



**PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA
DEL SITO DI PIEVE VERGONTE**

ANNESSO 10

Relazione specialistica:

**Interventi sulle acque sotterranee -
Descrizione dei sistemi di
contenimento idraulico della falda e
piano di monitoraggio**

*Preparato per:
Syndial S.p.A.*

Settembre 2010

INDICE

Sezione	N° di Pag.
INTRODUZIONE	1
1. INTERVENTI NELLA PORZIONE SUPERFICIALE DELL'ACQUIFERO: BARRIERA FRONTE SITO	4
1.1. Caratteristiche stratigrafiche e geologico-tecniche della porzione superficiale dell'acquifero	4
1.2. Qualità delle acque della porzione superficiale dell'acquifero	4
1.3. Barriera idraulica fronte sito	5
1.4. Pozzi superficiali in area ANAS.....	7
2. INTERVENTI NELLA PORZIONE PROFONDA DELL'ACQUIFERO	8
2.1. Caratteristiche geologiche della porzione profonda dell'acquifero	8
2.2. Qualità delle acque della porzione profonda dell'acquifero	8
2.3. Adozione di misure di contenimento dell'acquifero profondo in Area ANAS	9
3. VERIFICA DELL'EFFICACIA DELLE OPERE MEDIANTE MODELLO STAZIONARIO.....	11
3.1. Verifica interventi di progetto in condizioni di piena	11
3.2. Verifica interventi di progetto in condizioni ordinarie.....	14
3.3. Valutazione dell'efficienza contenimento della barriera in caso di cessazione temporanea del prelievo.....	17
4. MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE	20
4.1. Caratteristiche dei piezometri della rete di monitoraggio delle acque sotterranee	21
4.2. Monitoraggi in corso d'opera	22
4.2.1. <i>Monitoraggio dei sistemi di contenimento idraulico</i>	22
4.2.2. <i>Monitoraggio del funzionamento dell'opera drenante di monte</i>	23
4.2.3. <i>Monitoraggio degli interventi in area industriale AS-SVE</i>	23
4.2.4. <i>Monitoraggio della qualità delle acque</i>	24
4.3. Collaudi degli interventi sulle acque sotterranee	25
4.3.1. <i>Collaudo dei sistemi di contenimento idraulico</i>	25
4.3.2. <i>Collaudo degli interventi in area industriale AS-SVE</i>	25
4.4. Monitoraggio delle acque sotterranee al termine della bonifica (post-operam)	26

Indice degli allegati

Allegato 1	Caratteristiche costruttive dei punti di monitoraggio
Allegato 2	Storia delle attività di monitoraggio presso il sito

INDICE

Sezione

N° di Pag.

Indice delle Tavole fuori testo

Tavola 1	Barriera idraulica fronte sito e pozzi in area Anas superficiali e profondi
Tavola 2	Valutazione dell'efficienza idraulica delle opere di contenimento idraulico
Tavola 3	Verifica del contenimento in caso di fermo pozzo (condizioni di piena)
Tavola 4	Reti di controllo idraulico e di monitoraggio della qualità delle acque

INTRODUZIONE

Il presente documento, che costituisce parte integrante dell'addendum al "Progetto Operativo di Bonifica del sito di Pieve Vergonte (VB)" del maggio 2010, redatto da URS Italia S.p.A. su incarico di Syndial S.p.A., descrive gli interventi previsti di contenimento idraulico, sia nella porzione superficiale sia nella porzione profonda dell'acquifero soggiacente il sito in esame.

La progettazione degli interventi di bonifica sulle acque sotterranee, già presentata nel "*Progetto Operativo di Bonifica del sito di Pieve Vergonte (VB)*" del 2008-2009 (che già recepiva le osservazioni formulate dalla Conferenza di Servizi istruttoria del 30/07/2008 e le indicazioni tecniche del Ministero dell'Ambiente di cui alla lettera del 4/11/2008), è stata ulteriormente aggiornata e integrata in recepimento delle osservazioni contenute nel documento preparatorio alla Conferenza di Servizi istruttoria del 10/12/2008, di quelle preparate da ISPRA preliminarmente alla Conferenza di Servizi istruttoria del 24/02/2009, delle successive osservazioni e dei pareri discussi durante l'incontro con la Segreteria Tecnica del MATTM in data 9/04/2010, nonché del parere trasmesso da ARPA Piemonte sugli Annessi al Progetto Operativo di Bonifica 2008-2009 (Annessi tecnici n. 7, 8, 9, 10, 11, 13) datato 23/04/2010 e trasmesso dal MATTM a Syndial il 17/05/2010 (prot. 12155/TRI/DI).

Il presente Annesso non apporta modifiche sostanziali alla filosofia progettuale già proposta, che prevede che gli interventi sulle acque sotterranee siano finalizzati a contenere idraulicamente il flusso di acqua che scorre sotto il sito, ridurre la massa di contaminante presente anche nelle aree sorgenti e preservare la risorsa idrica incontaminata.

Tuttavia, rispetto al Progetto di Bonifica del 2008-2009, la progettazione degli interventi di bonifica sulle acque di falda è stata variata, abbandonando, come richiesto dagli Enti, la tecnologia dei dreni orizzontali per il contenimento delle porzioni profonde dell'acquifero, inizialmente richiesti dal MATTM nelle proprie comunicazioni del 4 novembre 2008 (prot. n. 25028/QdV/DI/VII-VIII) e del 13 novembre 2008 (prot. n. 25860/QdV/DI/VII-VIII), e incentrando - in alternativa ai dreni - gli interventi di contenimento sulla tecnologia dei pozzi verticali, sia nelle porzioni superficiali dell'acquifero in area ANAS, sia nelle porzioni profonde.

Come nel progetto precedente sono previste, per la bonifica delle acque sotterranee, diverse tipologie d'interventi, ciascuna delle quali indirizzata, anche in ragione delle diverse proprietà idrogeologiche, a uno specifico settore di acquifero (porzione superficiale, porzione profonda, Area Industriale); in particolare, si prevede di:

- mantenere lo sbarramento idraulico a valle dello stabilimento, in quanto completamente efficace nel contenere il flusso di acque della porzione superficiale di acquifero provenienti dalle aree dello stabilimento;

- installare un sistema di contenimento idraulico della porzione superficiale dell'acquifero nelle aree esterne allo stabilimento comprese tra l'attuale barriera idraulica e il confine di proprietà (Area ANAS);
- installare, lungo tutto il confine orientale della proprietà Syndial (limite area ANAS), un sistema di contenimento idraulico della porzione profonda dell'acquifero, continuo sia lateralmente che verticalmente, tramite posa di pozzi verticali;
- installare un'opera drenante a monte del sito, a sviluppo orizzontale, con allineamento SO-NE, atta a limitare il flusso di acque pulite in ingresso al sito e preservare la qualità della risorsa idrica, intercettando i flussi aggiuntivi (stimati in circa 200 – 250 m³/h) che entrerebbero all'interno del sito, raggiungendo la sezione dello sbarramento idraulico di valle in essere, in caso di cessazione del prelievo da parte di Tessengerlo;
- dotare l'attuale impianto di trattamento acque di falda (TAF) di ulteriori 2 linee, ciascuna identica ad una delle 4 ad oggi esistenti, al fine di: poter gestire gli apporti aggiuntivi derivanti dall'integrazione degli interventi sulle diverse porzioni dell'acquifero in prossimità dell'area ANAS; trattare il flusso di falda aggiuntivo che entrerebbe nel sito in caso di riduzione del prelievo di acqua dai pozzi industriali di Tessengerlo a monte del sito; poter eseguire gli interventi di manutenzione sulle attuali linee senza attivare, per garantire la regolare continuità del funzionamento dell'impianto, azioni di urgenza;
- effettuare interventi di Air Sparging (AS) - Soil Vapour Extraction (SVE) all'interno dell'Area Industriale.

Il dimensionamento, le valutazioni sull'efficienza e l'idoneità degli interventi di bonifica previsti sono stati nuovamente effettuati tramite il modello matematico dell'acquifero del sito, già rivisto nel 2008 tenendo conto delle osservazioni e richieste di informazioni contenute nella nota APAT sugli Annessi tecnici al Progetto di Bonifica del 2007 (prot. N. 004353 del 31/01/2008).

In particolare, a seguito della richiesta di effettuare comunque *“una verifica della affidabilità della modellazione del sistema acquifero anche attraverso simulazioni degli scenari critici (condizioni di piena e di magra) in regime stazionario”*, il modello idrogeologico di flusso transitorio fu calibrato anche in condizioni stazionarie, per riprodurre uno scenario di piena della falda quale quella osservata il 4 giugno 2008 (scenario previsionale di tipo “worst case”). In tale periodo, infatti, fu registrato un importante evento alluvionale con tempi di ritorno di 50 anni, come indicato nel documento di Arpa Piemonte: “Rapporto preliminare sull'evento alluvionale del 28-30 maggio 2008”.

Dopo aver calibrato il modello in condizioni stazionarie sui dati misurati durante il picco della piena della falda, analogamente a quanto già effettuato per il progetto del 2008, sono stati sovrainposti gli effetti conseguenti allo spegnimento dei pozzi Tessengerlo e

all'inserimento delle opere previste dal progetto (pozzi integrativi in area ANAS, pozzi verticali profondi, opera drenante di monte).

In aggiunta, per verificare le caratteristiche di flessibilità dei sistemi proposti, sono state effettuate ulteriori simulazioni in regime stazionario, calibrando dapprima il modello su condizioni osservate "ordinarie" della falda (condizioni di falda medie) e simulando il funzionamento dei sistemi in tali condizioni.

Come richiesto dagli Enti, inoltre, vengono forniti gli esiti delle verifiche con modello stazionario al funzionamento dei sistemi in caso di fermo temporaneo di uno o più pozzi.

Nei paragrafi seguenti sono illustrati i singoli interventi previsti per il contenimento idraulico della falda.

Per facilità di lettura, questo testo include tutti i dati e le elaborazioni già presentate nell'Annesso 10 del Progetto 2008 – 2009: si segnala che, rispetto ad esso, **sono stati integrati/modificati unicamente i seguenti capitoli/paragrafi:**

- **Paragrafo 2.3:** Adozione di misure di contenimento dell'acquifero profondo in Area ANAS: descrizione degli interventi di contenimento tramite pozzi verticali in alternativa ai dreni orizzontali;
- **Capitolo 3:** Verifica dell'efficacia delle opere mediante modello stazionario: modificato l'intero capitolo in relazione alla nuova progettazione e aggiunti i seguenti paragrafi:
 - **Paragrafo 3.2:** Verifica interventi di progetto in condizioni ordinarie: aggiunto paragrafo;
 - **Paragrafo 3.3:** Valutazione dell'efficienza contenimento della barriera in caso di cessazione temporanea del prelievo: aggiunto paragrafo;

Per quanto riguarda le altre tipologie di intervento (opera drenante di monte, ampliamento impianto TAF e interventi di AS-SVE in area industriale) si faccia riferimento ai rispettivi Annessi specialistici (Annessi 9-12-13).

1. INTERVENTI NELLA PORZIONE SUPERFICIALE DELL'ACQUIFERO: BARRIERA FRONTE SITO

1.1. Caratteristiche stratigrafiche e geologico-tecniche della porzione superficiale dell'acquifero

La geologia del sito è caratterizzata da un primo livello di depositi alluvionali a carattere prevalentemente grossolano (ghiaie e sabbie ghiaiose), più potente in corrispondenza dei campi pozzi Tessenderlo a nord dello stabilimento (circa 35 m) e più sottile (circa 15 m) in corrispondenza dei pozzi barriera al limite orientale dello stesso.

Al di sotto di questo primo orizzonte più grossolano, a profondità variabili tra -15 m e -20 m circa dal piano campagna, è presente un livello di transizione, spesso da 2 a 4 m, di materiali più fini (sabbie limose, limi sabbiosi o, più raramente, limi) eterogeneo al suo interno e comunque non continuo al di sotto del sito. Prove di laboratorio effettuate su campioni indisturbati prelevati in tale orizzonte indicano valori di permeabilità compresi tra $1,6 \times 10^{-4}$ cm/s e $3,5 \times 10^{-4}$ cm/s nelle porzioni maggiormente sabbiose, mentre si hanno valori pari compresi tra 2×10^{-6} cm/s e $1,6 \times 10^{-5}$ cm/s nelle porzioni maggiormente limose.

Localmente è stata anche individuata una lente costituita da limi argillosi passanti a limi sabbiosi, di potenza massima pari a circa 3 – 4 m (tra gli attuali pozzi A15 e A11). Il contenuto in limo è compreso tra 67% e 87%, la sabbia è variabile da 10% a circa 30%, mentre l'argilla non supera il 5%. Le prove eseguite in laboratorio indicano valori di permeabilità compresi tra $1,3 \times 10^{-6}$ cm/s a $6,10 \times 10^{-7}$ cm/s.

Seguono quindi sempre depositi alluvionali a granulometria progressivamente più fine e grado di addensamento crescente, costituiti da alternanze di sabbie, sabbie fini e sabbie limose.

Dal punto di vista idrogeologico, questi depositi alluvionali grossolani, presenti dal piano campagna fino alla profondità di 15-20 m, ospitano la porzione più superficiale dell'acquifero non confinato del sito, caratterizzata da elevata permeabilità (Conducibilità Idraulica K dell'ordine di 10^{-3} m/s).

1.2. Qualità delle acque della porzione superficiale dell'acquifero

I monitoraggi effettuati evidenziano concentrazioni superiori alle rispettive CSC di metalli (Al, As, Cd, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn) e di alcuni composti organici (in particolare Cloroformio, Benzene, Clorobenzene, Diclorobenzene, Tetracloruro di carbonio, Tetracloroetilene, PCB, DDT e derivati). Generalmente, composti quali il cloroformio, il tetracloruro di carbonio, l'esaclorobenzene (caratterizzati da valori di CSC molto bassi) sono abbastanza diffusi su tutto il sito, mentre le distribuzioni degli altri composti appaiono più localizzate.

Le acque di falda interessate dalle concentrazioni sopra descritte fluiscono sotto il sito e migrano verso il limite orientale della proprietà, dove comunque è installata una barriera idraulica in grado di intercettare il flusso di falda in uscita impedendone pertanto la migrazione verso l'esterno del sito. Tale barriera, congiuntamente agli altri interventi di messa in sicurezza effettuati da Syndial nel corso degli anni, ha di fatto già determinato un rilevante miglioramento della qualità delle acque di falda.

Infatti, confrontando le condizioni qualitative delle acque di falda osservate nel corso di tutto l'anno 2006 con i primi monitoraggi del 1996, si osserva una diminuzione significativa delle concentrazioni e la riduzione dell'estensione areale delle piume, associabili alla messa in opera di diversi interventi di messa in sicurezza condotte nel corso degli anni.

I monitoraggi delle acque di falda condotti dal 1996 ad oggi permettono di formulare le seguenti considerazioni sull'evoluzione delle caratteristiche qualitative della falda:

- nelle porzioni superficiali dell'acquifero, totalmente intercettata dal sistema di confinamento idraulico, tutti i composti rilevati hanno mostrato una diminuzione significativa delle concentrazioni e la riduzione dell'estensione areale dei pennacchi di contaminazione; in alcuni casi, la contaminazione non è stata più rilevata;
- per sostanze quali l'Arsenico ed il DDT sono state osservate massicce riduzioni delle concentrazioni e della loro distribuzione areale, fino a valori attualmente poco superiori ai limiti di legge;
- riduzioni molto significative di concentrazioni sono state rilevate anche per composti organici quali Benzene, Cloroformio, Clorobenzene e Diclorobenzene. Tuttavia per tali composti, a partire dalle campagne di monitoraggio del 2004, sono stati osservati incrementi rilevanti delle concentrazioni nelle aree a valle degli impianti cloroaromatici e clorosoda ed in alcuni piezometri a monte della barriera, ancorché di gran lunga inferiori rispetto a quelle rilevate nel 1996. Tali concentrazioni sono ragionevolmente ascrivibili a nuovi apporti di contaminazione in falda provenienti dagli impianti produttivi attualmente in esercizio.

1.3. Barriera idraulica fronte sito

L'attuale barriera idraulica è stata realizzata nel 2001 in ottemperanza alle prescrizioni della Commissione Tecnico Scientifica del MATTM, alla quale fu sottoposta per valutazione ed approvazione.

La barriera installata nel 2001 era costituita da 15 coppie di pozzi e da un pozzo singolo (complessivamente 31 pozzi), ubicati all'esterno del confine orientale del sito e allineati parallelamente al corso del Fiume Toce, con interasse tra le coppie di pozzi di circa 32 m, per uno sviluppo totale di circa 500 m.

Le coppie di pozzi erano costituite da un pozzo profondo 20 m, filtrato da -10 a -19 m dal piano campagna e da un secondo pozzo profondo 10 m (contraddistinto dal

suffisso "bis"), filtrato da -2 m a -9 m dal piano campagna. Il pozzo singolo (A3) è profondo 20 m e filtrato da -3 a -19 m p.c.

Nel periodo compreso tra aprile e dicembre 2007, al fine di prevenire un possibile calo della produttività e contestualmente migliorare la flessibilità e il controllo nella gestione dello sbarramento idraulico del sito, sono stati riperforati alcuni pozzi, come da comunicazione prot. IAMB/AN/78-07 del 5/2/2008. In particolare, sono stati sostituiti i pozzi A5, A9, A10bis, A11bis, A12bis, A13bis, A14bis, A16bis, A17bis, A18bis e A19bis. I nuovi 11 pozzi barriera sono stati realizzati a largo diametro (800mm) e fenestrati interamente da -2 a -20 m da p.c.

Le caratteristiche costruttive dei nuovi pozzi sono tali da garantire l'emungimento delle portate pompate precedentemente da ciascuna coppia di pozzi esistente. I pozzi a 10 metri sono stati dimessi e quelli a 20 metri verranno posti in funzione in caso di interventi di manutenzione del nuovo pozzo, ad eccezione del pozzo 9 bis (10 m), che è stato mantenuto in allestimento essendo in condizioni migliori di quello a 20 metri.

I nuovi undici pozzi hanno il vantaggio di avere:

- una maggiore area di ingresso delle acque di falda;
- una diminuzione della velocità di ingresso delle acque di falda e conseguente minimizzazione dell'effetto di trascinamento delle particelle;
- un aumento dell'efficacia del pozzo in virtù della diminuzione degli abbassamenti dei livelli di falda all'interno del pozzo a parità di valori di emungimento.

Ne consegue che nella sua configurazione attuale, la barriera è costituita da n° 20 pozzi attivi, n° 11 pozzi a supporto, attivabili in caso di necessità (manutenzione ordinaria e/o straordinaria alla barriera attiva), in quanto già collettati al TAF. Sono anche presenti, sempre in barriera, ulteriori 11 pozzi da attrezzare, qualora necessario, come pozzi di servizio sostitutivi, per un totale di 42 pozzi.

Inoltre, in corrispondenza delle aree dove sono stati realizzati i nuovi pozzi sono stati eseguiti sondaggi geognostici per acquisire informazioni di dettaglio sulla geologia e la litologia, al fine di verificare in maniera puntuale la successione litologica dei terreni, di dimensionare le aperture dei tratti filtranti e del corrispondente dreno.

La barriera dispone di un sistema di gestione delle portate, in grado di fronteggiare le oscillazioni stagionali dei livelli dell'acquifero di Pieve Vergonte: infatti, poiché la portata della falda varia in funzione dei livelli, le portate di esercizio della barriera vengono regolate continuamente sulla base dei livelli della falda misurati, adeguando il prelievo dello sbarramento al regime stagionale dell'acquifero. Per permettere la gestione delle portate dai pozzi barriera, URS Italia ha elaborato uno specifico software applicativo, che calcola rapidamente le portate ottimali in funzione dei livelli di falda misurati. Tale software viene utilizzato da Syndial per la regolazione delle portate di emungimento della barriera.

1.4. Pozzi superficiali in area ANAS

In area ANAS, nella porzione superficiale di acquifero, ove sono presenti terreni contaminati ancora da bonificare, stante l'infattibilità del sistema di contenimento fisico e dei dreni orizzontali, ai fini di allineare comunque il Progetto alle richieste esplicitate dal MATTM nella propria comunicazione del 4 novembre 2008 (prot. n. 25028/QdV/DI/VII-VIII), verranno attivate ulteriori azioni di contenimento idraulico.

Le recenti campagne di monitoraggio dei piezometri posti a valle dello sbarramento idraulico (PE10/PE10bis - PE15/PE15bis), condotte a partire dal 2007, anche in contraddittorio con ARPA Piemonte, hanno evidenziato che le concentrazioni rilevate nelle acque di falda a valle del sistema di contenimento idraulico sono riconducibili allo stato qualitativo dei terreni ancora da bonificare, in particolare nell'Area ANAS. Qui sono presenti terreni contaminati e residui di lavorazioni industriali, depositati nel lontano passato prima del conferimento del sito a società del gruppo ENI e oggetto degli interventi di bonifica come descritti nel documento URS "Progetto Operativo di Bonifica del Sito di Pieve Vergonte" del maggio 2007. Syndial ha già completato per l'area ANAS le misure di prevenzione previste tramite capping superficiale, finalizzato ad evitare l'azione di dilavamento ad opera delle piogge, e tramite l'attivazione di emungimenti in corrispondenza della porzione superficiale e della porzione profonda dell'acquifero in Area ANAS (pozzi M1 e M2).

Le azioni nelle porzioni superficiali in area ANAS consisteranno in 4 ulteriori pozzi nella porzione superficiale dell'acquifero, in aggiunta al sistema di MISE già attivo (pozzo M1), per un totale di 5 pozzi superficiali, che permetteranno di contenere idraulicamente tutto il flusso di falda nelle porzioni superficiali dell'area ANAS.

I 4 nuovi pozzi saranno ubicati in corrispondenza del limite di proprietà di valle idrogeologica e saranno intestati alla base delle ghiaie (indicativamente tra 16 e 20 m di profondità). I pozzi saranno attrezzati con pompe sommerse; le acque emunte saranno convogliate all'impianto di trattamento acque di falda (T.A.F.). L'ubicazione prevista dei pozzi è riportata nella Tavola 1 allegata. I pozzi saranno inoltre corredati di nuovi piezometri di controllo per la verifica dell'efficienza idraulica).

Si prevede di estrarre al massimo una portata pari a circa 20 m³/h per ciascun pozzo; le portate di tali pozzi saranno comunque regolate in modo da minimizzare le interferenze con gli emungimenti in atto presso i pozzi barriera (in modo da non ridurre l'efficienza idrochimica e idraulica della barriera stessa) ed avranno lo scopo di emungere unicamente le acque che risiedono nelle porzioni di acquifero a valle dello sbarramento idraulico, comprese tra lo stesso e il fiume Toce. Le portate di tali pozzi saranno modulate anche in modo da minimizzare i fenomeni d'inversione di deflusso dal fiume Toce alla falda, che, stante la vicinanza con l'alveo del fiume, si verificheranno necessariamente in condizioni di magra.

2. INTERVENTI NELLA PORZIONE PROFONDA DELL'ACQUIFERO

2.1. Caratteristiche geologiche della porzione profonda dell'acquifero

Al di sotto dell'orizzonte sabbioso ghiaioso si trovano depositi alluvionali a granulometria progressivamente più fine e grado di addensamento crescente, costituiti da alternanze di sabbie, sabbie fini e sabbie limose, fino a profondità di circa -60 m -70 m, ove sia le indagini geofisiche sia le indagini dirette (sondaggio M120, realizzato in area ANAS nel dicembre 2008 e spinto sino alla profondità di 120 m dal p.c.) hanno riscontrato la presenza di un livello di transizione a granulometria marcatamente limosa, potente nel sondaggio m 120, circa 5 m tra -69 e -74 m dal p.c.

Questa discontinuità è verosimilmente riferibile alla struttura tabulare di transizione già individuata a profondità variabili da - 80 a - 40 m dal p.c. dalle indagini geofisiche, caratterizzata da elevate velocità di trasmissione delle onde sismiche ed associabile a depositi molto fini di ambiente lacustre o glaciale (tipicamente argille e limi). La successione litostratigrafica locale prosegue fino alla massima profondità investigata (120 m) come una sequenza di sabbie prevalentemente da medio-grossolane a medio-fini, la cui componente fine e limosa tende progressivamente ad aumentare oltre i -100 m dal p.c.

Dal punto di vista idrogeologico questi depositi ospitano le porzioni più profonde dell'acquifero del sito, meno permeabili ed oggetto di specifici interventi di bonifica. Una descrizione dettagliata delle caratteristiche delle porzioni profonde dell'acquifero è riportata in Annesso 06.

2.2. Qualità delle acque della porzione profonda dell'acquifero

Le campagne di monitoraggio eseguite sulle porzioni profonde hanno evidenziato, su circa il 10% del totale delle analisi effettuate, la presenza di concentrazioni in eccesso rispetto alle rispettive CSC. Tali eccedenze riguardano sia composti inorganici (Al, As, Cd, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn) sia alcuni composti organici (Cloroformio, Clorobenzene, 1,4-Diclorobenzene, Esaclorobenzene, Tetracloruro di Carbonio, Tricloroetilene e Tetracloroetilene) e solo occasionalmente Benzene, 1,4-Diclorobenzene, PCB, DDT e derivati.

I risultati confermano quanto osservato già in passato: per la maggior parte dei composti ricercati, i valori di concentrazione nelle porzioni profonde dell'acquifero sono notevolmente inferiori rispetto a quelli osservati nei primi 20 m (unità delle sabbie e ghiaie, oggetto del monitoraggio periodico dal 1996 e totalmente intercettata dal sistema di confinamento idraulico).

Gli studi di approfondimento effettuati in seguito alla riscontrata presenza di tali eccedenze (determinazione dell'impronta isotopica, indagini integrative sui terreni in area ANAS e ricostruzione storica dell'utilizzo dell'area ANAS, anche tramite fotografie aeree)

hanno dimostrato l'esistenza di evidenti differenze tra la qualità delle acque di falda in Area ANAS, rispetto alla qualità delle acque all'interno del sito, sia in termini qualitativi che quantitativi, nonché una diversa stratificazione della contaminazione nei diversi settori di acquifero indagato.

Tali differenze sono imputabili ad una differente origine della contaminazione che interessa le acque di falda, che – per ciò che attiene l'area in argomento (Area Anas) – deve essere attribuita all'utilizzo dell'Area ANAS quale area di deposito dei residui delle attività industriali prima degli anni '80: prima cioè che, con il Decreto Legge 9 dicembre 1981, n. 721, convertito con legge 5 febbraio 1982 n. 25, l'impianto di Pieve Vergonte venisse trasferito ex lege alla società del gruppo ENI, nel quadro dei provvedimenti assunti dallo Stato per il salvataggio del gruppo SIR.

Gli approfondimenti di indagine eseguiti hanno, infatti, mostrato la presenza, in corrispondenza delle eccedenze segnalate in falda, di elevate contaminazioni nei terreni sovrastanti, direttamente riconducibili alla presenza di materiali di riporto allocati in Area Anas prima degli anni '80 dalla società del Gruppo SIR.

2.3. Adozione di misure di contenimento dell'acquifero profondo in Area ANAS

Sebbene gli approfondimenti di indagine mostrino che la contaminazione osservata sia ascrivibile alla presenza storica di materiali di riporto allocati in area ANAS prima degli anni '80, alla luce dei superamenti osservati per i parametri Cloroformio, Benzene, Clorobenzene ed Esaclorobenzene, Syndial ha nondimeno ritenuto di dare attuazione, ai sensi del D.Lgs. 152/06, ad idonee misure di prevenzione della falda nelle porzioni profonde dell'acquifero avviando, dal dicembre 2007, un sistema di emungimento in corrispondenza nelle vicinanze del piezometro MLS8. L'intervento realizzato consta di due pozzi di pompaggio, di cui uno (M1) intercetta la porzione superficiale (entro - 16 m p.c.) dell'acquifero che risiede nell'unità ghiaioso-sabbiosa (ad elevata permeabilità) ed uno (M2) intercetta la porzione di acquifero che risiede nell'unità sabbiosa - limosa (a permeabilità minore), tra - 20 e - 60 m p.c.

Le attività di modellazione idrogeologica effettuate in fase di progettazione indicavano che l'azione di MISE mediante emungimento in corrispondenza del pozzo profondo M2 si sarebbe riflessa positivamente anche sugli altri piezometri profondi ubicati a monte idrogeologico dello stesso e affetti da contaminazione.

A verifica di quanto sopra, dopo l'avviamento dei sistemi, nel periodo dicembre 2008 – gennaio 2009 sono state condotte, presso il pozzo profondo M2, alcune prove idrauliche per determinare le proprietà delle porzioni profonde dell'acquifero e per il controllo dell'efficacia idraulica. In particolare, sono state condotte prove a gradini e prove a portata costante, con configurazioni differenti per indagare le diverse porzioni di acquifero (Annesso 06).

Durante le prove sono state effettuate misure in piezometri di controllo distanti 50 m e 160 m dal pozzo in prova, verificando che gli effetti indotti dal pompaggio (abbassamenti) sono evidenti nei piezometri distanti 50 m, e sono percepibili anche nei pozzi distanti 160 m. L'analisi degli abbassamenti misurati ha permesso il calcolo dei parametri idraulici delle porzioni profonde dell'acquifero nelle aree indagate dalla prova (Area ANAS). Il valore di permeabilità ottenuto con i metodi analitici, che rappresenta un valore "integrato" su tutto lo spessore di acquifero che risponde al pompaggio, è approssimabile a 2×10^{-4} m/s, valore che conferma quanto già ipotizzato nel modello stazionario adottato per la verifica delle opere nel POB 2008 e adottato anche in occasione delle verifiche progettuali del presente addendum.

Interventi previsti

Il contenimento idraulico della porzione profonda dell'acquifero in corrispondenza del limite di proprietà di valle idrogeologica in area ANAS sarà realizzato mediante quattro punti di emungimento profondi, in grado di intercettare le acque di falda nelle diverse porzioni profonde di acquifero comprese tra -20 m e -60 m dal piano campagna. Uno di questi (pozzo M2) è già esistente, mentre gli altri saranno realizzati ex-novo.

I pozzi avranno, cautelativamente, un interasse di circa 150 m, pari al raggio di influenza stimato nella porzione meridionale dell'Area ANAS; ciascuno di loro sarà corredato di piezometri di monitoraggio di tipo cluster dedicati alla verifica degli effetti del pompaggio a diverse distanze a diverse profondità. Tali punti di monitoraggio saranno realizzati nell'interasse tra i pozzi di emungimento (Tavola 1).

Le simulazioni effettuate utilizzando modelli calibrati in regime stazionario, sia in condizioni di piena, sia in condizioni ordinarie, mostrano che la configurazione prevista permette di adottare, se necessario, schemi di pompaggio flessibili, ad esempio per effettuare interventi di manutenzione sui singoli pozzi. In tali casi, infatti, due dei quattro pozzi possono essere disattivati (parallelamente aumentando le portate di emungimento degli altri pozzi), senza compromettere, anche in condizioni critiche di piena della falda, la captazione del fronte di cattura desiderato.

I singoli pozzi di emungimento potranno avere portate variabili da 15 a 40 m³/h cadauno a seconda degli schemi di pompaggio adottati e delle condizioni stagionali della falda. Le acque emunte saranno inviate all'impianto TAF tramite linee dedicate.

I risultati delle modellazioni effettuate sono presentati nel capitolo seguente.

Una volta installati, per la verifica delle proprietà idrauliche dell'acquifero e della funzionalità dei pozzi saranno eseguite prove idrauliche e gradini e di lunga durata, misurando gli effetti del pompaggio nei pozzi e nei piezometri cluster di nuova realizzazione adiacenti.

3. VERIFICA DELL'EFFICACIA DELLE OPERE MEDIANTE MODELLO STAZIONARIO

I modelli calibrati in steady state nei diversi scenari di piena della falda e di condizioni ordinarie sono stati utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle opere di contenimento delle porzioni superficiali e profonde dell'acquifero e dell'opera drenante a monte del sito. In particolare, sono stati simulati, gli effetti delle seguenti opere:

- nelle porzioni superficiali dell'acquifero: sbarramento idraulico come quello già esistente (16 punti di emungimento, di cui alcuni composti da coppie di pozzi) e contenimento delle porzioni superficiali in area ANAS tramite da 5 pozzi;
- nelle porzioni profonde: quattro pozzi profondi, in grado di intercettare le acque di falda nelle diverse porzioni profonde di acquifero comprese tra -20 m e -60 m dal piano campagna, ubicati lungo il confine orientale dell'area ANAS;
- a monte del sito: opera drenante, con un sviluppo longitudinale di circa 1.700 m con un primo tratto drenante lungo 890 m e un secondo tratto cieco, lungo circa 810 m, che convoglia le acque nel fiume Toce.

Negli scenari simulati, inoltre, i pozzi Tessenderlo sono stati disattivati ed il Marmazza deviato dallo stabilimento.

Inoltre, come richiesto dagli Enti, il modello in regime stazionario è stato utilizzato anche per condurre alcuni approfondimenti, quali la valutazione dell'efficienza dei sistemi di contenimento in caso di cessazione temporanea del prelievo da uno o più pozzi, con necessaria redistribuzione della portata nei pozzi limitrofi e nei pozzi sostitutivi adiacenti.

La valutazione dell'efficienza dei sistemi di bonifica della falda è stata effettuata osservando la piezometria simulata e verificando le aree di cattura delle opere di contenimento tramite particle tracking, utilizzando il codice MODPATH (Pollock, 1989).

Nei paragrafi seguenti vengono presentati i dettagli relativi alle simulazioni effettuate e ai risultati ottenuti.

3.1. Verifica interventi di progetto in condizioni di piena

Per la simulazione dell'efficacia degli interventi in condizioni di piena "worst case" è stato utilizzato il modello stazionario dell'acquifero calibrato sulle condizioni di piena osservate il 4 giugno 2008 (si veda l'Annesso 8). In tale data, infatti, fu registrato un importante evento alluvionale con tempi di ritorno di 50 anni, come indicato nel documento di Arpa Piemonte: "RAPPORTO PRELIMINARE SULL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 28-30 MAGGIO 2008", pubblicato sul sito internet dell'Agenzia.

Per simulare le condizioni future, in tale scenario sono stati disattivati i pozzi di produzione a nord stabilimento (pozzi Tessenderlo), deviato il Marmazza ed attivate le opere di progetto. Al modello calibrato sono state quindi assegnate le seguenti condizioni:

- pozzi Tessenderlo: inattivi;
- barriera idraulica: portata 45 mc/h per ciascun punto di emungimento (720 mc/h complessivi);
- 5 pozzi superficiali in area ANAS con portata di 20 mc/h ciascuno (100 mc/h complessivi);
- 4 pozzi profondi in area ANAS con portata di 80 mc/h complessivi. Per verificare la possibilità di adottare schemi di pompaggio flessibili, ad esempio per effettuare interventi di manutenzione sui singoli pozzi, sono stati simulati due diversi casi:
 - caso 1: gestione a 4 pozzi, a 20 mc/h ciascuno
 - caso 2: gestione con 2 pozzi spenti e 2 pozzi attivi a 40 mc/h ciascuno;
- opera drenante di monte, simulata utilizzando la condizione al contorno "DRAIN" di MODFLOW, assegnata alle celle del modello lungo il tracciato della porzione filtrante dell'opera. La quota della porzione drenante dell'opera, lunga 890 m, varia linearmente da 217,5 m s.l.m. a 216,5 m s.l.m. (cfr. Annesso 8: allegato 1 e Annesso 9: Relazione idrogeologica).

I risultati delle simulazioni mostrano in modo evidente gli effetti dell'inserimento delle opere: in particolare, nelle porzioni superficiali dell'acquifero (Tavola 2 e Figura 3-1):

- le isopiezometriche di monte idrogeologico si dispongono parallelamente al tracciato dell'opera "Dreno Nord", riducendo il flusso ed il gradiente idraulico della falda all'interno del sito industriale;
- lungo il limite est del sito è presente una marcata depressione generata dall'attuale barriera idraulica;
- la depressione in area ANAS è ulteriormente accentuata dall'emungimento dei 5 pozzi superficiali integrativi, rendendo evidente, specialmente nelle aree a nord, più prossime al Toce, una inversione di deflusso dalle zone di subalveo verso il sito;
- le aree di cattura ricostruite tramite particle tracking mostrano che la barriera intercetta tutte le acque che transitano al di sotto dello stabilimento, mentre i pozzi integrativi in area ANAS intercettano tutte le acque che transitano in quell'area, provenienti sia dal subalveo del Toce che dalle aree a sud dello stabilimento.

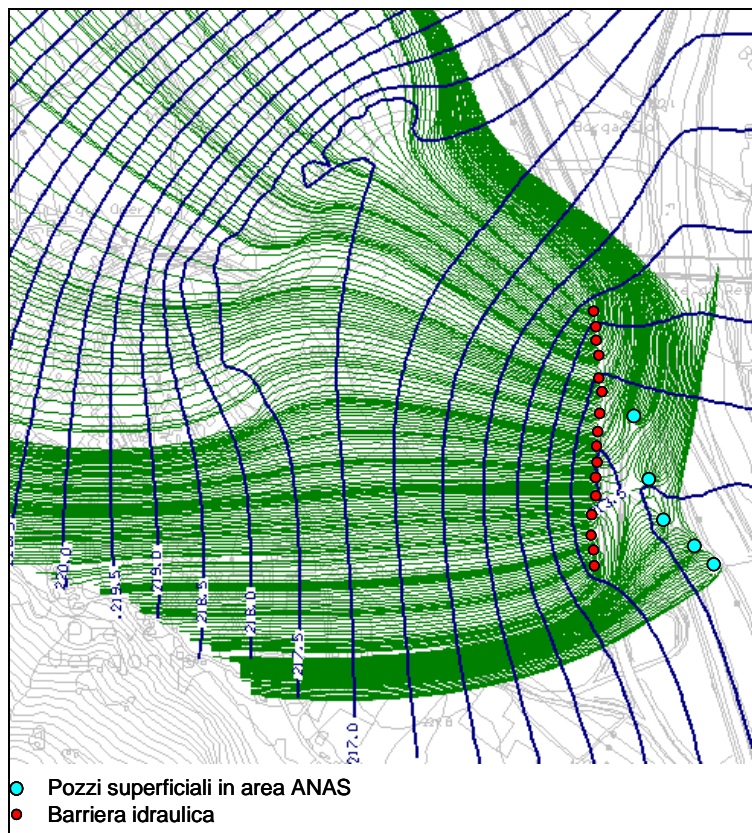


Figura 3-1: Freatimetria simulata e aree di cattura nella porzione superficiale dell'acquifero (condizioni "worst case")

Per quanto riguarda le porzioni profonde dell'acquifero, i risultati delle simulazioni (Tavola 2 e Figura 3-2), effettuate sia nel caso di prelievo da parte di 4 pozzi (caso 1), sia nel caso di prelievo da parte di 2 pozzi (caso 2), sempre con una portata complessiva di 80 mc/h, mostrano la completa intercettazione delle acque sotterranee che scorrono sia al di sotto del sito che al di sotto dell'area ANAS.

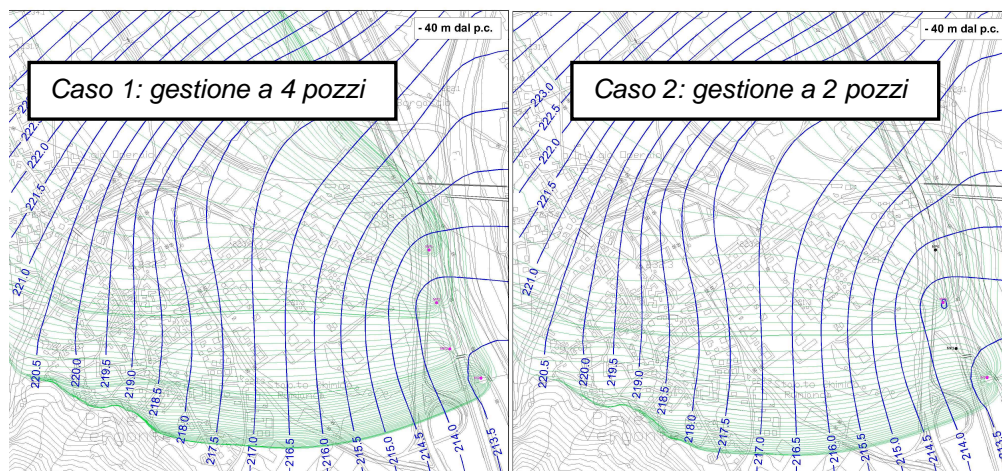


Figura 3-2: Freatimetrie simulate e aree di cattura nella porzione profonda dell'acquifero (condizioni di piena)

I risultati presentati mostrano quindi la totale intercettazione da parte delle opere di bonifica della falda del flusso nelle diverse porzioni di acquifero.

Pertanto, anche in condizioni di piena ed in occasione dello spegnimento dei pozzi Tessenderlo, si evidenzia una completa efficienza ed idoneità delle opere di bonifica previste.

3.2. Verifica interventi di progetto in condizioni ordinarie

Per la simulazione dell'efficacia degli interventi in condizioni "ordinarie" è stato utilizzato il modello stazionario dell'acquifero calibrato sulle condizioni osservate l'11 gennaio 2010 (cfr. Annesso 8).

Come nel caso precedente, per simulare le condizioni future, in tale scenario sono stati disattivati i pozzi di produzione a nord stabilimento (pozzi Tessenderlo) ed attivate le opere di progetto: al modello calibrato sono state quindi assegnate le seguenti condizioni:

- pozzi Tessenderlo: inattivi;
- barriera idraulica: portata 33 mc/h per ciascun punto di emungimento (534 mc/h complessivi);
- 5 pozzi superficiali in area ANAS con portata di 20 mc/h ciascuno (100 mc/h complessivi);
- 4 pozzi profondi in area ANAS con portata di 60 mc/h complessivi. Per verificare la possibilità di adottare schemi di pompaggio flessibili, ad esempio per effettuare interventi di manutenzione sui singoli pozzi, sono stati simulati due diversi casi:
 - caso 1: gestione a 4 pozzi, a 15 mc/h ciascuno

- caso 2: gestione con 2 pozzi spenti e 2 pozzi attivi a 30 mc/h ciascuno;
- opera drenante di monte, simulata utilizzando la condizione al contorno "DRAIN" di MODFLOW, assegnata alle celle del modello lungo il tracciato della porzione filtrante dell'opera. La quota del dreno, lungo 890 m, varia linearmente da 217,5 m s.l.m. a 216,5 m s.l.m. (cfr. Annesso 8: allegato 1 e Annesso 9: Relazione idrogeologica).

I risultati delle simulazioni mostrano in modo evidente gli effetti dell'inserimento delle opere: in particolare, nelle porzioni superficiali dell'acquifero (Tavola 2 e Figura 3-3):

- le isopiezometriche di monte idrogeologico si dispongono parallelamente al tracciato dell'opera "Dreno Nord", riducendo il flusso ed il gradiente idraulico della falda all'interno del sito industriale, in modo meno marcato rispetto alle condizioni di piena (il dreno opera diversamente a seconda delle condizioni stagionali);
- lungo il limite est del sito è presente una marcata depressione generata dall'attuale barriera idraulica;
- la depressione in area ANAS è ulteriormente accentuata dall'emungimento dei 5 pozzi superficiali integrativi;
- le aree di cattura ricostruite tramite particle tracking mostrano che la barriera intercetta tutte le acque che transitano al di sotto dello stabilimento, mentre i pozzi integrativi in area ANAS intercettano tutte le acque che transitano in quell'area, provenienti sia dalle aree a nord che dalle aree a sud dello stabilimento.

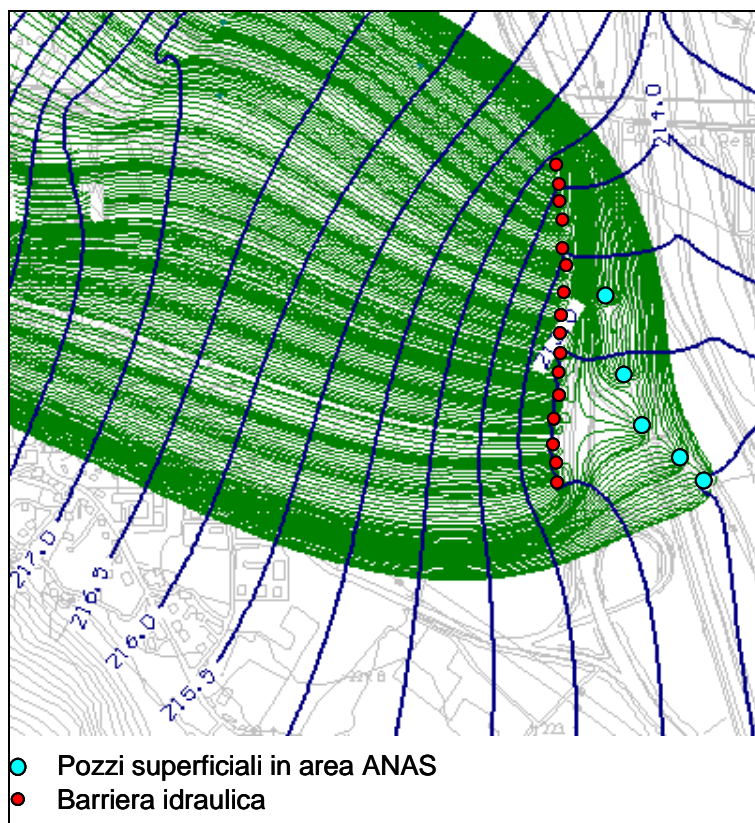


Figura 3-3: Freatimetria simulata ed aree di cattura nella porzione superficiale dell'acquifero (condizioni ordinarie)

Per quanto riguarda le porzioni profonde dell'acquifero, i risultati delle simulazioni (Tavola 2 e Figura 3-4), effettuate sia nel caso di prelievo da parte di 4 pozzi, sia nel caso di prelievo da parte di 2 pozzi, sempre con una portata complessiva di 60 mc/h, mostrano la completa intercettazione delle acque sotterranee che scorrono sia al di sotto del sito che al di sotto dell'area ANAS.

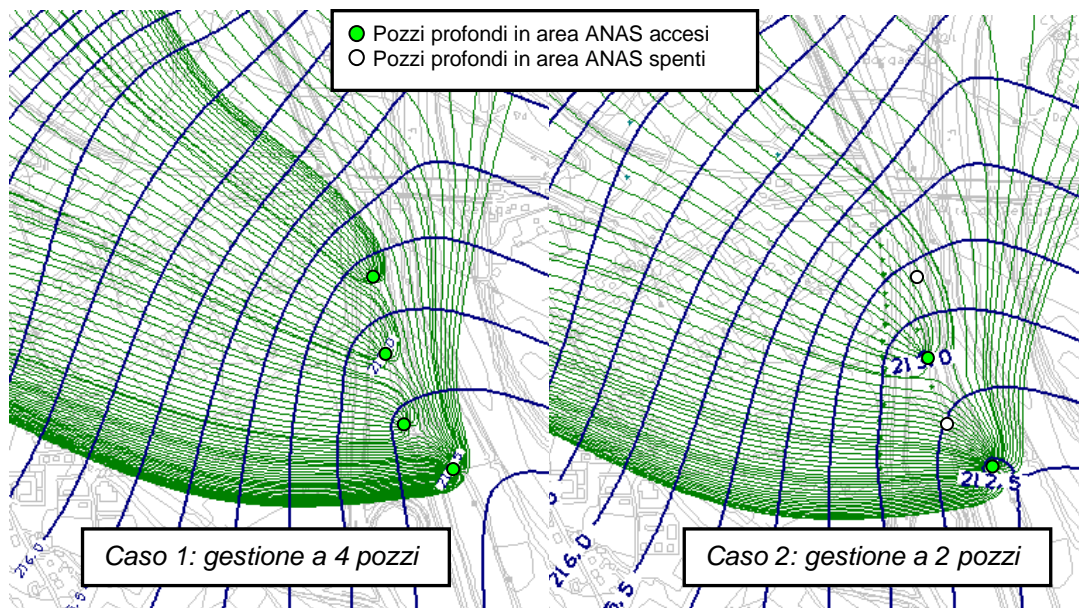


Figura 3-4: Freatimetrie simulate e aree di cattura nella porzione profonda dell'acquifero (condizioni ordinarie)

I risultati presentati mostrano la totale intercettazione da parte delle opere di bonifica della falda del flusso nelle diverse porzioni di acquifero.

Pertanto, anche in condizioni ordinarie ed in occasione dello spegnimento dei pozzi Tessenderlo, si evidenzia una completa efficienza ed idoneità delle opere di bonifica previste.

3.3. Valutazione dell'efficienza contenimento della barriera in caso di cessazione temporanea del prelievo

Come richiesto dagli Enti, il modello matematico stazionario dell'acquifero rappresentativo delle condizioni "worst case" è stato utilizzato anche per la verifica degli "scenari di fermo pozzo" dovuti ad interventi di manutenzione ordinaria/straordinaria e/o malfunzionamenti di uno o più pozzi barriera.

In tali condizioni, la barriera dovrà emungere una portata complessiva di 720 mc/h, pari a 45 mc/h per ciascun pozzo. Nel caso di spegnimento di un pozzo, tale portata andrà ridistribuita sui pozzi adiacenti: ad esempio, qualora la portata venga ridistribuita nei 4 pozzi adiacenti, ciascuno di essi emungerà una portata pari a 56 mc/h.

Per le verifiche in oggetto sono stati ipotizzati due diversi casi, in cui uno o più pozzi sono stati spenti:

Caso a): spegnimento 1 pozzo a Nord (A17ter) ed 1 pozzo al centro (A13ter) della barriera idraulica;

Caso b): spegnimento 1 pozzo a Sud (A7-A7bis) ed 1 pozzo al centro (A13ter) della barriera idraulica.

L'efficienza idraulica delle opere di bonifica della falda nel loro complesso è stata valutata con il tracciamento dei filetti fluidi (*particle tracking*) i cui risultati sono visibili in Tavola 3 e Figura 3-5 ed in Figura 3-6 nel testo. Il tracciamento in pianta dei filetti fluidi mostra, in entrambi i casi, nella porzione superficiale dell'acquifero il completo inviluppo delle aree di cattura nell'intorno dei pozzi barriera e dei sistemi di emungimento in area ANAS.

In entrambi i casi, i risultati delle simulazioni in condizioni stazionarie relative alle condizioni di piena confermano che l'attuale barriera è pienamente efficace nel contenere le porzioni di acquifero superficiale su tutto il fronte da sbarrare, anche nel caso di spegnimento simultaneo di due pozzi a condizione che la portata di ciascun pozzo spento sia ridistribuito sui 4 pozzi adiacenti (2 a nord e 2 a sud).

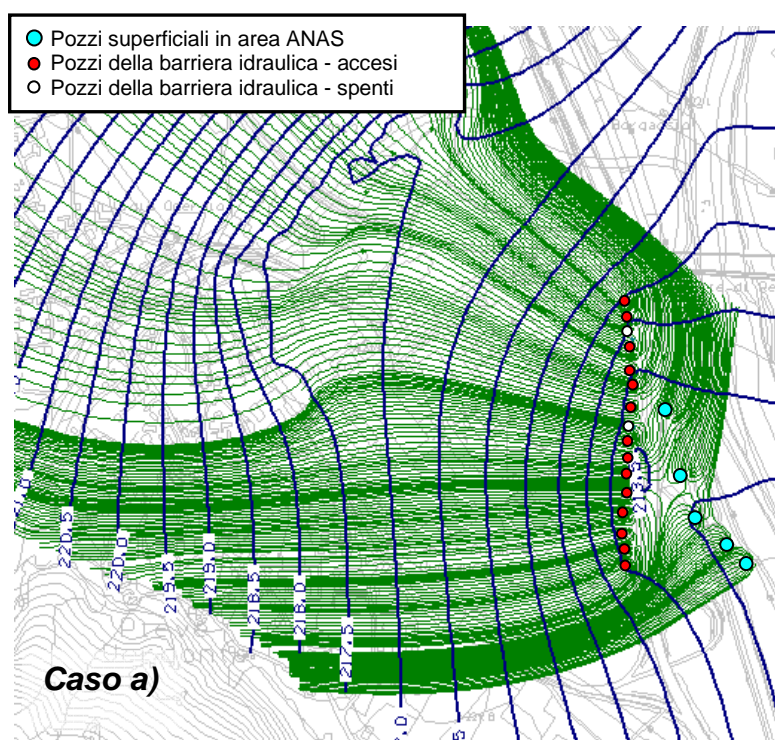


Figura 3-5: Aree di cattura nella porzione superficiale dell'acquifero nel caso di spegnimento di 2 pozzi posizionati rispettivamente a Nord ed al centro della barriera idraulica

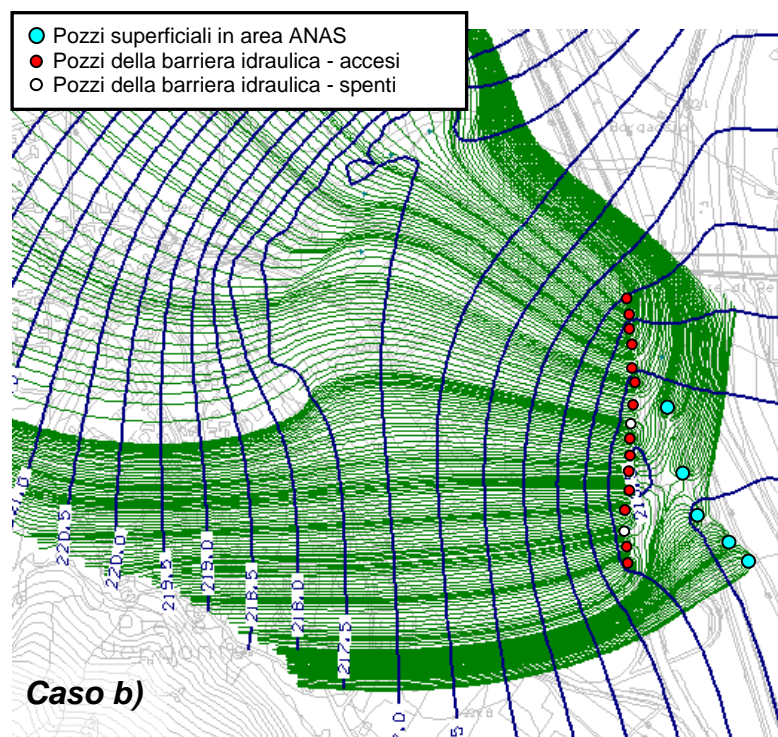


Figura 3-6: Aree di cattura nella porzione superficiale dell'acquifero nel caso di spegnimento di 2 pozzi posizionati rispettivamente a Sud ed al centro della barriera idraulica

4. MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In questo capitolo vengono descritti i controlli che verranno effettuati per valutare l'effettivo funzionamento dei sistemi installati, l'efficienza idraulica dei sistemi di contenimento ed il progresso delle azioni di bonifica implementate sulle acque sotterranee.

Il monitoraggio sarà eseguito sia nel corso delle operazioni di bonifica, sia al termine della stessa (collaudo) che post operam. Esso verificherà non solo i sistemi di contenimento idraulico, ma anche gli altri interventi descritti nel presente annesso, quali l'opera drenante di monte e il sistema di bonifica tramite AS-SVE.

A tal fine, verranno raccolti ed esaminati i dati raccolti presso tutti i punti di emungimento, già esistenti e nuovi (pozzi di emungimento in area Anas), intestati sia nelle porzioni superficiali sia nelle porzioni profonde dell'acquifero, quali: dati di portata, livello piezometrico nei pozzi e massa di contaminante estratta da ciascuna linea di collettamento all'impianto TAF.

L'efficienza idraulica dei sistemi di contenimento verrà verificata tramite il monitoraggio dei livelli freaticometrici su di una apposita rete (rete di controllo idraulico), sia nelle porzioni superficiali sia nelle porzioni profonde dell'acquifero, la ricostruzioni dei gradienti e delle direzioni di deflusso e le simulazioni delle aree di cattura generate dai sistemi di contenimento tramite modellazione matematica.

Il progresso della bonifica sulle acque sotterranee verrà valutato attraverso il monitoraggio della qualità delle acque su entrambe le porzioni di acquifero su di una rete di punti (rete di monitoraggio della qualità delle acque), ubicati a monte e a valle delle opere previste.

Le reti di controllo idraulico e di monitoraggio chimico saranno composte sia da piezometri già esistenti, facenti parte della rete di monitoraggio del sito (attiva dal 1996 – descritta in Allegato 2) sia dai nuovi punti di controllo multilivello che verranno realizzati in area ANAS, previsti nell'ambito del presente progetto.

In accordo con gli Enti preposti al controllo, l'attuale piano mensile di monitoraggio delle acque sarà opportunamente adeguato, per permettere l'esecuzione delle opere di bonifica. In fase esecutiva del progetto di bonifica dei terreni, i punti di monitoraggio ricadenti nelle aree di scavo saranno rimossi. Contestualmente alle operazioni di bonifica dei terreni, nelle aree rimaste libere dagli interventi, si provvederà al ripristino dei piezometri facenti parte delle reti di monitoraggio. I piezometri ricadenti nelle aree occupate dal futuro impianto di confinamento dei terreni verranno ripristinati nelle immediate vicinanze, ma al di fuori del perimetro dell'impianto.

Nei paragrafi seguenti sono riportati maggiori dettagli sulle reti e sui programmi di monitoraggio che verranno svolti nel corso delle operazioni di bonifica; vengono altresì

fissati i criteri per il collaudo degli interventi di bonifica sulle acque sotterranee e per il monitoraggio post bonifica.

4.1. Caratteristiche dei piezometri della rete di monitoraggio delle acque sotterranee

Le reti di controllo idraulico e di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee sono state progettate tenendo conto dei seguenti criteri:

- ubicazione e tipologia degli interventi di bonifica;
- geologia ed idrogeologia del corpo acquifero interessato;
- numero e posizione degli attuali punti di monitoraggio;
- caratteristiche costruttive dei pozzi attualmente in esercizio e di quelli previsti;
- porzione di acquifero intercettato dagli attuali sistemi di monitoraggio;
- analisi dei dati attuali e storici sulla distribuzione della contaminazione disciolta, sia nelle porzioni superficiali che in quelle profonde.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche di piezometri già esistenti e dei nuovi punti facenti parte delle reti di controllo e monitoraggio.

Porzioni superficiali dell'acquifero

Allo stato attuale, nelle porzioni superficiali dell'acquifero, complessivamente sono intestati diversi punti di campionamento, tutti filtrati all'interno delle porzioni sabbioso ghiaiose, aventi elevata permeabilità e totalmente intercettate dal sistema di sbarramento idraulico. Sebbene intercettino la medesima porzione di acquifero, i pozzi di monitoraggio facenti parte di questa rete hanno diametri, profondità e lunghezze dei tratti filtranti differenti in relazione al periodo di installazione (la prima rete di piezometri, contraddistinta dal prefisso "95-", risale al 1995).

L'integrazione di caratterizzazione richiesta dagli Enti e terminata nel 1999 ai fini della preparazione del Progetto di Bonifica del Sito portò all'installazione di doppiette di piezometri, denominate PE- e PE-bis, aventi tutte profondità dei tratti filtranti fino a -10 m (pozzo "PE - bis") e da -10 m a -20 m (pozzo "PE-" dal piano campagna).

Ai punti del 1999 sono stati infine aggiunti gli 8 punti intestati nelle ghiaie facenti parte dei sistemi multilivello MLS4-MLS8.

Nell'ambito del presente progetto verranno realizzati 8 nuovi punti di controllo superficiali in area ANAS, profondi circa 20 m ed ubicati nelle vicinanze dei nuovi punti di emungimento, filtrati nell'orizzonte sabbioso-ghiaioso, la cui ubicazione è riportata in Tavola 1 ed in Tavola 4.

Porzioni profonde dell'acquifero

L'attuale rete di monitoraggio delle porzioni profonde dell'acquifero (condotta con cadenza trimestrale) è costituita da 19 tra triplette, quadriplete e sistemi multilivello (contraddistinti dal prefisso MLS-) e da due punti di monitoraggio profondi realizzati nel 1996, appartenenti alla tripletta DMW (punto DMW2 e DMW3). I gruppi di piezometri permettono di caratterizzare la qualità delle acque delle porzioni profonde dell'acquifero in diverse aree del sito, in particolare:

- l'area interna dello stabilimento, a monte dello sbarramento idraulico (MLS1-MLS5 e MLS9-MLS15);
- le aree esterne allo stabilimento a valle dello sbarramento idraulico, suddivise in area ANAS (MLS16-MLS19) ed area ad est del canale idroelettrico (MLS6-MLS8).

Per indagare l'idraulica e la qualità delle acque anche in direzione verticale, ogni punto di indagine è costituito da gruppi di piezometri (doppiette, triplette e quadriplete) fenestrati a diverse profondità e/o da piezometri multilivello tipo Continuous Multichannel Tubing (CMT). I 19 punti di indagine MLS sono stati realizzati in tre fasi di approfondimento successive, come di seguito descritto.

Nell'ambito del presente progetto verranno realizzati 7 nuovi punti di controllo multilivello profondi in area ANAS, profondi circa 40 m e filtrati da circa -20 a circa -40 e profondi circa 60 e filtrati da circa -40 a circa -60, tutti intestati nell'orizzonte sabbioso-sabbioso limoso e, denominati con prefisso da MLS20/ a MLS26/ (tavole 1 e 4) .

4.2. Monitoraggi in corso d'opera

4.2.1. Monitoraggio dei sistemi di contenimento idraulico

I controlli sull'efficacia idraulica dei sistemi di contenimento idraulico saranno effettuati al fine di verificare che i sistemi siano in grado di intercettare tutto il flusso di falda in uscita dallo stabilimento nelle sezioni di acquifero oggetto della bonifica. Le verifiche sulla funzionalità idraulica della barriera saranno effettuate secondo le procedure di "best practice", tra cui anche le "Linee guida per il monitoraggio delle barriere idrauliche" (Provincia di Milano, Direzione Centrale Ambiente, e Università degli Studi di Milano).

Le attività che verranno svolte mensilmente per le verifiche sull'efficacia idraulica dei sistemi di contenimento installati saranno quindi le seguenti:

- acquisizione, con cadenza mensile, dei dati registrati relativi alle portate giornaliere emunte dalla barriera e dai nuovi pozzi in area ANAS, superficiali e profondi, e dai pozzi Tessengerlo (se attivi) nel periodo di riferimento;
- rilievo freaticometrico nei piezometri della rete di controllo idraulico dello stabilimento, sia superficiale che profonda, illustrata in Tavola 4 fuori testo (circa 130 punti): in particolare, per quanto riguarda il sistema di emungimento in area ANAS, verranno monitorati tutti i nuovi piezometri di controllo;

- rilievo della quota del pelo libero del fiume Toce in corrispondenza delle due aste idrometriche che verranno realizzate in prossimità del sito;
- rilievo delle portate e dei livelli nei pozzi dei sistemi di contenimento idraulico;
- ricostruzione della freaticimetria misurata dell'acquifero interpolando i dati di campo;
- ricostruzione dell'idraulica della falda e delle aree di cattura dei pozzi dello sbarramento tramite modellazione matematica.

Le verifiche sull'efficacia idraulica della barriera saranno effettuate tramite modellazione matematica, con frequenza mensile, utilizzando il modello matematico del sito descritto nell'Annesso 8 e calibrato sulle condizioni osservate nel mese di riferimento.

Sempre con cadenza mensile, verranno verificati i dati giornalieri dei livelli di falda nei piezometri di riferimento e le portate emunte giornalmente dal sistema per la verifica della corretta applicazione del sistema di regolazione delle portate dei pozzi barriera.

4.2.2. Monitoraggio del funzionamento dell'opera drenante di monte

Al fine di verificare la funzionalità idraulica dell'opera drenante di monte e gli effetti del drenaggio sull'idraulica dell'acquifero sia in area campo pozzi Tessenderlo, sia all'interno dello stabilimento verranno effettuate le seguenti attività:

- acquisizione dei dati di portata giornaliera dell'opera drenante di monte;
- monitoraggio dei livelli della falda in piezometri di controllo da ubicare lungo il tracciato dell'opera drenante (almeno 8 piezometri – uno ogni 200 – 250 m);
- monitoraggio dei livelli di falda nell'area all'interno dello stabilimento, con frequenza giornaliera in 6 piezometri di monitoraggio tramite registratore in continuo (958, 954, 952, tripletta DMW1-3), in almeno ulteriori 3 piezometri presso lo sbarramento idraulico e in 2 piezometri nella zona nord dello stabilimento a valle del campo pozzi Tessenderlo;
- monitoraggio dei livelli della falda su tutto il sito tramite rilievo freaticimetrico mensile nella rete di monitoraggio del sito;
- monitoraggio della piovosità giornaliera nella stazione meteorologica installata presso il sito;
- ricostruzione, con frequenza mensile, dell'idraulica del sito tramite modellazione matematica, utilizzando il modello matematico del sito già utilizzato per la verifica delle opere di contenimento e verifica dell'efficacia drenante dell'opera.

4.2.3. Monitoraggio degli interventi in area industriale AS-SVE

La valutazione circa il progresso delle azioni avverrà attraverso l'analisi dei dati dei monitoraggi dei seguenti parametri:

- qualità dei gas estratti dal sistema di SVE installato;
- massa di contaminanti rimossa dal sistema di SVE installato;
- massa di contaminanti biodegradata in condizioni aerobiche;
- concentrazioni degli contaminanti nelle acque della falda superficiale.

Si prevede l'esecuzione di attività di monitoraggio con diversa cadenza; in particolare, terminata la fase di avviamento, taratura e messa a punto dei sistemi, i controlli da effettuare saranno eseguiti come descritto nell'Annesso 13.

4.2.4. Monitoraggio della qualità delle acque

Per il controllo dell'evoluzione della qualità delle acque di falda e per la valutazione del progresso delle attività di bonifica si prevede di eseguire il monitoraggio dei seguenti punti:

Porzioni superficiali dell'acquifero (frequenza mensile): 31 punti di monitoraggio, così distribuiti (Tavola 4):

- 12 punti della rete storica di stabilimento (951, 952, 953, 954, 955, 958, PE1, PE2, PE8, PE9, DMW1, DMW2);
- 6 coppie di piezometri posizionate all'esterno dello stabilimento, comprese tra PE10/PE10bis e PE15/PE15bis, per un totale di 12 punti;
- ulteriori 7 piezometri posizionati all'interno dell'area stabilimento: PE23BIS, PE32/PE32BIS, PE34/PE34BIS, PE36/PE36BIS, PE37/PE37BIS,
- 6 nuovi piezometri in area ANAS: MLS16/20, MLS18/20, MLS20/20, MLS21/20, MLS22/20, MLS23/20;

Porzioni profonde dell'acquifero (frequenza trimestrale): 39 punti di monitoraggio, così distribuiti (Tavola 4):

- triplette e quadriplete MLS1, MLS6 (solo 4 livelli profondi), MLS7 (solo 4 livelli profondi), MLS8 (solo 4 livelli profondi), MLS2, MLS11, MLS15, MLS15, MLS16, MLS19, da MLS20 a MLS26.

Sulle acque prelevate verranno rilevati in campo i principali parametri chimico-fisici ed effettuate analisi di laboratorio per la ricerca di una *suite* di 37 diverse sostanze, sia organiche che inorganiche, comprendenti tutti i composti presenti sul sito, conformemente a quanto richiesto dagli Enti di controllo (Conferenza di Servizi del 23/03/2006) in particolare: Metalli (*Ferro, Arsenico, Mercurio, Cadmio*), BTEX (*Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni*), Idrocarburi Organoalogenati (*Cloroformio, Clorobenzene, 1,2-Diclorobenzene, 1,3-Diclorobenzene, 1,4-Diclorobenzene*), oltre a PCB, isomeri o,p-DDT, o,p-DDD e o,p-DDE, Esaclorobenzene, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Alluminio, Manganese, Nichel, Piombo, Rame e Zinco) e Fenoli (analisi in gascromatografia, con limite sulle singole specie di 0,1 µg/l).

A seguito delle analisi chimiche, verranno prodotti, con cadenza trimestrale, report di aggiornamento periodico descrittivi i risultati dei controlli sulla qualità delle acque di falda e sulla loro evoluzione a seguito degli interventi di bonifica.

L'elenco dei piezometri afferenti all'intera rete di monitoraggio, sia superficiale che profonda, comprensivo delle caratteristiche costruttive e della quota topografica delle teste pozzo, viene riportato nella tabella in Allegato 1, mentre l'esatta ubicazione viene indicata nella Tavola 4.

4.3. Collaudi degli interventi sulle acque sotterranee

4.3.1. Collaudo dei sistemi di contenimento idraulico

La qualità delle acque di falda sarà controllata regolarmente, secondo il programma definito e presentato nei paragrafi precedenti. Al raggiungimento di valori di concentrazione all'interno del sito, verificati sulla rete piezometrica e sui collettori di ingresso all'impianto TAF, tali per cui siano raggiunti gli standard di qualità stabiliti per le acque sotterranee (CSC) presso il Punto di Conformità (POC), posto in corrispondenza del limite di proprietà, i sistemi di emungimento in atto potranno essere disattivati, se tale condizione risulta verificata costantemente per tre monitoraggi consecutivi.

Dopo lo spegnimento dei sistemi di emungimento dovrà essere mantenuto il programma di controllo per almeno altri tre mesi e, nel caso di esito positivo, l'intervento sulle acque sotterranee sarà da ritenersi concluso, avendo raggiunto gli obiettivi prefissati.

4.3.2. Collaudo degli interventi in area industriale AS-SVE

Gli interventi di AS/SVE previsti saranno oggetto di un attento programma di monitoraggio, finalizzato a mantenere sotto costante controllo i trend evolutivi in termini di massa di contaminante rimossa e rimossa limiti dell'applicazione della tecnologia.

I monitoraggi implementati permetteranno di determinare i valori asintotici di massa rimossa nell'unità di tempo calcolata sulla corrente di gas estratta che rappresentano i limiti di efficacia della tecnologia prevista, oltre i quali non risulta efficiente protrarre le azioni intraprese.

I limiti della tecnologia, ossia il raggiungimento dei valori asintotici delle concentrazioni rilevate nei gas estratti nell'unità di tempo, saranno quindi indice del completamento delle azioni intraprese nelle aree d'intervento.

Se il comportamento asintotico persiste, in 3 campionamenti successivi eseguiti a distanza periodica, di norma 1 mese, si considerano raggiunte le migliori prestazioni ottenibili dalla tecnologia applicata.

Come prescritto dalla Conferenza di Servizi decisoria del 23 marzo 2006, ai fini del monitoraggio e del controllo sullo stato di attuazione dell'intervento, i dati acquisiti secondo le previsioni del progetto saranno raccolti in relazioni semestrali che saranno

inviata alle Amministrazioni competenti. Le suddette relazioni metteranno in evidenza le quantità di totali di inquinanti rimossi nonché quelle rimosse nel periodo di riferimento della relazione. Maggiori dettagli sulle modalità di collaudo sono presentati nell'Annesso 13.

4.4. Monitoraggio delle acque sotterranee al termine della bonifica (post-operam)

Sulla base dei risultati del collaudo, sarà definito un programma di controlli da eseguire successivamente all'interruzione e chiusura degli interventi di bonifica. Tali controlli, comunemente denominati controlli post-operam, sono finalizzati a verificare il mantenimento di condizioni stabili o di trend migliorativi rispetto alla situazione verificata durante la fase di collaudo.

Il monitoraggio post-operam verrà condotto in numero selezionato di piezometri storicamente ubicati nei punti prossimi ai nuclei di contaminazione.

Le procedure dei controlli post-operam, con l'indicazione dettagliata delle modalità e dei tempi di esecuzione dei controlli, gli standard analitici da utilizzare e le modalità di presentazione dei risultati, saranno concordate congiuntamente alle Autorità preposte, a valle della chiusura degli interventi di bonifica e delle attività di collaudo.

Allegato 1

Caratteristiche costruttive dei punti di monitoraggio

Allegato 2

Storia delle attività di monitoraggio presso il sito

STORIA DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO PRESSO IL SITO

Periodo dal 1996 al 2006

Il programma di controllo della qualità delle acque sotterranee, iniziato nel settembre 1996, prevedeva una rete di monitoraggio di 18 punti ed un piano analitico costituito da Metalli (*Ferro, Arsenico, Mercurio, Cadmio*), BTEX (*Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni*), Idrocarburi Organoalogenati (*Cloroformio, Clorobenzene, 1,2-Diclorobenzene, 1,3-Diclorobenzene, 1,4-Diclorobenzene*), DDT e derivati (*p-DDT, p-DDD e p-DDE*) e Fenoli.

In conformità alle prescrizioni della Commissione tecnico-scientifica del Ministero dell'Ambiente, contenute nel verbale della riunione del 10 aprile 1997, furono installati ed aggiunti alla rete esistente 4 nuovi pozzi di monitoraggio (da PE6 a PE9).

Fino al mese di agosto 2001 tali controlli furono effettuati con cadenza mensile; nel mese di agosto 2001 la cadenza dei controlli fu variata a bimestrale, con la condivisione degli Enti. Dall'agosto 2001 le campagne di monitoraggio prevedevano, inoltre, attività aggiuntive ogni 4 mesi (analisi per Cadmio e Fenoli e campionamento del piezometro PE5 e del pozzo P2).

Variazioni introdotte nell'anno 2006

Nel 2006 (cfr. Verbale della Conferenza di Servizi Decisoria del 23/03/2006, ricevuta da Syndial il 10/08/2006), le Autorità hanno deliberato, tra altri punti, quanto segue:

- in merito al punto 2 dell'Ordine del Giorno "Documenti relativi alle attività di monitoraggio della falda presso lo Stabilimento di Pieve Vergonte ecc..." del Verbale della Conferenza di Servizi Decisoria del 23/03/2006, (punto 1, pag 18): *"è necessario monitorare con frequenza mensile per almeno un anno le caratteristiche delle acque di falda prelevate da tutti i piezometri già monitorati compresi quelli a valle della barriera (da 1 a 5), dai piezometri di nuova costruzione, dalle coppie di piezometri posti a monte da 10/10bis a 15/15bis, rilevando la profondità di campionamento e determinando, oltre ai parametri già ricercati, anche: PCB, isomeri o,p-DDT, o,p-DDD e o,p-DDE, Esaclorobenzene, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Alluminio, Manganese, Nichel, Piombo, Rame e Zinco"*.
- punto 4, pag. 19: *"si ricorda che il valore di concentrazione limite del parametro "Fenoli" da ricercare deve essere assunto pari a 0,5 µg/l come indicato dall'ISS, nota prot. 0558 del 25/03/2004 allegato G del presente verbale"*.
- punto 1 dell'Ordine del Giorno "Interventi di messa in sicurezza d'emergenza messi in opera, in corso di adozione e da adottare nel sito di Pieve Vergonte", (Punto a, pag 4): *"Nelle acque della falda, al fine della corretta definizione delle portate da emungere, del trattamento da attuare sulle stesse e della distribuzione verticale dei contaminanti, è necessario integrare (...) i piezometri di monitoraggio esistenti con un numero adeguato di piezometri che si spingano fino ad una profondità tale da valutare lo stato*

qualitativo delle acque in funzione della profondità anche a profondità superiori a 20 m dal p.c....”.

- punto 1 dell'Ordine del Giorno “Interventi di messa in sicurezza d'emergenza messi in opera, in corso di adozione e da adottare nel sito di Pieve Vergonte” (punto 1b, pag 4): *“per una migliore evidenziazione della distribuzione verticale dei contaminanti, le cartografie che riportano la distribuzione dei contaminanti medesimi dovranno essere ricostruite separando i piezometri/pozzi superficiali da quelli profondi....”.*

Già a partire dal febbraio 2006 la rete di monitoraggio fu integrata con 6 coppie di piezometri posizionate all'esterno dello stabilimento, comprese tra PE10/PE10bis e PE15/PE15bis; pertanto il numero totale di punti di monitoraggio della rete variò da 22 a 34, con frequenza di analisi mensile sui piezometri esterni alla barriera idraulica e bimestrale su tutti gli altri piezometri.

A partire dal mese di agosto 2006, tenendo conto delle richieste delle Autorità espresse nel suddetto Verbale, sono state quindi definitivamente apportate le seguenti ulteriori variazioni al piano di monitoraggio:

- il numero totale di punti di monitoraggio della rete è stato variato da 22 a 34, poiché la rete di monitoraggio è stata integrata con 6 coppie di piezometri posizionate all'esterno dello stabilimento, comprese tra PE10/PE10bis e PE15/PE15bis (il monitoraggio mensile di tali piezometri esterni è stato intrapreso da Syndial a partire dal febbraio 2006);
- la frequenza dei monitoraggi è stata variata da bimestrale a mensile su tutti i 34 punti della rete;
- sono stati integrati nel piano analitico tutti i parametri aggiuntivi richiesti (PCB, isomeri o,p-DDT, o,p-DDD e o,p-DDE, Esaclorobenzene, Tetracloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Alluminio, Manganese, Nichel, Piombo, Rame e Zinco);
- le analisi sui Fenoli sono condotte in gascromatografia, con limite sulle singole specie di 0,1 µg/l.

Inoltre, sempre nel 2006, Syndial aveva già commissionato ad URS un'integrazione di indagine estesa alle porzioni profonde dell'acquifero alluvionale, fino alla sua base, atta a definirne la struttura e le proprietà geologiche ed idrogeologiche, nonché alla determinazione della qualità delle acque nelle porzioni profonde dell'acquifero. In particolare, sono stati realizzati, a partire dal mese di maggio 2006, 19 punti di indagine delle porzioni profonde dell'acquifero (contraddistinti dal prefisso “MLS”), costituiti sia da triplette/quadruple di piezometri fenestrati a differenti profondità, sia da sistemi multilivello, per un totale di 83 punti di indagine nelle porzioni profonde dell'acquifero.

Questi 19 punti di monitoraggio sono stati realizzati in tre fasi di approfondimento successive:

Fase 1 - Periodo maggio 2006 – giugno 2006, realizzazione di:

- triplette profonde 40/50/60m da p.c. denominate MLS1, MLS3 e MLS5, completate con l'installazione di piezometri a tubo aperto in PVC di diametro 2 pollici, per un totale di 9 punti di monitoraggio;
- doppietta profonda 50/60 m da p.c. denominata MLS2, completata con l'installazione di piezometri a tubo aperto in PVC di diametro 2 pollici, per un totale di 2 punti di monitoraggio;
- multilivello CMT denominato MLS4 profondo 60 m da p.c., completato con l'installazione di un piezometro in Teflon® costituito da 7 setti di monitoraggio.

Fase 2 - Periodo dicembre 2006 – gennaio 2007, realizzazione di:

- multilivelli CMT denominati MLS6, MLS7 e MLS8 profondi 60m da p.c., completati mediante l'installazione di piezometri in Teflon® costituiti da 7 setti di monitoraggio, per un totale di 21 punti di monitoraggio.

Fase 3 - Periodo gennaio 2007 – febbraio 2007 – realizzazione di:

- quadriplete denominate MLS9-19 profonde 30/40/50/60m da p.c. denominate da MLS9 a MLS19, completate con l'installazione di piezometri a tubo aperto di diametro 3 pollici, per un totale di 44 punti di monitoraggio.

Variazioni introdotte nell'anno 2008

Continuando ad adempiere alle richieste prescritte dagli Enti, tra cui quelle formulate dalla Conferenza di Servizi del 23/03/2006, a partire da gennaio 2008 la Società Syndial ha inteso proseguire le attività di monitoraggio, integrando la rete di piezometri storicamente monitorata con i punti che nel frattempo sono stati realizzati per indagare le porzioni profonde della falda e con altri piezometri ritenuti utili per il monitoraggio della porzione superficiale, così come descritto nella nota tecnica "Piano delle attività di monitoraggio delle acque di falda" trasmessa alle Autorità in gennaio 2008 e di seguito riassunta:

- monitoraggio mensile di :
 - **22** punti della rete storica di stabilimento (951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, PE1, PE2, PE3, PE4, PE5, PE6, PE7, PE8, PE9, V6, P2, DMW1, DMW2, DMW3);
 - **6 coppie** di piezometri posizionate all'esterno dello stabilimento, comprese tra PE10/PE10bis e PE15/PE15bis, per un totale di 12 punti;
 - **ulteriori 19 piezometri** posizionati all'interno dell'area stabilimento: PE23/PE23BIS, PE26/PE26BIS, PE31/PE31BIS, PE32/PE32BIS, PE34/PE34BIS, PE40BIS, PE47/PE47BIS, PE49/PE49BIS, PE56/PE56BIS, PE57/ PE57BIS;
- monitoraggio trimestrale di :

- **doppiette, triplete, quadriplete di piezometri profondi** per un totale di 83 punti (MLS1, MLS2, MLS3, MLS4, MLS5, MLS6, MLS7, MLS8, MLS9, MLS10, MLS11, MLS12, MLS13, MLS14, MLS15, MLS16, MLS17, MLS18, MLS19).

Pertanto, a partire dal mese di gennaio 2008, con cadenza mensile, vengono prelevati campioni di acqua di falda in corrispondenza di **53** punti di monitoraggio, mentre a cadenza trimestrale i campionamenti vengono estesi anche all'intera rete di monitoraggio dei piezometri profondi (**n. 83**), per un totale di **136** punti.

Sulle acque prelevate vengono rilevati in campo i principali parametri chimico-fisici ed effettuate analisi di laboratorio per la ricerca di una *suite* di 37 diverse sostanze, sia organiche che inorganiche, comprendenti tutti i composti presenti sul sito, conformemente a quanto richiesto dagli Enti di controllo (Conferenza di Servizi del 23/03/2006).

Vengono pertanto prodotti, con cadenza mensile, report di aggiornamento periodico che descrivono i risultati dei controlli sull'efficacia idraulica ed idrochimica della barriera di pozzi e del sistema di messa in sicurezza di emergenza dell'area ANAS, installati al fine di intercettare le acque di falda contaminate lungo il limite orientale del sito e di impedirne la migrazione verso l'esterno nella direzione di flusso della falda.

Le portate emunte, necessarie per l'azione di sbarramento, vengono modulate giornalmente da Syndial, attraverso l'osservazione dei livelli di falda in alcuni piezometri di controllo.

Le attività, svolte con cadenza mensile, sono quindi comprensive di svariati controlli su tutti gli elementi che, agendo congiuntamente, definiscono lo stato dell'acquifero del sito.

L'elenco dei piezometri afferenti all'intera rete di monitoraggio, sia superficiale che profonda, comprensivo delle caratteristiche costruttive e della quota topografica delle teste pozzo, viene riportato nella allegata tabella 1, mentre l'esatta ubicazione piano altimetrica viene indicata nella figura 3, allegata al presente annesso.

Si precisa altresì che nel 2008 è stata ulteriormente implementata la rete di monitoraggio nella porzione di acquifero più superficiale, attraverso la realizzazione dei seguenti piezometri:

- Giugno: n° 2 piezometri superficiali in area ex DDT, nell'ambito del piano di caratterizzazione della stessa come di seguito specificati:
 - PE73, profondità 20 m, diametro 3", finestrato da da -10 m a -20 m da p.c. (slot 0,5 mm);
 - PE73bis, profondità 10 m, diametro 3", finestrato da da -5 m a -10 m da p.c. (slot 0,5 mm).

I risultati delle analisi chimiche sui campioni di acqua di falda prelevati dai 2 piezometri hanno evidenziato la presenza di Pesticidi Clorurati, Tetracloroetilene, Cloroformio e Esaclorobenzene. Le concentrazioni per i pesticidi clorurati (sommatoria di DDT, DDE e DDD) superano di 100 volte la CSC (0,1 mg/kg), mentre gli altri parametri superano di poco la CSC.

- Dicembre: n°9 piezometri superficiali (20 m ciascuno, diametro 4", finestrati tra -3 m e -20 m dal p.c.) denominati TM1÷9 lungo lo sviluppo longitudinale del "dreno nord" e del Torrente Marmazza, nella configurazione di progetto.

Tavole