



*Discarica di rifiuti non pericolosi
Baricella (BO)*

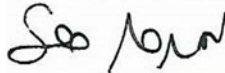
Bonifica siti contaminati

D.Lgs 152/06 e s.m.i. Parte IV Titolo V, art. 244

OTTEMPERANZA A PRESCRIZIONI
DET-AMB-2019-3980 del 29/08/2019 (p.to 2 – 2° allinea)

ELABORATO 1

Esiti 1°anno di monitoraggio nuova rete
piezometrica

Approvato	C. Faraone K. Gamberini			Sara Monti - Ingegnere 
Controllato	L. Savigni A. Veratelli			
Redatto	S. Monti			
Rev.	00	Data	14/09/2020	
Cod. Doc.	DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Pagine	1 di 48	

SOMMARIO

A	PREMESSA	4
B	ARTICOLAZIONE DEL MONITORAGGIO	6
B.1	RETE DI MONITORAGGIO.....	6
B.1.1	Falda A	6
B.1.2	Falda B	8
B.1.3	Falda C	10
B.2	PERCOLATO	14
B.3	ACQUE SOTTERRANEE FALDA B.....	14
C	STUDIO IDROGEOLOGICO.....	17
C.1	LITOSTRATIGRAFIA	17
C.2	STRUTTURA IDROGEOLOGICA	18
C.2.1	Caratteristiche degli acquiferi.....	19
C.2.2	Relazione tra gli acquiferi.....	20
C.2.3	Carte idroisoipse e proprietà geochimiche delle acque	20
C.2.3.1	Acque superficiali (A).....	21
C.2.3.2	Acque profonde (B e C)	21
D	RISULTATI DEL MONITORAGGIO.....	24
D.1	PERCOLATO	24
D.2	ACQUE SOTTERRANEE FALDA B.....	26
D.2.1	Markers.....	31
D.2.1.1	Azoto Ammoniacale.....	32
D.2.1.2	Cloruri.....	33
D.2.1.3	Fosforo totale	33
D.2.1.4	Potassio	34
D.2.1.5	Analisi di correlazione dei marker	35
D.2.1.6	Analisi spaziale dei marker	36
D.2.1.7	Potassio	37
D.2.1.8	Fosforo totale	37
D.2.1.9	Conclusioni sull'analisi spaziale dei marker	37
D.2.2	Fluoruri.....	43
D.2.2.1	Confronto delle concentrazioni di fluoruri rilevate nel percolato con quelle di falda B43	
D.2.2.2	Analisi spaziale.....	44

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	2 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

E CONCLUSIONI	47
----------------------------	-----------

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	3 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A PREMESSA

Lo scopo del presente elaborato è di rispondere alla prescrizione di cui al p.to 2 – 2° allinea della DET-AMB-2019-3980 del 29/08/2019 *“Approvazione del Piano di indagini per l'esame delle condizioni di fondo e di qualità della matrice acque sotterranee della discarica di rifiuti non pericolosi, via Bocche 20, Baricella”* che così recita:

“Il periodo di durata di base del monitoraggio dovrà essere esteso a due anni, con la medesima frequenza proposta e con la produzione di un report intermedio allo scadere del primo anno”.

Il documento in oggetto contiene:

- le considerazioni e gli approfondimenti di carattere geologico ed idrogeologico a completamento del piano di indagini per la determinazione delle condizioni di fondo in relazione al parametro Fluoruri.
- gli esiti del monitoraggio analitico condotto nel corso del primo anno di monitoraggio sulla nuova rete piezometrica, in ottemperanza alle prescrizioni contenute nella succitata Determina di approvazione del piano di indagini¹ presentato dal Gestore, in conformità alla Conferenza di Servizi del 05/04/2019².

La realizzazione della nuova rete è stata effettuata nel corso dei mesi di agosto e settembre 2019³ e, al termine dei lavori, il Gestore ha presentato una relazione illustrativa⁴ riguardante le caratteristiche dei nuovi piezometri e l'aggiornamento delle modalità di monitoraggio periodico delle acque sotterranee, in relazione alle prescrizioni autorizzative e a quelle impartite dalla Determina di Approvazione del Piano di indagini.

Successivamente alla realizzazione della nuova rete piezometrica, il Gestore ha avviato le indagini analitiche periodiche con frequenza trimestrale.

Il presente elaborato è così articolato:

- il capitolo B illustra il piano di monitoraggio implementato;

¹ Comunicazione Herambiente s.p.a. n. 4509 del 06/03/2019 *“Pratica Sinadoc n.32411/2018 Trasmissione Piano di Indagini delle acque sotterranee in relazione al parametro Fluoruri”*

² Comunicazione Arpae SAC p.g. n. 79086/2019 del 20/05/2019 *“Trasmissione verbale seduta del 05/04/2019”*

³ Comunicazione Herambiente s.p.a n. 13224 del 11/07/2019 *“Comunicazione avvio lavori di perforazione”*

⁴ Comunicazione Herambiente s.p.a. n. 20188 del 15/11/2019 *“Trasmissione relazione illustrativa della nuova rete di monitoraggio delle acque sotterranee e documento di coordinamento tra le operazioni previste da AIA e Piano di indagine”*

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	4 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- il capitolo C riporta le conclusioni dello studio idrogeologico condotto;
- il capitolo D illustra gli esiti del monitoraggio periodico delle acque sotterranee e del percolato;
- Il capitolo E riporta le conclusioni elaborate sulla base dei dati raccolti dal monitoraggio condotto durante l'anno.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	5 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B ARTICOLAZIONE DEL MONITORAGGIO

In ottemperanza alla DET-AMB-2019-3980 del 29/08/2019 “*Approvazione del Piano di indagini per l'esame delle condizioni di fondo e di qualità della matrice acque sotterranee della discarica di rifiuti non pericolosi, via Bocche 20, Baricella*” a partire da agosto 2019 è stata avviata l'implementazione delle attività di cui al citato Piano di Indagini. In particolare, si è proceduto:

- alla realizzazione di un intervento sulla rete piezometrica costituito da:
 - rifacimento dei piezometri di monitoraggio della Falda A e della Falda B interni al sito di discarica;
 - realizzazione di nuovi piezometri per il monitoraggio delle Falde A, B e C esternamente al sito;
- alla implementazione di campagne analitiche per la valutazione della qualità del percolato e delle acque sotterranee.

B.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete piezometrica utilizzata nell'implementazione del Piano di Indagini in oggetto è riportata in Tavola 1 allegata alla presente relazione.

B.1.1 *Falda A*

L'acquitrando denominato “falda A” viene monitorato attraverso 10 piezometri, di cui 7 interni al sito di discarica (P1A, P2A, P3A, P4A, P5A, P6A e P7A) e 3 esterni (P2bisA, P4bisA e P6bisA). Tutti piezometri sono stati realizzati nella campagna condotta in luglio/settembre 2019 (Tavola 2 allegata) e hanno le seguenti caratteristiche:

Piezometri falda A – Caratteristiche	P1A, P2A, P2bisA, P3A, P4A, P4bisA, P5A, P6A, P6bisA e P7A
PROFONDITÀ	8 m da p.c.
FENESTRATURA	da -5 m a -8 m da p.c.
FILTRO DRENANTE	da -2,5 m a -8 m da p.c.

Tavola 1 – caratteristiche piezometri falda A

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	6 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Lo schema di completamento di ciascun piezometro è riportato nelle stratigrafie allegate alla presente. A titolo esemplificativo, in Figura 1, si riporta la stratigrafia e lo schema di completamento del piezometro P1A.

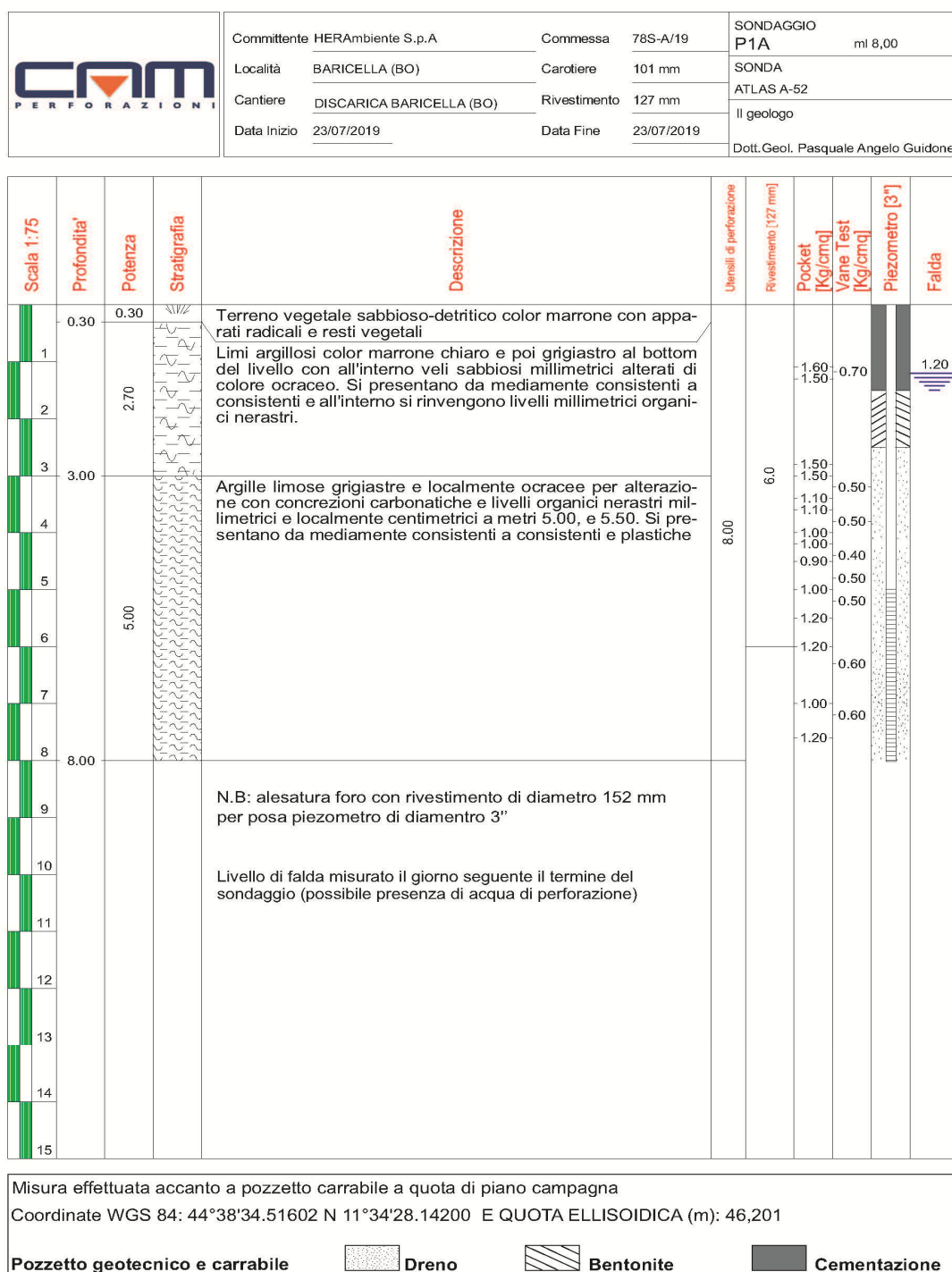


Figura 1 – Stratigrafia e schema di completamento del piezometro P1A

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	7 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.1.2 Falda B

La falda B è monitorata attraverso 16 piezometri, di cui 7 interni al sito di discarica (P1B, P2B, P3B, P4B, P5B, P6B e P7B) e 9 esterni (P2bisB, P4bisB, P6bisB, P8, P9, P10, P11, P12 e P13). Tali piezometri sono stati realizzati nella campagna condotta in luglio/settembre 2019 (Tavola 3 allegata) e hanno le seguenti caratteristiche:

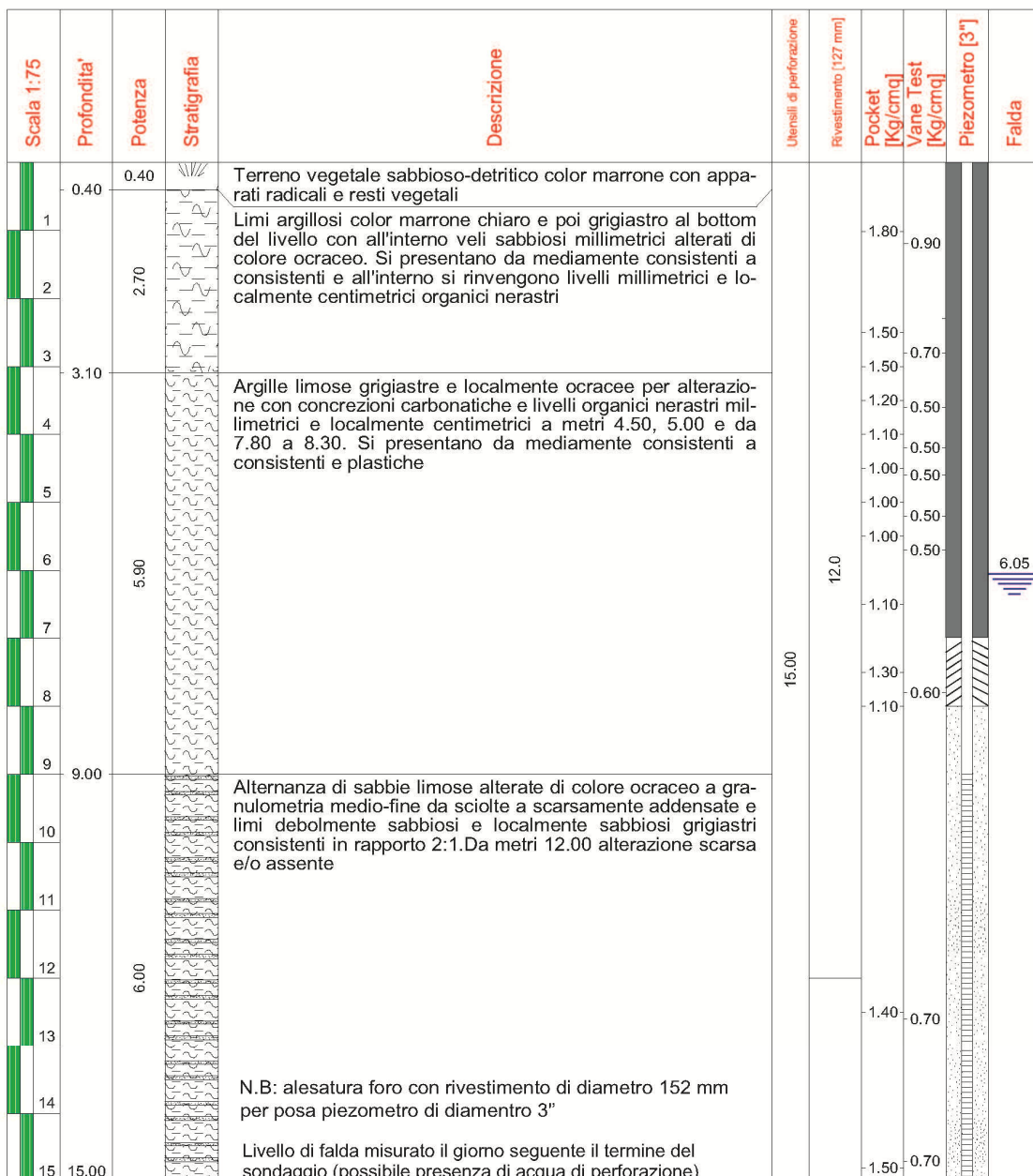
Piezometri falda B – Caratteristiche	P1B, P2B, P3B, P4B, P5B, P6B, P7B, P2bisB, P4bisB, P6bisB, P8, P9, P10, P11, P12 e P13
PROFONDITÀ	15 m da p.c.
FENESTRATURA	da -9 m a -15 m da p.c.
FILTRO DRENANTE	da -8 m a -15 m da p.c.

Tabella 2 – caratteristiche piezometri falda B

Lo schema di completamento di ciascun piezometro è riportato nelle stratigrafie allegate alla presente. A titolo esemplificativo, in Figura 2, si riporta la stratigrafia e lo schema di completamento del piezometro P1B.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	8 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	Committente	HERAmbiente S.p.A	Commessa	78S-A/19	SONDAGGIO	P1B	ml 15,00
	Località	BARICELLA (BO)	Carotiere	101 mm	SONDA	ATLAS A-52	
	Cantiere	DISCARICA BARICELLA (BO)	Rivestimento	127 mm	Il geologo		
	Data Inizio	22/07/2019	Data Fine	22/07/2019			
						Dott.Geol. Pasquale Angelo Guidone	



Misura effettuata accanto a pozzetto carrabile a quota di piano campagna

Coordinate WGS 84: 44°38'34.33426 N 11°34'27.53931 E QUOTA ELLISOIDICA (m): 46,429

Pozzetto geotecnico e carrabile

Dreno

Bentonite

Cementazione

Figura 2 - Stratigrafia e schema di completamento del piezometro P1B

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	9 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.1.3 Falda C

I piezometri per il monitoraggio della falda C sono 9, di cui 6 interni al sito di discarica (P1C, P2C, P3C, P4C, P5C, P6C e P7C, già esistenti) e 3 esterni (P2bisC, P4bisC, P6bisC).

In ottemperanza a quanto indicato nella determina di approvazione del piano di indagini, ovvero *“in merito alla falda C, per i punti da ri-perforare in prossimità della discarica dovranno essere eseguiti esclusivamente i piezometri in falda A e B, mantenendo solo i piezometri in falda C già esistenti e funzionanti...”* nella campagna condotta in luglio/settembre 2019 si è proceduto, per la falda C, alla realizzazione dei soli piezometri esterni (Tavola 4 allegata) i quali hanno le seguenti caratteristiche:

Piezometri falda C – Caratteristiche	P2bisC, P4bisC, P6bisC,
PROFONDITÀ	45 m da p.c.
FENESTRATURA	da -36 m a -45 m da p.c.
FILTRO DRENANTE	da -33 m a -45 m da p.c.

Tabella 3 – caratteristiche piezometri falda C

Lo schema di completamento di questi 3 piezometri è riportato nelle stratigrafie allegate alla presente. A titolo esemplificativo, in Figura 3, si riporta la stratigrafia e lo schema di completamento del solo piezometro P6bisC. Si specifica che i piezometri P2bisC, P4bisC e P6bisC facevano parte dei piezometri di nuova realizzazione autorizzati dalla DGP 248 del 23/07/2013, la quale ad oggi risulta decaduta con DET-AMB-2019-4489 del 01/10/2019.

In merito ai piezometri esistenti interni al sito di discarica, è nota solo la profondità, che risulta di 45 m da p.c..

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	10 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	Committente	HERAmbiente S.p.A	Commessa	78S-A/19	SONDAGGIO P6bisC	ml 45,00
	Località	BARICELLA (BO)	Carotiere	101 mm	SONDA	
	Cantiere	DISCARICA BARICELLA (BO)	Rivestimento	127 mm	ATLAS A-52	
	Data Inizio	24/07/2019	Data Fine	29/07/2019	Il geologo	
						Dott. Geol. Pasquale Angelo Guidone

Scala 1:75	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di perforazione	Rivestimento [127 mm]	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	Piezometro [3"]	Falda
1	0.10	0.10		Terreno vegetale sabbioso-detritico color marrone con apparati radicali e resti vegetali						
2		3.10		Limi argillosi color marrone chiaro e poi grigiastro al bottom del livello con all'interno veli sabbiosi millimetrici alterati di colore ocreo. Si presentano da mediamente consistenti a consistenti e all'interno si rinvencono livelli millimetrici e localmente centimetrici organici nerastrì			1.80	0.90		1.00
3							1.90			
4	3.20						1.50	0.70		
5		7.10		Argille limose grigiastre e localmente ocree per alterazione con concrezioni carbonatiche e livelli organici nerastrì millimetrici e localmente centimetrici a metri 4.00 e da metri 5.00 a 5.50. Si presentano da mediamente consistenti a consistenti e plastiche			1.20	0.50		
6							1.10	0.50		
7							1.00	0.50		
8							0.90	0.50		
9							1.00	0.50		
10							1.10	0.50		
11	10.30			Alternanza di sabbie limose alterate di colore ocreo a granulometria medio-fine da sciolte a scarsamente addensate e limi debolmente sabbiosi e localmente sabbiosi grigiastri consistenti in rapporto 2:1.			1.40	0.70		
12		4.90					1.10	0.50		
13							1.00	0.50		
14							1.40	0.70		
15							1.50	0.70		

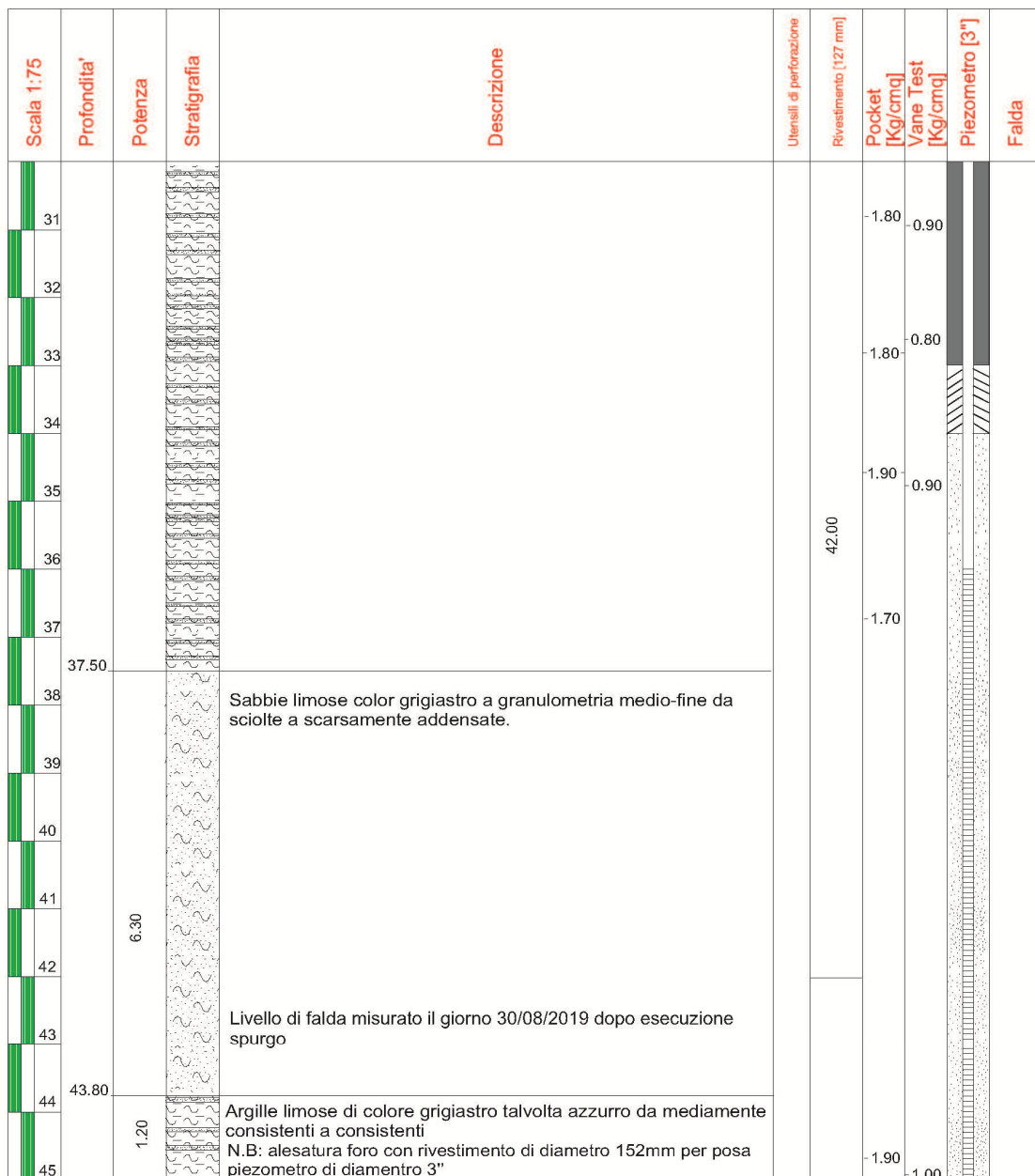
DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	11 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	Committente	HERAmbiente S.p.A	Commessa	78S-A/19	SONDAGGIO P6bisC	ml 45,00
	Località	BARICELLA (BO)	Carotiere	101 mm	SONDA	
	Cantiere	DISCARICA BARICELLA (BO)	Rivestimento	127 mm	ATLAS A-52	
	Data Inizio	24/07/2019	Data Fine	29/07/2019	Il geologo	
						Dott. Geol. Pasquale Angelo Guidone

Scala 1:75	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Utensili di perforazione	Rivestimento [127 mm]	Pocket [Kg/cmq]	Vane Test [Kg/cmq]	Piezometro [3"]	Falda
	15.20			Alternanza di argille limose color grigiastro localmente azzurro da mediamente consistenti a consistenti e sabbie limose color grigiastro a granulometria medio fine da sciolte a scarsamente addensate in rapporto 2:1.			-1.60	0.70		
16							-1.60			
17				Da metri 15.50 a metri 16.00 livello argilloso-limoso color nerastro.			-1.60			
18							-1.60			
19				Da metri 18.50 a metri 19.30 livello argilloso-limoso color nerastro.			-1.70	0.70		
20							-1.50	0.70		
21				Da metri 20.50 a metri 22.00 livello argilloso-limoso color nerastro.			-1.50	0.80		
22							-1.70	0.80		
23							-1.60	0.70		
24							-1.70			
25				Da metri 26.50 a metri 26.90 presenza di clasti calcarei, calcareo-arenacei centimetrici			-1.60	0.80		
26							-1.60	0.80		
27							-1.80	0.90		
28							-1.80	0.90		
29							-1.80	0.90		
30							-1.80	0.90		

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	12 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	Committente	HERAmbiente S.p.A	Commessa	78S-A/19	SONDAGGIO	P6bisC	ml 45,00
	Località	BARICELLA (BO)	Carotiere	101 mm	SONDA		
	Cantiere	DISCARICA BARICELLA (BO)	Rivestimento	127 mm	ATLAS A-52		
	Data Inizio	24/07/2019	Data Fine	29/07/2019	Il geologo		
					Dott.Geol. Pasquale Angelo Guidone		



Misura effettuata accanto a pozzetto carrabile a quota di piano campagna

Coordinate WGS 84: 44°38'23.50257 N 11°34'49.36278 E QUOTA ELLISOIDICA (m): 47,116

Pozzetto geotecnico e carrabile



Dreno



Bentonite



Cementazione

Figura 3 - Stratigrafia e schema di completamento del piezometro P6bisC

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	13 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.2 PERCOLATO

In Tabella 4 sono riportati la frequenza di campionamento e il profilo analitico adottati nel monitoraggio della qualità del percolato. Come indicato nella medesima tabella, il monitoraggio è stato effettuato sui campioni di percolato, prelevati prima della miscelazione con le acque di sottotelo.

P.to di campionamento	vasca raccolta percolato (percolato campionato prima della sua miscelazione con le acque di sottotelo)			
Frequenza	trimestrale			
Profilo analitico	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>
	Ph	Unità pH	Cromo VI	mg/l
	Conducibilità	µS/cm	Ferro	mg/l
	Azoto Ammoniacale	mg/l	Mercurio	mg/l
	Nitriti	µg/l	Molibdeno	mg/l
	Nitrati	mg/l	Nichel	mg/l
	Cloruri	mg/l	Piombo	mg/l
	Fosforo Totale	mg/l	Rame	mg/l
	Potassio	mg/l	Selenio	mg/l
	Fluoruri	mg/l	Vanadio	mg/l
	Alluminio	mg/l	Zinco	mg/l
	Antimonio	mg/l	Calcio	mg/l
	Arsenico	mg/l	Magnesio	mg/l
	Bario	mg/l	Sodio	mg/l
	Cadmio	mg/l	Potassio	mg/l
	Cromo Totale	mg/l	Alcalinità	mg/l
			Solfati	mg/l

Tabella 4 – profilo chimico di monitoraggio del percolato

B.3 ACQUE SOTTERRANEE FALDA B

In Tabella 5 sono riportati profilo chimico e frequenza di campionamento adottati nel monitoraggio della qualità delle acque di falda B.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	14 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Piezometri	P1B, P2B, P3B, P4B, P5B, P6B, P7B, P2bisB, P4bisB, P6bisB, P8, P9, P10, P11, P12 e P13			
Frequenza	trimestrale			
Profilo analitico	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>
	Livello di falda	m	Alluminio	µg/l
	pH	Unità pH	Antimonio	µg/l
	Conducibilità	µS/cm	Arsenico	µg/l
	Potenziale di ossidoriduzione	mV	Bario	µg/l
	Ossigeno disciolto	mg/l	Cadmio	µg/l
	Azoto ammoniacale	mg/l	Cromo Totale	µg/l
	Nitriti	µg/l	Cromo VI	µg/l
	Nitrati	mg/l	Ferro	µg/l
	Cloruri	mg/l	Mercurio	µg/l
	Fosforo totale	mg/l	Molibdeno	µg/l
	Potassio	mg/l	Nichel	µg/l
	Fluoruri	mg/l	Piombo	µg/l
	Calcio	mg/l	Rame	µg/l
	Magnesio	mg/l	Selenio	µg/l
	Sodio	mg/l	Vanadio	µg/l
	Alcalinità	mg/l	Zinco	µg/l
	Solfati	mg/l		
	Residuo fisso (TDS)	mg/l		

Tabella 5 – profilo chimico di monitoraggio delle acque sotterranee di falda B

Al fine di consentire la caratterizzazione idrochimica delle acque di Falda A e di Falda C (P2bisC, P4bisC e P6bisC), in occasione del monitoraggio annuale 2020, il profilo analitico previsto dall'AIA per tali falde è stato volontariamente integrato con i parametri riportati in Tabella 6.

Profilo analitico	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>
	Livello di falda	m
	pH	Unità pH
	Conducibilità	µS/cm
	Potenziale di ossidoriduzione	mV
	Ossigeno disciolto	mg/l
	Cloruri	mg/l

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	15 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Profilo analitico	<u>Parametro</u>	<u>u.m.</u>
	Potassio	mg/l
	Calcio	mg/l
	Magnesio	mg/l
	Sodio	mg/l
	Alcalinità	mg/l
	Solfati	mg/l

Tabella 6 – profilo chimico integrativo falde A e C

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	16 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

C STUDIO IDROGEOLOGICO

La Determina di approvazione del Piano indagini citata in Premessa al presente documento, al p.to 2, 9° allinea, prescrive quanto segue:

Dovrà essere prodotto uno studio specifico dei livelli piezometrici nei diversi cluster, al fine di individuare il sistema di relazioni tra i diversi corpi acquiferi sotterranei.

Le relazioni tra i diversi corpi acquiferi presenti in sito sono state approfondite attraverso la definizione dell'assetto idrogeologico del sito in esame nello "Studio Idrogeologico" che costituisce l'Allegato 1 (cod. elaborato DS 02 BO BN DT RG 01.00 Rev. 00 del 14/09/2020) alla presente relazione.

Le risultanze di tale studio sono nello Studio Idrologico anche attraverso:

- n° 5 sezioni topografiche significative che riportano i risultati delle elaborazioni dei dati stratigrafici ed idrogeologici dell'area;
- n° 5 sezioni geologiche riportanti il modello geologico di dettaglio dell'area in studio;
- n° 5 sezioni idrogeologiche per ogni stagione di monitoraggio, nelle quali è stato ricostruito il modello idrogeologico di dettaglio dell'area in studio con determinazione stagionale della direzione di deflusso, gradiente idraulico, e valutazione oscillazione stagionale del livello di falda.

Di seguito viene riportato il capitolo conclusivo dello Studio Idrogeologico, a cui si rimanda per il dettaglio delle considerazioni in esso riportate.

C.1 LITOSTRATIGRAFIA

Analizzando le sezioni geologiche elaborate, si evidenzia la natura spesso lenticolare dei sedimenti con il ripetersi in sequenza monotona di depositi prevalentemente fini (argille e limi) con intercalati strati più grossolani limo-sabbiosi, o più francamente sabbiosi, che tendono ad aumentare di spessore con la profondità.

Il modello litostratigrafico tipo medio desunto dalle sezioni può essere quindi così schematizzato:

DS 02 BO BN 00 01 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	17 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- dal piano campagna e sino a circa 1,0-2,0 m di profondità da p.c. è presente uno strato costituente l'attuale suolo, indurito per essiccamento (terreno vegetale sabbioso-detritico);
- seguono limi argillosi con livelli millimetrici sabbiosi e organici (acquitardo) fino a profondità variabili tra -2,00 e -5,00 m dal p.c.;
- segue poi una sedimentazione argillosa fino a profondità variabili tra 7,25 m e 10,90 m dal p.c. (argille limose plastiche, con locali livelli organici centimetrici);
- segue poi un deposito limo sabbioso con interdigitazioni di sabbie e sabbie limose (primo acquifero in pressione) fino a profondità compresa tra 13,65 m e 17,00 m dal p.c.;
- segue poi un'alternanza per interdigitazione di argille limose e lenti sabbioso limose fino a profondità compresa tra 34,25 m e 37,45 m dal p.c.;
- segue poi un deposito limo sabbioso con interdigitazioni di sabbie e sabbie limose (secondo acquifero in pressione) fino a profondità compresa tra 42,25 m e 45,35 m dal p.c.;
- la successione fino alla massima profondità indagata 45 m dal p.c. si chiude con un'alternanza per interdigitazione di argille limose e lenti sabbioso limose.

C.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA

La struttura idrogeologica dell'area in esame è costituita da tre unità sovrapposte:

- la prima superficiale, costituita da un acquitardo denominato falda A, fino a circa 10-13 m di profondità da p.c. e definita come livello impermeabile di base
- la seconda, che ospita la falda denominata falda B, è definita come primo acquifero, compresa tra i -10/-13 m ed i -13/-17 m da p.c.

Essendo il primo acquifero limitato superiormente da sedimenti pelitici dominanti (argille limose), la falda in esso contenuta risulta essere in pressione.

- la terza unità profonda, ospita la falda denominata falda C, compresa tra 34/37 m e 42/45 m da p.c., e definita come livelli profondi.

Essendo l'acquifero limitato superiormente da sedimenti pelitici dominanti (argille limose) la falda in esso contenuta risulta essere in pressione.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	18 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

C.2.1 Caratteristiche degli acquiferi

I principali parametri degli acquiferi sono così sintetizzabili:

<u>Unità “Argille di valle” (acque di ritenzione superficiale - acquitardo) – Falda A</u>	
Porosità efficace “ne”	1 %
Coefficiente di immagazzinamento “S”	$3 \cdot 10^{-3}$
Coefficiente di permeabilità verticale “Kv”	$3,307 \cdot 10^{-8}$ cm/s
Coefficiente di permeabilità orizzontale “Kh”	$3,44 \cdot 10^{-5}$ cm/s
Trasmissività “T”	$1,893 \cdot 10^{-2}$ cm ² /s
Dispersività “α”	520 cm
Coefficiente di diffusione “Do”	$1 \cdot 10^{-6}$ cm ² /s

Tabella 7 – parametri acquifero “A”

<u>Unità “Sabbie dell’unità intermedia” (prima falda) – Falda B</u>	
Porosità efficace “ne”	16 %
Coefficiente di immagazzinamento “S”	$9,65 \cdot 10^{-5}$
Coefficiente di permeabilità orizzontale “Kh”	$3,665 \cdot 10^{-3}$ cm/s
Trasmissività “T”	0,5705 cm ² /s
Dispersività “α”	2,13 cm
Coefficiente di diffusione “Do”	$1 \cdot 10^{-3}$ cm ² /s

Tabella 8 – parametri acquifero “B”

<u>Unità “Sabbie dell’unità intermedia” (seconda falda) – Falda C</u>	
Porosità efficace “ne”	16 %
Coefficiente di immagazzinamento “S”	$9,65 \cdot 10^{-5}$

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	19 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Unità “Sabbie dell’unità intermedia” (seconda falda) – Falda C	
Coefficiente di permeabilità orizzontale “Kh”	5,87*10 ⁻³ cm/s
Trasmissività “T”	17,61 cm ² /s
Dispersività “α”	2,13 cm
Coefficiente di diffusione “Do”	1*10 ⁻³ cm ² /s

Tabella 9 – parametri acquifero “C”

C.2.2 Relazione tra gli acquiferi

Per definire la significatività di un acquifero può essere utilizzato il criterio proposto nell'allegato 1 dello schema di decreto legislativo di recepimento della Direttiva 2006/118/CE, sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento. Secondo quanto riportato nella norma citata, l'identificazione degli acquiferi è effettuata sulla base di due criteri: flusso significativo e quantità significativa. Se uno o entrambi i criteri sono soddisfatti, gli strati geologici sono da considerarsi acquifero.

Sulla base attuale delle conoscenze, si può affermare che:

- le falde più profonde (B e C), hanno le caratteristiche di un acquifero “significativo”
- l'“acquifero” superficiale (A) essendo un acquitrino con ridotti e lenti fenomeni di microcircolazione non rientra nel campo di applicazione della stessa

Quanto sopra detto è suffragato da quanto riportato nell'accordo Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato e le Regioni, allegato I, punto g.

Inoltre, gli studi geologici, idrogeologici, ed il monitoraggio sui piezometri hanno dimostrato che non esiste collegamento idraulico tra le falde in quanto confinate e separate da importanti livelli impermeabili.

C.2.3 Carte idroisipse e proprietà geochimiche delle acque

La correlazione dei livelli piezometrici rilevati e la caratterizzazione geochimica delle acque campionate hanno permesso di distinguere le acque superficiali dei piezometri A da quelle profonde dei piezometri B e C.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	20 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

C.2.3.1 Acque superficiali (A)

Le acque superficiali sono associabili a facies solfato calciche, sodiche e magnesiache, caratterizzate da un pH acido e da alti valori di conducibilità che variano stagionalmente da 2730 $\mu\text{S/cm}$ a 5140 $\mu\text{S/cm}$.

Oltre al pH acido che caratterizza le acque di precipitazione, la presenza di Calcio conferma che sono acque superficiali di recente infiltrazione. Quindi i principali anioni e cationi presenti nelle acque dimostrano che sono acque “giovani” con un circuito idrogeologico molto breve, di origine meteorica.

L'analisi delle sezioni idrogeologiche e delle carte isopiezometriche hanno permesso di concludere che le acque superficiali rinvenute nei piezometri A non sono rappresentative di una falda freatica, in quanto:

- La linea di correlazione dei livelli rilevati si imposta su terreni costituiti da argille limose, quindi impermeabili e pertanto non saturabili da una falda freatica.
- La linea di correlazione mostra notevoli variazioni di pendenza e di gradiente idraulico, non giustificabili dalle caratteristiche geomorfologiche e litostratigrafiche locali.
- La superficie piezometrica ricostruita non presenta una vera e propria direzione di deflusso omogenea.

L'acqua rinvenuta nei piezometri di monitoraggio A è associabile a riempimento per eventi meteorici di ricarica diretta attraverso gli strati più permeabili superficiali.

Frequentemente tali piezometri sono risultati asciutti e non è stato possibile procedere al campionamento.

C.2.3.2 Acque profonde (B e C)

Le acque profonde appartengono alla facies bicarbonato sodica e sono caratterizzate da un pH basico e valori di conducibilità nettamente inferiori a quelli delle acque superficiali, che si attestano mediamente nell'intervallo da 1100 $\mu\text{S/cm}$ a 1800 $\mu\text{S/cm}$.

Il pH basico evidenzia che sono acque che hanno un lungo circuito idrogeologico.

Inoltre la presenza di Sodio conferma che sono acque che interessano livelli più profondi del terreno e sono quindi acque più “antiche” che hanno subito evoluzione del contenuto ionico

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	21 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

secondo la sequenza di Chebotarev $\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+$. Quindi tale composizione anionica e cationica caratterizza una età geologica avanzata delle acque sotterranee.

C.2.3.2.1 Piezometri B

La correlazione effettuata dei livelli piezometrici mostra un andamento compatibile con una superficie piezometrica dovuta alla falda in pressione presente nel primo acquifero costituito da sabbie e sabbie limose.

L'altezza a cui risale il livello di falda nei piezometri di osservazione B si attesta graficamente in corrispondenza dello strato geologico costituito da limi argillosi con livelli millimetrici sabbiosi e organici.

Nelle campagne di Settembre e Dicembre 2019, il livello piezometrico medio della falda B in pressione staziona rispettivamente a circa 5,70 m e 6,10 m sul livello del mare.

Nelle campagne di Marzo e Giugno 2020, il livello piezometrico medio si posiziona rispettivamente a circa 6,50 m e 5,90 m sul livello del mare.

L'escursione massima annuale del livello piezometrico è pari a circa 80 cm.

La superficie piezometrica della falda in pressione B mostra una generale direzione di deflusso orientata Sud-Nord, costante durante le quattro campagne stagionali.

C.2.3.2.2 Piezometri C

La correlazione effettuata dei livelli piezometrici mostra un andamento compatibile con una superficie piezometrica dovuta alla falda in pressione presente nel secondo acquifero costituito da sabbie e sabbie limose.

L'altezza a cui risale il livello di falda nei piezometri di osservazione C si attesta graficamente sempre all'interno dello strato geologico costituito da limi argillosi con livelli millimetrici sabbiosi e organici, ma al di sopra di quello registrato nei piezometri B, in quanto trovandosi a maggiore profondità, la falda del secondo acquifero risulta essere ad una pressione maggiore della falda del primo acquifero.

Il livello piezometrico medio della falda in pressione del secondo acquifero (piezometri C) segue la variazione stagionale del livello del primo acquifero, posizionandosi circa 60/70 cm al di sopra di quest'ultimo.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	22 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Non è stato possibile identificare una direzione di deflusso della falda, non avendo a disposizione dati piezometrici distribuiti spazialmente nell'area. Infatti, i piezometri tipo C esistenti non sono risultati idonei alla rilevazione del livello di falda, perché, probabilmente sono soggetti a infiltrazioni di acque dagli strati più superficiali.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	23 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D RISULTATI DEL MONITORAGGIO**D.1 PERCOLATO**

I risultati delle analisi condotte sulla qualità del percolato sono riportati in Tabella 10. Come indicato nel Piano di Indagini, le analisi chimiche sono state condotte su campioni di percolato, prelevati con frequenza trimestrale (a monte della miscelazione con le acque di sottotelo), in concomitanza con il campionamento delle acque sotterranee.

Il percolato monitorato è caratterizzato da:

- pH basico, il valore minimo di pH, rilevato nel periodo di monitoraggio, è pari a 7,79 unità pH;
- significative concentrazioni di azoto ammoniacale,
- basse concentrazioni di metalli.

Qualitativamente, quindi, il percolato analizzato ha le caratteristiche di un percolato prodotto da rifiuti urbani in fase di degradazione metanogenica.

In merito ai valori dei fluoruri misurati nei campioni di percolato si rileva che:

- nelle campagne di dicembre 2019 e giugno 2020 le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di quantificazione di 500 µg/l;
- il valore massimo rilevato, 0,907 mg/l, è inferiore al limite di CSC (1,5 mg/l) previsto per le acque sotterranee.

In relazione alla sottostante tabella, riepilogativa dei risultati del monitoraggio del percolato, si specifica che i valori indicati in verde corrispondono a risultati inferiori al limite di quantificazione (LQ) e sono indicati come LQ/2.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	24 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	U.M.	25/09/2019	17/12/2019	25/03/2020	24/06/2020
Azoto Ammoniacale	mg/L NH ₄	891	511	788	927
Conducibilità	mS/cm	10,4	7,56	9,28	10,2
Fosforo Totale	mg/L P	6,34	2,5	2,5	7,11
pH	unità pH a 20°C	8,06	7,91	7,95	7,79
Solfati	mg/L	105	199	51,8	35
Cloruri	mg/L	1410	879	1080	1290
Fluoruri	mg/L	0,7	0,25	0,907	0,25
Arsenico	mg/L	0,072	0,042	0,036	0,0005
Cadmio	mg/L	0,011	0,011	0,0025	0,0025
Cromo totale	mg/L	0,288	0,204	0,251	0,252
Cromo VI	mg/L	0,25	0,5	0,5	0,5
Ferro	mg/L	3,84	3,39	3,07	2,84
Mercurio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Magnesio	mg/L	108	115	92	99,3
Nichel	mg/L	0,178	0,111	0,142	0,166
Piombo	mg/L	0,058	0,05	0,044	0,022
Rame	mg/L	0,028	0,017	0,015	0,015
Selenio	mg/L	0,018	0,0005	0,001	0,0005
Zinco	mg/L	0,214	0,178	0,128	0,084
Potassio	mg/L	627	347	465	536
Nitriti (NO₂)	mg/L	12,60	3,5	2,5	10,1
Nitrati (NO₃)	mg/L	2,39	8,6	2,6	3,44
Alluminio	mg/L	0,463	0,253	0,396	0,32
Antimonio	mg/L	0,016	0,008	0,001	0,005
Bario	mg/L	0,82	0,431	0,771	0,852
Molibdeno	mg/L	0,011	0,008	0,006	0,005
Vanadio	mg/L	0,049	0,030	0,042	0,041
Calcio	mg/L	90,80	142,0	97,7	91,4
Sodio	mg/L	1250	867	1030	1220
Alcalinità	mg/L	4720	2810	3724	4120

Tabella 10 – risultati analisi percolato

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	25 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D.2 ACQUE SOTTERRANEE FALDA B

I dati relativi alla qualità delle acque sotterranee di Falda B raccolti nelle 4 campagne del monitoraggio sono riportati nelle Tabella 11, Tabella 12, Tabella 13 e Tabella 14.

Con il colore **verde** sono indicati i dati risultati inferiori al limite di quantificazione (LQ) ai quali è stato attribuito il valore di LQ/2.

In **rosso** sono evidenziati i valori superiori ai limiti di CSC e in **rosso con sfondo verde** quelli che, considerato il valore dell'incertezza analitica, rientrano nel limite normativo.

In **blu** sono indicati i valori dei parametri marker di contaminazione del percolato (Azoto Ammoniacale, Cloruri, Fosforo totale e Potassio) superiori ai relativi Livelli di Guardia (LdG), definiti dall'AIA dell'impianto, mentre in **blu con sfondo verde** quelli che, considerato il valore dell'incertezza analitica, risultano inferiori al relativo LdG.

In **grassetto nero**, infine, sono indicati i valori di As e Fe superiori alle relative CSC. L'abbondante presenza di tali metalli nelle acque è riconducibile, come evidenziato dall'AIA dell'impianto, a condizioni naturali di fondo.

I dati riportati nelle tabelle non sono stati decurtati del valore dell'incertezza analitica.

Non prendendo in considerazione gli analiti la cui presenza, anche superiore ai limiti di norma, nelle acque sotterranee del sito è correlata a condizioni di fondo naturale (Fe e As), in merito al rispetto delle CSC (considerando anche l'incertezza analitica) si evidenzia che:

- nella campagna di settembre/19 si sono verificati superamenti delle CSC per il nitrito in P13 B e per i fluoruri in P3B, P4B, P5B, P6B, P7B, P9B, P11B, P12B e P6bisB;
- nella campagna di dicembre/19 sono state rilevate concentrazioni di fluoruri superiori al limite di CSC in P4B, P5B, P6B, P11B, P12B, P13B e P6bisB;
- nella campagna di marzo/20 si sono verificati superamenti della CSC per i fluoruri in P1B, P3B, P4B, P5B, P6B, P7B, P11B, P12B, P13B, P2bisB, P4bisB e P6bisB;
- nella campagna di giugno/20 sono state rilevate concentrazioni di fluoruri superiori al limite di CSC in P3B, P4B, P5B, P6B, P7B, P9B, P11B, P2bisB e P6bisB.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	26 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Piezometro	Azoto Ammoniacale	Cloruro	pH	Conduttività	Livello Di Falda	Nitrato (Come NO3)	Nitrito (Come NO2)	Solfati	Fosforo Totale	Potassio	Arsenico	Cadmio	Cromo Totale	Cromo Vi	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco	Ferro	Fluoruri	Torbidità	Potenziale Redox	Ossigeno Disciolto	Calcio Disciolto	Magnesio Disciolto	Sodio Disciolto	Residuo Fisso A 180°C	Alcalinità Da Bicarbonati	Alcalinità Totale	Alluminio	Antimonio	Bario	Molibdeno	Selenio	Vanadio	
UM	mg/L NH4	mg/L	unità pH a 20°C	µS/cm a 20°C	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	NTU	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l CaCO3	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
CSC							0,5				10	5	50	5	1	20	10	1000	3000	200	1,5																
Ldg	1,1	108							0,05	1,5																											
P1B	1,72	140	7,62	1304	-2,64	0,25	0,01	34	0,87	1,6	39	0,25	1	1	0,05	12	0,5	2,5	5	412	1,32	15,5	-14,2	3,51	72	68	259	932	761,8	624,4	10	0,5	197	5	0,5	0,5	
P2B	2,1	195	7,63	1503	-2,62	0,25	0,01	20	1,04	2,6	6	0,25	1	1	0,05	4	0,5	2,5	5	3644	1,6	300	-15,3	6,74	81	62	238	1047	836,8	685,9	10	0,5	348	5	0,5	0,5	
P3B	1,36	167	7,71	1319	-2,68	0,25	0,03	46	0,66	1,6	61	0,25	1	1	0,05	4	0,5	2,5	5	1394	1,95	7,19	-19,4	4,75	51	55	253	925	690,2	565,7	10	0,5	152	5	2	0,5	
P4B	1,87	225	7,76	1720	-2,82	0,25	0,04	84	0,38	1,6	14	0,25	1	1	0,05	10	0,5	2,5	5	447	1,9	70	-23,5	3,45	51	55	253	1347	880,9	722	10	0,5	201	5	2	0,5	
P5B	1,08	82	7,8	1149	-2,98	0,25	0,04	9	0,46	11	12	0,25	1	1	0,05	9	0,5	2,5	5	491	2,3	7,97	-25,1	5,69	59	54	187	995	766,8	628,5	10	0,5	216	5	2	1	
P6B	0,46	92	7,72	1119	-3,26	0,25	0,06	13	0,25	0,5	2	0,25	1	1	0,05	18	0,5	2,5	5	50	2,75	70,2	-20,1	2,87	41	55	224	769	720,7	590,8	28	0,5	156	5	0,5	0,5	
P7B	1,62	106	7,84	1232	-3,06	0,25	0,01	2	1,67	1	134	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	5952	2,05	22,8	-27,1	2,47	47	59	234	998	773,4	633,9	10	0,5	208	5	0,5	0,5	
P8B	2,97	192	7,61	1528	-2,32	0,25	0,033	5	1,1	1,7	21	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	5	2565	1,12	83,6	-13,7	1,95	67	68	267	1183	849,6	696,4	10	0,5	206	5	1	0,5	
P9B	1,92	95	7,75	1117	-1,63	0,25	0,01	6	0,82	1,4	3	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	5	648	1,9	45	-22,1	3,16	46	49	208	925	698,7	572,7	10	0,5	115	5	1	1	
P10B	0,44	136	7,76	1277	-1,53	0,25	0,031	16	0,2	1,9	6	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	5	94	1,65	154	-22,9	5,71	54	58	233	958	731,1	599,2	10	0,5	116	5	1	1	
P11B	0,51	73	7,71	1174	-2,84	0,25	0,034	53	1,12	1	219	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	5	2153	1,8	21,4	-20,3	3,48	53	60	233	1016	748,7	613,7	10	0,5	124	5	1	0,5	
P12B	1,12	102	7,77	1399	-2,99	0,25	0,033	102	0,82	1,3	219	0,25	1	1	0,05	17	0,5	2,5	13	2068	2,2	20,4	-22,7	2,98	63	72	274	1129	807,9	662,2	10	0,5	164	5	0,5	0,5	
P13B	0,19	154	7,57	2489	-3,36	0,5	0,578	794	0,37	2,5	30	0,25	1	1	0,05	19	0,5	2,5	5	30	1,2	14,8	-9,6	3,46	167	126	372	2194	795,1	651,7	10	0,5	124	5	0,5	1	
P2Bbis	2,52	157	7,8	1235	-1,89	0,25	0,046	7	0,87	2,4	40	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	5	1014	1,6	417	-23,4	1,59	67	50	205	853	700,2	573,9	10	0,5	184	5	0,5	1	
P4Bbis	1,83	195	7,67	1714	-2,27	0,25	0,242	146	0,34	3,8	6	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	5	626	1,5	25	-17,3	1,58	69	98	326	1257	881,3	722,4	10	0,5	289	5	0,5	0,5	
P6Bbis	0,35	110	7,71	1226	-2,93	0,25	0,01	21	0,1	1,4	1	0,25	1	1	0,05	11	0,5	2,5	5	83	1,7	7,6	-18,8	2,42	37	66	265	1038	765,7	627,6	10	0,5	133	5	0,5	0,5	

Tabella 11 – Acque sotterranee campagna settembre 2019

Piezometro	Azoto Ammoniacale	Cloruro	pH	Conductività	Livello Di Falda	Nitrato (Come NO3)	Nitrato (Come NO2)	Solfati	Fosforo Totale	Potassio	Arsenico	Cadmio	Cromo Totale	Cromo Vi	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco	Ferro	Fluoruri	Torbidità	Potenziale Redox	Ossigeno Disciolto	Calcio Disciolto	Magnesio Disciolto	Sodio Disciolto	Residuo Fisso A 180°C	Alcalinità Da Bicarbonati	Alcalinità Totale	Alluminio	Antimonio	Bario	Molibdeno	Selenio	Vanadio	
UM	mg/L NH4	mg/L	unità pH a 20°C	µS/cm a 20°C	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	NTU	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l CaCO3	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
CSC							0,5				10	5	50	5	1	20	10	1000	3000	200	1,5																
LdG	1,1	108							0,05	1,5																											
P1B	2,5	145	7,48	1458	-2,11	0,25	0,04	64	0,24	1,5	30	0,25	1	1	0,05	11	0,5	2,5	5	255	1,2	5,93	-17,6	1,42	57,2	67,8	233,6	1022	742,3	608,4	20	0,5	187	5	1	1	
P2B	2,32	195	7,67	1520	-2,09	0,25	0,03	6	0,8	1,6	9	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	8979	1,56	5,2	-103,6	2,52	54,1	66,5	258	1095	875,1	717,3	21	0,5	431	5	1	0,5	
P3B	1,42	172	7,52	1527	-2,61	0,25	0,01	102	0,49	1,2	54	0,25	1	1	0,05	5	0,5	2,5	5	1281	1,5	5,8	-84,3	1,33	51,7	64,5	263,5	1094	760,6	623,4	10	0,5	151	5	1	0,5	
P4B	1,96	216	7,71	1743	-2,3	0,25	0,01	73	0,29	1,6	15	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	12	424	1,8	8,5	-32,2	1,38	49,6	88,5	286,4	1244	917,7	752,2	22	0,5	178	5	1	1	
P5B	1,31	79	7,72	1183	-2,48	0,25	0,01	2	0,33	1,9	19	0,25	1	1	0,05	13	0,5	2,5	5	672	1,83	11,1	-83,2	1,45	38,4	56	204,7	867	815,7	668,6	10	0,5	215	5	1	0,5	
P6B	0,62	86	7,64	1112	-3,84	0,25	0,01	6	0,03	0,5	4	0,25	1	1	0,05	13	0,5	2,5	5	80	2,34	12,6	8,2	1,34	35,8	50,3	202,1	792	720,3	590,4	10	0,5	163	5	1	0,5	
P7B	1,65	113	7,45	1451	-2,58	0,25	0,01	69	1,6	1,2	119	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	6062	1,62	10,6	-146	0,7	64,6	67,4	224,7	1033	828,7	679,3	10	0,5	221	5	1	0,5	
P8B	3,91	184	7,46	1530	-1,78	0,25	0,02	6	1,01	1,7	21	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	3717	1,05	4,9	-92,2	0,57	61,5	64,3	247	1046	859,6	704,6	22	0,5	213	5	1	1	
P9B	0,45	45	7,89	680	-1,21	0,25	0,01	40	0,26	3,3	2	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	200	0,93	9,6	-21,9	0,88	34	26,2	97,8	478	362,3	296,9	22	0,5	79	5	1	2	
P10B	0,82	138	7,56	1313	-1,12	0,25	0,01	10	0,1	1,2	6	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	5	200	1,56	10,9	-17,9	0,74	40,1	52,5	215,5	933	792,3	649,4	46	0,5	159	5	1	0,5	
P11B	0,55	67	7,81	1109	-2,47	0,25	0,01	7	1,33	1,2	187	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	2217	1,77	28,5	-121,8	0,67	49,8	59,4	243,1	781	750,2	614,9	10	0,5	111	5	1	1	
P12B	0,6	99	7,68	1311	-2,68	0,25	0,21	25	1,16	1,1	209	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	5	3676	2,16	19,6	-145,8	0,46	42,2	57	215,9	935	837,7	686,7	10	0,5	177	5	1	0,5	
P13B	0,5	138	7,73	1688	-3,07	0,25	0,53	161	1,54	1,4	98	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	3551	2,04	11,8	-151,6	0,4	55,9	76,6	269,1	1266	934,1	765,7	10	0,5	210	5	0,5	1	
P2Bbis	2,27	158	7,51	1300	-1,38	0,25	0,01	3	0,9	1,6	64	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	2969	1,53	5,3	-104,9	0,73	52,9	51,9	215,5	894	729,1	597,6	23	0,5	188	5	1	1	
P4Bbis	1,41	182	7,45	1746	-1,78	0,25	0,07	143	0,19	1,9	10	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	5	1386	1,56	2,9	-82,3	0,55	59,4	89,4	279	1279	896,1	734,5	10	0,5	221	5	1	0,5	
P6Bbis	0,29	103	7,61	1305	-2,55	0,25	0,01	15	0,1	1,1	20	0,25	1	1	0,05	10	0,5	2,5	5	321	1,74	7	-71,5	1,07	35,9	61,1	230,9	881	787,5	645,5	10	0,5	122	5	1	0,5	

Tabella 12 – Acque sotterranee campagna dicembre 2019

Piezometro	Azoto Ammoniacale	Cloruro	pH	Conduttività	Livello Di Falda	Nitrato (Come NO3)	Nitrito (Come NO2)	Solfati	Fosforo Totale	Potassio	Arsenico	Cadmio	Cromo Totale	Cromo Vi	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco	Ferro	Fluoruri	Torbidità	Potenziale Redox	Ossigeno Disciolto	Calcio Disciolto	Magnesio Disciolto	Sodio Disciolto	Residuo Fisso A 180°C	Alcalinità Da Bicarbonati	Alcalinità Totale	Alluminio	Antimonio	Bario	Molibdeno	Selenio	Vanadio	
UM	mg/L NH4	mg/L	unità pH a 20°C	µS/cm a 20°C	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	NTU	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l CaCO3	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
CSC							0,5				10	5	50	5	1	20	10	1000	3000	200	1,5																
LdG	1,1	108							0,05	1,5																											
P1B	1,65	149	7,53	1462	-1,9	0,25	0,03	59	0,43	1,1	26	0,25	1	1	0,05	11	0,5	2,5	81	62	1,68	20,5	-9,2	0,33	52,9	64,4	231,7	980	794,2	651	10	0,5	235	5	1	1	
P2B	0,4	179	7,55	1545	-1,85	3,2	0,81	17	0,17	1,6	2	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	10	359	1,64	19,3	-61,8	1,06	56,5	64	247,6	1015	795,4	651,9	10	0,5	287	5	1	0,5	
P3B	0,61	169	7,51	1496	-1,88	0,25	0,08	59	0,53	0,5	46	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	1375	2,28	17,7	-83,5	0,56	47,1	53,6	233,7	975	708,3	580,5	10	0,5	135	5	1	0,5	
P4B	0,47	216	7,59	1843	-2,18	0,7	0,79	163	0,36	0,5	10	0,25	1	1	0,05	9	0,5	2,5	87	101	2,25	43	6,1	0,1	46,3	84,4	264,9	1299	903,4	740,5	10	0,5	421	5	1	0,5	
P5B	0,06	74	7,88	1131	-2,18	5,8	0,01	1	0,19	7,7	9	0,25	1	1	0,05	29	0,5	2,5	5	183	2,08	6,89	-56,3	2,68	34,8	50,3	188	779	642,5	526,7	10	0,5	247	5	1	1	
P6B	0,24	95	7,5	1193	-2,64	0,25	0,22	18	0,17	0,5	2	0,25	1	1	0,05	17	0,5	2,5	5	36	3	214	-50,4	0,6	31,6	47,6	189,4	831	714,8	585,9	10	0,5	217	5	1	0,5	
P7B	1,12	12	7,59	1294	-2,4	0,25	0,13	12	3,49	0,5	127	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	39	5081	2,36	10,7	-135,1	1,1	49,3	58,5	214,2	925	796,3	652,7	10	0,5	285	5	1	0,5	
P8B	2,22	188	7,83	1539	-1,57	0,25	0,03	5	0,34	1,3	9	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	29	84	1,3	6,49	-73,7	0,38	51,6	58,6	1,3	1076	854	700	10	0,5	238	5	1	0,5	
P9B	0,03	40	8,1	629	-0,9	1,8	0,01	38	0,23	2,7	1	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	25	0,94	14,7	42,2	3,02	30,8	24,4	130,8	439	335,5	275	10	0,5	49	5	0,5	2	
P10B	0,03	31	7,73	558	-0,76	3,7	0,01	34	0,18	6,1	2	0,25	1	1	0,05	4	0,5	2,5	5	13	0,7	17	65,4	2,75	52,2	22,5	88,5	383	305,8	250,6	10	0,5	80	5	0,5	1	
P11B	0,68	68	7,59	1119	-2,2	0,25	0,01	6	0,86	0,5	136	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	5	754	2,1	10,6	-96,6	1,28	35,5	43,3	172,2	803	746,5	611,9	10	0,5	106	5	0,5	0,5	
P12B	0,05	99	7,93	1317	-4,3	3,5	0,01	25	0,2	0,5	87	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	11	21	3,3	1,48	56,7	3,45	37,7	54,1	205,4	952	815,3	668,3	10	0,5	147	5	1	0,5	
P13B	0,01	172	7,41	2203	-7,6	2,9	0,01	449	0,42	1,1	41	0,25	1	1	0,05	16	0,5	2,5	13	17	2,2	3,65	43,9	1,73	89,5	92	299,4	1082	916,1	750,9	10	0,5	165	5	0,5	1	
P2Bbis	1,21	158	7,45	1317	-1,21	0,25	0,01	2	0,68	1,1	47	0,25	1	1	0,05	3	0,5	2,5	71	699	1,8	70,05	-93,5	0,6	44	45,4	202,1	918	723,9	593,3	10	0,5	294	5	1	1	
P4Bbis	1,22	161	7,5	1683	-1,5	0,25	0,04	119	0,2	0,5	4	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	79	353	1,8	5,98	-65,7	0,83	46,7	76,4	243	1199	882,9	723,7	10	0,5	466	5	1	0,5	
P6Bbis	0,17	102	7,58	1233	-3,1	0,25	0,01	13	0,15	0,5	1	0,25	1	1	0,05	13	0,5	2,5	5	31	2,1	0,98	3,5	1,23	27,3	52,9	212,5	872	763,1	625,5	10	0,5	175	5	1	0,5	

Tabella 13 – Acque sotterranee campagna marzo 2020

Piezometro	Azoto Ammoniacale	Cloruro	pH	Conduttività	Livello Di Falda	Nitrato (Come NO3)	Nitrito (Come NO2)	Solfati	Fosforo Totale	Potassio	Arsenico	Cadmio	Cromo Totale	Cromo Vi	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco	Ferro	Fluoruri	Torbidità	Potenziale Redox	Ossigeno Disciolto	Calcio Disciolto	Magnesio Disciolto	Sodio Disciolto	Residuo Fisso A 180°C	Alcalinità Da Bicarbonati	Alcalinità Totale	Alluminio	Antimonio	Bario	Molibdeno	Selenio	Vanadio	
UM	mg/L NH4	mg/L	unità pH a 20°C	µS/cm a 20°C	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	NTU	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l CaCO3	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
CSC							0,5				10	5	50	5	1	20	10	1000	3000	200	1,5																
LdG	1,1	108							0,05	1,5																											
P1B	2,21	146,3	7,22	1427	-2,46	0,7	0,01	16	0,56	1,8	62	0,25	1	1	0,05	6	0,5	2,5	5	1433	1,46	17	-143	0,1	52	63,5	224	1016	783,3	642	10	0,5	130	5	0,5	1	
P2B	2,27	203,1	7,34	1665	-2,44	2,3	0,05	14	0,86	1,5	10	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	2559	1,58	147	-168	0,1	37,3	52,6	277,1	1133	912,9	748,2	10	0,5	311	5	1	0,5	
P3B	1,05	136,7	7,41	1397	-2,48	0,7	0,01	42	2,17	1,3	85	0,25	1	1	0,05	4	0,5	2,5	5	3310	1,79	111	-119	0,1	41,9	37,7	194,5	1075	739,7	606,1	10	0,5	151	5	0,5	1	
P4B	1,79	196,6	7,41	1671	-2,66	0,7	0,03	85	0,44	1,4	22	0,25	1	1	0,05	8	0,5	2,5	5	1299	1,72	13,7	-134	0,1	44,6	72,1	251,8	1269	915,3	850	10	0,5	199	5	1	1	
P5B	0,66	81,4	7,52	1270	-2,67	2	0,03	4	0,29	1,5	13	0,25	1	1	0,05	12	0,5	2,5	5	630	2,26	25,9	-129	0,1	37,3	52,6	233,8	878	790,9	648,3	10	0,5	197	10	1	1	
P6B	0,43	92,2	7,3	1169	-2,98	1	0,04	16	0,09	1,2	6	0,25	1	1	0,05	13	0,5	2,5	5	104	2,73	27,7	-54	0,1	38,6	46,5	207,5	838	707,6	580	10	0,5	141	5	0,5	0,5	
P7B	1,38	120,4	7,32	1550	-2,77	0,8	0,01	133	1,9	1,7	129	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	6480	1,95	53,2	-193	0,1	67,3	66,5	247,9	1128	821,7	673,5	10	0,5	195	5	0,5	0,5	
P8B	3,77	160,8	7,13	1512	-2,16	0,7	0,01	2	1,13	2,5	1	0,25	1	1	0,05	1	0,5	2,5	5	1466	1,04	16,6	-145	0,1	64,2	53	206,5	1146	720,1	810	10	0,5	118	5	0,5	1	
P9B	2,2	93,7	7,47	995	-1,47	0,7	0,01	3	0,49	2,3	3	0,25	1	1	0,05	6	0,5	2,5	5	25	1,8	10,7	-99	0,1	39,9	36,6	151,8	744	507,1	415,5	10	0,5	144	5	0,5	0,5	
P10B	0,03	48	7,37	970	-1,22	2,4	0,01	47	0,18	2,3	3	0,25	1	1	0,05	4	0,5	2,5	5	21	0,65	11,6	-5	0,1	39,9	36,6	62,8	506	387,6	317,6	10	0,5	104	5	0,5	1	
P11B	1,53	67	7,46	1166	-2,55	0,7	0,01	9	1	2,1	149	0,25	1	1	0,05	5	0,5	2,5	5	1438	1,73	9,62	-173	0,1	42,2	42,6	161,6	947	829,9	760	10	0,5	157	5	1	0,5	
P12B	1,11	92,1	7,51	1487	-2,76	1,4	0,1	110	0,38	2,3	97	0,25	1	1	0,05	5	0,5	2,5	5	59	1,65	34	-56	0,1	58,2	60,1	214,6	1010	829,9	800	10	0,5	123	5	1	0,5	
P13B	0,31	165,9	7,03	2420	-3,6	0,9	0,26	539	0,45	2,7	10	0,25	1	1	0,05	28	0,5	2,5	5	192	1,28	107	-33	0,1	130,2	103,2	297,7	1966	842,1	910	10	0,5	98	5	1	1	
P2Bbis	3,19	81,4	7,25	1337	-1,81	2	0,01	2	1,05	1,6	22	0,25	1	1	0,05	2	0,5	2,5	5	2489	2,26	20,6	-148	0,1	57,8	53,6	232,4	1075	752,6	616,6	10	0,5	215	5	0,5	1	
P4Bbis	2,17	134,5	7,29	1662	-2,06	0,7	0,01	140	0,29	1,9	8	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	5	1338	1,37	4,73	-131	0,1	53,8	72,6	244,3	1213	842,1	810	10	0,5	236	5	0,5	0,5	
P6Bbis	0,53	92	7,28	1344	-2,69	0,7	0,01	18	0,19	1,9	8	0,25	1	1	0,05	7	0,5	2,5	5	1364	1,9	7,94	-75	0,1	52,9	72,6	250,2	926	781,1	700	10	0,5	228	5	0,5	0,5	

Tabella 14 – Acque sotterranee campagna giugno 2020

L'unico parametro per il quale si sono misurati sistematici superamenti nella quasi totalità dei piezometri della rete, sia interni che esterni al sito di discarica, è i fluoruri.

In Tabella 15 è riportato il dettaglio delle concentrazioni di fluoruri rilevate, decurtate del valore dell'incertezza analitica e in rosso sono evidenziati i valori superiori al limite normativo (1,5 mg/l).

Piezometro	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	1,188	1,08	1,512	1,314
P2B	1,44	1,404	1,476	1,422
P2bisB	1,44	1,377	1,62	2,034
P3B	1,755	1,35	2,052	1,611
P4B	1,71	1,62	2,025	1,548
P4bisB	1,35	1,404	1,62	1,233
P5B	2,07	1,647	1,872	2,034
P6B	2,475	2,106	2,7	2,457
P6bisB	1,53	1,566	1,89	1,71
P7B	1,845	1,458	2,124	1,755
P8	1,008	0,945	1,17	0,936
P9	1,71	0,837	0,846	1,62
P10	1,485	1,404	0,63	0,585
P11	1,62	1,593	1,89	1,557
P12	1,98	1,944	2,97	1,485
P13	1,08	1,836	1,98	1,152

Tabella 15 – superamenti CSC (i valori in tabella sono decurtati dell'incertezza analitica)

Un'analisi più dettagliata della diffusione dei fluoruri nelle acque della Falda B, sia all'interno del sito di discarica che nell'immediato intorno è condotta al par. D.2.2.

D.2.1 Markers

Lo scopo principale dell'approfondimento analitico condotto attraverso l'implementazione del Piano di Indagini è quello di valutare la diffusione dei fluoruri nelle acque di falda B e determinare se la loro presenza sia correlabile alle attività di gestione dei rifiuti svolte all'impianto.

Anche se lo Studio Idrogeologico condotto ha evidenziato che la falda B, in pressione, è separata dall'acquitrone falda A, dove insiste l'impianto, e quindi isolata da una eventuale fuoriuscita di percolato che potrebbe interessare solo le acque dell'acquitrone, di seguito viene condotta un'analisi della diffusione in falda B dei marker di contaminazione del percolato (Cloruri, Azoto Ammoniacale, Fosforo totale, Potassio), così come definiti dall'AIA dell'impianto e secondo i limiti di guardia fissati dalla stessa.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	31 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Nei paragrafi che seguono, è riportato per ogni marker un riepilogo delle concentrazioni rilevate nel monitoraggio. Inoltre, vengono illustrati i risultati di:

- Analisi di correlazione: analisi della relazione tra le famiglie di dati raccolte per ciascun marker, condotta attraverso il calcolo del coefficiente di Pearson;
- Analisi spaziale: analisi della variazione spaziale delle concentrazioni dei marker, effettuata mediante interpolazione, con metodo di Kriging, realizzata utilizzando il software Surfer (Golden Software).

Nell'elaborazione dei risultati, i dati non vengono decurtati del valore dell'incertezza analitica e le concentrazioni inferiori al limite di quantificazione analitica sono sostituite con la metà del suddetto limite.

D.2.1.1 Azoto Ammoniacale

Le concentrazioni di Azoto Ammoniacale misurate nei piezometri della rete di monitoraggio sono riportate in Tabella 16. In blu sono evidenziati i piezometri ubicati all'esterno del sito di scarica.

In **grassetto blu** sono riportati i valori superiori al Limite di Guardia di 1,1 mg/l, definito dall'AIA per tale parametro.

	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	1,72	2,5	1,65	2,21
P2B	2,1	2,32	0,4	2,27
P3B	1,36	1,42	0,61	1,05
P4B	1,87	1,96	0,47	1,79
P5B	1,08	1,31	0,06	0,66
P6B	0,46	0,62	0,24	0,43
P7B	1,62	1,65	1,12	1,38
P8B	2,97	3,91	2,22	3,77
P9B	1,92	0,45	0,03	2,2
P10B	0,44	0,82	0,03	0,03
P11B	0,51	0,55	0,68	1,53
P12B	1,12	0,6	0,05	1,11
P13B	0,19	0,5	0,01	0,31
P2bisB	2,52	2,27	1,21	3,19
P4bisB	1,83	1,41	1,22	2,17
P6bisB	0,35	0,29	0,17	0,53

Tabella 16 – concentrazioni Azoto Ammoniacale

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	32 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Nel periodo di monitoraggio sono state rilevate concentrazioni di Azoto Ammoniacale superiori al LdG sia in piezometri interni che esterni al sito di discarica. In particolare, sono risultati sempre eccedenti il LdG i valori in P1B, P7B, P8B, P2bisB e P4bisB.

D.2.1.2 Cloruri

Le concentrazioni di Cloruri misurate nei piezometri della rete di monitoraggio sono riportate in Tabella 17. In blu sono evidenziati i piezometri ubicati all'esterno del sito di discarica.

In **grassetto blu** sono riportati i valori superiori al Limite di Guardia di 108 mg/l, definito dall'AIA per tale parametro.

	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	140	145	149	146,3
P2B	195	195	179	203,1
P3B	167	172	169	136,7
P4B	225	216	216	196,6
P5B	82	79	74	81,4
P6B	92	86	95	92,2
P7B	106	113	12	120,4
P8B	192	184	188	160,8
P9B	95	45	40	93,7
P10B	136	138	31	48
P11B	73	67	68	67
P12B	102	99	99	92,1
P13B	154	138	172	165,9
P2bisB	157	158	158	81,4
P4bisB	195	182	161	134,5
P6bisB	110	103	102	92

Tabella 17 – concentrazioni Cloruri

Anche per i Cloruri si sono rilevate concentrazioni eccedenti il LdG sia nei piezometri interni che nei piezometri esterni al sito di discarica. In particolare, valori superiori al LdG sono sempre stati misurati in: P1B, P2B, P3B, P4B, P8B, P13B e P4bisB.

D.2.1.3 Fosforo totale

Le concentrazioni di Fosforo totale misurate nei piezometri della rete di monitoraggio sono riportate in Tabella 18. In blu sono evidenziati i piezometri ubicati all'esterno del sito di discarica.

In **grassetto blu** sono riportati i valori superiori al Limite di Guardia di 0,05 mg/l, definito dall'AIA per tale parametro.

	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	0,87	0,24	0,43	0,56

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	33 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P2B	1,04	0,8	0,17	0,86
P3B	0,66	0,49	0,53	2,17
P4B	0,38	0,29	0,36	0,44
P5B	0,46	0,33	0,19	0,29
P6B	0,25	0,03	0,17	0,09
P7B	1,67	1,6	3,49	1,9
P8B	1,1	1,01	0,34	1,13
P9B	0,82	0,26	0,23	0,49
P10B	0,2	0,1	0,18	0,18
P11B	1,12	1,33	0,86	1
P12B	0,82	1,16	0,2	0,38
P13B	0,37	1,54	0,42	0,45
P2Bbis	0,87	0,9	0,68	1,05
P4Bbis	0,34	0,19	0,2	0,29
P6Bbis	0,1	0,1	0,15	0,19

Tabella 18 – concentrazioni Fosforo totale

Le concentrazioni di Fosforo totale risultano eccedenti il LdG in tutti i piezometri della rete di monitoraggio, nella quasi totalità delle campagne.

D.2.1.4 Potassio

Le concentrazioni di Potassio misurate nei piezometri della rete di monitoraggio sono riportate in Tabella 19. In blu sono evidenziati i piezometri ubicati all'esterno del sito di scarica. In **grassetto blu** sono riportati i valori superiori al Limite di Guardia di 1,5 mg/l, definito dall'AIA per tale parametro.

	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	1,6	1,5	1,1	1,8
P2B	2,6	1,6	1,6	1,5
P3B	1,6	1,2	0,5	1,3
P4B	1,6	1,6	0,5	1,4
P5B	11	1,9	7,7	1,5
P6B	0,5	0,5	0,5	1,2
P7B	1	1,2	0,5	1,7
P8B	1,7	1,7	1,3	2,5
P9B	1,4	3,3	2,7	2,3
P10B	1,9	1,2	6,1	2,3
P11B	1	1,2	0,5	2,1
P12B	1,3	1,1	0,5	2,3
P13B	2,5	1,4	1,1	2,7
P2Bbis	2,4	1,6	1,1	1,6
P4Bbis	3,8	1,9	0,5	1,9
P6Bbis	1,4	1,1	0,5	1,9

Tabella 19 – concentrazioni Potassio

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	34 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Anche per questo marker si sono rilevate concentrazioni superiori al LdG sia nei piezometri interni che in quelli esterni al sito.

D.2.1.5 Analisi di correlazione dei marker

Nelle tabelle che seguono, per ogni campagna analitica effettuata, è valutata la correlazione tra i valori dei marker, mediante il calcolo del coefficiente di Pearson. Se tali marker avessero la medesima origine, ovvero una diffusione di percolato in falda, si verificherebbe una sostanziale correlazione fra le concentrazioni rilevate nella rete, quindi il valore del coefficiente di Pearson dovrebbe essere sempre maggiore di 0,6.

Settembre 2019

	<i>Azoto Ammoniacale</i>	<i>Cloruri</i>	<i>Fosforo tot</i>	<i>Potassio</i>
Azoto Ammoniacale	1			
Cloruri	0,552	1		
Fosforo tot	0,507	-0,087	1	
Potassio	0,006	-0,108	-0,204	1

Tabella 20 – coeff di Pearson settembre/19

Dicembre 2019

	<i>Azoto Ammoniacale</i>	<i>Cloruri</i>	<i>Fosforo tot</i>	<i>Potassio</i>
Azoto Ammoniacale	1			
Cloruri	0,666	1		
Fosforo tot	0,106	-0,0293	1	
Potassio	0,110	-0,108	-0,137	1

Tabella 21 – coeff di Pearson dicembre/19

Marzo 2020

	<i>Azoto Ammoniacale</i>	<i>Cloruri</i>	<i>Fosforo tot</i>	<i>Potassio</i>
Azoto Ammoniacale	1			
Cloruri	0,357	1		
Fosforo tot	0,272	-0,406	1	
Potassio	-0,338	-0,400	-0,221	1

Tabella 22 – coeff di Pearson marzo/20

Giugno 2020

	<i>Azoto Ammoniacale</i>	<i>Cloruri</i>	<i>Fosforo tot</i>	<i>Potassio</i>
Azoto Ammoniacale	1			
Cloruri	0,364	1		
Fosforo tot	0,306	0,201	1	
Potassio	0,043	-0,121	-0,206	1

Tabella 23 – coeff di Pearson maggio/20

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	35 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il calcolo dei coefficienti di Pearson effettuato restituisce un unico valore superiore a 0,6, nella campagna di Dicembre/19, tra le famiglie di Cloruri e Azoto Ammoniacale. Non c'è, quindi, una sostanziale correlazione tra i valori delle concentrazioni dei marker rilevati nella rete, quindi, la presenza di tali sostanze nelle acque di falda B non è correlabile alla medesima sorgente, ovvero la falda B non è soggetta a una contaminazione da percolato.

D.2.1.6 Analisi spaziale dei marker

Nelle figure che seguono sono riportate mappe in cui, per ogni marker, in ogni campagna di analisi, viene elaborata la distribuzione spaziale, mediante la definizione di curve di isoconcentrazione ottenute dalla interpolazione, con metodo di Kriging, dei dati raccolti.

Se fosse in corso una contaminazione da percolato della falda B si dovrebbero verificare due condizioni:

- le concentrazioni di ciascun marker a valle idrogeologico (Nord) dell'impianto dovrebbero essere superiori a quelle rilevate a monte (Sud), il valore massimo dovrebbe essere rilevato in corrispondenza di un piezometro interno al sito, prossimo al punto in cui sta avvenendo la perdita di percolato, da cui si origina il plume di contaminazione;
- la distribuzione spaziale dei markers dovrebbe essere comparabile.

D.2.1.6.1 Azoto Ammoniacale

La distribuzione spaziale di tale sostanza è mostrata nelle Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7.

In tutte le campagne di monitoraggio, i valori maggiori sono stati rilevati a valle dell'impianto, nei piezometri esterni al sito. La concentrazione massima è misurata sempre in P8, e, procedendo verso monte, i valori rilevati diminuiscono. Le curve di isoconcentrazione sembrano definire un plume "contrario" alla direzione di deflusso della falda B (Nord-Sud).

D.2.1.6.2 Cloruri

La distribuzione spaziale di tale sostanza è mostrata nelle Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11.

In tutte le campagne i valori maggiori sono stati rilevati in:

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	36 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- P2B e P4B, interni all'impianto;
- P8, esterno e situato a valle dell'impianto;
- P13, esterno situato a monte dell'impianto.

Sostanzialmente, i piezometri ubicati nella porzione Nord-Est della rete, interni od esterni al sito, sia a monte che a valle della discarica presentano concentrazioni di Cloruri superiori al LdG.

D.2.1.7 Potassio

La distribuzione spaziale di tale sostanza è mostrata Figura 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15.

La distribuzione spaziale del potassio varia in maniera sostanziale nelle varie campagne. A settembre/19 e a marzo/20 il valore massimo di concentrazione è stato rilevato in P5B, mentre nelle altre campagne nel medesimo piezometro si sono rilevati valori fra i minori della rete. In particolare, a giugno/20 nei piezometri interni al sito sono stati misurate le concentrazioni più basse dell'intera rete di monitoraggio.

D.2.1.8 Fosforo totale

La distribuzione spaziale di tale sostanza è mostrata nelle Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19

In tutte le campagne i valori maggiori sono stati registrati in P7B e in P11, ma le distribuzioni spaziali della sostanza sono significativamente diverse.

D.2.1.9 Conclusioni sull'analisi spaziale dei marker

In ciascuna campagna di monitoraggio, le distribuzioni spaziali dei markers non sono sovrapponibili o confrontabili fra loro.

L'analisi spaziale della diffusione dei markers conferma l'esito dell'analisi di correlazione precedentemente illustrata, ovvero che la presenza di tali sostanze nelle acque di falda B non può essere ricondotta ad una sorgente comune, quindi, anche queste ultime elaborazioni condotte, escludono che si stia verificando una diffusione di percolato in falda B.

Il monitoraggio delle acque di falda B, effettuato attraverso i nuovi piezometri realizzati, ha evidenziato un maggior numero di superamenti dei LdG dei marker di contaminazione, rispetto a quanto si verificava nella precedente rete. Lo studio idrogeologico condotto, e le valutazioni

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	37 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

specifiche condotte entro la presente, hanno evidenziato che la “natura” delle acque di falda B è diversa da quella che emergeva dal monitoraggio precedente, perché, con tutta probabilità, nei vecchi piezometri si verificano infiltrazioni di acque superficiali che alteravano la qualità delle acque della falda B.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	38 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

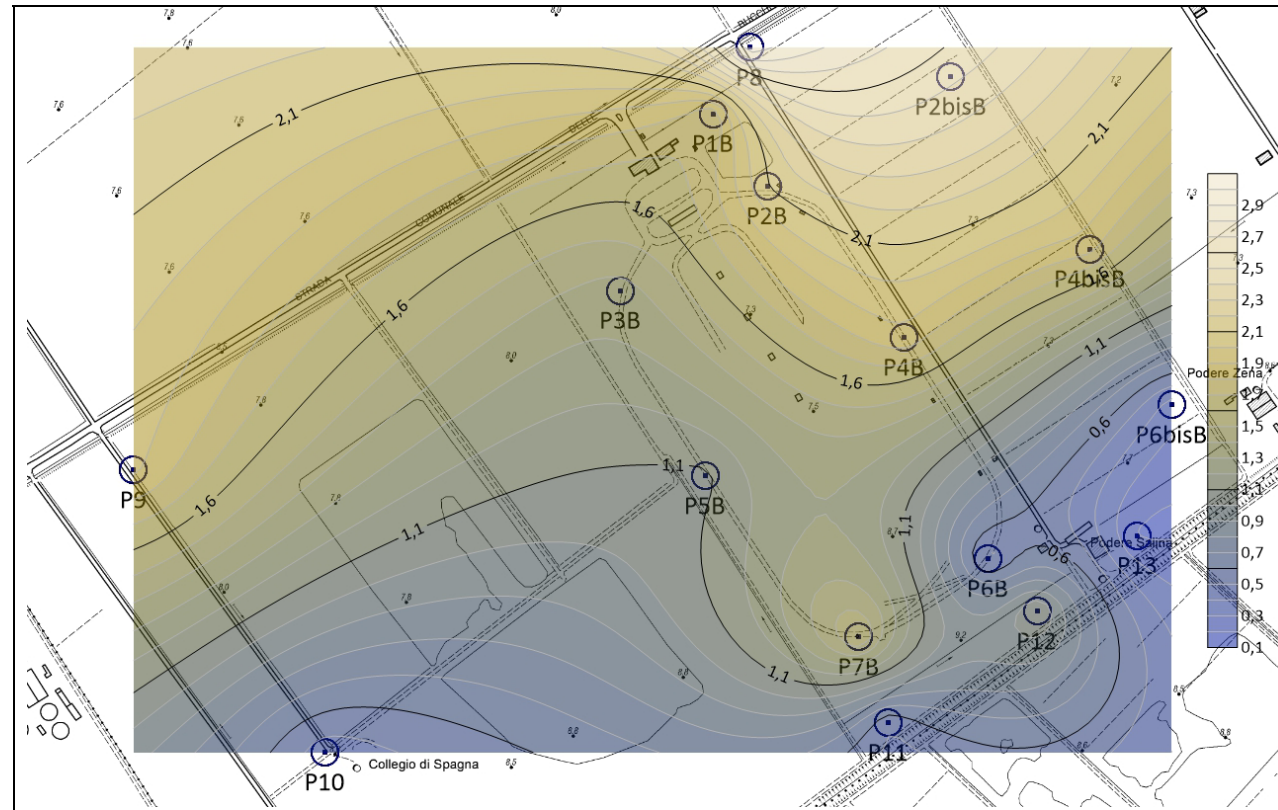


Figura 4 – Azoto Ammoniacale settembre 2019

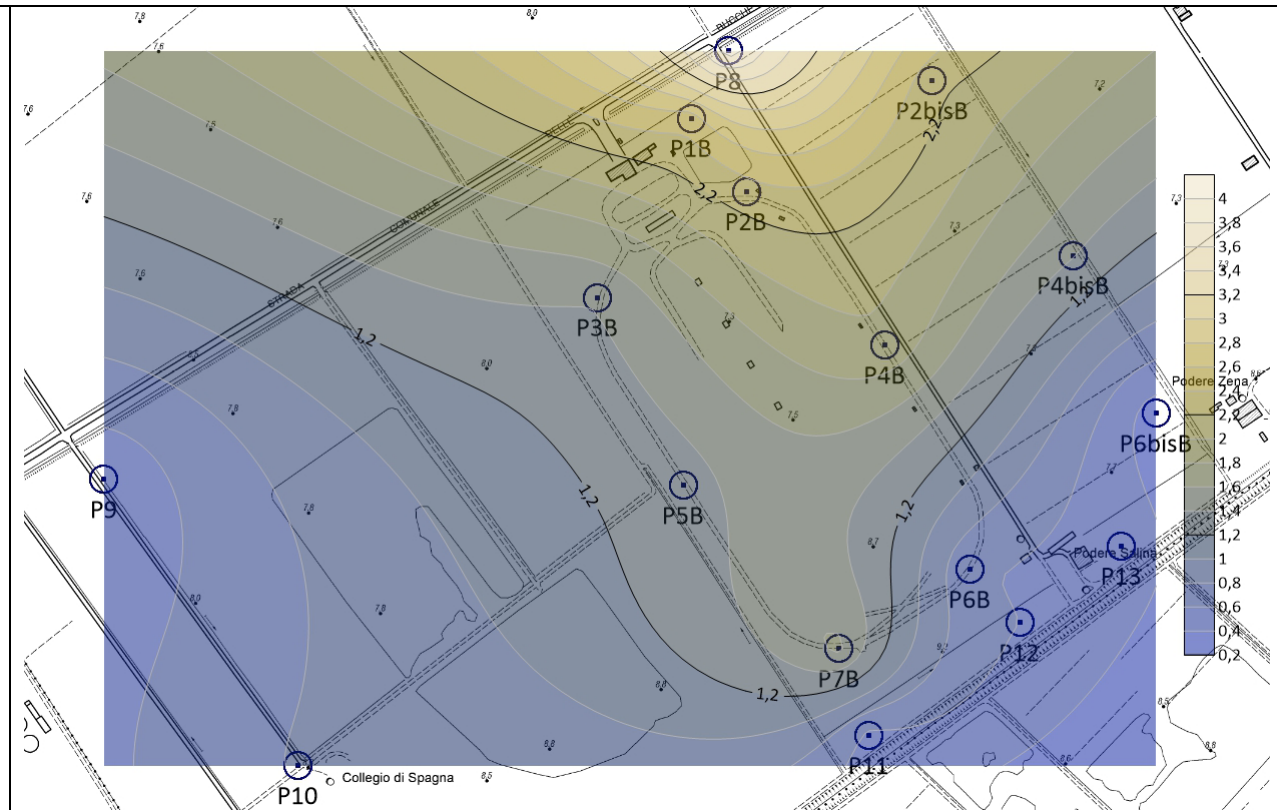


Figura 5 – Azoto Ammoniacale dicembre 2019

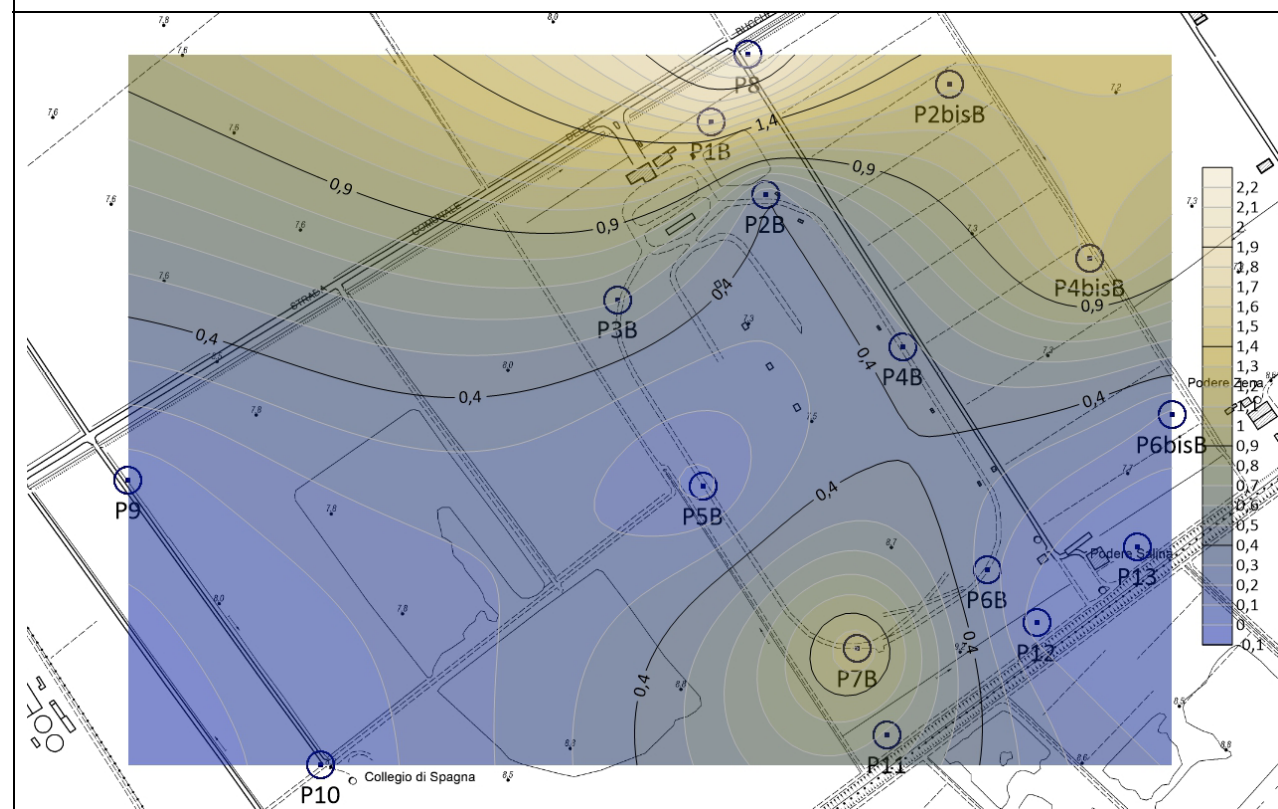


Figura 6 – Azoto Ammoniacale marzo 2020

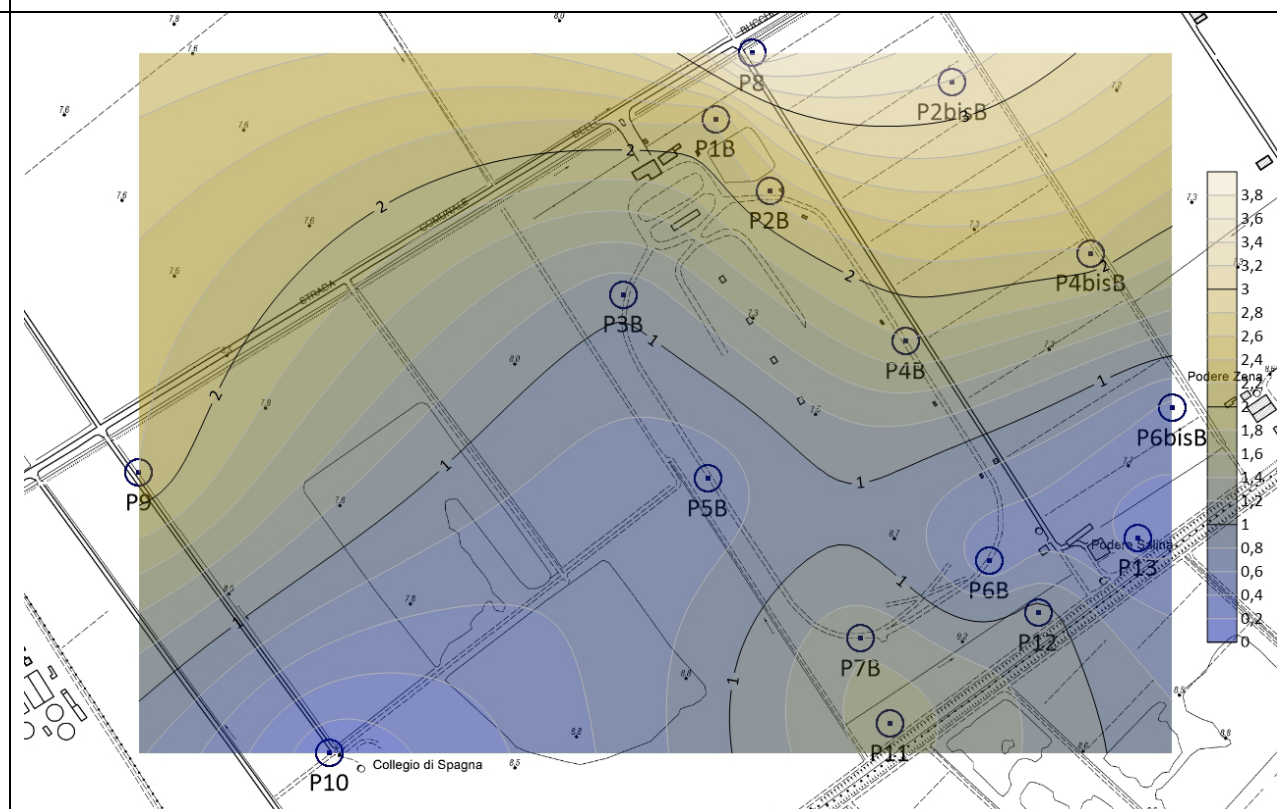


Figura 7 – Azoto Ammoniacale giugno 2020

DS 02 BO BN 00 01 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	39 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

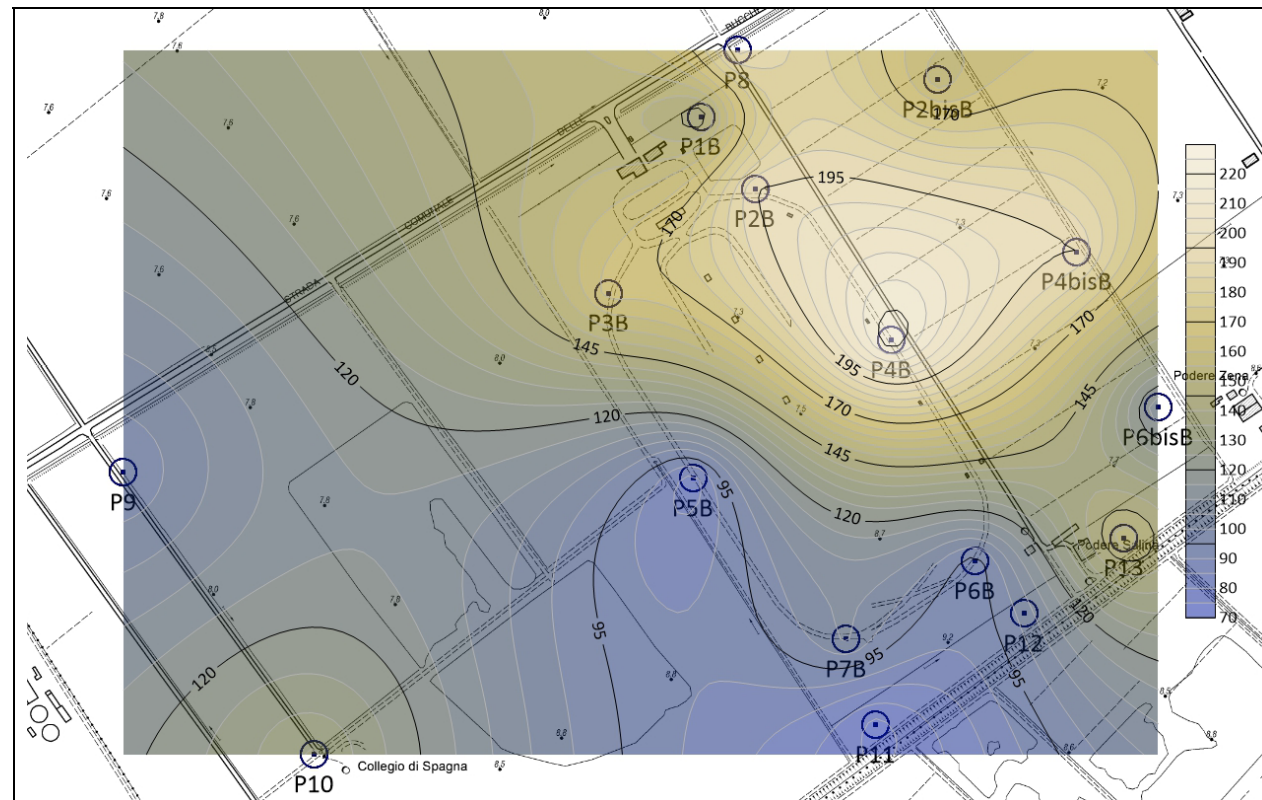


Figura 8 – Cloruri settembre 2019

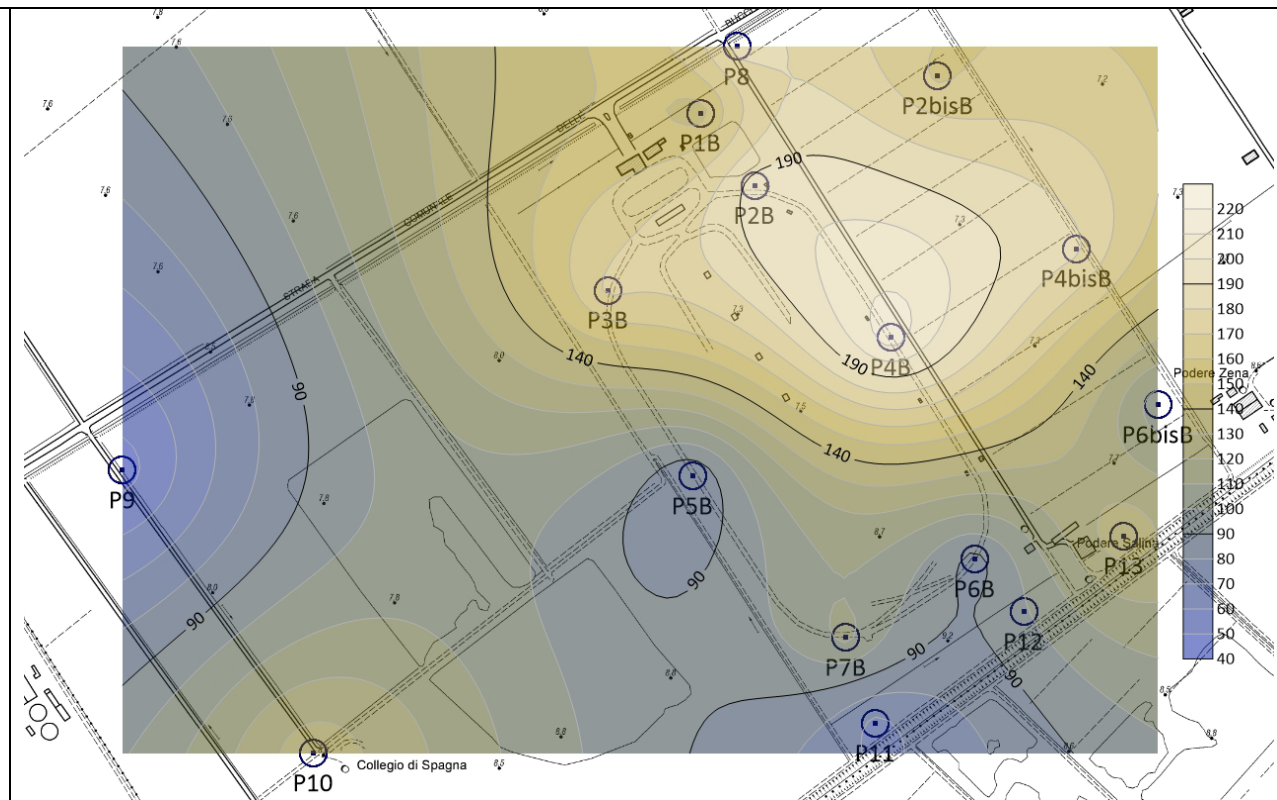


Figura 9 – Cloruri dicembre 2019

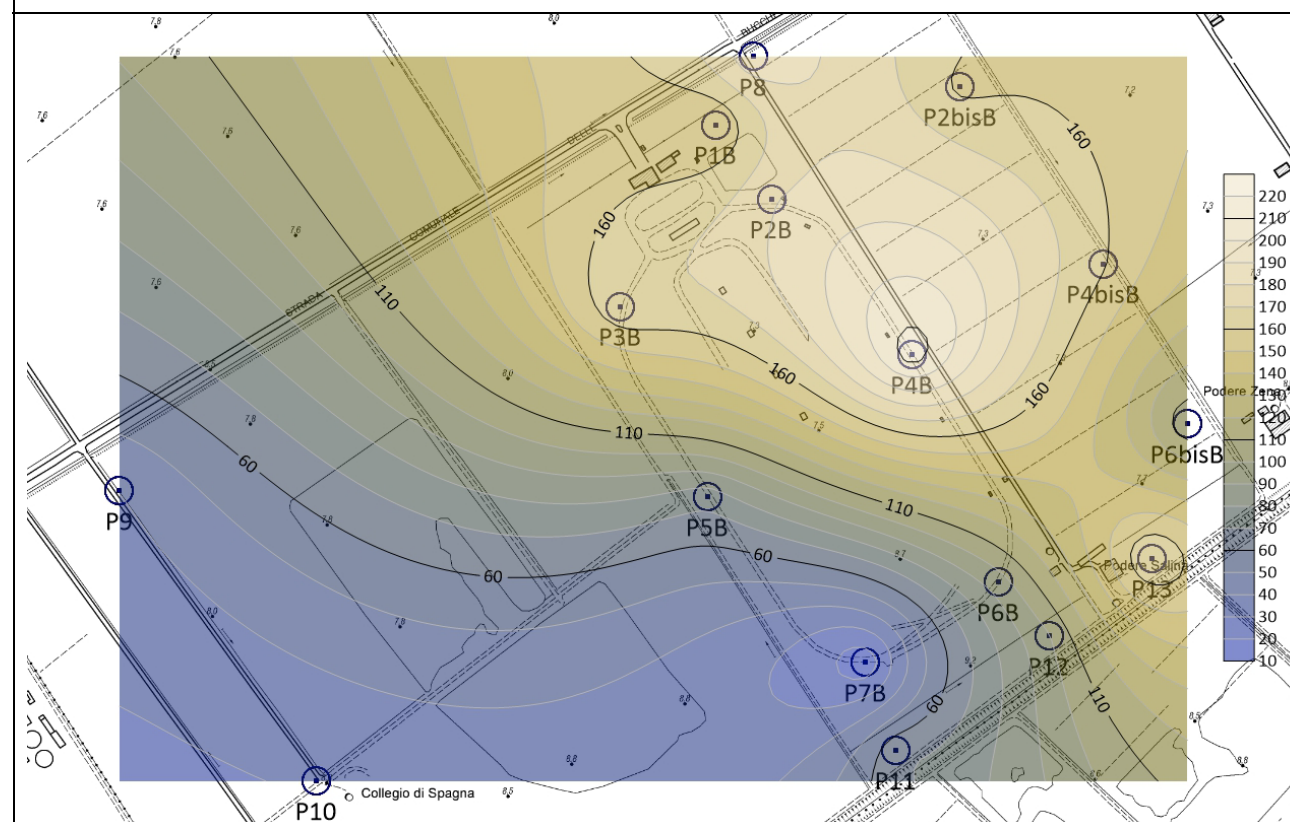


Figura 10 – Cloruri marzo 2020

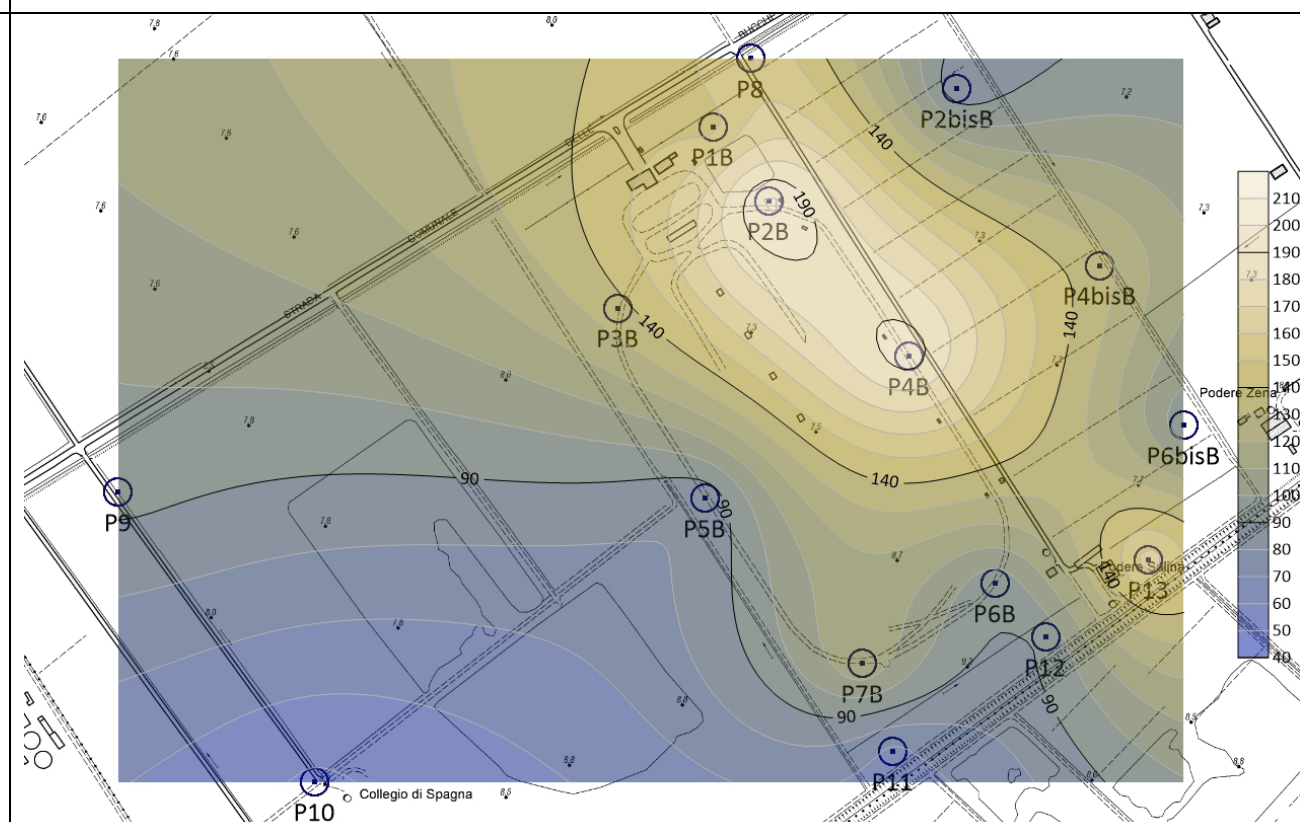


Figura 11 – Cloruri giugno 2020

DS 02 BO BN 00 01 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	40 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

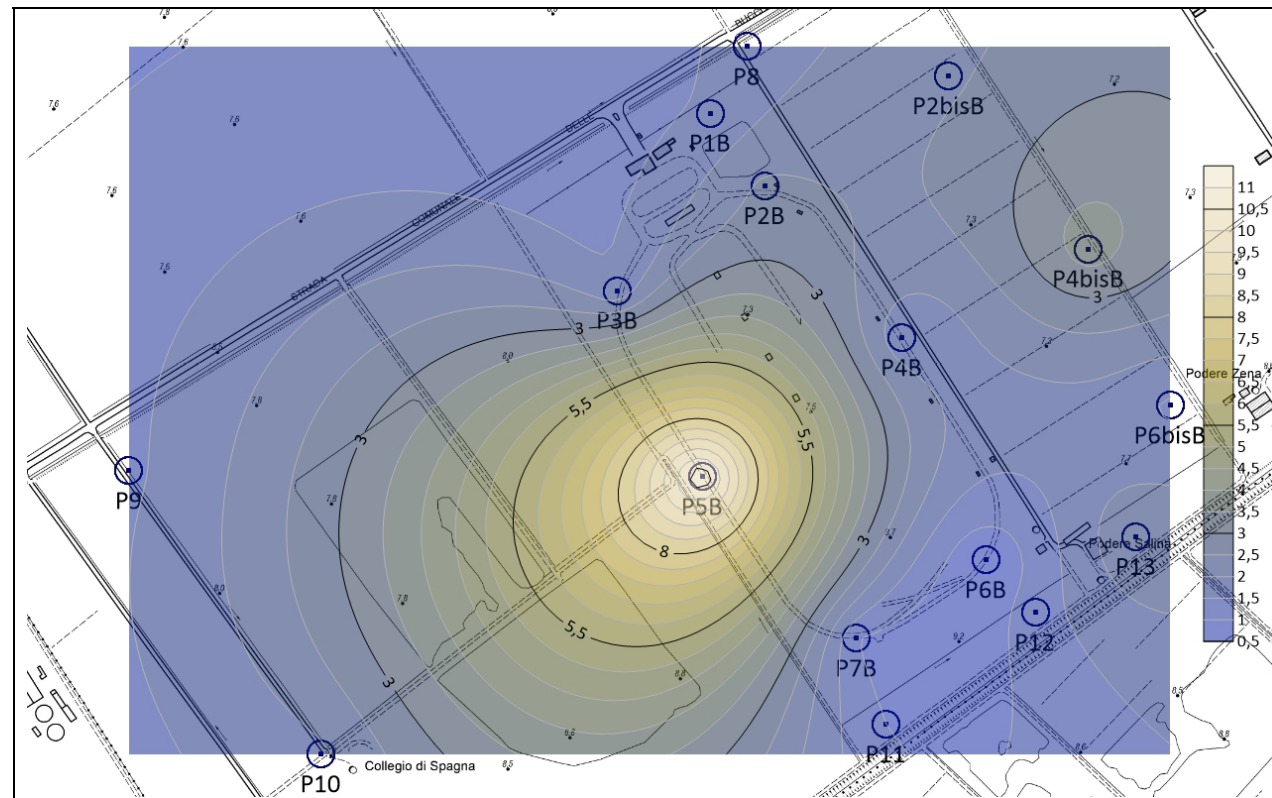


Figura 12 – Potassio settembre 2019

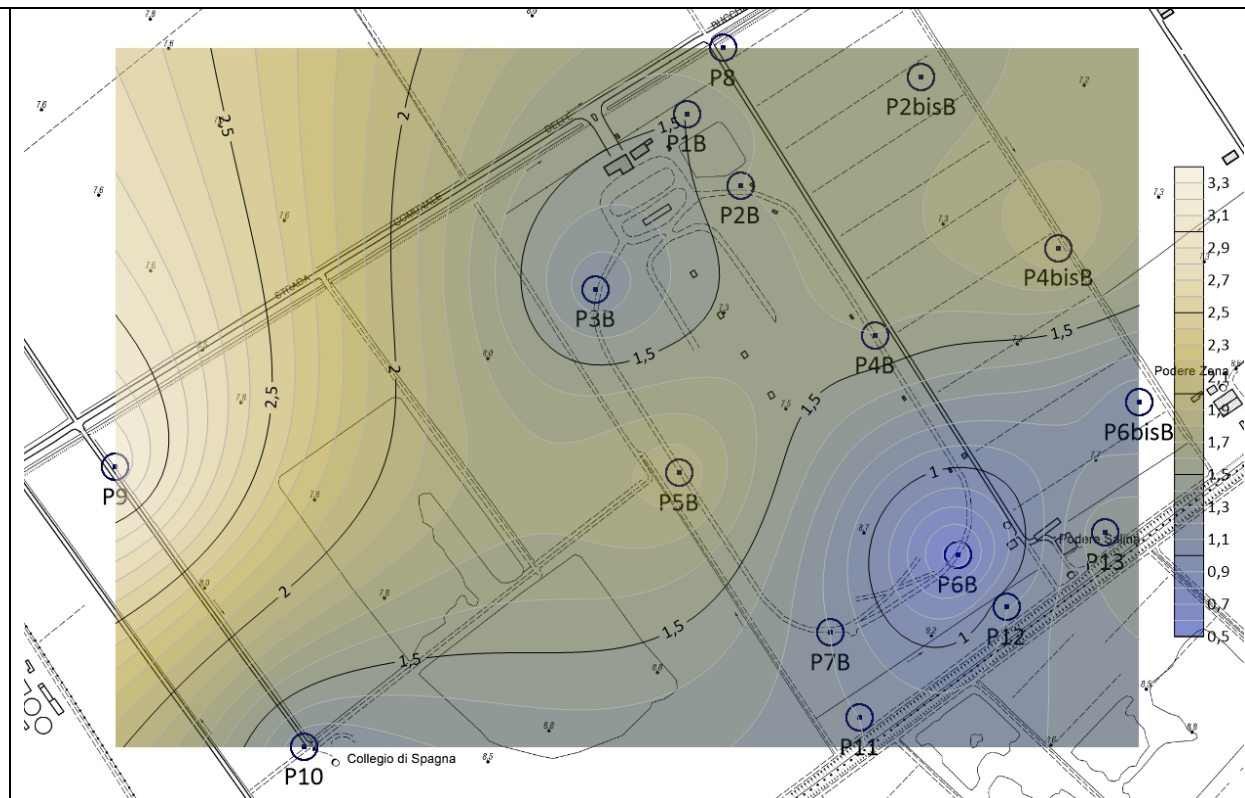


Figura 13 – Potassio dicembre 2019

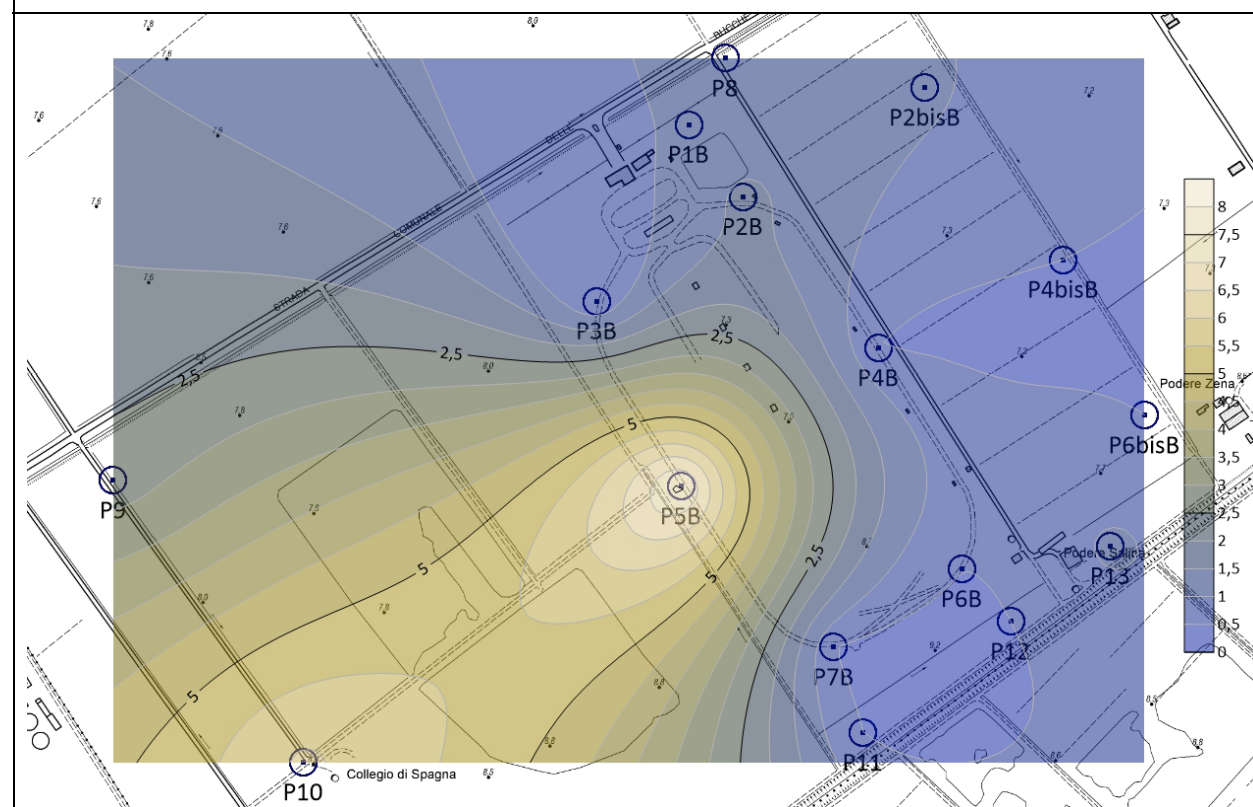


Figura 14 – Potassio marzo 2020

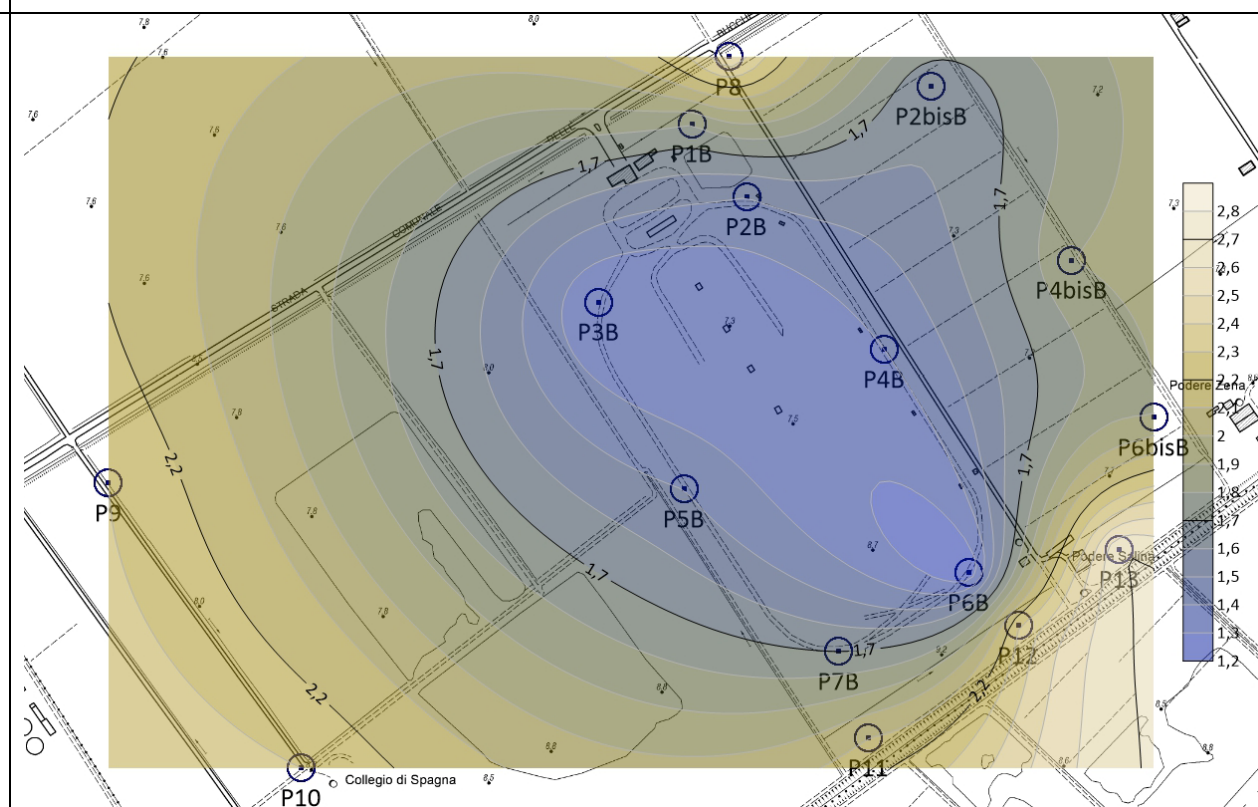


Figura 15 – Potassio giugno 2020

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	41 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

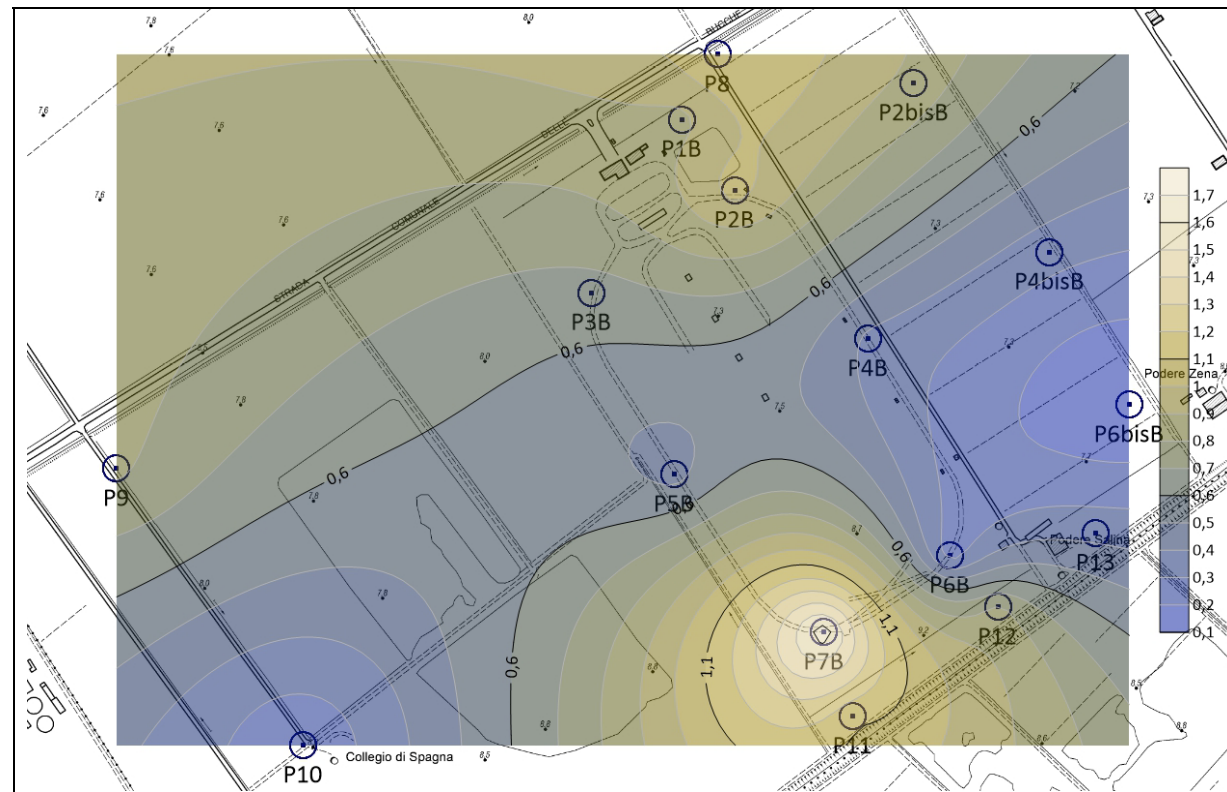


Figura 16 – Fosforo Totale settembre 2019

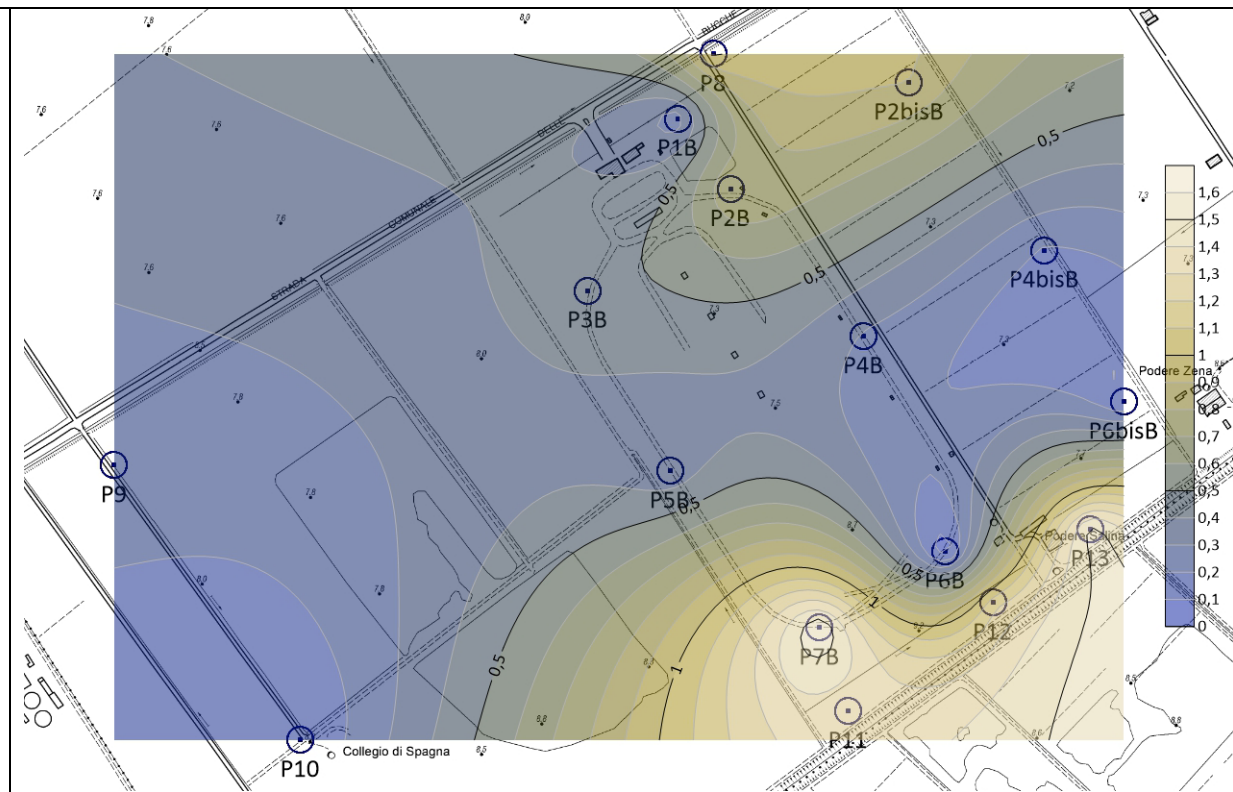


Figura 17 – Fosforo Totale dicembre 2019

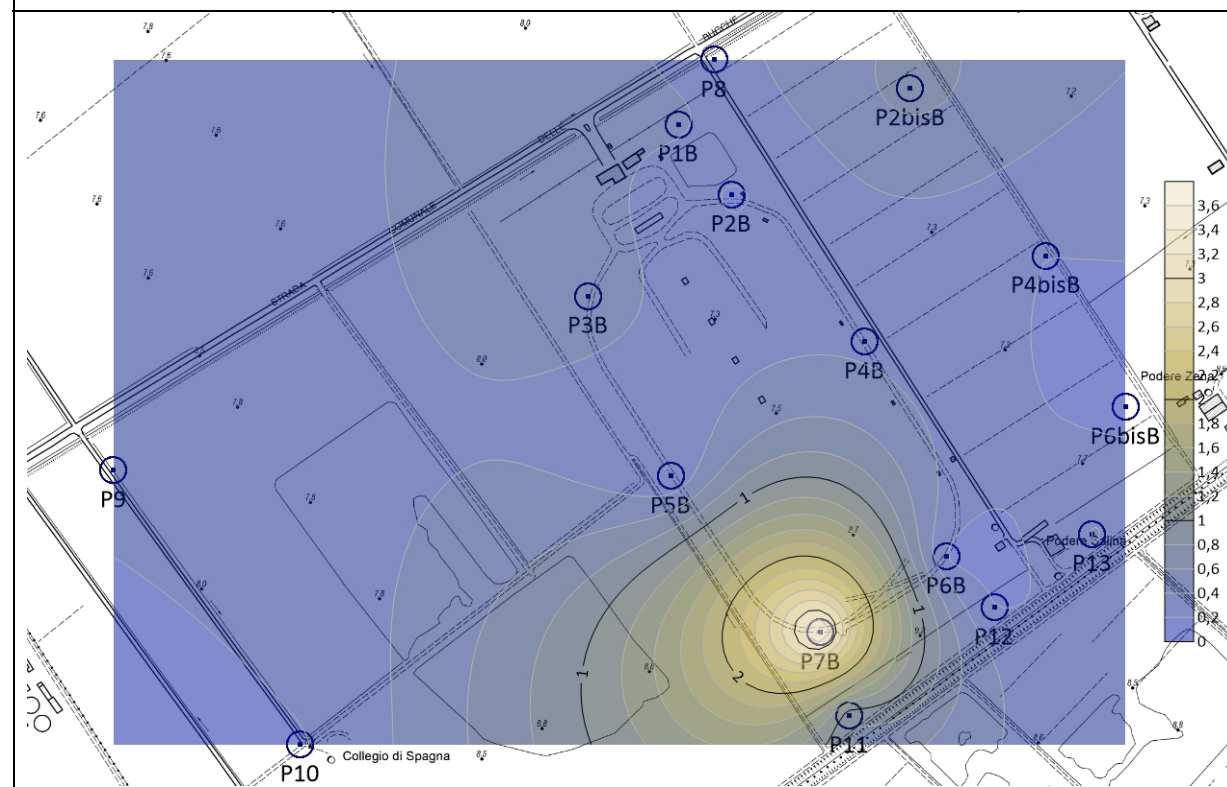


Figura 18 – Fosforo Totale marzo 2020

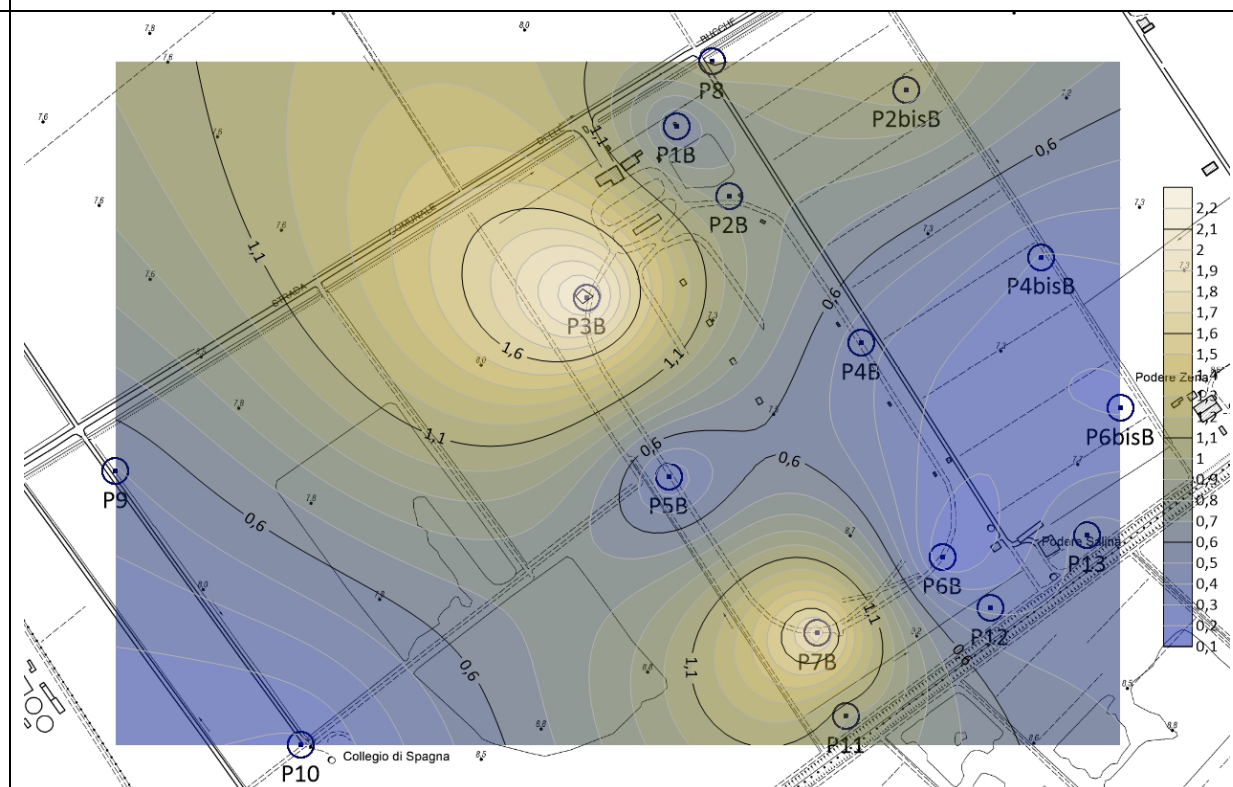


Figura 19 – Fosforo totale giugno 2020

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	42 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D.2.2 Fluoruri

D.2.2.1 Confronto delle concentrazioni di fluoruri rilevate nel percolato con quelle di falda B

Lo Studio Idrogeologico condotto ha portato a verificare che la falda B è idraulicamente separata dall'acquifero falda A, dove insiste la discarica, inoltre, l'analisi dei valori dei parametri marker di contaminazione del percolato, illustrata nei paragrafi precedenti, ha dato evidenza che non è in atto una contaminazione da percolato della falda B.

Tali considerazioni portano, quindi, ad escludere che la presenza dei fluoruri nelle acque della falda B sia in qualche modo imputabile alle attività di gestione dei rifiuti svolte in impianto.

Una ulteriore conferma viene dalla comparazione delle concentrazioni di tale sostanza misurate in falda B con quelle misurate nel percolato (non diluito dalle acque di sottotelo).

In Tabella 24 è riportato il riepilogo delle concentrazioni di fluoruri misurate nella rete e in Tabella 25 i valori dei principali descrittori statistici. In entrambe le tabelle, in **rosso**, sono evidenziati i valori eccedenti il limite di CSC.

Piezometro	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
P1B	1,32	1,2	1,68	1,46
P2B	1,6	1,56	1,64	1,58
P2bisB	1,6	1,53	1,8	2,26
P3B	1,95	1,5	2,28	1,79
P4B	1,9	1,8	2,25	1,72
P4bisB	1,5	1,56	1,8	1,37
P5B	2,3	1,83	2,08	2,26
P6B	2,75	2,34	3	2,73
P6bisB	1,7	1,74	2,1	1,9
P7B	2,05	1,62	2,36	1,95
P8	1,12	1,05	1,3	1,04
P9	1,9	0,93	0,94	1,8
P10	1,65	1,56	0,7	0,65
P11	1,8	1,77	2,1	1,73
P12	2,2	2,16	3,3	1,65
P13	1,2	2,04	2,2	1,28

Tabella 24 – concentrazioni fluoruri (I valori non sono decurtati dell'incertezza analitica)

Indicatore statistico	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
min	1,12	0,93	0,7	0,65
max	2,75	2,34	3,3	2,73

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	43 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Indicatore statistico	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
mediana	1,75	1,59	2,09	1,725

Tabella 25 – descrittori statistici

In Tabella 26 è riportato il confronto, per ciascuna campagna, tra i valori mediani rilevati nelle acque e le concentrazioni misurate nel percolato. I valori mediani delle acque sono sempre significativamente superiori alle concentrazioni misurate nel percolato.

Non è, quindi, possibile che il percolato sia la sorgente dei fluoruri presenti in falda.

Piezometro	set-19	dic-19	mar-20	giu-20
Percolato	0,7	0,25	0,907	0,25
Mediana F falda B	1,75	1,59	2,09	1,725

Tabella 26 – confronto falda/percolato

D.2.2.2 Analisi spaziale

In Tabella 27 e in Tabella 28 sono riportati, rispettivamente, i valori dei fluoruri misurati, e delle relative mediane, nei piezometri interni e nei piezometri esterni al sito.

Piezometro	set-19	dic-19	mar-20	giu-20	mediana
P1B	1,32	1,2	1,68	1,46	1,39
P2B	1,6	1,56	1,64	1,58	1,59
P3B	1,95	1,5	2,28	1,79	1,87
P4B	1,9	1,8	2,25	1,72	1,85
P5B	2,3	1,83	2,08	2,26	2,17
P6B	2,75	2,34	3	2,73	2,74
P7B	2,05	1,62	2,36	1,95	2

Tabella 27 – piezometri interni

Piezometro	set-19	dic-19	mar-20	giu-20	mediana
P2bisB	1,6	1,53	1,8	2,26	1,7
P4bisB	1,5	1,56	1,8	1,37	1,53
P6bisB	1,7	1,74	2,1	1,9	1,82
P8	1,12	1,05	1,3	1,04	1,085
P9	1,9	0,93	0,94	1,8	1,37
P10	1,65	1,56	0,7	0,65	1,13
P11	1,8	1,77	2,1	1,73	1,785
P12	2,2	2,16	3,3	1,65	2,18
P13	1,2	2,04	2,2	1,28	1,66

Tabella 28 – piezometri esterni

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	44 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tra i piezometri interni al sito solamente in P1B si registra un valore mediano inferiore alla CSC, tra quelli esterni presentano valore mediani non eccedenti la CSC i piezometri P8, P9 e P10 e solamente in P8 si sono misurati valori sempre rientranti nel limite normativo.

Appare quindi evidente che la presenza di fluoruri in significative concentrazioni caratterizza la quasi totalità dei piezometri della rete, interni o esterni, a monte idrogeologico oppure a valle.

Nelle Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23 è mostrata la distribuzione spaziale dei fluoruri nelle campagne di monitoraggio. La distribuzione è stata ottenuta mediante interpolazione dei dati raccolti, con metodo di Kriging, utilizzando il software Surfer (Golden Software).

Nelle campagne di settembre/19 e a giugno/20 l'area caratterizzata dai valori di fluoruri più alti è quella che comprende i piezometri P6B e P5B, mentre in quelle di dicembre/19 e marzo/20 è l'area nell'intorno di P6B e P12.

La distribuzione spaziale dei fluoruri varia sostanzialmente nelle 4 campagne condotte, e, in quelle di settembre/19 e giugno/20 la diffusione non è sovrapponibile al flusso della falda B, che scorre in direzione Sud-Nord.

L'analisi della distribuzione spaziale dei fluoruri porta a considerare che la loro diffusione sia legata a condizioni di fondo della falda B e in alcun modo correlabile alle attività di gestione dei rifiuti svolte in discarica.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	45 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

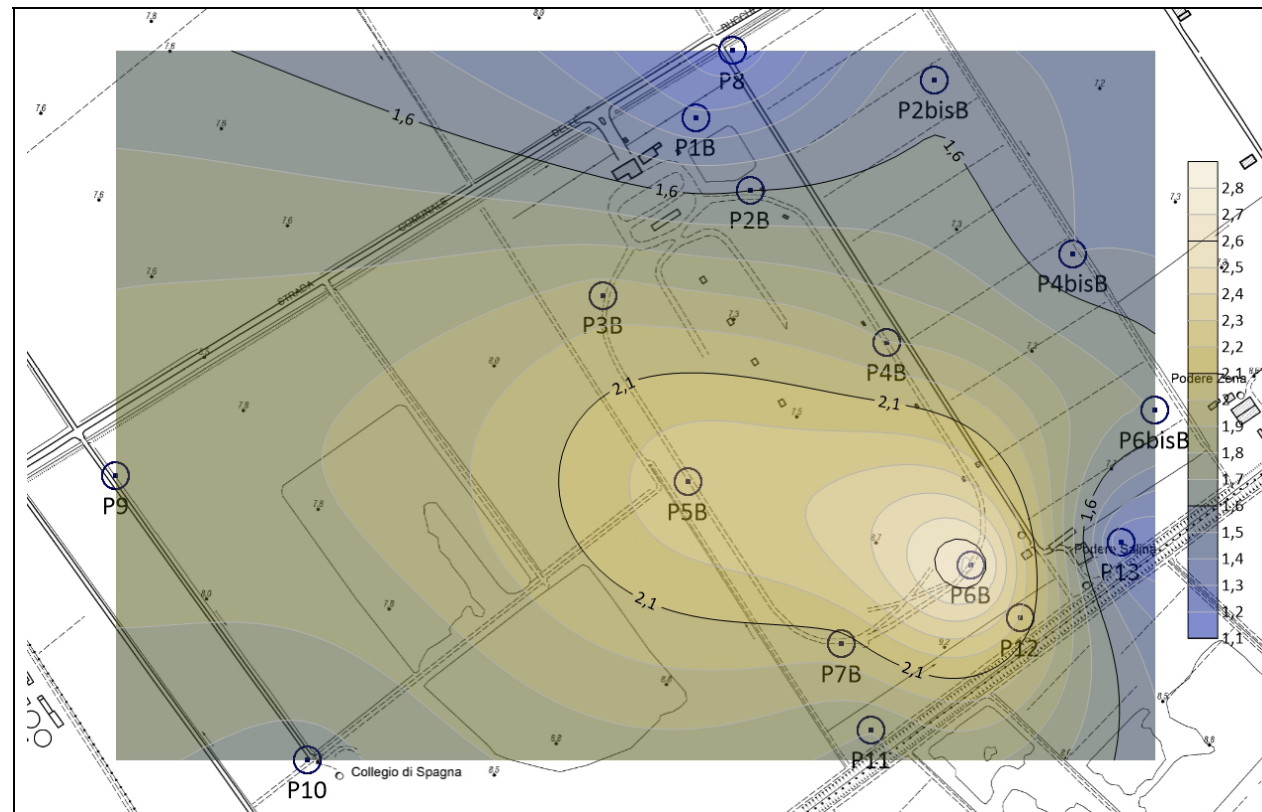


Figura 20 – Fluoruri settembre 2019

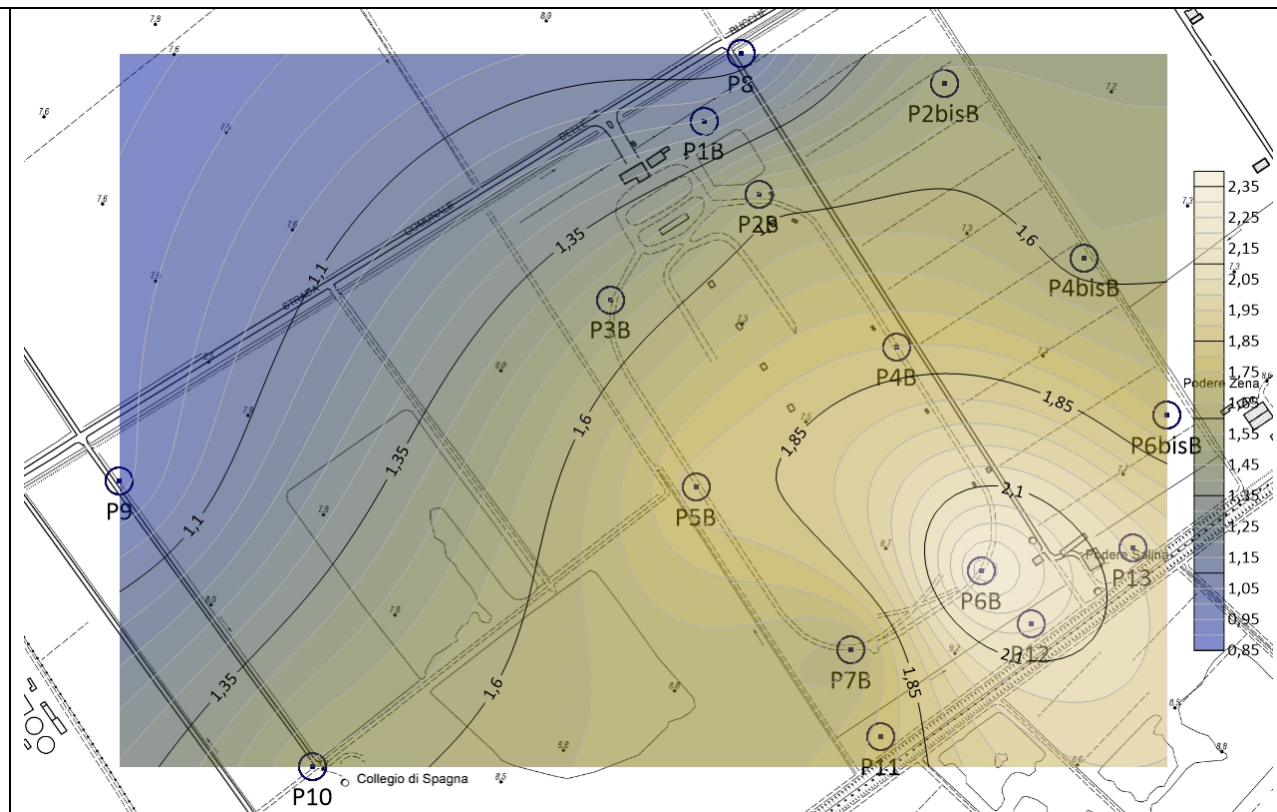


Figura 21 – Fluoruri dicembre 2019

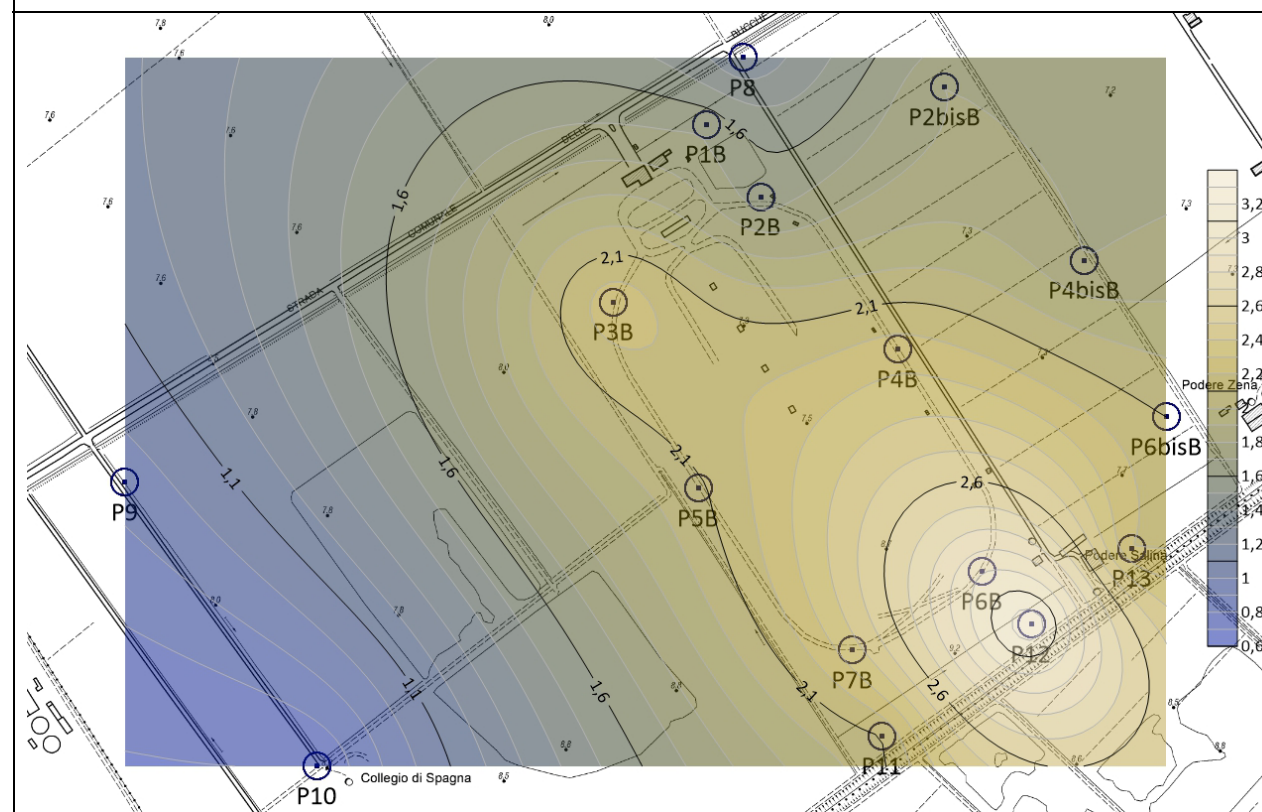


Figura 22 – Fluoruri marzo 2020

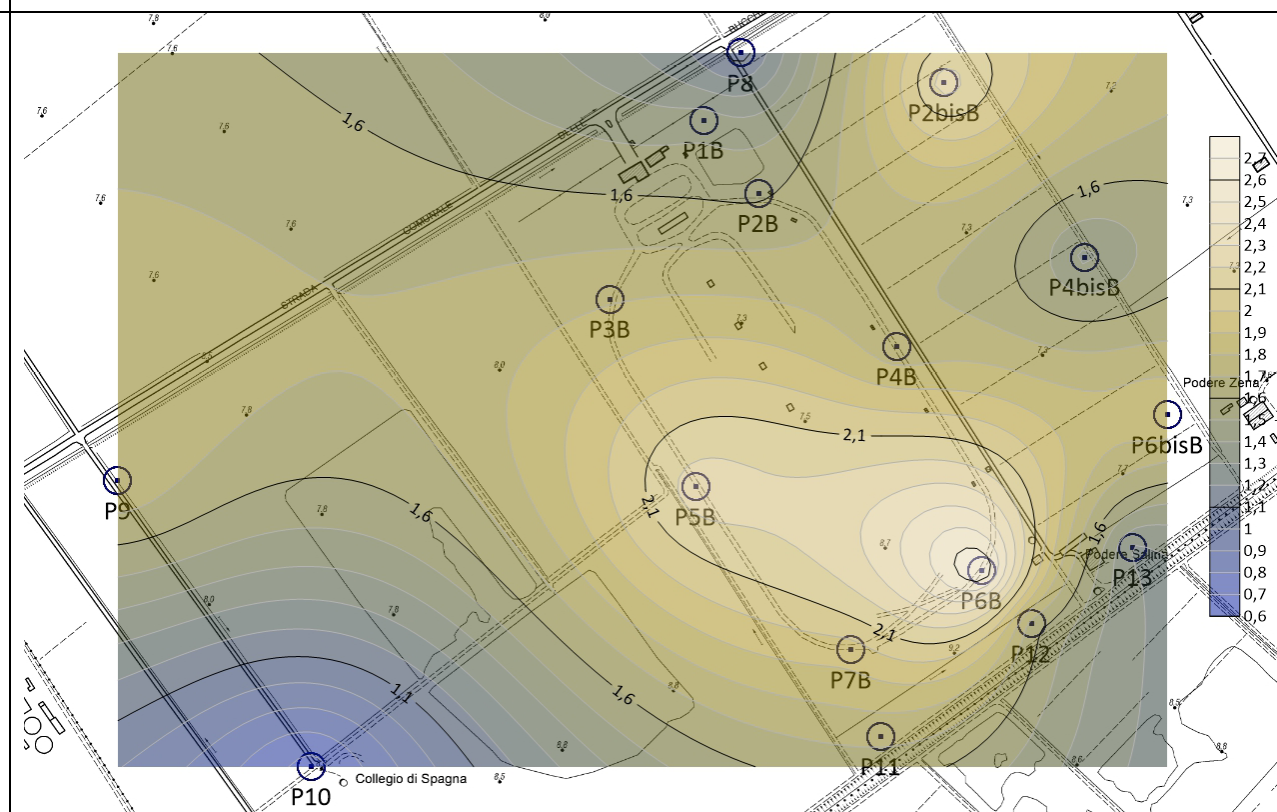


Figura 23 – Fluoruri giugno 2020

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	46 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

E CONCLUSIONI

In ottemperanza alla DET-AMB-2019-3980 del 29/08/2019 “*Approvazione del Piano di indagini per l'esame delle condizioni di fondo e di qualità della matrice acque sotterranee della discarica di rifiuti non pericolosi, via Bocche 20, Baricella*” a partire da agosto 2019 è stata avviata la implementazione delle attività di cui al citato Piano di Indagini. In particolare, si è proceduto:

- alla realizzazione di un intervento sulla rete piezometrica costituito da:
 - rifacimento dei piezometri di monitoraggio della Falda A e della Falda B interni al sito di discarica;
 - realizzazione di nuovi piezometri per il monitoraggio delle Falde A, B e C esternamente al sito;
- alla implementazione di campagne analitiche per la valutazione della qualità del percolato e delle acque sotterranee.

Il percolato analizzato ha le caratteristiche qualitative di un percolato prodotto da rifiuti urbani in fase di degradazione metanogenica. In particolare, in merito alla presenza di fluoruri, si è rilevato che:

- nelle campagne di dicembre 2019 e giugno 2020 le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di quantificazione di 500 µg/l;
- il valore massimo rilevato, 0,907 mg/l, è inferiore al limite di CSC (1,5 mg/l) previsto per le acque sotterranee.

Come richiesto dalla succitata Determina di approvazione del Piano di Indagini, è stato condotto uno Studio Idrogeologico del sito, che ha confermato che la struttura idrogeologica dell'area in esame è costituita da tre unità sovrapposte:

- la prima superficiale, costituita da un acquitardo denominato falda A, fino a circa 10-13 m di profondità da p.c. e definita come livello impermeabile di base;
- la seconda, che ospita la falda denominata falda B, è definita come primo acquifero, compresa tra i -10/-13 m ed i -13/-17 m da p.c. (essendo il primo acquifero limitato

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	47 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

superiormente da sedimenti pelitici dominanti, argille limose, la falda in esso contenuta risulta essere in pressione);

- la terza unità profonda, ospita la falda denominata falda C, compresa tra 34/37 m e 42/45 m da p.c., e definita come livelli profondi (essendo l'acquifero limitato superiormente da sedimenti pelitici dominanti, argille limose, la falda in esso contenuta risulta essere in pressione).

L'analisi delle caratteristiche idrochimiche ha dato evidenza che le acque profonde (falda B e falda C) appartengono alla facies bicarbonato sodica e sono caratterizzate da un pH basico e valori di conducibilità nettamente inferiori a quelli delle acque superficiali (falda A). Il pH basico evidenzia che sono acque che hanno un lungo circuito idrogeologico.

La superficie piezometrica della falda in pressione B mostra una generale direzione di deflusso orientata Sud-Nord, costante durante le quattro campagne stagionali.

Nonostante lo Studio Idrogeologico condotto abbia portato a verificare che la falda B è idraulicamente separata dall'acquitardo falda A, dove insiste la discarica, è stata effettuata un'analisi dei valori dei parametri marker di contaminazione del percolato che ha dato evidenza che non è in atto una contaminazione da percolato della falda B.

Si esclude, quindi, che la presenza di fluoruri nelle acque della falda B sia in qualche modo imputabile alle attività di gestione dei rifiuti svolte in impianto.

Tale evidenza è avvalorata dal confronto delle concentrazioni di fluoruri rilevate nel percolato, con quelle misurate nelle acque di falda B. I valori delle acque, infatti, sono significativamente superiori alle concentrazioni misurate nel percolato.

Non è, quindi, possibile che il percolato sia la sorgente dei fluoruri presenti in falda.

Infine, è stata effettuata anche un'analisi spaziale dei fluoruri rilevati nelle campagne svolte durante il primo anno di monitoraggio, i cui esiti portano a considerare che la diffusione di tale sostanza sia legata a condizioni di fondo della falda B e in alcun modo correlabile alle attività di gestione dei rifiuti svolte in discarica.

DS 02 BO BN 00 O1 RT 01.00	Esiti 1° anno monitoraggio	00	14/09/2020	48 di 48
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	