

# Una piattaforma software di supporto decisionale per la gestione e l'analisi di grandi dataset ambientali

di Raffaele Battaglini, Valerio Noti, Brunella Raco, Alessandro Salvadori

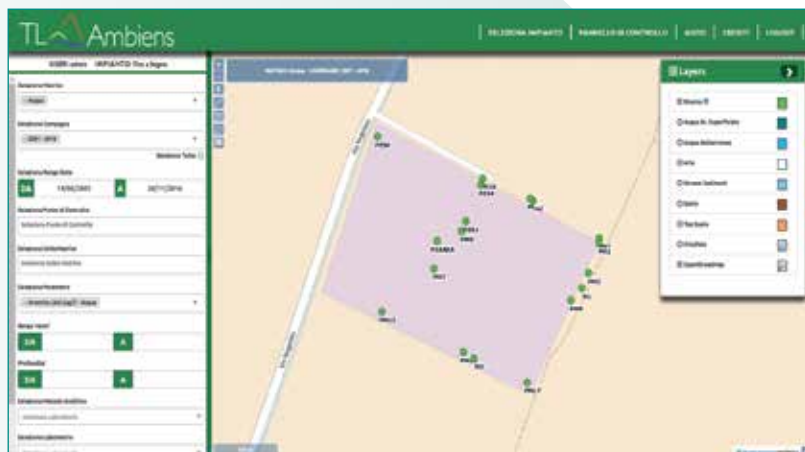


Fig. 1 - Interfaccia di TL-Ambiens con la rete di monitoraggio delle acque sotterranee della discarica "Tiro a Segno" (Cascina, PI).

sono spesso risultati carenti poiché affrontati dai diversi operatori ed enti attraverso archivi cartacei o elettronici, questi ultimi di solito privi di funzionalità evolute di ricerca e analisi.

Per risolvere queste problematiche è stata realizzata una piattaforma software (denominata TL-Ambiens), specificamente progettata per l'archiviazione dinamica di grandi moli di dati multitemporali.

Composta da un segmento geografico (webGIS) e da un'interfaccia dotata di specifiche funzionalità di ricerca e analisi statistica, TL-Ambiens consente l'archiviazione dei dati analitici in modo da poter essere filtrati, interrogati, diagrammati e rappresentati su base cartografica oltre alla produzione di elaborati grafici e di specifica reportistica. La piattaforma è stata utilizzata con successo sulla rete di monitoraggio della discarica per rifiuti speciali del "Tiro a Segno" (Cascina – PI; Fig. 1), risultando di fondamentale importanza come strumento di supporto decisionale nella soluzione di rilevanti problematiche ambientali.

La discarica oggetto del case history di seguito illustrato è gestita dalla Società Ecofor Service SpA, che utilizza TL-Ambiens per l'analisi dei dati raccolti sulle diverse matrici ambientali presso tutti i suoi impianti.

**TL-Ambiens è una piattaforma software geografica per l'archiviazione e l'analisi di grandi dataset ambientali. Il suo utilizzo sulla rete di monitoraggio di una discarica per rifiuti speciali ha permesso di ottimizzare la gestione dei dati analitici ed è risultato di fondamentale importanza come strumento di supporto decisionale nella soluzione di rilevanti problematiche ambientali.**

Dall'entrata in vigore del Dlgs 152/2006 il monitoraggio ambientale è entrato a far parte a pieno titolo nella organizzazione di qualsiasi attività produttiva che comporti potenziali ricadute sulle diverse matrici ambientali (acqua, suolo, aria). Il decreto demanda infatti il monitoraggio ai titolari delle attività che sono obbligati a predisporre piani di controllo analitici periodici i cui

esiti devono essere comunicati agli Enti di controllo. All'attività di monitoraggio di routine del gestore si somma quella più sporadica di campionamento e analisi in contenzioso messa in atto dagli stessi Enti. L'insieme di queste attività di monitoraggio, spesso eseguite su molti punti di controllo, con cadenze variabili (da uno a qualche mese), comportano negli anni la produzione di grandi moli di dati analitici; questi ultimi possono presentare importanti variabilità sia intrinseche per la natura delle matrici analizzate (variabilità chimica spaziale e temporale) sia introdotte involontariamente dal cambiamento delle metodologie analitiche (ad es. cambio dei limiti di detezione), delle tecniche di campionamento ed altro. Tali variabili naturali o di metodo devono essere tenute ben presenti per poter individuare prontamente ed efficacemente i mutamenti indotti nel sistema naturale da eventuali contaminazioni provocate dall'attività antropica. L'utilizzo e l'interpretazione dei dataset prodotti dai monitoraggi



dei parametri idrogeologici dei diversi orizzonti e degli esiti dei test di cessione realizzati sui sedimenti campionati a varie profondità, oltre a tutte le ulteriori informazioni richieste dall'Ente di controllo al Gestore dell'impianto per le matrici ambientali coinvolte.

La piattaforma dispone di un pannello di controllo amministrativo all'interno del quale è possibile archiviare i dati di monitoraggio mediante la semplice importazione di fogli elettronici o tabelle di database standardizzati. Il gestore ha infatti chiesto ai vari laboratori di analisi di fornire i dati secondo template prestabiliti. In questo modo, l'attività di popolamento è risultata estremamente semplificata consentendo anche la verifica automatica di qualità dei nuovi dati analitici (es. verifica di elettroneutralità con segnalazione testuale e grafica di eventuali non conformità, difformità dai dati pregressi, ecc..). Il pannello di



Fig. 4 - Rappresentazione spaziale dei valori medi delle concentrazioni di As (in µg/L) registrati nel periodo 2001-2016. In legenda sono indicati gli intervalli di concentrazione (Range) e il numero di punti di controllo ricadenti in ciascun intervallo (N).

controllo permette inoltre l'aggiornamento degli elenchi di matrici, sottomatrici, campagne, punti di controllo, parametri, laboratori e metodi analitici per ogni singolo impianto gestito (Fig. 3).

**Problematica ambientale: l'origine delle anomalie di arsenico**

Le acque sotterranee intercettate dalla rete di monitoraggio della discarica presentano una notevole variabilità composizionale con

una prevalenza di facies clorurato-alcaline e bicarbonato - alcalino terrose. La maggior parte dei campioni mostra composizioni compatibili con meccanismi di mixing tra questi due *end member* composizionali, la cui origine può essere ricondotta, rispettivamente, alla dissoluzione di salgemma da parte di acque meteoriche infiltratesi localmente e caratterizzate da circolazioni molto lente e alla dissoluzione di minerali carbonatici. Sono inoltre presenti acque solfato calciche originatesi probabilmente per dissoluzione di minerali quali gesso e anidrite, rinvenuti sia in forma dispersa che cristallina nei sedimenti locali. La marcata variabilità spaziale delle acque testimonia, in accordo con le evidenze stratigrafiche e idrogeologiche, la mancanza di interconnessione tra gli orizzonti più permeabili presenti all'interno dei depositi lagunari (probabili canali di laguna).

In questo contesto geochemico e idrogeologico, è stata riscontrata la presenza di elevate

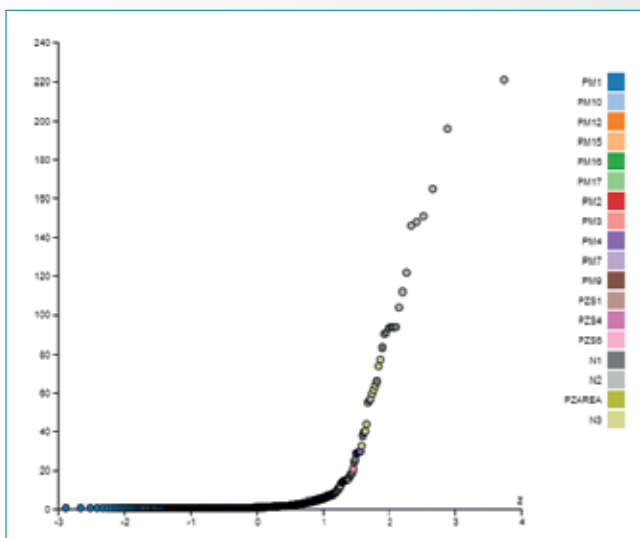
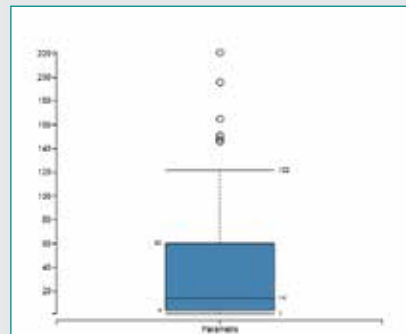
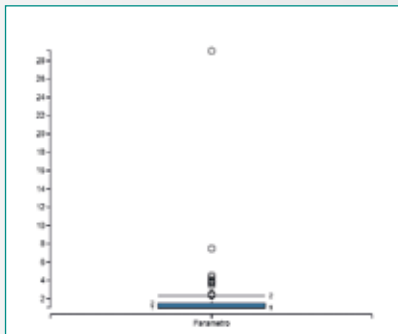
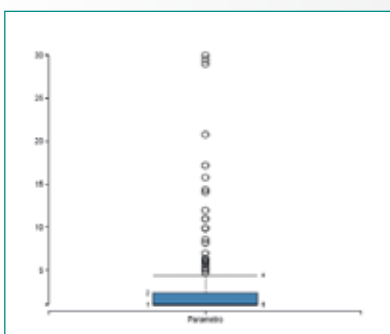


Fig. 5 - QQ-plot (in alto; concentrazioni sulle ordinate in µg/L, Z score sulle ascisse) e box-plot As categorizzati sulle profondità (a sinistra 5-8 m; al centro 12-15 m; a destra 30-33 m; valori sulle ordinate in µg/L).



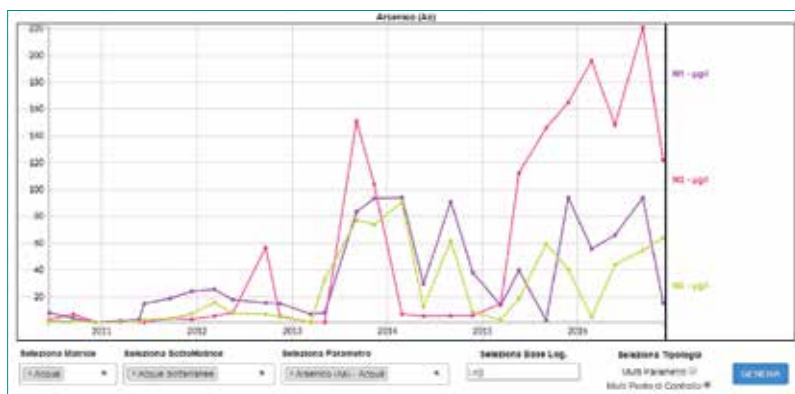


Fig. 6 - Finestra di generazione dei cronogrammi con l'evoluzione temporale delle concentrazioni di As (in  $\mu\text{g/L}$ ) rilevate nelle acque campionate dai piezometri N1, N2 e N3.

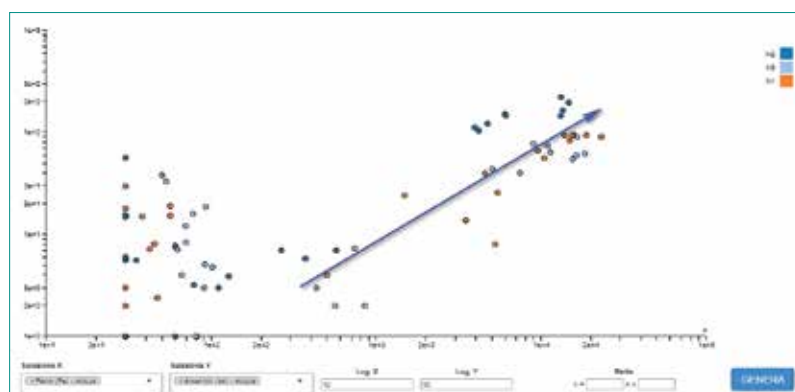


Fig. 7 - Finestra di generazione degli scatterplot. Diagramma As vs Fe in scala logaritmica (valori in  $\mu\text{g/L}$ ) per le acque campionate dai piezometri N1, N2 e N3.

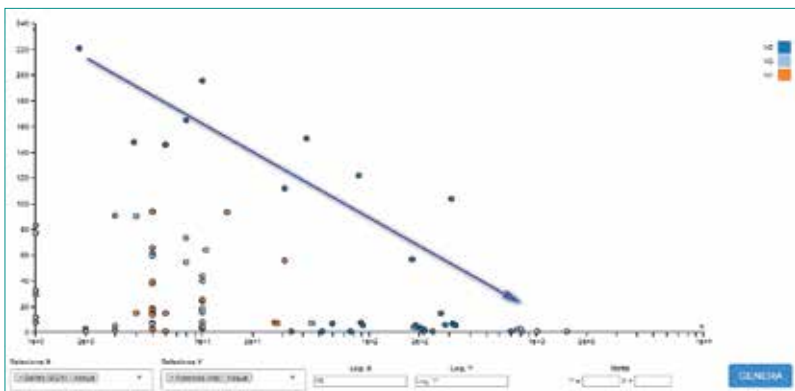


Fig. 8 - Diagramma semilogaritmico As ( $\mu\text{g/L}$ ) vs  $\text{SO}_4$  (mg/L) per le acque campionate dai piezometri N1, N2 e N3.

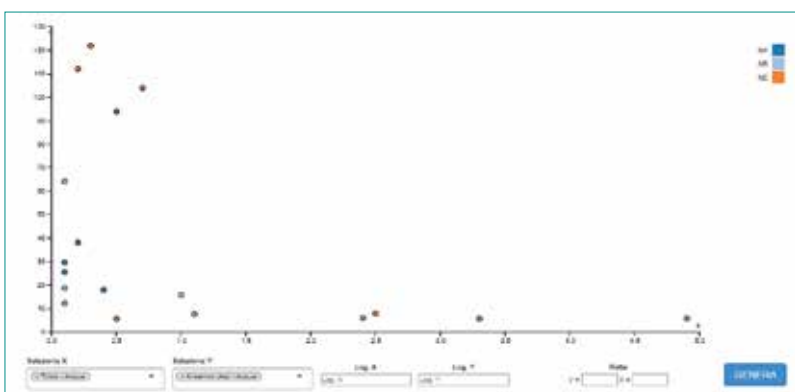


Fig. 9 - Diagramma di correlazione As ( $\mu\text{g/L}$ ) vs Trizio (U.T.) per le acque campionate dai piezometri N1, N2 e N3.

concentrazioni di As (fino a  $220 \mu\text{g/L}$ ). Il rinvenimento di queste anomale concentrazioni di arsenico ha comportato, da parte dell'Ente di controllo, la prescrizione per l'avvio di una procedura di indagini supplementari volte a stabilire se quanto rilevato fosse da correlare alla presenza di contaminazioni da percolato o ad altre cause antropiche o naturali.

La possibilità di avere a disposizione una piattaforma software in cui i dati fossero archiviati e informatizzati e al cui interno fossero disponibili strumenti di analisi grafica e numerici, ha enormemente diminuito i tempi di elaborazione e facilitato la comprensione dei fenomeni in atto. Nella maggior parte dei casi, infatti, i dati di monitoraggio sono archiviati sotto forma di certificati analitici cartacei o pdf o, nel migliore dei casi, su fogli elettronici di varia struttura più o meno adatta ad eseguire ricerche ed elaborazioni dei dati. In questi casi la sola razionalizzazione delle informazioni implica un ingente dispendio di energie e di tempo paragonabile, o superiore, a quello necessario per l'analisi dei dati, con il rischio ulteriore di introduzione di errori di trascrizione e di perdita di informazioni.

Attraverso TL-Ambiens i dati sono stati mappati e diagrammati per indagare la distribuzione spaziale delle anomalie di arsenico, per individuare la presenza di trend temporali e per evidenziare correlazioni della specie di interesse con altri parametri chimici e isotopici. In particolare il software permette di tematizzare sull'interfaccia webGIS le concentrazioni dei vari parametri suddivisi in intervalli graduati e di eseguire varie tipologie di diagrammi (es. cronogrammi, istogrammi, scatterplot, QQ-Plot, Box-Plot, ecc.).

La rappresentazione spaziale della concentrazione di As (Fig. 4) e la costruzione dei box plot categorizzati (Fig. 5) ha indicato che le concentrazioni più elevate erano costantemente rinvenute

nei piezometri di profondità intermedia (30 m da p.c.) i cui sondaggi avevano evidenziato la presenza di orizzonti torbosi, ossia livelli per i quali è nota la possibilità di innesco di processi di rilascio di As e di altri metalli, quali Mn e Fe, in ambienti riducenti (Shaefer et al., 2017; Dousova et al., 2012 e loro riferimenti).

L'effettiva presenza di citati meccanismi di riduzione della materia organica quali responsabili dell'arricchimento in As delle acque sotterranee può essere verificata analizzando i rapporti tra questa specie e altri elementi in traccia che subiscono lo stesso meccanismo genetico, fra tutti il Fe. Come evidenziato dal diagramma As vs Fe (Fig. 7) i due analiti mostrano effettivamente una correlazione positiva che supporta l'ipotesi che le elevate concentrazioni delle due specie sia effettivamente da attribuire ad una origine naturale. Anche l'osservazione dei rapporti As – SO<sub>4</sub> (Fig. 8) corrobora questa ipotesi: infatti, all'aumentare della concentrazione di solfato, dunque all'instaurarsi di condizioni più ossidanti, corrisponde una riduzione dei contenuti in As. Per eliminare ogni dubbio circa la possibilità di un contributo legato alla discarica è stata verificata la presenza di eventuali correlazioni tra l'arsenico e il principale tracciante del percolato, il trizio (Tazioli et al., 2002; Fuganti et al., 2003; Doveri et al., 2008; Raco et al., 2013). Come è possibile osservare in figura 9 pur non essendo stati prodotti dati isotopici relativi ai campioni dove è stata riscontrata la maggiore concentrazione di As, è evidente

come ai valori più elevati di quest'ultimo corrispondano i valori minori di trizio. Questa indicazione esclude chiaramente che esistano contributi alla concentrazione di As legati alla presenza di processi di interazione tra reflui di discarica e acque sotterranee.

### Conclusioni

La possibilità, da parte del gestore dell'impianto, di avere a disposizione, una piattaforma di archiviazione, interrogazione e analisi di grandi masse di dati chimici e non, ha consentito di affrontare e risolvere una questione complessa in tempi rapidi.

Il principale vantaggio di uno strumento del genere consiste nel rendere facilmente e immediatamente disponibile l'intero storico dei dati di monitoraggio realizzati sulle varie matrici ambientali, archiviati in un unico database omogeneo e aggiornato. Questa conoscenza e disponibilità di dati e strumenti per la loro analisi, con la possibilità di settare soglie di attenzione su vari parametri e punti di controllo, fornisce un efficace mezzo di gestione dei dati ambientali che non dipendono più dalla memoria del tecnico preposto, ma diventano parte essenziale del know-how aziendale.

### Ringraziamenti

Si ringrazia la società Ecofor Service SpA, in particolare l'Ing. Alessandro Salvadori e i suoi preziosi colleghi, per la disponibilità e lo spirito collaborativo.

### PAROLE CHIAVE

GIS; WEBGIS; TL-AMBIENS; MONITORAGGIO AMBIENTALE; DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS); ANALISI STATISTICA; DATASET AMBIENTALI; OTTIMIZZAZIONE GESTIONE DATI

### ABSTRACT

TL-Ambiens is a geographical software platform for storing and analyzing large environmental data sets. Its use on the monitoring network of a landfill for special waste has made it possible to optimize the management of analytical data and was of fundamental importance as a tool to support decision-making in the solution of significant environmental problems.

### AUTORE

RAFFAELE BATTAGLINI  
R.BATTAGLINI@TERRELOGICHE.COM  
VALERIO NOTI  
VALERIO.NOTI@TERRELOGICHE.COM  
TERRELOGICHE

BRUNELLA RACO, B.RACO@IGG.CNR.IT  
CNR-IGG, ISTITUTO DI GEOSCIENZE E GEORISORSE DI PISA

ALESSANDRO SALVADORI  
ECOFOR SERVICE SpA

## Eppur... si muove?



Photo: designed by Evening\_tao - Freepik.com

## Interferometro radar da terra

Monitoraggio in tempo reale di deformazioni, movimenti e vibrazioni fino a una distanza di 4 chilometri.

Con precisione di 0,01 millimetri

- > monitoraggio frane, ponti e cavalcavia
- > prove di carico
- > deformazioni dighe e strutture
- > analisi modale
- > monitoraggio vibrazioni



METASENSING

### FastGB SAR: SAR and RAR

Uno strumento, due modalità.



FastGB SAR  
Synthetic Aperture Radar

### FastGB RAR

Real Aperture Radar



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra

ph. +39 02 4830.2175 [www.codevintec.it](http://www.codevintec.it)

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

INTEGRAZIONE DI SISTEMI

TRACKING SYSTEM

TERMOCAMERE

LASER SCANNER

FOTO 360

UAV

LA CERTEZZA DELLA SOLUZIONE

ASSISTENZA, VENDITA, NOLEGGIO, CORSI, INTEGRAZIONE

**3D TARGET**

WWW.3DTARGET.IT INFO@3DTARGET.IT  
CENTRALINO +39 0200614452

BRESCIA TORINO MILANO VERONA UDINE BOLOGNA PISA ROMA PESCARA SALERNO MESSINA CAGLIARI