



**Procura della Repubblica
presso il Tribunale di Alessandria**

c.a. Pubblico Ministero

OGGETTO: Consulenza tecnica

“Esaminata la documentazione acquisita agli atti, verificato, ove necessario, lo stato dei luoghi, eseguita ogni ulteriore verifica, acquisita ogni ulteriore informazione, dicano i consulenti se lo stato di inquinamento dell'acqua di falda, in relazione alla tipologia delle sostanze accertate, sia tale da determinare il pericolo di effetti tossico nocivi per la salute umana in relazione all'uso potabile diretto dell'acqua stessa o ai prodotti derivanti da coltivazioni per le quali l'acqua medesima è utilizzata ad uso irriguo”.

PREMESSA

In data 6 aprile 2009 è stato richiesto di effettuare approfondimenti finalizzati a valutare se lo stato di inquinamento dell'acqua di falda, rilevato da controlli eseguiti presso l'area inserita nel Comune di Alessandria località Spinetta Marengo (AL), sia tale da determinare il pericolo di effetti tossico nocivi per la salute umana in relazione all'uso potabile diretto dell'acqua stessa o ai prodotti derivanti da coltivazioni per le quali l'acqua medesima è utilizzata ad uso irriguo.

Il presente documento riporta le valutazioni igienico sanitarie che risultano dall'analisi della documentazione esistente prendendo in esame la storicità del fenomeno, per quanto essa sia ricostruibile a partire dalle informazioni ambientali derivanti dalle Reti di Monitoraggio Regionale relative al complesso idrogeologico superficiale e profondo dell'area compresa tra Spinetta Marengo ed il fiume Bormida.

Il tutto effettuato con lo scopo di giungere ad una "valutazione del rischio sanitario" (*Risk Assessment*) correlato alla presenza di un sito inquinato (dovuto al rilascio di sostanze pericolose nell'ambiente), ivi compresa la stima del possibile impatto attuale e futuro sulla salute della collettività (National Academy of Science, NAS 1983). Il percorso metodologico seguito si basa su quanto riportato nel documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" (giugno 2005 e succ. revisioni agosto 2006 e marzo 2008) prodotto dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) nell'ambito di un'azione coordinata con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e l'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro (ISPESL).

Si tratta di un processo tecnico-scientifico che, correlando i dati tossicologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il **rischio** derivante dall'esposizione a **sostanze tossiche e/o cancerogene**; attraverso un processo graduale si perviene alla definizione quantitativa del **rischio**, espresso come prodotto del valore della tossicità della sostanza (pericolosità) per il fattore "esposizione ad un certo contaminante" che rappresenta l'assunzione cronica giornaliera.

$$[R = E \times T]$$

R: Rischio

E: Esposizione ad un contaminante

T: tossicità del contaminante

Il valore R viene, quindi, confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario per decidere se esistono o meno condizioni in grado potenzialmente di causare effetti sanitari nocivi.

Il calcolo del rischio, nella presente trattazione, verrà differenziato a seconda che gli inquinanti riscontrati nel sito siano cancerogeni oppure non cancerogeni:

- ◆ per le sostanze cancerogene il “Rischio” (**Estimated Lifetime Cancer Risk**) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causati dall’esposizione alla sostanza/e rispetto alle condizioni di vita usuali
- ◆ per le sostanze non cancerogene si individua un “Indice di Pericolo” (**HI Hazard Index**) che esprime di quanto l’esposizione alla sostanza/e supera la dose tollerabile o di riferimento

Nella presente trattazione è stato, pertanto, esaminato il fenomeno prendendo in esame le differenti fasi che costituiscono il percorso della valutazione del rischio, ovvero:

1. FASE 1: raccolta dei dati inerenti il sito in esame e valutazione preliminare di pericolosità (hazard identification)
2. FASE 2: valutazione degli effetti avversi nell’uomo (tossici o cancerogeni o entrambi) delle sostanze chimiche presenti nell’area e studio della relazione dose-risposta (esposizione ad una sostanza ed il risultante effetto avverso)
3. FASE 3: valutazione dell’esposizione della popolazione presente nel sito e nelle sue vicinanze alle sostanze chimiche che stima la dose giornaliera (**AAD Average Daily Dose** o **LADD Lifetime Average Daily Dose**) che può essere assunta dai recettori umani come bersaglio della matrice contaminata
4. FASE 4: stima e caratterizzazione del rischio ovvero l’integrazione del valore della dose media giornaliera con l’informazione tossicologica quantitativa

INTRODUZIONE

Prima di procedere con l'esame del fenomeno si ritiene necessario riportare alcune considerazioni igienico sanitarie sulle acque sotterranee che mettono in luce quanto la loro vulnerabilità possa determinare conseguenze importanti per gli equilibri ambientali e per la salute della popolazione.

La qualità dell'acqua che si trova nelle falde idriche sotterranee è il risultato dei fenomeni chimico-fisico-biologici che avvengono nel tragitto che essa ha compiuto dalla sua evaporazione, alla precipitazione, allo scorrimento superficiale, all'infiltrazione nel sottosuolo, al percorso idrico sotterraneo, vario a seconda della struttura degli acquiferi, all'eventuale risorgenza e successiva infiltrazione, fino al punto in cui essa viene captata (risorgive e pozzi) (Zavatti A., 1982). Nel processo di percolazione di queste acque nel sottosuolo, attraverso gli strati permeabili, si verifica, costantemente, un fenomeno di autodepurazione, per filtrazione ed adsorbimento di microrganismi e per adsorbimento e combinazione di svariati composti chimici (Gilli G., 1989). Durante questo percorso essa può subire numerose modificazioni responsabili della qualità che si riscontra al momento del prelievo e che permette di valutare l'usabilità dell'acqua e di identificare "la storia" pregressa della stessa e delle condizioni che hanno dato origine a quella composizione (Zavatti A., 1982). Per tutti questi motivi, se da un lato le acque di falda, e soprattutto quelle provenienti dalla falda profonda, vengono considerate la migliore fonte di approvvigionamento per l'acqua potabile (Gilli G., 1989), dall'altro possono soffrire di un degrado qualitativo, più o meno grave e diffuso, a causa della spesso elevata vulnerabilità intrinseca del sottosuolo e della notevole concentrazione di attività antropiche, le quali, nelle differenti espressioni di svolgimento delle funzioni produttive, di occupazione ed uso del suolo, rappresentano un elevato potenziale di contaminazione. La contaminazione delle risorse idriche profonde si traduce in una diffusione di contaminanti di natura chimica e biologica con conseguenze negative per gli equilibri ambientali e per la salute della popolazione. Poiché, spesso, le modificazioni di questi equilibri si verificano dilazionati nel tempo, ciò favorisce una superficiale sottovalutazione del futuro impatto di ogni azione presente, essendo l'attenzione umana maggiormente sensibile al verificarsi di episodi acuti in cui, cause ed effetti, sono facilmente correlabili per essere tra loro temporalmente prossimi.

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi rappresenta la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse pari componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

La vulnerabilità intrinseca è frutto dell'analisi di quei parametri idrogeologici che concorrono a rendere un sistema acquifero più o meno suscettibile a subire alterazioni qualitative a causa di un contaminante e dipende, sostanzialmente, da tre principali processi che avvengono all'interno del sistema - sottosuolo esistente al di sotto del punto o/e della zona d'impatto:

- lo *spostamento (verticale)* di un *inquinante fluido o idroportato* attraverso l'insaturo (ovvero la zona compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero), sino a raggiungere l'acquifero sottostante;
- la *dinamica del flusso* sotterraneo e di un *inquinante fluido o idroportato* nella zona di saturazione dell'acquifero sottostante (rappresentata da quei processi di dispersione, diluizione, assorbimento e reattività chimica di quei contaminanti che dopo aver superato il suolo e l'insaturo raggiungono la zona satura per mescolarsi con l'acqua sotterranea e quindi defluire verso i punti di recapito);
- la *concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato* al suo arrivo nella zona di saturazione rispetto a quella iniziale, che descrive la capacità di attenuazione dell'impatto dell'inquinante del sistema acquifero.

I tre processi principali s'identificano con le diverse possibili sinergie di tutta una serie di parametri propri della situazione idrogeologica e antropica e quindi variabili da zona a zona che vengono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1- Fattori principali e parametri di base che reggono la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento (da Civita M., 1994)

| Processi principali | Parametri di base |
|---|---|
| TEMPO DI TRANSITO | Soggiacenza (spessore insaturo). Spessore, tessitura, porosità; Permeabilità, ritenzione specifica del suolo; Litologia, granulometria, indice di fratturazione, indice di carsificazione, struttura e permeabilità verticale dell'insaturo; Densità, viscosità, solubilità in acqua degli inquinanti; Ricarica attiva media globale. |
| DEFLUSSO SOTTERRANEO | Caratteristiche idrolitologiche dell'acquifero (porosità utile, permeabilità, dispersione, immagazzinamento, velocità effettiva di flusso,...); Struttura, geometria, gradiente idraulico. |
| CAPACITÀ D'ATTENUAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INQUINANTI | Temperatura dell'acqua e delle rocce acquifere; Densità, viscosità e solubilità in acqua degli inquinanti; Soggiacenza; Ricarica attiva media globale; Acclività e uso della superficie topografica; Densità del reticolo drenante e rapporti con l'acquifero; Spessore, tessitura, composizione mineralogica, contenuto in sostanza organica, ritenzione specifica, caratteri chimico-fisici e permeabilità del suolo e dell'insaturo in generale. |

Il processo d'attenuazione che si sviluppa all'interno del sistema acquifero, nel momento e nel punto in cui esso riceve una certa quantità di un inquinante fluido o veicolato dalle stesse acque d'infiltrazione o di travaso, dipende dalla tipologia e dalla concentrazione d'origine dell'inquinante ma anche dalla reattività del sistema. Questa è direttamente proporzionale al tempo che il fluido impiega a giungere sino alla zona satura (tempo di transito) e, dunque, alla lunghezza del percorso; e inversamente proporzionale alla velocità di filtrazione ed alla dispersione cinematica, tipiche del mezzo. Durante il percorso nell'insaturo, infatti, e a seconda delle caratteristiche di questo, avvengono molte interazioni tra suolo, rocce componenti il sottosuolo, acque sotterranee ed inquinanti, le quali concorrono a mitigare, spesso in modo notevole, l'impatto di questi ultimi. Un'ulteriore azione di attenuazione, certo non secondaria, avviene nel momento in cui la concentrazione residua di inquinante giunge a diluirsi nella zona di saturazione in ragione della velocità, del valore della portata unitaria di flusso e della dispersione che opera il mezzo.

Appare, dunque, evidente che la valutazione della vulnerabilità di un acquifero dovrebbe essere effettuata caso per caso, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e chimiche di ogni singolo inquinante presente (o di famiglie di prodotti assimilabili), del tipo di fonte (puntuale, diffusa), dei quantitativi, dei modi e dei tempi di sversamento. Questo processo di indagine, se risulta meno pratico quando la valutazione delle vulnerabilità viene effettuata per grandi aree, con lo scopo di *prevenire* l'inquinamento e *proteggere* gli acquiferi e le fonti di approvvigionamento d'acqua destinata al consumo umano (ANPA, 2001), diventa invece scientificamente ineccepibile e realizzabile su piccole zone delle quali si vuole valutare il potenziale di inquinamento di un centro di pericolo.

Tale è la necessità di protezione degli acquiferi e delle fonti di approvvigionamento di acqua destinata al consumo umano che la Direttiva 2006/118/CE del 12 dicembre 2006, sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento, da cui deriva il recente Decreto Legislativo del 16 marzo 2009, n. 30 (pubblicato in Gazzetta Ufficiale 4 aprile 2009, n. 79) recita "...le acque sotterranee sono una preziosa risorsa naturale da proteggere in quanto tale dal deterioramento e dall'inquinamento chimico. Ciò è particolarmente importante per gli ecosistemi dipendenti dalle acque sotterranee e per l'utilizzo delle acque sotterranee per l'approvvigionamento di acqua destinata al consumo umano..." "...Le acque sotterranee nei corpi idrici utilizzati per l'estrazione di acqua potabile o destinati a tale uso futuro devono essere protette in modo da evitare il deterioramento della qualità di tali corpi idrici al fine di ridurre il livello della depurazione necessaria alla produzione di acqua potabile..." e l'obiettivo è quello di "...raggiungere livelli di qualità delle acque che non presentino impatti o rischi significativi per la salute umana e l'ambiente". Pertanto, "...per proteggere l'ambiente nel suo complesso, e la salute umana in particolare, è necessario evitare, prevenire o ridurre le concentrazioni dannose di inquinanti nocivi".

FASE 1: RACCOLTA DEI DATI E VALUTAZIONE PRELIMINARE DI PERICOLOSITÀ

Nel percorso del processo della valutazione del rischio, la prima fase dell'indagine ha previsto l'analisi dei dati a disposizione per identificare preliminarmente (hazard identification) le sostanze chimiche riscontrate e pericolose e/o rilevanti per la valutazione d'impatto ambientale e sanitario.

Esame del fenomeno

La documentazione a disposizione, ed in particolare la relazione ARPA dal titolo "Inquinamento da cromo e solventi clorurati – polo industriale chimico Alessandria", riporta lo stato di avanzamento aggiornato al mese di settembre 2008 delle conoscenze relative alla qualità della falda superficiale e profonda dell'area inserita nel Comune di Alessandria, località Spinetta Marengo, interessata da una serie di approfondimenti quali quantitativi relativi alla presenza di sostanze inquinanti disperse in falda.

Queste indagini, già avviate a partire dal 1998, hanno subito nel periodo maggio-agosto 2008 un deciso incremento in seguito alle criticità emerse nell'anno 2007 a carico delle acque superficiali e sotterranee, riscontrate nel corso delle attività di monitoraggio a scala provinciale gestite dall'ARPA - Dipartimento di Alessandria.

Da quanto riportato in letteratura, le aree della Fraschetta e di Spinetta Marengo si trovano in una situazione di compromissione della qualità delle componenti ambientali a causa dell'impatto che le attività antropiche hanno esercitato nel corso di molti decenni.

Dall'analisi del documento, emergono alcune criticità ambientali dell'area esaminata e di seguito riassunte:

- dallo studio litografico dell'area risulta la presenza di depositi alluvionali caratterizzati da elevata permeabilità e dalla presenza di una ricca falda idrica a superficie libera in diretto collegamento con la rete idrografica e, pertanto, scarsamente protetta da eventuali apporti di inquinanti. Non è possibile, inoltre, individuare una netta separazione tra acquifero superficiale e profondo ma piuttosto un complesso idrogeologico costituito in prevalenza da ghiaie in matrice sabbioso-limosa con livelli argillosi poco potenti e poco estesi
- l'area oggetto del monitoraggio è considerata, dagli enti di controllo, a elevato carico ambientale e caratterizzata da significative compromissioni della qualità delle componenti ambientali indotte dalla concomitanza di più cause. A partire dagli anni '50 del secolo scorso, l'agricoltura intensiva ha provocato la contaminazione della falda freatica superficiale mediante fitofarmaci, diserbanti, concimi. Durante la stagione estiva, il clima particolarmente caldo e secco provoca, inoltre, un elevato emungimento di acqua dai pozzi

locali ai fini dell'irrigazione delle colture che determina riduzioni significative del livello della falda.

- Nell'area in esame, ed in particolare nella zona confinante con l'abitato di Spinetta Marengo, è localizzato un polo industriale (1.100.000 mq) che ospita attività produttive oggi quasi integralmente legate alla chimica dei prodotti fluorurati () e perossidi organici () ma che sin a partire dagli inizi del ventesimo secolo è stata interessata da diverse attività industriali particolarmente complesse e diversificate (produzione di biossido di titanio, acido solforico, acido fluoridrico, pigmenti inorganici..) che nel corso degli anni si sono succedute contribuendo a determinare una significativa contaminazione ambientale. Questa zona industriale è, inoltre, soggetta alla normativa sui rischi di incidenti rilevanti (D.lgs 334 del 17/08/1999) e pertanto è stato predisposto un Piano di Emergenza Esterno d'intesa tra il Prefetto, la Regione e gli Enti locali
- Sulla base di dati messi a disposizione dalle ditte e sulle misure della falda superficiale, è emerso che da anni esiste una situazione di anomalia piezometrica all'interno dello stabilimento, dovuto a perdite della rete di distribuzione delle acque industriali, della rete delle acque meteoriche e di raffreddamento nella zona
- Sul centro abitato di Spinetta Marengo insistono, inoltre, un'ulteriore area industriale "Michelin/D5/D6", in cui vengono realizzati pneumatici per veicoli industriali ed in cui sono presenti attività manifatturiere, nonché (lungo la strada che porta a Castelceriolo) una discarica dismessa ed in fase di bonifica che nel 1994, a seguito dell'episodio alluvionale, determinò un processo di contaminazione delle falde idriche a tutt'oggi costantemente monitorato.

Vista la particolare criticità ambientale della zona, il Dipartimento di Alessandria dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale ha incrementato, a partire dal mese di aprile 2008, le attività già poste in atto da altri progetti (indagini su Fraschetta e sull'abitato di Spinetta Marengo) nonché i controlli che rientrano nella normale attività di monitoraggio regionale garantita dalla Rete di Monitoraggio Regionale delle Acque Sotterranee del Piemonte e dalla Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Superficiali.

Risultati analitici delle Reti di Monitoraggio Regionale

Dall'analisi dei principali dati relativi alla qualità delle acque superficiali e profonde del territorio della Provincia di Alessandria desunti dalla Rete Regionale nel 2007, è possibile riassumere quanto segue:

- nell'ambito dei controlli effettuati dalla Rete di Monitoraggio Regionale delle Acque Sotterranee, è stata evidenziata nel 2007 la presenza nella falda superficiale di solventi clorurati alifatici (con particolare riferimento a percloroetilene, 1,1 tricloroetano e cloroformio) riconducibili a contaminazione diffusa (il che ha indotto la Provincia di Alessandria ad inoltrare una segnalazione alla Regione Piemonte) nonché, tra i metalli, di cromo nella sua forma esavalente. Per quanto riguarda le falde profonde, nella pianura alessandrina è stata riscontrata la quasi totale assenza di solventi clorurati alifatici e di metalli pesanti.
- nell'ambito dei controlli effettuati dalla Rete di Monitoraggio Regionale delle Acque Superficiali, nel corso del 2007 è stata messa in evidenza la presenza di solventi clorurati alifatici nonché di clorobenzene ed altri composti clorurati aromatici nel fiume Bormida (Bormida di Millesimo a Saliceto). Quanto riportato è significativo poiché, sebbene queste sostanze siano state ritrovate su un numero limitato di campioni, il punto di monitoraggio interessato è ubicato a valle del sito contaminato in esame.

Risultati analitici dei controlli effettuati nell'area di Spinetta Marengo

Sulla base delle risultanze ottenute dalle attività di controllo convenzionali precedentemente descritte, sono emerse alcune criticità a carico delle acque sotterranee della porzione di territorio antistante il polo industriale di Spinetta Marengo (ed in particolare lo stabilimento). Ciò ha indotto le autorità di controllo a incrementare, nel corso del 2008, le conoscenze relative al complesso idrogeologico superficiale e profondo dell'area della provincia di Alessandria compresa tra Spinetta Marengo ed il fiume Bormida.

Nel corso di queste indagini sono stati eseguiti, nel periodo maggio-agosto 2008, ulteriori prelievi di acque sotterranee provenienti da falda superficiale e profonda prendendo in esame:

- Piezometri e pozzi dell'area interna al polo chimico
- Piezometri e pozzi dell'area esterna al polo chimico: piezometri dell'ex-Zuccherificio, pozzi ed utenze irrigue prossime allo stabilimento dell'ex-Zuccherificio, pozzo a profondità maggiore di 90 metri ad uso industriale dello stabilimento della SpA, pozzi dell'abitato di Spinetta Marengo
- Pozzi della rete AMAG esterni al polo chimico, predisposti proprio al fine di mettere in evidenza la distribuzione areale della contaminazione delle aree limitrofe allo stabilimento industriale

Sui campioni di acqua prelevati sono stati ricercati quei parametri chimici che, nel corso delle precedenti indagini, hanno superato le Concentrazioni Soglia di Contaminazione del D.lgs

152/2006 (ovvero quei valori tabellari definiti per le varie matrici ambientali e superati i quali un sito viene definito “potenzialmente inquinato” e si rende necessaria un’analisi di rischio sanitario):

- Metalli pesanti: cromo totale e cromo esavalente, nichel, piombo
- Fluoruri
- Solventi clorurati

Da una prima e generale osservazione dei risultati delle indagini è possibile osservare quanto segue:

- Una situazione di anomalia piezometrica all’interno del polo chimico dovuta ad ingenti perdite della rete di distribuzione delle acque industriali, della rete delle acque meteoriche e di raffreddamento nella zona , perdite che sono state ridotte negli ultimi anni a seguito di interventi mirati
- una significativa compromissione della falda superficiale in corrispondenza della parte centrale e settentrionale dello stabilimento, in prossimità dell’impianto dell’ , dove sono stati ritrovati cromo esavalente, solventi organoalogenati e fluoruri in concentrazioni estremamente alte. Da qui, questi contaminanti vengono trasportati nel flusso della falda a nord del confine dello stabilimento, estendendosi fino alla Cascina e a ridosso del fiume Bormida.
- Anche la falda profonda pare essere stata raggiunta dall’inquinamento da cromo esavalente e solventi clorurati nei pozzi in corrispondenza dell’impianto dell’ , nel lato nord dello stabilimento. Ad un raggio maggiore di distanza, la falda profonda è stata raggiunta dai solventi clorurati, sebbene le concentrazioni rilevate siano inferiori ai limiti fissati dal D.lgs 152/06 per le acque sotterranee.

Come anticipato nella premessa alla presente trattazione, lo scopo di questa indagine è quello di cercare di valutare nel modo più completo e corretto l’oggettivo rischio che contaminanti chimici presenti nel sito in esame e differenti scenari espositivi potrebbero comportare per la salute umana.

Il primo e fondamentale passo di questo processo è stato la caratterizzazione del sito con la ricerca ed il riconoscimento della/e sostanza/e per le quali esiste la plausibilità ed evidenza di effetti sanitari avversi per le persone. Ciò è stato funzionale per poter pervenire, attraverso un percorso graduale che verrà descritto in tutti i suoi passaggi, ad una definizione quantitativa del rischio (prodotto tra il valore della pericolosità della sostanza e la sua assunzione cronica giornaliera) associato all’esposizione a sostanze tossiche e/o cancerogene.

Sulla base di queste premesse, analizzando in dettaglio i dati a disposizione, è stato possibile rilevare che il numero di specie chimiche inquinanti indagate sul sito risulta elevato. Seguendo quanto riportato nel documento di riferimento (APAT, 2005), si è ritenuto pertanto necessario

ridurre il numero di specie chimiche da inserire nella procedura di analisi, individuando un numero circoscritto di “**contaminanti indicatori**” su e con cui calcolare in prima istanza il rischio derivante dalla loro assunzione.

I criteri con cui sono stati selezionati i “contaminanti indicatori” hanno tenuto conto dei seguenti fattori:

- ◆ I valori delle concentrazioni rilevate nel sito: sono stati presi in esame i parametri che hanno evidenziato superamenti della concentrazione limite accettabile definita dalla normativa vigente (il Testo Unico Ambientale D.lgs n. 152 del 2006, il D.lgs n. 30 del 16 marzo 2009, ed il D.lgs n 31 del 2001)
- ◆ La frequenza di rilevamento delle sostanze nei diversi punti di monitoraggio e nel corso di tutte le indagini (relative al periodo maggio-agosto 2008) effettuate a cura di ARPA
- ◆ Il pericolo intrinseco associato alle sostanze inteso come la valutazione delle loro proprietà tossicologiche (tossicità e/o cancerogenicità)
- ◆ Il loro grado di mobilità (intesa come capacità di migrazione) tra i diversi comparti ambientali
- ◆ La loro persistenza e capacità di bioaccumularsi nelle matrici agronomiche caratteristiche dell’area

Per quanto riguarda i riferimenti normativi (e quindi i valori limite) inerenti le acque sotterranee è necessario effettuare alcune precisazioni. Nella relazione ARPA “Inquinamento da cromo e solventi clorurati – polo industriale chimico Alessandria”, il riferimento normativo considerato è il Testo Unico Ambientale (Dlgs 152/06) che prevede la definizione di uno stato di qualità dei corpi idrici sotterranei sulla base di uno stato chimico e di uno stato quantitativo degli stessi. Tra gli indicatori chimici, oltre ai parametri considerati di base per l’attribuzione di un corpo idrico sotterraneo ad una delle classi di qualità, viene previsto il controllo di parametri addizionali per ognuno dei quali è indicato un valore limite, come riportato nella tabella 2.

Tabella 2 – tabella 21 del Dlgs 152/99 – parametri addizionali

| Inquinanti inorganici | µg/l | Inquinanti organici | µg/l |
|-----------------------|-------|---|-------|
| Alluminio | ≤300 | Composti alifatici alogenati (1) totali | ≤10 |
| Antimonio | ≤5 | di cui: | |
| Argento | ≤10 | - 1,2-dicloroetano | ≤3 |
| Arsenico | ≤10 | Pesticidi totali (1) | ≤0,5 |
| Bario | ≤2000 | di cui: | |
| Berillio | ≤4 | - aldrin | ≤0,05 |
| Boro | ≤1000 | - dieldrin | ≤0,05 |
| Cadmio | ≤5 | - endosulfato | ≤0,05 |
| Cromo III | ≤50 | - endosulfato epossido | ≤0,05 |
| Cromo tot. | ≤50 | Altri pesticidi individuali | ≤0,1 |
| Cromo VI | ≤5 | Acrilammide | ≤0,1 |
| Fluoruri | ≤1500 | Benzene | 0 |
| Mercurio | ≤1 | Cloruro di vinile | ≤0,5 |
| Nichel | ≤20 | HFA totali (2) | ≤0,1 |
| Nitriti | ≤500 | Benzo(a)pirene | ≤0,01 |
| Piombo | ≤10 | | |
| Rame | ≤1000 | | |
| Selenio | ≤10 | | |
| Zinco | ≤3000 | | |

- (1) in questo parametro sono compresi tutti i composti organici usati come biocidi (erbicidi insetticidi, fungicidi, acaricidi, algicidi, nematocidi ecc.).
 (2) si intendono in questa classe i seguenti composti specifici: benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(ghi)perilene, indeno(1,2,3-cd)pirene.

Come è possibile osservare, in riferimento agli inquinanti presi in esame nella presente trattazione, viene previsto un valore limite per il cromo nella sua forma esavalente ($\leq 5 \mu\text{g/l}$), per i fluoruri ($\leq 1500 \mu\text{g/l}$), e per i composti alifatici alogenati totali ($\leq 10 \mu\text{g/l}$), tra i quali solo per il 1,2 dicloroetano viene indicato un valore limite preciso ($\leq 3 \mu\text{g/l}$).

In questa trattazione viene, invece, considerata come normativa di riferimento il recente Decreto Legislativo del 16 marzo 2009, n. 30 “Attuazione della Direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e dal deterioramento” che consente una dettagliata analisi dei composti organici, dei limiti proposti come range di concentrazione riferito al variare della profondità della falda e che in linea di principio consente, nel formulare l’analisi di rischio sanitario, di meglio focalizzare la responsabilità eventuale dei singoli inquinanti. Questo dal momento che all’interno del generico gruppo dei “composti organo alogenati” sono in realtà compresi numerosi composti alifatici clorurati e alogenati (composti organici derivati da idrocarburi alifatici per sostituzione di uno o più atomi di idrogeno con altrettanti atomi di alogeno) ed altre sostanze aventi struttura chimica diversa da quella descritta (ad esempio: clorobenzene, diclorobenzene). Tutti questi composti sono distinti in composti cancerogeni e non cancerogeni in

quanto per alcuni di essi sono ormai note le proprietà cancerogene e/o mutagene (in particolare i trialometani, il tetracloruro di carbonio, l'1,1,1-tricloroetano, il tricloroetilene e il tetracloroetilene)

E' stato fatto ricorso allo stesso decreto anche per poter meglio misurare il rischio connesso alla presenza di cromo esavalente che nel Decreto n. 31 del 2001 (relativo alle acque destinate al consumo umano) viene sommariamente indicato come "cromo totale" mentre è scientificamente nota la differente tossicità tra cromo trivalente e cromo esavalente. Per quanto riguarda questo parametro chimico, si ritiene necessario ricordare che il Decreto Legislativo 152/2006 prevede che il Cromo non debba superare i seguenti limiti: 50 microgrammi/litro per le acque potabili, per le acque superficiali destinate alla potabilizzazione e per le acque sotterranee; 2000 microgrammi/litro nelle acque di scarico. Per il Cromo esavalente, invece, i limiti non sono definiti per le acque potabili e le acque superficiali destinate alla potabilizzazione; mentre il limite per le acque sotterranee è di 5 microgrammi/litro e per le acque di scarico di 200 microgrammi/litro.

Nel Decreto Legislativo del 16 marzo 2009, n. 30 a cui ci si è riferito nella presenta trattazione vengono pertanto definiti standard di qualità per alcuni parametri chimici e valori soglia per una serie di composti chimici pericolosi ritenuti necessari per la valutazione del buono stato chimico delle acque sotterranee, (metalli, inquinanti inorganici, composti organici aromatici, policiclici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, cloro benzeni, pesticidi, diossine e furani, altre sostanze).

Mentre uno standard di qualità rappresenta la concentrazione di un determinato inquinante o un indicatore di inquinamento nelle acque sotterranee che non dovrebbe essere superato al fine di proteggere la salute umana e l'ambiente, un valore soglia è uno standard di qualità ambientale stabilito a livello nazionale tenendo conto di numerosi fattori tra cui: l'entità delle interazioni tra acque sotterranee ed ecosistemi acquatici associati ad ecosistemi terrestri che dipendono da essi, l'interferenza con legittimi usi presenti e futuri delle acque sotterranee, le caratteristiche idrogeologiche (livelli di fondo e bilancio idrico), la tossicità umana, l'ecotossicità, la tendenza alla dispersione, la persistenza ed il loro potenziale di bioaccumulo.

In riferimento a quanto riportato nella normativa di riferimento ed alla tipologia delle sostanze rilevate nel sito in esame, nella **tabella 3** è stato riassunto l'elenco delle sostanze chimiche, suddivise per tipologia, riscontrate nei campioni di acque sotterranee provenienti da falda superficiale e profonda, il range di concentrazione (valore minimo e valore massimo in assoluto) riscontrato nel corso delle indagini e confrontato con il valore soglia (laddove individuato) previsto dalla recente normativa sulle acque sotterranee (D.lgs n. 30 del 16 marzo 2009).

Tabella 3

| Composto chimico | Falda superficiale Range di concentrazione ($\mu\text{g/l}$) | Falda profonda Range di concentrazione ($\mu\text{g/l}$) | Valori limite D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|--------------------------------------|--|--|--|
| <u>METALLI</u> | | | |
| Cromo VI | < 2,5 - 8203 | < 2,5 - 330 | 5 $\mu\text{g/l}$ |
| <u>INOQUINANTI INORGANICI</u> | | | |
| Fluoruri | < 500 - 10189 | < 500 - 665 | 1500 $\mu\text{g/l}$ |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | | Σ organo alogenati 10 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | |
| Cloroformio | 0,1 - 8025 | 0.037 - 511 | 0.15 $\mu\text{g/l}$ |
| 1,1 - dicloroetilene | 0,1 - 161.3 | 0.0041 - 26 | 0.05 $\mu\text{g/l}$ |
| tricloroetilene | 0,04 - 190 | 0.020 - 98,7 | 1.5 $\mu\text{g/l}$ |
| tetracloroetilene | 0,3 - 10,6 | 0.013 - 26.9 | 1.1 $\mu\text{g/l}$ |
| 1,2 dicloroetano | 0,010 - 300 | Non rilevato | 3 $\mu\text{g/l}$ |
| 1,1,2 tricloroetano | 0.0086 - 18.4 | 0,2 - 0,8 | 0,2 $\mu\text{g/l}$ |
| 1,1,2,2 tetracloroetano | 0.0055 - 4.1 | 0,5 | 0,05 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 0,0034 - 9447 | 14,1 - 498 | 60 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | | |
| Bromoformio | 0,0077 - 34.2 | 0,1 - 2,2 | 0.3 $\mu\text{g/l}$ |
| Bromodichlorometano | 0,004 - 3.4 | 0,1 - 0,3 | 0.17 $\mu\text{g/l}$ |
| dibromoclorometano | 0.011 - 7.9 | 0,3 - 0,7 | 0.13 $\mu\text{g/l}$ |
| Altri organoalogenati | | | |
| Tetracloruro di carbonio | 0.18 - 6916 | 0.1 - 170 | |

$\mu\text{g/l}$ = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Dopo questi primo esame dei dati a disposizione, è stato effettuato un ulteriore approfondimento dell'analisi dei risultati e rielaborazione degli stessi. Sebbene le verifiche analitiche siano tuttora in corso e pertanto anche le concentrazioni riscontrate in continuo aggiornamento, i valori riportati sono stati riesaminati partendo dai seguenti presupposti:

- o Esiste un diverso grado di contaminazione tra i pozzi interni e quelli esterni allo stabilimento che si potrebbe tradurre in condizioni e livelli di esposizione differenti dei potenziali bersagli
- o Il potenziale rischio associato alle sostanze chimiche ritrovate assume significato e valore diverso qualora i pozzi evidenzino tra loro differenze qualitative e/o quantitative: in altri termini diversa potrebbe essere la situazione in cui è stato rilevato un numero limitato di sostanze ma in concentrazioni elevate da quella in cui al contrario è stato rilevato un numero significativo di composti chimici le cui concentrazioni sono più contenute.

Per tali motivi, dai dati in possesso, è stata effettuata una suddivisione tra i pozzi interni ed i pozzi esterni allo stabilimento riportando, per entrambi i gruppi, quelli i più significativi dal punto di vista qualitativo e quantitativo.

Per ciascun pozzo, è stato quindi riportato il valore massimo della concentrazione rilevata (tra tutte le serie di dati ottenuti per lo stesso pozzo e per lo stesso parametro) per quelle sostanze chimiche che hanno evidenziato il superamento della concentrazione limite accettabile definita dalla normativa vigente: questo dal momento che si è assunto di procedere con la successiva caratterizzazione del rischio secondo la logica “del peggior caso possibile” (worst case) secondo cui le variabili utilizzate per la stima vengono ad assumere i valori più elevati possibili, permettendo in tal modo, se la stima risultante dovesse essere inferiore ai valori considerati quantomeno “di attenzione”, di escludere con ampio margine di sicurezza l’esistenza di possibili rischi per la salute della popolazione.

Pozzo IN2 – pozzo barriera della profondità di 18,10 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo esavalente | 8203 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 776 | 0.15 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 185 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati Tetracloruro di carbonio | 442 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo IN3 – pozzo barriera della profondità di 16,90 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 4639 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 225 | 0.15 µg/l |
| tetracloroetilene | 10,6 | 1.1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 44,6 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati Tetracloruro di carbonio | 102 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo V – piezometro superficiale della profondità di 18,20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 356 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 661,7 | 0.15 µg/l |
| tricloroetilene | 15,5 | 1.5 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 27,6 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 137 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo T – piezometro superficiale della profondità di 10,05 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 118 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 343 | 0.15 µg/l |
| Tricloroetilene | 8,6 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 3,7 | 1.1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 73,5 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 86,1 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 8 – pozzo barriera della profondità di 17,05 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 89 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Tricloroetilene | 68,7 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 6,5 | 1.1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 9,5 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 7,5 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo B' – piezometro superficiale della profondità di 18,15 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 161 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 8025 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 86,6 | 0.05 µg/l |
| tricloroetilene | 190 | 1.5 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 1078 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 34.2 | 0.3 µg/l |
| Bromodichlorometano | 3.4 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 7.9 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 6916 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo VALLE 1 – piezometro superficiale della profondità di 20,80 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|---|
| METALLI | | |
| Cromo VI | 271 | 5 µg/l |
| COMPOSTI ORGANICI | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 231 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 28 | 0.05 µg/l |
| Tricloroetilene | 64,4 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 9 | 1,1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 768 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 1,3 | 0.3 µg/l |
| Bromodiclorometano | 0,2 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,4 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 347 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo MONTE – piezometro superficiale della profondità di 18,00 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|---|
| METALLI | | |
| Cromo VI | 194 | 5 µg/l |
| COMPOSTI ORGANICI | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 115 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 6,1 | 0.05 µg/l |
| Tricloroetilene | 92,4 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 9 | 1,1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 247 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 1,7 | 0.3 µg/l |
| Bromodiclorometano | 0,5 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,2 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 58,9 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Tra tutti i pozzi interni allo stabilimento, quelli riportati hanno evidenziato situazioni particolarmente critiche: in corrispondenza dei pozzi IN2 e IN3 i valori cromo esavalente sono estremamente elevati, situazioni critiche si ritrovano anche nei pozzi V e T e da qui i contaminanti vengono dilavati e trasportati nel flusso della falda dal momento che nel pozzo Valle 1 si ritrovano le stesse sostanze a concentrazioni comparabili. Il pozzo B' è particolarmente significativo sia dal punto di vista qualitativo sia quantitativo poiché caratterizzato da numerose sostanze chimiche presenti anche a elevate concentrazioni.

Relazione di Caratterizzazione Ambientale

Pozzo 8 (uso umano) – pozzo c/o magazzino materiali tecnici della profondità di 100,00 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|------------------------------|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 10 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 0,2 | 0.15 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 8,2 | 60 µg/l |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 2bis (uso industriale) – pozzo della profondità di 70,00 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|------------------------------|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 330 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 511 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 1,4 | 0.05 µg/l |
| Tricloroetilene | 6 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 3,6 | 1,1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 62,9 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati Tetracloruro di carbonio | 170 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 19 (uso industriale) – pozzo della profondità di 82,00 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 10 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 106 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 26 | 0.05 µg/l |
| Tricloroetilene | 98,7 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 4,1 | 1,1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 498 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 1,4 | 0.3 µg/l |
| Bromodichlorometano | 0,4 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,7 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 125 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 20bis (uso industriale) – fronte impianto

della profondità di 75,00 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 33 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 154 | 0.15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 15,5 | 0.05 µg/l |
| tricloroetilene | 36,7 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 1 | 1.2 µg/l |
| 1,1,2,2 tetracloroetano | 0,5 | 0,05µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 147 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 2,2 | 0.3 µg/l |
| Bromodichlorometano | 0,3 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,7 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 164 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Anche la falda profonda interna allo stabilimento è stata raggiunta dall'inquinamento da cromo e da solventi clorurati ed in particolare in corrispondenza dei pozzi 2 bis e 20bis localizzati a nord dello stabilimento stesso.

Pozzo PD2 – piezometro superficiale della profondità di 22,50 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata $\mu\text{g/l}$ | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-----------------------|---|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 10 | 5 $\mu\text{g/l}$ |

$\mu\text{g/l}$ = microgrammi per litro

Pozzo IN7 – pozzo barriera della profondità di 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata $\mu\text{g/l}$ | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|---|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 57 | 5 $\mu\text{g/l}$ |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | Σ organo alogenati 10 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 29,2 | 0.15 $\mu\text{g/l}$ |
| Tricloroetilene | 10,7 | 1.5 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | 183 | 60 $\mu\text{g/l}$ |
| 1,2 – dicloroetilene | | |
| Altri organoalogenati | 21,3 | |
| Tetracloruro di carbonio | | |

$\mu\text{g/l}$ = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 2A – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 123 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 140 | 0.15 µg/l |
| Tricloroetilene | 65 | 1.5 µg/l |
| tetracloroetilene | 2,4 | 1,1 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 515 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromodichlorometano | 0,3 | 0.17 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,6 | 0.13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 220 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 5 – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 105 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | Σ organo alogenati 10 µg/l |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 39 | 0.15 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 460 | 60 µg/l |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 9 – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata $\mu\text{g/l}$ | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|---|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 264 | 5 $\mu\text{g/l}$ |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Σ organo alogenati 10 $\mu\text{g/l}$ | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 950 | 0.15 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 965 | 60 $\mu\text{g/l}$ |
| Altri organoalogenati Tetracloruro di carbonio | 1100 | |

$\mu\text{g/l}$ = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Pozzo 12 – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata $\mu\text{g/l}$ | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|---|---|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 201 | 5 $\mu\text{g/l}$ |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Σ organo alogenati 10 $\mu\text{g/l}$ | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 120 | 0.15 $\mu\text{g/l}$ |
| Tricloroetilene | 33,4 | 1,5 $\mu\text{g/l}$ |
| Tetracloroetilene | 6,3 | 1,1 $\mu\text{g/l}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 523 | 60 $\mu\text{g/l}$ |
| Altri organoalogenati Tetracloruro di carbonio | 170 | |

$\mu\text{g/l}$ = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Come riportato nella relazione ARPA, il pozzo 2 a monte dello stabilimento presenta una concentrazione costantemente maggiore rispetto agli altri, il pozzo 8 (a valle secondo la direzione del flusso di falda rispetto al pozzo 2) mostra valori ancora elevati di cromo esavalente e di solventi organo alogenati anche se in progressiva attenuazione. In corrispondenza del pozzo 9 sono state rilevate concentrazioni significative degli stessi elementi presenti nel pozzo 2 compatibili con quanto rilevato nel piezometro Valle 1. I pozzi PD2 e PZIN7 sono caratterizzati dalla presenza di cromo esavalente e di solventi clorurati in concentrazioni superiori alla normativa.

Cascina (uso irriguo del pozzo) – profondità 40 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 102 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Σ organo alogenati 10 µg/l | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 83,4 | 0,15 µg/l |
| 1,1 – dicloroetilene | 16,7 | 0,05 µg/l |
| tricloroetilene | 53 | 1,5 µg/l |
| tetracloroetilene | 2 | 1,3 µg/l |
| 1,2 dicloroetano | 12 | 3 µg/l |
| 1,1,2 tricloroetano | 0,3 | 0,2 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 679 | 60 µg/l |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | |
| Bromoformio | 0,7 | 0,3 µg/l |
| dibromoclorometano | 0,3 | 0,13 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 124 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Via – sig. (uso domestico del pozzo) – profondità 20 metri

| Composto chimico | Concentrazione rilevata µg/l | Valori soglia D Lgs 16 marzo 2009 n. 30 |
|-------------------------------------|------------------------------|---|
| <u>METALLI</u> | | |
| Cromo VI | 23 | 5 µg/l |
| <u>COMPOSTI ORGANICI</u> | | |
| Σ organo alogenati 10 µg/l | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | |
| Cloroformio | 13,3 | 0,15 µg/l |
| tricloroetilene | 2,1 | 1,5 µg/l |
| tetracloroetilene | 1,2 | 1,4 µg/l |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 29,6 | 60 µg/l |
| Altri organoalogenati | | |
| Tetracloruro di carbonio | 26,8 | |

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

Infine, dai controlli effettuati sul territorio sono state riscontrate nella falda superficiale concentrazioni ancora elevate di alcune sostanze chimiche ritrovate all'interno dello stabilimento a dimostrare l'estensione dell'inquinamento in particolare verso la zona a nord dello stabilimento stesso.

FASE 2: VALUTAZIONE DEI POTENZIALI EFFETTI BIOLOGICI (TOSSICI E CANCEROGENI) DELLE SOSTANZE CHIMICHE E STUDIO DELLA RELAZIONE DOSE-RISPOSTA

In questa seconda fase, sulla base dei dati a disposizione, sono stati presi in considerazione per ogni categoria di composti presenti nell'area di studio e precedentemente individuati come significativi in termini di presenza e concentrazione:

- I tipi di effetti avversi associati con l'esposizione agli agenti chimici identificati (informazione necessaria per valutare se l'esposizione ad un agente chimico possa plausibilmente causare un aumento nell'incidenza di effetti avversi)
- la relazione tra la dose del contaminante somministrato o ricevuto e l'incidenza dell'effetto sanitario avverso nella popolazione esposta. Dallo studio della funzione dose-risposta (mediante indagini tossicologiche ed epidemiologiche) vengono ricavati i valori che possono essere utilizzati per stimare l'incidenza degli effetti avversi che potrebbero essere rilevati nelle persone esposte alle concentrazioni dei vari agenti chimici individuati nell'area in esame

I dati tossicologici relativi alle varie sostanze rilevate, derivano dalla banca dati HSDB (Hazard Substances Data Bank), edita dalla National Library of Medicine-USA, in cui vengono riportati i profili tossicologici delle sostanze, disponibili al link: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>, e dalla banca dati relativa alle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle specie chimiche inquinanti, disponibile al link http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Siti_contaminati/Analisi_di_rischio messa a punto dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro (ISPESL).

Nella tabella 4 vengono riportate, dalla banca dati descritta in precedenza, le caratteristiche tossicologiche delle varie sostanze chimiche indicatrici prese in esame nella relazione.

Tabella 4

| Sostanza | Cat. Carc UE | Classe cancer. EPA | RfD ingestione (mg/kg/die) | CSF (mg/kg/die) | Coefficiente di permeabilità Kp (cm/ora) |
|---|--------------|--------------------|----------------------------|-----------------|--|
| METALLI | | | | | |
| Cromo VI | 2 | A | 0.003 | / | 0.0013 |
| INQUINANTI INORGANICI | | | | | |
| Fluoruri | | D | 0.06 | | 0.00161 |
| COMPOSTI ORGANICI | | | | | |
| Triclorometano ² (Cloroformio) | 3 | 2B | 0.01 | 0.0061 | 0.0089 |
| 1,1 dicloroetilene | 3 | C | 0.05 | 0.6 | 0.016 |
| tricloroetilene | 2 | 2B | 0.006 | 0.011 | 0.23 |
| tetracloroetilene | 3 | 2B | 0.01 | 0.54 | 0.048 |
| 1,2 dicloroetano | 2 | 2B | 0.02 | 0.091 | 0.0053 |
| 1,1,2 tricloroetano | 3 | C | 0.004 | 0.057 | 0.0084 |
| 1,1,2,2 tetracloroetano | / | C | 0.06 | 0.2 | 0.009 |
| 1,2 dicloroetilene | / | D | 0.01 | / | 0.01 |
| bromofornio | / | 2B | 0.02 | 0.00385 | 0.0026 |
| bromodiclorometano | / | 2B | 0.02 | 0.062 | 0.0058 |
| dibromoclorometano | / | C | 0.02 | 0.084 | / |

Cat. Carc UE = classificazione di cancerogenesi secondo l'Unione Europea

Classe cancer. EPA = classe di cancerogenicità secondo l'Environmental Protection Agency

RfD ing = reference dose per ingestione

CSF = Cancer Slope Factor

Al fine di una migliore comprensione delle successive fasi del percorso di valutazione del rischio, è necessario fornire alcune spiegazioni sul significato dei termini riportati nella tabella, ed in particolare:

- **classificazione di cancerogenesi:** la Banca Dati ISS-ISPESL fa riferimento prioritariamente alla classificazione delle sostanze pericolose dell'Unione Europea, che può differire dalla classificazione effettuata per una specifica sostanza dalla USEPA e dallo IARC. Secondo i criteri ufficiali dell'Unione Europea (direttiva 93/72/CEE), recepiti dal nostro ordinamento legislativo, la classificazione prevede tre categorie:

Tabella 5 – classificazione di cancerogenesi secondo l'Unione Europea

| | |
|--------------------|---|
| Categoria 1 | Sostanze note per gli effetti cancerogeni sull'uomo. Esistono prove sufficienti (in base ai dati epidemiologici) per stabilire un nesso causale tra l'esposizione dell'uomo alla sostanza e lo sviluppo di tumori. |
| Categoria 2 | Sostanze che dovrebbero considerarsi cancerogene per l'uomo. Esistono elementi sufficienti per ritenere verosimile che l'esposizione dell'uomo alla sostanza possa provocare lo sviluppo di tumori, in generale sulla base di: <ul style="list-style-type: none"> • adeguati studi a lungo termine effettuati sugli animali; • altre informazioni specifiche. |
| Categoria 3 | Sostanze da considerare con sospetto per i possibili effetti cancerogeni sull'uomo per le quali tuttavia le informazioni disponibili non sono sufficienti per procedere ad una valutazione soddisfacente. Esistono alcune prove ottenute da adeguati studi sugli animali che non bastano tuttavia per classificare la sostanza nella categoria 2. |

La classificazione proposta dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) è forse la più autorevole ed è stata adottata dalla Commissione Consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e dell'igiene del lavoro, presso il Ministero del Lavoro.

Tabella 6 – classificazione di cancerogenesi secondo l'International Agency for Research on Cancer

| | |
|------------------|---|
| Gruppo 1 | Cancerogeno accertato per l'uomo: vi è evidenza di cancerogenicità per l'uomo in studi epidemiologici adeguati che escludono il ruolo del caso, del confondimento e della distorsione dello studio |
| Gruppo 2A | Probabile cancerogeno per l'uomo sulla base di evidenza limitata in studi epidemiologici e di evidenza sufficiente negli animali |
| Gruppo 2B | Possibile cancerogeno per l'uomo sulla base di evidenza limitata nell'uomo e di evidenza non sufficiente nell'animale oppure di evidenza inadeguata nell'uomo |
| Gruppo 3 | Non classificabile (evidenza inadeguata) |
| Gruppo 4 | Probabile non cancerogeno per l'uomo sulla base di evidenza che suggerisce l'assenza di cancerogenicità nel roditore e nell'uomo e, in certi casi, sulla base dell'evidenza che suggerisce l'assenza di cancerogenicità nel roditore e l'inadeguatezza o la mancanza del dato sull'uomo, in presenza di altri dati rilevanti. |

La classificazione di cancerogenicità secondo l'Environmental Protection Agency prevede:

Tabella 7 – classificazione di cancerogenesi secondo l'Environmental Protection Agency

| | |
|---------------------|---|
| Categoria A | Composti accertati cancerogeni per l'uomo. |
| Categoria B1 | Composti probabili cancerogeni con limitata evidenza di cancerogenicità in studi epidemiologici |
| Categoria B2 | Composti probabili cancerogeni con sufficiente evidenza di cancerogenicità in studi su animali e inadeguata evidenza o assenza di dati in studi sull'uomo |
| Categoria C | Composti possibili cancerogeni per l'uomo con limitata evidenza di cancerogenicità per gli animali e assenza di dati o dati negativi o dati inadeguati sull'uomo |
| Categoria D | Composti non classificabili cancerogeni per l'uomo con inadeguata evidenza sia nell'uomo che negli animali o sostanze per cui non sono disponibili dati |
| Categoria E | Composti che non hanno dimostrato potenzialità cancerogene in almeno due studi su animali, condotti in modo adeguato su specie diverse, o sia in studi animali che epidemiologici |

Per alcune sostanze oggetto della relazione non sussiste la classificazione dell'Unione Europea ma solo quella statunitense della US EPA: in questi casi le valutazioni hanno pertanto tenuto in considerazione le informazioni esistenti e più cautelative.

- **RfD (Reference Dose):** questo termine si riferisce alle proprietà tossiche (e non cancerogene) delle sostanze. Le sostanze tossiche, a differenza dalle sostanze cancerogene, mostrano un effetto soglia ovvero al di sotto di una certa concentrazione esse non provocano effetti sanitari negativi. Tale soglia di concentrazione è nota come dose di riferimento, *Reference Dose*, RfD (mg/kg/giorno ovvero mg/kg-giorno) e rappresenta l'assorbimento (*intake*) giornaliero che si

stima non essere associato ad alcun effetto finale di intossicamento (*toxic endpoint*). Nell'analisi di rischio si sceglie come RfD quello corrispondente all'evento tossico più critico (effetti di tossicità, di danni a specifici organi, di mutagenicità o di disfunzioni riproduttive) quello cioè che si manifesta alla concentrazione minore. Per scopi di protezione sanitaria i valori RfD adottati sono molto inferiori all'effettivo livello di tolleranza determinato mediante studi su animali o mediante dati raccolti su esseri umani. Si usa a tale fine un fattore di sicurezza variabile da 10 a 10.000 in funzione del grado di affidabilità dei valori dose-risposta (in altri termini si divide la dose ottenuta sugli animali per 10 o per multipli di 10 fino a 10000). I valori di dose di riferimento variano a seconda delle modalità di assunzione della sostanza. Si hanno perciò valori RfD ing per i percorsi orali (ingestione) e valori RfD inal per i percorsi di inalazione. Come verrà meglio descritto in seguito, le vie di esposizione considerate al fine del processo di valutazione del rischio sono la via orale e la via dermica e di conseguenza sono state tralasciate le informazioni relative ai dati tossicologici legate alla via inalatoria.

- **CSF (Cancer slope factor):** Per gli agenti cancerogeni e mutageni si ragiona in termini di probabilità. Il potenziale cancerogeno (o *Slope Factor, SF*) di una sostanza rappresenta il **rischio** che essa causi un tumore **nel corso di tutta la vita**, per unità di assunzione giornaliera per unità di peso corporeo. Secondo il modello tossicologico sviluppato dall'EPA il rischio cancerogeno esiste sempre, qualunque sia la concentrazione, anche minima, della sostanza con la quale si entra in contatto. In passato si riteneva da parte di alcuni che anche le sostanze cancerogene, come quelle tossiche, possedessero una soglia al di sotto della quale l'effetto era nullo. Tuttavia gli studi più recenti hanno negato definitivamente l'esistenza di valori soglia per le sostanze ad effetto cancerogeno accertato.

Il fattore di pendenza (o *Slope Factor, SF*) è il rapporto fra il rischio di cancro e la dose unitaria di una data sostanza. L'espressione 'fattore di pendenza' deriva dalla forma dei grafici dose-risposta ottenuti negli studi tossicologici. Questi grafici forniscono l'incidenza di cancro durante l'esistenza prevista (vale a dire la probabilità di contrarre il cancro) in funzione del dosaggio. In pratica il fattore di pendenza è il coefficiente angolare del tratto lineare iniziale della curva dose-risposta. La pendenza della curva rappresenta anche intuitivamente il potere (*potency*) cancerogeno della sostanza. Questo fattore consente pertanto di stimare la probabilità dell'incidenza di cancro collegabile ad un'assunzione giornaliera, mediata sull'intera durata di vita, della particolare sostanza chimica. Si tratta di una stima cautelare (*conservative*). La pendenza è calcolata come limite di confidenza superiore, al 95%, della curva dose-risposta ed è esprimibile come inverso del dosaggio (ad es [mg/kg-giorno]⁻¹).

Minore è il dosaggio necessario per provocare il danno sanitario, maggiore è naturalmente la corrispondente pericolosità e maggiore sarà la pendenza, vale a dire lo *slope factor*.

Anche in questo caso i fattori di pendenza variano in funzione delle modalità di assunzione. Si hanno infatti fattori di pendenza Sf_{ing} per percorsi di ingestione orale e Sf_{inal} per percorsi di inalazione, i quali sono numericamente, oltre che concettualmente, diversi fra loro. A differenza della dose di riferimento, che caratterizza le sostanze tossiche sistemiche, i fattori di pendenza non sono funzione dello specifico organo ma rappresentano la probabilità di incidenza del cancro in qualunque forma. Fra due sostanze, quella a maggiore valore di Sf fornisce il rischio maggiore

Osservando la tabella riportata, si evidenzia che, per alcune sostanze riportate nella banca-dati in alcuni casi viene riportato il valore di Slope Factor per l'ingestione o per l'inalazione o per entrambi, mentre in altri casi non viene riportato alcun valore di Slope Factor. In attesa di una completa revisione della Banca-Dati, sono stati adottati i valori riportati nella Banca-Dati ISS-ISPEL e considerato il rischio cancerogeno solo dove è stato riportato il valore di Slope Factor.

- **Coefficiente di permeabilità K_p :** parametro usato nel caso di valutazione dell'assorbimento dermico necessario per la stima dell'assorbimento attraverso la pelle; esso rappresenta il tasso di penetrazione di una sostanza chimica attraverso la pelle nell'unità di tempo

FASE 3 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE (AAD AVERAGE DAILY DOSE O LADD LIFETIME AVERAGE DAILY DOSE)

Una volta acquisite le informazioni sulla tossicità delle sostanze chimiche oggetto di indagine, sono state valutate le vie e le modalità di esposizione mediante le quali i potenziali bersagli possono entrare in contatto con i contaminanti.

Per chiarire meglio il percorso metodologico seguito, è necessario effettuare alcune premesse.

Con il termine "esposizione" si intende il contatto che si verifica tra un agente chimico, fisico, biologico e la superficie esterna di un individuo. La valutazione dell'esposizione, parte fondamentale ed essenziale per la valutazione del rischio, rappresenta la valutazione quantitativa e qualitativa del contatto poiché descrive l'intensità, la frequenza e la durata dell'esposizione. La valutazione dell'esposizione comprende anche la determinazione della quantità di composto chimico che entra in contatto con la superficie corporea, la determinazione della via di esposizione (ingestione, inalazione o contatto dermico), la quantità risultante di composto chimico assorbita (dose interna). I due principali processi per i quali un composto può attraversare la superficie sono:

- l'assunzione, "intake", che deriva dal movimento fisico del composto attraverso una via di contatto del corpo (bocca o naso);
- l'assorbimento, "uptake", che comporta l'assorbimento del composto chimico attraverso la cute o altri tessuti esposti come, per esempio, gli occhi.

Partendo da questi presupposti, il processo di valutazione dell'esposizione ha pertanto previsto una prima fase di tipo qualitativo in cui sono state identificate le modalità di esposizione ed un secondo momento in cui è stata quantificata l'esposizione.

➤ **Identificazione delle modalità di esposizione**

Per la valutazione delle modalità attraverso cui le popolazioni bersaglio della contaminazione possono venire a contatto con i contaminanti, bisogna prendere in considerazione i seguenti fattori:

- La sorgente e il meccanismo di rilascio dei contaminanti;
- Il destino ambientale delle sostanze (persistenza, trasformazione, trasporto...);
- Il punto di esposizione, ossia il punto di contatto umano con il mezzo contaminato;
- Le vie di esposizione: ingestione, inalazione, contatto dermico.

Le valutazioni preliminari eseguite nei paragrafi precedenti sull'area contaminata hanno permesso di definire le sorgenti di contaminazione e le modalità di trasporto dei contaminanti (falda idrica), le trasformazioni chimiche, fisiche, biologiche che subiscono nell'ambiente e le proprietà tossicologiche (mediante consultazione delle apposite banche dati).

Sulla base di ciò sono stati individuati i recettori umani (adulti e bambini) che possono venire a contatto con il mezzo contaminato scegliendoli in base alla localizzazione sul territorio (ovvero in corrispondenza della sorgente di contaminazione oppure ad una certa distanza sul territorio) ed alla destinazione d'uso del suolo (residenziale, ricreativo o industriale).

Nella presenta trattazione si è deciso di considerare lo scenario di esposizione "residenziale" in quanto sul territorio in oggetto sono presenti abitazioni e pertanto si presuppone che i residenti siano in frequente contatto con gli inquinanti presenti, l'assunzione di sostanze inquinanti sia giornaliera e a lungo termine con possibilità pertanto di generare elevati rischi di esposizione. Le vie di esposizione considerate al fine del processo di valutazione del rischio sono la via orale e la via dermica.

➤ **Quantificazione dell'esposizione**

Una volta definita la modalità di esposizione, si è proceduto con la valutazione della stima dell'introito (o portata effettiva di esposizione) associato ad ogni singola sostanza in esame e che rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante. La valutazione dell'esposizione ha portato all'individuazione della dose giornaliera (definita **AAD** *Average Daily Dose* per le sostanze non cancerogene e **LADD** *Lifetime Average Daily Dose* per le sostanze cancerogene) che può essere assunta dai recettori umani come bersaglio della matrice contaminata.

Per il calcolo dell'introito sono state prese in considerazione le seguenti variabili:

- Concentrazione di esposizione;
- Tasso di contatto, frequenza e durata di esposizione, peso corporeo;
- Tempo medio per la stima dell'effetto.

Per quanto riguarda la modalità di esposizione "ingestione di acqua", la dose assunta viene calcolata con la seguente equazione:

$$[ADD = (C \times IR \times EF \times ED) / (BW \times AT)]$$

dove:

ADD/LADD = dose giornaliera media (mg/kg/die). la differenza tra questi due parametri è il tempo di esposizione (AT): per le sostanze cancerogene è mediata sull'effettiva durata dell'esposizione.

C = concentrazione della sostanza (mg/L)

IR = tasso di contatto con la matrice contaminata (mg/die).

EF = frequenza di esposizione, indica il numero di giorni all'anno in cui una persona viene a contatto con l'inquinante: 350 die/anno.

ED = durata di esposizione (anni). nello scenario di esposizione residenziale e ricreativo "adulti", la durata di esposizione è pari a 24 anni e pari a 6 per lo scenario di esposizione "bambini".

BW = peso corporeo (kg): 70 kg per gli adulti e 15 kg per i bambini

AT = periodo sul quale l'esposizione è mediata che per le sostanze cancerogene è calcolata sulla durata media della vita (70 anni) e per quelle non cancerogene è mediata sul periodo effettivo di esposizione ED.

Per il "contatto dermico" con l'acqua contaminata ad es. durante la doccia, la dose media giornaliera assunta viene calcolata attraverso la seguente equazione:

$$[\text{ADD} = (\text{CW} \times \text{SA} \times \text{Kp} \times \text{CF} \times \text{ET} \times \text{EF} \times \text{ED}) / (\text{BW} \times \text{AT})]$$

dove:

ADD/LADD= dose media giornaliera o LADD per le sostanze cancerogene (mg/kg-die); la differenza tra questi due parametri è il tempo di esposizione (AT); per le sostanze cancerogene è mediata sull'effettiva durata dell'esposizione.

CW = è la concentrazione della sostanza in acqua

SA = superficie di pelle esposta (cm²) rappresenta l'area di pelle che può venire a contatto con un inquinante: per lo scenario ricreativo (fare la doccia) "adulto" la superficie di pelle esposta è pari a 19400 cm², per lo scenario "bambino" è pari al valore di 9300cm².

Kp = coefficiente di permeabilità per la sostanza

CF = fattore di conversione 10⁻³ L/cm³ (1L = 1000 cm³).

ET = tempo di esposizione, durata della doccia 0.25 hr/die.

EF = frequenza di esposizione, indica il numero di giorni all'anno in cui una persona viene a contatto con l'inquinante: 350 die/anno.

ED = durata di esposizione: nello scenario di esposizione residenziale e ricreativo "adulti", la durata di esposizione è pari a 24 anni e pari a 6 per lo scenario di esposizione "bambini".

BW = peso corporeo: 70 kg per gli adulti e 15 kg per i bambini.

AT = tempo sul quale l'esposizione è mediata: per la sostanze non cancerogene tale valore è pari alla durata effettiva dell'esposizione (AT = ED), per le sostanze cancerogene è uguale a 70 anni.

Nella tabella 8 vengono riportati i valori di default delle equazioni sopra descritte così come indicati nel documento “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT giugno 2005 e succ. revisioni agosto 2006 e marzo 2008) ed utilizzati per la valutazione del rischio riportata in questa relazione.

A ulteriore conferma di quanto ottenuto sono stati anche seguiti i criteri definiti da EPA (US EPA, 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund Volume) in cui la durata di esposizione ED, nello scenario di esposizione residenziale e ricreativo per gli adulti, è pari a 30 anni. Dai risultati ottenuti, le due valutazioni non hanno messo in evidenza alcuna differenza.

Tabella 8 – fattori di esposizione comuni a tutte le modalità di esposizione e relativi alle singole vie di esposizione: valori di default usati per la valutazione del rischio

| FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF) | Simbolo | Unità di Misura | Residenziale | | Ricreativo | | Com.Ind | |
|--|---------|---------------------------|----------------|---------|------------|---------|---------|--|
| | | | Adulto | Bambino | Adulto | Bambino | | |
| Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione | | | | | | | | |
| Peso corporeo | EW | kg | 70 | 15 | 70 | 15 | 70 | |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene | ATc | ann | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene | ATn | ann | ED | ED | ED | ED | ED | |
| Inalazione di Aria Outdoor (AO) | | | | | | | | |
| Durata di esposizione | ED | ann | 24 | 6 | 24 | 6 | 25 | |
| Frequenza di esposizione | EF | giorn/anno | 350 | 350 | 350 | 350 | 250 | |
| Frequenza giornaliera di esposizione outdoor | EFgo | ora/giorno | 24 | 24 | 3 | 3 | 8 | |
| Inalazione outdoor | Io | m ³ /ora | 0,9 (a) | 0,7 (a) | 3,2 | 1,5 | 2,5 (b) | |
| Frazione di particelle di suolo nella polvere | Fst | adim. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Inalazione di Aria Indoor (AI) | | | | | | | | |
| Durata di esposizione | ED | ann | 24 | 6 | — | — | 25 | |
| Frequenza di esposizione | EF | giorn/anno | 350 | 350 | — | — | 250 | |
| Frequenza giornaliera di esposizione indoor | EFg | ora/giorno | 24 | 24 | — | — | 8 | |
| Inalazione indoor | Ii | m ³ /ora | 0,9 | 0,7 | — | — | 0,9 (b) | |
| Frazione indoor di polvere | Fi | adim. | 1 | 1 | — | — | 1 | |
| Contatto dermico con Suolo (SS) | | | | | | | | |
| Durata di esposizione | ED | ann | 24 | 6 | 24 | 6 | 25 | |
| Frequenza di esposizione | EF | giorn/anno | 350 | 350 | 350 | 350 | 250 | |
| Superficie di pelle esposta | SA | cm ² | 5700 | 2800 | 5700 | 2800 | 3300 | |
| Fattore di aderenza dermica del suolo | AF | mg/cm ² giorno | 0,07 | 0,2 | 0,07 | 0,2 | 0,2 | |
| Fattore di assorbimento dermico | ABS | adim. | 0,1 / 0,01 (*) | | | | | |
| Ingestione di Suolo (SI) | | | | | | | | |
| Durata di esposizione | ED | ann | 24 | 6 | 24 | 6 | 25 | |
| Frequenza di esposizione | EF | giorn/anno | 350 | 350 | 350 | 350 | 250 | |
| Frazione di suolo ingerita | FI | adim. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Tasso di ingestione di suolo | IF | mg/giorno | 100 | 200 | 100 | 200 | 50 | |

(a) In caso di intensa attività fisica, in ambienti residenziali outdoor, si consiglia l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a 1,5 m³/ora per gli adulti e di 1,0 m³/ora per i bambini.

(b) Il tasso di inalazione pari a 2,5 m³/ora è da utilizzare nel caso di dura attività fisica, mentre, nel caso di attività moderata e sedentaria è più opportuno utilizzare un valore rispettivamente pari a 1,5 e 0,9 m³/ora.

(*) Tale parametro è una proprietà specifica della specie chimica esaminata. Nonostante ciò, alcuni testi, come anche il Manuale Uniformi, propongono di associare tale parametro un valore pari a 0,1 per le sostanze organiche e pari a 0,01 per le sostanze inorganiche. Si suggerisce pertanto di adottare tale valore per sostanze non riportate in Tab. 1-4-1.

FASE 4 - STIMA E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

Dopo aver acquisito le informazioni così come descritte nel precedente paragrafo, si è proceduto con la valutazione del rischio associato all'esposizione dei contaminanti ritrovati nelle acque dei pozzi del sito in oggetto, prendendo in esame come vie di esposizione la via orale e quella via dermica.

- La stima e la caratterizzazione del rischio consiste nell'integrazione del valore della dose media giornaliera (ADD o LADD) con l'informazione tossicologica quantitativa.

Per le **sostanze cancerogene** si parla di *Estimated Lifetime Cancer Risk* definito come la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita causati dall'esposizione alla sostanza rispetto alle condizioni di vita usuali:

$$[R = LADD \times CSF]$$

dove CSF *Cancer Slope Factor* è il parametro di tossicità per le sostanze cancerogene ed indica la pendenza della curva dose-risposta ossia il potenziale cancerogeno di una certa sostanza (mg/kg-die). Solo le sostanze di cui è certa o probabile la cancerogenicità (secondo la classificazione UE, IARC o EPA) possono essere soggette ad un percorso di *Risk Assessment*.

Per le **sostanze non cancerogene** si parla di un indice di rischio *Hazard Index* definito come rapporto tra la quantità giornaliera di contaminate effettivamente assunta dal recettore e una dose di riferimento (RfD - Reference Dose) che rappresenta la dose quotidiana accettabile o tollerabile (ADI o TDI - Acceptable o Tolerable Daily Intake):

$$[HI = ADD / RfD]$$

La determinazione dei valori di riferimento per via orale (RfD) si basa sull'assunzione che esista una soglia per gli effetti associati alla tossicità della sostanza. La RfD è espressa in mg/kg-die e rappresenta una stima della quantità massima di sostanza che può essere ingerita giornalmente e per tutta la vita senza comportare apprezzabili rischi per la salute umana.. L'Indice di Pericolo rappresenta, quindi, un indicatore che esprime di quanto l'esposizione reale alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento (TDI o RfD).

Il rischio per la salute umana si può anche differenziare in individuale e cumulativo. Si definisce:

- Rischio e indice di pericolo individuale (R e HI): rischio dovuto ad un singolo contaminante per una o più vie d'esposizione. Nel caso di più vie di esposizione si procede con la sommatoria dei valori di R e HI ottenuti per ogni modalità espositiva.

- Rischio e indice di pericolo cumulativo (R_{TOT} e HI_{TOT}): rischio dovuto alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie d'esposizione.

Riguardo il rischio cumulativo, gli effetti cancerogeni o tossici dovuti alla esposizione contemporanea a più di una specie chimica inquinante attualmente non sono stati chiaramente stabiliti. Sia per R che per HI valgono le proprietà additive, ossia il rischio determinato da più sostanze, chimicamente affini, o da più vie di esposizione o con gli stessi effetti avverso osservabili, deve essere sommato ma calcolandolo separatamente per i recettori in esame (adulti e bambini):

- Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio.

Riguardo gli effetti cancerogeni sulla salute umana, il criterio di tollerabilità del rischio è definito come un valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene tollerabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull'uomo. Gli Istituti Scientifici nazionali (APAT, ISS, ISPESL) che svolgono la loro attività di supporto al Ministero dell'Ambiente per le procedure inerenti i siti di interesse nazionale hanno indicato, su proposta dell'ISS, in 10^{-6} (ovvero il rischio di contrarre il tumore è per 1 individuo su 1.000.000) il valore di rischio cancerogeno incrementale tollerabile per la singola sostanza.

Per le sostanze cancerogene i valori di rischio considerati tollerabili sono:

- **sostanze cancerogene: Risk = 10^{-6} (valore individuale associato ad una singola specie chimica per una o più modalità di esposizione)**
- **sostanze cancerogene Risk_{CUM} = 10^{-5} (valore cumulativo associato alla presenza di più specie chimiche relativamente ad una o più modalità di esposizione)**

A questo proposito è bene ricordare anche i limiti di accettabilità del rischio cancerogeno definiti dall'Environmental Protection Agency:

- se il rischio risulta avere un valore inferiore a 10^{-6} la situazione è da considerarsi non preoccupante e non occorre intraprendere nessuna misura di risanamento
- se il rischio risulta avere un valore compreso tra 10^{-4} e 10^{-6} la situazione è da considerarsi discutibile e le azioni da intraprendere variano da un caso all'altro
- se il rischio risulta avere un valore superiore a 10^{-4} la situazione è da considerarsi preoccupante e occorre intraprendere misure di risanamento

Tali valori quindi devono essere posti a confronto rispettivamente con il valore di Rischio individuale calcolato Risk (ossia associato ad una singola specie chimica inquinante

relativamente ad una o più modalità di esposizione), e con il valore di Rischio cumulativo calcolato $Risk_{TOT}$ (ossia associato alla presenza di più specie chimiche inquinanti relativamente ad una o più modalità di esposizione).

Per le sostanze non cancerogene il valore di rischio ritenuto tollerabile (per rischio individuale e cumulativo) è:

- **sostanze non cancerogene: $HI = 1$ (valore individuale associato ad una singola specie chimica per una o più modalità di esposizione)**
- **sostanze non cancerogene $HI_{CUM} = 1$ (valore cumulativo associato alla presenza di più specie chimiche relativamente ad una o più modalità di esposizione)**

Quindi, il criterio di accettabilità riferito a specie chimiche contaminanti che comportano effetti tossici sulla salute umana, si traduce nell'imporre il non superamento della dose di contaminante effettivamente assunta rispetto alla TDI o RfD, da cui ne consegue che sia nel caso di Indice di Pericolo individuale (HI) che cumulativo (HI_{CUM}) gli stessi debbono essere inferiori all'unità. L'Indice di Pericolo tollerabile individuale (THI) e cumulativo (THI_{CUM}) sono quindi pari all'unità.

Caratterizzazione e stima del rischio

Poiché la finalità di questo documento è la valutazione, sulla base dei dati a disposizione, del possibile impatto sulla salute della collettività delle sostanze riscontrate, e dal momento che i dati a disposizione si riferiscono a numerose valutazioni analitiche eseguite e ripetute nel tempo su un numero cospicuo di pozzi distribuiti nel territorio in esame, si è deciso di partire dal presupposto di caratterizzare il rischio mantenendo la distinzione tra pozzi all'esterno e quelli all'interno dello stabilimento e tra questi:

- considerando i casi ragionevolmente peggiori in termini di qualità (ovvero la presenza di un numero elevato di inquinanti)
- e considerando i casi peggiori in termini di quantità (ovvero di massima concentrazione rilevata)

Di seguito vengono riportati i rischi individuali e cumulativi desunti per i pozzi esaminati secondo le modalità precedentemente descritte.

Pozzo IN2 – pozzo barriera della profondità di 18,10 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|--|------|--------|------|---------|------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 8203 | 75 | 0.24 | 174.7 | 0.5 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni Cloroformio | 776 | 2.17 | 0.04 | 4.96 | 0.1 | 1,3 X 10 ⁻⁴ | 2.8 X 10 ⁻⁶ | 3 X 10 ⁻⁴ | 6,3 X 10 ⁻⁶ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 185 | 0.52 | 0.01 | 1.18 | 0.02 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|---|------|--------|---------|------------------------|------------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 8203 | 75,24 | 175,2 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni Cloroformio | 776 | 2,17 | 5,06 | 1,3 X 10 ⁻⁴ | 3,1 X 10 ⁻⁴ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni 1,2 – dicloroetilene | 185 | 0.53 | 1,21 | | |

Sostanze tossiche

Dall'analisi dei risultati si osserva un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti a cromo e cloroformio e per bambini per l'esposizione orale a tutte e tre le sostanze. Particolarmente significativo è il valore ottenuto per il cromo sia per gli adulti che per i bambini

Il Rischio per tutte le vie di esposizione non si incrementa in modo registrabile aggiungendo la via dermica perché il rischio di esposizione per ingestione è decisamente prevalente rispetto al contatto dermico.

Sostanze cancerogene

Per il cloroformio è evidente il rischio cancerogeno assolutamente non tollerabile (10⁻⁴) sia per gli adulti che per i bambini se si considera la via di esposizione orale ed al limite dell'accettabilità per quanto riguarda la via dermica.

Pozzo IN3 – pozzo barriera della profondità di 16,90 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-------------------------|------|--------|-------|---------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 4639 | 42.3 | 0.13 | 98.67 | 0.3 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 22.5 | 0.62 | 0.013 | 1.4 | 0.03 | 1.3×10^{-5} | 2.8×10^{-7} | 7.5×10^{-6} | 1.5×10^{-7} |
| Tetracloroetilene | 10.6 | 0.03 | 0.003 | 0.07 | 0.007 | 5.3×10^{-5} | 6.3×10^{-6} | 3.1×10^{-5} | 3.5×10^{-6} |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI tot | | RISK tot | |
|---------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 4639 | 42,43 | 98,97 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 225 | 0,63 | 1,43 | $1,3 \times 10^{-5}$ | $7,6 \times 10^{-6}$ |
| tetracloroetilene | 10,6 | 0,033 | 0,077 | $5,9 \times 10^{-5}$ | $3,4 \times 10^{-5}$ |

Sostanze tossiche

Anche in questo caso il Rischio individuale non è tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti al cromo esavalente e per quanto riguarda i bambini per l'esposizione orale anche a cloroformio. Particolarmente significativo è il valore ottenuto per il cromo sia per gli adulti che per i bambini.

Il rischio che si ottiene sommando tutte le vie di esposizione non aumenta in modo significativo aggiungendo la via dermica perché il rischio di esposizione per ingestione è decisamente prevalente rispetto al contatto dermico.

Sostanze cancerogene

Il Rischio cancerogeno non è tollerabile per l'esposizione orale individuale a cloroformio e tetracloroetilene per gli adulti e per i bambini.

Pozzo 8 – pozzo barriera della profondità di 17,05 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-------------------------|------|--------|-------|---------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 89 | 0.8 | 0.003 | 1.9 | 0.006 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Tricloroetilene | 68,7 | 0.31 | 0.17 | 0.73 | 0.39 | 7.1×10^{-6} | 3.9×10^{-6} | 4.1×10^{-6} | 2.2×10^{-6} |
| Tetracloroetilene | 6.5 | 0.02 | 0.002 | 0.04 | 0.005 | 3.3×10^{-5} | 3.8×10^{-6} | 1.9×10^{-5} | 2.1×10^{-6} |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI tot | | RISK tot | |
|---------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 89 | 0,803 | 1,906 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Tricloroetilene | 68,7 | 0,48 | 1,12 | $1,1 \times 10^{-5}$ | $6,3 \times 10^{-6}$ |
| tetracloroetilene | 6,5 | 0,022 | 0,045 | $3,7 \times 10^{-5}$ | $2,1 \times 10^{-5}$ |

Sostanze tossiche

Dall'esame dei risultati si osserva un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale dei bambini al cromo.

Sostanze cancerogene

Il Rischio cancerogeno non è tollerabile per l'esposizione orale individuale a tetracloroetilene per gli adulti e per i bambini. L'esposizione a tricloroetilene per gli adulti diventa non accettabile se si considerano entrambe le vie di esposizione.

Pozzo B' – piezometro superficiale della profondità di 18,15 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|--------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 161 | 1.47 | 0.005 | 3.43 | 0.01 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 8025 | 21.98 | 0.47 | 51.3 | 1.06 | 4.6×10^{-4} | 9.9×10^{-6} | 2.7×10^{-4} | 5.5×10^{-6} |
| 1,1 - dicloroetilene | 86,6 | 0.05 | 0.002 | 0.11 | 0.004 | 4.9×10^{-4} | 1.9×10^{-5} | 2.8×10^{-4} | 1.1×10^{-5} |
| Tricloroetilene | 190 | 0.86 | 0.48 | 2.02 | 1.1 | 1.9×10^{-5} | 1.1×10^{-5} | 1.1×10^{-5} | 6.9×10^{-6} |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 1078 | 2.95 | 0.07 | 6.89 | 0.16 | | | | |
| Alif. Al. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Bromoformio | 34.2 | 0.05 | 0.0003 | 0.11 | 0.0007 | 2.5×10^{-6} | 1.5×10^{-8} | 1.5×10^{-6} | 8×10^{-9} |
| Bromodichlorometano | 3.4 | 0.005 | 0.00007 | 0.011 | 0.00015 | 1.9×10^{-6} | 2.7×10^{-8} | 1.1×10^{-6} | 1.5×10^{-8} |
| dibromoclorometano | 7.9 | 0.011 | | 0.025 | | 6.2×10^{-6} | | 3.6×10^{-6} | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI tot | | RISK tot | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 161 | 1,5 | 3,4 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 8025 | 22,45 | 52,4 | $4,7 \times 10^{-4}$ | $2,7 \times 10^{-4}$ |
| 1,1 - dicloroetilene | 86,6 | 0,05 | 0,11 | $5,1 \times 10^{-4}$ | $2,9 \times 10^{-4}$ |
| tricloroetilene | 190 | 1,34 | 3,1 | 3×10^{-5} | $1,7 \times 10^{-5}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 1078 | 3,02 | 7,05 | | |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | | | | |
| Bromoformio | 34.2 | 0,05 | 0,11 | $2,5 \times 10^{-6}$ | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Bromodichlorometano | 3.4 | 0,0051 | 0,011 | $1,9 \times 10^{-6}$ | $1,1 \times 10^{-6}$ |
| dibromoclorometano | 7.9 | 0,01 | 0,02 | $6,2 \times 10^{-6}$ | $3,6 \times 10^{-6}$ |

Sostanze tossiche

Il pozzo B' presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al cromo ed al 1,2 dicloroetilene. Anche per quanto riguarda l'esposizione al cloroformio, il rischio non è tollerabile per gli adulti e per i bambini per la via orale (e per questi ultimi lo è anche la via dermica). E' evidente anche un Rischio non tollerabile riferito al tricloroetilene per i bambini per entrambe le vie di esposizione.

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno è evidente la presenza di un Rischio non tollerabile significativo per l'esposizione orale individuale a cloroformio, 1,1 dicloroetilene e tricloroetilene sia per gli adulti sia per i bambini. Anche le altre sostanze (bromoformio, bromodichlorometano e dibromoclorometano) evidenziano valori di rischio ai limiti dell'accettabilità per la via di esposizione orale.

Il rischio correlato all'1,1 dicloroetilene non è accettabile nemmeno per quanto riguarda la via dermica di esposizione per gli adulti (esposti peraltro anche al tricloroetilene) e per i bambini.

Pozzo VALLE 1 – piezometro superficiale della profondità di 20,80 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|--------|----------|---------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 271 | 2.47 | 0.008 | 5.76 | 0.02 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 231 | 0.63 | 0.01 | 1.5 | 0.03 | 1.3×10^{-5} | 2.8×10^{-7} | 7.6×10^{-6} | 1.6×10^{-7} |
| 1,1 - dicloroetilene | 28 | 0.015 | 0.0006 | 0.04 | 0.001 | 1.6×10^{-4} | 6×10^{-6} | 9.2×10^{-5} | 3.4×10^{-6} |
| Tricloroetilene | 64.4 | 0.29 | 0.16 | 0.68 | 0.37 | 6.7×10^{-6} | 3.7×10^{-6} | 3.9×10^{-6} | 2.1×10^{-6} |
| tetracloroetilene | 9 | 0.025 | 0.003 | 0.06 | 0.006 | 4.5×10^{-5} | 5.3×10^{-6} | 2.6×10^{-5} | 2.9×10^{-5} |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 768 | 2.1 | 0.05 | 4.9 | 0.11 | | | | |
| Alif. Al. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Bromoformio | 1.3 | 0.002 | 0.000011 | 0.004 | 0.00002 | 9.6×10^{-8} | 6×10^{-10} | 5.6×10^{-8} | 3.4×10^{-10} |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI tot | | RISK tot | |
|---------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 271 | 2,48 | 5,78 | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 231 | 0,64 | 1,5 | $1,3 \times 10^{-5}$ | $7,8 \times 10^{-6}$ |
| 1,1 - dicloroetilene | 28 | 0,016 | 0,041 | $1,6 \times 10^{-4}$ | $9,5 \times 10^{-5}$ |
| Tricloroetilene | 64,4 | 0,45 | 1,05 | 1×10^{-5} | 6×10^{-6} |
| tetracloroetilene | 9 | 0,028 | 0,066 | 5×10^{-5} | $5,5 \times 10^{-5}$ |
| Alif. Clor. non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 768 | 2,15 | 5,01 | | |
| Alifatici alogenati cancerogeni | | | | | |
| Bromoformio | 1,3 | 0,002 | 0,004 | $9,6 \times 10^{-8}$ | $5,6 \times 10^{-8}$ |

Sostanze tossiche

Anche il pozzo valle 1 presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al cromo ed al 1,2 dicloroetilene. E' evidente anche un Rischio non tollerabile riferito al cloroformio per i bambini per la via orale di esposizione.

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno è evidente la presenza di un Rischio non tollerabile per l'esposizione orale individuale a cloroformio, 1,1 dicloroetilene e tetracloroetilene sia per gli adulti sia per i bambini (per i quali non è accettabile nemmeno il rischio legato alla via dermica di esposizione al tetracloroetilene).

POZZI INTERNI ALLO STABILIMENTO - CALDA PROFONDA

Pozzo 8 (uso umano) – pozzo c/o magazzino materiali tecnici della profondità di 100,00 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-------------------------|------|--------|---------|---------|---------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 10 | 0.09 | 0.0003 | 0.21 | 0.0006 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 0.2 | 0.0005 | 0.00001 | 0.0013 | 0.00003 | 1.1 X 10 ⁻⁸ | 2.4 X 10 ⁻¹⁰ | 6 X 10 ⁻⁹ | 1.3 X 10 ⁻¹⁰ |
| 1,2 - dicloroetilene | 8.2 | 0.022 | 0.0005 | 0.052 | 0.0012 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 10 | 0,09 | 0,21 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 0,2 | 0,0005 | 0,0013 | 1,1 X 10 ⁻⁸ | 6 X 10 ⁻⁹ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 8,2 | 0,0225 | 0,053 | | |

Sostanze tossiche e cancerogene

L'analisi dei risultati mettono in evidenza un rischio accettabile per quanto riguarda l'effetto tossico e cancerogeno delle sostanze prese in esame

SITUAZIONE

Pozzo 2A – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|--------|--------|---------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 123 | 1.13 | 0.003 | 2.6 | 0.008 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 140 | 0.38 | 0.008 | 0.89 | 0.02 | 7.9×10^{-6} | 1.7×10^{-7} | 4.7×10^{-6} | 9.7×10^{-8} |
| Tricloroetilene | 65 | 0.3 | 0.16 | 0.68 | 0.36 | 6.7×10^{-6} | 3.7×10^{-6} | 3.9×10^{-6} | 2.1×10^{-6} |
| tetracloroetilene | 2.4 | 0.006 | 0.0007 | 0.015 | 0.0017 | 1.2×10^{-5} | 1.4×10^{-6} | 7×10^{-6} | 8.1×10^{-7} |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 515 | 1.14 | 0.034 | 3.3 | 0.07 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 123 | 1,13 | 2,6 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 140 | 0,38 | 0,9 | $8,1 \times 10^{-6}$ | $4,8 \times 10^{-6}$ |
| Tricloroetilene | 65 | 0,46 | 1,04 | 1×10^{-5} | 6×10^{-6} |
| tetracloroetilene | 2,4 | 0,0067 | 0,016 | $1,3 \times 10^{-5}$ | $7,8 \times 10^{-6}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 515 | 1,17 | 3,37 | | |

Sostanze tossiche

Il pozzo 2A presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al cromo ed al 1,2 dicloroetilene. Il Rischio per tutte le vie di esposizione non si incrementa in modo registrabile addizionando la via dermica perché il rischio di esposizione per ingestione è decisamente prevalente rispetto al contatto dermico

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno è evidente la presenza di un Rischio non tollerabile per l'esposizione orale individuale degli adulti a tetracloroetilene. L'esposizione orale dei bambini e degli adulti alle altre sostanze (cloroformio e tricloroetilene) è al limite della accettabilità.

Pozzo 9 – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-------------------------|------|--------|--------|---------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 264 | 2.4 | 0.0076 | 5.63 | 0.017 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 950 | 2.6 | 0.056 | 6.1 | 1.8 | 5.4×10^{-5} | 1.2×10^{-6} | 3.2×10^{-5} | 9.8×10^{-6} |
| 1,2 - dicloroetilene | 965 | 2.6 | 0.064 | 6.2 | 0.14 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 264 | 2,407 | 5,65 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 950 | 2,65 | 7,9 | $5,5 \times 10^{-5}$ | $4,2 \times 10^{-5}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 965 | 2,66 | 6,34 | | |

Sostanze tossiche

Il pozzo 9A presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al cromo, al cloroformio ed al 1,2 dicloroetilene. Nel caso dei bambini il rischio diventa inaccettabile anche l'esposizione per via dermica al cloroformio.

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno legato al cloroformio questo risulta non tollerabile per quanto riguarda l'esposizione orale degli adulti e dei bambini.

Pozzo 12 – piezometro della rete AMAG della profondità di 20 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|--------|--------|---------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 201 | 1.83 | 0.0058 | 4.27 | 0.013 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 120 | 0.33 | 0.0071 | 0.77 | 0.016 | 6.9×10^{-6} | 1.5×10^{-7} | 4×10^{-6} | 8.5×10^{-8} |
| Tricloroetilene | 33.4 | 0.15 | 0.0003 | 0.36 | 0.19 | 3.4×10^{-6} | 1.9×10^{-6} | 2×10^{-6} | 1.1×10^{-6} |
| tetracloroetilene | 6.3 | 0.017 | 0.002 | 0.04 | 0.018 | 3.2×10^{-5} | 3.7×10^{-6} | 1.8×10^{-5} | 8.1×10^{-6} |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 523 | 1.4 | 0.035 | 3.3 | 0.07 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 201 | 1,83 | 4,28 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 120 | 0,337 | 0,78 | 7×10^{-6} | $4,1 \times 10^{-6}$ |
| Tricloroetilene | 33,4 | 0,15 | 0,55 | $5,3 \times 10^{-6}$ | $3,1 \times 10^{-6}$ |
| Tetracloroetilene | 6,3 | 0,019 | 0,058 | $3,6 \times 10^{-5}$ | $2,6 \times 10^{-5}$ |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 – dicloroetilene | 523 | 1,43 | 3,37 | | |

Sostanze tossiche

Anche il pozzo 12 presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al cromo ed al 1,2 dicloroetilene. Come già evidenziato in precedenza, il Rischio per tutte le vie di esposizione non si incrementa in modo registrabile aggiungendo la via dermica perché il rischio di esposizione per ingestione è decisamente prevalente rispetto al contatto dermico.

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno legato al tetracloroetilene questo risulta non tollerabile per quanto riguarda l'esposizione orale degli adulti e dei bambini. L'esposizione orale dei bambini e degli adulti alle altre sostanze (cloroformio e tricloroetilene) è al limite della accettabilità.

Cascina (uso irriguo del pozzo) – profondità 40 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|---------|----------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | | | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 102 | 0,93 | 0,0029 | 2,163 | 0,0066 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 83,4 | 0,23 | 0,0049 | 0,53 | 0,011 | 4,76 X 10 ⁻⁶ | 1,03 X 10 ⁻⁷ | 2,78 X 10 ⁻⁶ | 5,7 X 10 ⁻⁸ |
| 1,1 - dicloroetilene | 16,7 | 0,009 | 0,00035 | 0,0214 | 0,00079 | 9,42 X 10 ⁻⁵ | 3,65 X 10 ⁻⁶ | 5,49 X 10 ⁻⁵ | 2,04 X 10 ⁻⁶ |
| Tricloroetilene | 53 | 0,024 | 0,0135 | 0,056 | 0,03 | 5,47 X 10 ⁻⁷ | 3,04 X 10 ⁻⁷ | 3,72 X 10 ⁻⁶ | 1,7 X 10 ⁻⁷ |
| Tetracloroetilene | 2 | 0,0055 | 0,00064 | 0,0128 | 0,00143 | 1,01 X 10 ⁻⁵ | 1,18 X 10 ⁻⁶ | 5,88 X 10 ⁻⁶ | 6,5 X 10 ⁻⁷ |
| 1,2 dicloroetano | 12 | 0,016 | 0,00021 | 0,038 | 0,00047 | 1,03 X 10 ⁻⁵ | 1,27 X 10 ⁻⁷ | 5,9 X 10 ⁻⁶ | 7,3 X 10 ⁻⁸ |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 679 | 1,86 | 0,045 | 4,34 | 0,101 | | | | |
| Alif. Al. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Bromoformio | 0,7 | 0,00096 | 0,000006 | 0,0022 | 0,00013 | 5,1 X 10 ⁻⁸ | 3,3 X 10 ⁻¹⁰ | 3 X 10 ⁻⁸ | 1,8 X 10 ⁻¹⁰ |
| dibromoclorometano | 0,3 | 0,00041 | | 0,00096 | | 2,36 X 10 ⁻⁷ | | 1,38 X 10 ⁻⁷ | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-----------------------------|------|----------|---------|-------------------------|-------------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 102 | 0,932 | 2,169 | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 83,4 | 0,235 | 0,541 | 4,86 x 10 ⁻⁶ | 2,83 x 10 ⁻⁶ |
| 1,1 - dicloroetilene | 16,7 | 0,00935 | 0,02219 | 4,86 x 10 ⁻⁶ | 5,69 x 10 ⁻⁵ |
| Tricloroetilene | 53 | 0,0375 | 0,086 | 8,51 x 10 ⁻⁷ | 3,89 x 10 ⁻⁶ |
| Tetracloroetilene | 2 | 0,00614 | 0,0142 | 1,12 x 10 ⁻⁵ | 6,53 x 10 ⁻⁶ |
| 1,2 dicloroetano | 12 | 0,0162 | 0,0385 | 1,04 x 10 ⁻⁵ | 5,97 x 10 ⁻⁶ |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 679 | 1,905 | 4,44 | | |
| Alif. Al. cancerogeni | | | | | |
| Bromoformio | 0,7 | 0,000966 | 0,00233 | 5,1 x 10 ⁻⁸ | 3 x 10 ⁻⁸ |
| dibromoclorometano | 0,3 | 0,00041 | 0,00096 | 2,36 X 10 ⁻⁷ | 1,38 X 10 ⁻⁷ |

Sostanze tossiche

Il pozzo pertinente alla Cascina presenta un Rischio individuale non tollerabile (maggiore di 1) per l'esposizione orale dei bambini al cromo e per l'esposizione orale degli adulti e dei bambini al 1,2 dicloroetilene.

Sostanze cancerogene

Per quanto riguarda, invece, le sostanze cancerogene, è possibile evidenziare un rischio non tollerabile per quanto riguarda l'esposizione di adulti e bambini a 1,1 dicloroetilene e solo per gli adulti a tetracloroetilene e 1, 2 dicloroetano.

Via - sig. (uso domestico del pozzo) - profondità 20 metri

RISCHIO INDIVIDUALE per ogni singola via di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | | | RISK | | | |
|-----------------------------|------|--------|---------|---------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | | BAMBINI | | ADULTI | | BAMBINI | |
| | | O | D | O | D | O | D | O | D |
| Cromo VI | 23 | 0.21 | 0.0006 | 0.5 | 0.0015 | | | | |
| Alif. Clor. cancerogeni | | | | | | | | | |
| Cloroformio | 13.3 | 0.036 | 0.00079 | 0.085 | 0.0017 | 7.6×10^{-7} | 1.6×10^{-8} | 4.4×10^{-7} | 9×10^{-9} |
| Tricloroetilene | 2.1 | 0.0095 | 0.0053 | 0.022 | 0.012 | 2.1×10^{-6} | 1.2×10^{-7} | 1.3×10^{-7} | 6.7×10^{-8} |
| Alif. Clor. Non cancerogeni | | | | | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 29.6 | 0.081 | 0.0019 | 0.19 | 0.0044 | | | | |

µg/l = microgrammi per litro

O = via di esposizione orale

D = via di esposizione per contatto dermico

RISCHIO INDIVIDUALE per più vie di esposizione

| Composto chimico | µg/l | HI | | RISK | |
|-------------------------------------|------|--------|---------|----------------------|----------------------|
| | | ADULTI | BAMBINI | ADULTI | BAMBINI |
| Cromo VI | 23 | 0,2 | 0,5 | | |
| Alifatici clorurati cancerogeni | | | | | |
| Cloroformio | 13,3 | 0,036 | 0,086 | $7,8 \times 10^{-7}$ | $4,5 \times 10^{-7}$ |
| tricloroetilene | 2,1 | 0,014 | 0,03 | $2,2 \times 10^{-6}$ | 2×10^{-7} |
| Alifatici clorurati non cancerogeni | | | | | |
| 1,2 - dicloroetilene | 29,6 | 0,082 | 0,194 | | |

Sostanze tossiche e cancerogene

L'analisi dei risultati mettono in evidenza un rischio accettabile per quanto riguarda l'effetto tossico e cancerogeno delle sostanze prese in esame con un'attenzione particolare all'esposizione orale degli adulti a tricloroetilene che risulta ai limiti dell'accettabilità.

Caratterizzazione delle incertezze

Per una corretta interpretazione dei dati riportati, in questa trattazione si ritiene necessario precisare che le misure sono caratterizzate da un certo grado di incertezza e variabilità: l'incertezza rappresenta una mancanza della conoscenza dei fattori che portano alla valutazione dell'esposizione e dunque del rischio mentre la variabilità nasce dall'eterogeneità tra le persone, luoghi o tempo. Mentre l'incertezza porta a stime di esposizione inesatte, la variabilità potrebbe influenzare la precisione delle stime ed il grado in cui tali stime possono essere generalizzate.

La maggior parte dei fattori di esposizione usati in questa valutazione di rischio mostrano una certa variabilità: la variabilità nell'esposizione è associata al luogo, al comportamento, all'attività, ed alle preferenze di un individuo, ma anche alle concentrazioni degli inquinanti ed ai processi fisici e chimici che influenzano tali concentrazioni. Tre tipi di variabilità possono essere distinti: spaziale, temporale e tra individui. Un esempio di variabilità spaziale sono i valori di ingestione. Sono variabili poiché non si sa in che grado tali valori corrispondono al consumo reale della popolazione. Un esempio di variabilità temporale è la quantità del tempo passato in certi luoghi che è stata ipotizzata dalla quale si ricava quantità ingerita, inalata o venuta a contatto. Non si sa in che grado queste suddivisioni temporali rispecchiano i comportamenti della gente locale esempi di variabilità tra individui sono le caratteristiche umane come il peso corporeo. Tutte queste variabili portano all'incertezza di quanto ADD o LADD stimate si avvicinino al valore reale. Esistono differenti modi di trattare tale variabilità e, come già più volte sottolineato, la metodologia scelta nel corso della valutazione è stata quella di utilizzare parametri di esposizione massimi ragionevoli e le massime concentrazioni riscontrate nelle acque. Questo approccio porta più a sovrastimare che a sottostimare i rischi.

ANALISI CONCLUSIVA

Lo scopo di questa indagine è stato quello di valutare tramite “modelli” di analisi di rischio sanitario (APAT, “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” 2005; US EPA. 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual) nel modo più completo e corretto l’oggettivo rischio che contaminanti chimici presenti nel sito in esame e differenti scenari espositivi potrebbero comportare per la salute umana.

Il primo e fondamentale passo di questo processo è stato la caratterizzazione del sito con la ricerca ed il riconoscimento della/e sostanza/e per le quali esiste la plausibilità ed evidenza di effetti sanitari avversi per le persone. Ciò è stato funzionale per poter pervenire ad una definizione quantitativa del rischio (prodotto tra il valore della pericolosità della sostanza e la sua assunzione cronica giornaliera) associato all’esposizione a sostanze potenzialmente tossiche e/o cancerogene.

Sulla base di queste premesse, analizzando in dettaglio i dati a disposizione, è stato possibile rilevare che il numero di specie chimiche inquinanti indagate sul sito risulta elevato. Seguendo quanto riportato nel documento di riferimento (APAT, 2005), si è ritenuto pertanto necessario ridurre il numero di specie chimiche da inserire nella procedura di analisi, individuando un numero circoscritto di “**contaminanti indicatori**” su e con cui calcolare in prima istanza il rischio derivante dalla loro assunzione.

I criteri con cui sono stati selezionati i “contaminanti indicatori” hanno tenuto conto dei seguenti fattori:

- ◆ I valori di concentrazione rilevati nel sito: sono stati presi in esame i parametri che hanno evidenziato superamenti della concentrazione limite accettabile definita dalla normativa vigente (il Testo Unico Ambientale D.lgs n. 152 del 2006, il D.lgs n. 30 del 16 marzo 2009, ed il D.lgs n 31 del 2001)
- ◆ La frequenza di rilevamento delle sostanze nei diversi punti di monitoraggio e nel corso di tutte le indagini (maggio-agosto 2008) effettuate a cura di ARPA
- ◆ Il pericolo intrinseco associato alle sostanze inteso come la valutazione delle loro proprietà tossicologiche (tossicità e/o cancerogenicità)
- ◆ Il loro grado di mobilità (intesa come capacità di migrazione) tra i diversi comparti ambientali
- ◆ La loro persistenza e capacità di bioaccumularsi nelle matrici agronomiche caratteristiche dell’area

L’analisi è stata, quindi, condotta non solo con l’attenzione ai riferimenti normativi riferiti allo stato di qualità delle acque ma contemporaneamente in riferimento alla normativa che consente di esprimere un giudizio di potabilità dell’acqua stessa. Per questo stesso motivo, si è ritenuto

necessario fare riferimento anche al Dlgs 16 marzo 2009 n. 30 essendo l'unico che consente di valutare livelli di concentrazione di parametri organoalogenati singolarmente riferiti contrariamente a una tendenza assai diffusa che individua una categoria indivisa di contaminanti organici le cui potenzialità tossiche e cancerogene sono sovente assai differenti tra loro.

L'analisi di rischio sanitario, come anticipato nella parte precedente della trattazione, è stata condotta al fine di ottenere informazioni in merito a:

1. rischio di tipo acuto non cancerogeno
2. rischio di tipo cancerogeno

Il processo di valutazione nel primo caso, rischio di tipo acuto non cancerogeno, può essere effettuato attraverso modalità classificate come individuali o cumulative intendendo queste ultime come il risultato derivante da una esposizione multipla a sostanze xenobiotiche.

Come anticipato nella presente trattazione si è fatto riferimento, per scelta metodologica, alle concentrazioni più rilevanti al fine di poter misurare in prima istanza la sussistenza di rischio sanitario e conseguentemente l'esistenza di eventuali gradienti ascrivibili non solo alle concentrazioni ma eventualmente alla complessità dell'esposizione. Dai dati riportati nelle tabelle (riferibili alla classificazione indicata come HI) si evidenzia come in numerose situazioni il valore di riferimento (HI = 1) venga ampiamente superato già dalla semplice analisi individuale; ciò ha di fatto consentito agli scriventi di non procedere ad un'ulteriore valutazione di tipo cumulativo, in questa prima analisi, tenuto anche conto che quest'ultima avrebbe comportato da un lato la necessità di poter ascrivere suddetta analisi ad una serie assai ampia di contaminanti e dall'altro avrebbe condotto alla inevitabile osservazione di un'ulteriore aggravamento della condizione di rischio già peraltro identificata nel passaggio precedente.

Analoga osservazione può essere riportata riferendosi alla valutazione di rischio cancerogeno (Risk = 10^{-6} rischio accettabile). Riguardo gli effetti cancerogeni sulla salute umana, il criterio di tollerabilità del rischio è definito come un valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene tollerabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull'uomo. Per le sostanze cancerogene i valori di rischio considerati tollerabili sono:

- sostanze cancerogene: Risk = 10^{-6} (valore individuale associato ad una singola specie chimica per una o più modalità di esposizione)
- sostanze cancerogene Risk_{CUM} = 10^{-5} (valore cumulativo associato alla presenza di più specie chimiche relativamente ad una o più modalità di esposizione)

A questo proposito è bene ricordare anche i limiti di accettabilità del rischio cancerogeno definiti dall'Environmental Protection Agency:

- se il rischio risulta avere un valore inferiore a 10^{-6} la situazione è da considerarsi non preoccupante e non occorre intraprendere nessuna misura di risanamento
- se il rischio risulta avere un valore compreso tra 10^{-4} e 10^{-6} la situazione è da considerarsi discutibile e le azioni da intraprendere variano da un caso all'altro
- se il rischio risulta avere un valore superiore a 10^{-4} la situazione è da considerarsi preoccupante e occorre intraprendere misure di risanamento

Tenuto conto che, come anticipato a pagina 41, sono stati considerati per la caratterizzazione e la stima del rischio:

- i casi ragionevolmente peggiori in termini di qualità (ovvero la presenza di un numero elevato di inquinanti)
- i casi peggiori in termini di quantità (ovvero di massima concentrazione rilevata)

i risultati conducono sinteticamente alle seguenti osservazioni:

- a. come evidenziato nelle tabelle, il rischio acuto ed il rischio cancerogeno riferibile alla popolazione degli adulti e dei bambini sono superati in un numero elevato di pozzi per un numero elevato di parametri
- b. particolare rilevanza, in termini di concentrazione e di rischio conseguente, pare essere ascrivibile in particolare a contaminanti quali il cromo esavalente, il cloroformio e l'1,2 dicloroetilene con concentrazioni tali da suggerire opere di risanamento (come indicato nelle linee guida dell'Environmental Protection Agency)
- c. le analisi di rischio sanitario sono state condotte su acque destinate ad uso industriale e/o irriguo che di fatto allo stato attuale sfuggono alla classificazione di potabilità. Uniche eccezioni sono rappresentate dal pozzo n.8 interno all'area industriale (c/o magazzino materiali tecnici) a 100 metri di profondità utilizzato in passato a scopo umano e dal pozzo "Via _____ - Sig. _____" a 20 metri di profondità e di uso domestico, che presentano livelli di contaminazione marginali e tali da non essere registrabili come negativi in un'analisi di rischio sanitario
- d. un'attenta analisi rileva che la maggiore criticità è tuttavia rilevabile a carico della falda superficiale (limitatamente ai dati sottoposti ad osservazione) sia all'interno che all'esterno del sito industriale escludendo parzialmente la compromissione della falda profonda
- e. dai dati raccolti e disponibili risulta di difficile datazione il fenomeno di contaminazione e l'entità dello stesso: ciò è da considerarsi come una variabile di rilevante importanza nell'analisi del rischio pregresso e conseguentemente si suggerisce la necessità di ulteriori approfondimenti al fine di poter disporre di un repertorio analitico di più ampio respiro temporale

f. le coltivazioni caratteristiche dell'area esaminata sono riferibili a grano, orzo, mais, soia, girasole e barbabietola da zucchero: di tali coltivazioni solo la barbabietola può verosimilmente essere in grado di accumulare il cromo in concentrazioni tali da alterare la normale composizione alimentare di tale radice, al contrario le altre coltivazioni non dovrebbero comportare pericolo derivante dal loro consumo essendo il metallo in questione normalmente sequestrato nell'apparato radicale o limitatamente diffuso nella parte verde del vegetale

In conclusione, in relazione al quesito posto ed alla luce dei risultati sopra riportati, è possibile affermare che:

- in relazione alla tipologia delle sostanze accertate nell'acqua di falda ed alle concentrazioni riscontrate sussistono, dall'analisi di rischio sanitario, preoccupazioni per i potenziali effetti di tipo tossico e cancerogeno che potrebbero derivare da un consumo diretto dell'acqua stessa da parte della popolazione e confermato da valori di rischio acuto (HI) e rischio cancerogeno (R) chiaramente classificabili in categorie di rischio indicate dall'EPA come preoccupanti
- in generale, con le informazioni disponibili e tenuto conto delle coltivazioni caratteristiche dell'area (grano, orzo, mais, soia, girasole e barbabietola da zucchero), che potrebbero fare uso delle acque in questione, è presumibile che, ad eccezione della coltivazione della barbabietola da zucchero e limitatamente riferibile alla contaminazione da cromo, le altre non subiscano, per la parte destinata all'alimentazione umana, contaminazioni ascrivibili al fenomeno oggetto di indagine tenuto inoltre conto che la contaminazione ascritta ai prodotti organoalogenati non contribuisce a fenomeni di accumulo.

LEGENDA

AAD = Average Daily Dose

AT = Periodo sul quale l'esposizione è mediata che per le sostanze cancerogene è calcolata sulla durata media della vita (70 anni) e per quelle non cancerogene è mediata sul periodo effettivo di esposizione ED.

BW = Peso corporeo (kg): 70 kg per gli adulti e 15 kg per i bambini

C = Concentrazione della sostanza (mg/L)

Cat. Carc UE = Classificazione di cancerogenesi secondo l'Unione Europea

Classe cancer. EPA = Classe di cancerogenicità secondo l'Environmental Protection Agency

CF = Fattore di conversione 10^{-3} L/cm³ (1L = 1000 cm³).

CSF = Cancer Slope Factor

ED = Durata di esposizione (anni). nello scenario di esposizione residenziale e ricreativo "adulti", la durata di esposizione è pari a 24 anni e pari a 6 per lo scenario di esposizione "bambini".

EF = Frequenza di esposizione, indica il numero di giorni all'anno in cui una persona viene a contatto con l'inquinante: 350 die/anno.

EPA = Environmental Protection Agency

ET = Tempo di esposizione, durata della doccia 0.25 hr/die.

HI = Hazard Index

Kp = Coefficiente di permeabilità

IARC = International Agency for Research on Cancer

IR = Tasso di contatto con la matrice contaminata (mg/die).

ISPESL = Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro

ISS = Istituto Superiore di sanità

LADD = Lifetime Average Daily Dose

Risk = Estimated Lifetime Cancer Risk

RFD ing = Reference dose per ingestione

SA = Superficie di pelle esposta (cm²) rappresenta l'area di pelle che può venire a contatto con un inquinante: per lo scenario ricreativo (fare la doccia) "adulto" la superficie di pelle esposta è pari a 19400 cm², per lo scenario "bambino" è pari al valore di 9300cm².

UE = Unione Europea

µg/l = microgrammi per litro

Σ organo alogenati = sommatoria di tutti i composti organo alogenati

BIBLIOGRAFIA

ANPA. Linee-guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Manuali e linee-guida 4/2001.

APAT, 2005 e succ. rev. (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Service_per_l'Ambiente/Siti_contaminati/Analisi_di_rischio "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"

Civita M., 1987. La previsione e la prevenzione del rischio d'inquinamento delle acque sotterranee a livello regionale mediante le Carte di Vulnerabilità. Atti Conv. "Inquinamento delle Acque Sotterranee: Previsione e Prevenzione", Mantova, pp. 9-18.

Civita M., 1994. Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica. Pitagora Editrice, Bologna, 325 pp.

DECRETO LEGISLATIVO 2 febbraio 2001, n. 31 - Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. (Pubblicato nel Supplemento Ordinario n. 41/L alla Gazzetta Ufficiale n. 52 del 3 marzo 2001).

DECRETO LEGISLATIVO 16 marzo 2009, n. 30 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento" (Pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 79 del 4 aprile 2009).

DECRETO LEGISLATIVO n. 152 del 2006 – Testo Unico Ambientale

Gilli G., 1989. Igiene dell'ambiente e del territorio – demografia, prevenzione e sanità pubblica. C. G. Edizioni medico scientifiche s.r.l. Torino.

HSDB (Hazard Substances Data Bank), <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> National Library of Medicine-USA.

NAS, 1983. National Research Council. 1983. Risk assessment in the federal government. Managing the process. National Academy Press, Washington, DC.

US EPA. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final. US Environmental Protection Agency. Office of Emergency and Remedial Response. December. EPA/540/1-89/002.

US EPA. 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of risk-based Preliminary Remediation Goals). Washington, DC: Office of Health and Environmental Assessment. EPA/600/Z-92-001.

Zavatti A. (1982). Tecniche di protezione ambientale – acque sotterranee e uso delle risorse idriche. Pitagora Editrice Bologna.