

Uso di Indicatori di radioattività nel caso di emergenze radiologiche

C. Giovani, M. Garavaglia, M. Godeassi, B. Nadalut
Sezione di Fisica Ambientale, ARPA FVG, via Colugna 42 –33100 Udine
Concettina.Giovani@arpa.fvg.it

RIASSUNTO

In tutti i casi di contaminazione ambientale, sia essa estesa o locale, radioattiva o tradizionale, vengono spesso utilizzati indicatori, a volte bioindicatori, di contaminazione. In questo lavoro si analizza il possibile utilizzo di indicatori di radioattività ambientale nel caso di emergenze radiologiche e vengono riportati esempi reali di tale utilizzo nel caso di controlli avvenuti a fronte di allarmi relativi ad "emergenze estese", come l'incidente alla centrale nucleare di Krsko in Slovenia, e "locali", come la presunta fuoriuscita di Cs-137 dal camino di un'acciaieria sul territorio regionale. Sulla base di tali esempi, vengono individuate le matrici più adatte ad essere utilizzate come indicatori nelle diverse situazioni e l'importanza che assumono i valori di fondo, le serie storiche di dati ed i protocolli di campionamento e misura.

In particolare, poiché in entrambi gli esempi citati non vi era stata contaminazione alcuna e poiché il territorio regionale presenta un fondo piuttosto alto e disomogeneo in termini di Cs-137, dovuto principalmente all'incidente di Chernobyl, gli autori analizzano nel dettaglio le difficoltà di dover dimostrare, come frequentemente succede, che nulla di radioattivo è stato aggiunto sul territorio e l'aiuto che, in questo caso, può derivare dalla scelta dell'indicatore e del protocollo di campionamento e misura corretto.

INTRODUZIONE

Lo studio dell'ambiente avviene attraverso indagini mirate progettate accuratamente a fronte di un modello rispettoso della complessità dell'ambiente stesso. Gli indicatori ambientali consentono, molto spesso, lo studio e l'interpretazione di fenomeni altrimenti incomprensibili a causa dell'alto numero di variabili in gioco. Essi consentono, inoltre, l'ottimizzazione delle risorse disponibili nella progettazione di un monitoraggio ambientale. Vengono quindi spesso utilizzati nello studio dell'inquinamento sia convenzionale che radioattivo.

Per quanto riguarda il controllo della radioattività ambientale, nel caso in cui si verificano grossi incidenti nucleari, come ad esempio l'incidente di Chernobyl, la contaminazione radioattiva può essere talmente elevata da produrre modificazioni in alcuni organismi (ex: modificazione della forma delle foglie in alcune specie arboree) che possono quindi essere utilizzati come bioindicatori.

Poiché, fortunatamente, questo tipo di incidente ha una probabilità di accadimento molto bassa, in questo lavoro si fa riferimento all'utilizzo di indicatori nel caso di eventi di portata minore ma con maggiore probabilità di accadimento o, come ancor più spesso succede, nel caso di indagini volte a dimostrare che, a fronte di un presunto incidente, nulla di rilevante dal punto di vista della contaminazione radioattiva, è accaduto. In questi casi le concentrazioni dei radionuclidi nell'ambiente sono basse e non producono modificazioni di alcun tipo nell'organismo stesso o nella popolazione, quindi non è possibile l'uso di tale organismo bioindicatore nel senso stretto del termine. Tuttavia alcuni organismi o matrici ambientali possono essere comunque utilizzati con successo quali indicatori di contaminazione radioattiva: essi vengono normalmente utilizzati, nei programmi di monitoraggio della radioattività ambientale, non grazie alle modificazioni su di essi prodotte dalle radiazioni ma a causa del loro funzionamento come trappole passive (ex.: muschi) o per la loro capacità di accumulo dell'inquinante radioattivo (ex. funghi). Ciò è possibile quando esistano precisi protocolli di campionamento e misura, il cui uso possa garantire la confrontabilità di campagne di monitoraggio eseguite in luoghi e tempi diversi. Nei paragrafi successivi, attraverso alcuni esempi, vengono analizzate le possibilità di utilizzo di questo tipo di indicatori nel caso di emergenze radiologiche.

UTILIZZO DEGLI INDICATORI IN CASO DI EMERGENZA

La scelta di una matrice come indicatore di qualità ambientale dipende in primo luogo dall'obiettivo del monitoraggio: nel caso della radioattività ambientale sarà importante tenere conto di quale sia il compartimento di interesse (aria, acqua, suolo, ecc), da quali siano le principali vie di esposizione o i radionuclidi che si vogliono monitorare. Inoltre il criterio di scelta della matrice non può prescindere dall'analisi delle risorse del laboratorio in termini di competenze specifiche degli operatori e di analisi dei tempi e delle modalità di realizzazione di una campagna di monitoraggio. Tali analisi rivestono particolare importanza in una situazione di emergenza, dove è necessario ottenere risultati affidabili in tempi rapidi. L'affidabilità dei risultati dipende anche dal fatto che esistano, per la matrice scelta come indicatore, precisi protocolli di campionamento e misura. In termini di economia di scala e di analisi di qualità ambientale nel suo complesso, risulta importante anche il poter utilizzare una stessa matrice per il monitoraggio di più inquinanti.

A queste considerazioni di carattere generale vanno aggiunte una serie di caratteristiche che un buon indicatore di radioattività ambientale deve possedere per essere tale: bassa migrazione, abbondanza, facile disponibilità, ampia distribuzione geografica, capacità di concentrazione di più radionuclidi, basso turn over per i radionuclidi.

Sulla base di queste considerazioni nel monitoraggio della radioattività ambientale sono normalmente utilizzati i seguenti indicatori: muschi e funghi, oltre alla matrice suolo, per la distribuzione della deposizione al suolo e la migrazione dei radionuclidi in profondità; mieli per la distribuzione della contaminazione nei vegetali; DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile), macroalghe e sedimenti superficiali per indagini nel compartimento acquatico. A questi indicatori normalmente vengono aggiunte le matrici ambientali suolo, fallout e particolato atmosferico per il campionamento e la misura dei quali esistono precisi protocolli e che possono essere trattati insieme agli indicatori per gli scopi di questo lavoro.

E' piuttosto evidente che alcuni degli indicatori citati non possono, di norma, essere utilizzati in caso di emergenza: ad esempio mieli, funghi o macroalghe, la cui presenza sul territorio ha un andamento marcatamente stagionale, non è detto siano presenti, e quindi utilizzabili, durante l'emergenza. Altre matrici ambientali non possono essere utilizzate in emergenza, secondo i protocolli usuali, a causa della difficoltà e durata del campionamento o del trattamento del campione: il classico esempio è il campionamento dei suoli a strati con campionatore a tubo spaccato. In caso di emergenza quindi, talvolta vengono utilizzate come indicatori matrici ambientali diverse da queste oppure vengono utilizzate le stesse matrici con modalità semplificate di campionamento, trattamento, trattamento del campione e misura.

Di seguito vengono analizzate nel dettaglio le scelte fatte dalla Sezione di Fisica Ambientale di ARPA FVG in due casi reali di eventi che avrebbero potuto causare una contaminazione radioattiva rispettivamente estesa a tutto il territorio regionale e in ambito più ristretto. Va ricordato che il territorio del Friuli Venezia Giulia è stato colpito più di altre regioni italiane, dalla deposizione al suolo dovuta all'incidente di Chernobyl, che è andata ad aggiungersi al Cs-137 preChernobyl dovuto ai test nucleari in atmosfera ed ha contribuito a creare un fondo di radiocesio ancora chiaramente misurabile nelle matrici ambientali.

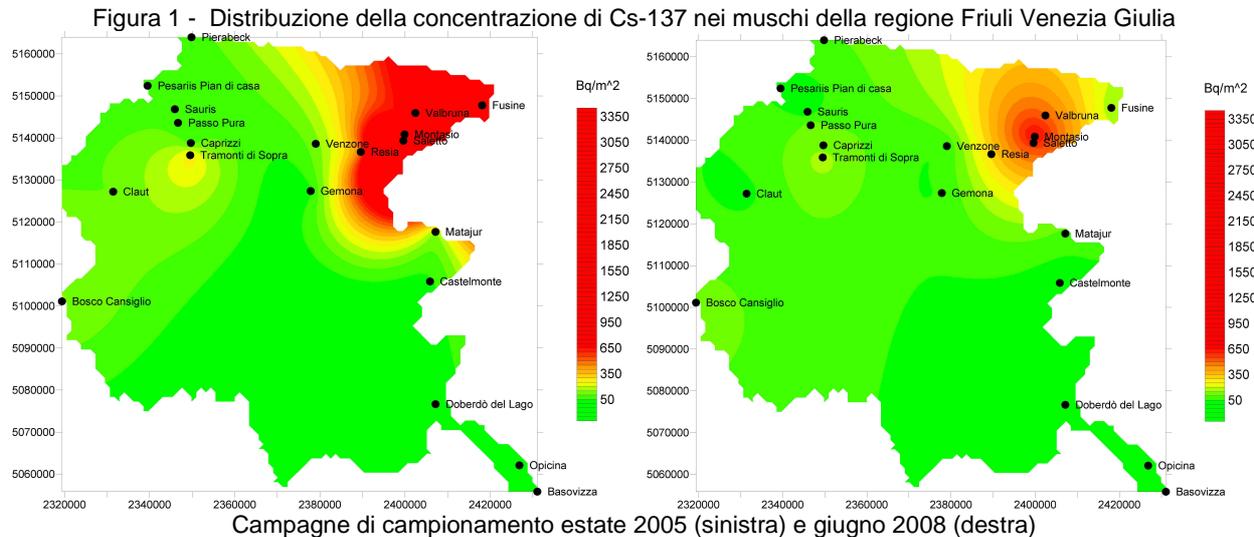
INCIDENTE ALLA CENTRALE NUCLEARE DI KRSKO

Il 4 giugno 2008 alle ore 20.00 circa, la Sezione di Fisica Ambientale dell'ARPA FVG è stata allertata per una segnalazione di incidente alla centrale nucleare di Krsko in Slovenia. La centrale dista circa 100 km in linea d'aria dal territorio regionale ed i venti dominanti spirano da E NE in direzione delle città di Trieste e Gorizia. Il personale della sezione, a soli 45 minuti dal ricevimento della comunicazione, ha iniziato la prima misura di spettrometria gamma sul filtro del particolato atmosferico prelevato dalla pompa che aspira aria in continuo ed è posizionata sul tetto dell'edificio che ospita la Sezione di Fisica Ambientale a Udine. Nonostante la misura fosse risultata negativa e nel frattempo fosse giunta la comunicazione di cessato allerta, nella notte e nei giorni seguenti furono eseguite numerose misure di spettrometria gamma su campioni di particolato atmosferico, fallout, acqua piovana, foraggio, vegetali a foglia larga e latte crudo vaccino e di pecora. Alcuni campioni di particolato atmosferico ed il fallout furono prelevati dal sito della rete REMRAD di Udine, mentre, anche in considerazione del fatto che il vento durante il periodo della eventuale fuoriuscita di radionuclidi dalla centrale di Krsko spirava da N NE a 100km/h in direzione del Carso Triestino e Goriziano, altri campioni furono prelevati, oltre che in provincia di Udine, anche in provincia di Gorizia e Trieste. Nel caso delle misure su particolato atmosferico, si scelse di utilizzare anche i filtri provenienti da alcune delle centraline per la misura della qualità dell'aria gestite da ARPA FVG e situate a Gorizia e Trieste. Tutte le misure di spettrometria gamma su particolato atmosferico ed acqua piovana diedero risultati negativi mentre valori di concentrazione di Cs-137 al di sopra della minima attività rilevabile furono misurati in alcuni degli altri campioni. Tali valori risultarono paragonabili a quelli normalmente misurati in regione durante le campagne di monitoraggio degli alimenti e del fallout; tuttavia, per rispondere alle richieste delle istituzioni, della popolazione e degli organi di stampa in maniera inconfutabile, si decise di effettuare una campagna di campionamento e misura allo scopo di analizzare la distribuzione della contaminazione radioattiva sul territorio del Friuli Venezia Giulia. In questo caso fu scelto di anticipare la campagna di campionamento e misura del muschio della specie *Ctenidium molluscum* prevista per l'estate 2009. I risultati di tale campagna sono riportati, assieme a quelli dell'analoga campagna effettuata nell'estate del 2005, in figura 1.

La distribuzione della concentrazione di Cs-137 sul territorio del Friuli Venezia Giulia nel giugno 2008 risulta praticamente sovrapponibile a quella misurata nell'estate 2005 a meno di una piccola differenza nei dintorni del sito di Gemona dovuta alla sostituzione del sito di campionamento, nel 2008, a causa della sopraggiunta impraticabilità del sito precedente. La posizione delle aree di maggiore concentrazione risulta del tutto incompatibile, anche in considerazione delle condizioni meteorologiche del periodo, con un'eventuale contaminazione proveniente dalla centrale di Krsko.

Il campionamento nei 20 siti previsti dalla campagna fu eseguito in sole 4 giornate lavorative mentre per la misura e l'analisi dei risultati bastarono poche ore: ciò fu possibile grazie all'esistenza di precisi protocolli

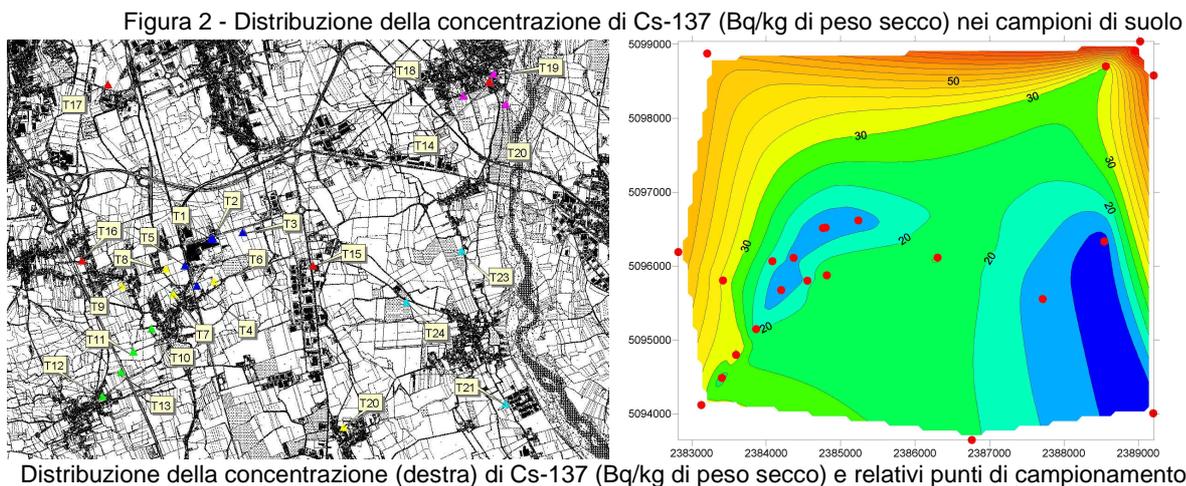
di campionamento e misura, al campionamento eseguito su siti noti e georeferenziati ed all'esistenza di serie storiche di dati analoghi.



RICERCA DI RADIONUCLIDI INTORNO AD UNA ACCIAIERIA

Nel 2005 fu eseguita una campagna di campionamento e misura di suoli per la ricerca di eventuali radionuclidi artificiali attorno ad una acciaieria, sita in regione Friuli Venezia Giulia, dalla quale si sospettava potessero essere stati emessi radionuclidi artificiali a seguito della fusione accidentale di una sorgente. La campagna era inserita all'interno di una più ampia indagine volta al controllo della radioattività artificiale a seguito di possibili fusioni incidentali di materiale radioattivo in acciaieria. Nell'ambito della stessa campagna furono effettuati campionamenti e misure di polvere, acqua, scorie e provini di colata e furono eseguite misure di irraggiamento.

Per la determinazione dell'eventuale contaminazione radioattiva nei dintorni dell'acciaieria non fu possibile utilizzare il muschio come indicatore di deposizione poiché, in quell'ambito così ristretto, la matrice non era sufficientemente diffusa per un campionamento rappresentativo e si scelse allora di effettuare campionamenti rapidi di suolo.



La scelta iniziale dei punti di campionamento fu effettuata sulla base di uno studio specifico sulla simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera nella zona su cui insiste l'acciaieria. Il numero e la posizione di ulteriori punti di campionamento fu determinato sulla base dei risultati delle misure dei campioni già prelevati. In figura 2 (sinistra) è riportata la distribuzione complessiva dei 24 punti di campionamento dei suoli che sono risultati così suddivisi:

- 5 punti all'interno e nelle immediate vicinanze dell'acciaieria (punti T1-T5);
- 4 punti in corrispondenza delle centraline per la qualità dell'aria che ARPA FVG gestisce nelle immediate vicinanze dell'azienda (punti T6-T9);

- 4 punti lungo la linea nella direzione prevista dalla simulazione come quella con la massima ricaduta nel caso di vento dominante (T10-T13);
- 8 punti nelle zone normalmente sopravvento all'azienda (T14-T17 e T21-T24);
- ulteriori 3 punti di campionamento in una zona sopravvento risultata con concentrazioni di Cs-137 al suolo maggiori di quelle misurate negli altri punti di campionamento (T18-T20).

In ogni punto di campionamento furono effettuate 5 carote mediante trivella del diametro di 6 cm, fino alla profondità di 10 cm. Il campione composito, misurato tal quale per 3600 secondi, risultò sufficiente per una misura di spettrometria gamma in geometria beaker di Marinelli da 1 litro. In seguito il campione fu essiccato per poter fornire l'indicazione della concentrazione in termini di peso secco.

La media della concentrazione di Cs-137 risultò pari a 40 ± 37 Bq/kg in peso secco e pari a 224 ± 181 Bq/m² (primi 10 cm). Tali dati risultarono compatibili con la ricaduta dovuta all'incidente di Chernobyl sul territorio del Friuli Venezia Giulia. In figura 2 è riportata la distribuzione della concentrazione di Cs-137 (Bq/kg peso secco) negli stessi campioni. Lungo il transetto effettuato nella direzione della massima deposizione probabile di inquinanti, contrassegnato con i punti di campionamento T10-T13, non furono misurate concentrazioni di Cs-137 diverse da quelle misurate negli altri siti. I valori più elevati furono misurati sopravvento all'impianto (T14; T19; T20). In nessun caso è stata rilevata la presenza di radionuclidi artificiali gamma emettitori diversi dal Cs-137.

CONSIDERAZIONI FINALI

Le due esperienze riportate hanno rappresentato, per la Sezione di Fisica Ambientale di ARPA FVG, una sorta di esercitazione per la messa a punto di strategie e tecniche di campionamento e misura in caso di possibili emergenze di carattere locale o estese a tutto il territorio, dalle quali è possibile trarre alcune conclusioni di carattere generale.

E' evidente che alcune matrici ambientali quali il miele o i funghi, che pure sono state utilizzate con successo durante l'incidente di Chernobyl, non possono essere usate, di norma, in caso di emergenza a causa della presenza stagionale sul territorio. La matrice muschio, invece, ha dimostrato di essere un ottimo indicatore di deposizione al suolo in caso di emergenza: il campionamento rappresentativo su tutto il territorio regionale, la preparazione del campione e la misura possono essere eseguiti nell'arco di qualche giorno. Tuttavia tale matrice, di norma, non può essere utilizzata in studi in ambito locale: in questo caso tuttavia essa può essere utilmente sostituita con campionamenti di suolo effettuati con il semplice metodo della trivella e misure eseguite sul campione tal quale. In caso di contaminazione elevata ciò sarà più che sufficiente, altrimenti il campione potrà essere opportunamente trattato e ricondotto al protocollo tradizionale.

La possibilità di utilizzare i filtri di particolato atmosferico provenienti dalle centraline per la misura della qualità dell'aria, che sono molto numerose sul territorio, è risultata sicuramente utile nel caso dell'incidente alla centrale di Krsko e potrebbe essere ancora più importante nel caso di situazioni di emergenza di carattere locale, in particolare intorno ad impianti industriali che sono solitamente monitorati in maniera puntuale. Potrebbero inoltre essere studiate altre sinergie all'interno di ARPA relativamente al campionamento delle matrici ambientali a vario scopo effettuate.

Appare importante anche la possibilità di poter consultare, in tempo reale, dati di tipo meteorologico e di poter disporre di studi e modelli di diffusione degli inquinanti.

L'esistenza di dati pregressi merita particolare considerazione: in una situazione in cui esiste un livello di contaminazione significativo ed estremamente disomogeneo sul territorio quale quello della regione Friuli Venezia Giulia, essa risulta fondamentale quando le contaminazioni non siano elevate o quando sia importante dimostrare che nulla di radioattivo è stato aggiunto all'esistente. In questo caso particolare attenzione deve essere fatta nella scelta dei siti di campionamento per permettere, per quanto possibile, il confronto con le serie storiche di dati o, almeno, con la distribuzione della concentrazione di un determinato radionuclide sul territorio.

In ogni caso risulta fondamentale l'utilizzo di precisi protocolli di campionamento e misura che sono disponibili nel caso di monitoraggio di routine, ma non sono sempre chiaramente definiti, per alcuni indicatori, nel caso di emergenza.

Nella stesura di piani di emergenza di carattere locale, andrebbero previste specifiche campagne di zero. Il piano di emergenza per la sosta di navigli a propulsione nucleare in rada di Trieste, ad esempio, prevede il campionamento e la misura di una serie di indicatori del compartimento acquatico prima dell'arrivo in rada del naviglio, oltre che dopo la sua partenza.

L'incidente di Krsko infine, ha sottolineato l'importanza di avere, all'interno di ARPA e con altre istituzioni, precisi protocolli di collaborazione nel caso manchino piani di emergenza specifici o nel caso in cui non sussista più, o non vi sia mai stata, una vera e propria emergenza ma sia indispensabile un programma straordinario di campionamento e misura da effettuarsi nei tempi più brevi possibile.