POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Studio della Vulnerabilità dell’acquifero libero superficiale nell’ambito della caratterizzazione ambientale di un sito nucleare

Original
Studio della Vulnerabilità dell’acquifero libero superficiale nell’ambito della caratterizzazione ambientale di un sito nucleare / Civita, M., DE MAIO, M., Banzato, C., Chiaravalli, F., Bunone, E.. - (2005). (CONVEGNO NAZIONALE SULLA PROTEZIONE E GESTIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE.- REGGIA DI COLORNO (PR) ITAL 21 -22 -23 SEPT. 2005).

Availability:
This version is available at: 11583/1410873 since: 2017-12-21T10:53:20Z

Publisher:
GEAM

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

16 November 2026

Studio della Vulnerabilità dell'acquifero libero superficiale nell'ambito della caratterizzazione ambientale di un sito nucleare

Civita M.[1], De Maio M.[2], Banzato C.[3], Chiaravalli F.[4], Bunone E.[4]

Riassunto

Il presente lavoro svolto in collaborazione con SOGIN (Società Gestione Impianti Nucleari) s'inquadra nell'ambito delle attività di caratterizzazione ambientale del contesto in cui è ubicato l'Impianto EUREX di Saluggia. Allo scopo di configurare il quadro ambientale territoriale di base, nell'ambito del quale sviluppare le attività di smantellamento dell'Impianto di cui sopra, si è provveduto a definire una serie di criteri, che complessivamente hanno permesso di individuare lo stato ambientale di riferimento, nel caso specifico: assetto geologico, idrogeologico e chimico, vulnerabilità intrinseca ed integrata, utilizzo del suolo.

Il Sito in questione è collocato su un acquifero libero a permeabilità matriciale in sedimenti di origine fluviale della pianura in sinistra Dora Baltea. L'intera zona, fortemente antropizzata, presenta stanziamenti industriali, estese aree destinate ad uso agricolo, cave, nonché numerosi centri abitati di modeste dimensioni ed è stata pesantemente interessata dall'evento alluvionale del novembre 1994.

[Parole chiave: caratterizzazione ambientale, vulnerabilità intrinseca, vulnerabilità integrata, centri di pericolo]

Abstract

This study was carried out in collaboration with SOGIN (Nuclear Plant Management Co.) in the frame of the research investigation programme for the environmental planning of the EUREX nuclear plant of Saluggia.

In order to define the significant environmental aspects to be considered in the decommissioning activities of the EUREX installation, a series of criteria were considered so as to identify local characteristics such as geology, hydrogeology and chemistry, intrinsic and integrated vulnerability, and land use.

The plant is located on an unconfined aquifer characterized by matrix permeability, in a riverine sediment lowland on the eastern bank of the Dora Baltea river.

The whole area is highly congested with anthropogenic activites such as industries, farms, quarries, and a number of small villages, and it has been strongly interested besides by the alluvial event of the November 1994.

[Key words: environmental characterization, intrinsic vulnerability, integrated vulnerability, point source]

[1] Professore Ordinario in Geologia Applicata - Politecnico di Torino – Responsabile della Linea di Ricerca 4 "Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi" – GNDCI - CNR

[2] Ricercatore confermato in Geologia Applicata - Politecnico di Torino – U.O.4.1. GNDCI CNR

[3] Dott. Geol. - Assegnista di ricerca - Politecnico di Torino – U.O.4.1. GNDCI CNR

[4] SOGIN – Progetto: Valutazioni Ambientali per le Centrali Nucleari e per gli Impianti del Ciclo del Combustibile

1. PREMESSA

Obiettivo dello studio è stato quello di tracciare un quadro per quanto possibile completo, della situazione geologica, idrogeologica e di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee relative al sito dell'Impianto EUREX di Saluggia. Tale quadro ha permesso di delineare la situazione di vulnerabilità delle risorse, quella attuale e, per quanto possibile, quella pregressa, ed i problemi che possono derivarne o di fatto derivano, in modo da costituire uno strumento tecnico d'indirizzo per il piano di disattivazione globale.

2. LINEE-GUIDA DELLO STUDIO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DI UN SITO NUCLEARE

L'*iter* seguito per caratterizzare dal punto di vista ambientale il sito nucleare da bonificare può essere sintetizzato secondo i seguenti punti:

1. selezione, revisione critica ed interpretazione stratigrafica e idrogeologica dei singoli dati di sottosuolo censiti e del complesso degli stessi;
2. identificazione della geometria dei complessi idrogeologici che formano il sottosuolo, in cui sono stati palesati i tratti salienti e caratterizzanti delle strutture idrogeologiche da essi formate;
3. evidenziazione dei diversi sistemi acquiferi esistenti e dei loro eventuali collegamenti idrodinamici (*interflow*);
4. evidenziazione delle eventuali condizioni ai limiti e dei rapporti con i corpi idrici superficiali e con pratiche irrigue;
5. valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento;

Entro i limiti dei dati disponibili, è stata effettuata un'identificazione dei diversi corpi acquiferi per quanto concerne:

1. il coefficiente di conducibilità idraulica e/o trasmissività ottenuti attraverso l'analisi di *test* di acquifero o/e dell'elaborazione dei dati di portata specifica disponibili, punto per punto;
2. le portate di esercizio e dei volumi medi annui di eduzione;
3. la qualità di base delle acque sotterranee, classificate sulla base della metodologia messa a punto e collaudata in ambito GNDCI-CNR.

Le informazioni raccolte, le più complete ed esaustive possibili, sono state organizzate e trattate per ottenere una serie elaborati finali e cioè:

1. le caratteristiche del sottosuolo, sia dal punto di vista geologico, sia idrogeologico,
2. i dati idrometrici e idrografici, riguardanti non solo i corsi d'acqua naturali, ma anche i canali artificiali
3. le serie storiche riguardanti i livelli piezometrici,
4. le relazioni tra afflussi e deflussi,
5. i dati geochimici,
6. la tipologia del suolo,
7. i parametri idrogeologici degli acquiferi.

É stato immediatamente compresa l'importanza delle caratteristiche idrogeologiche della zona, ai fini di identificare le eventuali criticità, funzione dell'obiettivo del lavoro. Basilare, quindi l'aver rinvenuto informazioni quali le serie storiche dei dati idrogeologici necessari per una valutazione del processo di ricarica/discarica dei diversi acquiferi, nonché le serie storiche esistenti e quelle rilevate nel corso dello studio, relative ai dati di altezza piezometrica e soggiacenza.

I punti idonei sono risultati essere piezometri, tratti di corsi d'acqua, canali artificiali e laghi di cava facilmente raggiungibili, dove è stato rilevato il reale livello idrico. Sono stati ugualmente utili i pozzi ad uso irriguo, domestico, potabile e industriale, misurati in assenza di pompaggio durante la campagna di misure perché le soggiacenze misurate non siano state falsate dai eventuali emungimenti.

Una volta verificata sul terreno la reale idoneità di ogni punto di misura, si è proceduto al posizionamento degli stessi, mediante GPS (ricevitore palmare TRIBLE Geo-Exploer 3). Alle misure sono state applicate delle correzioni differenziali: s'è calcolata la differenza di posizione rispetto ad un secondo ricevitore "base", in contemporanea acquisizione di posizione e quota eliminando, dunque, errori comuni spazialmente correlati.

Per la caratterizzazione dell'acquifero libero, è stato necessario, oltre ai dati piezometrici e alle

caratteristiche degli acquiferi sulla base dalle informazioni raccolte, determinare le caratteristiche idrochimiche delle acque.

Sono state utilizzate complessivamente 115 stratigrafie, distinte in:

- 5 pozzetti esplorativi, di ridotta profondità, ma utili, per la dettagliata descrizione della parte più superficiale dei complessi più giovani;
- 23 sondaggi geognostici, con descrizioni riguardanti una profondità variabile tra 10 m e 50 m, i quali, come i pozzetti esplorativi hanno fornito una chiara descrizione dei litotipi incontrati;
- 87 stratigrafie relative a pozzi di profondità estremamente variabile.

Il materiale raccolto e i dati misurati hanno così permesso di realizzare i seguenti documenti che descrivono compiutamente ogni situazione attuale e permettono di stilare il piano di monitoraggio:

- Carta dei complessi idrogeologici
- Carta di isospessore dei complessi ospitanti l'acquifero libero
- Carta di isoprofondità dell'acquifero libero
- Profili idrogeologici
- Carta del campo di moto dell'acquifero libero
- Carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero libero
- Carta dei principali centri di pericolo
- Carta di uso del suolo

3. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E GEOLOGICA

Il territorio in oggetto occupa una piccola porzione di pianura piemontese, a cavallo tra le Province di Torino e Vercelli, digradante verso sud, compresa tra l'anfiteatro morenico di Ivrea a N e la collina di Chivasso-Casale a S (Fig. 1). Tale settore è attraversato dai fiumi Po e Dora Baltea, il secondo dei quali, fluendo dai rilievi dell'anfiteatro morenico di Ivrea con un andamento fortemente meandriforme, acquista complessivamente un andamento N-S, fino a sfociare nel Po. Il Fiume Po, invece, scorre con un andamento disposto circa W-E, in un tratto di pianura ricco di lanche o bracci secondari del fiume stesso, ed alcune piccole sorgenti.

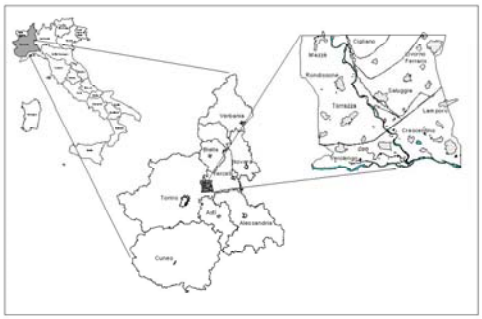

Figura 1: Ubicazione dell'area in esame – *(Figure 1:Area location)*

Nel settore orientale si trovano una serie di fontanili, mentre più a W, alcune piccole sorgenti bordano il terrazzo lungo il Fiume Dora Baltea.

Numerosi canali attraversano il territorio tra i quali, il Canale Cavour, il Naviglio di Ivrea, il Canale del Rotto, il Canale Depretis e numerose rogge e canali minori. Sono numerosi anche i laghetti di cava, soprattutto nella zona più meridionale dell'area in oggetto, nonché le aree di cava attive o dimesse.

Buona parte del territorio presenta in superficie depositi di tipo fluviale e in minima parte sedimenti più fini di origine lacustre, mentre, in profondità, si possono riconoscere sedimenti di ambienti di transizione e marini.

In base a rilevamenti di terreno e ai dati contenuti nelle numerose stratigrafie sono stati quindi riconosciuti i seguenti complessi, riassunti in tabella 1 e illustrati in Figura 2.

Tabella 1: Descrizione dei complessi idrogeologici riconosciuti– *(Table 1: Hydrogeologic complex description)*

Complesso idrogeologico *(Hydrogeologic complex)*	**Descrizione del complesso** *(Complex description)*	**Potenza (m)** *(Thickness -m)*	**Permeabilità (m/s)** *(Permeability– m/s)*	**Note** *(Notes)*
Complesso alluvionale recente *(Recent alluvial Complex)*	sabbie e ghiaie di origine fluviale con scarsa o nulla alterazione. Rare lenti argillose. *(fluvial sand and gravel alteration. Little clay)*	circa 10 m *(~ 10 m)*	prevalentemente dell'ordine di 1E-03 m/s *(mainly of the order of 1E-03 m/s)*	ospita l'acquifero libero. Bassi valori di soggiacenza *(complex contains the water table aquifer. Low values of depth goundwater)*
Complesso alluvionale principale *(Main alluvial Complex)*	ghiaie e sabbie di origine fluviale e fluvio-glaciale, alternate a livelli di argilla *(fluvial and fluvial-glacial sand and gravel, with little clay)*	da 10 m a oltre 70 m *(10 - 70 m thick)*	variabile tra valori dell'ordine di 1E-03 e 1E-05 m/s. *(variable between 1E-03 e 1E-05 m/s)*	ospita l'acquifero libero e l'acquifero sospeso. Soggiacenze estremamente variabili. *(containing a water table aquifer and a leaky aquifer. Water table depth highly variable)*
Complesso sabbioso-argilloso *(Sandy-Clayey Complex)*	argille sabbiose di origine lacustre *(lacustrine sandy clay)*	da 5 m a 10 m *(5 - 10 m thick)*	qualche metro *(a few meters)*	estremamente limitato. Non è sede di acquifero. Costituisce la base dell'acquifero sospeso *(very limited aquiclude. Bottom of the leaky)*
Complesso delle alternanze *(Alternated layers complex)*	alternanze di ghiaie, sabbie e limi *(alternation of gravel, sand and silt)*	da 10 m a 150 m. In alcuni punti risulta inesistente *(10 - 150 m thick)*	nei livelli più grossolani dell'ordine di 1E-04 *(of the order of 1E-04 in coarser levels)*	ospita l'acquifero multifalda *(containing interconnected aquifers)*
Complesso sabbioso-limoso *(Sandy-Silty Complex)*	limi e sabbie di origine marina e costiera *(marine and onshore silt and sand)*	non nota *(unknown)*	molto bassa (stimata) *(very low – estimated)*	porzione inferiore della sequenza riconosciuta *(lower part of the sequence)*

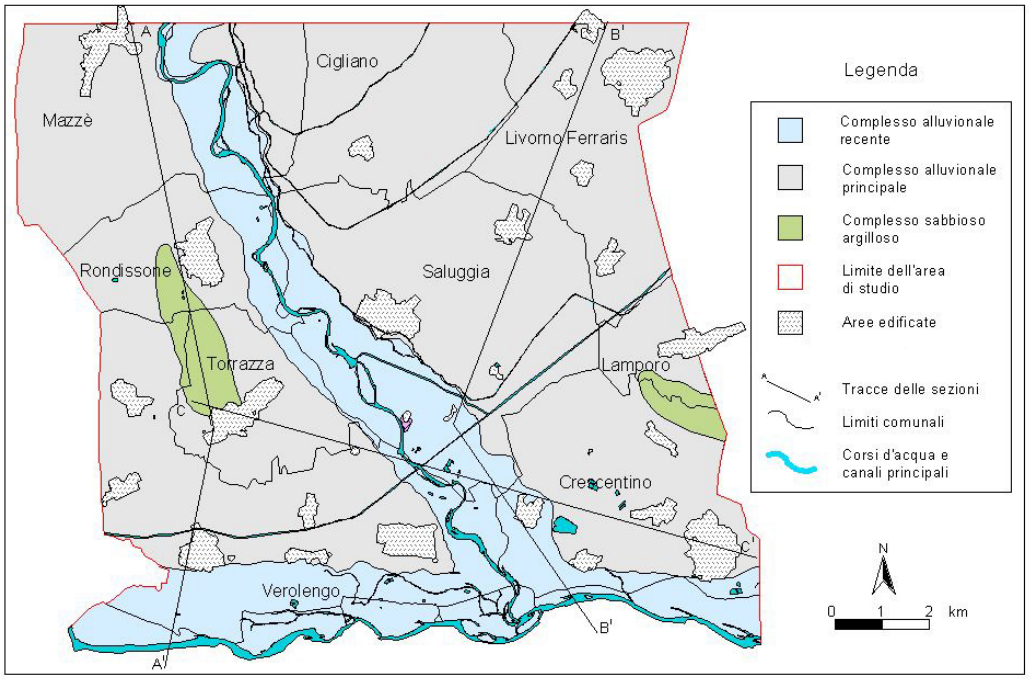

Figura 2: Carta dei complessi idrogeologici – Figure 2: - *(Figure 2: Hydrogeologic complex Map)*

4. ASSETTO IDROGEOLOGICO

In seguito alla definizione dei complessi idrogeologici e ai dati raccolti e misurati è stato possibile distinguere 3 acquiferi:

- acquifero sospeso
- acquifero libero.
- acquifero profondo

L'acquifero profondo è stato differenziato solamente in base ai dati bibliografici, dai quali si è ricavata la presenza di un multifalda in pressione, ospitato nei livelli a granulometria maggiore dei depositi plio-pleistocenici.

L'acquifero sospeso è presente solamente nel settore nord-occidentale dell'area in esame (in destra idrografica del Fiume Dora Baltea) ed è delimitato verso il basso dal Complesso sabbioso-argilloso. Tale acquifero presenta soggiacenze alquanto limitate e una serie di sorgenti (verso E) che ne limitano l'estensione verso il basso.

L'acquifero libero è stato studiato e descritto in modo più dettagliato in quanto per esso è stata determinata la vulnerabilità intrinseca. Occupa l'intera pianura esaminata ed è ospitato all'interno dei complessi alluvionale principale e alluvionale recente. Lo spessore d'insieme dei 2 complessi varia tra circa 10 m in prossimità del Po e circa 80 m verso NE.

4.1 Acquifero libero

Il campo di moto dell'acquifero libero (Fig. 3) ha messo in luce una certa regolarità nell'andamento delle isopiezometriche. L'equidistanza, infatti, risulta pressoché costante con piccole differenze in prossimità dei fiumi Po e Dora Baltea e in corrispondenza degli spartiacque sotterranei riconosciuti. Il gradiente piezometrico risulta, conseguentemente, abbastanza regolare, in quanto i valori più frequenti si aggirano tra 0.2% e 0.3%, escludendo le zone in prossimità degli spartiacque sotterranei e degli assi di drenaggio.

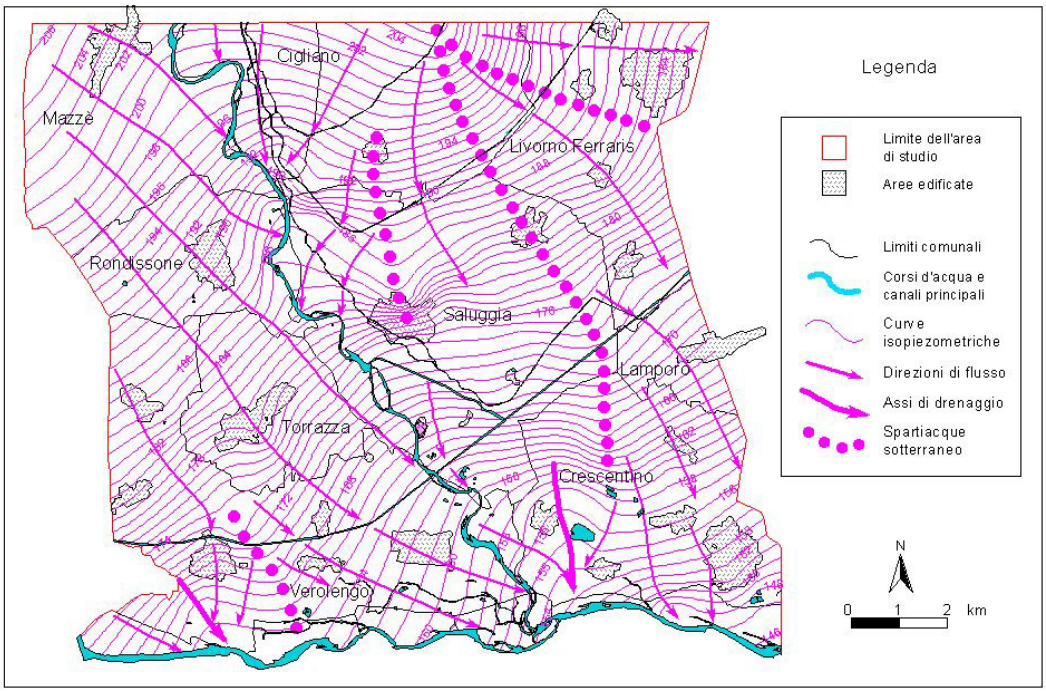

Figura 3: Carta del campo di moto dell'acquifero libero – *(Figure 3: Water table aquifer Map)*

In generale, si riconosce un'azione drenante sia da parte della Dora Baltea, sia del Po, il quale costituisce il livello di base locale. Mentre la Dora nel settore centrale mostra un'azione drenante più marcata, lungo il resto del suo percorso, questo effetto risulta meno evidente. Verso N, l'effetto meno pronunciato del drenaggio può essere dovuto alle ampie anse del fiume stesso che forzatamente allargano la curvatura delle isopiezometriche. Verso S, invece, l'acquifero comincia a risentire anche dell'effetto drenante del Po, per cui le curve isopiezometriche si dispongono circa perpendicolarmente al corso della Dora, denotando una condizione di equilibrio tra Dora e acquifero o, comunque, con una leggera concavità rivolta verso valle - flusso.

Le linee di flusso sono tendenzialmente dirette verso SE, anche se locali distorsioni verso S o verso E sono state debitamente connotate. Solamente nel settore sud-occidentale si possono osservare linee di flusso nettamente divergenti tra loro a causa di un spartiacque sotterraneo mobile di scarsa estensione.

Le soggiacenze variano da settore a settore: nel settore nord-occidentale e centro-occidentale, se si esclude l'acquifero sospeso, le soggiacenze diminuiscono progressivamente spostandosi verso S, fino ad arrivare a valori di pochi metri in prossimità del Po. Anche lungo la Dora (sia in destra, sia in sinistra idrografica) le soggiacenze sono limitate a 1-2 m. Nel settore più orientale dell'area d'interesse, in fine, una serie di fontanili, denota la presenza di soggiacenze da scarse a nulle (0÷3 m).

I fiumi Po e Dora Baltea hanno un effetto drenante nei confronti dell'acquifero libero, se si esclude il settore meridionale dove la Dora è in equilibrio con l'acquifero, ma non è escluso che in periodi di piena possano alimentare lo stesso acquifero.

Il monitoraggio dei livelli piezometrici evidenzia un ciclo annuale disturbato sensibilmente da piogge particolarmente intense (Fig. 4). Tale andamento vede una risalita abbastanza lenta (poco più di 2 m) nell'arco di 4÷5 mesi, ma una risposta abbastanza veloce alle piogge intense: è evidente la relazione di alimentazione dell'acquifero da parte delle piogge. Una parziale alimentazione dell'acquifero da parte di alcuni canali o di parti di essi è possibile ma non effettivamente provata. Solo alcuni settori evidenziano un forte

sfruttamento dell'acquifero libero da parte di pozzi ad uso industriale o idropotabile, come accade nella zona di confluenza tra Dora Baltea e Po, in sinistra idrografica della Dora.

Durante eventi precipitativi estremi, alcune parti dell'area studiata sono soggette ad alluvionamento per esondazione o/e per affioramento della superficie piezometrica dell'acquifero soggiacente. Tali parti sono state individuate in riva sinistra del Po e alla confluenza della Dora Baltea nel Po.

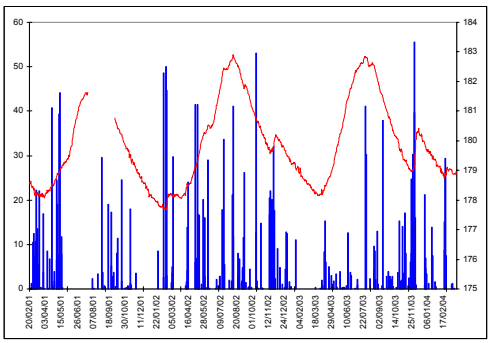

Figura 4: Relazioni tra livelli piezometrici e precipitazioni – *(Correlation of water levels and precipitations)*

4. VULNERABILITÀ INTRINSECA DELL'ACQUIFERO LIBERO

Sulla base dell'interpretazione globale dei dati di suolo e sottosuolo (descrizione dell'assetto geologico e idrogeologico) e delle misure di soggiacenza, infiltrazione, caratteristiche della porzione non satura dell'acquifero, tipologia di copertura, caratteristiche della porzione satura dell'acquifero, conducibilità idraulica ricavata e acclività della superficie topografica, è stata ricavata la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero libero, tramite la metodologia SINTACS R5 (Civita & De Maio, 2000).

La vulnerabilità intrinseca (Fig. 5) è da estremamente elevata ed elevata su tutta l'area. I fattori che concorrono a queste valutazioni sono i ridotti valori di soggiacenza, gli alti punteggi relativi ai parametri infiltrazione e non saturo, la mancanza quasi totale del suolo, la superficie topografica relativamente pianeggiante. È il fattore soggiacenze,soprattutto, che fa diminuire il valore assoluto del grado di vulnerabilità, portandolo ad elevato o alto, anche se quest'ultimo è presente solo in piccole porzioni dell'area in esame.

Dove il suolo raggiunge spessori maggiori e la soggiacenza è abbastanza elevata, la vulnerabilità è media. L'area esaminata è caratterizzata, infatti, da una morfologia sostanzialmente pianeggiante. Il sottosuolo è formato prevalentemente da sedimenti grossolani a permeabilità medio-alta, il suolo manca quasi totalmente, per cui le zone a media vulnerabilità sono decisamente limitate.

Gli impatti sono generalmente alti a causa della presenza di vaste aree coltivate (prevalentemente a mais) e di numerosi centri abitati (anche se di piccole dimensioni). Le aree a impatto normale sono invece limitate alle zone adiacenti i corsi d'acqua e a piccoli settori non coltivati o in cui si pratica a coltivazione di piante di vario genere.

L'Impianto EUREX, ubicato a ridosso del Fiume Dora Baltea e quindi in corrispondenza di sedimenti grossolani (ghiaie e sabbie) con scarsa o nulla alterazione, con permeabilità medio-alta, dove il suolo è assente, dove l'acquifero libero presenta bassi valori di soggiacenza, è collocato all'interno di un'area a vulnerabilità intrinseca estremamente elevata.

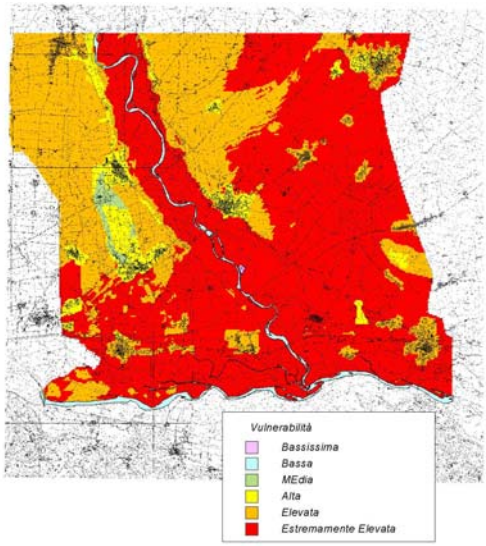

Figura 5: Carta della Vulnerabilità intrinseca – *(Vulnerability Map)*

6. VULNERABILITÀ INTEGRATA E USO DEL SUOLO

Una volta determinata la vulnerabilità intrinseca della zona, assume una certa importanza rilevare la presenza di centri di pericolo (CDP) di fonti diffuse di pericolo (FDP), di soggetti a rischio (SAR), di trasmissori e riduttori d'inquinamento, per completare la descrizione della situazione ambientale attuale dell'area d'interesse.

Le industrie e le aree produttive con attività artigianali sono per lo più posizionate nei pressi dei centri abitati. Sono tutte collegate al sistema fognario o hanno un sistema di depurazione degli scarichi proprio, eccetto un'industria di prodotti ovicoli. I centri più impattanti sono costituiti dalle grosse attività industriali presenti sul territorio, quali un'industria metallurgica, una ditta per la lavorazione del rame, alcune fornaci, una fabbrica di materiali plastici.

Nell'area di studio sono presenti tre metanodotti che rifornisco i centri abitati e due oleodotti che nonostante siano presenti su estensioni limitate, possono produrre un impatto notevole vista la tipologia di materiale trasportato.

Anche le fognature, nonché le vasche utilizzate per la decantazione dei solidi sospesi e per il trattamento biologico, sono soggette a perdite. Sono stati, quindi, indicati i principali collettori di rete fognaria, nonché le borgate prive di tale servizio. Sono inoltre presenti undici impianti di depurazione delle acque reflue urbane posizionati nei pressi dei centri abitati.

Il potenziale inquinante prodotto dagli allevamenti dipende dalle sostanze contenute nelle deiezioni, tra cui, in primo luogo, i nitrati veicolati nel sottosuolo. Nell'area sono presenti tutte le tipologie di allevamento, per lo più site in cascine fuori dai centri abitati; la maggior parte consiste in allevamenti di bovini (63%), seguono gli allevamenti avicoli (17%) e di suini (14%) e infine allevamenti di ovini (6%).

Sono presenti, inoltre, sul territorio due siti di sversamento di liquidi tossici (già bonificati) e un sito bonificato in cui è ancora presente un *container* contenente allumina, nonché tre depositi di prodotti chimici e altri materiali ad uso agricolo.

Sono stati censiti i principali soggetti ad inquinamento, quali pozzi, sorgenti e reti d'acquedotti (opera di captazione, tubazioni di rete, serbatoi, aree di salvaguardia ecc.). Ogni Comune ha un acquedotto che copre sia le zone più densamente abitate sia le cascine sparse. Sono presenti pozzi di captazione a scopo idropotabile nelle vicinanze dei principali centri urbani. E' inoltre presente il campo pozzi presso Cascina Diarrea, nel territorio del Comune di Saluggia, che rifornisce numerosi Comuni limitrofi e del Monferrato (Acquedotto del Monferrato). Le maggiori industrie possiedono uno o più pozzi, mentre la maggior parte delle cascine è collegata all'acquedotto e ne utilizza l'acqua anche per l'allevamento. I pozzi a scopo agricolo sono poco numerosi, poiché l'irrigazione avviene principalmente a scorrimento ed è legata ai numerosi canali presenti nella zona.

Complessivamente, le aree urbane coprono circa il 6% dell'area in esame.

Il posizionamento dei siti potenzialmente inquinanti ha chiarito la relazione tra le caratteristiche intrinseche dell'acquifero e un eventuale situazione inquinante. La maggior parte dei centri di pericolo censiti, sia puntuali che diffusi, ricadono all'interno di aree con vulnerabilità estremamente elevata, come la maggior parte delle cave, sia attive che ritombate.

In una situazione di non indifferente impatto antropico sulle risorse idriche sotterranee (confermata dai risultati delle analisi chimiche), dovuta sia alle pratiche agricole sia a fenomeni puntuali di inquinamento da attività industriali e da smaltimento non controllato di rifiuti, eventuali ulteriori fonti di inquinamento non possono fare altro che peggiorare la già precaria situazione attuale.

Oltre ai dati puntuali relativi ai centri di pericolo (CDP e FDP) e ai soggetti a rischio (SAR), informazioni fondamentali per la caratterizzazione ambientale di quest'area derivano dall'utilizzo del suolo. Le informazioni di partenza ricavate da cartografie ufficiali sono state ampiamente riviste e corrette grazie al lavoro di terreno, che ha portato alle seguenti conclusioni.

Buona parte dell'area in oggetto, di complessivi 168 km^2, è interessata da coltivazioni di diverso genere (circa 110 km^2). Il

tipo di coltivazione che ricopre un'area di maggiore estensione (poco meno di 100 km^2), corrisponde al mais, mentre il grano occupa piccolissime porzioni. Nel settore più orientale dell'area in esame si trova un settore interessato da risaie (quasi 10 km^2).

I centri abitati occupano piccole aree (la maggiore corrisponde a circa 1,7 km^2) all'interno della più estesa area soggetta a coltivazione.

Per quanto le loro estensioni estremamente variabili, e la maggior parte di esse sia molto piccola, le cave occupano una porzione importante del territorio analizzato (oltre il chilometro quadrato). Alcune di esse sono inattive, mentre altre attive, tanto che, nel corso di qualche mese la loro geometria è cambiata notevolmente. Per omogeneità del dato, sono state rappresentate le caratteristiche relative al periodo estivo-autunnale del 2004, ma sopraluoghi più recenti hanno evidenziato notevoli cambiamenti.

Le cave censite sono 47, delle quali 14 in attività, 22 abbandonate e 11 ritombate. Le cave in attività e abbandonate coprono circa il 2% dell'area di studio. L'attività estrattiva è legata alla produzione di sabbie e ghiaie, oltre ad alcune cave di argilla. Le cave più estese sono legate ai cantieri di costruzione della linea dell'alta velocità Torino-Milano.

Nel territorio studiato sono presenti tre discariche regolari di seconda categoria tipo A e due di seconda categoria tipo B.

Il resto dell'area corrisponde a zone caratterizzate prevalentemente dal letto ordinario dei fiumi o da pioppeti, mentre le aree adibite ad arbusti, prati permanenti e latifoglie miste ne occupano una piccola parte.

7. CONCLUSIONI

Le relazioni esistenti tra tutti i fattori rilevati, elaborati e riportati nelle Carte tematiche evidenziano come buona parte della zona in esame sia caratterizzata da un'elevata vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, mentre limitati settori mostrino una vulnerabilità minore.

La presenza di diversi centri di pericolo, nonché di vaste aree coltivate a grano, riso, ma prevalentemente a mais, fa si che la zona in oggetto sia soggetta a numerose possibili fonti di inquinamento puntuali o diffuse.

L'Impianto EUREX di Saluggia, per la posizione che occupa, si trova in una zona altamente vulnerabile e in una situazione di forte degrado ambientale già esistente.

I risultati dello studio condotto costituiscono base informativa essenziale per lo svolgimento di eventuali attività di monitoraggio ambientale che potranno essere sviluppate nel corso delle future operazioni di *decommissioning.*

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1969) – *Carta Geologica d'Italia, Foglio 57 - Vercelli.* Servizio Geologico Nazionale. Scala 1:100.000

AA.VV. (2003) – *Carta Geologica d'Italia, Foglio 157 Trino.* APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici – Dipartimento Difesa del Suolo. Scala 1:100.000

AA.VV. (1972) – *Acque dolci sotterranee*. Inventario dei dati raccolti dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia. ENI

AA.VV. (1982) – *La capacità di uso dei suoli in Piemonte ai fini agricoli e forestali.* Regione Piemonte – IPLA (Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente). 290 pp., 3 tavv.

AA.VV. (1984) - *Rapporto per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Piemonte Area PO1*. ENEL Ente Nazionale per l'Energia Elettrica – Direzione delle Costruzioni

AA.VV. (2000) – *Infrastrutture del servizio idrico in Piemonte*. *Situazione attuale e prospettive future*. Regione Piemonte – Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche. Torino.

AA.VV. (2002) – *Le acque sotterranee della Provincia di Torino. Carta della base dell'acquifero superficiale e Note illustrative*. Provincia di Torino

BORTOLAMI G., CAMPOBASSO S., DELL'ORTO A., DI MOLFETTA A. (1989) – *Il campo acquifero di Cascina Giarrea (VC): valutazione delle aree di protezione*. Acque sotterranee n. 21

CIVITA M. (1990) – *Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei*. G.N.D.C.I. – C.N.R., n. 276; 13 pp.

CIVITA M. (1994) – *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica*. Pitagora Editrice, Bologna

CIVITA M. (1995) – *Sul rischio di inquinamento delle risorse idriche sotterranee*. Atti II Conv. Naz. "Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi". Nonantola (Modena), 4. 17 pp.

CIVITA M. (1998) – *Un codice numerico per la valutazione della conducibilità idraulica da dati di portata specifica dei pozzi: il programma* Q_{SPEC}. U.O. 4.1. GNDCI-CNR (inedito)

CIVITA M., DE MAIO M. (1997) – *SINTACS – Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all''nquinamento. Metodologia & Automatizzazione*. Pitagora Editrice, Bologna

M. CIVITA, M. DE MAIO, B. VIGNA (1999) – *Una metodologia GIS per la valutazione della ricarica attiva degli acquiferi.* Atti 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle acque sotterranee III Millennio. Vol. 1, pp. 1.291-1.303. Pubbl. n°2001 del GNDCI-CNR.

CIVITA M., DE MAIO M. (1998) – *Il "rischio composto" e il "rischio derivato" dall'impatto delle catastrofi naturali sulle acque sotterranee destinate al consumo umano*. Atti della Giornata Mondiale dell'Acqua "Acque sotterranee risorse invisibili" 23 maggio 1998. Pubblicazione CNR-GNDCI n. 1955. Roma

M. CIVITA, M. DE MAIO (2000) - *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico. SINTACS R5 a new parametric system for the assessment and automatic mapping of groundwater vulnerability to contamination.* Pitagora Editrice, Bologna pp.240. Pubbl. n° 2200 del GNDCI-CNR.

CIVITA M., DE MAIO M. (2000) – *Valutazione e cartografia tematica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5*. Pitagora Editrice, Bologna

CIVITA M., DE MAIO M., FARINA M., ZAVATTI A. (2001) – *Linee-guida per la redazione e l'uso delle Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. Manuali e linee-guida dell'ANPA (APAT), 4/2001, 99 pp., 1 CD-ROM.

CIVITA M., DE MAIO M. (editori) (2002) – *Atlante delle Carte di vulnerabilità delle Regioni italiane*. DBMAP, Firenze, 369 pp.

VIGNA B. (1996) – *Il contributo dell'analisi sedimentologica nella valutazione della vulnerabilità degli acquiferi*. Atti II Conv. Naz. "Protezione e gestione delle Acque sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi". Nonantola (Modena), 4; 13 pp.