



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

* * *

**Protocollo di valutazione dei risultati del monitoraggio
di una barriera idraulica**

* * *

Sito di Interesse Nazionale di Crotona

Rev. 0

Novembre 2010

Elaborato da:

Eugenia Bartolucci, Michele Fratini, Maurizio Guerra, Fabio Pascarella, Gianluca Pirani

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Dipartimento Difesa del Suolo
Servizio Istruttorie, Piani di Bacino e Raccolta Dati - Settore Sitologia

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	INTRODUZIONE E SCOPO DEL DOCUMENTO.....	1
3	VERIFICHE IMPIANTISTICHE.....	2
3.1	Punti di misura.....	2
3.2	Parametri e frequenze.....	2
3.3	Elaborazioni.....	3
4	VERIFICHE IDRAULICHE.....	3
4.1	Punti di misura.....	3
4.2	Parametri e frequenze.....	4
4.3	Test con traccianti.....	4
4.4	Elaborazioni.....	5
4.4.1	Mappe freatimetriche.....	5
4.4.2	Sezioni idrogeologiche interpretativa.....	5
4.4.3	Individuazione della zona di cattura.....	5
4.4.4	Gradiente idraulico.....	6
4.4.5	Modello matematico di flusso.....	6
4.4.6	Ulteriori elaborazioni.....	7
5	VERIFICHE CHIMICHE.....	7
5.1	Punti di misura.....	7
5.2	Parametri e frequenze.....	7
5.3	Elaborazioni.....	8
6	VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA.....	9
7	SISTEMA DI ARCHIVIAZIONE DATI.....	11
8	GESTIONE E MANUTENZIONE.....	12
8.1	Manutenzione pozzi e piezometri.....	12
8.2	Manutenzione strumenti e apparecchiature.....	12
9	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	13
10	ACRONIMI.....	15
11	BIBLIOGRAFIA.....	16

ALLEGATI

Allegato 1: Esempi di tabelle di archiviazione dei dati

1 PREMESSA

La Conferenza di Servizi decisoria convocata il 24.07.2009 per il Sito di Interesse Nazionale di Crotona, Cassano e Cerchiara ha ritenuto approvabile con prescrizioni il progetto “Intervento di bonifica delle acque di falda” contenuto nel documento “Revisione del Progetto di Bonifica dei suoli e delle acque di falda delle aree di competenza Syndial SpA” che prevede, tra l’altro, la realizzazione di una barriera idraulica disposta lungo la linea di costa in corrispondenza delle aree di proprietà Syndial S.p.A. e la realizzazione dell’impianto di trattamento acque.

La medesima Conferenza di Servizi ha deliberato, inoltre, di chiedere alla Direzione per la Qualità della Vita del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare, agli Enti di controllo locali (ARPACAL e Provincia di Crotona) nonché agli Istituti Scientifici Nazionali (ISPRA, ISS e ISPESL) di elaborare un idoneo e dettagliato Protocollo di Valutazione dei risultati del monitoraggio della barriera idraulica, finalizzato a verificarne nel tempo l’efficacia idraulica e l’efficienza idrochimica sulla base del quale sarà valutata l’eventuale necessità di avviare, da parte della Syndial S.p.A., la realizzazione della barriera fisica.

Con Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 15 febbraio 2010 è stato autorizzato il progetto di bonifica della falda a condizione che siano rispettate numerose prescrizioni, alcune delle quali richiedono modifiche significative dell’intervento; ad esempio, è richiesta la realizzazione di un *“doppio allineamento di pozzi a diversa profondità in modo da consentire la captazione anche negli strati più profondi e l’ottimizzazione della gestione”*. Di conseguenza, il presente protocollo ha un carattere generale e potrà essere aggiornato con indicazioni più specifiche a seguito della presentazione da parte dell’Azienda della revisione del progetto, in accordo alle prescrizioni contenute nel Decreto Ministeriale.

2 INTRODUZIONE E SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del documento è quello di definire gli elementi minimi da acquisire, i metodi di elaborazione e le modalità di rappresentazione dei dati necessari per valutare l’efficacia di uno sbarramento idraulico.

Il procedimento definito all’interno del documento è un processo iterativo che consente, attraverso l’aggiornamento del quadro di riferimento progettuale (modello concettuale del sito, obiettivi dell’intervento, configurazione della barriera) sulla base delle informazioni acquisite nel corso dei monitoraggi periodici, la stima della convergenza fra i dati di progetto e quelli misurati in campo e quindi la verifica dell’efficacia dell’intervento.

Il gestore dell’impianto potrà integrare il presente protocollo con ulteriori verifiche/misure che dovesse ritenere necessarie per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi.

Nella elaborazione del documento si è fatto riferimento alla documentazione tecnica, ai manuali e alle linee guida disponibili in bibliografia, nonché alle esperienze maturate nel corso della progettazione e realizzazione di barriere idrauliche e nel corso delle attività istruttorie condotte nell’ambito dei compiti istituzionali che ISPRA svolge in supporto al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

In letteratura sono proposti diversi metodi di valutazione della efficienza di un sistema di sbarramento idraulico fondati su verifiche di carattere idrogeologico e verifiche di carattere chimico. Ciascuno dei metodi proposti però, essendo basato su assunzioni non sempre verificabili con certezza è insufficiente, se considerato singolarmente, per giungere a conclusioni certe.

In questo protocollo, l’efficacia dello sbarramento sarà valutata sulla base di un’analisi integrata degli esiti delle attività di monitoraggio effettuate in relazione ad aspetti impiantistici, idrogeologici e idrochimici.

Per questo scopo nei capitoli che seguono oltre ad essere indicate le informazioni minime da acquisire, sono descritti le modalità di elaborazione e archiviazione dei dati e i contenuti minimi della relazione tecnica di presentazione dei risultati.

L'acquisizione dei dati necessari per effettuare le varie verifiche dovrà avvenire con due modalità:

1. in continuo, mediante apposita strumentazione di acquisizione automatica dei dati collegata ad un sistema di archiviazione/gestione centralizzato/remoto;
2. mediante rilievo manuale periodico.

Gli esiti delle attività di monitoraggio, come descritto nel dettaglio al capitolo 7, saranno presentati con due modalità:

1. consentendo l'accesso remoto degli enti preposti al controllo all'archivio informatico dei dati acquisiti nel corso delle verifiche;
2. predisponendo una relazione tecnica periodica, da trasmettere a tutti i soggetti istituzionalmente coinvolti, in cui saranno presentate le elaborazioni dei dati, in accordo a quanto previsto nel presente protocollo.

I passaggi minimi richiesti ai fini della verifica e le modalità di rappresentazione dei risultati nella relazione periodica e nell'archivio informatico sono descritti nei capitoli 3, 4 e 5.

3 VERIFICHE IMPIANTISTICHE

Per valutare l'efficacia dello sbarramento idraulico è necessario verificare innanzi tutto che la barriera sia gestita in conformità con quanto previsto in sede progettuale, in termini di configurazione tecnica degli impianti o, in alternativa, che le modalità di gestione siano adattate agli esiti delle attività di monitoraggio effettuate. La prima verifica consisterà quindi nell'acquisizione ed elaborazione delle informazioni inerenti le modalità di esercizio dei sistemi di emungimento.

3.1 Puntdi misura

I punti di misura necessari a monitorare il funzionamento del sistema di emungimento sono:

- pozzi di emungimento;
- collettori acque emunte;
- eventuali serbatoi di stoccaggio delle acque.

3.2 Parametri e frequenze

Per ciascun pozzo di emungimento (PE) dovranno essere acquisite in modalità continua mediante apposita strumentazione:

- stato di funzionamento delle pompe di emungimento;
- portata delle acque emunte mediante installazione sulla tubazione di mandata di ogni pozzo di un misuratore/trasmittitore di portata;
- livello piezometrico;
- conducibilità dell'acqua di falda, mediante installazione sulla tubazione di mandata di ogni pozzo di un trasduttore di conducibilità;

Periodicamente dovrà essere rilevata la profondità del fondo foro.

Per i collettori dovrà essere acquisita in modalità continua mediante apposita strumentazione la portata inviata al sistema di trattamento; in caso di differenziazione delle correnti per tipologia di trattamento, dovranno essere quantificate le portate afferenti a ciascun sistema di trattamento.

In caso di presenza di serbatoi di stoccaggio delle acque dovrà essere acquisita la misura in continuo del livello.

I dati relativi ai parametri di funzionamento dell'impianto dovranno essere trasmessi ad un sistema di controllo centralizzato remoto, archiviati nel database, come specificato al capitolo 7, e resi disponibili per le verifiche da parte degli Enti di controllo.

Nella Tabella 1 sono sintetizzate le misure richieste e le relative frequenze.

Tabella 1. Sintesi delle verifiche impiantistiche

Punto di misura	Parametro da misurare	Acquisizione del dato
Pozzi di emungimento	Stato funzionamento	Continua
	Portata	Continua
	Conducibilità elettrica	Continua
	Livello	Continua
	Profondità dei pozzi	Periodica
Collettori principali	Portata	Continua
Serbatoi di accumulo (se presenti)	Livello	Continua

3.3 Elaborazioni

I dati acquisiti nel corso delle attività di monitoraggio e controllo dovranno essere elaborati e rappresentati in forma di grafici e tabelle e riportati nella relazione tecnica di cui al paragrafo 9.

La relazione dovrà contenere almeno i seguenti elaborati:

- tabella con indicate per ciascun pozzo, nel periodo di riferimento (inizialmente trimestrale come meglio specificato al capitolo 9), le ore di funzionamento effettive, quelle previste da progetto e il rapporto percentuale fra le due; la tabella dovrà riportare anche la sommatoria per tutti i PE della barriera idraulica (BI);
- tabella con indicati per ciascun pozzo, nel periodo di riferimento, i volumi di acqua emunti effettivi, quelli previsti da progetto e il rapporto percentuale fra i due; la tabella dovrà riportare anche la sommatoria per tutti i PE della BI;
- grafici dei volumi emunti giornalmente da ciascun pozzo (Vgiornaliero/giorni).

4 VERIFICHE IDRAULICHE

La verifica idraulica della funzionalità dello sbarramento è basata principalmente sulle elaborazioni delle misure dei livelli di falda nella rete piezometrica.

In questo capitolo sono indicate inoltre le misure che, anche se non direttamente utilizzabili per effettuare considerazioni in merito all'efficacia idraulica dello sbarramento, saranno di supporto per effettuare valutazioni in merito alla taratura ed efficienza della strumentazione automatica di acquisizione dei dati.

4.1 Punti di misura

I punti di misura necessari a monitorare il funzionamento del sistema di emungimento sono:

- pozzi di emungimento;
- piezometri di monitoraggio;

- stazioni mareografiche.

4.2 Parametri e frequenze

In modalità continua mediante apposita strumentazione dovranno essere acquisite le seguenti informazioni

- livello piezometrico in un numero di piezometri di monitoraggio, ubicati in interasse tra i pozzi e pari almeno al numero di pozzi di emungimento;
- livello piezometrico in alcuni piezometri di monitoraggio opportunamente ubicati nell'area di intervento;
- livello del mare in una o più stazioni mareografiche.

Periodicamente dovranno inoltre essere acquisiti mediante rilievo manuale i seguenti elementi:

- livello freaticometrico in tutti i punti (pozzi e piezometri);
- livello del mare presso le stazioni mareografiche;
- livello del fondo foro di tutti i piezometri.

Per valutare l'influenza di fenomeni transitori sulla circolazione idrica sotterranea, le misure periodiche avranno frequenza trimestrale per i primi due anni dalla messa in esercizio della barriera a pieno regime (tutta la barriera in esercizio); la frequenza potrà essere successivamente rimodulata, di concerto con l'Autorità preposta al Controllo (AC), in funzione dei risultati acquisiti.

Nella Tabella 2 sono sintetizzate le misure richieste e le modalità di acquisizione.

Tabella 2. Sintesi delle verifiche idrauliche

Punto di misura	Parametro da misurare	Acquisizione del dato
Tutta la rete piezometrica	Livello piezometrico	Periodica
	Quota fondo foro	Periodica
Piezometri di monitoraggio interasse e piezometri scelti all'interno dell'area di intervento	Livello piezometrico	Continua
Stazione mareografica	Livello mare	Continua/Periodica

I dati raccolti saranno archiviati e presentati con le modalità descritte ai capitoli 7 e 9.

4.3 Test con traccianti

Dopo l'avvio della BI e un congruo numero di monitoraggi, può essere valutata l'opportunità di effettuare test con traccianti per acquisire ulteriori elementi di valutazione dell'efficacia dello sbarramento idraulico. Tali test potranno interessare anche solo quelle sezioni della barriera rispetto alle quali, a valle dei monitoraggi, dovessero persistere elementi di incertezza rispetto alle modalità di circolazione idrica sotterranea.

Le modalità di esecuzione delle prove, la scelta dei punti di immissione e di monitoraggio, il tipo e i quantitativi di tracciante da immettere dovranno essere oggetto di un adeguato studio di fattibilità da sottoporre all'approvazione dell'Autorità di Controllo.

4.4 Elaborazioni

Nei successivi paragrafi sono descritte le elaborazioni delle misure di livello piezometrico minime richieste ai fini della valutazione dell'efficacia dello sbarramento idraulico.

4.4.1 Mappe freaticometriche

Nell'elaborazione delle mappe freaticometriche devono essere rispettati i seguenti criteri:

- come dati di input devono essere utilizzate esclusivamente altezze piezometriche (rif. l.m.m.) misurate in piezometri o pozzi non in emungimento corrette eventualmente per la presenza di surnatante; qualora fosse necessario comprendere nell'elaborazione anche le altezze piezometriche misurate nei pozzi in emungimento queste dovranno essere corrette per le perdite di carico (ed eventualmente per la presenza di surnatante);
- i dati di ingresso devono essere acquisiti in un intervallo di tempo opportuno che tenuto conto dell'ampiezza della rete piezometrica, consenta di minimizzare gli effetti delle variazioni delle condizioni a contorno (ricariche, influenza delle maree, ecc.);
- i livelli di falda misurati in unità idrogeologiche differenti non devono essere utilizzati per generare un'unica mappa piezometrica. Deve essere effettuata una ricostruzione della mappa piezometrica per ciascuna unità idrogeologica;
- dovranno essere sempre esplicitate le scelte degli algoritmi e dei valori dei parametri impiegati per il processamento dei dati (es. algoritmo di calcolo per il gridding ed eventuali parametri, dimensioni delle celle di griglia, ecc.).

Ciascuna rappresentazione della superficie piezometrica dovrà riportare tutti gli elementi necessari per una corretta interpretazione, a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

- la scala e il nord;
- le etichette con i valori relativi alle linee isopiezometriche;
- l'ubicazione dei pozzi di emungimento;
- linee isopiezometriche tratteggiate in corrispondenza delle zone in cui i dati sono lacunosi o interpretati.

4.4.2 Sezioni idrogeologiche interpretative

Dovranno essere predisposte per ciascun tratto di barriera delle sezioni idrogeologiche interpretative, parallele e perpendicolari all'allineamento della barriera stessa, in cui sia riportato:

- il profilo della superficie piezometrica teorica /di progetto e quella ricavata dalle misure dei livelli medi misurati nei piezometri di interesse nel periodo di riferimento;
- l'indicazione di eventuali acquitard e/o aquiclude;
- l'indicazione di eventuali rapporti con i corpi idrici superficiali.

4.4.3 Individuazione della zona di cattura

I dati piezometrici dovranno essere utilizzati per stimare l'ampiezza della zona di cattura e confrontarla con quella teorica elaborata in fase di progettazione. La zona di cattura è definita come il volume dell'acquifero saturo entro il quale il sistema di emungimento è in grado di "catturare" le acque di falda ed è caratterizzata da un gradiente idraulico tale da imporre un deflusso delle acque verso i sistemi di captazione.

Per questo motivo è indispensabile che sia elaborata una mappa della superficie piezometrica nella quale deve essere chiaramente indicata la zona di cattura teorica risultante dalla configurazione progettuale dell'intervento.

Occorre tener presente che nella interpretazione della zona di cattura rimangono comunque elementi di incertezza legati sia alla variabilità nel tempo delle condizioni al contorno (ricariche conseguenti a precipitazioni, influenza della marea, presenza di pozzi di emungimento esterni al sito, perdita di efficienza delle opere ecc) sia alle approssimazioni nella rappresentazione della superficie piezometrica (numero e ubicazione dei punti di misura dei livelli, presenza ed entità dei gradienti verticali, algoritmi di calcolo, ecc.).

Ciascuna ricostruzione della zona di cattura dovrà pertanto essere accompagnata da una dettagliata descrizione degli assunti di partenza, delle metodologie applicate e del range di incertezza.

4.4.4 *Gradiente idraulico*

Per confermare l'esistenza di un flusso di acqua sotterranea diretto verso il sistema di emungimento dovrà essere calcolato il gradiente idraulico utilizzando i livelli piezometrici misurati in coppie di piezometri.

È opportuno sottolineare che per questo tipo di analisi è fondamentale che le caratteristiche dei piezometri siano confrontabili (es. profondità, tratto fessurato ecc.) in modo da escludere errate interpretazioni dovute, ad esempio, alla variazione del gradiente verticale all'interno dell'acquifero.

Un'ulteriore elaborazione anche finalizzata alla modellazione tridimensionale per la ricostruzione del volume di cattura è il calcolo del gradiente idraulico verticale determinato in base alla differenza tra le altezze piezometriche misurate utilizzando piezometri cluster o, in alternativa, misurando i livelli in piezometri adiacenti, fessurati in intervalli differenti dell'acquifero.

Le misure dovranno essere effettuate in modo da avere informazioni distribuite in maniera uniforme su tutto il sito.

L'elaborazione dei dati potrà essere restituita mediante la presentazione di mappe dei gradienti idraulici.

4.4.5 *Modello matematico di flusso*

Uno dei risultati attesi dalla modellazione idraulica è l'individuazione della zona di cattura in tre dimensioni e delle modalità e dei percorsi di trasporto di contaminanti.

Poiché i risultati del modello dipendono sensibilmente dalla quantità e dalla qualità dei dati in ingresso, questi ultimi dovranno essere aggiornati a seguito delle attività di monitoraggio.

I report di monitoraggio della BI, pertanto, oltre a richiamare i criteri di formulazione del modello (ad esempio: condizioni al contorno, definizione della griglia, discretizzazione delle unità idrogeologiche), che deve essere stato già calibrato in fase pre-progettuale, dovranno fornire la validazione del modello utilizzato. Tale validazione, necessaria per dimostrare l'attendibilità predittiva del modello calibrato, si effettua simulando situazioni differenti da quella usata per la calibrazione (condizioni dinamiche differenti) e confrontando i risultati della simulazione con i dati reali misurati.

Qualora la fase di validazione non ottenga risultati soddisfacenti si dovrà prevedere la riformulazione del modello e/o la rimodulazione dei parametri di input anche sulla base di prove specifiche (ad esempio prove di portata per la determinazione della conducibilità idraulica).

Il modello calibrato e validato potrà essere utilizzato per l'ottimizzazione del sistema di sbarramento idraulico.

4.4.6 *Ulteriori elaborazioni*

Di seguito sono riportate ulteriori rappresentazioni grafiche dei dati misurati che dovranno essere utilizzate per effettuare la valutazione della efficacia dello sbarramento:

- grafici dell'andamento giornaliero dei livelli piezometrici acquisiti in continuo nei piezometri di monitoraggio; dovrà essere effettuato il confronto tra il livello medio nel periodo di riferimento (es. tre mesi) misurato nei piezometri di interesse dei pozzi di emungimento e quello previsto in fase di progettazione per ottenere lo sbarramento del flusso di acqua contaminata;
- grafici dell'andamento giornaliero dei livelli piezometrici e delle portate emunte, acquisiti nei pozzi di emungimento.

5 VERIFICHE CHIMICHE

Gli accertamenti analitici comprendono sia misure in campo sia analisi di laboratorio. Nel secondo caso, per favorire la ripetibilità delle misure effettuate (la presenza di particolato e sospensioni colloidali nel campione può infatti causare interferenze analitiche non eliminabili), l'acqua destinata all'analisi dei metalli dovrà essere filtrata in campo con filtro a 0,45 µm e immediatamente acidificata con acido nitrico in quantità pari allo 0,5% volumetrico.

5.1 *Punti di misura*

La rete di monitoraggio chimico dovrà prevedere punti di campionamento posti:

- a monte dello sbarramento, per verificare la qualità delle acque in entrata;
- all'interno del pennacchio contaminato, per valutare l'evoluzione delle concentrazioni all'interno del plume;
- nell'interasse dei pozzi di emungimento, per intercettare l'eventuale diffusione di inquinanti a causa di un errato posizionamento e/o di un'insufficiente portata di emungimento dei pozzi barriera;
- a valle del sistema di emungimento, per valutare l'efficacia dello sbarramento;
- sul collettore principale, in ingresso al sistema di trattamento.

Nel caso di impianto di trattamento dedicato delle acque della barriera, per valutarne l'efficacia e la conformità dello scarico ai limiti imposti, dovrà essere effettuata l'analisi di campioni prelevati allo scarico dell'impianto stesso.

5.2 *Parametri e frequenze*

In occasione di tutte le campagne di prelievo di campioni finalizzate alla verifica dell'efficacia dello sbarramento dovranno essere effettuate:

- *analisi di campo*: pH; conducibilità; temperatura; potenziale redox ; ossigeno disciolto;
- *analisi di laboratorio*:
 - pH, conducibilità;
 - Ammoniaca, Nitrati, Nitriti, TKN (Azoto totale Kjeldahl), Cloruri, Solfati, Fluoruri;
 - Metalli (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco);
 - Idrocarburi totali;

- Idrocarburi aromatici (Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, para-Xilene);
- Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni.

Contestualmente alle analisi di campo, prima del prelievo dei campioni, dovrà essere misurato il livello piezometrico. In aggiunta a quanto previsto dal protocollo si dovrà provvedere ad effettuare la misura periodica di log di conducibilità elettrica specifica delle acque sotterranee per la verifica della profondità dell'interfaccia acqua dolce – acqua salata.

Il set analitico proposto è stato ottenuto dal confronto tra il “Protocollo operativo di monitoraggio delle acque sotterranee del sito di Crotona di proprietà di Syndial – Area ex Agricoltura” (Snamprogetti, dicembre 2006), concordato con ARPACAL e trasmesso agli EE.PP. il 27.12.2006 e i risultati delle caratterizzazioni effettuate nelle aree di pertinenza Syndial. Dovrà essere valutata l'opportunità di adottare set analitici differenti in funzione delle specificità di ciascuna porzione di area sottesa dalla barriera.

Le verifiche avranno frequenza trimestrale per i primi due anni dalla messa in esercizio della barriera a pieno regime (tutta la barriera in esercizio).

Il set analitico e la frequenza potranno essere successivamente rimodulati, di concerto con l'AC, in funzione dei risultati acquisiti.

Nella Tabella 3 sono sintetizzate le misure richieste e le relative frequenze.

Tabella 3. Sintesi delle verifiche chimiche

Punto di misura	Parametro da misurare	Frequenza
Pozzi di emungimento	Set analitico completo	Periodica
Piezometri di valle	Set analitico completo	Periodica
Tutta la rete piezometrica	Set analitico completo	Periodica
Collettore principale	Set analitico completo	Periodica
Selezione di piezometri (minimo 3 per ciascuna area omogenea)	Log di conducibilità	Periodica

Le analisi dovranno essere effettuate da laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Nel sistema di archiviazione dovranno essere riportate le metodiche analitiche utilizzate.

5.3 Elaborazioni

I dati acquisiti nel corso delle attività di monitoraggio e controllo dovranno essere elaborati e rappresentati in forma di grafici e tabelle e riportati nella relazione tecnica periodica di cui al paragrafo 9.

In particolare, per ciascun contaminante di interesse, dovranno essere presentati:

- tabelle con i risultati delle elaborazioni statistiche di base dei valori di concentrazione (media aritmetica, mediana, percentili, deviazione standard);
- elaborazione e rappresentazione delle curve di frequenza cumulata delle concentrazioni di ciascun contaminante rilevate in tutti i piezometri per ciascuna campagna di indagine; tali curve dovranno essere confrontate con quelle ottenute dai dati delle campagne precedenti al

fine di evidenziare dei trend a scala di sito (valutare l'opportunità di suddividere questa interpretazione per ciascuna area omogenea – Ex Pertusola, Ex Agricoltura, Ex Fosfotec);

- diagrammi concentrazioni/tempo finalizzati a verificare eventuali trend di aumento o diminuzione delle concentrazioni nel tempo; in particolare dovrà essere ricostruito l'andamento delle concentrazioni di ciascun contaminante nei piezometri a valle della barriera posti sia all'interno sia all'esterno della zona di cattura;
- mappe di concentrazione. Prima dell'avviamento dei sistemi dovrà essere elaborata una mappa di concentrazione in cui sia individuata l'estensione del/i plume di contaminazione che rappresenterà la situazione iniziale con cui confrontare l'evoluzione dello stato di contaminazione in seguito all'avviamento dei sistemi;
- diagrammi relativi alla massa di contaminante rimossa nel tempo: sulla base delle concentrazioni di ciascun contaminante presenti nelle acque emunte e delle portate di emungimento dovrà essere stimata la massa di contaminante rimossa nel periodo di riferimento.

Dovrà essere fornita la stima della massa di contaminante rimossa per ciascun parametro di interesse specificando i parametri di input ed i metodi di elaborazione utilizzati.

6 VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA

In questa fase dovrà essere effettuato il confronto fra i dati acquisiti nel periodo di osservazione e gli obiettivi progettuali. Nella tabella che segue sono proposti alcuni indicatori che possono essere integrati da altri proposti dal gestore della BI.

E' necessario sottolineare che una valutazione complessiva del rendimento di una BI deve necessariamente tenere in considerazione tutti gli aspetti possibili, sia quelli "quantificabili" o semi-quantificabili" sia quelli qualitativi (es. confronto fra carte). A tal proposito si aggiunge che difficilmente tali indicatori daranno risultati convergenti ovvero potranno essere interpretati in maniera univoca, si ritiene tuttavia che un approccio che contempli degli indicatori anche quantitativi possa risultare utile anche nella fase gestionale che si configura, soprattutto durante le prime fasi, secondo un modello "trial and error".

L'Azienda dovrà effettuare le valutazioni riportate nella tabella sottostante, provvedendo a commentare i risultati di ciascun indicatore e fornendo le motivazioni di eventuali scostamenti.

Tabella 4. Indicatori e relative elaborazioni a supporto della valutazione

Indicatore	Tipo	Elaborazione	Commenti
<i>Verifiche impiantistiche</i>			
Ore funzionamento per ciascun PE nel periodo di riferimento (rif § 3.3)	Numerico	$\frac{\text{Ore funz}_{PE} \cdot \text{misurate}}{\text{Ore funz}_{PE} \text{ prog.}} \times 100$	
Ore funzionamento cumulate per tutti i PE della BI nel periodo di riferimento (rif § 3.3)	Numerico	$\frac{\text{Ore funz}_{BI} \cdot \text{misurate}}{\text{Ore funz}_{BI} \text{ prog.}} \times 100$	
Volume emunto da ciascun PE nel periodo di riferimento (rif § 3.3)	Numerico	$\frac{V_{PE} \cdot \text{misurato}}{V_{PE} \text{ prog.}} \times 100$	

Indicatore	Tipo	Elaborazione	Commenti
Volume totale emunto per tutti i PE della BI nel periodo di riferimento (rif § 3.3)	Numerico	$\frac{V_{BI \cdot \text{misurato}}}{V_{BI \text{ prog.}}} \times 100$	
Grafici dei volumi di acqua di falda emunti giornalmente da ciascun PE (rif § 3.3)	Grafico	Grafica	
Verifiche idrauliche			
Sezioni idrogeologiche (rif § 4.4.2)	Grafico	Grafica	
Livello medio nel periodo di riferimento dei piezometri di interasse Pz1, Pz2, ...Pzn (rif § 4.4.6)	Numerico	$L_{Pz_pro} - L_{Pz_mis}$	
Interpretazione della mappa della piezometria per la ricostruzione della zona di cattura (rif § 4.4.3)	Grafico	Grafica	
Gradiente idraulico: verifica dei livelli in coppie di piezometri ortogonali alla BI (rif § 4.4.4)	Grafico	Grafica	
Ricostruzione del volume di cattura mediante modelli numerici (particle tracking) (rif § 4.4.5)	Grafico	Grafica	
Verifiche chimiche			
Distribuzione cumulata delle concentrazioni per ciascuna specie indice (rif § 5.3)	Grafico	Grafica	
Stima della massa di contaminante rimosso per ogni pozzo (rif § 5.3)	Numerico	(Concentrazione _{PEi} × Volume _{PEi}) per ciascun contaminante nel periodo di riferimento	
Trend idrochimico nei Pz a valle della BI all'interno della zona di cattura (rif § 5.3)	Grafico	Grafica	

Indicatore	Tipo	Elaborazione	Commenti
Trend idrochimico nei PZ a valle della BI all'esterno della zona di cattura (rif § 5.3)	Grafico	Grafica	
Test con traccianti		Verifica di eventuali percorsi preferenziali, velocità effettiva del tracciante	

La fase di confronto tra i dati di progetto e i dati sperimentali e, più in generale, la valutazione della performance della BI, dovrà necessariamente contemplare i seguenti aspetti:

- individuazione e valutazione degli aspetti critici, delle incertezze e delle lacune inerenti i set di dati acquisiti e la loro elaborazione;
- indicazioni e proposte per migliorare, se necessario, la qualità/quantità dei dati (es. installazione di ulteriori PZ, variazione della frequenza di monitoraggio);
- valutazione, nella elaborazione dei dati e nei confronti, dell'influenza di tutti gli elementi al contorno (condizioni meteo, malfunzionamenti, ecc.);
- eventuale aggiornamento del modello concettuale di sito;
- eventuale aggiornamento del modello numerico;
 - indicazioni e proposte per ottimizzare il rendimento della BI (modifica della configurazione delle BI in termini di aggiunta/diminuzione dei pozzi, variazione di portata, implementazione di sistemi di gestione/manutenzione più efficaci);
- riformulazione degli scenari previsionali.

7 SISTEMA DI ARCHIVIAZIONE DATI

I risultati delle verifiche impiantistiche, idrauliche e chimiche dovranno essere archiviati su un server dedicato al quale sarà consentito l'accesso remoto alle Autorità preposte al controllo.

I dati saranno archiviati in una serie di tabelle relazionate organizzate in record e campi in cui ciascun pozzo o piezometro sia individuato univocamente con un codice alfanumerico.

Gli archivi dovranno essere di tipo:

- temporaneo (AT);
- permanente (AP).

L'archivio temporaneo sarà costituito dalle misurazioni acquisite in automatico dalla strumentazione di controllo. La permanenza dei dati nell'archivio temporaneo dovrà essere garantita per un periodo minimo.

L'archivio permanente sarà costituito da elaborazioni delle misure presenti nell'archivio temporaneo e dalle misure effettuate manualmente dagli operatori. I dati memorizzati nell'archivio permanente devono essere conservati a disposizione dell'autorità competente per il controllo.

Entrambi gli archivi dovranno essere provvisti di sistemi di protezione contro la manomissione dei dati.

In Allegato sono proposti alcuni esempi di tabelle costituenti il sistema di archiviazione dei dati, in cui sono indicate le informazioni minime da rendere accessibili, che potrà essere integrato o modificato di concerto con le Autorità preposte al controllo.

8 GESTIONE E MANUTENZIONE

Il funzionamento della barriera deve essere garantito nel tempo mediante la predisposizione e attuazione di un programma di gestione e manutenzione ordinaria dei sistemi.

Il programma di gestione e manutenzione dovrà prevedere le procedure di intervento da attivare nel caso di verifica dei guasti e dei malfunzionamenti della barriera.

I risultati dell'applicazione del programma dovranno essere archiviati all'interno del sistema generale di archiviazione descritto al capitolo 7 e resi disponibili per eventuali verifiche. Gli interventi effettuati nel periodo di riferimento dovranno inoltre essere riportati all'interno di una specifica sezione della relazione tecnica periodica.

8.1 *Manutenzione pozzi e piezometri*

La non corretta manutenzione dei pozzi di emungimento e dei piezometri di monitoraggio può avere effetti negativi, oltre che sulla capacità del sistema di raggiungere gli obiettivi fissati in termini di risanamento ambientale, anche sui costi di bonifica in termini di deterioramento e danneggiamento delle apparecchiature e incremento dei consumi energetici. È richiesto pertanto che sia attuato un programma di manutenzione della rete piezometrica e dei pozzi di emungimento che preveda almeno:

- la verifica dell'efficienza idraulica dei pozzi anche mediante videoispezioni o prove di portata a gradini ed eventuali interventi di pulizia e/o ripristino (air-lift o altre tecniche di ripristino) nel caso in cui fosse osservata una riduzione dell'efficienza;
- la verifica della accessibilità e funzionalità dei piezometri.

8.2 *Manutenzione strumenti e apparecchiature*

Il programma dovrà prevedere almeno:

- verifica generale di funzionamento dell'impianto (es: controllo allarmi sui quadri elettrici, controllo dei parametri di funzionamento dell'impianto quali pressione sulla linea di mandata, portata di acqua estratta da ciascun sistema);
- verifica generale dell'impianto tramite ispezione visiva;
- verifica e manutenzione ordinaria pompe, secondo le cadenze indicate nei rispettivi manuali;
- verifica e pulizia valvole;
- verifica e pulizia sensori di livello e loro eventuale taratura;
- verifica e pulizia misuratori/trasmittitori di portata e loro eventuale taratura;
- verifica e pulizia misuratori/trasmittitori di conducibilità e loro eventuale taratura;
- controllo quadri elettrici locali, apparecchiature e strumenti di misura.

Dovrà inoltre essere prevista la disponibilità presso il sito di un'adeguata quantità di parti di ricambio necessarie a garantire, in caso di guasto, il ripristino del funzionamento del sistema nei tempi strettamente necessari agli interventi di sostituzione, senza dover attendere i tempi per l'approvvigionamento.

Si dovrà prevedere la gestione del magazzino in modo da assicurare un'adeguata rotazione delle parti di ricambio tenendo in debita considerazione l'obsolescenza dei componenti ed i tempi di ripristino stabiliti.

9 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Sarà predisposta con cadenza trimestrale una relazione tecnica descrittiva in cui saranno riportati i dati aggregati delle verifiche, le considerazioni in merito all'efficacia dello sbarramento e le eventuali indicazioni di azioni correttive che si renderanno necessarie. Dopo il primo anno di funzionamento dell'impianto, in base ai risultati ottenuti, potrà essere concordata con le Autorità di controllo una differente frequenza di trasmissione della relazione.

La relazione tecnica periodica deve essere sempre corredata dei contenuti minimi nel seguito descritti, anche quando non aggiornati:

- obiettivi dell'intervento;
- modello concettuale del sito aggiornato sulla base dei risultati delle attività effettuate con particolare riferimento all'assetto geologico e idrogeologico e allo stato di contaminazione delle acque di falda; il MCS deve essere descritto anche attraverso tabelle, grafici, mappe (comprese adeguate sezioni geologiche) da cui sia possibile individuare/valutare i diversi plume di contaminazione e l'evoluzione della contaminazione sia nello spazio (che tenga conto anche della distribuzione dei contaminanti con la profondità) che nel tempo.
- eventuale aggiornamento del modello numerico di flusso a supporto della progettazione e gestione dell'intervento di P&T;
- descrizione della configurazione della barriera ed eventuali modifiche; tutti gli elementi costituenti la barriera (pozzi di emungimento, piezometri di controllo, collettori, ...) devono essere dettagliatamente descritti provvedendo a fornire un aggiornamento periodico che tenga conto delle eventuali modifiche apportate. Gli elementi richiesti devono essere presentati in forma di tabelle e figure allegate alla relazione tecnica periodica e devono essere contenuti nella tabella anagrafica dell'archivio informatizzato come riportato al capitolo 7;
- bilancio idrico naturale per valutare gli afflussi e le perdite idriche del sistema;
- descrizione condizioni al contorno/anomalie nel periodo di riferimento, quali ad esempio:
 - modifiche alle condizioni di deflusso delle acque sotterranee (attivazione pozzi di emungimento a scopo irriguo, per approvvigionamento acque industriali, ...);
 - malfunzionamenti (componente coinvolto [pozzi di emungimento, piezometri, impianto di trattamento, strumentazione, ...], causa, durata, interventi correttivi) ed eventuali conseguenti modifiche alle procedure di gestione e manutenzione del sistema;
- descrizione delle attività di monitoraggio effettuate nel periodo di riferimento con particolare attenzione ad eventuali scostamenti rispetto al piano di monitoraggio e/o eventuali indagini integrative;
- risultati delle verifiche effettuate (tabelle, grafici, mappe freaticometriche, ...);
- valutazioni conclusive sulla base delle interpretazione degli esiti delle verifiche effettuate (compresa eventuale esigenza di indagini integrative, azioni correttive, ...); nella relazione dovranno essere riportate tutte le elaborazioni proposte ai capitoli 3, 4 e 5 (elaborazioni verifiche impiantistiche, elaborazioni verifiche idrauliche, elaborazioni verifiche chimiche)

eventualmente integrate con ulteriori rappresentazioni utili a dimostrare l'efficacia dell'intervento.

In allegato alla relazione tecnica, dovranno essere riportate tutte le informazioni necessarie a verificare le modalità di esecuzione delle prove effettuate e i criteri utilizzati per le elaborazioni dei risultati (es. dati delle prove di pompaggio, eventuali algoritmi di calcolo utilizzati nella ricostruzione delle mappe piezometriche ecc.).

In Allegato la Relazione dovrà contenere una serie di tabelle di sintesi estratte dall'AP.

10 ACRONIMI

AC	Autorità preposta al controllo
AP	Archivio permanente
AT	Archivio temporaneo
BI	Barriera idraulica
MCS	Modello concettuale del sito
P&T	Pump & Treat
PE	Pozzi di emungimento
PZ	Piezometri
ZdC	Zona di cattura

11 BIBLIOGRAFIA

Provincia di Milano, 2003. Linee guida per il monitoraggio delle barriere idrauliche. (http://www.provincia.milano.it/ambiente/bonifiche/doc/lineeguida06_monitoraggio_barriere_idrauliche.pdf)

U.S. EPA, 1994. Methods for Monitoring Pump-and-Treat Performance, EPA/600/R-94/123, U.S. EPA, ORD, R.S. Kerr Research laboratory, Ada, Ok. (<http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/gwdocs/pdfs/ptmethods.pdf>)

U.S. EPA, 1997. Ground Water Issue. Design Guidelines for Conventional Pump-and-Treat Systems, EPA/540/S-97/504. (<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/540s97504/pmptreat.pdf>)

U.S. EPA, 2001. Groundwater Pump and Treat Systems: Summary of Selected Cost and Performance Information at Superfund-financed Sites, EPA 542-R-01-021b. (<http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r01021b.pdf>)

U.S. EPA, 2002. Elements for Effective Management of Operating Pump and Treat Systems, OSWER 9355.4-27FS-A, EPA 542-R-02-009. (<http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/gwdocs/pdfs/ptfactsheet.pdf>)

U.S. EPA, 2005. O&M Report Template for Ground Water Remedies (with Emphasis on Pump and Treat Systems), OSWER 9283.1-22FS, EPA 542-R-05-010. (<http://www.epa.gov/superfund/cleanup/postconstruction/omtemplate.pdf>)

U.S. EPA, 2008. A Systematic Approach for Evaluation of Capture Zones at Pump and Treat Systems, EPA/600/R-08/003. (<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600R08003/600R08003.pdf>)

ALLEGATO 1

Esempi di tabelle di archiviazione dei dati

Archivio	AP							
Tabella	anagrafica pozzi/piezometri							
Metodo acquisizione	continuo							
Data compilazione	gg/mm/aaaa							

ID punto	tipologia	anno di costruzione	coordinata x	coordinata y	quota boccapozzo	diametro	profondità	tratta filtro
(codice alfanumerico)	(pozzo/piezometro)		WGS 84 UTM 33		m s.l.m.	mm	m da b.p.	da m a m
Pz1								
Pz2								
Pz3								
Pz4								
Pz5								
Pz6								
.....								
PE1								
PE2								
.....								

Archivio	AP			
Tabella	portate emungimento			
Metodo acquisizione	derivata da AT portate			
Data compilazione	gg/mm/aaaa			

ID punto	Ore di normale funzionamento	Portata media giornaliera	Livello medio giornaliero	Conducibilità media giornaliera
Pz1				
Pz2				
Pz3				
””				
collettore				

Archivio	AT				
Tabella	portate				
Metodo acquisizione	continuo				
Data compilazione	gg/mm/aaaa				
ID punto	(Pz1...collettore)				

data/ora	stato funzionamento pompa (on/off)	Portata media oraria	Livello medio orario	Conducibilità media oraria	Indicazione delle anomalie di funzionamento (interruzione per basso livello, alta conducibilità, guasto)
01/01/2011 1.00					
01/01/2011 2.00					
01/01/2011 3.00					
01/01/2011 23.00					

Archivio	AT							
Tabella	livelli piezometrici							
Metodo acquisizione	continuo							
Data compilazione	gg/mm/aaaa							

ID punto	1.00 AM	2.00 AM	3.00 AM	4.00 AM	7.00 AM	8.00 AM	9.00 AM
Pz1								
Pz2								
Pz3								
Pz4								
Pz5								
....								
PE1								
PE2								
.....								

Archivio	AP								
tabella	livelli piezometrici								
metodo acquisizione	periodico/rilievo manuale								
data compilazione	gg/mm/aaaa								

ID punto	01/01/2011		02/01/2011		03/01/2011		31/01/2011	31/01/2011
	soggiacenza	profondità pz	soggiacenza	profondità pz	soggiacenza	profondità pz		soggiacenza	profondità pz
	m da b.p.	m da b.p.	m da b.p.	m da b.p.	m da b.p.	m da b.p.		m da b.p.	m da b.p.
Pz1									
Pz2									
Pz3									
Pz4									
Pz5									
....									
PE1									
PE2									
.....									

Archivio	AP								
Tabella	livelli piezometrici								
Metodo acquisizione	derivata da AT livelli								
Data compilazione	gg/mm/aaaa								

ID punto	01/01/2011	02/01/2011	03/01/2011	04/01/2011	05/01/2011	06/01/2011	07/01/2011	31/01/2011
Pz1									
Pz2									
Pz3									
Pz4									
Pz5									
.....									
PE1									
PE2									
.....									

Archivio	AP									
Tabella	chimica									
Metodo acquisizione	periodico/rilievo manuale									
Data compilazione	gg/mm/aaaa									

ID punto	data prelievo	sigla campione	Parametro	pH	Conducibilità elettrica	Alluminio	Antimonio	Cadmio	HC>12
			Unità di misura		mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l
			CSC Dlgs 152/06			200	5	5		350
Pz1										
Pz2										
Pz3										
Pz4										
Pz5										
....										
PE1										
PE2										
.....										

Archivio	AP							
Tabella	chimico/fisico							
Metodo acquisizione	periodico/rilievo manuale							
Data compilazione	gg/mm/aaaa							

ID punto	Quota boccapozzo	Profondità	Soggiacenza	Temperatura	O2	Ph	Redox	Conducibilità elettrica
	m slmm	(m da b.p.)	(m da b.p.)	(°C)	(mg/l)		(mV)	(mS/cm)
Pz1								
Pz2								
Pz3								
Pz4								
Pz5								
....								
PE1								
PE2								
.....								

Archivio	AP			
Tabella	metodi analitici			
Metodo acquisizione	periodico			
Data compilazione	gg/mm/aaaa			

Parametro	Laboratorio	Metodo di preparazione	Metodica analitica	Tecnica
Alluminio				
Antimonio				
Argento				
Arsenico				
Berillio				
Cadmio				
.....				
HC>12				