

Universidad de Calabria

Facultad de Ciencias

Departamento de Física

Doctorado de Investigación en Física

Tesis de Doctorado

*REMEDIACIÓN DE UN SITIO CONTAMINADO (PERTUSOLA):
MODELACIÓN DEL TRANSPORTE SUBTERRÁNEO Y
ANÁLISIS DE RIESGO SANITARIO*

Director de tesis

Candidata

Prof. Ignazio Guerra

Ing. Maria Fernanda Rivera Velásquez

Co-director de tesis

Prof. Salvatore Troisi

Año Académico 2008 – 2009

RESUMEN

Este trabajo de tesis es una aplicación de la metodología determinística y probabilística de análisis de riesgo sanitario aplicado a un sitio contaminado. El riesgo calculado es de tipo cancerígeno y no cancerígeno. El área de estudio corresponde a la ex industrial química denominada la Pertusola Sud Crotona, declarada como zona de "interés nacional" debido a las altas concentraciones de metales pesados encontradas en el lugar. Los receptores considerados son: niños, adultos y trabajadores. La línea de costa es considerado el punto de exposición mediante el cual el receptor se expone a la contaminación. Los contaminantes analizados son: As, Cd y Zn. Un modelo matemático es utilizado para simular el destino y transporte de contaminantes desde el punto fuente de contaminación hasta el punto de exposición. La metodología de análisis de riesgo se aplica de manera directa e inversa. El cálculo directo permite estimar el riesgo sanitario al cual el receptor es expuesto en presencia de un fuente de contaminación. El cálculo inverso permite el cálculo de la concentración máxima aceptable a la cual el individuo puede ser expuesto compatible con la condición de aceptabilidad del riesgo. A través de la metodología determinística del riesgo se calculan los valores RME y MLE. Mediante la metodología probabilística (basada en el método Monte Carlo) se han calculan los valores: valor medio estimado, UCL95%, UCL99%. Se considera la tasa de exposición RME. Comparando resultados determinísticos y probabilísticos se observa una sobrestima del riesgo generada por los valores determinísticos. El cálculo probabilístico permite obtener objetivos de remediación menos conservativos que implica gastos menores en las obras de remediación. Del análisis de incertidumbre y sensibilidad se observa que los factores toxicológicos en comparación con los factores hidrogeológicos son aquellos que tienen una contribución mayor a la ecuación de riesgo.

ABSTRACT

This work applies deterministic and probabilistic methodology to the analysis of health risk of a contaminated site. The risks we have calculated are both cancerogenous and non-cancerogenous. The area we studied was formerly used for chemical industry, and is called "Pertusola South Crotona". Due to its high concentrations of heavy metals it has been declared "area of national interest". The receptors we have considered are adults, children and workers. As point where the target is exposed to the contamination we have taken the coast line. The contaminants that were considered are As, Cd y Zn. A mathematical model is utilized for the simulation of destination and transportation of contaminants from the point of origin of the contamination to that of exposition. The methodology of risk analysis is applied in direct and inverse way. The direct calculation allows the estimate of health risk to which the target is exposed in presence of a strong contamination. The inverse calculation makes possible to determine the maximum acceptable contamination of the target, compatible with an acceptable level of risk. The deterministic methodology has been used to calculate the RME and MLE values. The probabilistic one (based on Monte Carlo method) has been used to calculate the estimated average value, UCL 95%, UCL 99%. If the exposition rate RME is considered and deterministic and probabilistic results are compared, one obtains an overestimate of the risk in the case of the deterministic values. The probabilistic calculation allows to fulfil less conservative remediation objectives. This leads to a lower cost of the remediation work. From the uncertainty and sensitivity analysis one finds that toxicological factors contribute to the risk equation more than hydrogeological factors.

RIASSUNTO

Questo lavoro di tesi applica la metodologia deterministica e probabilistica di analisi del rischio sanitario a un sito contaminato. Il rischio calcolato è di tipo cancerogeno e non cancerogeno. L'area studiata corrisponde all'ex area industriale chimica denominata la Pertusola Sud Crotone, dichiarata zona di "interesse nazionale" per le alte concentrazioni di metalli pesanti trovate nel luogo. I ricettori considerati sono: bambini, adulti e lavoratori. La linea di costa è considerata essere il punto di esposizione mediante il quale il ricettore si espone alla contaminazione. I contaminanti analizzati sono: As, Cd y Zn. Un modello matematico viene utilizzato per simulare la destinazione e il trasporto dei contaminanti dal punto sorgente della contaminazione a quello di esposizione. La metodologia di analisi del rischio si applica in maniera diretta e inversa. Il calcolo diretto permette stimare il rischio sanitario al quale il ricettore è esposto in presenza di una sorgente di contaminazione. Il calcolo inverso permette il calcolo della concentrazione massima accettabile alla quale l'individuo può essere esposto compatibilmente con la condizione di accettabilità del rischio. Attraverso la metodologia deterministica del rischio si calcolano i valori RME e MLE. Mediante la metodologia probabilistica (basata sul metodo Monte Carlo) si sono calcolati il valore medio stimato, UCL95%, UCL99%. Quando si considera il tasso di esposizione RME e si confrontano risultati deterministici e probabilistici si osserva una soprastima del rischio generata dai valori deterministici. Il calcolo probabilistico permette proporsi obiettivi di bonifica meno conservativi, il che implica costi minori per le opere di bonifica. Dall'analisi di incertezza e sensibilità si osserva che i fattori tossicologici in confronto con quelli idrogeologici contribuiscono meno all'equazione del rischio.