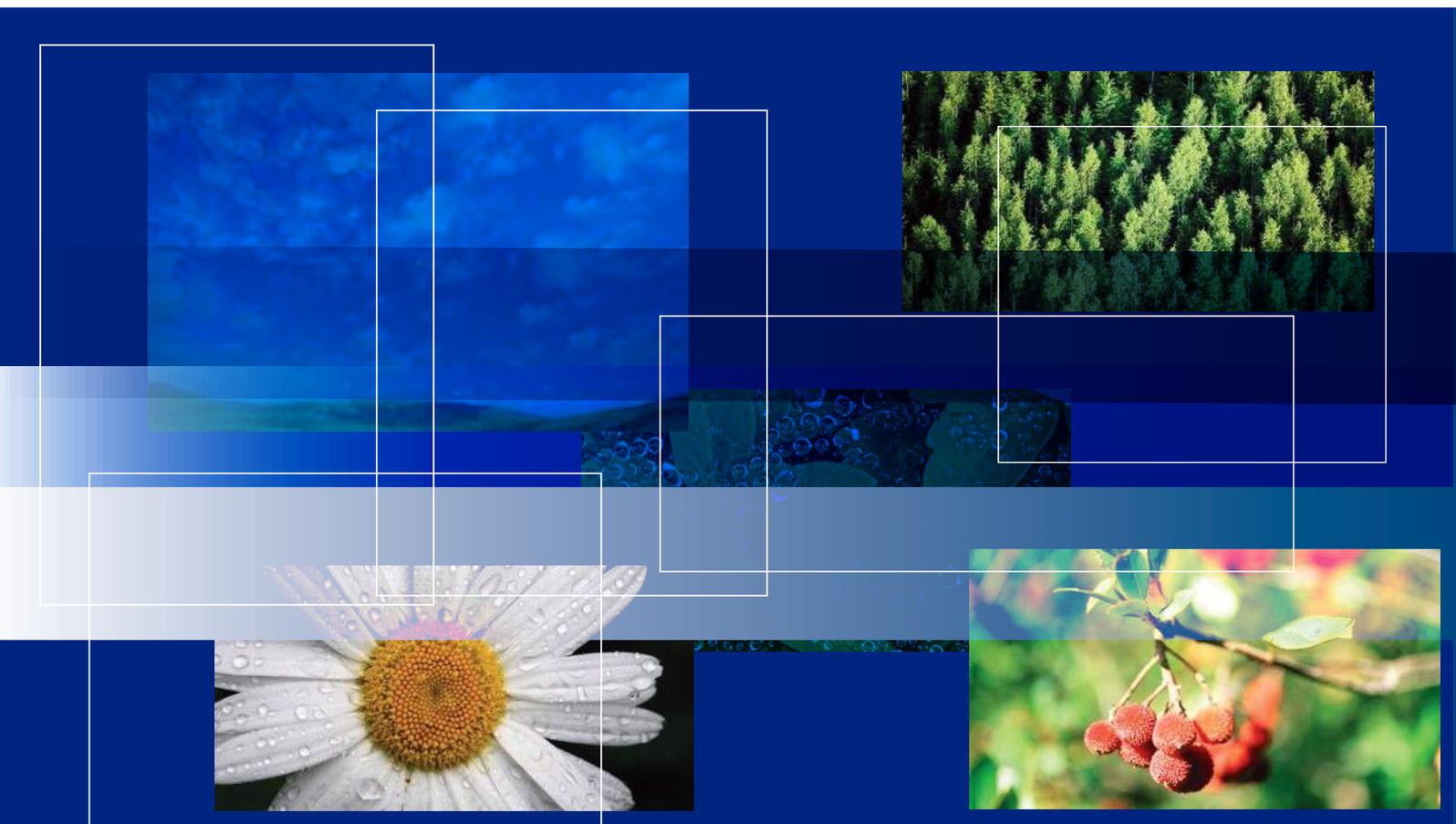


BEA **iL**bolLettino

DEGLI ESPERTI AMBIENTALI

Rivista di ricerca applicata alla conoscenza e alla gestione del territorio e degli ecosistemi



anno **69**
2018/**1**

Organo Ufficiale
della Unione Italiana
degli Esperti Ambientali
www.unideaweb.it



ERNESTO CORRADETTI ^(*),
 AGOSTINO POLI ⁽²⁾,
 GIANLUCA LELII ⁽²⁾,
 FILIPPO OLIVIERI ⁽²⁾,
 CRISTIANO PIOppi ⁽²⁾,
 RICCARDO COCCIA ⁽²⁾,
 LUCA BUONFIGLI ⁽²⁾

⁽¹⁾ già ARPA Marche -
 Dipartimento di Ascoli Piceno
⁽²⁾ CIA LAB s.r.l. - Ascoli Piceno

^(*) ernestocorradetti@gmail.com

Circa la presenza di nichel nell'acqua dei pozzi spia della discarica "Relluce" di Ascoli Piceno

Riassunto - Partendo dai dati dell'analisi geologica, geomorfologica e idrogeologica a suo tempo prodotti nella progettazione della discarica di Rifiuti Solidi Urbani (RSU) in località Relluce (Ascoli P), è stato svolto un monitoraggio chimico e chimico fisico delle acque sotterranee presenti a monte e a valle della discarica. Questo lavoro è stato eseguito al fine di accertare se il nichel ivi riscontrato al di sopra dei limiti di legge fosse riconducibile a rilasci di percolato.

Allo scopo si è fatto uso di diagrammi per associare la composizione chimica delle acque sotterranee alle caratteristiche geologiche del terreno su cui poggia la discarica. Nello studio è stata individuata l'ammoniaca quale unico indicatore delle interazioni tra percolato e acque sotterranee.

Utilizzando tale specie chimica è stato possibile confermare che la presenza del nichel nelle acque dei pozzi spia è di origine naturale e non antropica.

Parole chiave: nichel, pozzi spia, acque sotterranee, discarica RSU

Regarding the presence of nickel in the water of "checking wells" in the landfill of "Relluce" Ascoli Piceno.

Summary - Starting from the geological, geomorphological and hydrogeological data analysis collected at the time, during the planning of the landfill of municipal solid waste (MSW) located in Relluce (AP), a chemical and physical-chemical monitoring of the groundwaters formed atop and below the landfill was carried out. This work was made in order to state if the presence of nickel over the low limits would be linked to releases of leachate.

For this purpose, diagrams were used to associate the chemical composition of the groundwater to the geological features of the ground on to which the landfill is.

In this work ammonia has been identified as the only indicator of interaction between leachate and groundwater.

Using this chemical species it was possible to confirm that the presence of nickel in the waters of the spy wells is of natural and not anthropogenic origin.

Keywords: nickel, spy wells, groundwaters, municipal solid waste (MSW)

PREMESSA

Nella discarica di Rifiuti Solidi Urbani (RSU) situata in località Relluce di Ascoli Piceno venivano conferiti i rifiuti urbani dei comuni della vallata del Tronto per un quantitativo di circa 155 tonnellate giorno.

La discarica, costituita da n. 5 vasche, è stata attiva dal 1992 al 2015, attualmente è soggetta al monitoraggio ambientale post-mortem.

A tutela dell'ambiente e della salute pubblica, il monitoraggio di sorveglianza prevede, tra le altre cose, anche il controllo della qualità delle acque dei piezometri posti a monte e a valle, in senso idrogeologico, e del percolato proveniente dalle vasche di abbancamento rifiuti che compongono la discarica stessa. Controllo sistematicamente svolto sia dagli enti istituzionali preposti (ARPAM), sia dal laboratorio di fiducia del gestore della discarica (C.I.A.LAB) Laboratorio Consulenza Indagini Ambientali.

Ed è proprio a seguito della rilevazione di tenori di nichel al di sopra dei valori limite di legge che è scattata, da parte del gestore della discarica, la necessità di verificare l'esistenza di rilasci di percolato dalle vasche di abbancamento.

È partita immediatamente l'indagine, prendendo visione delle analisi geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito della discarica, effettuando ricerche bibliografiche specifiche sulla presenza del nichel nei terreni, utilizzando i dati analitici pregressi del monitoraggio di sorveglianza, nonché effettuando nuovi prelievi e determinazioni di parametri chimici e chimico-fisici utili alla caratterizzazione dell'acqua dei piezometri e del percolato proveniente dalla varie vasche di abbancamento rifiuti.

ANALISI GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO DELLA DISCARICA [1]

La formazione di base dell'area dove

è collocata la discarica è costituita da una sequenza pelitica di argille marnose grigie-azzurre del Pliocene Medio Superiore.

In particolare il substrato è costituito da argille siltoso-marnose grigie azzurre aventi permeabilità idraulica pressoché nulla, mentre la copertura, avente spessore che varia da 2 a 8 metri, è costituita da depositi detritici argillosi, sabbiosi e limosi intercalati da pezzame eterometrico di natura calcarea e arenacea.

Anche il terreno di copertura per la sua natura argillosa o limoso argillosa mostra valori di permeabilità molto bassi non compatibili con rilevanti circolazioni idriche nel sottosuolo. La relazione idrogeologica parla della presenza di piccoli acquiferi sospesi, temporanei, confinati da depositi limoso argillosi in una sorta di acquiclude. Tali acquiferi sospesi o manifestazioni di deflusso preferenziale all'interno di piccoli livelli detritici grossolani maggiormente permeabili, si trovano nella coltre di copertura al di sopra dell'orizzonte impermeabile pelitico e risultano essere alimentati esclusivamente da precipitazioni meteoriche, soprattutto intense e prolungate.

Si esclude, quindi, la presenza di una falda freatica vera e propria con caratteristiche intrinseche di trasmissività e portata.

I piezometri di valle si trovano ai piedi delle rispettive vasche di abbancamento rifiuti e sono separati da argini o sbarramenti costituiti da argilla in posto o argilla e cemento.

FONTI NATURALI DEL NICHEL NEI TERRENI

In ambito universitario e più precisamente della ricerca applicata, è elevato l'interesse a svelare le cause degli alti valori di concentrazione di cromo e nichel (Cr e Ni) riscontrati nel suolo rispetto ai valori guida della normativa italiana ed europea.

È assodato che il contenuto naturale di un metallo nel suolo riflette la

composizione chimica della roccia madre che ha subito processi di degradazione fisica, chimica e biologica e che hanno portato, a loro volta, alla formazione di substrato pedogenetico nel quale si è imposto il suolo [2].

Il nichel, grazie al suo carattere siderofilo, risulta spesso associato al ferro. Il nucleo della Terra è costituito da ferro e nichel per cui le rocce ignee o magmatiche sono ricche di tali elementi. Il nichel, tuttavia, è presente anche in rocce sedimentarie, come le argilliti e le evaporiti, in concentrazione intorno ai 70 mg/kg. Le prime si formano dalla deposizione di particelle di dimensioni inferiori a 3,9 μm (componente terrigena), le seconde dalla deposizione sul fondo di sali o altri composti chimici per effetto della evaporazione dell'acqua lacustre o marina (componente ortochimica). Nel caso di acque marine, è chiaro che i sedimenti sono ricchi di solfato di calcio o gesso, solfato di magnesio, di carbonato di calcio e di cloruro di sodio [2]. Quindi, il nichel è presente in rocce sedimentarie e si trova maggiormente arricchito in minerali argillosi, nei silicati ferro magnesiaci (minerali femici) [2].

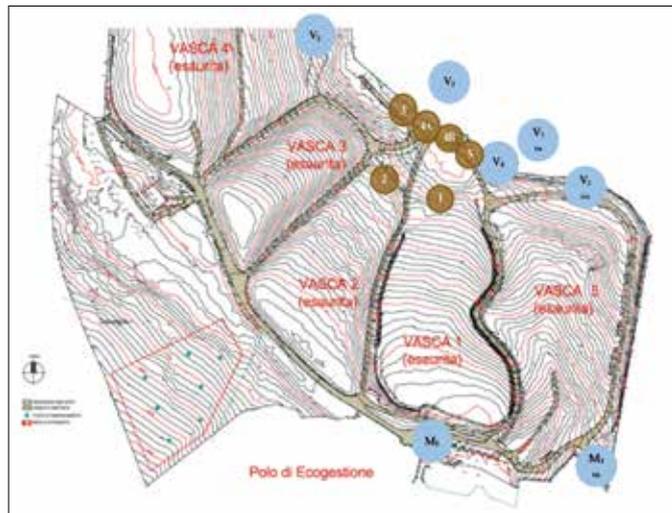
Il nichel per le sue dimensioni atomiche può sostituire sia il magnesio che il ferro nei rispettivi silicati e la sua abbondanza è spesso correlata a quella del Mg. Anche il litio esercita tale funzione vicariante nei reticoli dei silicati.

Negli orizzonti superficiali del suolo si trova fissato nella sostanza organica a formare chelati facilmente solubili. I chelati mobilizzano il nichel e limitano l'adsorbimento sui siti di scambio cationico delle argille [3].

PARTE SPERIMENTALE

Sono stati effettuati campionamenti di acque di falda dai piezometri esistenti e di percolato dalle corrispondenti vasche di accumulo. I dati ottenuti sono stati confrontati ed elaborati con quelli pregressi (anni 2014 e 2015) ottenuti nell'ambito

Fig. 1 Mappa della discarica con indicazione, delle curve di livello, dei piezometri di monte (M_1, M_{1bis}) di valle ($V_2, V_{2bis}, V_3, V_{3bis}, V_4$) e delle vasche di raccolta del percolato (1, 2, 3, 4A, 4B, 5).



della campagna di controllo ambientale ai sensi della vigente normativa.

I campioni sono stati prelevati nei seguenti punti:

Tab. A Punti di prelievo acqua piezometri

M_1, M_{1bis}	a monte della discarica
V_2	a valle della vasca 4
V_{2bis}	a valle della vasca 5
V_3	a valle della vasca 3
V_{3bis}	a valle delle vasche 1, 2 e 5
V_4	a valle della vasca 1 e 2

Punti di prelievo percolato a valle delle vasche: 1, 2, 3, 4A, 4B, 5

Tab. B Parametri determinati nelle acque dei piezometri e nel percolato della discarica

livello freatico	sodio	cloruri	ferro
temperatura	potassio	solfati	manganese
pH	litio	nitrati	zinco
ossidabilità	ione ammonio	bicarbonati	arsenico
conducibilità	calcio		cromo
solidi disciolti	magnesio		stronzio
COD			nichel
BOD ₅			rame
			cadmio
			piombo

ESPOSIZIONE DEI RISULTATI E DISCUSSIONE

Al fine di agevolare la lettura e l'interpretazione dei dati, si preferisce presentarli per singolo parametro, tramite diagrammi aventi il medesimo fondo scala sulle ordinate e il tempo sulle ascisse, in modo da rendere immediata la visione della loro abbondanza relativa e del loro andamento temporale, distinguendo, ovviamente, le acque dei piezometri posizionati a monte della discarica, da quelle dei piezometri a valle. Inoltre, per semplificare l'esposizione si riportano, per singolo diagramma, i dati relativi alle acque prelevate in tre piezometri su sette monitorati, e precisamente il piezometro M_1 , posto a monte, e i piezometri V_4 e V_3 , posti a valle della discarica. La scelta di questi due ultimi piezometri è stata effettuata in modo tale da presentare nei diagrammi valori di concentrazione dei vari parametri rappresentativi della popolazione di dati ottenuti.

Caratterizzazione chimica e chimico-fisica delle acque prelevate dai piezometri

Nel periodo che va da 11.03.2014 al 06.04.2016 sono stati effettuate 6 o 7 campionamenti nei vari piezometri. I risultati sono mostrati nei diagrammi della Fig. 2.

Le acque dei piezometri a valle della discarica sono molto più salate di quelle a monte e i sali sono, in ordine decrescente di abbondanza, i solfati, i cloruri e i bicarbonati.

L'andamento della conducibilità presenta delle oscillazioni sensibili, alcune con trend positivo, altre negative.

L'andamento temporale delle concentrazioni dei cloruri nelle acque dei piezometri di monte è pressoché costante, mentre nelle acque a valle presenta un trend a diminuire.

Nei piezometri di valle l'acqua arriva a contenerne anche 1000 mg/L di magnesio.

È del tutto lecito pensare che tali differenze di composizione dipendano sia dalla diversa composizione del terreno che dai tempi di contatto del terreno stesso con l'acqua.

I piezometri di valle hanno livelli freatici caratterizzati da sensibili oscillazioni di cui alcune sono sincrone e opposte. È evidente che la situazione riscontrata è incompatibile con la presenza di un acquifero sotterraneo continuo e persistente, ossia di un acquifero che alimenta e unisce tutti i piezometri presenti a valle della discarica.

È esplicativo constatare che nell'acqua del piezometro M_1 la concentrazione media di nichel riscontrata è di 20 µg/L, contro la concentrazione media di 49 µg/L riscontrata a valle nel piezometro V_4 , ciò scongiura l'interpretazione che il nichel possa provenire dal percolato della discarica. Prende sempre più consistenza l'ipotesi che il nichel riscontrato nell'acqua dei piezometri a monte e a valle della discarica, sia contenuto naturalmente nel terreno e che venga rilasciato all'acqua con cui viene a contatto insieme alle altre sostanze solubili che caratterizzano il terreno stesso.

Il nichel è presente anche nell'acqua di tutti gli altri piezometri in concentrazione compresa tra 5 µg/L e 43 µg/L.

Caratterizzazione dell'acquifero

Al fine di supportare ulteriormente che il nichel è presente naturalmente nel terreno dove è collocata la discarica e, nel contempo, scongiurare interazioni in atto tra percolato e acqua di falda, sono stati meglio caratterizzati gli acquiferi di monte e di valle allargando la rosa delle determinazioni ad altre specie chimiche ritenute significative.

Si è fatto ricorso ad un modello ideato da D'Amore [4] il quale applica sei nuovi parametri (A; B; C; D; E e F) per distinguere il chimismo delle acque sotterranee, in base alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dei principali tipi di acquiferi. In pratica non si fa altro che

Fig. 2. valori di concentrazione dei vari parametri riscontrati, dal 2014 al 2016, nell'acqua del piezometro M₁ a monte e dei piezometri V₃ e V₄ a valle del corpo della discarica.

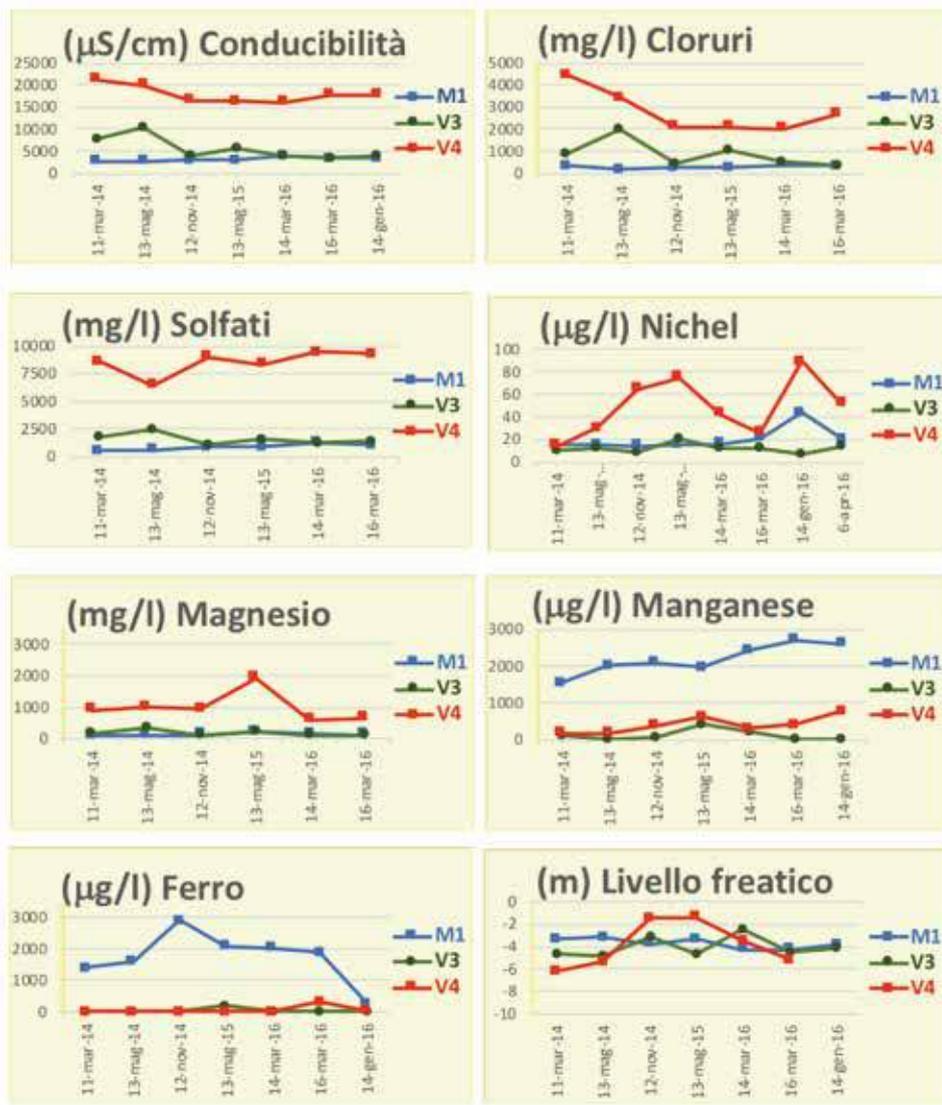
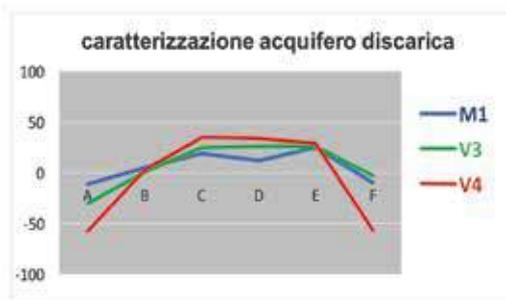


Fig. 3 Diagramma rettangolare relativo all'acquifero presente nel sito della discarica di Relluce

associare le caratteristiche geologiche del terreno a quelle di composizione chimica delle acque sotterranee.

Applicando tale metodo per caratterizzare il chimismo degli acquiferi monitorati, sia a monte della discarica che a valle, si ha il seguente diagramma:



Esaminando il grafico di Fig. 3, si rivela che il chimismo delle acque nei piezometri a monte presenta un grafico che sostanzialmente è sovrapponibile a quelli delle acque a valle, ovvero entrambe le acque sono a contatto con la stessa tipologia di roccia.

Da un'analisi dettagliata effettuata secondo D'Amore, si desume che:

- i parametri B ed E sono positivi per la presenza di solfati che scaturiscono da rocce evaporitiche;
- il parametro D è positivo indicando un apprezzabile contenuto di sodio cloruro derivante, anche questo, da rocce evaporitiche,
- i parametri C e D sono positivi e riconducibili al contatto con rocce marnose ricche di sodio bicarbonato.

Il chimismo degli acquiferi in esame scaturisce dal contatto dell'acqua con sedimenti argillosi marnosi frammisti a sedimenti evaporitici. È stato già detto che gli acquiferi non comunicano tra loro e sono da considerare come acquicludi con basamento di substrato impermeabile. Da quanto finora emerso è possibile ipotizzare che la diversa composizione macroscopica delle specie ioniche che caratterizzano le acque dei vari piezometri è da attribuire al contatto dell'acqua con terreni a diversa composizione percentuale di substrato impermeabile. Supposto che il substrato impermeabile abbia composizione pressoché omogenea nei suoi componenti base, considerata anche la ridotta estensione dell'area, si pensa che gli elementi di eterogeneità siano stati apportati alla coltre di copertura (orizzonte superiore al substrato) tramite il terreno di riporto per la costruzione del terrapieno di delimitazione e contenimento delle vasche di abbancamento rifiuti. Non può escludersi che il terreno di riporto non contenga una percentuale più o meno consistente di substrato impermeabile distribuito alle diverse quote dall'attuale piano campagna.

L'acqua piovana di infiltrazione viene a contatto intimo con tale materiale e per

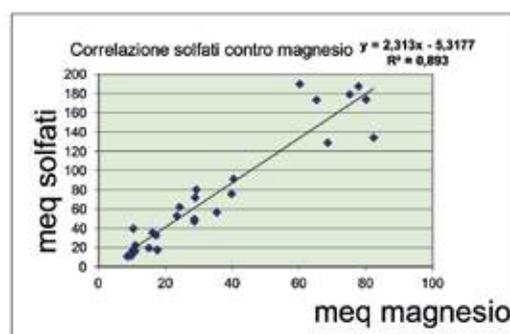
tempi prolungati dando origine alla diversa composizione macroscopica che caratterizza l'acqua di ciascun piezometro.

Ad avvalorare tale ipotesi si rammenta che il tenore del cloruro di sodio presente nell'acqua a valle presenta un trend negativo e molto probabilmente col passare del tempo la sua concentrazione si abbasserà ulteriormente fino a raggiungere quella rilevata a monte.

Ulteriore conferma di quanto appena esposto si ha verificando che le varie specie chimiche presenti in concentrazioni diverse nell'acqua dei vari piezometri siano correlate tra loro, ossia appartengano ad una retta avente un significativo coefficiente di correlazione. A scopo esemplificativo, l'acqua del piezometro M₄ che contiene un tenore elevato di solfati deve avere anche un tenore elevato di magnesio se il terreno con cui viene in contatto è ricco di solfato di magnesio. Viceversa, l'acqua del piezometro V₃, che ha un contenuto relativamente basso di solfati, deve avere anche un contenuto proporzionalmente basso di magnesio.

La retta di correlazione di Fig. 4 si riferisce appunto al tenore dei solfati contro quello del magnesio riscontrati nelle acque di tutti i piezometri a monte e a valle della discarica.

Fig. 4 Diagramma a dispersione tra i valori di concentrazione dei solfati contro quelli del magnesio riscontrati nelle acque di tutti i piezometri della discarica "Relluce"



Nel calcolo della retta di regressione è stato escluso il valore di concentrazione di 1993 mg/L, relativo al magnesio,

ritenuto anomalo in quanto unico valore di concentrazione che si discosta in modo significativo dalla rosa dei valori ottenuti.

Dalla retta di correlazione di cui sopra risulta evidente che la concentrazione del magnesio è strettamente correlata con quella dei solfati.

Altre correlazioni sono:

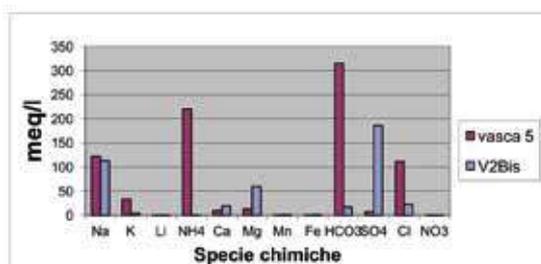
ferro contro manganese	$Y = 0,9 X$	$R = 0,91$
litio contro magnesio	$Y = 0,9 X$	$R = 0,91$
nicel contro magnesio	$Y = 0,06 X$	$R = 0,60$
nicel contro litio	$Y = 0,09 X$	$R = 0,93$

Benché risulti da una sola determinazione, anche il litio, presente in concentrazioni apprezzabili nell'acqua dei piezometri al livello di frazione di mg/L, sia a monte che a valle, mostra una correlazione spiccata con il magnesio, i solfati e anche con lo stesso nichel. È chiaro che il litio è contenuto naturalmente nel terreno e rappresenta un ulteriore elemento che caratterizza i silicati del substrato impermeabile.

Interazione tra percolato e acqua di falda

Nell'istogramma di Fig. 5 sono riportate le principali specie chimiche rilevate nel percolato della vasca 5 e nell'acqua del piezometro V2bis.

Fig. 5 Milliequivalenti delle principali specie ioniche riscontrate nel percolato della vasca 5 (colonnine rosse) e nell'acqua del piezometro V2bis (colonnine celesti)



Tra le specie ioniche più abbondanti nel percolato, vi sono i bicarbonati e l'ammonio, entrambi di neoformazione

a seguito delle fermentazioni instauratesi nei rifiuti abbancati, mentre il sodio e i cloruri (si noti il rapporto intorno a uno) provengono principalmente dal sale utilizzato in ambito domestico.

Osservando le colonnine celesti (acqua), le specie ioniche più abbondanti sono: i solfati, il sodio e il magnesio.

Volendo individuare una specie chimica che funzioni da tracciante per svelare precocemente eventuali interazioni di percolato con l'acqua dei piezometri a valle, vanno esclusi i solfati, i cloruri e il sodio in quanto anch'essi contenuti in maniera abbondante nell'acqua dei piezometri. I solfati anche in concentrazione 30 volte superiore.

I bicarbonati, anche se presenti nel percolato in concentrazione molto elevata, non possono svolgere la funzione di tracciante in quanto, oltre che essere presente nell'acqua in concentrazione considerevole, è una specie chimica instabile che si trasforma in altre sostanze (anidride carbonica o carbonati) a seconda della concentrazione idrogenionica in cui viene a trovarsi.

Lo ione ammonio, nella fattispecie, è l'unica sostanza, in termini di concentrazione, tra quelle macroscopiche che può funzionare da tracciante in quanto possiede una buona mobilità e solitamente è contenuto in concentrazione irrilevante nelle acque dei vari piezometri.

Volendo dimostrare con un esempio numerico l'assenza di interazioni tra percolato della discarica e l'acqua dei piezometri V2bis e V4, che sono i piezometri con valori medi di concentrazione di nichel più elevati, si tengano presenti i seguenti valori medi di concentrazione dello ione ammonio e del nichel riscontrati nelle due matrici e precisamente:

percolato vasche (media ponderale):

$NH_4^+ = 3443 \text{ mg/L}$; $Ni = 700 \text{ } \mu\text{g/L}$

acqua V4 e V2bis:

$NH_4^+ = 3,0 \text{ mg/L}$; $Ni = 51 \text{ } \mu\text{g/L}$

Supponendo che il nichel e lo ione ammonio riscontrati nell'acqua dei due piezometri V2bis e V4 ($51 \text{ } \mu\text{g/L}$) provengano

entrambi dal percolato, per mantenere il medesimo rapporto di concentrazione, l'acqua degli stessi piezometri dovrebbe avere un tenore di ammonio di circa 250 mg/L, valore di concentrazione questo mai riscontrato nell'attività di monitoraggio svolta.

Ulteriore conferma di quanto appena detto la troviamo nel quadro analitico ottenuto nella determinazione dei metalli, sia nel percolato che nell'acqua dei piezometri. È emerso che i livelli di concentrazione più abbondanti nel percolato riguardano i metalli provenienti dagli oggetti usati più comunemente in ambito domestico. Il cromo ($2500 \mu\text{g/L} \pm 4500 \mu\text{g/L}$), il nichel ($700 \mu\text{g/L} \pm 2000 \mu\text{g/L}$), e il rame ($1000 \mu\text{g/L} \pm 2000 \mu\text{g/L}$). Nelle acque dei piezometri, invece, il cromo e il rame sono al di sotto dei rispettivi limiti di rilevabilità della procedura analitica adottata (rispettivamente $1 \mu\text{g/L}$ e $2 \mu\text{g/L}$). Ciò non supporta la presenza nell'acqua di nichel qualora questo provenisse dal corpo della discarica.

CONCLUSIONI

I risultati dell'indagine svolta dimostrano che il nichel è una componente naturale del terreno dove è stata impiantata la discarica. Prova ne è che l'acqua dei piezometri a monte è caratterizzata da un tenore di nichel al limite di accettabilità degli obiettivi di qualità prefissati dalla normativa italiana e da quella europea.

Il chimismo delle acque, sia di monte che di valle, approfondito tramite la determinazione e l'elaborazione statistica di parametri specifici, porta a non escludere, nella composizione del substrato impermeabile con cui l'acqua viene a contatto, la componente terrigena e quella ortochimica. La prima è riconducibile alla presenza abbondante di silicati nel substrato su cui è collocata la discarica, la seconda alla presenza abbondante nell'acqua di solfati di magnesio, solfati di sodio e cloruro di sodio.

La letteratura scientifica attribuisce a tali rocce sedimentarie, ricche di ferro

e magnesio, un contenuto naturalmente elevato di nichel con funzione anche viciariante, ossia che può sostituire sia il ferro che il magnesio dai reticoli dei silicati.

Per quanto sopra la presenza del nichel nelle acque dei piezometri a valle della discarica, ma anche a monte, è da ricondurre semplicemente alla sua presenza naturale e alla sua mobilità nel terreno e non certamente ad una eventuale fuoriuscita del percolato dalle vasche della discarica.

Infatti, se così non fosse, il nichel riscontrato nelle acque dei piezometri dovrebbe essere accompagnato da altre specie chimiche, quali lo ione ammonio, il cromo e il rame, abbondantemente presenti nel percolato e dotati di buona persistenza e mobilità.

Il fatto che a valle la concentrazione media di nichel sia doppia rispetto a quella di monte, è da attribuire alla inevitabile movimentazione della coltre e del substrato in fase di costruzione della discarica. Sicuramente si è verificato uno stravolgimento degli orizzonti che costituiscono il suolo, per cui le sostanze presenti, organiche e inorganiche, sono state maggiormente esposte al trasporto verticale dell'acqua meteorica di infiltrazione e alla sua azione chimica, chimico fisica e biologica.

Una conferma di quanto appena detto è data dall'andamento temporale della concentrazione dei cloruri che negli ultimi due anni è scesa del 50%.

In ogni caso, al fine di scongiurare qualsiasi interazione del percolato con l'acqua dei piezometri di controllo, è stato individuato lo ione ammonio quale tracciante che, nella fattispecie, è risultato quello più adeguato, vista la particolare composizione salina dell'acqua.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

- 1] Mascitti A. *“Studio Geologico, Idrogeologico, geomorfologico, sismico-tettonico, sintesi indagini geognostiche con indicazioni geotecniche-Discarica comprensoriale di Ascoli Piceno, loc. Relluce, (2012)*

- 2] Beccaluva L., Di Giuseppe D.; *Distribuzione dei metalli pesanti nei suoli agricoli ferraresi: analisi geochimica e cartografia tematica su base G.I.S.. Dottorato di ricerca in Scienze della Terra. Università degli Studi di Ferrara (2008/2010).*
- 3] Dinelli E., Negro V.; Tesi di laurea in “*Caratterizzazione Geochimica di materiali contaminati; Arricchimento e biodisponibilità dei metalli in relazione all'uso del suolo: il caso del Comune di Ravenna*” (2011/2012)
- 4] D'Amore F., Scandiffio G., Panichi C.; *Some observations on the chemical classification of ground waters; Geothermics, Vol 12 n. 2, 3; (1983).*

ELPO

edizioni

**EDITORIA/
GRAFICA/STAMPA/
PUBBLICITÀ/WEB**

immagini e parole

Via Cesare Cantù, 11
22100 Como
Tel +39 031.2759874
Fax +39 031.4036959
elpoedizioni.com
info@elpoedizioni.com

*Passione
Competenza
Innovazione
Assistenza
Prontezza
Soluzioni*