

## **Studi idrogeologici per il monitoraggio radiologico della falda superficiale nel sito Eurex di Saluggia (VC)**

Iezzi S., Imperi M., Rosati M., Ventura G.

Sogin S.p.A. – Via Torino 6, 00184 Roma

e-mail: [iezzi@sogin.it](mailto:iezzi@sogin.it), [imperi@sogin.it](mailto:imperi@sogin.it), [rosati@sogin.it](mailto:rosati@sogin.it), [ventura@sogin.it](mailto:ventura@sogin.it)

### **INTRODUZIONE**

L'impianto Eurex (Enriched URanium Extraction) è un impianto pilota per il riprocessamento di combustibile nucleare costruito negli anni '60 e rimasto in esercizio sino ai primi anni '80. Eurex fa parte del complesso nucleare di Saluggia (Vc) in cui si trovano anche il Deposito Avogadro, in cui è stato immagazzinato combustibile nucleare esaurito, e l'industria Sorin Biomedica, che ospita altri materiali e rifiuti nucleari.

A valle idrogeologica del complesso, a circa 1.5 km di distanza, si trova il campo pozzi dell'Acquedotto del Monferrato, che ha un bacino di utenza di circa 100.000 persone.

Nel corso del 2004, presso l'impianto EUREX, è stata riscontrata la presenza di acqua radiologicamente contaminata all'interno dell'intercapedine di sicurezza che circonda la piscina che conteneva il combustibile esaurito. Sono dunque seguite azioni sia sulla struttura (drenaggio periodico dell'intercapedine, monitoraggio delle fessurazioni, etc.) che sulle matrici ambientali. In questo lavoro viene illustrata in particolare la sequenza degli studi idrogeologici che hanno portato alla costituzione di una efficiente rete di monitoraggio piezometrico e radiologico ed alla costruzione di un modello concettuale dettagliato dell'acquifero che ha ricevuto le acque contaminate e della sua idrodinamica.

### **CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA**

L'area in oggetto fa parte del complesso idrogeologico della fascia pedemontana della Pianura Piemontese, costituita principalmente da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi, estremamente ricco d'acqua, in cui è possibile distinguere due sistemi idrogeologici principali: uno superficiale, spesso alcune decine di metri, ed uno profondo di spessore anche maggiore di 100 m. Quest'ultimo è l'acquifero sfruttato dal campo pozzi dell'Acquedotto (Bortolami & Di Molfetta, 1988). I due sistemi sono separati da un orizzonte di limi sabbiosi che, nella zona dell'impianto, si trova alla profondità di circa 45-50 m da piano campagna. Benché questo orizzonte non sia ovunque caratterizzato da un'apprezzabile continuità, esso costituisce, almeno nella zona dell'impianto, un confinamento per l'acquifero profondo. Gli studi eseguiti sono stati principalmente focalizzati sull'acquifero superficiale dato che questo è, oltre che il soggetto più vulnerabile, anche la principale via di trasporto verso l'acquifero profondo delle potenziali contaminazioni di origine nucleare.

L'acquifero superficiale, prevalentemente monostrato, ospita una falda freatica di potenza compresa tra 20 e 70 m a livello regionale, solo localmente compartimentata da orizzonti discontinui a bassa permeabilità che comunque consentono sempre condizioni di interconnessione dei flussi tra i corpi sedimentari a maggiore permeabilità (Dragonero & Bari, 2003). Questo sistema idrogeologico trova sede nei depositi ghiaioso-sabbiosi quaternari glaciali e fluvio-glaciali e presenta caratteri di discontinuità in corrispondenza dei terrazzi fluviali al passaggio verso i sedimenti delle aree golenali. Esso è alimentato principalmente dai corpi idrici impostati negli anfiteatri morenici dell'area pedemontana e dalle perdite di subalveo dei corsi d'acqua; in misura secondaria contribuiscono le precipitazioni dirette. Stagionalmente, intervengono anche gli apporti dalle irrigazioni e dall'allagamento delle risaie.

La direzione di deflusso generale è Nord-Sud, seppure con piccole variazioni locali influenzate sia dalla stratigrafia che dalla presenza dei corsi d'acqua. In particolare, nell'area dell'impianto Eurex, risulta evidente l'azione della Dora Baltea, che costituisce l'asse di drenaggio principale della zona in oggetto. Solo durante gli eventi di piena il flusso si può invertire, ed è il fiume ad alimentare temporaneamente la falda.

I valori di soggiacenza della falda variano tra un massimo di 20 m, riscontrabile principalmente in corrispondenza dei terrazzi fluviali, ad un minimo di 1-2 m in area golenale. Qui i valori minimi possono anche raggiungere il piano campagna in occasione degli episodi di piena. Nella zona dell'impianto si osservano valori medi di soggiacenza compresi tra 2 e 5 m da p.c. e, nei pressi dell'edificio piscina, sono stati misurati valori variabili stagionalmente da 3 a 4.5 m da p.c..

### **SVILUPPO DELLE INDAGINI IDROGEOLOGICHE**

#### **RETE DI MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO**

Nel 2005, dopo aver esaminato tutta la documentazione sulle indagini geognostiche e sulla rete piezometrica del sito, si è proceduto alla verifica delle condizioni e dell'efficienza di tutti i piezometri in un'area delle dimensioni di circa 1x2 km, il cui limite a valle del sito era in pratica costituito dal corso del Canale Cavour. All'interno di questa area sono stati individuati 13 piezometri funzionanti, per i quali è stata effettuata la determinazione della quota topografica di precisione delle bocche foro. Sono stati quotati anche

alcuni punti lungo la sponda della Dora Baltea per effettuare il rilievo idrometrico ai fini della ricostruzione della piezometria in relazione al regime del fiume. Sono stati quindi effettuati sistematici rilievi freaticometrici che hanno permesso di disegnare una carta piezometrica aggiornata e centrata sul sito.

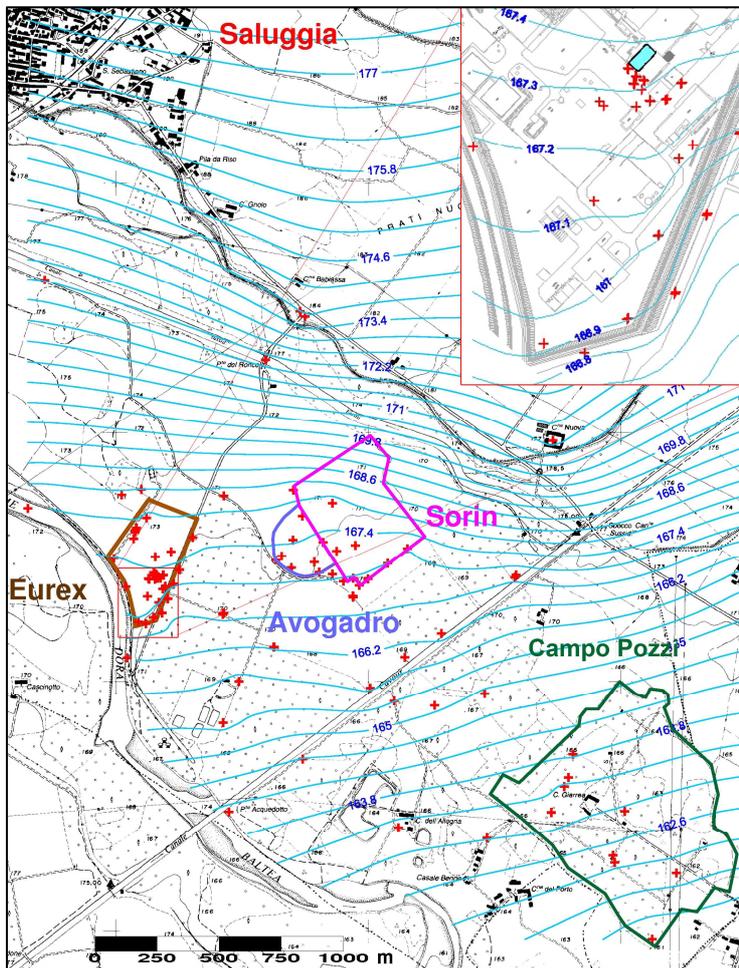


Figura 1 – Carta delle linee isofreatiche in m s.l.m.; in rosso sono riportati i punti di misura della falda (misure di maggio 2008)

Arpa Piemonte della presenza anomala di Sr90 in acqua di falda in loc. Cascina Benne, a circa 2 km a sud-est di Eurex (2007), la rete dei piezometri è stata progressivamente ampliata costruendo piezometri anche al di fuori del sito. Ad oggi, nell'area Eurex si dispone di una rete di circa 40 punti che permette di monitorare in dettaglio la falda superficiale, per quanto riguarda sia gli aspetti idrodinamici che quelli radiologici. La densità dei punti di misura nell'intorno dell'edificio piscina ha permesso di tracciare carte piezometriche di elevato dettaglio, con equidistanza delle isofreatiche nell'ordine dei centimetri.

Le misure effettuate nei piezometri a diversa profondità hanno inoltre messo in evidenza gli effetti sulla falda dell'opera di difesa idraulica del sito<sup>1</sup>: sebbene l'opera non costituisca un confinamento assoluto alla risalita dal basso delle acque di piena, rallenta fortemente il riequilibrio dei carichi idraulici. Pertanto, durante i regimi transitori, a distanza di una decina di metri, il livello statico della falda nelle ghiaie risulta diverso di qualche centimetro da quello nelle sabbie. In caso di eventuali contaminazioni, è pertanto plausibile prevedere che l'opera potrebbe anche funzionare da protezione verso l'esterno.

Le più recenti analisi eseguite mostrano che le quantità anomale di Sr-90 derivanti dalla piscina sono limitate entro poche decine di metri e sono confinate all'interno del perimetro dell'impianto.

Tra il 2007 ed il 2008, a seguito del rinvenimento di Sr90 in un piezometro a valle del comprensorio Sorin-Avogadro, la rete di monitoraggio, grazie alla collaborazione tra la Regione Piemonte, l'Acquedotto del Monferrato, gli altri esercenti del comprensorio (Sorin e Avogadro) e la Sogin, è stata ulteriormente estesa ed ha progressivamente raggiunto l'assetto mostrato in figura 1. Nella stessa figura è riportata la freaticimetria

## FASI DI SVILUPPO DELLA RETE DI MONITORAGGIO

La nuova carta piezometrica ha permesso di individuare la posizione ottimale in cui installare i primi punti di monitoraggio radiologico della falda nell'intorno dell'edificio che ospita la piscina del combustibile.

Vista la presenza di ghiaie e sabbie grossolane passanti a sabbie fini alla profondità di 7 m, si è deciso di installare (fine 2005) in corrispondenza dello spigolo meridionale della piscina una coppia di piezometri a tubo aperto: uno fenestrato da da 2 a 7 m e l'altro da 7 a 15 m da p.c., denominati rispettivamente SPB e SPA.

Già dalle prime analisi radiologiche sull'acqua di falda, è stato possibile osservare un contenuto anomalo di Sr90 nei campioni prelevati dal piezometro più superficiale (SPB).

Una volta accertata tale presenza del radionuclide in falda, è stato necessario definirne la distribuzione areale, per cui sono state installate, nel 2006, altre quattro coppie di piezometri, una a monte e tre a valle della piscina, più un piezometro singolo (SPN) subito a valle di SPB. Per ogni coppia è stato eseguito per primo lo scavo del foro più profondo, in modo da accertare la quota del passaggio ghiaie-sabbie e predisporre opportunamente la fenestrazione dei due piezometri.

A seguito della segnalazione da parte di

<sup>1</sup> Si tratta di un argine/muro alto circa 5 m fondato su un diaframma profondo 12-16 m, costruito tutto intorno al sito a protezione da inondazioni

ricostruita dai rilievi di maggio 2008; grazie al suo dettaglio è stato possibile interpretare la distribuzione di Sr90 sul territorio e risalire alle possibili sorgenti di rilascio.

#### CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA E GEOCHIMICA DELLA FALDA

Durante le fasi di scavo dei piezometri sono state eseguite stratigrafie di dettaglio e prove di permeabilità in foro i cui risultati, insieme a quelli forniti da prove di emungimento effettuate nei pozzi del sito, hanno evidenziato per l'acquifero superficiale valori di conducibilità idraulica, compresi tra  $7 \cdot 10^{-4}$  m/s e  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s. Dal momento che questo studio è orientato principalmente alla caratterizzazione della dispersione idrodinamica dei radionuclidi, sono state effettuate delle prove in sito per quantificare i parametri più influenti nei dintorni dell'edificio piscina.

#### Prova con tracciante per la determinazione della velocità di flusso

E' stato scelto come tracciante il cloruro di sodio, il cui comportamento è molto prossimo a quello di un tracciante ideale, in modo da ottenere osservazioni dirette sulla velocità effettiva di falda, evitando il ritardo nel trasporto (Sogin, 2007 – NPVA0083). In SPB è stata dunque introdotta una salamoia, costituita da 50kg di NaCl disciolti in  $1 \text{ m}^3$  di acqua, mentre in SPN è stata misurata in continuo la conducibilità a diverse profondità. Dopo l'immissione, è stata misurata la conducibilità anche in SPB per stimare la velocità di allontanamento dal foro. Integrando le osservazioni sulla velocità di allontanamento del tracciante da SPB con i dati stratigrafici e con i tempi di arrivo del tracciante stesso in SPN è stato possibile dedurre quanto segue:

- Il primo livello di ghiaie riscontrato in stratigrafia (3-7 m da piano campagna) è caratterizzato da velocità effettive di circa 1.5-3.3 m/giorno, con punte di velocità massime pari a 12-23 m/giorno. I coefficienti di permeabilità calcolati per questo livello sono compresi tra  $1.4 \cdot 10^{-3}$  e  $2 \cdot 10^{-2}$  m/s. I valori più elevati di velocità e di coefficiente di permeabilità non possono essere considerati rappresentativi delle caratteristiche tipiche di questo terreno in quanto si riferiscono ad un parte minima del flusso, ma forniscono comunque un riferimento importante da considerare ai fini di stime cautelative sulle velocità di trasporto.

- Il successivo strato di sabbie (7-12 m da p.c.) mostra velocità sensibilmente più basse e pari a circa 0.5 m/giorno ( $K \approx 5 \cdot 10^{-4}$  m/s).

Nello spazio di circa 7 m che separa il piezometro di immissione da quello di misura è stato osservato un fattore di diluizione pari a circa due ordini di grandezza.

#### Determinazione sperimentale dei coefficienti di distribuzione dei radionuclidi di interesse ambientale

Il trasporto di un soluto in falda è influenzato, oltre dai meccanismi di deflusso, dai fenomeni di adsorbimento/desorbimento che sono espressi dal coefficiente di distribuzione  $K_d$ ; definito come il rapporto tra massa della sostanza nella fase solida (terreno) per unità di massa di fase solida e la sua massa nella fase liquida per unità di volume di fase liquida (Sogin, 2007 – NPVA0081). Dipendendo da numerosi fattori locali, è fondamentale che il  $K_d$  sia accuratamente determinato nell'ambiente geochimico in cui avviene il trasporto. Ad EUREX di Saluggia sono state effettuate determinazioni sperimentali dei  $K_d$  per i radionuclidi principalmente presenti nell'acqua di piscina, utilizzando come traccianti Cs-137, Sr-85 (rappresentativo di Sr-90) ed Eu-152 (rappresentativo di Am, U e Pu). I campioni di terreno, prelevati a diversa profondità in tre sondaggi del sito denominati SPJ, SPT ed E3, sono stati sottoposti anche a numerose analisi mineralogiche, sedimentologiche, chimiche e fisico-chimiche, che, insieme alle analisi dell'acqua di falda, hanno permesso di correlare i valori di  $K_d$  con le caratteristiche dell'ambiente geologico e geochimico. Si è indagato inoltre sulla rilevanza che assume il tempo di contatto tra soluzione e terreno nella determinazione dei  $K_d$ . Consapevoli del fatto che le condizioni di laboratorio in cui si effettuano la determinazione dei  $K_d$  non possono essere confrontabili con quello dei processi di migrazione nell'ambiente reale, si è cercato di verificare sperimentalmente, ad integrazione della norma tecnica di riferimento per le determinazioni dei  $K_d$ , la variazione del risultato in funzione del tempo di contatto nell'arco di un mese.

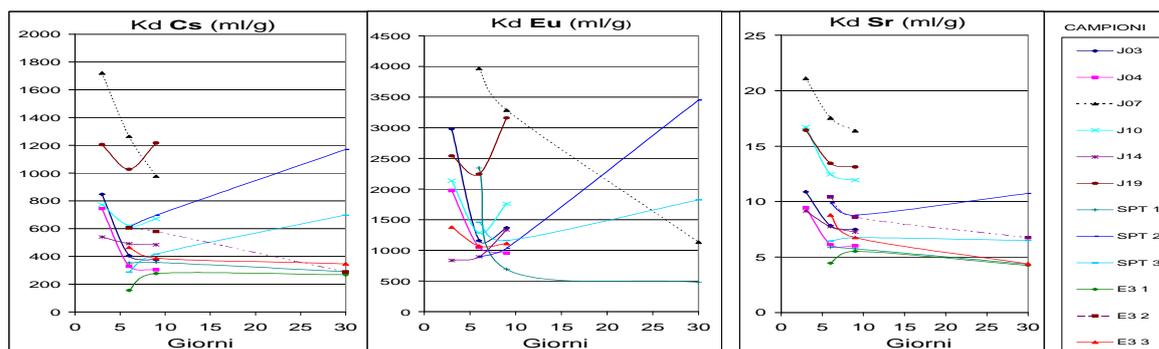


Figura 2 - Valori dei  $K_d$  per Cesio, Stronzio ed Europio a diversi tempi di contatto soluzione-terreno.

Per questo lavoro sono state effettuate circa 200 determinazioni chimiche e 220 spettrometrie gamma, eseguite dal Laboratorio della Sezione di Chimica e Radiochimica dell’Impianto Eurex di Saluggia. Una sintesi dei risultati ottenuti è illustrata in figura 2, che mostra oltre ai valori di Kd dei 3 elementi di riferimento anche le variazioni per ciascun campione in relazione al perdurare del tempo di contatto liquido-solido. Lo studio delle relazioni tra le caratteristiche geochimiche dei campioni e delle acque di falda e i Kd dei radionuclidi ha confermato la possibilità di utilizzare in particolare le variabili chimiche e sedimentologiche dei terreni (facilmente determinabili anche su territori vasti) per estrapolare in modo significativo, ai fini modellistici, i valori dei Kd in tutto il volume dell’acquifero dove si attua la migrazione. Dall’analisi dei risultati si riscontra al contrario l’impossibilità di poter considerare direttamente i dati dei Kd riportati in letteratura per una simulazione numerica significativa dei processi di migrazione in falda. Una accurata valutazione delle caratteristiche del sottosuolo dell’area di studio e la sperimentazione in sito dei Kd delle sostanze oggetto di simulazione sono indispensabili per ridurre a valori accettabili le incertezze dei risultati modellistici.

## CORRELAZIONI TRA INDAGINI RADIOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

### VARIAZIONI NEL TEMPO DELLE CONCENTRAZIONI DI Sr-90 NELLA FALDA SUPERFICIALE

Il rilievo settimanale del livello di falda in SPB ha permesso di osservare una correlazione diretta tra le oscillazioni del livello e la concentrazione di Sr-90. Questo fenomeno è stato riscontrato solo in questo piezometro (Fig. 3) e si ritiene possa essere dovuto alla prossimità alla sorgente di Sr-90: i radionuclidi provenienti dalla piscina vengono adsorbiti dal terreno sottostante l’edificio il quale viene maggiormente dilavato quando il livello della falda sale, rilasciando di conseguenza maggiori quantità di Sr-90.

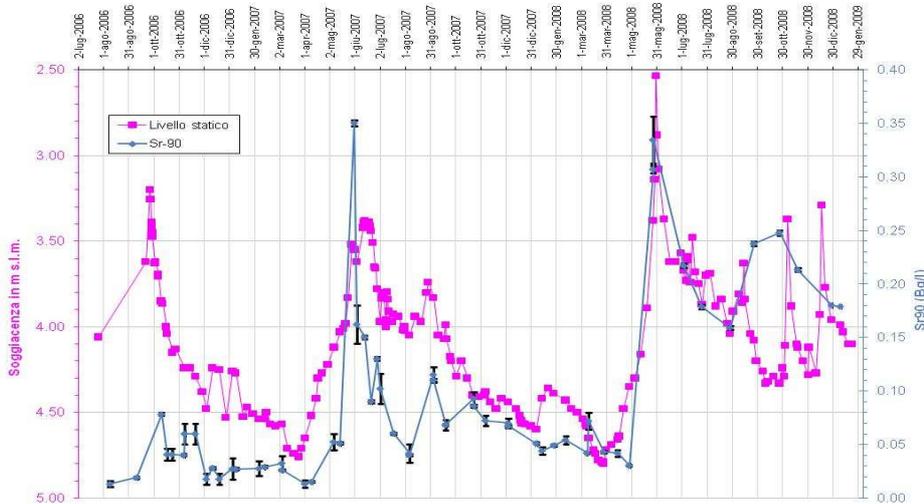


Figura 3 – Andamento del livello di falda e dell’attività di Sr-90 in SPB

### VALUTAZIONE DELLA RILEVANZA AMBIENTALE

Le concentrazioni di Sr-90 riscontrate in falda sono sempre risultate molto basse e comunque sempre inferiori al limite di rilevanza radiologica per acque potabili. In conseguenza di ciò, per la valutazione del processo di migrazione, è sorta la necessità di stabilire una soglia di “rilevanza ambientale”, ovvero di un valore di riferimento oltre il quale considerare anomale le concentrazioni rilevate. Una così ampia rete di monitoraggio ha permesso la definizione di un valore di fondo ambientale di circa 8.5E-03 Bq/l, pari cioè al valore massimo riscontrato a monte degli impianti (Fig. 4).

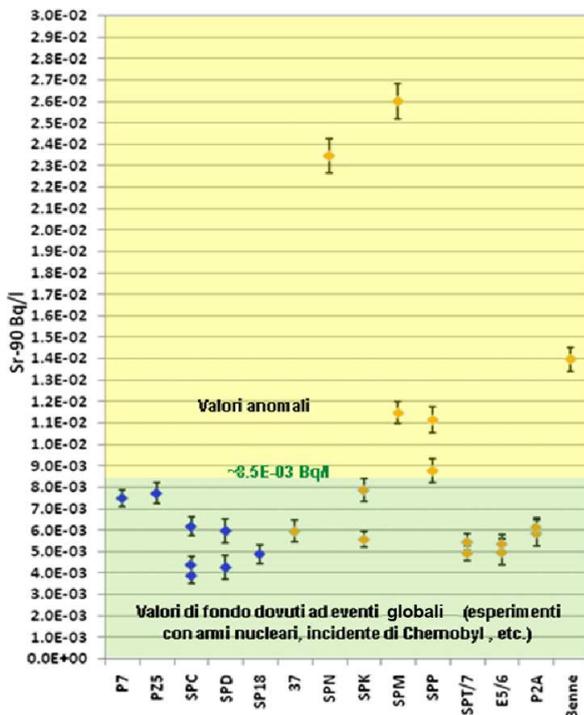


Figura 4 – Determinazione del valore di fondo di Sr-90 in falda caratteristica dell’area in studio

### Bibliografia

- Dragonero M & Bari A., *Caratterizzazione idrogeologica del territorio del Parco del Po tratto*, 2003, VC-AL (ENEA)
- G. Bortolami & A. Di Molfetta, *Studio idrogeologico del campo acquifero di Cascina Giarrea (VC) e valutazione delle aree di protezione*, 1988
- Sogin, *Caratteristiche dell’acquifero superficiale del Sito di Saluggia e Coefficienti di Distribuzione (Kd) di radionuclidi di rilevanza ambientale*, 2007, doc. NP VA 0081
- Sogin, *Prova in falda con tracciante nei pressi dell’edificio piscina*, 2007, doc. NP VA 0083