica zenitale (infiltrazione efficace): se pur l'azione di pompaggio effettuata dai pozzi barriera e dai dreni, determina una modesta entrata di acqua marina (circa 27 m<sup>3</sup>/giorno), non si possono escludere fenomeni legati all'intrusione salina attraverso up-coning e spostamento verso monte idrogeologico dell'interfaccia salina.

Il bilancio idrogeologico dell'area del SIN, per uno spessore saturo pari a 30 metri, presenta un flusso totale pari a circa 3750 m<sup>3</sup>/giorno.



Bilancio area SIN (spessore 30 metri)



Tabella 4-3: Bilancio idrogeologico dell'area del SIN (novembre 2022).

I termini in entrata nel SIN sono relativi ai settori di monte idrogeologico e ai livelli dell'acquifero sottostanti la profondità di -30 mslm nei quali sono presenti gradienti verticali di flusso derivante dall'azione di richiamo del barrieramento idraulico.

Per quanto concerne la portata calcolata per i dreni, si rileva una netta coerenza con quelle sperimentali misurate nel mese di novembre 2019 (1352 m<sup>3</sup>/giorno) e 2020 (1125 m<sup>3</sup>/giorno), a conferma della bontà del processo di calibrazione.

#### 4.7. ANALISI DI SENSITIVITA' MODELLO DI FLUSSO

L'analisi di sensitività è il processo che permette di identificare per quali parametri il modello risulta più sensibile in relazione alla variabile modellizzata che nel caso specifico è rappresentata dal flusso nel mezzo saturo, ovvero, dai carichi idraulici nel dominio di calcolo.

L'analisi è stata condotta calcolando la somma degli scarti quadratici medi per incrementi positivi e negativi del singolo parametro e condizione al contorno, nello specifico è stata valutata la sensibilità rispetto:

- conducibilità idraulica orizzontale (kx);
- ricarica zenitale;
- conduttanza della condizione al contorno mista applicata per la simulazione del dreno di nord (Drain

Cond Nord);

- conduttanza della condizione al contorno mista applicata per la simulazione del dreno di sud (Drain Cond Sud);
- carico idraulico della condizione al contorno mista applicata per la simulazione del dreno di nord (Drain Head Nord);
- carico idraulico della condizione al contorno mista applicata per la simulazione del dreno di sud (Drain Head Sud);
- conduttanza della condizione al contorno mista applicata sul limite di monte idraulico (GHB Cond);
- carico idraulico di riferimento della condizione al contorno mista applicata sul limite di monte idraulico (GHB H).

I risultati, riportati nei grafici seguenti, mostrano chiaramente che il modello risulta estremamente sensibile alla variazione della condizione al contorno di monte nei termini del carico idraulico, a seguire alla conducibilità idraulica orizzontale, alla ricarica zenitale e conduttanza del GHB, mentre le variazioni nei parametri relativi ai dreni non comportano nessuna variazione sostanziale del modello.

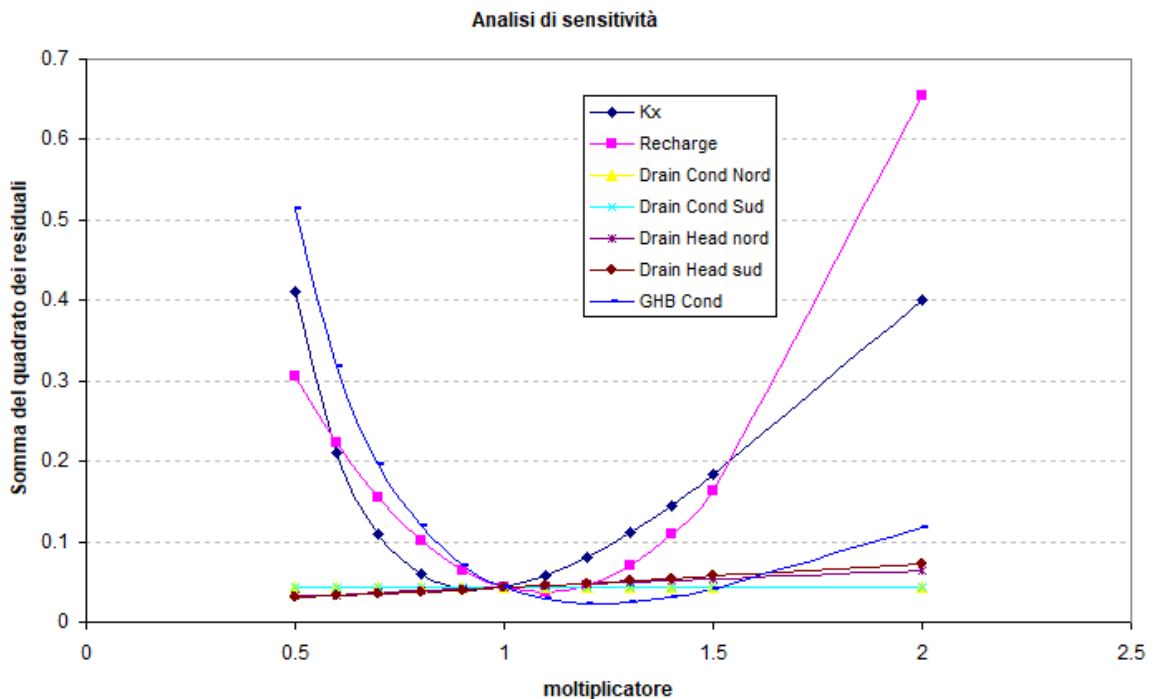


Grafico 4-6: Risultati analisi di sensitività in relazione alla somma degli scarti quadratici medi.

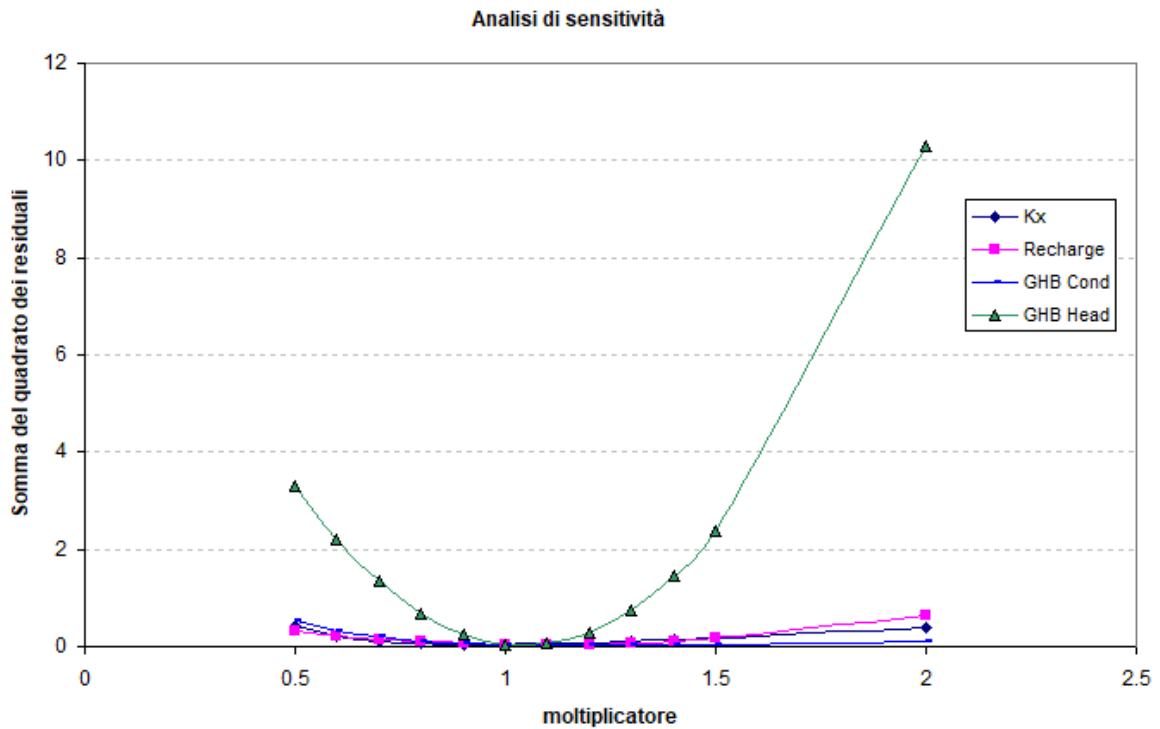


Grafico 4-7: Risultati analisi di sensitività in relazione alla somma degli scarti quadratici medi.

E' altresì evidente l'importanza di una validazione della condizione al contorno di monte attraverso una verifica sperimentale dei carichi idraulici della falda nei settori di monte idrogeologico esterni all'area modellizzata.

## 5. SIMULAZIONI

Il modello numerico implementato è stato utilizzato per verificare la tenuta idraulica del barrieramento in essere e di quello progettato dal DICEA nell'ambito della "Revisione del Modello Idrodinamico (...)" in assenza dei dreni e dei diaframmi.

L'andamento storico dei livelli di falda nei piezometri di monitoraggio mostra dei range di variazione minimali che non determinano variazioni sostanziali del flusso; pertanto, il dimensionamento del barrieramento idraulico considerando le condizioni al contorno determinate nel processo di calibrazione e correlate al campo di moto misurato nel mese di novembre 2022, può essere considerato applicabile ai diversi scenari stagionali di variazione freaticometrica.

A conferma si riportano i grafici dell'andamento dei carichi idraulici in corrispondenza di alcuni piezometri di monte idraulico (quindi non influenzati dal barrieramento idraulico); i grafici sono stati estratti dal WEBGIS attualmente operativo per la gestione dei dati ambientali del SIN.



Figura 5-1 – Ubicazione piezometri per il controllo dell'andamento dei carichi idraulici di monte idrogeologico (estratto dal WEBGIS dati di caratterizzazione).

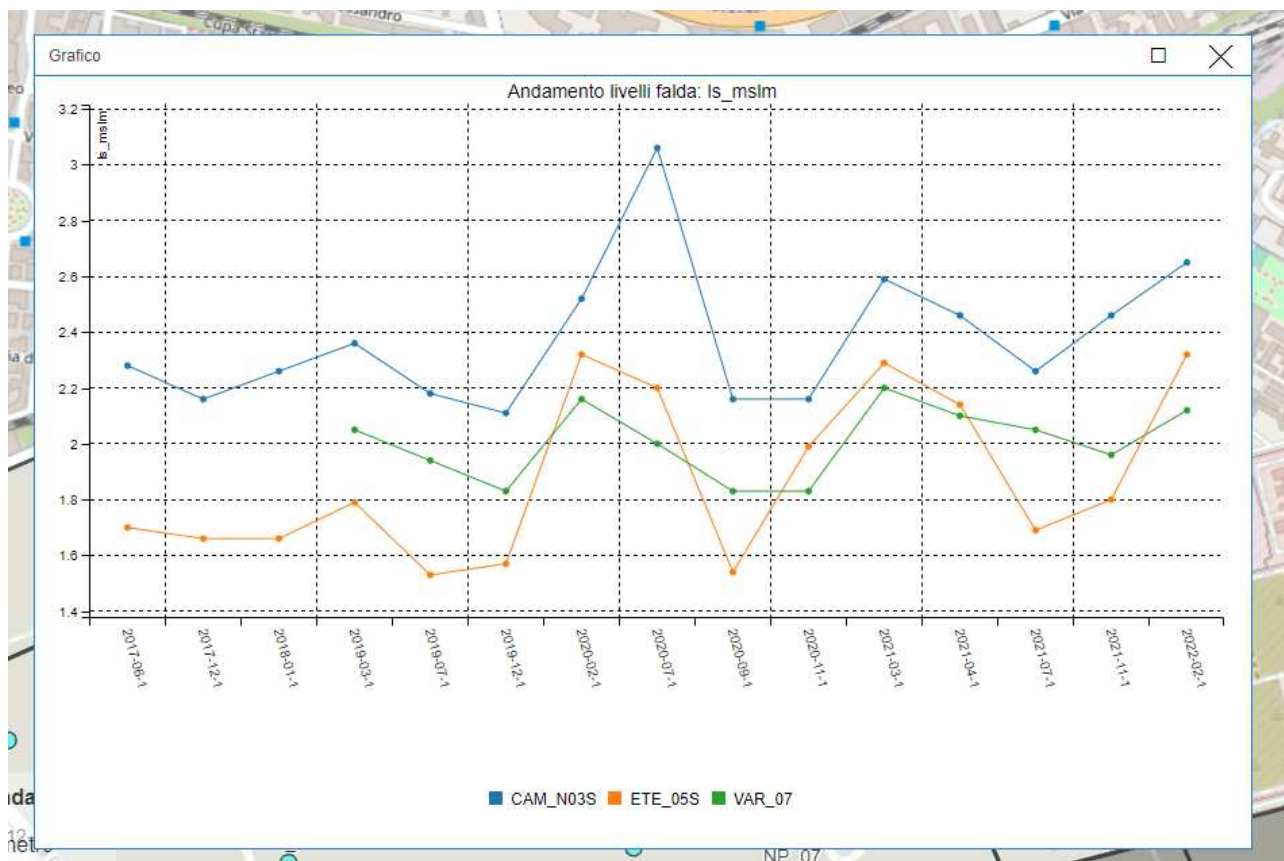


Grafico 5-1: Andamento dei carichi idraulici in quote assolute nei piezometri CAM\_N03S, ETE\_05S e VAR\_07 (estratto dal WEBGIS dati di caratterizzazione).

Ad esempio considerando l'andamento storico dei piezometri di monte idrogeologico, VAR\_07, ETE\_05S e CAM\_N03S, si verifica che la massima variazione registrata è dell'ordine di 0.9 metri, che comporta una variazione di flusso pari a circa il 6% rispetto una sezione di acquifero di 15 metri di spessore; in altri termini la variazione massima dei carichi idraulici in positivo, comporta un aumento del flusso da monte idrogeologico pari al 6%, quindi molto modesto e di conseguenza trascurabile.

Utilizzando il modello calibrato sono state effettuate le seguenti simulazioni:

- SIMULAZIONE N.1 - Calcolo freatimetria in condizioni ante operam, quindi in assenza di diaframmi, dreni e barriera idraulica;
- SIMULAZIONE N.2 - Verifica barriera in essere (simulazione che corrisponde al modello calibrato);
- SIMULAZIONE N.3 - Verifica barriera in assenza dei diaframmi e dei dreni, secondo la configurazione dei pozzi barriera riportata nel progetto DICEA (numero ed ubicazione);

- SIMULAZIONE N.4 – Verifica del barrieramento in presenza dei diaframmi e dei dreni, secondo la configurazione dei pozzi barriera riportata nel progetto DICEA (numero, ubicazione e portata);
- SIMULAZIONE N.5 – Verifica del barrieramento in presenza dei diaframmi e dei dreni, secondo l'ottimizzazione delle portate dei pozzi riportati nel progetto DICEA.

Nei capitoli seguenti i risultati delle simulazioni svolte.

### 5.1. SIMULAZIONE 1

La figura seguente raffigura la freaticimetria in condizioni ante operam, quindi senza il barrieramento idraulico, le trincee ed i diaframmi.

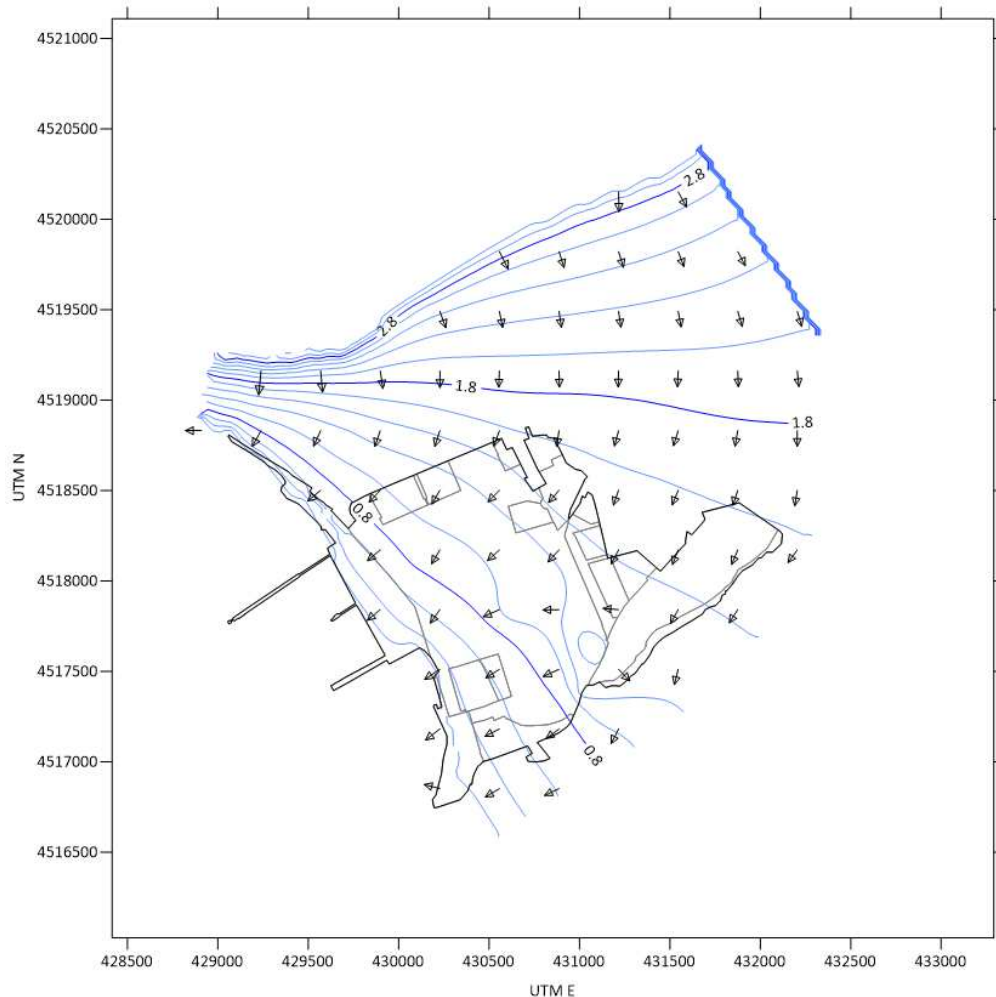


Figura 5-2 – Freaticimetria 1° Layer in condizioni anteoperam.

## 5.2. SIMULAZIONE 2

La simulazione permette di ricostruire il campo di moto della falda perturbato dall'azione del barrieramento idraulico; come si evince dalla figura seguente, il barrieramento idraulico permette di intercettare il flusso di falda entro una profondità di almeno -15 mslm.

L'assetto della barriera è il seguente:

- Trincea drenante (nord + sud): 1122 m<sup>3</sup>/giorno;
- Pozzi (compreso il piezometro di MISE PZ\_S1\_IDIS): 2009 m<sup>3</sup>/giorno;
- Diaframma a contatto (sul lato di valle idrogeologica) del dreno.

L'assetto del barrieramento è sovradimensionato a nord con la presenza del sistema dreno-diaframma che tuttavia intercetta una porzione di falda esterna all'area del SIN, viceversa a sud la presenza del sistema dreno-diaframma è necessaria perché il pompaggio dei pozzi barriera non permette di intercettare completamente il flusso di falda.

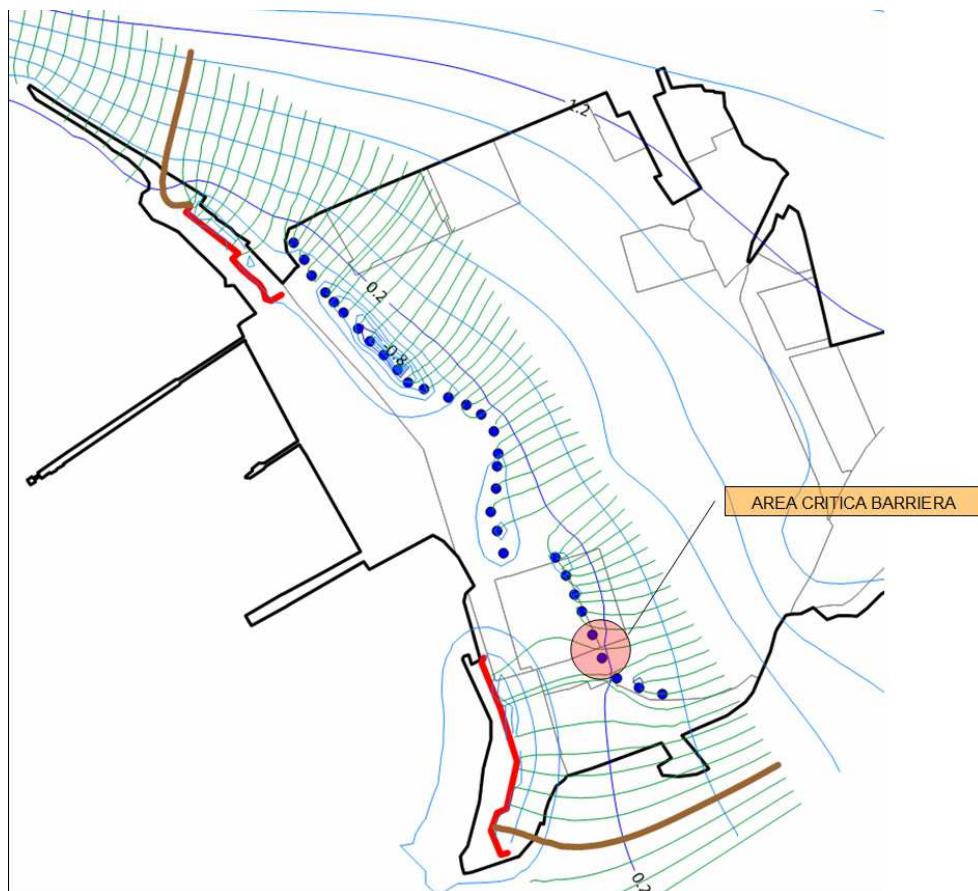


Figura 5-3 – Freatimetria 3° Layer con pathlines.

### 5.3. SIMULAZIONE 3

Questa simulazione ricalca l'assetto del barrieramento secondo l'ipotesi DICEA, ovvero in assenza del sistema trincea-diaframma e con lo spostamento verso est di una serie di pozzi lungo l'allineamento meridionale.

Considerando la presenza di nuovi pozzi rispetto l'assetto attuale, per evitare problemi relativamente alla codifica dei normali i pozzi sono stati rinominati con una codifica univoca.

Globalmente il bilancio idrogeologico è il seguente:

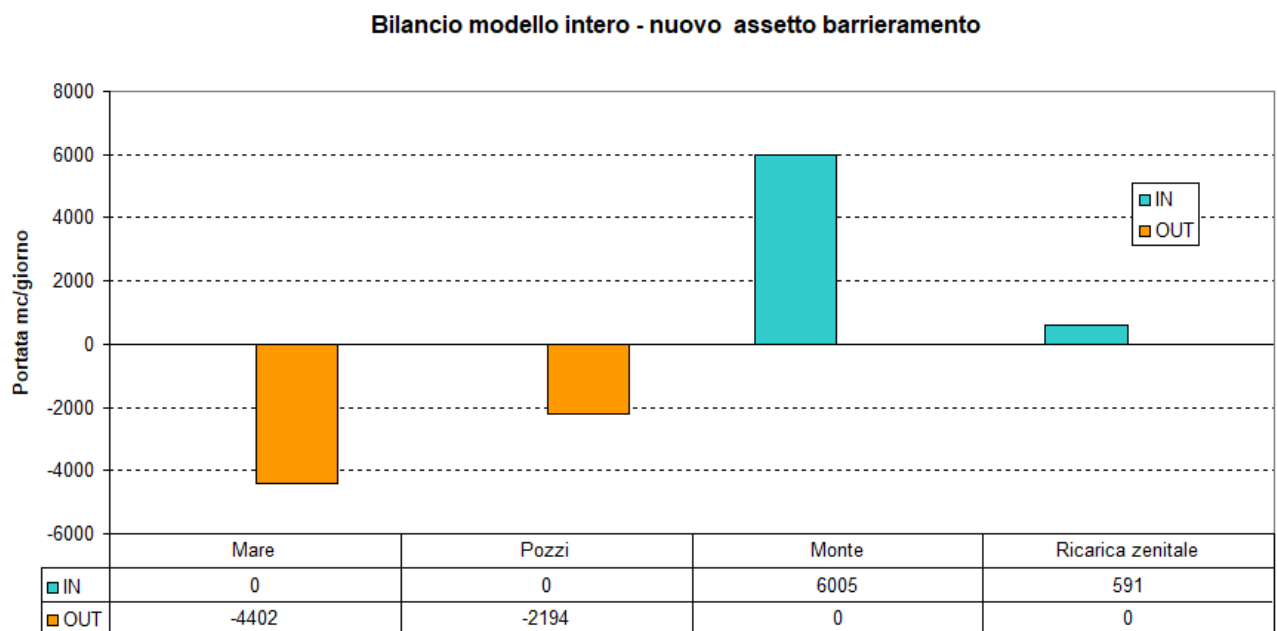


Grafico 5-2: Bilancio intero modello Simulazione n.3.

Nella figura seguente è riportata la freaticmetria a -15 mslm (layer 3) con la sovrapposizione delle pathlines, è evidente che la barriera riesce ad intercettare l'intero flusso che da monte transita all'interno dell'area del SIN: nella figura la linea rossa tratteggiata rappresenta il limite di valle idrogeologica di richiamo da parte dei pozzi (orizzonte di stagnazione).





Figura 5-4 – Freatimetria 3° Layer (-15 mslm) con pathlines – la linea rossa tratteggiata rappresenta la massima estensione dei punti di stagnazione – la linea rossa continua rappresenta la pathlines più esterna che racchiude la fascia di cattura del barrieramento.

Nella figura seguente è riportata la freatimetria del 4° Layer (-30 mslm) con la sovrapposizione delle pathlines, è evidente che anche a questa profondità la barriera riesce ad intercettare l'intero flusso che da monte transita all'interno dell'area del SIN.

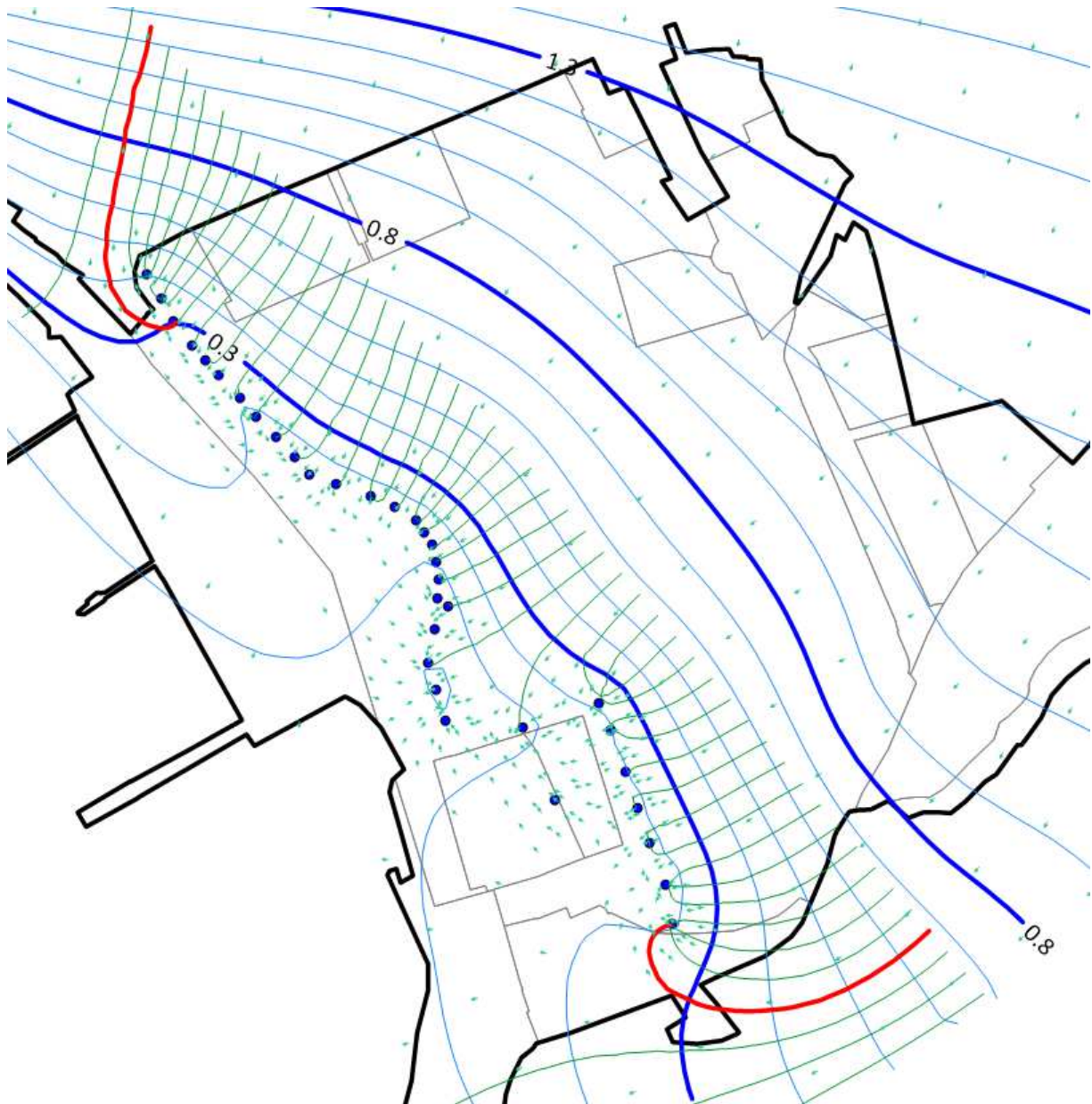


Figura 5-5 – Freatimetria 4° Layer (-30 mslm) con pathlines – la linea rossa continua rappresenta la pathlines più esterna che racchiude la fascia di cattura del barrieramento.

Nella figura seguente sono riportate le differenze di carico idraulico tra le condizioni ante operam e con l'applicazione della barriera (simulazione 3): è evidente la perturbazione indotta dall'emungimento dei pozzi barriera con abbassamenti dei carichi idraulici fino a circa 1.15 metri (gli abbassamenti calcolati derivano esclusivamente dalle di carico lineari mentre all'interno dei pozzi sono presenti perdite di ordine superiori pertanto sperimentalmente al loro interno saranno misurati abbassamenti maggiori).

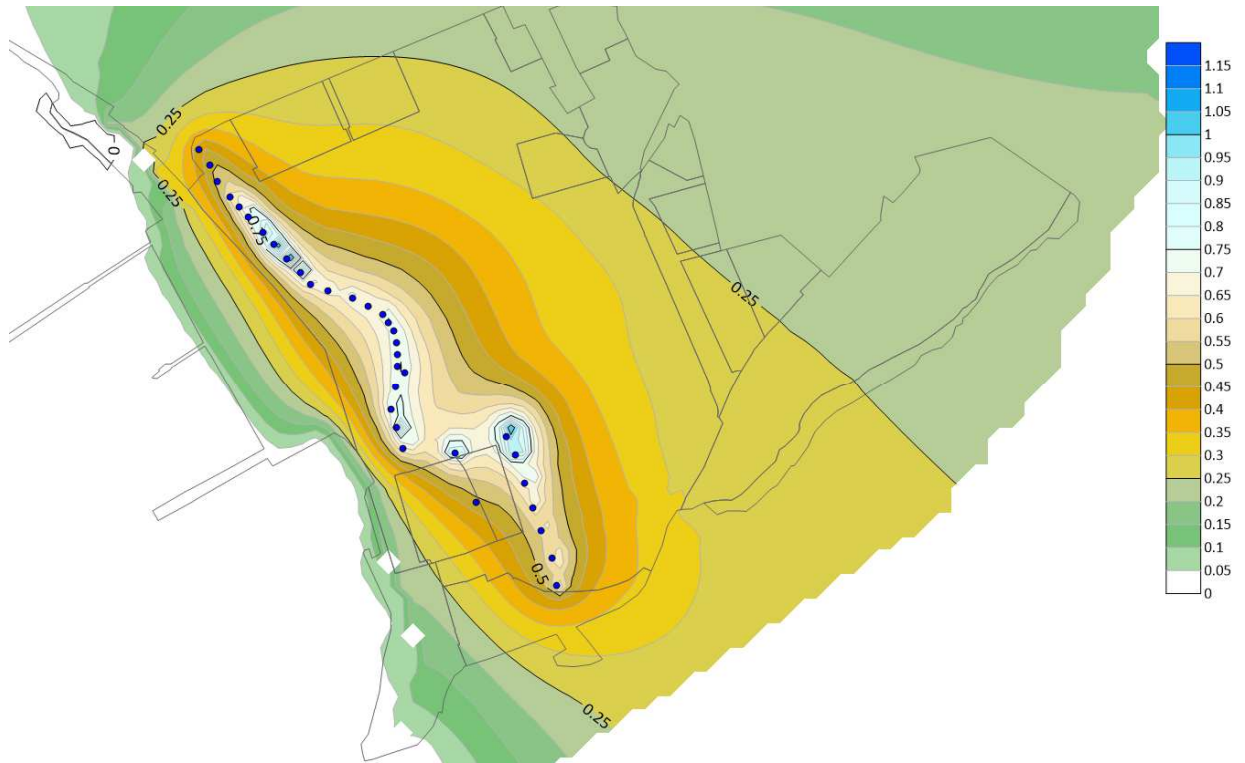


Figura 5-6 – Differenza dei carichi idraulici (in metri) del layer superficiale tra le condizioni ante operam (simulazione n.1) e con barriera idraulico (simulazione n.3)

Nella tabella seguente è riportato un confronto tra le portate dei pozzi barriera considerate nel progetto DICEA e quelle ricalcolate nella presente simulazione: in termini totali il modello calcola una portata di estrazione dei pozzi pari a 2184 m<sup>3</sup>/giorno a fronte dei 1709 m<sup>3</sup>/giorno definiti nel modello DICEA, la differenza è pari a 475 m<sup>3</sup>/giorno.

Fino al Pozzo\_23 i pozzi DICEA combaciano con quelli in essere se non per l'aggiunta del numero di 3 nuovi pozzi (PW16,18,21), a seguire DICEA ha spostato i pozzi più a monte idrogeologico.

Per evitare confusione tra le denominazioni dei pozzi si è aggiunta una denominazione ex novo con la sigla PW.

ID DICEA	ID INV.	ID new	UTM E	UTM N	Q DICEA mc/giorno	Q modello mc/giorno	delta Modello-DICEA mc/giorno
PZ1	POZZO_01	PW_01	429750	4518397	50	72	22
PZ2	POZZO_02	PW_02	429777	4518353	70	72	2
PZ3	POZZO_03	PW_03	429797	4518311	70	72	2
PZ4	POZZO_04	PW_04	429833	4518267	70	48	-22
PZ5	POZZO_05	PW_05	429857	4518241	70	48	-22
PZ6	POZZO_06	PW_06	429882	4518213	84	48	-36
PZ7	POZZO_07	PW_07	429921	4518171	84	48	-36
PZ8	POZZO_08	PW_08	429951	4518139	96	48	-48
PZ9	POZZO_09	PW_09	429986	4518102	20	48	28
PZ10	POZZO_10	PW_10	430021	4518064	20	48	28
PZ11	POZZO_11	PW_11	430049	4518032	20	48	28
PZ12	POZZO_12	PW_12	430093	4518013	20	72	52
PZ13	POZZO_13	PW_13	430155	4517993	20	96	76
PZ14	POZZO_14	PW_14	430203	4517974	20	72	52
PZ15	POZZO_15	PW_15	430240	4517948	20	72	52
PZ15-16		PW_16	430260	4517930	20	72	52
PZ16	POZZO_16	PW_17	430274	4517902	20	48	28
PZ16-17		PW_18	430282	4517876	20	48	28
PZ17	POZZO_17	PW_19	430285	4517844	20	48	28
PZ18	POZZO_18	PW_20	430284	4517811	20	48	28
S3		PW_21	430303	4517795	20	24	4
PZ19	POZZO_19	PW_22	430279	4517754	20	72	52
PZ20	POZZO_20	PW_23	430267	4517692	72	72	0
PZ21	POZZO_21	PW_24	430282	4517642	72	72	0
PZ22	POZZO_22	PW_25	430299	4517586	72	72	0
PZ23	POZZO_23	PW_26	430436	4517573	108	72	-36
PZ23bis		PW_27	430578	4517619	108	120	12
PZ24bis		PW_28	430602	4517570	108	72	-36
PZ25bis		PW_29	430628	4517494	45	48	3
PZ26bis		PW_30	430649	4517428	45	48	3
PZ27bis		PW_31	430672	4517366	45	48	3
PZ30bis		PW_32	430702	4517290	80	144	64
PZ31		PW_33	430714	4517218	80	144	64
				TOT	1709	2184	475

Tabella 5-1: Portate pozzi barriera e confronto tra risultati Simulazioni 3 e DICEA.

Nel grafico sottostante il confronto tra le portate DICEA e modellizzate.

Confronto portate barriera DICEA vs Modello Ambiente

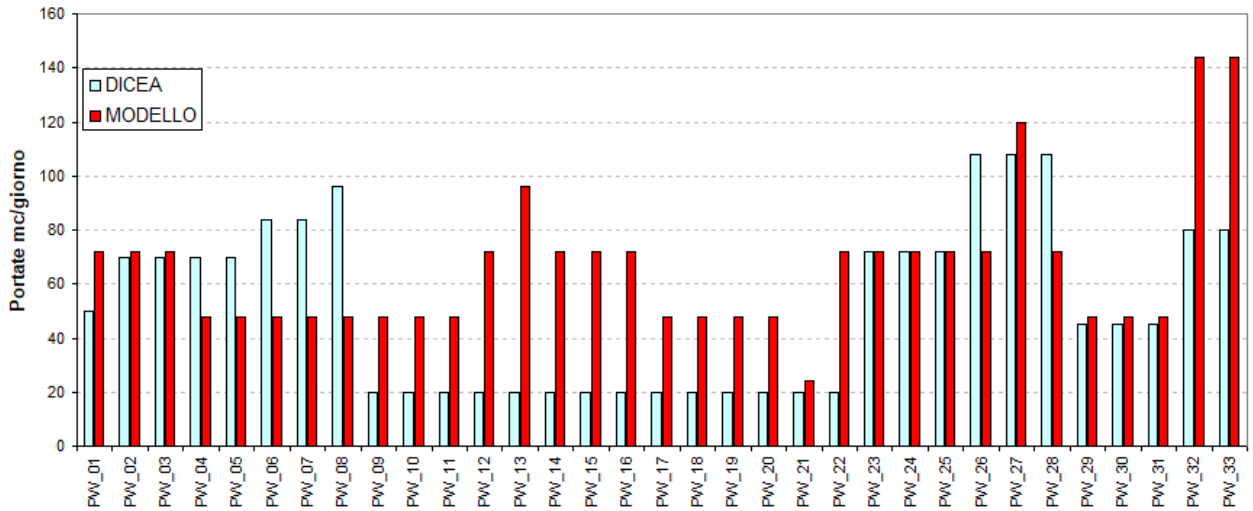


Grafico 5-3: Confronto portate pozzi tra DICEA e modello (Simulazione 3).

#### 5.4. SIMULAZIONE 4

Questa simulazione simula l'effetto combinato dei diaframmi-dreni con l'assetto del barrieramento secondo l'ipotesi DICEA (come numero, posizione e portate dei pozzi).

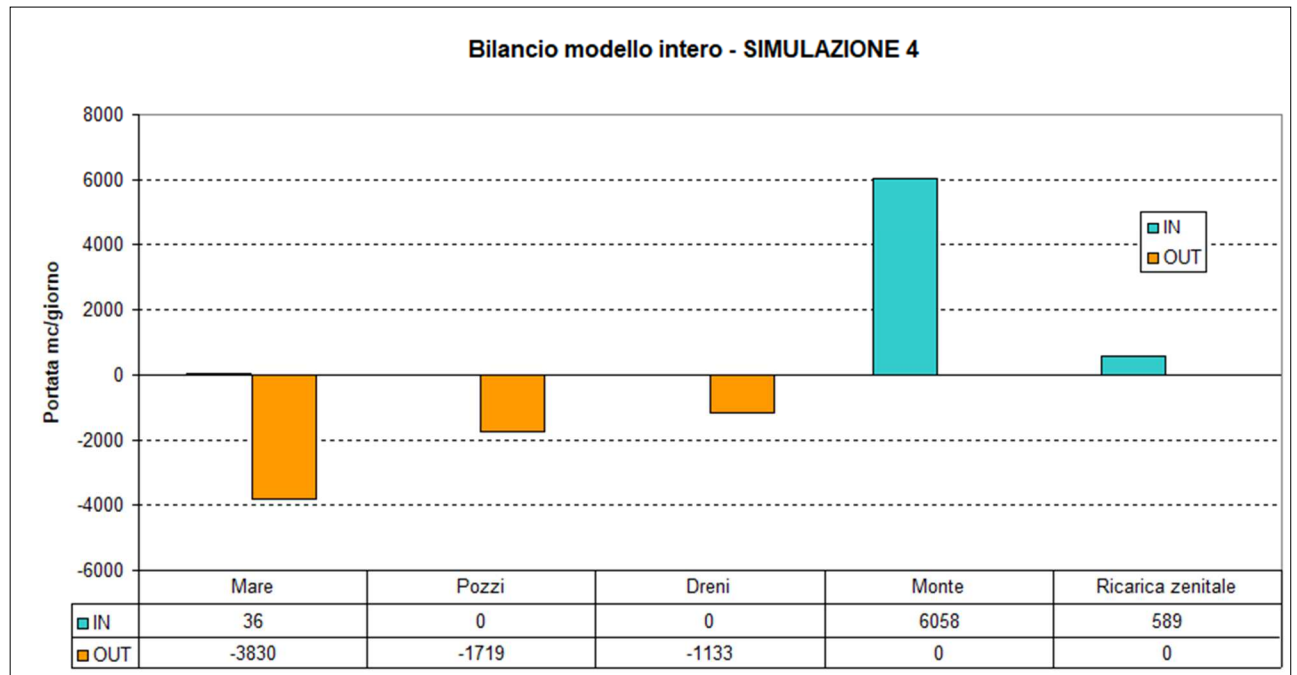


Grafico 5-4: Bilancio intero modello Simulazione n.4.

Nella figura seguente è riportata la freatimetria a -15 mslm (layer 3) con la sovrapposizione delle pathlines, è evidente che la barriera riesce ad intercettare l'intero flusso che da monte transita all'interno dell'area del SIN ad eccezione di una piccola porzione centrale (linee verdi scuro tratteggiate con forma a freccia nella figura seguente), è altresì evidente che il dreno-diaframma di nord intercetta in larga misura il deflusso della falda da settore esterni al perimetro del SIN.

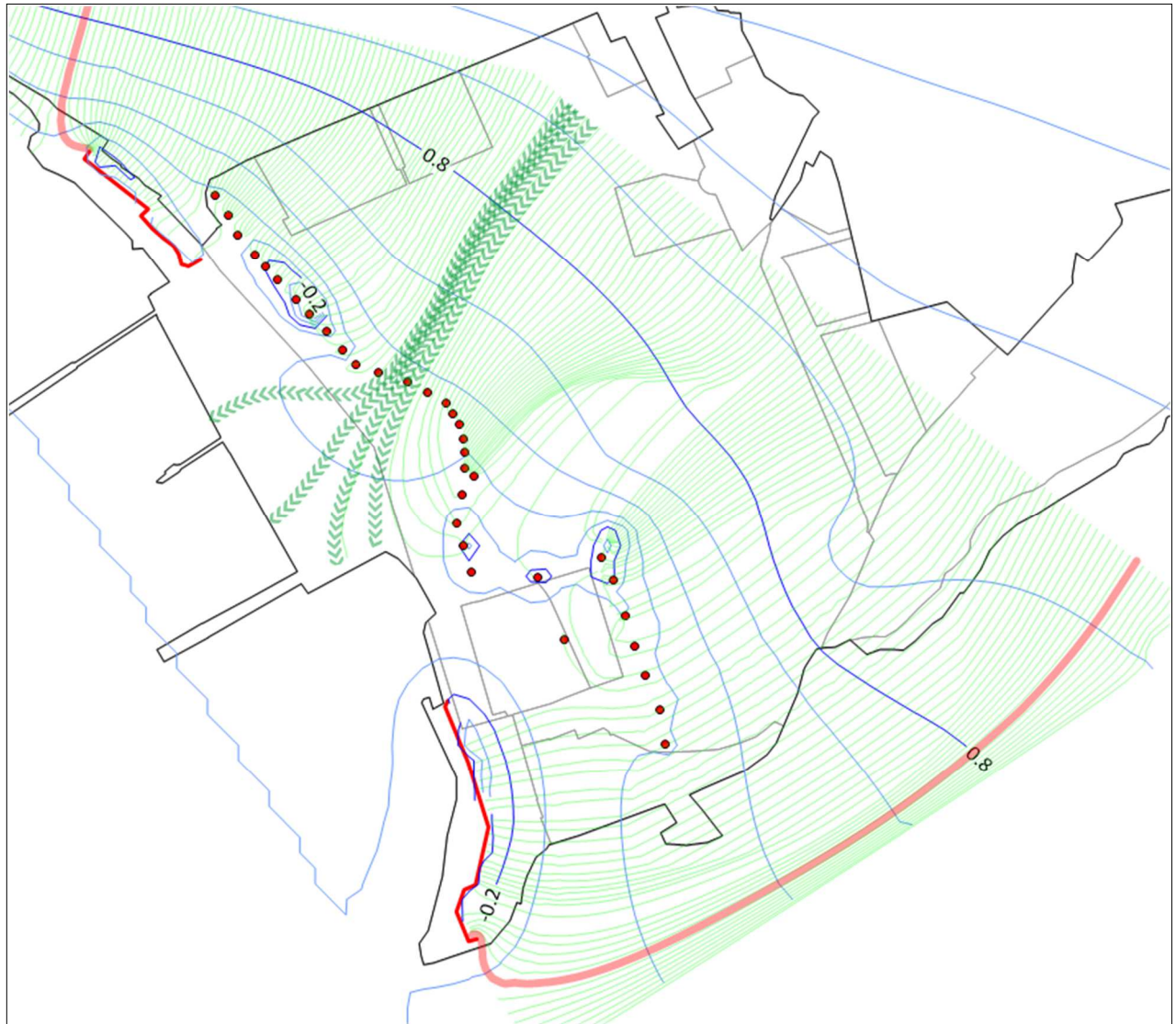


Figura 5-7 – Freatimetria 3° Layer (-15 mslm) con pathlines – la linea rossa continua a diametro maggiore rappresenta la pathlines più esterna che racchiude la fascia di cattura del barrieramento – la linea tratteggiata verde a forma di freccia rappresenta i filetti fluidi che non vengono intercettati dal barrieramento e che drenano verso mare.

### 5.5. SIMULAZIONE 5

Questa simulazione simula l'effetto combinato dei diaframmi-dreni con l'assetto del barrieramento DICEA ottimizzato al fine di intercettare l'intero flusso di falda e di minimizzare le portate di emungimento.

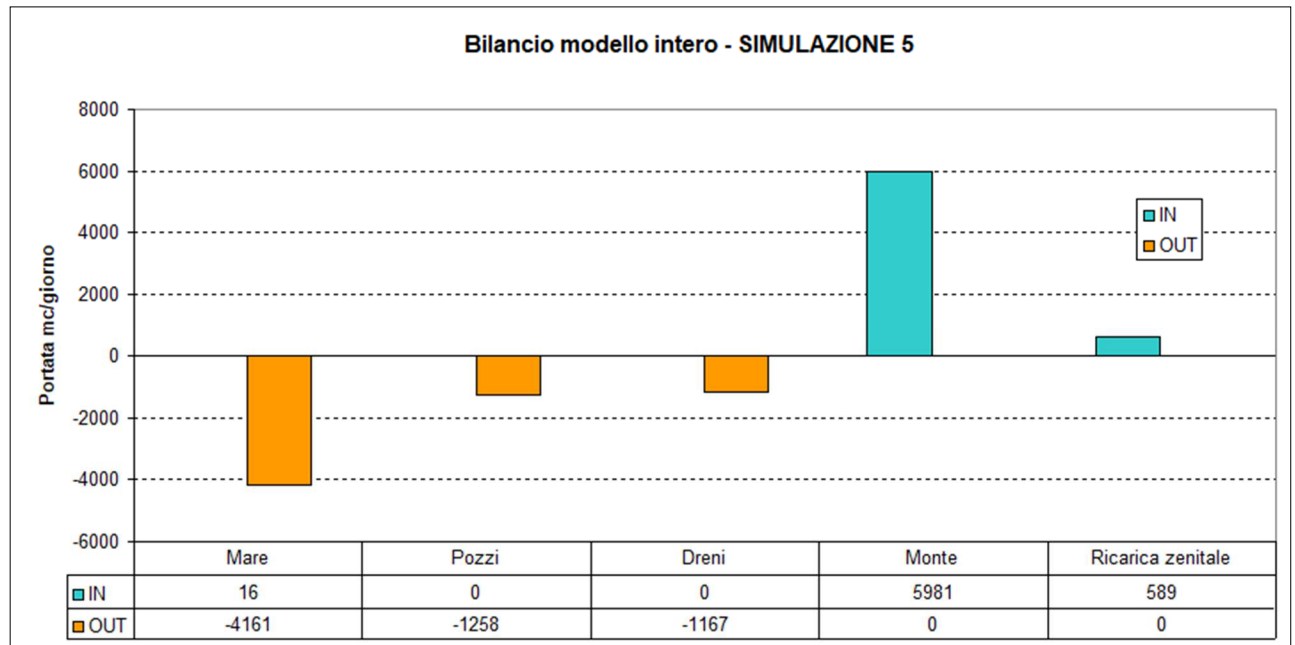


Grafico 5-5: Bilancio intero modello Simulazione n. 5

Nella figura seguente è riportata la freaticmetria a -15 mslm (layer 3) con la sovrapposizione delle pathlines, è evidente che la barriera riesce ad intercettare l'intero flusso che da monte transita all'interno dell'area del SIN, è altresì evidente che il dreno-diaframma di nord intercetta in larga misura il deflusso della falda da settore esterni al perimetro del SIN.

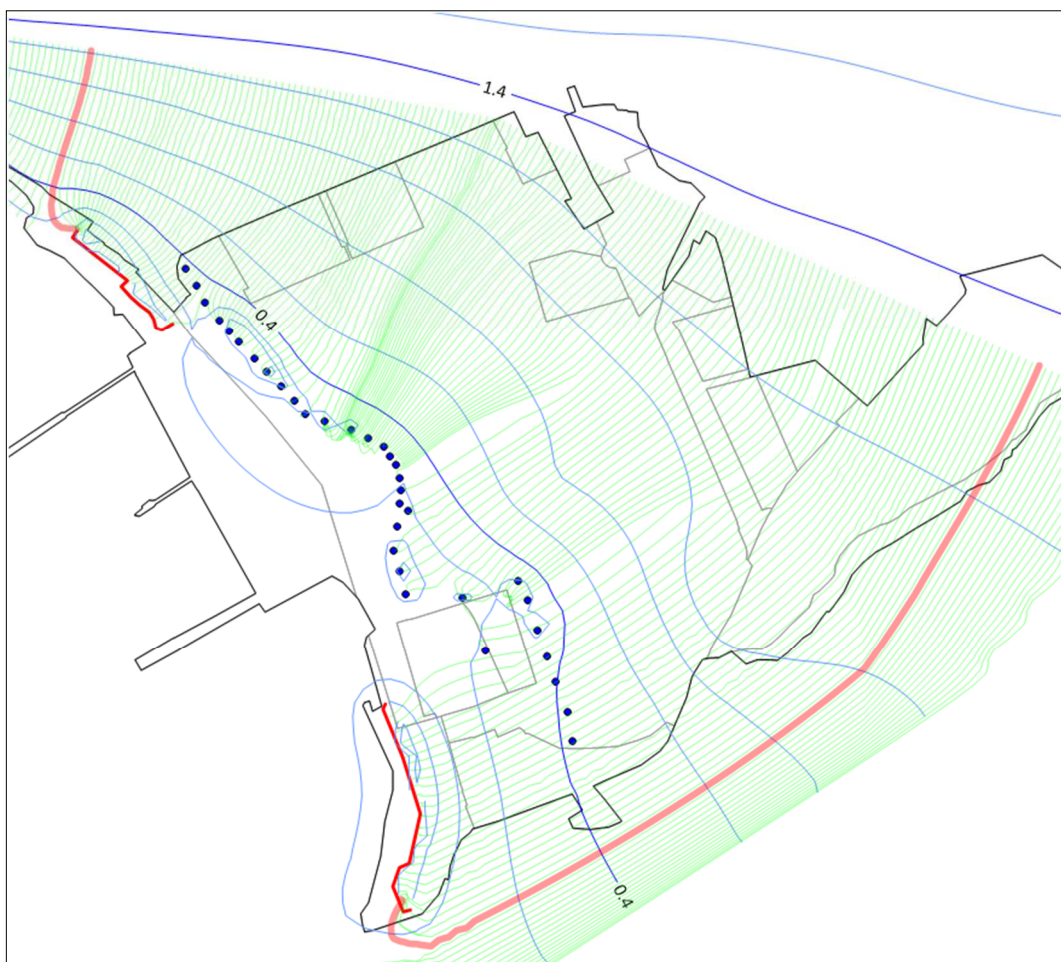


Figura 5-8 – Freatimetria 3° Layer (-15 mslm) con pathlines – la linea rossa continua a diametro maggiore rappresenta la pathlines più esterna che racchiude la fascia di cattura del barrieramento

Nella tabella seguente sono riportate le portate di estrazione dei pozzi barriera nella configurazione DICEA (Simulazione 4) ed ottimizzata (Simulazione 5): l'ottimizzazione del barrieramento ha permesso una diminuzione delle portate di estrazione dei pozzi pari a 461 m<sup>3</sup>/g.



ID	ID DICEA	SIM.4	SIM. 5
		Q DICEA mc/g	Q ottimizzata mc/g
PW_01	PZ1	50	0
PW_02	PZ2	70	0
PW_03	PZ3	70	0
PW_04	PZ4	70	70
PW_05	PZ5	70	70
PW_06	PZ6	84	72
PW_07	PZ7	84	48
PW_08	PZ8	96	48
PW_09	PZ9	20	24
PW_10	PZ10	20	20
PW_11	PZ11	20	20
PW_12	PZ12	20	72
PW_13	PZ13	20	96
PW_14	PZ14	20	48
PW_15	PZ15	20	72
PW_16	PZ15-16	20	24
PW_17	PZ16	20	24
PW_18	PZ16-17	20	24
PW_19	PZ17	20	24
PW_20	PZ18	20	24
PW_21	S3	20	12
PW_22	PZ19	20	24
PW_23	PZ20	72	72
PW_24	PZ21	72	72
PW_25	PZ23bis	108	0
PW_26	PZ22	72	72
PW_27	PZ23	108	72
PW_28	PZ24bis	108	72
PW_29	PZ25bis	45	72
PW_30	PZ26bis	45	0
PW_31	PZ27bis	45	0
PW_32	PZ30bis	80	0
PW_33	PZ31	80	0
PZ_S1_IDIS		9.6	9.6
DRENI		1133	1167
TOT		2851.6	2424.6

Tabella 5-2: Portate pozzi barriera DICEA (Simulazione 4) ed ottimizzate (Simulazione 5).

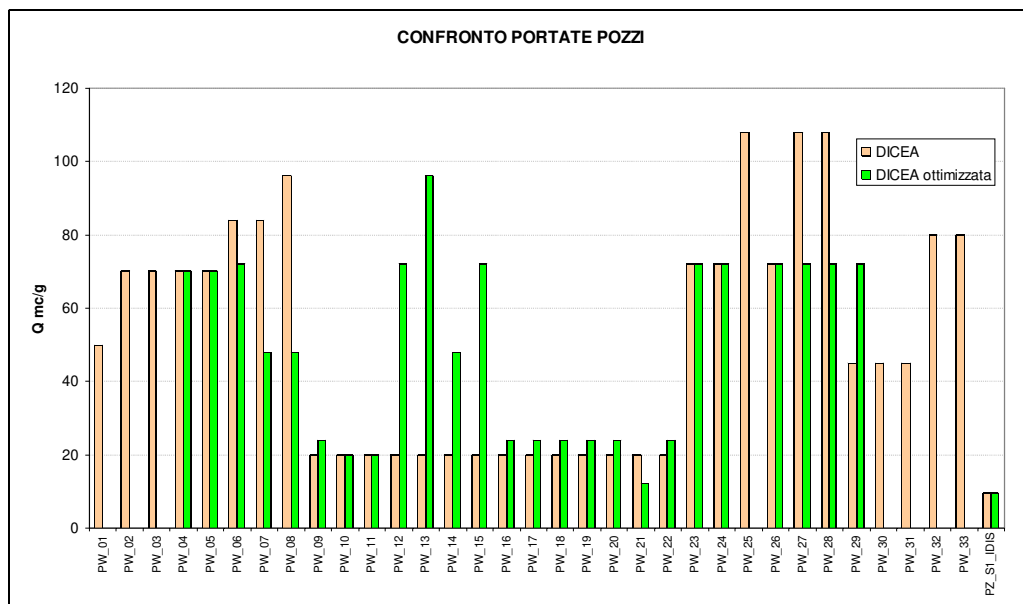


Grafico 5-6: Portate pozzi barriera DICEA (Simulazione 4) ed ottimizzate (Simulazione 5).

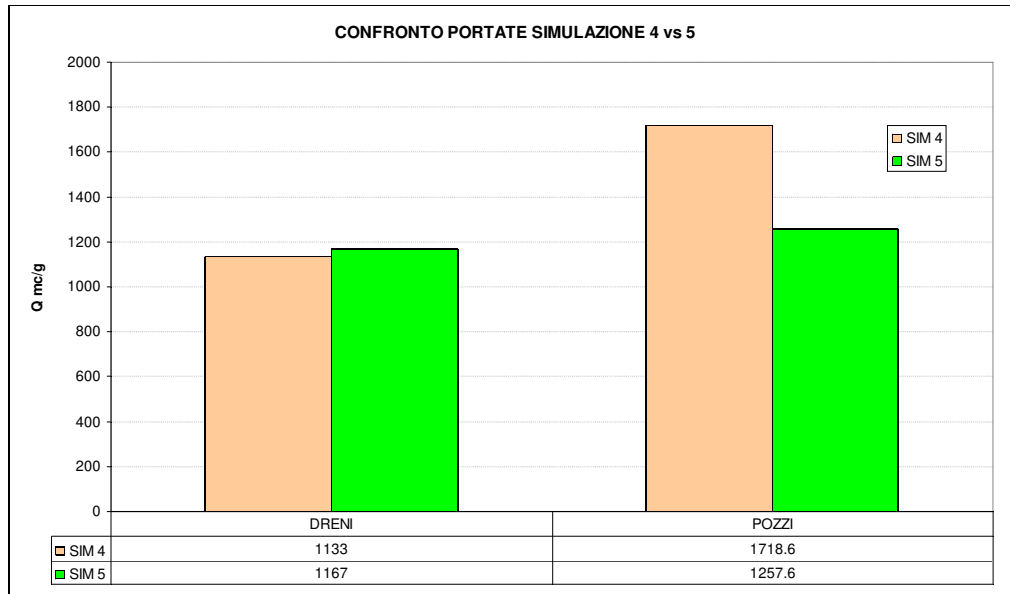


Grafico 5-7: Confronto portate pozzi e trincee tra la configurazione DICEA (Simulazione 4) ed ottimizzate (Simulazione 5).

## 6. BREVE AGGIORNAMENTO DELLO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Dall'analisi dei risultati analitici dei campioni di acqua sotterranea prelevati dai monitoraggi periodici eseguiti sui piezometri superficiali installati in Sito, riportati in Allegato 1 e riferibili al periodo marzo 2019 – febbraio 2022, sono emersi superamenti dei limiti definiti delle Concentrazioni Soglie di Contaminazione (CSC), riportate in Tabella 2, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs. 152/06 corrette con valori di fondo individuate per il sito in esame, per i seguenti parametri:

- Arsenico in: PFR F10;
- Boro in: LAM R20P, PISC 2, VAR N13S, PZ22, PZ13, PZ14, PFR 10 e CAM 1;
- Berillio in: PZ7;
- Cobalto in: PFRF10;
- Cadmio in: PZ7;
- Ferro in: H3S, LAM 9, LAM 11, LAM R20P, PFRS\_03, PZ11, PZ13, PZ14, PZ15, PZ22, PZ23, PZ2r e PZ28;
- Manganese in: ACC 1S, AFO5, HS3, LAM R20P, LAM 11, PZ13, PZ14 NP10, PFR S3, PISC9, PZ 6, PZ9, PZ14, PZ22, PZ23 e VAR N13S;
- Mercurio in: LAMR20P, NP 12, PFRF10, PZ 3a bis, PZ 8, PZ26, PZ27;
- Nichel in: PZ5; Piombo in: PZ4C, PFRF10 e CAM 1;
- Zinco in: PZ 15;
- Idrocarburi totali in: LAMR20P, PFR F10, PZ4C, PZ6, PISC 4, PISC 5, PISC 6, HS03 e PZ07;
- Benzo(a)antracene in: LAMR20P, PFR F10, PISC 4, PISC 5, PISC 7, PZ 3a bis, PZ6, PZ7, PZ21, PZ28 e PFR\_03;
- Cristene in: PZ 3a bis;
- Dibenz(a,h)antracene in: LAM11, PFR F10, PISC 4, PISC 5, PISC 7, PZ 3a bis, PZ6, PZ7 e PZ21;
- Indenopirene in: PZ 3a bis, PZ6 e PISC4;
- Benzo(a)pirene in: CAM1, LAM7R, LAM 11, LAM R20P, PISC 4, PISC5, PISC 7, PFR3, PFRF10, PZ 3a bis, PZ6, PZ7, PZ8, PZ21 e PZ08C;

- Benzo(b)fluorantene in: PFR\_F10, LAM R20P, PISC 4, PISC5, PZ6, PISC 7, PZ 3a bis, PZ6 e PZ21;
- Benzo(g,h,i)perilene: CAM1, LAM7R, LAM11, LAM R20P, PFR3, PFRF10, PFRS3, PISC 4, PISC 5, PISC 7, PZ 3a bis, PZ6 e PZ21;
- Benzo(k)fluorantene in: PISC 4, PISC 5, PFR\_G10, PISC 7, PZ 3a bis e PZ6;
- Sommatoria IPA: LAM R20P, LAM 7R, LAM11, PFRF10, PISC 4, PISC 5, PISC 7, PZ 3a bis, PZ6, PZ7, PZ 8, LAM\_N02 e LAM\_07R;
- Benzene in: PFRF10, PISC 4, PISC 5, PZ5 e PZ6;
- Toluene in: PISC 4;
- Stirene in: PISC 4;
- Xilene in: PISC 4 e PISC 5;
- Solfati in: ACC 1S, AFO 5, LAM 9, LAM 10, LAM 11, LAM R20P, NP 3, NP 5, NP 10, PISC 1, PISC 2, PISC 4, PISC 5, PISC 6, PISC 9, PFRS3, PZ 3a bis, PZ6, PZ7, PZ8, PZ8C, PZ9, PZ10, PZ13, PZ22, PZ25, VAR 7 e VAR N13S;
- Nitriti in: CAM1, PZ4C, NP 10, NP 6, NP 7, NP 12, OSS N1P, PISC 4, PISC 5, PISC 6, PZ4, PZ5, PZ8, PZ9, PZ16 e VAR 7;
- 2,3,4,7,8 - Pentacloro Dibenzofurano in: PZ4C;
- Sommatoria PCB in: PISC 4, PISC 5, PZ 3a bis, PZ4C, PZ6, PZ8 e PZ21;
- Sommatoria PCDD, PCDF (conversione TEF) in PZ8 e PZ4C;
- Fluoruri: in tutti o quasi i piezometri campionati.

L'andamento delle concentrazioni dei parametri su indicati, rilevati in corrispondenza di ciascun punto di monitoraggio caratterizzato da almeno una non conformità rilevata nel periodo di riferimento, sono osservabili nei grafici seguenti.

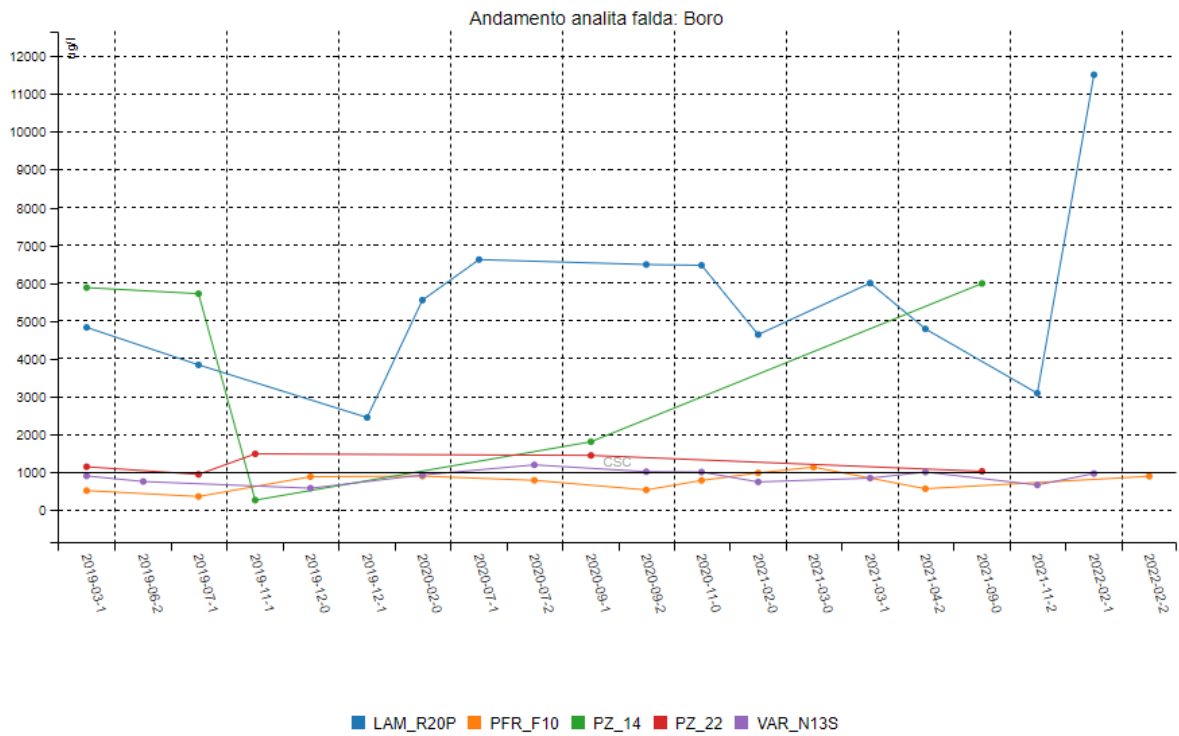


Grafico 6-1: Concentrazioni di Boro nei piezometri superficiali

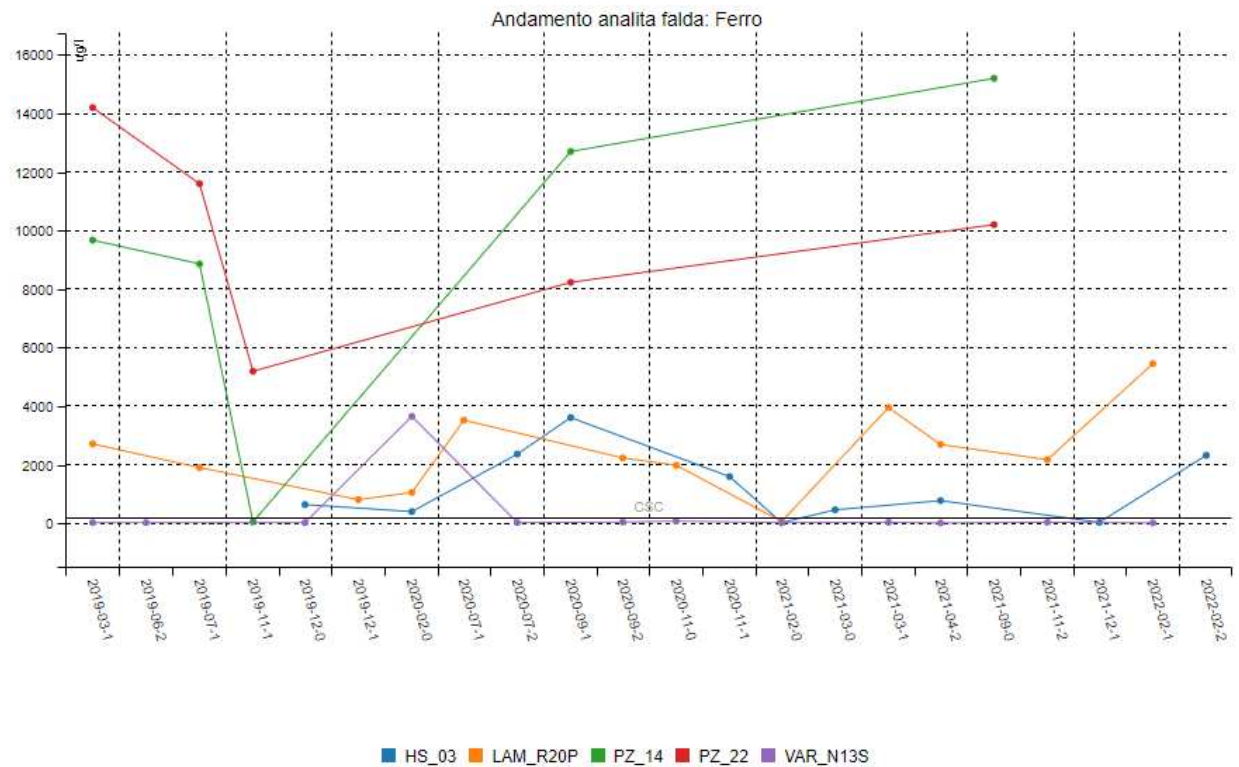


Grafico 6-2: Concentrazioni di Ferro nei piezometri superficiali

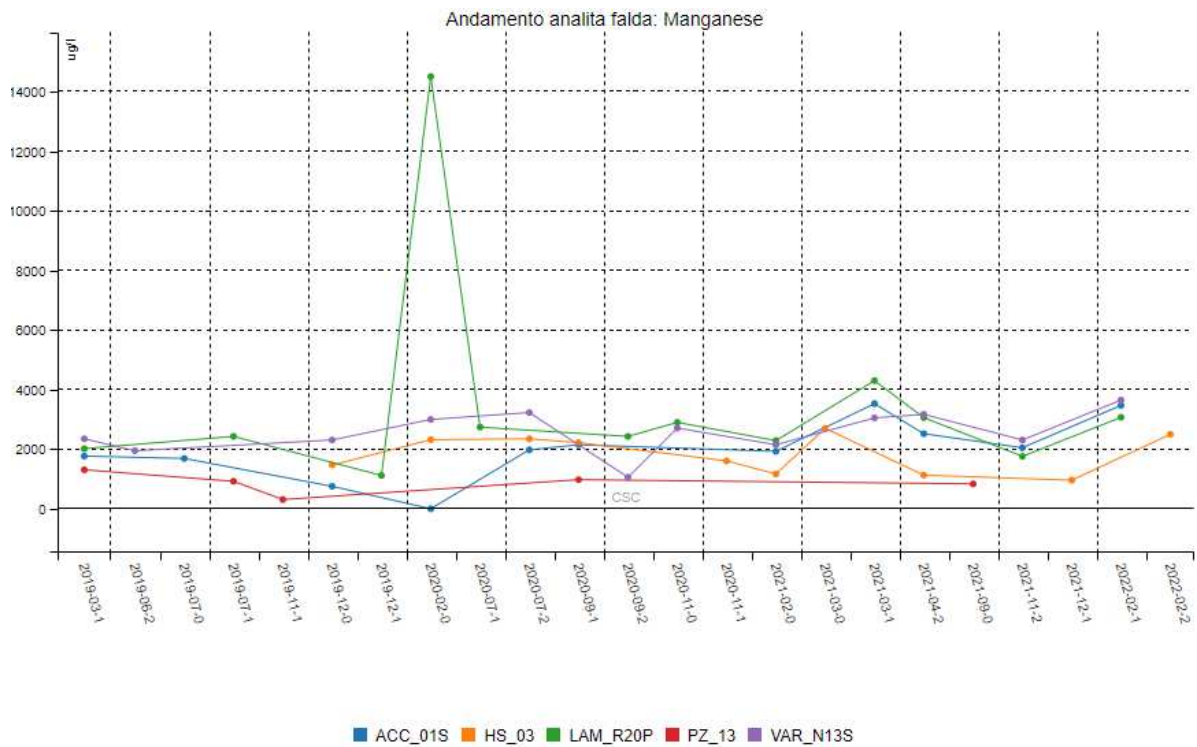


Grafico 6-3: Concentrazioni di Manganese nei piezometri superficiali

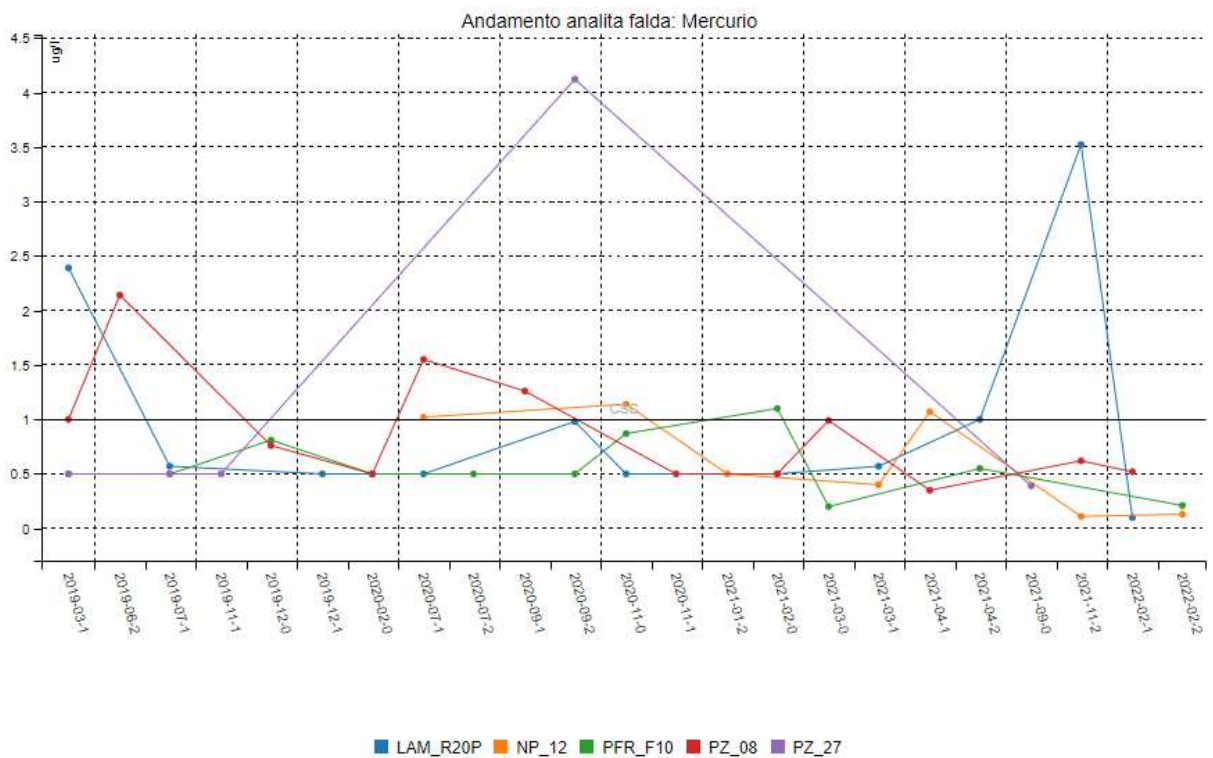


Grafico 6-4: Concentrazioni di Mercurio nei piezometri superficiali

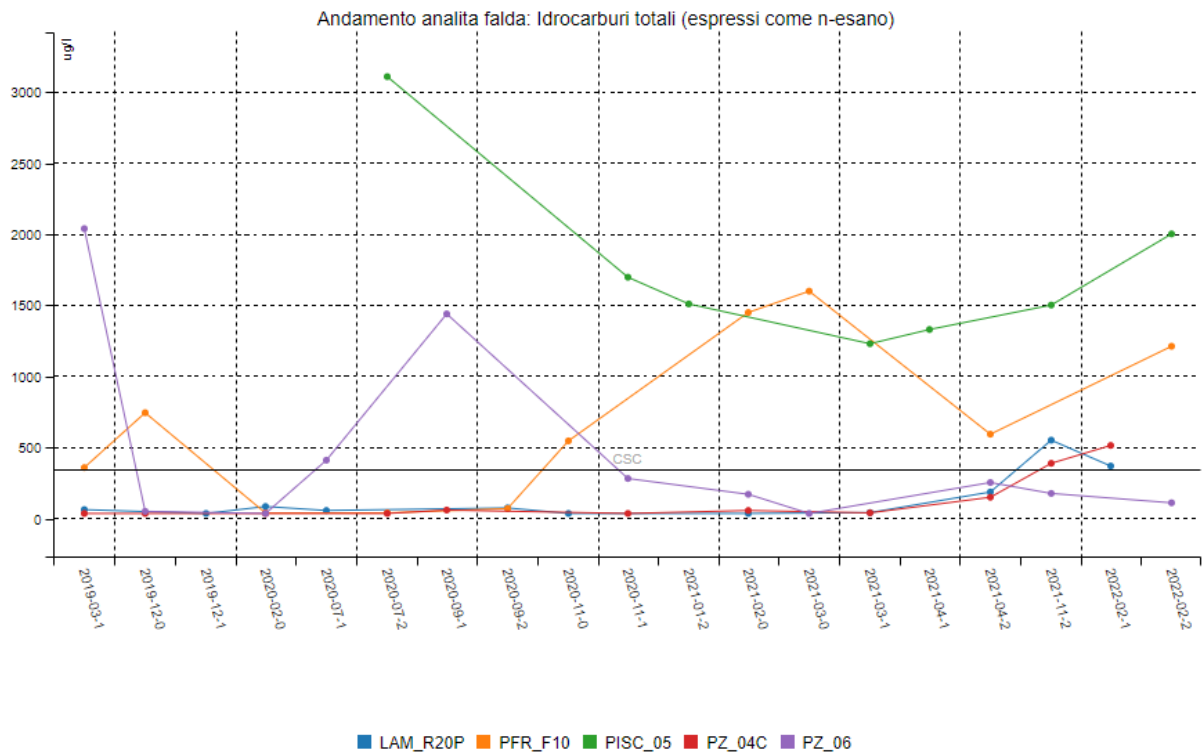


Grafico 6-5: Concentrazioni di idrocarburi totali nei piezometri superficiali

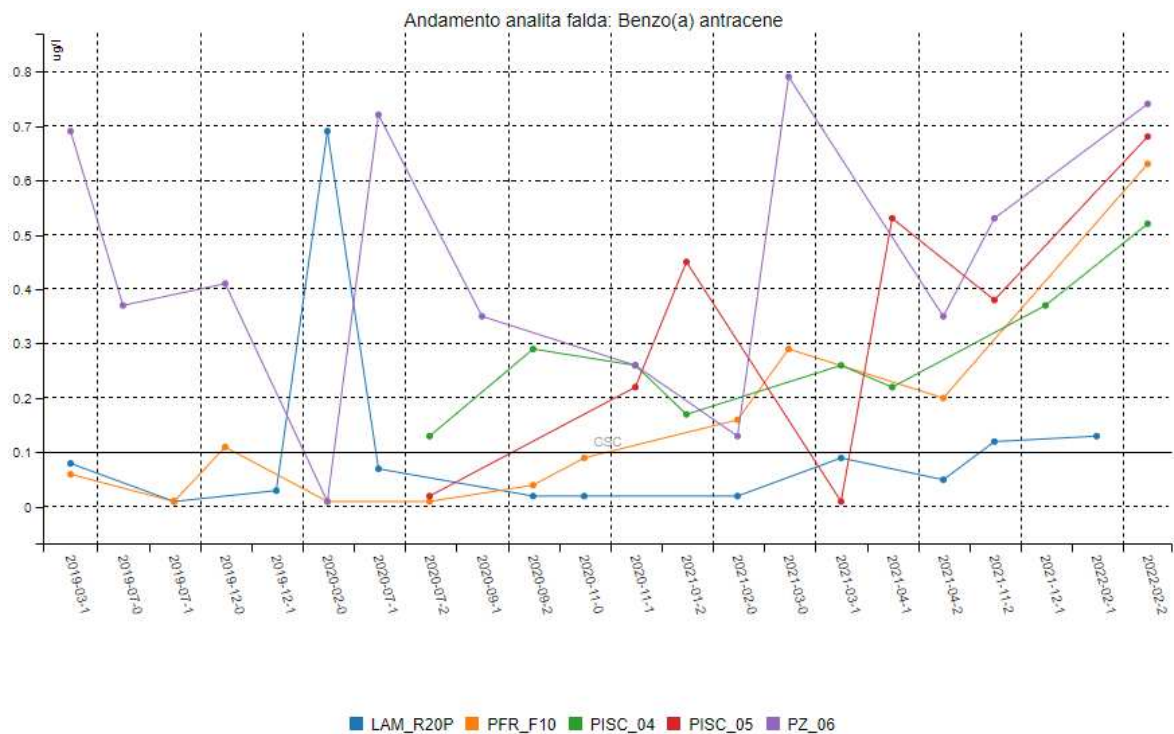


Grafico 6-6: Concentrazioni di Benzo (a) antracene nei piezometri superficiali

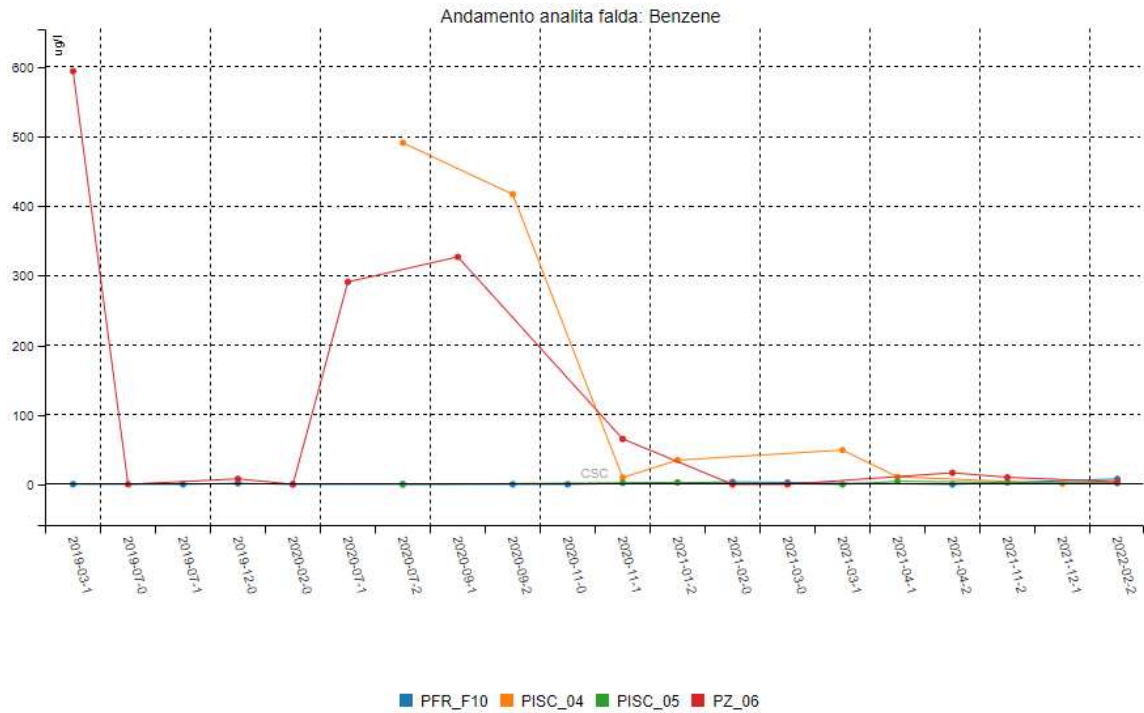


Grafico 6-7: Concentrazioni di Benzene nei piezometri superficiali

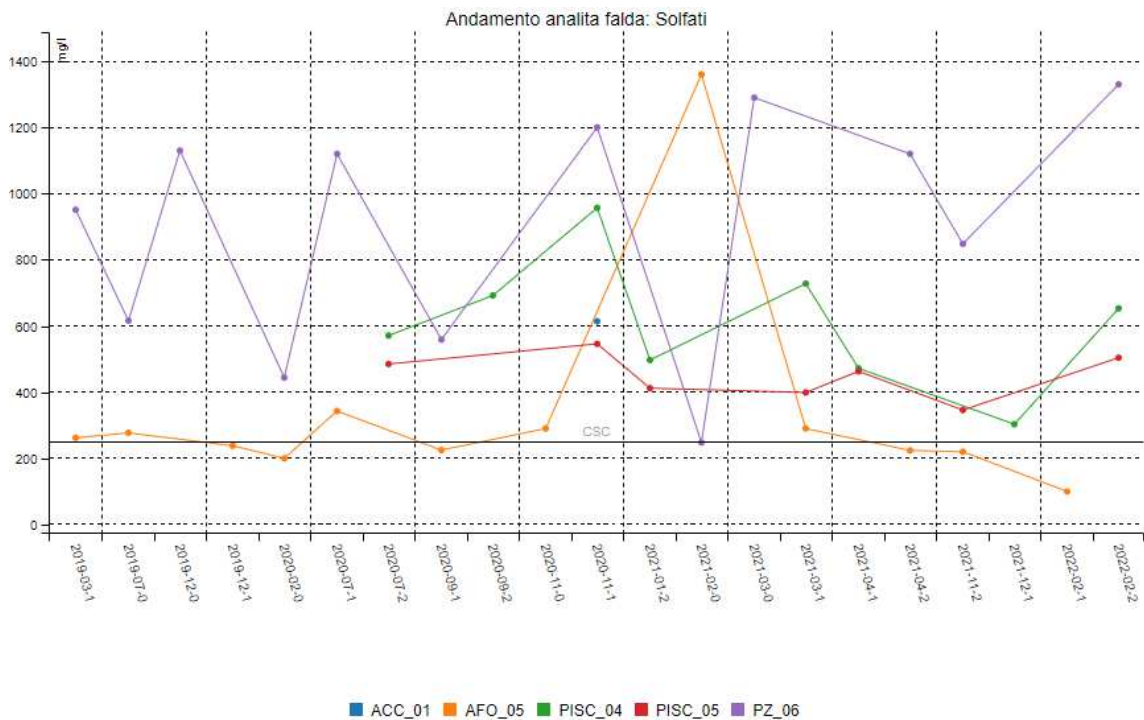


Grafico 6-8: Concentrazioni di Solfati nei piezometri superficiali



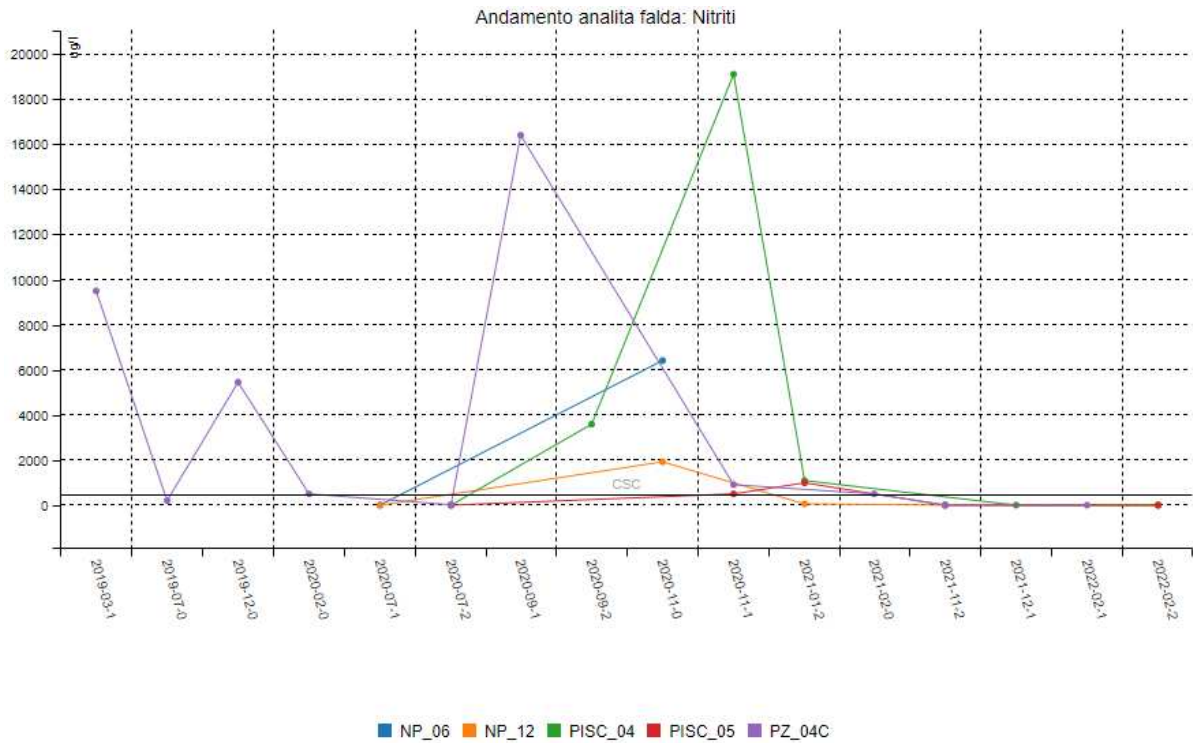


Grafico 6-9: Concentrazioni di Nitriti nei piezometri superficiali

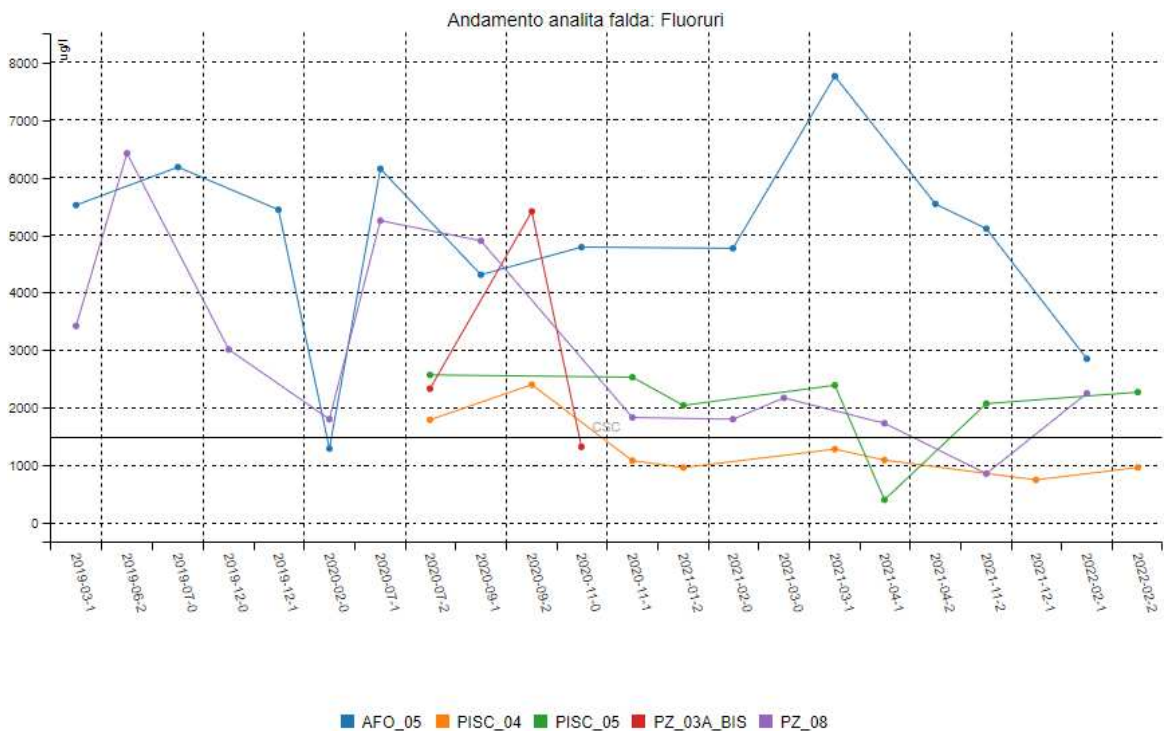


Grafico 6-10: Concentrazioni di Fluoruri nei piezometri superficiali

Dall'analisi dei risultati analitici dei campioni di acqua sotterranea prelevati dai monitoraggi periodici eseguiti sui piezometri profondi installati in Sito, riportati in Allegato 2 e riferibili al periodo marzo 2019 – settembre 2021, sono emersi superamenti delle Concentrazioni Soglie di Contaminazione (CSC), riportate in Tabella 2, Allegato 5, Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs. 152/06 06 corrette con valori di fondo individuate per il sito in esame, per i seguenti parametri:

- Boro in: PZ14 e PZ22;
- Ferro in: PZ11, PZ12, PZ 13, PZ14, PZ22, PZ23, PZ25 e PZ28;
- Manganese in: PZ13, PZ17, PZ22, PZ23 e PZ24;
- Piombo in: PZ25;
- Benzo(a)antracene in: PZ28;
- Benzo(a)pirene in: PZ23 e PZ28;
- Benzo(g,h,i)perilene: PZ28;
- Solfati in: PZ11, PZ13, PZ14, PZ16, PZ19, PZ20, PZ22, PZ23, PZ24 e PZ25;
- Nitriti in: PZ15, PZ16, PZ18 e PZ19
- Fluoruri: in tutti o quasi i piezometri campionati.

L'andamento delle concentrazioni dei parametri su indicati, rilevati in corrispondenza di ciascun punto di monitoraggio caratterizzato da almeno una non conformità rilevata nel periodo di riferimento, sono osservabili nei grafici seguenti.

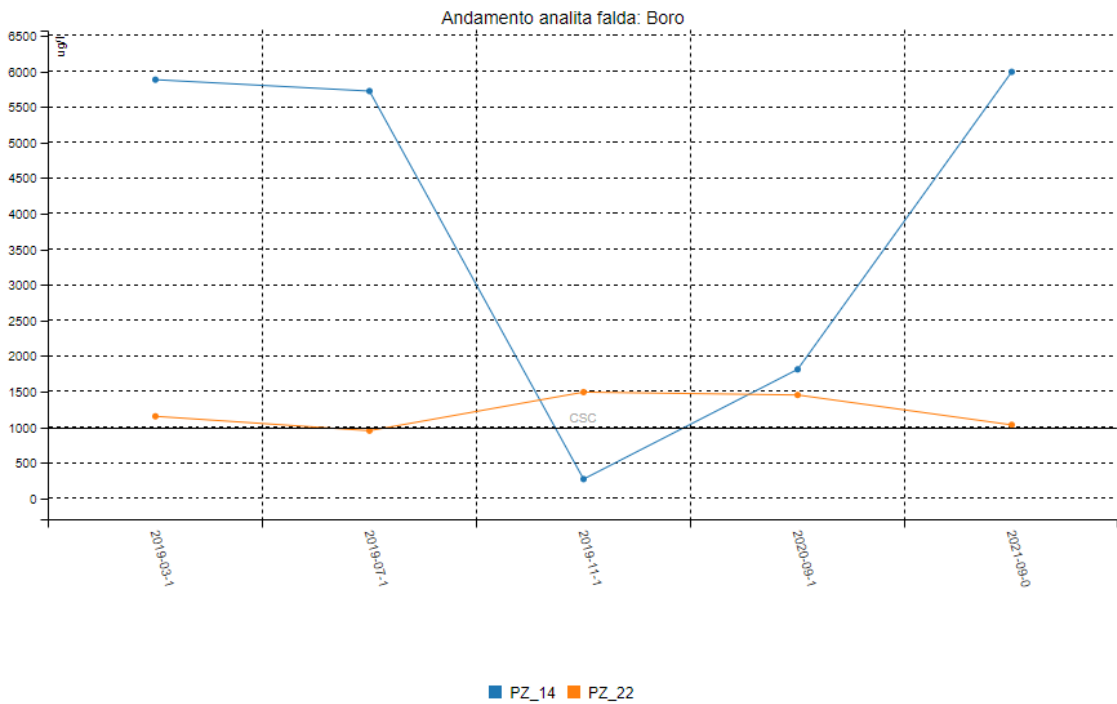


Grafico 6-11: Concentrazioni di Boro nei piezometri profondi

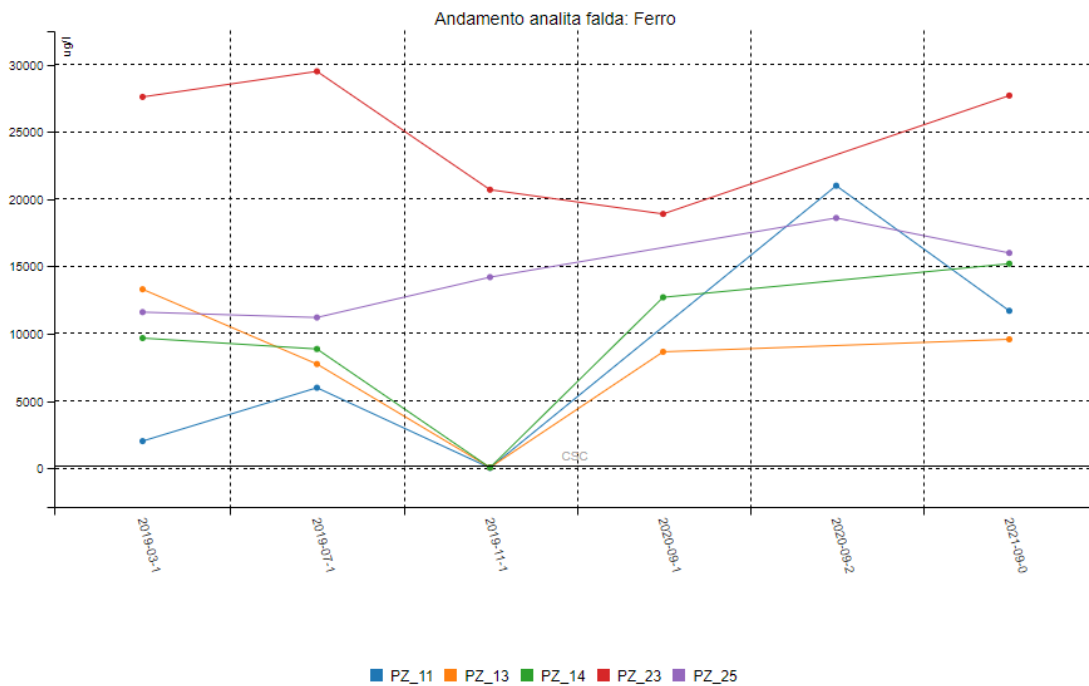


Grafico 6-12: Concentrazioni di Ferro nei piezometri profondi

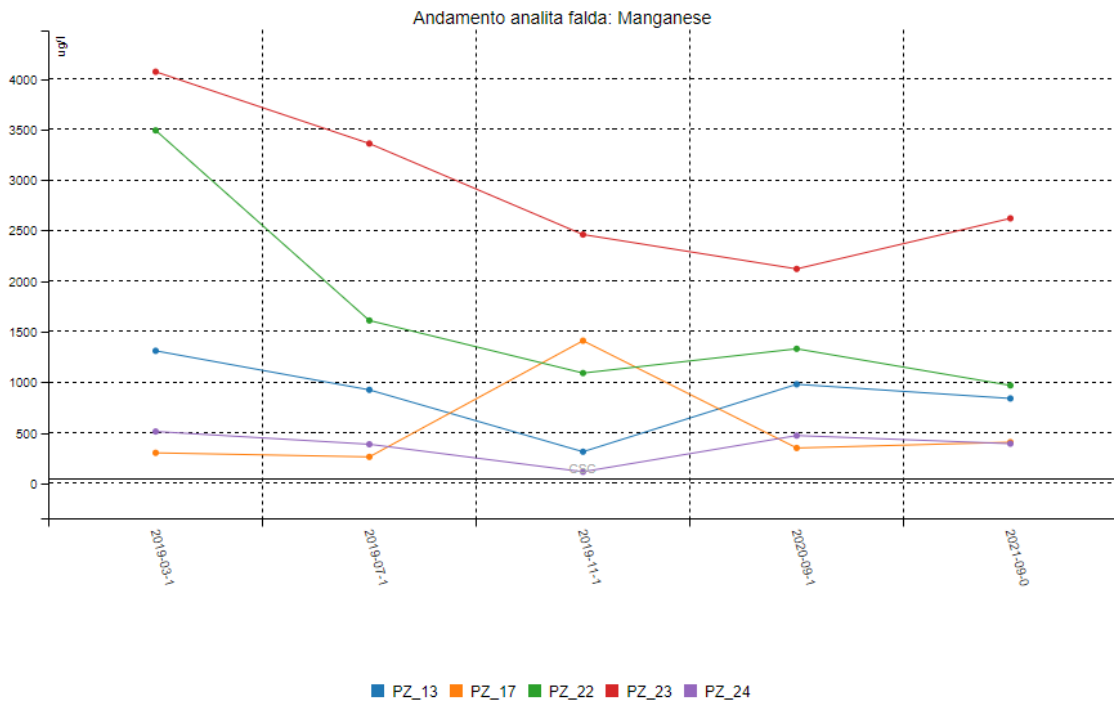


Grafico 6-13: Concentrazioni di Manganese nei piezometri profondi

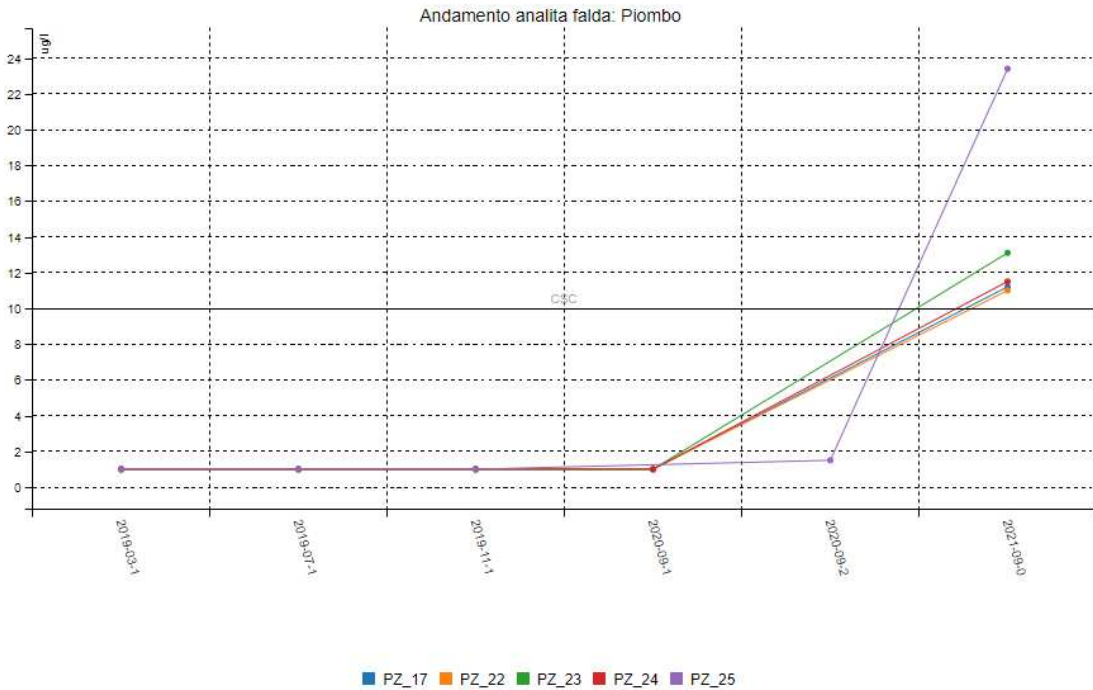


Grafico 6-11: Concentrazioni di Pb nei piezometri profondi

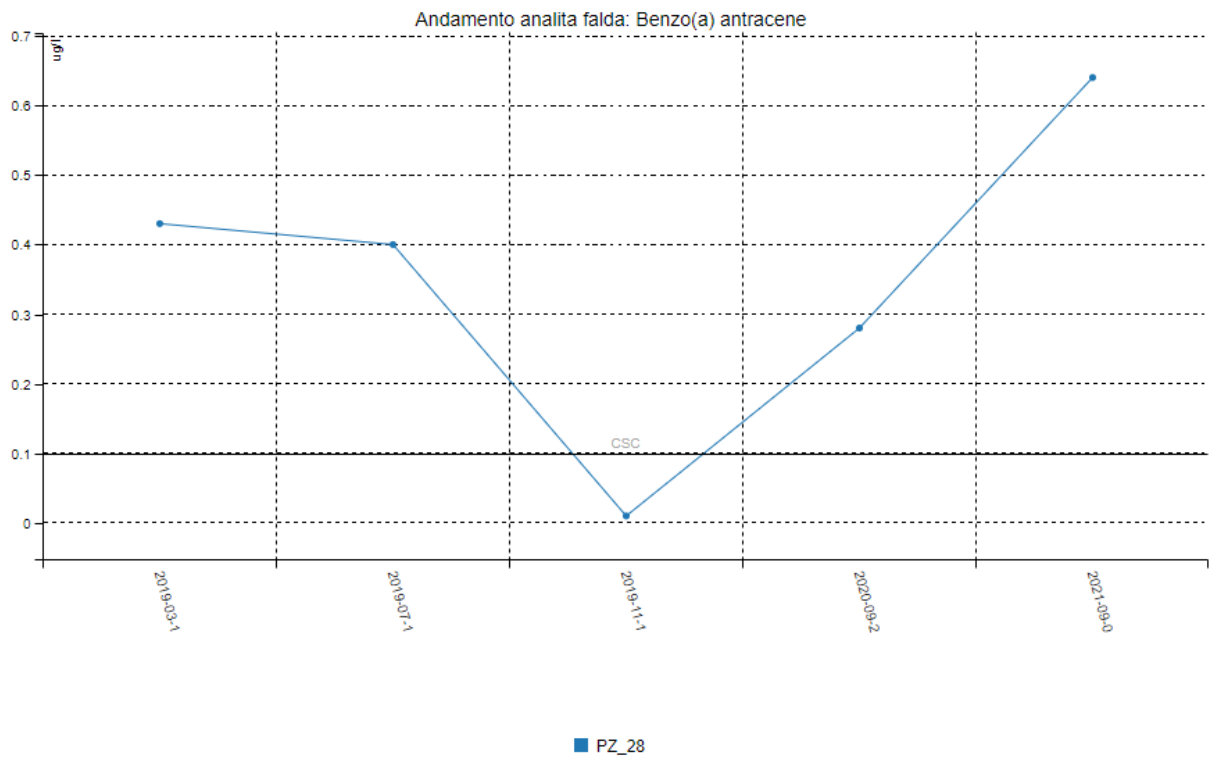


Grafico 6-12: Concentrazioni di Benzo(a)antracene nei piezometri profondi

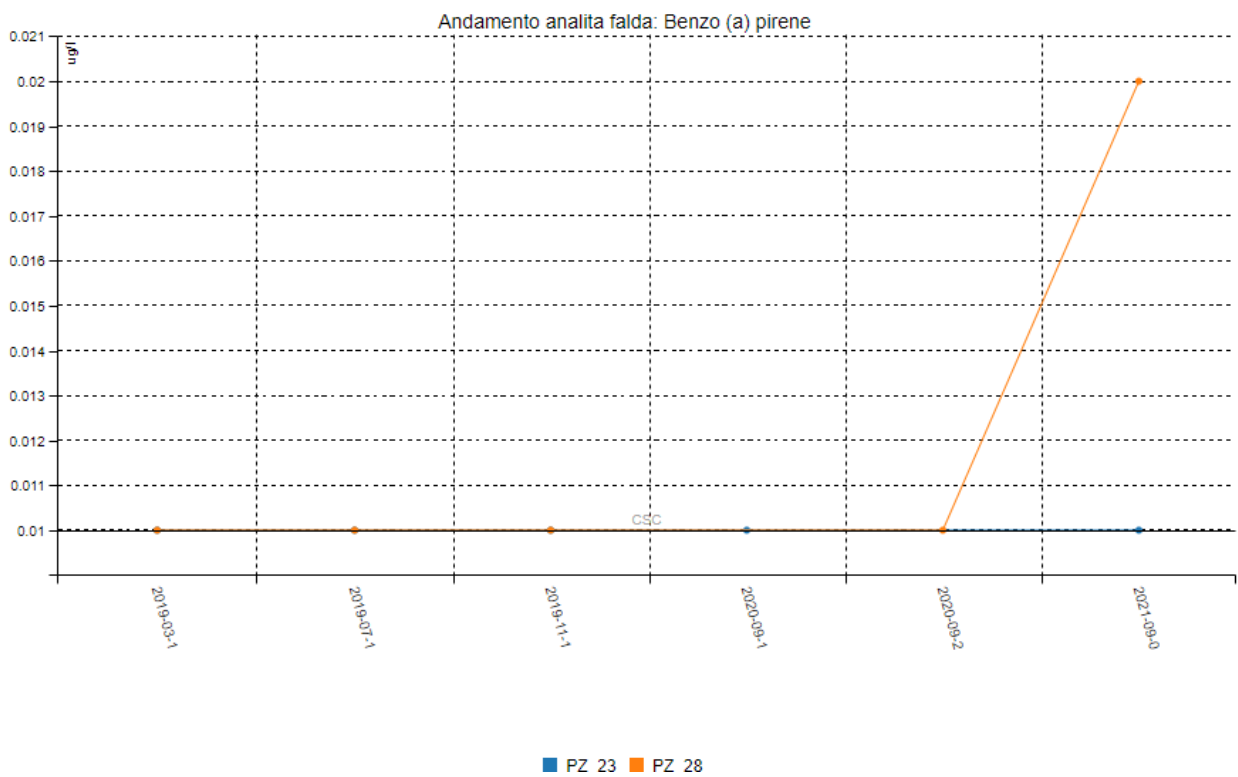


Grafico 6-13: Concentrazioni di Benzo(a)pirene nei piezometri profondi

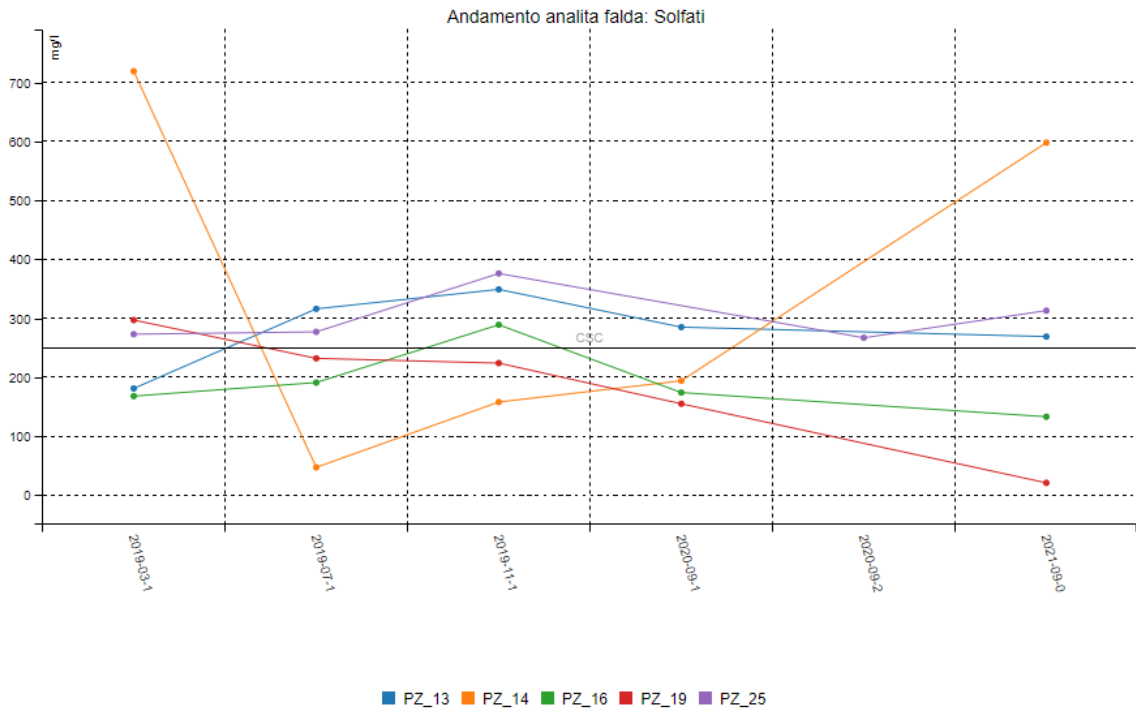


Grafico 6-17: Concentrazioni di Solfati nei piezometri profondi

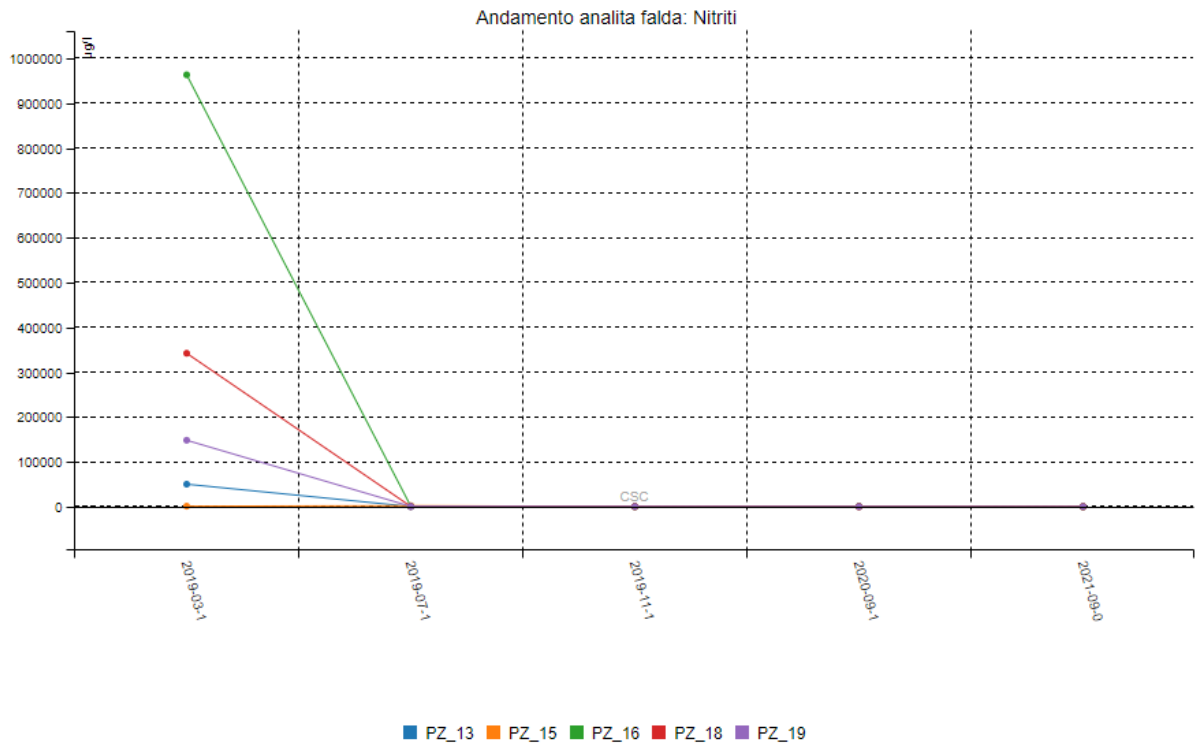


Grafico 6-18: Concentrazioni di Nitriti nei piezometri profondi

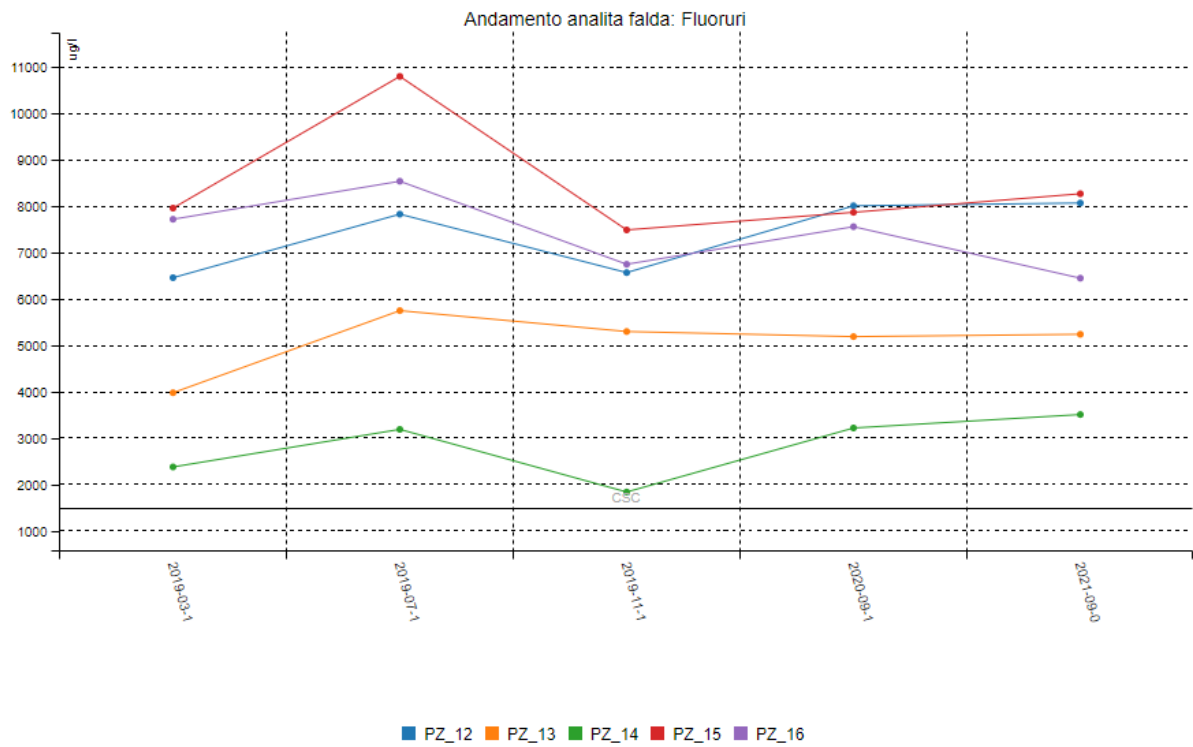


Grafico 6-19: Concentrazioni di Fluoruri nei piezometri profondi

## 7. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il modello numerico implementato è stato utilizzato non solo per verificare l'attuale assetto del barrieramento idraulico ma anche per ridefinire le portate di estrazione progettate dal DICEA; i risultati sono i seguenti:

- L'attuale assetto permette intercettare l'intero fronte di falda che transita nell'intero SIN.
- L'assetto progettato dal DICEA è sottodimensionato di 475 m<sup>3</sup>/giorno avendo una portata totale pari a 1709 m<sup>3</sup>/giorno a fronte del risultato modellistica (Simulazione 3) che calcola una portata totale di estrazione pari a 2184 m<sup>3</sup>/giorni, per permettere di intercettare l'intero fronte di falda transitante all'interno del SIN.
- La configurazione della barriera calcolata (Simulazione 3) permette di intercettare l'intero fronte della falda transitante all'interno del SIN, fino ad una profondità di circa -40 mslm.
- La configurazione dreno-diaframma e pozzi DICEA (Simulazione 4) presenta le seguenti criticità: elevata portata derivante dall'azione di richiamo della trincea localizzata a nord verso settori esterni al SIN, intercettazione imperfetta del flusso di falda ad opera dei pozzi nell'area centrale ad opera di un sottodimensionamento delle portate dei pozzi DICEA.
- La configurazione dreno-diaframma e pozzi ottimizzata (Simulazione 5) permette di intercettare l'intero flusso di falda; l'azione della trincea di nord verso settori esterni al SIN, comporta un aumento delle portate estratte rispetto la Simulazione 3, pari a circa 241 m<sup>3</sup>/giorno.
- Come si evince dal grafico seguente, il miglior assetto del barrieramento idraulico, in termini di minor portata estratta, è quello simulato nella Simulazione 3, ovvero in assenza di trincee drenanti-diaframma e con l'ottimizzazione delle portate dei pozzi DICEA.



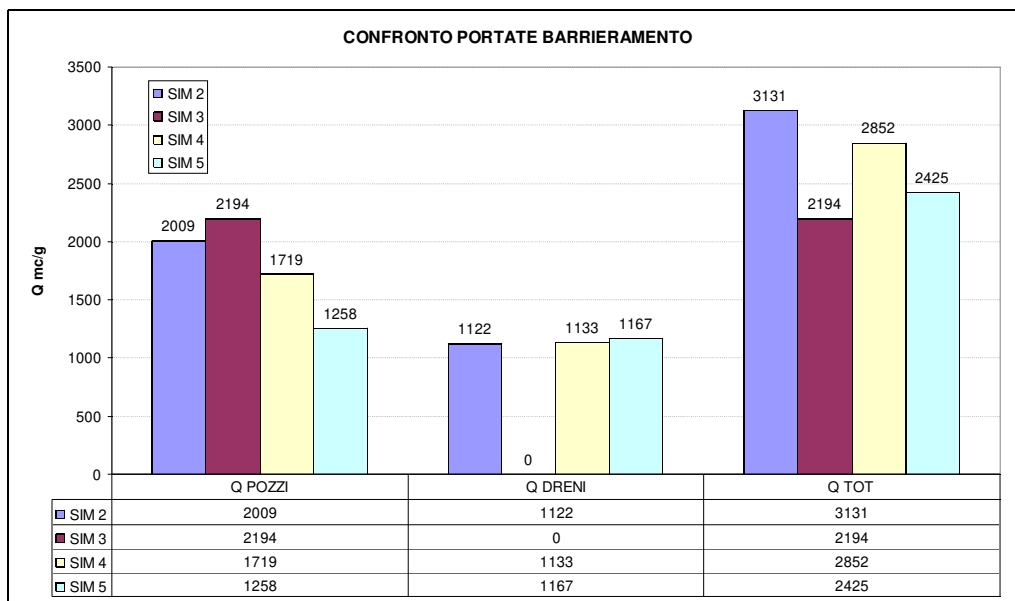


Grafico 7-1: Confronto portate tra le varie simulazioni – portate in  $m^3/giorno$ .

Se pur i dati di input utilizzati per l'implementazione modellistica presentino un certo grado di incertezza ed incompletezza, le ipotesi di calcolo applicate possono essere considerate realistiche e conservative in termini della portata di deflusso della falda (e quindi delle portate complessive di barrieramento).

Si raccomanda di validare i risultati modellistici con una serie di prove idrogeologiche da effettuare lungo il barrieramento ed attraverso l'acquisizione di nuovi dati, come descritto sinteticamente di seguito:

- Completamento della barriera con piezometri di interesse se non presenti;
- Preliminarmente all'avvio della barriera nella configurazione finale, esecuzione di prove a gradini di portata per ogni pozzo;
- Avvio della barriera gradualmente con accensione progressiva dei pozzi e controllo dei livelli idraulici nei piezometri di interesse e limitrofi al fine di verificare sperimentalmente le aree di cattura;
- Monitoraggio dell'intrusione salina;
- Rimodulazione delle portate di estrazione in funzione del bilancio di massa per ogni pozzo;
- Implementazione di una rete automatizzata per il controllo dei livelli di falda nei piezometri (almeno 11 punti di misura);
- Implementazione dei dati di funzionamento della barriera all'interno del WEBGIS in essere per la gestione dei dati ambientali.

**ALLEGATO 1: SINTESI RISULTATI ANALITICI CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE (PIEZOMETRI  
SUPERFICIALI)**





CODICE CAMPIONI	DIREZIONE	Dati Campioni																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		PC12A	PC12B	PC12C	PC12D	PC12E	PC12F	PC12G	PC12H	PC12I	PC12J	PC12K	PC12L	PC12M	PC12N	PC12O	PC12P	PC12Q	PC12R	PC12S	PC12T	PC12U	PC12V	PC12W	PC12X	PC12Y	PC12Z	PC12AA	PC12AB	PC12AC	PC12AD	PC12AE	PC12AF	PC12AG	PC12AH	PC12AI	PC12AJ	PC12AK	PC12AL	PC12AM	PC12AN	PC12AO	PC12AP	PC12AQ	PC12AR	PC12AS	PC12AT	PC12AU	PC12AV	PC12AW	PC12AX	PC12AY	PC12AZ	PC12BA	PC12BB	PC12BC	PC12BD	PC12BE	PC12BF	PC12BG	PC12BH	PC12BI	PC12BJ	PC12BK	PC12BL	PC12BM	PC12BN	PC12BO	PC12BP	PC12BQ	PC12BR	PC12BS	PC12BT	PC12BU	PC12BV	PC12BW	PC12BX	PC12BY	PC12BZ	PC12CA	PC12CB	PC12CC	PC12CD	PC12CE	PC12CF	PC12CG	PC12CH	PC12CI	PC12CJ	PC12CK	PC12CL	PC12CM	PC12CN	PC12CO	PC12CP	PC12CQ	PC12CR	PC12CS	PC12CT	PC12CU	PC12CV	PC12CW	PC12CX	PC12CY	PC12CZ	PC12DA	PC12DB	PC12DC	PC12DD	PC12DE	PC12DF	PC12DG	PC12DH	PC12DI	PC12DJ	PC12DK	PC12DL	PC12DM	PC12DN	PC12DO	PC12DP	PC12DQ	PC12DR	PC12DS	PC12DT	PC12DU	PC12DV	PC12DW	PC12DX	PC12DY	PC12DZ	PC12EA	PC12EB	PC12EC	PC12ED	PC12EE	PC12EF	PC12EG	PC12EH	PC12EI	PC12EJ	PC12EK	PC12EL	PC12EM	PC12EN	PC12EO	PC12EP	PC12EQ	PC12ER	PC12ES	PC12ET	PC12EU	PC12EV	PC12EW	PC12EX	PC12EY	PC12EZ	PC12FA	PC12FB	PC12FC	PC12FD	PC12FE	PC12FF	PC12FG	PC12FH	PC12FI	PC12FJ	PC12FK	PC12FL	PC12FM	PC12FN	PC12FO	PC12FP	PC12FQ	PC12FR	PC12FS	PC12FT	PC12FU	PC12FV	PC12FW	PC12FX	PC12FY	PC12FZ	PC12GA	PC12GB	PC12GC	PC12GD	PC12GE	PC12GF	PC12GG	PC12GH	PC12GI	PC12GJ	PC12GK	PC12GL	PC12GM	PC12GN	PC12GO	PC12GP	PC12GQ	PC12GR	PC12GS	PC12GT	PC12GU	PC12GV	PC12GW	PC12GX	PC12GY	PC12GZ	PC12HA	PC12HB	PC12HC	PC12HD	PC12HE	PC12HF	PC12HG	PC12HH	PC12HI	PC12HJ	PC12HK	PC12HL	PC12HM	PC12HN	PC12HO	PC12HP	PC12HQ	PC12HR	PC12HS	PC12HT	PC12HU	PC12HV	PC12HW	PC12HX	PC12HY	PC12HZ	PC12IA	PC12IB	PC12IC	PC12ID	PC12IE	PC12IF	PC12IG	PC12IH	PC12II	PC12IJ	PC12IK	PC12IL	PC12IM	PC12IN	PC12IO	PC12IP	PC12IQ	PC12IR	PC12IS	PC12IT	PC12IU	PC12IV	PC12IW	PC12IX	PC12IY	PC12IZ	PC12JA	PC12JB	PC12JC	PC12JD	PC12JE	PC12JF	PC12JG	PC12JH	PC12JI	PC12JJ	PC12JK	PC12JL	PC12JM	PC12JN	PC12JO	PC12JP	PC12JQ	PC12JR	PC12JS	PC12JT	PC12JU	PC12JV	PC12JW	PC12JX	PC12JY	PC12JZ	PC12KA	PC12KB	PC12KC	PC12KD	PC12KE	PC12KF	PC12KG	PC12KH	PC12KI	PC12KJ	PC12KK	PC12KL	PC12KM	PC12KN	PC12KO	PC12KP	PC12KQ	PC12KR	PC12KS	PC12KT	PC12KU	PC12KV	PC12KW	PC12KX	PC12KY	PC12KZ	PC12LA	PC12LB	PC12LC	PC12LD	PC12LE	PC12LF	PC12LG	PC12LH	PC12LI	PC12LJ	PC12LK	PC12LL	PC12LM	PC12LN	PC12LO	PC12LP	PC12LQ	PC12LR	PC12LS	PC12LT	PC12LU	PC12LV	PC12LW	PC12LX	PC12LY	PC12LZ	PC12MA	PC12MB	PC12MC	PC12MD	PC12ME	PC12MF	PC12MG	PC12MH	PC12MI	PC12MJ	PC12MK	PC12ML	PC12MN	PC12MO	PC12MP	PC12MQ	PC12MR	PC12MS	PC12MT	PC12MU	PC12MV	PC12MW	PC12MX	PC12MY	PC12MZ	PC12NA	PC12NB	PC12NC	PC12ND	PC12NE	PC12NF	PC12NG	PC12NH	PC12NI	PC12NJ	PC12NK	PC12NL	PC12NM	PC12NN	PC12NO	PC12NP	PC12NQ	PC12NR	PC12NS	PC12NT	PC12NU	PC12NV	PC12NW	PC12NX	PC12NY	PC12NZ	PC12OA	PC12OB	PC12OC	PC12OD	PC12OE	PC12OF	PC12OG	PC12OH	PC12OI	PC12OJ	PC12OK	PC12OL	PC12OM	PC12ON	PC12OO	PC12OP	PC12OQ	PC12OR	PC12OS	PC12OT	PC12OU	PC12OV	PC12OW	PC12OX	PC12OY	PC12OZ	PC12PA	PC12PB	PC12PC	PC12PD	PC12PE	PC12PF	PC12PG	PC12PH	PC12PI	PC12PJ	PC12PK	PC12PL	PC12PM	PC12PN	PC12PO	PC12PP	PC12PQ	PC12PR	PC12PS	PC12PT	PC12PU	PC12PV	PC12PW	PC12PX	PC12PY	PC12PZ	PC12QA	PC12QB	PC12QC	PC12QD	PC12QE	PC12QF	PC12QG	PC12QH	PC12QI	PC12QJ	PC12QK	PC12QL	PC12QM	PC12QN	PC12QO	PC12QP	PC12QQ	PC12QR	PC12QS	PC12QT	PC12QU	PC12QV	PC12QW	PC12QX	PC12QY	PC12QZ	PC12RA	PC12RB	PC12RC	PC12RD	PC12RE	PC12RF	PC12RG	PC12RH	PC12RI	PC12RJ	PC12RK	PC12RL	PC12RM	PC12RN	PC12RO	PC12RP	PC12RQ	PC12RR	PC12RS	PC12RT	PC12RU	PC12RV	PC12RW	PC12RX	PC12RY	PC12RZ	PC12SA	PC12SB	PC12SC	PC12SD	PC12SE	PC12SF	PC12SG	PC12SH	PC12SI	PC12SJ	PC12SK	PC12SL	PC12SM	PC12SN	PC12SO	PC12SP	PC12SQ	PC12SR	PC12SS	PC12ST	PC12SU	PC12SV	PC12SW	PC12SX	PC12SY	PC12SZ	PC12TA	PC12TB	PC12TC	PC12TD	PC12TE	PC12TF	PC12TG	PC12TH	PC12TI	PC12TJ	PC12TK	PC12TL	PC12TM	PC12TN	PC12TO	PC12TP	PC12TQ	PC12TR	PC12TS	PC12TT	PC12TU	PC12TV	PC12TW	PC12TX	PC12TY	PC12TZ	PC12UA	PC12UB	PC12UC	PC12UD	PC12UE	PC12UF	PC12UG	PC12UH	PC12UI	PC12UJ	PC12UK	PC12UL	PC12UM	PC12UN	PC12UO	PC12UP	PC12UQ	PC12UR	PC12US	PC12UT	PC12UU	PC12UV	PC12UW	PC12UX	PC12UY	PC12UZ	PC12VA	PC12VB	PC12VC	PC12VD	PC12VE	PC12VF	PC12VG	PC12VH	PC12VI	PC12VJ	PC12VK	PC12VL	PC12VM	PC12VN	PC12VO	PC12VP	PC12VQ	PC12VR	PC12VS	PC12VT	PC12VU	PC12VV	PC12VW	PC12VX	PC12VY	PC12VZ	PC12WA	PC12WB	PC12WC	PC12WD	PC12WE	PC12WF	PC12WG	PC12WH	PC12WI	PC12WJ	PC12WK	PC12WL	PC12WM	PC12WN	PC12WO	PC12WP	PC12WQ	PC12WR	PC12WS	PC12WT	PC12WU	PC12WV	PC12WW	PC12WX	PC12WY	PC12WZ	PC12XA	PC12XB	PC12XC	PC12XD	PC12XE	PC12XF	PC12XG	PC12XH	PC12XI	PC12XJ	PC12XK	PC12XL	PC12XM	PC12XN	PC12XO	PC12XP	PC12XQ	PC12XR	PC12XS	PC12XT	PC12XU	PC12XV	PC12XW	PC12XX	PC12XY	PC12XZ	PC12YA	PC12YB	PC12YC	PC12YD	PC12YE	PC12YF	PC12YG	PC12YH	PC12YI	PC12YJ	PC12YK	PC12YL	PC12YM	PC12YN	PC12YO	PC12YP	PC12YQ	PC12YR	PC12YS	PC12YT	PC12YU	PC12YV	PC12YW	PC12YX	PC12YY	PC12YZ	PC12ZA	PC12ZB	PC12ZC	PC12ZD	PC12ZE	PC12ZF	PC12ZG	PC12ZH	PC12ZI	PC12ZJ	PC12ZK	PC12ZL	PC12ZM	PC12ZN	PC12ZO	PC12ZP	PC12ZQ	PC12ZR	PC12ZS	PC12ZT	PC12ZU	PC12ZV	PC12ZW	PC12ZX
20A17246	N77	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

CODICE CAMPIONI	DIREZIONE	Dati Campioni																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		PC12A	PC12B	PC12C	PC12D	PC12E	PC12F	PC12G	PC12H	PC12I	PC12J	PC12K	PC12L	PC12M	PC12N	PC12O	PC12P	PC12Q	PC12R	PC12S	PC12T	PC12U	PC12V	PC12W	PC12X	PC12Y	PC12Z	PC12AA	PC12AB	PC12AC	PC12AD	PC12AE	PC12AF	PC12AG	PC12AH	PC12AI	PC12AJ	PC12AK	PC12AL	PC12AM	PC12AN	PC12AO	PC12AP	PC12AQ	PC12AR	PC12AS	PC12AT	PC12AU	PC12AV	PC12AW	PC12AX	PC12AY	PC12AZ	PC12BA	PC12BB	PC12BC	PC12BD	PC12BE	PC12BF	PC12BG	PC12BH	PC12BI	PC12BJ	PC12BK	PC12BL	PC12BM	PC12BN	PC12BO	PC12BP	PC12BQ	PC12BR	PC12BS	PC12BT	PC12BU	PC12BV	PC12BW	PC12BX	PC12BY	PC12BZ	PC12CA	PC12CB	PC12CC	PC12CD	PC12CE	PC12CF	PC12CG	PC12CH	PC12CI	PC12CJ	PC12CK	PC12CL	PC12CM	PC12CN	PC12CO	PC12CP	PC12CQ	PC12CR	PC12CS	PC12CT	PC12CU	PC12CV	PC12CW	PC12CX	PC12CY	PC12CZ	PC12DA	PC12DB	PC12DC	PC12DD	PC12DE	PC12DF	PC12DG	PC12DH	PC12DI	PC12DJ	PC12DK	PC12DL	PC12DM	PC12DN	PC12DO	PC12DP	PC12DQ	PC12DR	PC12DS	PC12DT	PC12DU	PC12DV	PC12DW	PC12DX	PC12DY	PC12DZ	PC12EA	PC12EB	PC12EC	PC12ED	PC12EE	PC12EF	PC12EG	PC12EH	PC12EI	PC12EJ	PC12EK	PC12EL	PC12EM	PC12EN	PC12EO	PC12EP	PC12EQ	PC12ER	PC12ES	PC12ET	PC12EU	PC12EV	PC12EW	PC12EX	PC12EY	PC12EZ	PC12FA	PC12FB	PC12FC	PC12FD	PC12FE	PC12FF	PC12FG	PC12FH	PC12FI	PC12FJ	PC12FK	PC12FL	PC12FM	PC12FN	PC12FO	PC12FP	PC12FQ	PC12FR	PC12FS	PC12FT	PC12FU	PC12FV	PC12FW	PC12FX	PC12FY	PC12FZ	PC12GA	PC12GB	PC12GC	PC12GD	PC12GE	PC12GF	PC12GG	PC12GH	PC12GI	PC12GJ	PC12GK	PC12GL	PC12GM	PC12GN	PC12GO	PC12GP	PC12GQ	PC12GR	PC12GS	PC12GT	PC12GU	PC12GV	PC12GW	PC12GX	PC12GY	PC12GZ	PC12HA	PC12HB	PC12HC	PC12HD	PC12HE	PC12HF	PC12HG	PC12HH	PC12HI	PC12HJ	PC12HK	PC12HL	PC12HM	PC12HN	PC12HO	PC12HP	PC12HQ	PC12HR	PC12HS	PC12HT	PC12HU	PC12HV	PC12HW	PC12HX	PC12HY	PC12HZ	PC12IA	PC12IB	PC12IC	PC12ID	PC12IE	PC12IF	PC12IG	PC12IH	PC12II	PC12IJ	PC12IK	PC12IL	PC12IM	PC12IN	PC12IO	PC12IP	PC12IQ	PC12IR	PC12IS	PC12IT	PC12IU	PC12IV	PC12IW	PC12IX	PC12IY	PC12IZ	PC12JA	PC12JB	PC12JC	PC12JD	PC12JE	PC12JF	PC12JG	PC12JH	PC12JI	PC12JJ	PC12JK	PC12JL	PC12JM	PC12JN	PC12JO	PC12JP	PC12JQ	PC12JR	PC12JS	PC12JT	PC12JU	PC12JV	PC12JW	PC12JX	PC12JY	PC12JZ	PC12KA	PC12KB	PC12KC	PC12KD	PC12KE	PC12KF	PC12KG	PC12KH	PC12KI	PC12KJ	PC12KL	PC12KM	PC12KN	PC12KO	PC12KP	PC12KQ	PC12KR	PC12KS	PC12KT	PC12KU	PC12KV	PC12KW	PC12KX	PC12KY	PC12KZ	PC12LA	PC12LB	PC12LC	PC12LD	PC12LE	PC12LF	PC12LG	PC12LH	PC12LI	PC12LJ	PC12LK	PC12LM	PC12LN	PC12LO	PC12LP	PC12LQ	PC12LR	PC12LS	PC12LT	PC12LU	PC12LV	PC12LW	PC12LX	PC12LY	PC12LZ	PC12MA	PC12MB	PC12MC	PC12MD	PC12ME	PC12MF	PC12MG	PC12MH	PC12MI	PC12MJ	PC12MK	PC12ML	PC12MN	PC12MO	PC12MP	PC12MQ	PC12MR	PC12MS	PC12MT	PC12MU	PC12MV	PC12MW	PC12MX	PC12MY	PC12MZ	PC12NA	PC12NB	PC12NC	PC12ND	PC12NE	PC12NF	PC12NG	PC12NH	PC12NI	PC12NJ	PC12NK	PC12NL	PC12NM	PC12NN	PC12NO	PC12NP	PC12NQ	PC12NR	PC12NS	PC12NT	PC12NU	PC12NV	PC12NW	PC12NX	PC12NY	PC12NZ	PC12OA	PC12OB	PC12OC	PC12OD	PC12OE	PC12OF	PC12OG	PC12OH	PC12OI	PC12OJ	PC12OK	PC12OL	PC12OM	PC12ON	PC12OO	PC12OP	PC12OQ	PC12OR	PC12OS	PC12OT	PC12OU	PC12OV	PC12OW	PC12OX	PC12OY	PC12OZ	PC12PA	PC12PB	PC12PC	PC12PD	PC12PE	PC12PF	PC12PG	PC12PH	PC12PI	PC12PJ	PC12PK	PC12PL	PC12PM	PC12PN	PC12PO	PC12PP	PC12PQ	PC12PR	PC12PS	PC12PT	PC12PU	PC12PV	PC12PW	PC12PX	PC12PY	PC12PZ	PC12QA	PC12QB	PC12QC	PC12QD	PC12QE	PC12QF	PC12QG	PC12QH	PC12QI	PC12QJ	PC12QK	PC12QL	PC12QM	PC12QN	PC12QO	PC12QP	PC12QQ	PC12QR	PC12QS	PC12QT	PC12QU	PC12QV	PC12QW	PC12QX	PC12QY	PC12QZ	PC12RA	PC12RB	PC12RC	PC12RD	PC12RE	PC12RF	PC12RG	PC12RH	PC12RI	PC12RJ	PC12RK	PC12RL	PC12RM	PC12RN	PC12RO	PC12RP	PC12RQ	PC12RR	PC12RS	PC12RT	PC12RU	PC12RV	PC12RW	PC12RX	PC12RY	PC12RZ	PC12SA	PC12SB	PC12SC	PC12SD	PC12SE	PC12SF	PC12SG	PC12SH	PC12SI





DESCRIZIONE	Data Prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Ferro	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Manganese	Zinco	Boro	Cianuri liberi	Fluoruri	Nitriti	Solfati	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	para-Xilene	Benzolo/antrene	Benzolo/pirrene	Benzolo/bifluorantene	Benzolo/k/fluorantene	Benzolo (a, b, j) pirene	Crisene	Dibenzolo (a, h) antrene	Indeno (1,2,3-c, d) pirene	Pirene	Sommatoria IPA (B1, B2, B3, B6)	Sommatorie PCDD, PCDF (conversione TEQ)	Sommatorie PCB	Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
D. Lgs. n° 152/2006 Tab. 2 All. 5 Parte Quarta Valori di fondo naturale		380	9	5	50	50	3106	1	20	19	1000	1104	3000	1000	50	1500	500	250	1	50	25	15	10	0,1	0,01	0,1	0,05	0,01	5	0,01	0,1	50	0,1	0,000004	0,01	350
PISC_05	febb. 2022	45,8	<1	<1	<1	<1	52,2	<0,1	<1	<1	<0,5	21,9	<5	202	1,24	2270	0,88	504	1,79	8,96	<0,01	0,3	8,69	0,64	0,04	0,21	0,07	0,02	0,29	<0,005	0,02	5,5	0,33	-	<0,01	2003
NP_12	febb. 2022	21,8	<1	<1	<1	2,6	35,1	0,13	<1	<1	4,15	1,53	6	338	<1	3940	0,11	168	0,11	0,04	<0,01	0,08	0,15	0,02	0,0062	0,02	0,01	<0,005	0,01	<0,005	0,00547	0,13	0,03	-	<0,01	133
PISC_04	febb. 2022	5,31	<1	<1	<1	<1	70,3	<0,1	<1	<1	0,51	<1	<5	306	<1	962	2,21	653	3,66	0,3	<0,01	0,54	3,86	0,52	0,05	0,23	0,06	0,02	<0,005	0,00878	0,02	2,55	0,35	-	<0,01	414
PZ_10	febb. 2022	73,4	2,44	<1	<1	2,6	104	<0,1	7,31	<1	<0,5	85,3	<5	316	<1	2270	<0,04	268	0,1	0,1	0,1	0,2	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,000003	<0,01	41	
LAM_11	febb. 2022	12	1,3	<1	<1	<1	4580	<0,1	1,37	<1	<0,5	1240	9	534	2,31	3970	<0,04	239	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,03	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	<0,005	0,01	0,06	0,12	-	<0,01	110
PZ_09	febb. 2022	3,2	<1	<1	<1	1,3	62,7	<0,1	1,24	<1	2,76	135	30	412	3,35	1010	<0,04	255	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00596	<0,01	<0,000003	<0,01	<0,01
ACC_015	febb. 2022	10,3	<1	<1	<1	<1	639	<0,1	<1	<1	0,94	3470	14	534	1,94	3120	<0,04	595	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00523	<0,01	<0,000003	<0,01	<0,01	
PZ_01	febb. 2022	14,6	<1	<1	<1	<1	10,7	<0,1	<1	<1	<0,5	36,8	<5	175	<1	2160	<0,04	125	0,04	0,35	0,04	0,29	0,75	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00538	<0,01	<0,000003	<0,01	106	
CAM_N035	febb. 2022	14,3	<1	<1	<1	<1	13,4	<0,1	<1	<1	<0,5	71,5	<5	111	<1	2600	0,12	149	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00729	<0,01	<0,000003	<0,01	<0,01		
HS_03	febb. 2022	67,5	<1	<1	<1	1,3	2320	0,12	<1	<1	<0,5	2500	<5	319	<1	5950	<0,04	32,2	<0,01	0,03	<0,01	0,06	0,1	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,04	<0,01	<0,000003	<0,01	379	
LAM_N02	febb. 2022	11,7	<1	<1	<1	<1	35,6	<0,1	<1	<1	<0,5	88,1	<5	288	<1	6880	<0,04	99,6	<0,01	0,05	<0,01	0,07	0,15	<0,005	0,00559	<0,01	<0,005	<0,005	0,00664	<0,005	<0,005	0,02	0,03	<0,000003	<0,01	66
AFO_05	febb. 2022	38,7	<1	<1	<1	2,3	53,4	<0,1	<1	<1	1,19	<1	<5	955	5,08	2850	<0,04	99,9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,00516	<0,01	<0,000031	<0,01	268			
PZ_08C	febb. 2022	40,6	<1	<1	<1	11	22,8	<0,1	<1	<1	<0,5	1,28	<5	195	<1	2190	<0,04	285	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	<0,005	0,02	0,04	<0,000003	<0,01	89		
VAR_N01	febb. 2022	7,28	<1	<1	<1	<1	10,6	<0,1	<1	<1	<0,5	36,7	<5	277	<1	1760	0,09	119	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,00641	<0,01	<0,000003	<0,01	107		
VAR_07	febb. 2022	28	<1	<1	<1	<1	18,6	<0,1	1,01	<1	<0,5	116	6	279	<1	3170	0,16	209	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00675	<0,01	<0,000003	<0,01	89	
PZ_04C	febb. 2022	4,46	<1	<1	<1	7	18,1	0,29	<1	10	10,5	<1	14	160	36,1	2480	1,47	103	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,005	0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,04	<0,01	0,0000454	<0,01	514		
PZ_07	febb. 2022	16,1	<1	<1	<1	11	23,7	0,44	<1	<1	1,16	27,7	<5	298	<1	2020	<0,04	256	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,01	0,00576	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	0,02	<0,000003	<0,01	145	
LAM_07R	febb. 2022	6,17	<1	<1	<1	6,8	23,4	<0,1	<1	<1	0,91	80,6	<5	372	<1	1650	<0,04	102	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,02	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01	<0,005	<0,005	0,01	0,03	0,13	<0,000003	<0,01	<0,01
PFR_03	febb. 2022	30,1	<1	<1	<1	<1	56,2	<0,1	<1	<1	<0,5	53,5	<5	342	<1	495	<0,04	134	0,04	0,15	0,02	0,19	0,39	0,12	0,00859	0,03	0,01	<0,005	0,07	<0,005	<0,005	0,55	0,05	<0,000003	<0,01	86
PFR_F12-2	febb. 2022	115	<1	<1	<1	<1	75,3	<0,1	1,95	<1	<0,5	108	<5	428	<1	6740	<0,04	143	0,01	0,06	<0,01	0,12	0,21	0,005	0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00607	<0,01	<0,000003	<0,01	<0,01	
PFR_F10	febb. 2022	283	<1	<1	<1	<1	151	0,21	1,02	2,05	<0,5	47,7	<5	898	1,64	13000	<0,04	71,1	7,74	2,09	2,19	3,33	6,16	0,63	0,09	0,31	0,08	0,03	0,24	0,01	0,04	5,23	0,48	<0,000003	<0,01	1212
PFR_503	febb. 2022	102	1,18	<1	<1	<1	3330	<0,1	1,64	<1	<0,5	604	8	601	<1	6140	<0,04	197	0,06	0,14	0,07	0,1	0,26	0,07	0,00682	0,02	0,01	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,63	0,03	<0,000003	<0,01	128
ETE_055	febb. 2022	22,5	<1	<1	<1	<1	10,8	<0,1	<1	<1	0,84	566	<5	183	<1	3530	0,18	182	0,03	0,01	0,01	<0,01	<0,02	0,00886	0,00894	0,02	0,0096	<0,005	0,00691	<0,005	0,00787	<0,01	0,03	<0,000003	<0,01	47
LAM_09	febb. 2022	19,2	<1	<1	1,15	<1	1870	0,13	2,71	<1	0,54	576	25	565	14,5	4810	<0,04	235	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,01	0,00771	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,04	<0,01	<0,000003	<0,01	118	
VAR_N135	febb. 2022	42,8	<1	<1	<1	<1	11,6	0,26	1,16	<1	<0,5	3650	<5	971	2,14	2310	0,14	296	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	0,00779	0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,00806	<0,01	<0,000003	<0,01	119
PZ_06	febb. 2022	15,8	<1	<1	<1	<1	598	<0,1	1,07	<1	<0,5	11200	27	332	<1	4620	<0,04	1330	3,52	0,1	0,1	0,1	0,2	0,74	0,21	0,62	0,18	0,11	0,28	0,03	0,35	1,78	1,07	<0,000003	<0,01	110
PZ_05	febb. 2022	9,4	<1	<1	<1	<1	26,9	<0,1	15,6	<1	1,44	309	<5	208	<1	1450	0,07	124	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,005	<0,005	<0,01	0,00537	<0,005	<0,005	0,0094	<0,01	<0,000003	<0,01	63		
PZ_08	febb. 2022	10,9	<1	<1	<1	1,7	51,2	0,52	<1	<1	1,13	6,55	<5	278	13,9	2250	0,63	391	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,03	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,00902	<0,01	0,0000031	0,31	178		













DESCRIZIONE	Data rilevazione	Valori di fondo naturale																																		
		Argento	Bario	Cadmio	Cobalto	Cromo totale	Ferro	Mercurio	Niobio	Rame	Stagno	Zinco	Boro	Cesio	Stronzio	Tallio	Torone	Uranio	Vanadina	Wolframio																
D.Lgs. n° 152/2006 Tab. 2 All. 5 Parte Quarta		380	9	5	50	50	3106	1	20	19	1000	1104	3000	1000	50	1500	500	250	1	50	25	15	10	0,1	0,01	0,1	0,05	0,01	5	0,01	0,1	50	0,1	0,000004	0,01	350
PISC_05	febb. 2022	45,8	<-1	<-1	<-1	52,2	<-0,1	<-1	21,9	<-1	202	1,24	2270	0,88	104	1,78	8,96	<-0,01	0,3	8,69	0,84	0,04	0,21	0,07	0,02	0,29	<-0,005	0,02	5,5	2,34	-	<-0,01	2001			
NP_12	febb. 2022	21,8	<-1	<-1	<-1	2,6	35,1	0,13	<-1	<-1	4,15	1,53	6	338	<-1	1010	0,11	168	0,11	0,04	<-0,01	0,08	0,15	0,02	0,0062	0,02	0,01	<-0,005	0,01	<-0,005	0,00547	0,13	0,03	-	<-0,01	133
PSC_04	febb. 2022	5,31	<-1	<-1	<-1	70,9	<-0,1	<-1	<-1	0,51	<-1	<-1	<-1	206	<-1	962	2,21	0,8	0,3	<-0,01	0,04	3,84	0,02	<-0,005	0,00478	0,02	2,25	0,02	-	-	-	-	-	<-0,01	462	
PZ_10	febb. 2022	73,4	2,44	<-1	<-1	2,6	104	<-0,1	7,31	<-1	<-0,5	85,3	<-1	316	<-1	2470	<-0,04	268	0,1	0,1	0,1	0,2	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,01	<-0,005	<-0,005	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	41	
LAM_11	febb. 2022	12	1,3	<-1	<-1	<-1	<-1	<-1	13,7	<-1	<-0,5	1240	9	534	2,31	1970	<-0,04	239	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	0,03	0,07	0,02	0,02	<-0,005	0,01	0,06	7,17	-	<-0,01	110			
PZ_09	febb. 2022	3,2	<-1	<-1	<-1	1,3	62,7	<-0,1	1,24	<-1	2,76	135	30	412	3,35	1010	<-0,04	255	<-0,01	<-0,01	<-0,01	0,02	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00596	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	440		
ACC_015	febb. 2022	10,3	<-1	<-1	<-1	<-1	639	<-0,1	<-1	<-1	0,94	3470	14	534	1,94	1110	<-0,04	595	<-0,01	<-0,01	<-0,01	0,02	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	440
PZ_01	febb. 2022	14,6	<-1	<-1	<-1	10,7	<-1	<-1	<-1	<-0,5	36,8	<-1	175	<-1	710	<-0,04	175	0,04	0,15	0,04	0,29	0,75	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	106
CAM_N035	febb. 2022	14,3	<-1	<-1	<-1	<-1	13,4	<-1	<-1	<-1	<-0,5	71,5	<-1	111	<-1	7600	0,12	149	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00729	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	440
HS_03	febb. 2022	87,5	<-1	<-1	<-1	1,3	2320	0,12	<-1	<-1	<-0,5	7000	<-1	319	<-1	1900	<-0,04	32,2	<-0,01	0,03	<-0,01	0,06	0,1	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,04	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	375	
LAM_N02	febb. 2022	11,7	<-1	<-1	<-1	<-1	35,6	<-0,1	<-1	<-1	<-0,5	88,1	<-1	288	<-1	1980	<-0,04	99,6	<-0,01	0,05	<-0,01	0,07	0,15	<-0,005	0,00559	<-0,01	<-0,005	<-0,005	0,00664	<-0,005	<-0,005	0,02	0,04	<-0,000003	<-0,01	66
AFD_05	febb. 2022	18,7	<-1	<-1	<-1	2,3	53,4	<-0,1	<-1	<-1	1,19	<-1	<-1	915	5,08	2800	<-0,04	99,9	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00516	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	243		
PZ_08C	febb. 2022	40,6	<-1	<-1	<-1	11	22,8	<-0,1	<-1	<-1	<-0,5	1,28	<-1	195	<-1	2100	<-0,04	285	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	0,02	0,01	<-0,005	0,02	0,01	<-0,005	0,02	0,04	<-0,000003	<-0,01	89		
VAR_N01	febb. 2022	7,28	<-1	<-1	<-1	<-1	10,6	<-0,1	<-1	<-1	<-0,5	36,7	<-1	277	<-1	1700	0,09	119	<-0,01	<-0,01	<-0,01	0,08	0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00641	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	107		
VAR_07	febb. 2022	28	<-1	<-1	<-1	<-1	18,6	<-0,1	1,01	<-1	10,1	116	6	279	<-1	1170	0,16	209	<-0,01	<-0,01	<-0,01	0,07	0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00675	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	89		
PZ_04C	febb. 2022	4,46	<-1	<-1	<-1	7	18,1	0,29	<-1	10	10,3	14	140	36,1	2400	0,47	103	<-0,01	<-0,01	0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	<-0,005	0,005	<-0,01	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,04	<-0,01	0,0000454	<-0,01	146	
PZ_07	febb. 2022	16,1	<-1	<-1	<-1	11	23,7	0,44	<-1	<-1	1,16	27,7	<-1	298	<-1	2000	<-0,04	256	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	0,01	0,00576	0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,01	0,02	<-0,000003	<-0,01	145
LAM_07R	febb. 2022	6,17	<-1	<-1	<-1	6,8	23,4	<-1	<-1	<-1	0,91	80,6	<-1	372	<-1	1100	<-0,04	102	<-0,01	<-0,01	<-0,01	0,05	0,02	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01	<-0,005	0,02	0,01	0,03	0,12	<-0,000003	<-0,01	440
PR_03	febb. 2022	30,1	<-1	<-1	<-1	<-1	56,2	<-0,1	<-1	<-1	<-0,5	53,5	<-1	342	<-1	495	<-0,04	134	0,04	0,15	0,02	0,19	0,39	0,07	0,00859	0,03	0,01	<-0,005	0,07	<-0,005	0,05	0,05	<-0,000003	<-0,01	86	
PR_21.2	febb. 2022	115	<-1	<-1	<-1	75,3	<-0,1	1,85	<-1	<-1	<-0,5	108	<-1	428	<-1	1800	<-0,04	143	0,01	0,06	<-0,01	0,12	0,21	0,005	<-0,01	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00607	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	440		
PR_F10	febb. 2022	283	<-1	<-1	<-1	151	0,21	1,02	2,05	<-0,5	47,7	<-1	898	1,64	15000	<-0,04	73,1	0,04	0,09	2,09	2,19	3,33	6,16	0,09	0,09	0,04	0,08	0,04	0,24	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	1252
PR_S03	febb. 2022	102	1,18	<-1	<-1	<-1	1310	<-0,1	1,64	<-1	<-0,5	604	8	601	<-1	1340	<-0,04	197	0,06	0,14	0,07	0,1	0,26	0,07	0,00682	0,02	0,01	<-0,005	0,03	<-0,005	<-0,005	0,63	0,03	<-0,000003	<-0,01	128
ETE_055	febb. 2022	22,5	<-1	<-1	<-1	10,8	<-0,1	<-1	<-1	<-1	0,84	566	<-1	183	<-1	1530	0,18	182	0,03	0,01	0,01	<-0,01	<-0,02	0,00886	0,00894	0,02	0,0096	<-0,005	0,00691	<-0,005	0,00787	<-0,01	0,03	<-0,000003	<-0,01	47
LAM_09	febb. 2022	19,2	<-1	<-1	<-1	115	<-1	1,15	<-1	0,84	576	25	565	14,5	4000	<-0,04	235	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	0,01	0,00778	<-0,01	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,04	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	118		
VAR_N135	febb. 2022	42,8	<-1	<-1	<-1	<-1	11,6	0,26	1,16	<-1	<-0,5	1000	<-1	971	2,14	2310	0,14	290	<-0,01	<-0,01	0,02	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,01	0,00806	<-0,005	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	119	
PZ_06	febb. 2022	15,8	<-1	<-1	<-1	<-1	598	<-0,1	1,07	<-1	<-0,5	11000	27	332	<-1	4620	<-0,04	130	1,52	0,1	0,1	0,2	0,74	0,21	0,42	0,14	0,11	0,28	0,01	0,14	1,07	<-0,000003	<-0,01	110		
PZ_05	febb. 2022	9,4	<-1	<-1	<-1	<-1	26,9	<-0,1	15,6	<-1	1,44	309	<-1	208	<-1	1450	0,07	124	0,02	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,0094	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	63		
PZ_08	febb. 2022	10,9	<-1	<-1	<-1	1,7	51,2	0,52	<-1	<-1	1,13	6,55	<-1	278	<-1	300	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,01	<-0,02	0,03	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	<-0,005	0,00902	<-0,01	<-0,000003	<-0,01	178		

**ALLEGATO 2: SINTESI RISULTATI ANALITICI CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE (PIEZOMETRI PROFONDI)**









