

Tutela dall'inquinamento degli acquiferi alluvionali

Prof. Crema Giancarlo

1) Premessa

Gli acquiferi alluvionali in pianura padana e nei fondovalle appenninici hanno rappresentato e rappresentano una importante risorsa a scopo potabile, agricolo ed industriale.

Purtroppo a causa d'inquinamento legato a sorgenti di tipo agricolo, industriale e civile, il razionale sfruttamento di tali acquiferi in alcune zone, è diventato problematico.

Gli interventi atti ad attenuare od annullare tali inquinamenti, logicamente, devono essere attuati sulle sorgenti e non sugli effetti possibilmente in fase preventiva e/o posteriormente all'avvenuto danno in maniera rapida ed efficace.

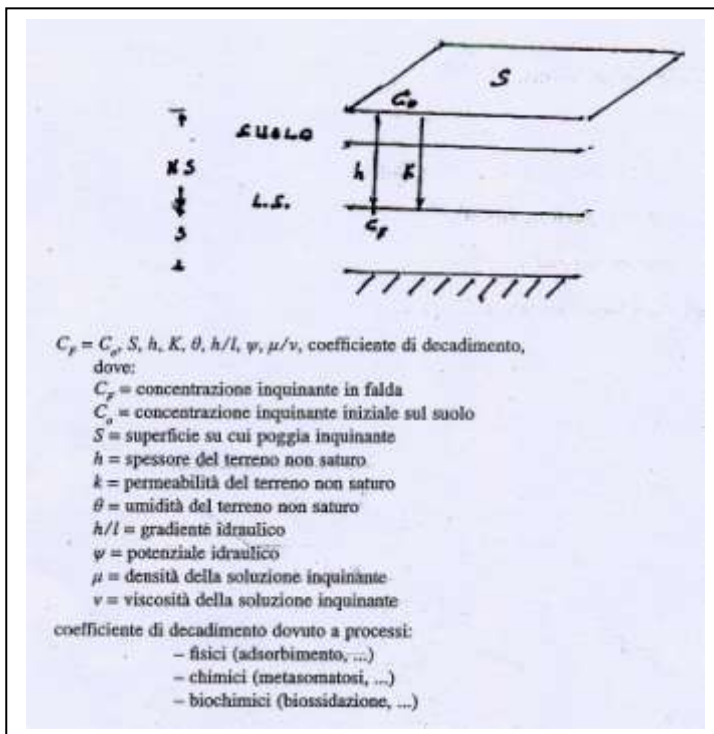
Per attuare gli interventi in modo razionale è necessario conoscere la tipologia delle sorgenti, il modo di trasporto degli inquinanti e gli effetti sui bersagli.

In sintesi è necessario conoscere la geometria, la costituzione, la dinamica del sistema acquifero e le caratteristiche fisiche, chimiche del terreno e dei fluviali.

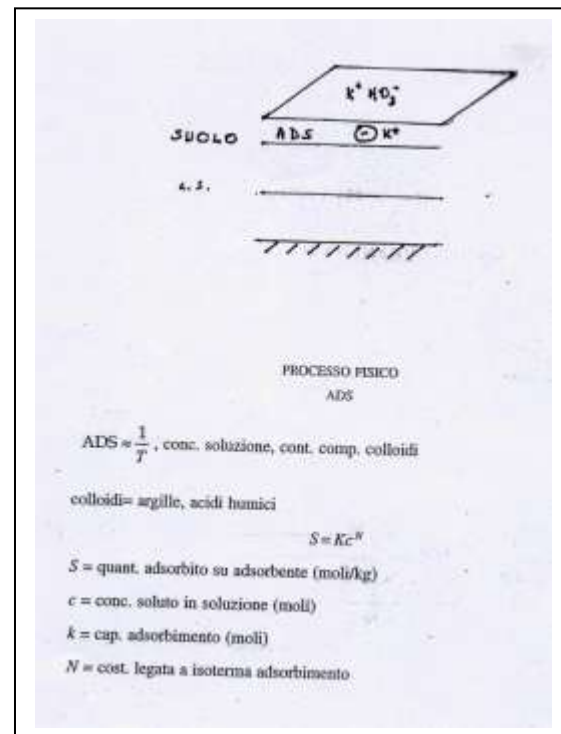
Nell'analisi del sistema il geologo, nelle sue varie specializzazioni, è la figura chiave per definire le variabili che descrivono l'acquifero.

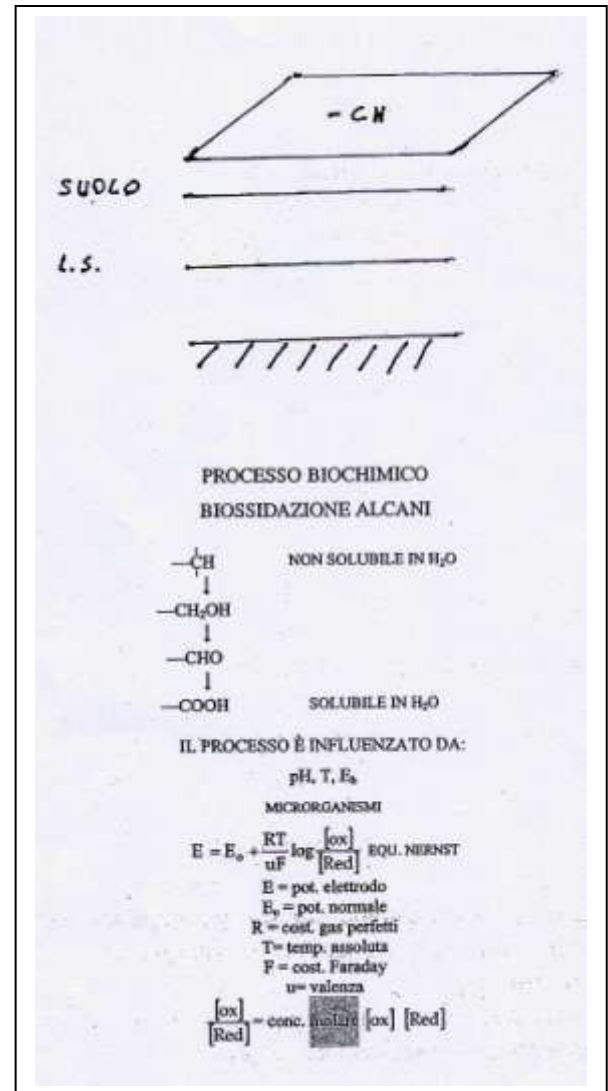
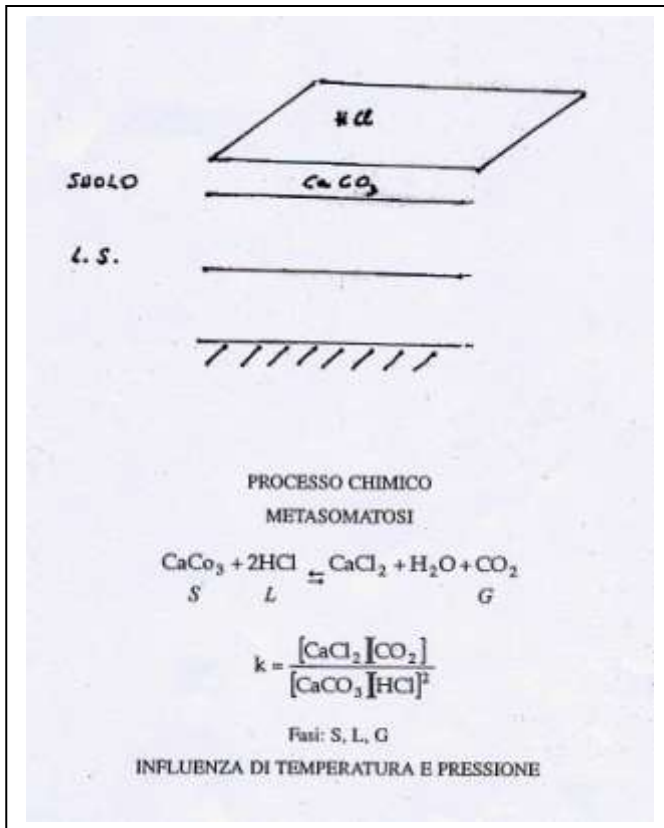
2) I processi d'inquinamento

La percolazione in acquifero alluvionale da sorgenti areali, lineari e puntuali ed i processi che intervengono tra fluido mezzo poroso, vengono schematizzati nelle seguenti figure: (fig. 1, 2, 3, 4,)



Figg.1 e 2





Figg. 3 e 4

3) Pedologia

Il suolo è importante poiché in esso avvengono prevalentemente i processi fisici, chimici e biochimici tra inquinanti e mezzo poroso.

Perciò è necessario conoscere le caratteristiche fisiche, chimiche e biochimiche del suolo.

Tra i parametri fisici si possono citare: la tessitura, la struttura, lo scheletro, la porosità, le variabili idrauliche.

Tra le variabili idrauliche sono importanti: l'umidità, la permeabilità, il potenziale idraulico.

Nelle caratteristiche chimiche sono compresi: T, p, H, conducibilità elettrica specifica, potenziale REDOX, gli ioni principali Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe tot, Mn, CO₃⁻, NCO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻ ed altri parametri legati con la composizione litografica del substrato ed il decadimento e lisciviazione di sostanze di superficie.

Strettamente connesse con le variabili chimiche sono le caratteristiche biologiche essenziali, ad esempio nella bi ossidazione degli alcani.

I processi che avvengono nel suolo modificano la qualità e la quantità dell'inquinante, che può proseguire la percolazione nel terreno non saturo e poi in quello saturo.

4) Geologia

Basilare è la conoscenza della geometria e composizione dell'acquifero alluvionale e quindi delle sue caratteristiche geologiche e litologiche.

Tali conoscenze si acquisiscono con le normali tecniche di rilevamento geologico di superficie, indagini geofisiche, sondaggi meccanici con studio dei cuttings e delle carote.

La tipologia e la quantità delle indagini è proporzionale alla scala ed alla complessità geologica.

I risultati possono essere espressi con mappe, sezioni, block-diagrammi, magari in forma digitale.

5) Idrogeologia

Oltre alla geometria e geologia dell'acquifero è necessario conoscere la dinamica del sistema idrico sotterraneo sia per quanto riguarda il terreno non saturo che quello saturo.

E' fondamentale conoscere la piezometria della falda (direzione di flusso e gradiente idraulico), la soggiacenza, la permeabilità del terreno non saturo e saturo, la porosità, il coefficiente d'immagazzinamento.

6) Idrologia ed idrografia

Vanno presi in considerazione i dati delle precipitazioni, della temperatura e dell'anemometria per un'area logica dal punto di vista idrogeologico quindi il bacino idrogeologico sotteso dalle opere di presa.

La frequenza delle informazioni è funzione degli obiettivi dello studio: comunque la minima frequenza è quella stagionale in considerazione dello ieto e termogramma.

Inoltre è opportuno considerare anche le serie storiche a livello almeno trentennale.

In tale area deve essere definito il reticolo idrografico su cui, in base a criteri di generalizzazione e di localizzazione delle seguenti inquinanti, si selezionano sezioni idrauliche, nelle quali misurare le portate e, contemporaneamente, le caratteristiche chimiche.

7) Caratteristiche chimiche

Le caratteristiche chimiche riguardano sia il mezzo poroso che i fluidi.

Relativamente al mezzo poroso è necessario conoscere le variabili chimiche delle fasi solide, liquide ed aeriforme a monte del sito inquinato all'interno, sotto, a lato ed a valle del sito inquinato.

A monte del sito inquinato viene definita la situazione in cui l'ambiente non è condizionato da inquinanti.

Relativamente alla genesi naturale della qualità delle acque sotterranee, i parametri normalmente indagati sono:

T, pH, C. E. , E h

Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Fe_{tot} , Mn

HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl,

M H_4^+ , MO_2^- , MO_3^- } per acque di origine paleo lacustre

PO_4^{3-} } e/o con dubbio d'inquinamento organico

S^- , H^3BO^3 , Li^+ , CH^4 ...in casi particolari.

Per quanto riguarda l'inquinamento bisogna prendere in considerazione i parametri contenuti nelle tabelle che compaiono nelle leggi vigenti di competenza.

Sono importanti il comportamento razionale in funzione delle caratteristiche del sito e la conservazione del campione.

Per le sostanze volatili è necessario refrigerare il campione; in altri casi bisogna trattare il campione, ad esempio i S^{2-} vanno precipitati con $(CH_3COO)_2Pb$.

Alcuni parametri come T, pH, C. E., E_h vanno misurati direttamente in campo poiché i valori misurati direttamente sul terreno meglio rappresentano la reale situazione ambientale.

8) Gis e modelli matematici

Per una buona gestione ed utilizzazione dei dati è opportuno operare impiegando un Gis, il quale diventa essenziale per l'implementazione dei modelli matematici.

Il modello che rappresenta la geometria e la dinamica del sistema, costituisce la base per la costruzione del modello matematico idrodinamico.

A valle di esso si possono impostare i modelli matematici di trasporto e diffusione degli inquinanti, relativamente al terreno non saturo e saturo.

I modelli matematici, opportunamente tarati in regime permanente e transitorio permettono, tramite simulazione, di creare nuovi scenari in particolari condizioni imposte.

Quindi i modelli matematici sono molto utili per la diagnostica del sistema e per la progettazione e gestione degli impianti di contenimenti e bonifica.

I modelli matematici sono indispensabili per definire reti di monitoraggio logiche e valide dal punto di vista tecnico ed economico.

9) Reti di monitoraggio

Il monitoraggio deve comprendere:

Reticolo idrografico su sezioni a monte ed a valle del sito inquinato con misure contemporanee di:

- portata
- livelli statici (laghi, mare)
- caratteristiche climatiche

Acque sotterranee: misure contemporanee di:

- livelli statici, livelli dinamici, portate
- portate specifiche
- permeabilità, trasmissività, coefficiente d'immagazzinamento
- caratteristiche climatiche

Idrologia:

- precipitazioni
- temperature
- anemometrie

Caratteristiche degli inquinanti :

- fisiche
- chimiche
- Biologiche

10) Interventi

Per ottimizzare gli interventi bisogna conoscere il sistema ed i processi che intervengono tra inquinanti e mezzo poroso.

Gli interventi di risanamenti si possono suddividere in due categorie:

- di contenimenti
- di bonifica

La scelta delle tecnologie di risanamenti dipende da considerazioni di carattere tecnico e socio-economico.

Le tecnologie di risanamento, indipendentemente dal processo utilizzato, si possono suddividere in tre gruppi:

- *in site*
- *on site*
- *off site*

Per l'*in site* sono necessari una buona circolazione dei fluidi e continui controlli sull'estensione, la cinetica e l'efficacia del disinquinamento.

Per la scelta dei metodi determinanti sono il limite di risanamenti richiesti, i tempi ed i costi necessari per raggiungerlo.

I metodi ed i processi più comuni utilizzati per inquinamenti da idrocarburi sono:

	<i>In site</i>	<i>On/off site</i>
Contenimenti	-barriere verticali e orizzontali -sistemi di copertura -immobilizzazione -metodi idrogeologici	-discariche controllate -immagazzinamento temporaneo -immobilizzazioni
Bonifica	-metodi idrogeologici -soil- venting -strippaggio con vapore -biostimolazione	-trattamenti termici -estrazione -metodi microbiologici

11) Conclusioni

Le tecniche d'indagine conoscitiva e di valutazione mirano ad individuare interventi atti a contenere e mitigare gradualmente nel tempo gli effetti dell'inquinamento sugli acquiferi alluvionali.

Gli interventi vanno scelti e realizzati dopo avere correttamente analizzato il funzionamento del sistema terreno-inquinanti tramite modelli matematici di simulazione, prove di laboratorio, impianti pilota.

Congiuntamente è necessaria un'attenta analisi costi-benefici, poiché bisogna preventivamente valutare i costi d'intervento, controllo e gestione dei processi instauratesi con le modifiche al sistema.

Da quanto sopra esposto emerge il ruolo fondamentale del geologo, il quale dovrebbe essere consultato sin dalla fase preliminare, o meglio, preventiva, poiché taluni processi d'inquinamento degli acquiferi alluvionali sono difficilmente reversibili dal punto di vista tecnico e/o economico.

12) Bibliografia

AIGA, 2003 – *La gestione dei siti inquinati*. Pitagora ed., Bologna