

## 6. MISURE DI MITIGAZIONE

Un aspetto importante da considerare nella stima dei rischi per la salute è quello della individuazione delle possibili misure di eliminazione o contenimento dei rischi stessi. Nell'ambito delle tecnologie di trattamento e di messa a discarica dei RTN, precedentemente descritte, si possono evidenziare le seguenti fasi:

- trasporto;
- stoccaggio temporaneo;
- trattamento (incenerimento, inertizzazione, ecc.);
- trattamento dei reflui o sottoprodotti (ceneri, scorie, fanghi, ecc.);
- messa a discarica finale.

Ciascuna di queste, essendo possibile fonte di inquinamento nei vari comparti ambientali, comporta la messa in atto di misure di contenimento; tali misure saranno relative sia alle procedure gestionali (a tale proposito vedi anche paragrafo 6.3), sia alle tecnologie (sistemi di abbattimento adottati).

Di seguito si riportano alcune indicazioni, di carattere generale, relative alle principali tecnologie e misure di contenimento e mitigazione; va inoltre osservato che in questo settore sono in corso continui aggiornamenti, verifiche e sperimentazioni.

### 6.1. Aspetti gestionali

In generale, per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e lo stoccaggio dei RTN devono essere previsti sistemi che consentano di evitare perdite o spandimenti, quali: sistemi di pompaggio senza tenuta (ad es.: pompe a giunto magnetico) per evitare ogni possibilità di perdita; opportuna impermeabilizzazione con dreni intermedi di controllo per l'intera area dello stabilimento; dispositivi antitraboccamento con il relativo scarico convogliato in modo da non costituire pericolo per gli addetti e per l'ambiente; ecc.. Andranno altresì previsti idonei sistemi di allarme visivo e sonoro per eventuali anomalie (troppopieno, sovrappressione, temperature anomale, ecc.). Per lo stoccaggio in serbatoi chiusi, andranno privilegiati sistemi di riempimento e svuotamento in atmosfera inerte di azoto per consentire un adeguato contenimento di eventuali gas e vapori. In alcuni casi possono anche essere necessari sistemi di sicurezza per convogliare l'eventuale produzione di gas verso un impianto di abbattimento e/o termodistruzione. Gli stoccaggi di rifiuti liquidi in serbatoi fuori terra dovranno essere dotati di bacini di contenimento di capacità almeno pari all'intero volume del serbatoio. Altro fattore importante è costituito dal personale che, se istruito ed equipaggiato per affrontare adeguatamente anche le eventuali situazioni di emergenza, può rappresentare un ulteriore fattore di sicurezza attiva. Inoltre le aree dove sussiste pericolo di incendio dovranno essere adeguatamente attrezzate, segnalate e dovranno essere soggette a restrizioni (accesso controllato, divieto di fumare ed usare fiamme libere, ecc.). Tutte le cautele indirizzate alla tutela della salute e prevenzione degli infortuni andranno sottoposte a periodiche verifiche e ne dovrà essere data opportuna informazione agli addetti.



## 6.2. Sistemi di abbattimento delle emissioni

Per quanto riguarda il comparto aria le emissioni di inquinanti dai cicli tecnologici di trattamento dei RTN potranno essere contenute in modo diretto e/o indiretto; in tabella 11 si riporta una schematizzazione delle diverse possibilità di intervento. In questi ultimi anni si è avuto uno sviluppo dei sistemi di abbattimento delle emissioni che consente di avere la disponibilità di tecnologie avanzate anche per impianti discontinui e di piccola potenzialità; è infatti opportuno che, anche per piccoli impianti si adottino sistemi ad alta efficienza di abbattimento per le emissioni gassose e particellari.

### 6.2.1. Impianti di abbattimento degli inquinanti particellari

Gli inquinanti in forma particellare possono essere abbattuti per via secca o per via umida; le tecnologie più diffuse sono:

#### - Impianti di abbattimento a filtrazione con tessuto

Il meccanismo di filtrazione consiste nel far attraversare all'effluente un tessuto filtrante, il materiale particellare viene trattenuto sul tessuto e periodicamente asportato mediante sistemi di scuotimento in contropressione d'aria. Una piccola aliquota di particolato può diffondere attraverso il mezzo filtrante, in genere tali particelle sono dell'ordine del micron o submicroniche; l'efficienza di questi sistemi può superare il 90%; filtri a tessuto, convenientemente progettati e condotti, consentono alta efficienza di abbattimento anche per le polveri più fini ( $<1 \mu\text{m}$ ); devono essere però rispettati i rapporti ottimali tra portata di aria da filtrare e superficie di filtrazione. Un abbassamento di temperatura in questi sistemi filtranti consente di ottenere buone efficienze di abbattimento dei composti metallici volatili, favorendone la ricondensazione e adsorbimento sul particolato. Nel caso di impianti di incenerimento, si calcola che una riduzione della temperatura al di sotto dei  $200^\circ\text{C}$  possa consentire una riduzione addizionale dei metalli di circa il 20%. Il controllo della temperatura in tali sistemi risulta importante al fine di evitare condensazioni che, oltre ad ostruire il tessuto filtrante, possono danneggiare l'intero sistema di abbattimento a causa della presenza di gas acidi nell'effluente; per tale motivo in genere tali sistemi vengono mantenuti a temperature di  $130 - 150^\circ\text{C}$ .

#### - Impianti di abbattimento a precipitatori elettrostatici

I precipitatori elettrostatici a secco sono molto utilizzati negli impianti di incenerimento di grossa potenzialità mentre trovano minore applicazione negli impianti di piccole dimensioni a causa del loro alto costo di impianto. Il loro rendimento è fortemente condizionato dalle caratteristiche dielettriche del materiale particellare da abbattere. Il particolato presente nella corrente gassosa viene caricato elettricamente (in genere con polarità negativa) mediante una corrente continua ad alto voltaggio; le particelle passando in un campo elettrico compreso tra due elettrodi, uno di carica e uno di raccolta, migrano verso quest'ultimo che presenta carica opposta. Il materiale depositato viene periodicamente rimosso mediante lo scuotimento delle piastre di raccolta e raccolto sul fondo dell'impianto in apposite tramogge. L'efficienza di abbattimento è condizionata dalle caratteristiche delle particelle (dimensioni, resistività, densità) e della corrente gassosa (portata, temperatura, umidità).

Similmente ai precipitatori elettrostatici a secco, i precipitatori elettrostatici a umido combinano le tecniche di captazione per effetto elettrostatico con metodi di



abbattimento per via umida. Le particelle cariche che aderiscono alle piastre di captazione vengono rimosse da un liquido di lavaggio (in genere acqua). I processi di abbattimento a umido presentano alcuni vantaggi rispetto a quelli a secco, infatti impediscono la formazione di uno strato di particelle ad elevata resistività sulla superficie degli elettrodi di raccolta che causa un flusso ridotto di corrente e quindi una diminuzione della resa di abbattimento. Inoltre la sostituzione del sistema di pulizia delle piastre mediante scuotimento con il sistema a lavaggio consente di evitare il fenomeno della ricattura del materiale particellare da parte della corrente gassosa; in tal modo vengono anche abbattute sostanze gassose o condensabili grazie all'abbassamento della temperatura e all'azione assorbente dell'acqua di lavaggio. Tuttavia si possono avere fenomeni di corrosione a causa della elevata concentrazione di sostanze acide presenti nella corrente gassosa trattata; inoltre è necessario il trattamento delle acque di lavaggio che comporta l'impiego di un depuratore di tipo chimico-fisico.

- Impianti di abbattimento ad umido tipo "Venturi scrubbers"

Sono costituiti sostanzialmente da un tubo di Venturi entro il quale scorre il gas da depurare e nella cui gola viene iniettato il liquido di lavaggio. L'elevata velocità del gas nella gola provoca la polverizzazione ed il trascinarsi del liquido che poi ingloba il particolato abbattendolo. Questi sistemi consentono anche il contemporaneo abbattimento dei gas.

### 6.2.2. Impianti di abbattimento degli inquinanti gassosi

Gli inquinanti gassosi possono essere abbattuti per via secca o per via umida; nel caso di emissioni da impianti di incenerimento di RTN il maggiore problema è rappresentato da inquinanti di natura acida, pertanto vengono previsti sistemi di introduzione di sospensioni alcaline o reattivi polverulenti che vengono iniettati in una camera o zona di reazione, si ottiene in tal modo la formazione di sali di sodio o di calcio, a seconda del reattivo usato. I fumi vengono così neutralizzati e raffreddati favorendo anche la condensazione dei metalli, il particolato ottenuto dalla evaporazione della soluzione di neutralizzazione o dalla sospensione ingloba anche inquinanti organici ed inorganici condensati ed è, insieme al rimanente materiale particellare, abbattuto nel sistema di filtrazione.

- Sistemi di abbattimento a secco

I sistemi che vengono utilizzati per l'abbattimento delle sostanze inquinanti sotto forma di gas o vapori sono analoghi a quelli descritti nel precedente paragrafo. Vengono iniettate nella corrente gassosa da depurare, sostanze in grado di adsorbire o assorbire gli inquinanti acidi; l'efficienza di abbattimento può raggiungere valori per  $\text{SO}_2$  ed  $\text{HCl}$  rispettivamente del 80 - 90% e del 80 - 98%.

I sistemi di abbattimento di inquinanti gassosi per via secca si possono riassumere in: impianti di abbattimento a iniezione di reagente liquido e impianti di abbattimento ad iniezione di reagente solido.

Negli abbattitori a iniezione di reagente liquido vengono utilizzate soluzioni e sospensioni alcaline iniettate sotto forma di aerosol entro una camera di reazione. I gas acidi e la  $\text{SO}_2$  presenti nella corrente gassosa da depurare vengono assorbiti ed in seguito reagiscono con la parte più interna delle goccioline di reattivo nebulizzato, formando sali



neutri. Per effetto della elevata temperatura l'acqua contenuta nelle goccioline evapora, si ha quindi la formazione di materiale particellare costituito dai sali di reazione. Soluzioni di carbonato di sodio e sospensioni di calce in acqua sono i mezzi assorbenti comunemente utilizzati negli impianti di abbattimento ad iniezione di reagente in fase liquida. I rapporti stechiometrici dei reagenti variano in funzione della concentrazione dei gas acidi nella corrente gassosa da trattare; in ogni caso il valore di tali rapporti è limitato da due fattori:

- costo dei reagenti utilizzati;
- solubilità delle sostanze assorbenti nelle soluzioni impiegate.

Il tipo di tecnologia di abbattimento, a valle del reattore di neutralizzazione, per la raccolta del materiale particellare può influenzare sia la resa di abbattimento sia i consumi di reagente. Infatti, con l'adozione di un precipitatore elettrostatico non si hanno abbattimenti aggiuntivi per gli inquinanti gassosi, nel caso di adozione di impianti di filtrazione a tessuto si è rilevato un migliore sfruttamento del reagente con conseguente incremento dell'abbattimento degli inquinanti acidi presenti nella corrente gassosa anche durante la fase di filtrazione.

Si possono anche avere impianti di abbattimento ad iniezione di reagente che iniettano direttamente nella corrente gassosa da trattare sostanze alcaline sotto forma di polvere molto fine. I gas acidi, entrando in contatto con le particelle alcaline, reagiscono formando sali neutri che rimangono nella corrente gassosa; i punti del processo dove avviene l'iniezione del materiale polverulento possono essere posizionati in diverse zone del sistema di convogliamento dei fumi, tra l'uscita del forno e l'ingresso al sistema di abbattimento del particolato. La maggior parte di tali processi utilizza come reagenti sostanze alcaline sodiche, in genere carbonato o bicarbonato di sodio, raggiungendo rendimenti di abbattimento fino al 80 % per  $\text{SO}_2$  e 95 % per  $\text{HCl}$  e  $\text{HF}$ . Sono stati sperimentati anche reagenti a base di calcio ottenendo rese di abbattimento minori rispetto all'utilizzo di sali sodici.

#### - Sistemi di abbattimento a umido

Tali sistemi sono basati sull'utilizzo di una soluzione alcalina in grado di assorbire e reagire con gli inquinanti presenti nella corrente gassosa; il rendimento di tali impianti è influenzato sia dai parametri costruttivi, sia dal tipo di liquido di lavaggio utilizzato. I diversi sistemi di abbattimento di inquinanti gassosi mediante via umida si possono così riassumere:

- 1) Impianti di abbattimento tipo "Venturi"; sono del tutto analoghi a quelli già indicati precedentemente.
- 2) Impianti di abbattimento a corpi di riempimento; sono costituiti essenzialmente da colonne riempite con materiali che aumentano e favoriscono il contatto fra gas e liquido di lavaggio, le soluzioni di lavaggio sono costituite da acqua alcalinizzata.
- 3) Impianti di abbattimento a piatti; sono costituiti da colonne a piatti, in genere forati o a campanelle, che favoriscono un intimo contatto fra gas e liquido; anche in questo caso sono valide le considerazioni generali riportate per gli abbattitori a umido.

In questa categoria di impianti maggiormente in uso sono gli abbattitori a colonna con corpi di riempimento; infatti consentono di garantire una elevata capacità di abbattimento di sostanze acide, qualora la concentrazione del particolato nella corrente gassosa non presenti valori elevati tali da provocare intasamenti nella colonna stessa. In tal caso si



renderà necessaria una preventiva depolverazione della corrente gassosa da trattare; con tali sistemi si possono ottenere per gli inquinanti acidi rese di abbattimento > 90 %. Si possono tuttavia avere notevoli problemi di corrosione ed incrostazione che devono essere ben considerati nella fase di progettazione.

### 6.2.3. Impianti di post-combustione

La sezione di post-combustione può considerarsi a tutti gli effetti un sistema di contenimento delle emissioni; è costituita in genere da una camera fisicamente separata dalla zona primaria di combustione. In detta sezione sono collocati uno o più bruciatori, alimentati con combustibile convenzionale, atti a mantenere la temperatura in ogni fase di funzionamento dell'impianto (950-1200 °C, nel caso di impianti di incenerimento di rifiuti, secondo quanto prescritto dalla Delibera 27/7/1984 e successive modifiche e integrazioni). I parametri che influenzano l'efficienza dei sistemi di post-combustione sono:

- temperatura;
- tempo di permanenza dell'effluente in zona di post-combustione;
- turbolenza o efficienza di miscelazione della corrente gassosa;
- rapporto aria comburente/sostanze combustibili.

Nella realtà risulta difficile realizzare una fase perfettamente miscelata, in quanto effetti diffusionali e di retromiscelazione provocano una distribuzione variabile e disomogenea dei tempi di permanenza dell'effluente nella camera di post-combustione.

La tabella 11 riporta i parametri tecnici ottimali e caratteristici per le diverse tipologie di impianti descritte in questo capitolo.

### 6.3. Contenimento dei percolati e dei gas

Il problema del contenimento di percolati e gas si presenta essenzialmente nel caso di discariche; il carico inquinante sui vari comparti ambientali di una discarica per RTN, può essere riassunto e schematizzato secondo quanto riportato in figura 3. Si possono individuare rischi a lungo termine e rischi a breve termine che comportano differenti interventi di mitigazione. I rischi correlati alle modalità di progettazione e di gestione della discarica; che presentano il più importante impatto potenziale, sono dovuti alla formazione di percolato che si origina in seguito alle infiltrazioni di acqua nella massa di rifiuti e dalla fermentazione dei rifiuti stessi. La formazione del percolato è governata da diversi fattori legati alla meteorologia ed idrologia locale, alle caratteristiche dei rifiuti messi a dimora ed anche alle caratteristiche progettuali e gestionali dell'impianto stesso. Considerando un settore di scarico già colmato, nel quale cioè siano già stati disposti sia gli strati di rifiuto compattato, sia lo strato finale di materiale di copertura, la quantità di percolato che si forma è legata al bilancio di massa relativo ai flussi di acqua in ingresso ed in uscita dal settore, nonché agli accumuli e produzioni interne. Il principale flusso d'ingresso è rappresentato dalle precipitazioni atmosferiche, una parte di queste non penetra all'interno del deposito ma si allontana per ruscellamento sulla superficie, mentre un'altra parte ritorna all'atmosfera attraverso i fenomeni di evaporazione e di traspirazione. Altri flussi di ingresso possono essere



rappresentati da infiltrazioni, all'interno del settore, di acque superficiali o sotterranee, e dal ruscellamento di acqua piovana; occorre inoltre anche tenere conto degli apporti al contenuto d'acqua del materiale depositato.

Il più importante fattore di impatto eliminabile è costituito dall'acqua proveniente da ruscellamento delle acque meteoriche e da falde sotterranee; infatti una corretta progettazione, che preveda opportuni canali di drenaggio superficiale ed adeguate impermeabilizzazioni del fondo e dei fianchi del settore di scarico porta ad eliminare o ridurre l'incidenza di questi apporti.

Fattore generalmente non controllabile è quello delle precipitazioni; in taluni casi particolari può essere necessaria una impermeabilizzazione parziale o completa della superficie dei rifiuti atta ad eliminare l'effetto delle acque meteoriche. Il ruscellamento superficiale può essere incrementato, limitando così la possibilità di penetrazione delle acque, tramite l'impiego di materiali di copertura a bassa permeabilità, distribuiti in modo omogeneo e ben compattati, ed una accentuata pendenza delle superfici. In questo caso un fattore negativo è costituito dalla densità e dal tipo di vegetazione presente; questa penalizza lo scorrimento dell'acqua piovana, tuttavia in alcuni casi può, attraverso la traspirazione e l'evaporazione, allontanare notevoli quantità di acqua in dipendenza delle generali condizioni ambientali, quali: vento, temperatura, umidità, ecc..

In relazione alle caratteristiche del percolato appare fondamentale, per prevenire inquinamenti delle acque profonde e superficiali, controllare la formazione di questo liquame e la sua diffusione nel terreno, provvedendo ad un suo corretto drenaggio e successivo trattamento.

Altro rischio, connesso ad inquinamento a lungo termine, è dovuto alla produzione di gas; i suoi principali potenziali impatti negativi sull'ambiente riguardano il rischio di esplosioni, l'emaneazione di gas tossici e odori sgradevoli, il danneggiamento dell'apparato radicale delle colture. Tali effetti possono aversi anche a considerevoli distanze dall'area di scarico, a seguito di fenomeni di migrazione, soprattutto laterale, dei gas; per questi motivi, unitamente ai possibili vantaggi conseguibili con un recupero energetico del biogas, si rende necessario prendere tutte le misure atte a prevenire l'accumulo e l'incontrollata diffusione del gas stesso (ad esempio: adeguate coperture finali dei rifiuti, ventilazione del gas, captazione con aspirazione, torce, ecc.).

I problemi di inquinamento a breve termine possono avere un impatto spaziale limitato ad un ristretto intorno della discarica e cioè: vettoriamento di malattie ad opera di organismi animali (quali insetti, mosche, ratti, animali randagi), rumore, polverosità, deterioramento estetico del paesaggio. Tali impatti possono essere controllati mediante semplici misure quali recinzioni di tutta l'area dell'impianto, coperture giornaliere di rifiuti (compreso il fronte di avanzamento), periodiche disinfezioni, inerbimento delle aree colmate, barriere mobili di intercettazione di materiali leggeri trasportabili dal vento, insonorizzazione dei mezzi mobili, barriere arboree.

Per quanto riguarda la emissione di sostanze odorigene, queste sono dovute essenzialmente a meccanismi di evaporazione e degradazione anaerobica di composti organiche all'interno dell'ammasso dei rifiuti. Anche se la presenza di tali prodotti è generalmente in concentrazione non tossica, si può generare una situazione di molestia e disturbo ambientale nei confronti delle popolazioni con conseguente compromissione dello stato di benessere. La concentrazione dei prodotti maleodoranti e la corrispondente sensazione di odore varia al variare della distanza rispetto alla sorgente emittente ed alle



condizioni meteorologiche della zona considerata (direzione del vento, turbolenza atmosferica, umidità, temperatura, ecc.); infatti tali parametri sono determinanti per la diluizione delle emissioni e la riduzione del disturbo arrecato alla popolazione. Le misure di mitigazione possono essere le stesse indicate per le emissioni dei gas.

Per quanto riguarda il sistema di impermeabilizzazione di una discarica i principali parametri che devono essere considerati sono:

- Relativamente al sito; subsidenza, formazione di gas dovuto alla decomposizione del materiale organico, altezza della superficie di falda, reattività chimica del substrato, ecc..
- Relativamente alla progettazione; selezione del materiale impermeabilizzante in relazione ai RTN trattati, problemi connessi con il sostegno delle strutture, protezione agli agenti atmosferici.
- Relativamente alla costruzione; compattazione e finitura del piano di posa, esecuzione dell'ancoraggio del telo presenza di eventuali difetti nella saldatura.
- Relativamente al materiale; incompatibilità chimica e inadeguata resistenza, stress ambientali, degradazione dei composti dei polimeri, cattiva resistenza alla tensioni multiassiali, strisciamento, instabilità dimensionale, incrinature o fenditure, inadeguato sistema di giunture).
- Relativamente alla fase di esercizio; controllo dei rifiuti in arrivo, controllo dei metodi di deposizione e compattazione dei rifiuti.
- Relativamente all'ambiente; attacco da intemperie, attacco chimico da parte dei costituenti dei rifiuti, attacco del vento e delle mareggiate, attacco biologico compresa la biodegradazione.

#### **6.4. Controlli e monitoraggi**

Fattore di notevole importanza per la riduzione dei rischi per la salute è quello relativo alla messa in atto di monitoraggi ambientali al fine di prevenire o individuare precocemente l'insorgere di possibili cause di danno. Infatti la sorveglianza costante di un ristretto, ma significativo, numero di parametri fisici e chimici consente di tenere sotto controllo la funzionalità di un impianto (ad esempio: l'andamento della combustione, la neutralizzazione di una soluzione, ecc.) o di individuare eventuali anomalie di sistemi di contenimento (ad esempio: rottura di un manto di impermeabilizzazione, infiltrazioni, efficienza di abbattimento, ecc.); ciò permette di intervenire per ripristinare le condizioni ottimali e rimuovere le cause di rischio o minimizzarne gli eventuali danni.

Nel caso di un impianto di trattamento di RTN andranno controllate le emissioni (ad esempio: fumi, acque di scarico, fanghi, ecc.) e la qualità del prodotto finale (ad esempio: presenza di incombusti in scorie di incenerimento; efficienza della inertizzazione di un prodotto mediante prove di cessione, ecc.).

Nel caso di una discarica i sistemi utilizzati per la sorveglianza sono mirati essenzialmente alla individuazione di possibili fuoriuscite di percolati al fine di controllare che il complesso suolo-falda non abbia subito conseguenze in modo diretto o indiretto da parte di sostanze inquinanti. Il controllo del sistema di impermeabilizzazione e delle acque sotterranee viene effettuato mediante pozzi ubicati intorno all'impianto; ciò consente di evidenziare e localizzare eventuali perdite e di controllare la qualità delle acque di falda. Per il monitoraggio delle acque possono essere usati apparati, automatici e non, che



rilevano parametri quali: pH, conducibilità, composti azotati, cloruri, microrganismi, ecc..

Un efficace controllo di impianti di incenerimento di RTN e delle loro emissioni può essere effettuato mediante il monitoraggio in continuo di:

- temperatura (nella camera di combustione primaria, nella camera di combustione secondaria, nel recuperatore di calore, a monte e a valle del sistema di abbattimento e al camino),
- ossigeno (O<sub>2</sub>)(nella camera di combustione primaria, nella camera di combustione secondaria e al camino),
- ossido di carbonio (CO)(nella camera di combustione e al camino),
- materiale particellare sospeso (PTS)(al camino),
- acido cloridrico (HCl)(al camino),
- composti organici volatili totali (COT)(al camino),
- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)(al camino),
- ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)(al camino).

Utilizzando sistemi di controllo in continuo delle emissioni, devono essere anche effettuate periodiche tarature degli strumenti e calibrizioni delle apparecchiature con metodi di riferimento. I dati andranno correlati con gli altri parametri di emissione quali: portata degli effluenti, contenuto percentuale di ossigeno, umidità e temperatura.

Risulta inoltre necessario effettuare periodici rilevamenti delle emissioni atmosferiche mediante metodi manuali:

- materiale particellare sospeso (PTS);
- metalli (mercurio, cadmio, arsenico, nichel, piombo, cromo, rame, vanadio);
- acidi alogenidrici;
- ossidi di zolfo e di azoto;
- composti organici volatili espressi come carbonio organico totale (COT);
- policlorobifenili e policlorotriphenili;
- policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani;
- idrocarburi policiclici aromatici.

Tali controlli devono essere fatti utilizzando metodiche di prelievo ed di analisi unificate e concordate (vedi ad esempio le metodiche UNICHIM, Manuale n. 122, e quelle messe a punto dal Gruppo di Studio dell'ISS "Emissioni atmosferiche da impianti di incenerimento", ISTISAN 85/12, ISTISAN 88/19, ISTISAN 90/33, ISTISAN 90/34), rilevando contemporaneamente le condizioni operative della combustione e dei sistemi di abbattimento, insieme alle caratteristiche dei RTN avviati all'incenerimento.

Deve altresì essere tenuto sotto controllo il corretto funzionamento degli impianti di abbattimento attraverso parametri quali: perdite di carico, portata dei reagenti e dei liquidi di lavaggio, pH delle soluzioni di neutralizzazione, ecc..

#### 6.4.1. Sorveglianza ambientale

Per alcuni impianti, in relazione alla tipologia e quantità di RTN trattati, può rendersi necessario la messa in opera di una rete di sorveglianza ambientale, finalizzata al monitoraggio della qualità dell'aria, dell'acqua e dei suoli. Tale rete, che dovrà coprire l'area potenzialmente interessata all'impatto dell'impianto, potrà comprendere anche indicatori ecologici di vario tipo vegetale e animale. La sua attività si estenderà per



l'intera durata dell'attività dell'impianto; nel caso di discariche potrà rendersi necessario estendere il controllo di alcuni parametri anche per lunghi periodi dopo la chiusura definitiva dell'impianto.

I punti essenziali da considerare per la messa in opera di una rete sono:

- Individuazione degli inquinanti significativi che possono essere monitorati in continuo e con metodi manuali.
- Scelta delle postazioni significative nelle quali posizionare gli apparati di rilevamento (pozzi spia, analizzatori in continuo, prelevatori manuali, centraline meteorologiche, ecc.). Verifica periodica della presenza di microinquinanti.
- Individuazione delle aree nelle quali la ricaduta o la veicolazione degli inquinanti con particolare attenzione per i suoli agricoli e i pascoli. Verifica periodica del livello di deposizione al suolo di microinquinanti.
- Individuazione di un punto di "zero" che consenta un raffronto con i dati rilevati.

A titolo indicativo e di orientamento si ritiene utile riportare le principali indicazioni, contenute in due proposte di direttiva CEE, sulle procedure di controllo e di monitoraggio per impianti di trattamento rifiuti.

#### 6.4.2. Orientamenti in ambito Comunitario

Per quanto riguarda gli aspetti relativi al controllo, di seguito si riportano alcuni stralci della "Proposta di direttiva del Consiglio della CEE relativa alla discarica dei rifiuti" (per ulteriori notizie si rimanda al documento originale: COM (91) 102 def. - SYN 335, Bruxelles, 22/5/91).

#### **"PROCEDURE DI CONTROLLO NELLE FASI OPERATIVA E POST-OPERATIVA":**

##### *Programma di misurazione*

*Si attua questo programma minimo durante la fase operativa, come aiuto nella gestione generale della discarica, e nella fase post-operativa per un periodo di almeno 30 anni dopo la chiusura definitiva per prevenire ulteriori danni al corpo dell'interramento o all'ambiente e per garantire che il sito rimanga sicuro. I dati ricavati in lunghi periodi ed in diverse discariche contribuiscono ad aumentare le conoscenze sul comportamento dei rifiuti negli interramenti.*

##### **IV.1 - Dati meteorologici**

*In situ o dalla stazione più vicina che fornisce i dati rappresentativi del luogo (1).*

		<i>Fase operativa</i>	<i>Fase post-operativa</i>
<i>1.1</i>	<i>Volume e intensità delle precipitazioni</i>	<i>giornalmente</i>	<i>mensilmente</i>
<i>1.2</i>	<i>Temperatura (min. max., ore 14)</i>	<i>giornalmente</i>	<i>nello stesso</i>
<i>1.3</i>	<i>Direzione e forza del vento prevalente</i>	<i>giornalmente</i>	<i>giorno</i>
<i>1.4</i>	<i>Evaporazione (lisimetro) (2)</i>	<i>giornalmente</i>	<i>del</i>
<i>1.5</i>	<i>Umidità atmosferica (ore 14)</i>	<i>giornalmente</i>	<i>mese</i>

*(1) I parametri 1.1 a 1.5 possono essere sostituiti dalle "precipitazioni efficaci" fornite da qualche rete locale.*



(2) Oppure mediante misura del parametro 1.5 e calcolo dell'evaporazione secondo HAUDE.

#### IV.2 - Dati di emissione: acqua, colaticcio e controllo del gas

**Campionamento.** Per il colaticcio e l'acqua di superficie un campione globale da 10 l, rappresentativo della composizione media, deve essere disponibile ogni mese per il controllo. Riferimento: "General guidelines on sampling technology, doc.ISO 5667-2 (1988).

		Fase operativa	Fase post-operativa
2.1	Volume colaticcio	valore sommatorio giornaliero	ogni 6 mesi
2.2	Composizione di un colaticcio (1)	mensile (2)	ogni 6 mesi
2.3	Composizione delle acque superficiali	mensile (2)	ogni 6 mesi
2.4	Emissioni gassose (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> , ecc.)	mensile (2.3)	ogni 6 mesi (4)

(1) I parametri da misurare e le sostanze da analizzare variano secondo la composizione dei rifiuti depositati; vanno stabiliti nel documento di autorizzazione e devono corrispondere ai criteri dell'eluato dei rifiuti interrati. Quelli scelti per il colaticcio dovrebbero essere tali da poter ricavare, dalle evoluzioni annuali, stime dell'influenza del colaticcio sulla barriera alla base dell'interramento.

(2) Si devono effettuare le misurazioni e le analisi almeno una volta al mese durante il primo anno di funzionamento. Se la valutazione dei dati indica che intervalli più lunghi danno lo stesso risultato, è possibile aumentarla fino ad un massimo di 3 mesi. Si misura la conduttività almeno una volta al mese.

(3) CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> con regolarità; altri gas come richiesto, conformemente alla composizione dei rifiuti deposti.

(4) Si controlla con regolarità l'efficienza dello strato di drenaggio del gas.

#### IV.3 - Protezione delle acque sotterranee

**A. - Campionamento.** Si stabiliscono nel documento di autorizzazione il numero e la posizione dei punti di misurazione delle acque sotterranee; almeno un punto di misurazione va posizionato nell'area di ingresso delle acque sotterranee (livello 0) e due nella zona di efflusso. Valore di riferimento prima di iniziare le operazioni: un'analisi completa da usare come "valore di riferimento iniziale" da effettuarsi in almeno 3 località. Riferimento: Sampling Groundwaters, Project for International norm. daft. ref. ISO/TC 147 SC6, dic. 1988.

**B. - Controllo.** Le sostanze da analizzare sono stabilite in base alla composizione del colaticcio determinata nella fase operativa. Si applica una particolare sorveglianza dei livelli delle sostanze prese in considerazione nell'allegato (elenchi 1 e 2) della direttiva del Consiglio 80/68/CEE relativa alla protezione delle acque sotterranee contro l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose. Per le sostanze dell'elenco 2 della direttiva del Consiglio 80/68/CEE, e per le acque sotterranee usate o utilizzabili come fonti d'acqua potabili, i valori MAC (concentrazioni massime autorizzate) sono



quelli riportati nella direttiva del Consiglio 80/778/CEE relativa all'acqua per consumo umano e metodi analitici da usare quelli proposti negli allegati della stessa direttiva.

	Fase operativa	Fase post-operativa
Livelli delle acque sotterranee	ogni 6 mesi (1)	ogni 6 mesi
Composizione delle acque sotterranee	ogni 6 mesi	ogni 6 mesi

(1) Si riducono gli intervalli qualora il livello delle acque sotterranee fosse variabile.

Per un continuo controllo, si possono utilizzare i parametri o le componenti di traccia, decisi in funzione delle caratteristiche originali dell'acqua sotterranea (livello 0) e della composizione del colaticcio.

#### IV.4 - Bilancio dell'acqua

Sebbene il calcolo del bilancio dell'acqua abbia solo un valore teorico, spesso può essere un parametro assai utile per scopi di gestione pratica nella fase operativa. Frequenza: 2 volte all'anno (aprile-ottobre). La misura dei parametri da 1.1 a 1.5 (dati meteorologici), combinata con la misura del parametro 2.1 (volume del colaticcio nei dati di emissione), permette di stimare il bilancio annuale dell'acqua nella discarica. Un metodo di calcolo comodo per una discarica operativa potrebbe essere:

$$L_0 = I - E - aW$$

in cui

$L_0$  = colaticcio libero trattenuto nell'area (equivalente alla produzione di colaticcio meno colaticcio che lascia l'area), in  $m^3$ /anno;

$I$  = totale dei liquidi immessi (precipitazioni più rifiuti liquidi più eventuali flussi di acqua superficiale in ingresso), in  $m^3$ /anno;

$E$  = perdite per evapotraspirazione (evaporazione più traspirazione minima), in  $m^3$ /anno;

$a$  = capacità di assorbimento (quantitativo massimo di liquido prelevato e trattenuto per peso unitario di materia solida in condizioni specifiche; generalmente la quantità di liquido trattenuto per peso unitario dei rifiuti interrati prima che sia emesso il colaticcio o praticamente l'umidità residua al momento del campionamento.) dei rifiuti in  $m^3$ /t di rifiuti ricevuti;

$W$  = peso dei rifiuti depositati, in t/anno.

L'efficacia dei meccanismi attenuanti che riducono i rischi di inquinamento ad un livello accettabile sia all'interno dell'interramento sia nello strato sottostante, implica teoricamente che l'area sia gestita in modo tale che  $L_0$  sia sempre negativo o zero. Un valore positivo crescente di  $L_0$  implica un accumulo di percolato nell'area.

#### IV.5 - Topografia dell'area: dati sul corpo della discarica

		Fase operativa	Fase post-operativa
5.1	Struttura e composizione del corpo (1)	annualmente	
5.2	Comportamento di assestamento del livello del corpo della discarica	annualmente	lettura annuale



*(1) Dati per il piano di stato della discarica in questione: superficie occupata dai rifiuti, volume e composizione dei rifiuti, metodi di deposito, momento e durata del deposito, prova di stabilità del corpo dell'interramento, calcolo della capacità di deposito ancora disponibile nella discarica.*

Per quanto riguarda la movimentazione e manipolazione dei RTN e il loro incenerimento, di seguito si riportano alcuni stralci degli allegati informativi contenuti nella "Proposta di direttiva del Consiglio della CEE sull'incenerimento dei rifiuti" (per ulteriori notizie si rimanda al documento originale: COM (92) 9 def. - SYN 406, Bruxelles, 19/3/92).

### ALLEGATO TN I

#### 1. Consegna e ricezione dei rifiuti

*Prima che i rifiuti siano introdotti nell'impianto, devono passare per l'area di ingresso e di controllo. Ivi si devono eseguire le seguenti azioni di controllo e di vigilanza: controllo del peso, controllo amministrativo e controlli di laboratorio.*

*Il controllo di laboratorio consiste di un'ispezione dei rifiuti per ottenere un'impressione visiva, un prelievo di campioni, una caratterizzazione del materiale mediante prove selettive qualitative e semiquantitative di carattere generale. Data la mancanza di tempo, spesso non è possibile un'analisi completa. E' necessario accertare i seguenti parametri:*

- non infiammabilità;*
- contenuto in cloruro e zolfo;*
- valore del pH;*
- tenore dei metalli pesanti (per esempio cartine ad immersione, spettrometria ad assorbimento atomico o spettrometria di emissione atomica con plasma accoppiato induttivamente).*

*Un sistema alternativo di controllo consiste in un'analisi completa dei rifiuti, prima dell'effettiva conferma dell'impianto. Quando i rifiuti sono consegnati, sono controllati soltanto per accertare la conformità con il campione originale e rilevare specifici parametri pertinenti. In generale, la scelta dei parametri da accertare e dei metodi analitici da applicare dipende dalla natura e dalle caratteristiche chimiche e fisiche dei rifiuti, per esempio se sono liquidi o solidi. E' pertanto impossibile redigere un elenco delle prove che possono essere applicate a ciascun tipo di rifiuti.*

*Normalmente vengono eseguiti ulteriori controlli sul campione in un tempo successivo, per esempio potere calorifero, tenore di acqua, concentrazioni di PCB o di altri contaminanti tossici e/o termoresistenti.*

*Alla fine delle prove di laboratorio, l'identità dei rifiuti è nota e il materiale può essere diretto all'opportuna area di scarico nell'impianto.*

### ALLEGATO TN II

*Prima di scaricare i rifiuti in un capannone o in un serbatoio, si deve accertare che non possono verificarsi reazioni tra il contenuto del capannone o del serbatoio e il*



nuovo materiale depositato. Tali reazioni, per esempio la polimerizzazione, possono portare ad aumenti incontrollati di temperatura, causando infine un incendio o un'esplosione. Pertanto si deve controllare il comportamento dei rifiuti prima dello scarico con qualche prova in scala ridotta.

Le aree di scarico costituiscono una parte integrante delle strutture di immagazzinamento. Questa sezione dell'impianto è normalmente progettata in modo da evitare le emissioni causate dagli spostamenti di rifiuti pericolosi, in particolar modo la contaminazione dei suoli e delle falde acquifere a causa di spandimenti e colaticci, e le emissioni diffuse nell'atmosfera. Pertanto, se necessario, le zone in cui i rifiuti sono scaricati e caricati, devono essere isolate con materiali che, tra l'altro, resistano agli idrocarburi clorurati; tutte le stazioni dove sono scaricate o riprese sostanze volatili, devono essere attrezzate con unità di aspirazione.

A prescindere dai criteri generali summenzionati per le attrezzature tecniche, si possono distinguere i seguenti tipi di immagazzinamento per rifiuti tossici e combustibili:

- deposito di rifiuti solidi (capannone);
- deposito di impasti liquidi (serbatoi e compartimenti di capannone appositamente attrezzati);
- deposito di olio usato, solventi, acque reflue tossiche (serbatoi);
- deposito di bidoni o altri recipienti contenenti rifiuti (area di deposito dei bidoni).

Se i rifiuti solidi non sono messi in contenitori chiusi, possono essere tenuti ad una pressione inferiore a quella atmosferica, aspirando aria dal capannone o dal serbatoio. I gas aspirati possono essere utilizzati come aria di combustione per l'inceneritore, altrimenti, se l'inceneritore è guasto, devono essere trattati secondo le disposizioni dell'autorizzazione o dispersi mediante una ciminiera.

Scaricando i rifiuti liquidi o umidi in un serbatoio, si espelle un volume di gas (gas saturo di materia organica volatile) pari al materiale scaricato. Questo flusso di gas deve essere trattato in modo che non causi né odori né inquinamento. Allo stato attuale della tecnica si può scaricare il volume di gas espulso in un sistema chiuso, per esempio tubi dotati delle necessarie attrezzature di sicurezza, sia nella camera di combustione sia, e qualora l'impianto fosse spento, attraverso un filtro di carbone attivo o attraverso un impianto di condensazione raffreddato ad azoto.

Date le caratteristiche altamente variabili dei rifiuti, per quanto riguarda per esempio il grado di contaminazione da agenti inquinanti, il tenore dell'acqua, il potere calorifero, ecc., si deve prestare grande attenzione a pareggiare e omogeneizzare le frazioni di rifiuti, prima di immetterle nella fornace. A tal fine i rifiuti solidi devono essere mescolati e i diversi materiali liquidi devono essere mescolati con un combustibile in modo che alla fine le diversità di caratteristiche fisiche e chimiche siano limitate.



## ALLEGATO TN IV

### *Sorveglianza delle emissioni*

#### *1. Introduzione*

*Per garantire un regolare funzionamento dell'impianto, è essenziale che i parametri chiave della combustione e della pulitura dei gas siano sorvegliati e registrati.*

*Le emissioni di impianti di incenerimento di rifiuti pericolosi possono essere sorvegliate e analizzate in forma continua dagli strumenti propri dell'impianto, integrati da regolari misure di verifica. Altre emissioni, come residui solidi, richiedono prove complementari di laboratorio.*

#### *2. Strumenti dell'impianto*

##### *2.1. Parametri*

*Gli strumenti dell'impianto sono utilizzati per il controllo dell'impianto in funzionamento e per il controllo automatico del processo di incenerimento, ivi compresa la pulitura dei gas di combustione. Parametri tipici di controllo sono:*

- *temperature dei gas di combustione:*
  - *nella fornace,*
  - *nella camera di combustione secondaria,*
  - *nella caldaia,*
  - *prima/dopo il filtro;*
- *le concentrazioni di:*
  - *ossigeno (O<sub>2</sub>),*
  - *monossido di carbonio (CO),*
  - *acido cloridrico (HCl),*
  - *materie e polveri sospese nei gas di combustione.*

*Altra strumentazione è utilizzata per sorvegliare l'efficienza della combustione e le emissioni dell'impianto. Tipici parametri di controllo sono:*

- *ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>),*
- *biossido di zolfo (HCl),*
- *particelle /polveri sospese,*
- *carbonio organico totale (TOC).*



## **2.2. Sorveglianza delle emissioni**

*Nella letteratura si trovano molte descrizioni di strumenti di controllo per la misurazione delle emissioni, ma gli elenchi sono incompleti a causa dei rapidi sviluppi in questo campo.*

*La bibliografia fa riferimento al tedesco Umweltbundesamt: Bericht 1/1986 (Umweltbundesamt 1986). I principi di base consistono nelle misurazioni sul posto ed estrattive.*

## **3. Misurazioni di controllo**

*Le misurazioni di controllo possono essere suddivise in tre tipi:*

- *misurazioni di campioni a scelta casuale,*
- *misurazioni di calibratura,*
- *misurazioni dell'efficienza.*

### **3.1. Misurazioni periodiche di campioni**

*Per controllare le emissioni di particelle e le emissioni di metalli pesanti e in particolare di gas acidi, si raccomanda di misurare regolarmente le emissioni delle seguenti sostanze:*

- *particelle,*
- *mercurio e cadmio,*
- *arsenico, nichel e piombo,*
- *cromo, rame e vanadio,*
- *acido cloridrico, acido fluoridrico e acido bromidrico,*
- *biossido di zolfo e triossido di zolfo,*
- *carbonio organico totale,*
- *bifenili policlorurati e trifenili policlorurati,*
- *alogeni e solfuro di idrogeno,*
- *diossine e dibenzofurani,*
- *composti del fosforo,*
- *sostanze odoranti.*

*Il campionamento delle particelle di polvere e dei metalli in esse contenuti deve essere eseguito isocineticamente, come descritto in ISO/DIS 9096.*

*Campionamento isocinetico significa che la velocità di aspirazione dell'ugello dell'attrezzatura di campionamento è uguale alla velocità dei gas di combustione nel condotto o nella ciminiera, da cui viene aspirata la corrente parziale di gas.*

### **3.2. Misurazioni di calibratura**

*La convalida dell'efficienza dell'impianto, ivi compresa la taratura degli strumenti dell'impianto, può essere eseguita congiuntamente alle misurazioni di campioni scelti a caso. Si è constatato che ciò è necessario, poichè gli strumenti di*



*controllo delle emissioni sono sistemi complicati che diventano inaffidabili dopo lunghi periodi senza ispezione degli esperti.*

### **3.3. Misurazioni dell'efficienza dell'impianto**

*Dopo la messa in funzione di una nuova fornace e/o di una nuova attrezzatura di pulitura dei gas di combustione, è necessario un collaudo dell'efficienza per dimostrare le caratteristiche specifiche dell'impianto. Il programma di collaudo deve essere concordato per quanto riguarda le prove da eseguire e la frequenza. Fra i parametri tipici si trovano:*

- emissione di TOC,*
- acido cloridrico (HCl),*
- fluoruro di idrogeno (HF),*
- ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>),*
- emissioni di PCDD e PCDF,*
- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>),*
- mercurio (Hg).*



Tabella 10.

Schematizzazione dei possibili interventi per il contenimento delle emissioni in impianti di termodistruzione di rifiuti solidi (G. Viviano, P. Pagotto, 1992).

METODI INDIRETTI	
Aumento della efficienza di combustione	PT, CO, HC, IPA, COV, PCDD, PCDF
Modifiche tecniche della combustione	NO <sub>x</sub> , PT, CO, HC, IPA, COV, PCDD, PCDF
Omogeneizzazione del rifiuto	CO, HC, IPA, COV, PCDD, PCDF
Raccolta differenziata-preselezione	Hg, HCl, HF, metalli, microinquinanti
METODI DIRETTI	
Filtrazione a tessuto	Materiale particellare, metalli
Precipitatore elettrostatico	Materiale particellare, metalli
Scrubber	Materiale particellare, metalli
Post-combustione termica	Microinquinanti organici, IPA; PCDD; PCDF; CO; HC
Assorbimento per via umida Adsorbimento per via secca Assorbimento per via semisecca	HCl, HF, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>
Iniezione di carbone attivo	Hg, TCDD, TCDF



Tabella 11.

Principali parametri tecnici ottimali e caratteristici di impianti di abbattimento delle emissioni atmosferiche (Regione Emilia Romagna, 1991).

<p>FILTRAZIONE CON TESSUTO (Filtri a manica):</p> <p>Velocità di filtrazione:</p> <p>a) Sistemi di pulizia a scuotimento meccanico e mezzo filtrante a maniche o tasche di tessuto con grammatura di 200 - 400 g/m<sup>2</sup> = 0,01 - 0,02 m/s.</p> <p>b) Sistemi di pulizia ad aria compressa in controcorrente e mezzo filtrante a maniche o tasche di feltro con grammature di 400 - 600 g/m<sup>2</sup> = 0,03 - 0,04 m/s.</p> <p>Perdite di carico = 150 - 300 mm H<sub>2</sub>O</p>
<p>PRECIPITATORI ELETTROSTATICI:</p> <p>Superficie specifica di captazione per m<sup>3</sup> di effluente = 50 - 140 m<sup>-1</sup></p> <p>Distanza tra le piastre = 0,2 - 0,5 m</p> <p>Numero campi = 1 - 8</p>
<p>VENTURI SCRUBBER:</p> <p>Velocità effluente = 50 - 120 m.s<sup>-1</sup></p> <p>Portata liquido di lavaggio per m<sup>3</sup> effluente = 0,000 7 - 0,002 7 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup></p> <p>Sistema captazione aerosol liquido: Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle dimensioni dell'aerosol del liquido di lavaggio.</p> <p>Perdite di carico totali = 450 - 1 300 mm H<sub>2</sub>O</p>



segue tabella 11.

**VENTURI:**

Velocità effluente gassoso nella sezione di gola = 30 - 60 m/s

Portata liquido di lavaggio per  $m^3$  effluente = 0,7 - 2,7 litro

Tempo di contatto = 0,4 - 0,6 s

Tipo e quantitativo di liquido di lavaggio:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle caratteristiche degli inquinanti presenti nell'effluente gassoso.

Sistema di captazione di particelle di liquido:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi e dalle dimensioni dell'aerosol del liquido di lavaggio.

Perdite di carico totali = 450 - 1 300 mm H<sub>2</sub>O

**COLONNE A RIEMPIMENTO:**

Altezza del riempimento > 1 m

Portata liquido di lavaggio per  $m^3 \cdot s^{-1}$  effluente = 0,8 - 10,0

Tempo di contatto = 0,4 - 0,6 s

Velocità dell'effluente gassoso nel riempimento = 2 - 3 m/s

Tipo e quantitativo di liquido di lavaggio:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle caratteristiche degli inquinanti presenti nell'effluente gassoso.

Sistema di captazione di particelle di liquido:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle dimensioni dell'aerosol del liquido di lavaggio.

Perdite di carico totali = 50 - 180 mm H<sub>2</sub>O



segue tabella 11.

**COLONNE A PIATTI:**

Numero piatti >1

Portata liquido di lavaggio = 3 - 7 l/s

Tempo di contatto = 0,4 - 0,6 s

Velocità dell'effluente gassoso nel riempimento = 1 - 3 m/s

Tipo e quantitativo di liquido di lavaggio:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle caratteristiche degli inquinanti presenti nell'effluente gassoso.

Sistema di captazione di particelle di liquido:

Specifico e variabile in relazione ai quantitativi ed alle dimensioni dell'aerosol del liquido di lavaggio.

Perdite di carico totali = 30 - 180 mm H<sub>2</sub>O

**POST-COMBUSTORI:**

Velocità media dei gas (nella sezione di ingresso) = 10 m/s

Temperatura dell'effluente = 950 °C (contenuto di cloro nei rifiuti < 2% in massa) e 1 200 °C (contenuto di cloro nei rifiuti >2% in massa).

Tempo di contatto = 2 s

Tenore di ossigeno libero nei fumi = 6 % V/V

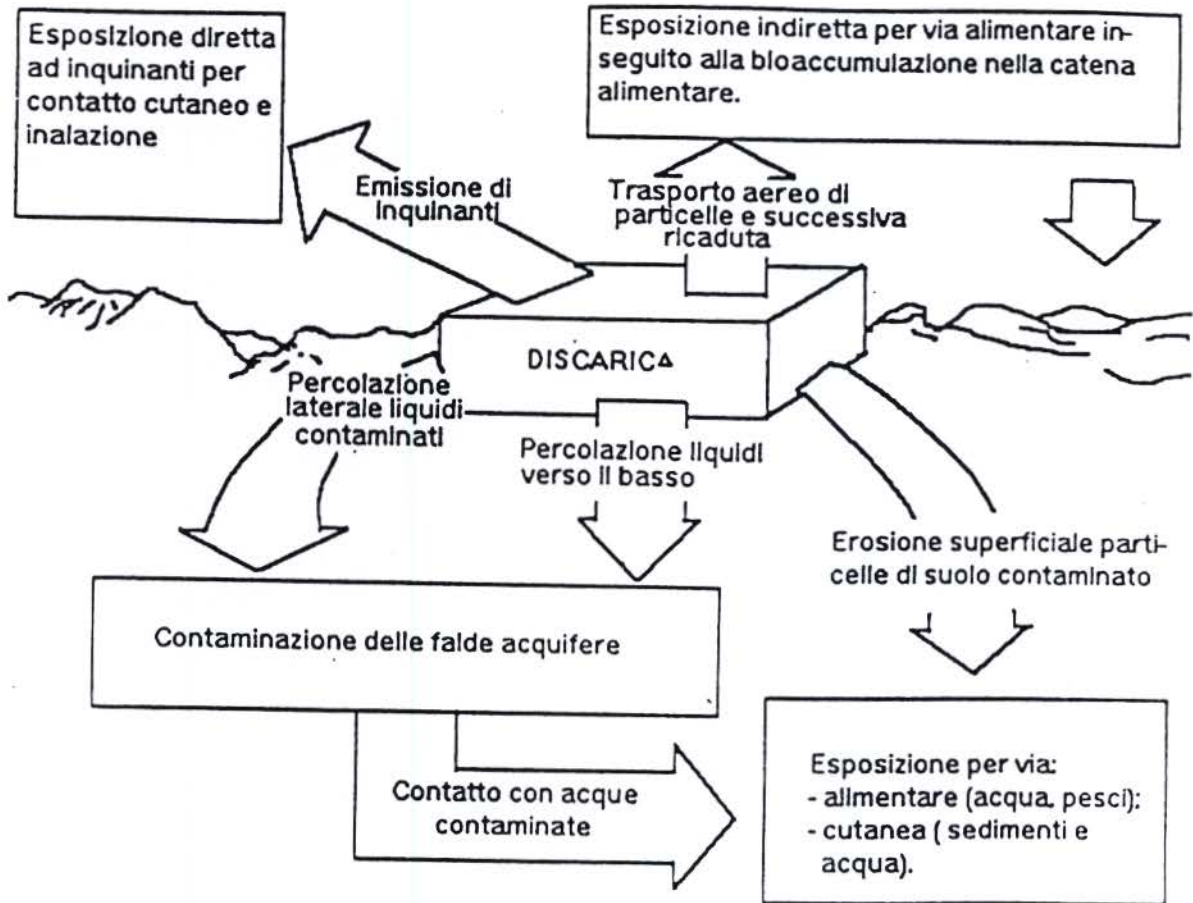


figura 3.

Carico inquinante di una discarica: possibili sorgenti di emissioni di inquinanti e vie di impatto sulla salute.



## 7. CRITERI DI QUALITA'

La qualità dell'ambiente ed in particolare dei suoi comparti può essere definita anche in relazione agli usi; ad esempio si fa riferimento a standard differenti per le acque adibite ad uso alimentare, agricolo, di balneazione, ecc.. In una stima di rischio è necessario individuare gli idonei standard di riferimento e poter disporre di criteri di comparazione e di raffronto dei dati rilevati con norme, criteri di qualità, linee guida, ecc..

Ai fini della stima dei rischi per la salute umana l'uso di limiti, standard, ecc. (quali quelli indicati in questo capitolo) deve essere fatto tenendo ben conto del contesto nel quale i limiti stessi sono stati elaborati e selezionando, di volta in volta, quelli che possono meglio rappresentare le reali condizioni del caso in studio.

### 7.1. Comparto aria

Per il comparto aria ci si può riferire a:

- Standard o norme di qualità dell'aria; che fissano le concentrazioni e i relativi tempi di esposizione massimi consentiti per la presenza nell'aria dei singoli inquinanti, tali da costituire un rischio praticamente nullo o pienamente accettabile per la salute della popolazione, comprese le categorie più deboli.
- Valori guida; che sono destinati alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente.
- Limiti alle emissioni da fonti fisse e mobili; che sono a carattere prevalentemente tecnologico.
- Linee guida di qualità dell'aria; queste ultime sono state elaborate, per la Regione Europea, dalla OMS (WHO, 1987), ma sono relative solo ad un certo numero di inquinanti atmosferici per i quali le conoscenze scientifiche relative agli effetti sull'uomo sono state giudicate sufficientemente accettabili.

Di seguito si riportano alcune definizioni contenute nel DPCM del 28/3/1983 e nel DPR 203/1988 che possono essere utili alla comprensione dei diversi standard e limiti attualmente in vigore nel nostro paese:

- Valori limite di qualità dell'aria:

limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione ad inquinanti nell'ambiente esterno.

- Valori guida di qualità dell'aria:

limiti delle concentrazioni e limiti di esposizione relativi ad inquinamenti nell'ambiente esterno destinati:

- a) alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente;
- b) a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria.

- Linee guida per il contenimento delle emissioni:

criteri in linea con l'evoluzione tecnica messi a punto relativamente a settori industriali contenenti indicazioni su:

- a) cicli tecnologici;



b) migliore tecnologia disponibile relativamente ai sistemi del contenimento delle emissioni;

c) fattori di emissione con e senza l'applicazione della migliore tecnologia disponibile per il contenimento delle emissioni.

Sulla base dei predetti criteri sono individuati i valori minimi e massimi di emissione.

- Valore limite di emissione:

la concentrazione e/o la massa di sostanze inquinanti nella emissione degli impianti di un dato intervallo di tempo che non devono essere superati.

Nelle tabelle 12-16 si riportano rispettivamente i valori limite di qualità dell'aria, i valori guida di qualità dell'aria e i limiti alle emissioni per impianti di incenerimento riportati nella normativa nazionale e nella normativa CEE; la tabella 17 riassume le linee guida di qualità dell'aria della OMS per alcuni inquinanti atmosferici.

Attualmente, per quanto riguarda i limiti alle emissioni, non essendo ancora state emanate le "linee guida per nuovi impianti" i valori di emissione in vigore per gli impianti di incenerimento (salvo diverse prescrizioni regionali per specifici impianti) sono quelli applicabili ad impianti esistenti, indicati nel citato DM 12/7/90. Tra le varie normative in corso di attuazione si hanno le citate "linee guida per impianti nuovi" e, in particolare, merita attenzione la proposta di direttiva CEE per l'incenerimento dei rifiuti pericolosi che introduce nuovi concetti quali quello della "tossicità equivalente" (tabella 15). In tabella 16 si riporta una comparazione tra la situazione attuale (linee guida per impianti esistenti e limiti direttiva 89/369/CEE) e le possibili prospettive future (proposta di linee guida per nuovi impianti e proposta limiti CEE per inceneritori per rifiuti pericolosi).

Appare quindi la tendenza, vista anche la grande difficoltà ad avere una accettabilità sociale di questi impianti, ad un ribasso dei limiti alle emissioni con conseguente sviluppo di sistemi di abbattimento sempre più sofisticati. Tuttavia una corretta impostazione del problema deve basarsi essenzialmente sulla stima del carico inquinante globale dell'impianto e non limitarsi al solo aspetto delle concentrazioni di inquinanti emesse in atmosfera.

## 7.2. Acque

Analogamente a quanto detto per l'aria anche per l'acqua ci si può riferire a standard o norme di qualità che fissano le concentrazioni massime consentite per la presenza in acqua di singoli inquinanti, in relazione all'uso al quale la stessa è destinata. Standard di qualità, valori guida e MAC destinati alla prevenzione in materia di salute sono, per le acque a uso potabile, riportati nella "direttiva del Consiglio 80/778/CEE del 15/7/1980, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano" recepita nella nostra legislazione con il "DPR 24/5/1988 n. 236); a titolo di esempio in tabella 18 si riportano le concentrazioni massime ammissibili per le sostanze tossiche indicate nel citato DPR 236/88. Limiti per le acque, che possono servire da riferimento per la protezione dell'ambiente, sono contenuti nella legge 10/5/1976 n. 319 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"; nel DL 25/1/1992 n. 130 "Attuazione della direttiva 78/659/CEE sulla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci"; nel DL 27/1/1992 n. 131 "Attuazione della direttiva 79/923/CEE relativa ai requisiti di qualità delle acque destinate alla molluschicoltura"; nel DL 27/1/1992 n. 132 "Attuazione della direttiva



80/68/CEE concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose" e nel DL 27/1/1992 n. 133 "Attuazione delle direttive 76/464/CEE, 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 88/347/CEE e 90/415/CEE in materia di scarichi industriali di sostanze pericolose nelle acque. A titolo di esempio si riportano nella tabella 19 i limiti allo scarico della tabella A della citata legge n. 319/76.

### 7.3. Suolo

Anche per i suoli l'orientamento degli ultimi anni è quello di definire standard di qualità in funzione della destinazione d'uso dei suoli stessi: agricolo, ricreativo, industriale, ecc.. Infatti la qualità di un terreno può considerarsi buona quando esso non causa alterazioni dei cicli naturali che normalmente vi si svolgono ed inoltre non causa danni alla vegetazione, agli animali ed alle popolazioni che vivono in stretto contatto con esso.

Valori di riferimento possono essere reperiti nella letteratura scientifica e nella normativa di altri paesi; per quanto riguarda il fondo naturale si riportano, a titolo indicativo, nella tabella 20 i valori di concentrazione di metalli riscontrabili in suoli e rocce. La tabella 21 riporta, invece, i valori guida adottati in Germania per il risanamento dei terreni contaminati da idrocarburi; classi di qualità per i terreni in relazione agli usi, sono stati adottati alcuni anni fa (1983) dall'Olanda, fissando tre livelli di concentrazioni (A, B e C) per alcuni contaminanti del suolo (J.E.T. Moen, 1988). In particolare: un terreno di buona qualità da adibirsi a qualsiasi uso è quello che presenta concentrazioni di inquinanti inferiori o uguali a quelle del livello "A"; un terreno da sottoporre a restrizioni e valutazioni preventive per la scelta dell'uso è quello che presenta concentrazioni di inquinanti comprese tra quelle del livello "A" e quelle del livello "B", mentre terreni con concentrazioni di inquinanti superiori ai valori del livello "C" vanno considerati altamente contaminati e devono essere sottoposti ad interventi di risanamento, tabella 22. Successivamente l'orientamento olandese ("Soil Protection Act") è stato quello di sostituire il criterio delle classi di uso con quello della concentrazione limite al di sopra della quale si rende necessario un intervento di bonifica, tabella 23.

Analogo appare l'orientamento della Gran Bretagna, dove linee guida stabiliscono limiti di concentrazione degli inquinanti a seconda della destinazione d'uso dei suoli, la tabella 24 riporta tali valori.

Non essendoci, attualmente, nella normativa nazionale standard di qualità per i suoli, ci si può riferire per analogia ad altri standard quali ad esempio quelli relativi ai suoli agricoli destinati all'utilizzazione dei fanghi di depurazione (DL 27/12/1992 "Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura"), tabella 25, ed inoltre anche agli standard per i suoli sui quali è possibile aggiungere compost (Delibera del Comitato Interministeriale 27/7/1984 "Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti), tabella 26.

#### **7.4. Composti organoclorurati**

Data la notevole risonanza che hanno avuto nel campo dello smaltimento dei rifiuti i composti organoclorurati, ed in particolare le policlorodibenzodiossine ed i policlorodibenzofurani nelle emissioni atmosferiche da inceneritori, si riportano di seguito una serie di indicazioni tratte da A. di Domenico, 1988. Dette indicazioni sono relative alla tossicità relativa di tali composti (rispetto al componente più tossico la 2,3,7,8 T<sub>4</sub>CDD), tabella 27, alla possibile esposizione umana giornaliera, tabella 28 e alle proposte di limiti ambientali e livelli d'azione, tabelle 29 e 30; per ulteriori approfondimenti si rimanda al lavoro originale.



Tabella 12.

Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni, e i limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno (standards di qualità) (DPCM 28/3/83 e DPR 203/88).

Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	<p>a) Mediana delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di un anno (periodo di riferimento 1 aprile - 31 marzo): 80 µg/m<sup>3</sup></p> <p>b) Mediana delle concentrazioni medie di 24 h rilevate durante l'inverno (periodo di riferimento 1 ottobre - 31 marzo): 130 µg/m<sup>3</sup></p> <p>c) 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di un anno (periodo di riferimento 1 aprile - 31 marzo): 250 µg/m<sup>3</sup> *</p>
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 h rilevate durante l'anno (periodo di riferimento 1 gennaio 31 dicembre): 200 µg/m <sup>3</sup>
Ozono (O <sub>3</sub> )	Concentrazione media di 1 ora da non raggiungere più di 1 volta al mese: 200 µg/m <sup>3</sup>
Monossido di carbonio (CO)	<p>a) Concentrazione media di 8 ore: 10 mg/m<sup>3</sup></p> <p>b) Concentrazione media di 1 ora: 40 mg/m<sup>3</sup></p>
Piombo (Pb)	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 h rilevate in un anno: 2 µg/m <sup>3</sup>
Fluoro (F)	<p>a) Concentrazione media di 24 h: 20 µg/m<sup>3</sup></p> <p>b) Media delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di un anno: 10 µg/m<sup>3</sup></p>
Particelle sospese	<p>a) Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno: 150 µg/m<sup>3</sup></p> <p>b) 95° percentile di tutte le concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di 1 anno: 300 µg/m<sup>3</sup></p>

\* Si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di tre giorni consecutivi; inoltre si deve cercare di prevenire e ridurre detti superamenti. Valori per le concentrazioni massime nell'aria di precursori di inquinanti contenuti nella tabella 12 da adottarsi subordinatamente alla concorrenza di determinate condizioni (DPCM 28/3/83).

Precursore	Valori limite di concentrazione	Condizioni per la validità del valore limite
Idrocarburi totali escluso il metano espressi come C	Concentrazione media di 3 ore consecutive in periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti: 200 µg/m <sup>3</sup>	Da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si siano verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono indicato nella tabella 12.

Tabella 13.  
Valori guida di qualità dell'aria (DPR 203/88).

Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	a) Media delle concentrazioni medie di 24 h rilevate nell'arco di un anno (periodo di riferimento 1 aprile-31 marzo)	40 - 60 µg/m <sup>3</sup>
	b) Valore medio delle 24 h	100 - 150 µg/m <sup>3</sup>
Biossido di azoto (NO <sub>x</sub> )	50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno (periodo di riferimento 1 gennaio-31 dicembre)	50 µg/m <sup>3</sup>
	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 h rilevate durante l'anno (periodo di riferimento 1 gennaio-31 dicembre)	135 µg/m <sup>3</sup>
Particelle sospese (misurate con il metodo dei fumi neri)	a) media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 h rilevate in un anno (periodo di riferimento 1 aprile-31 marzo)	40 - 60 µg/m <sup>3</sup>
	b) Valore medio delle 24 h	100 - 150 µg/m <sup>3</sup>



Tabella 14.

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione: INCENERITORI DI RIFIUTI. Valori di concentrazione espressi secondo le prescrizioni del D. M. 12 luglio 1990 (tenore volumetrico di ossigeno 11 %, 0 °C, 0,1013 MPa, volumi secchi).

(DM 12/7/90, "Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione").

Polveri (impianti pot. < 3 t/h)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	30 100
SO <sub>2</sub>	(mg/Nm <sup>3</sup> )	300
NO <sub>x</sub>	(mg/Nm <sup>3</sup> )	500
Cd, Hg, Tl	(mg/Nm <sup>3</sup> )	0,2
Se, Te, Ni	(mg/Nm <sup>3</sup> )	1
Sb, CN, Cr, Mn, Pd, Pb, Pt, SiO <sub>2</sub> , Cu, Rh, Sn, V	(mg/Nm <sup>3</sup> )	5
HCl (impianti pot. < 3 t/h)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	50 100
HF (impianti pot. < 3 t/h)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	2 4
PCDD + PCDF	(mg/Nm <sup>3</sup> )	0,004
Sostanze organiche (esprese come carbonio organico totale, non si applicano i limiti per le "Sostanze organiche sotto forma di gas, vapori o polveri", all. 1, § 4.)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	20
CO	(mg/Nm <sup>3</sup> )	100

Controllo in continuo di temperatura, polveri, CO, O<sub>2</sub>, HCl, per impianti con capacità nominale ≥ 1 t/h.

In caso di misura in continuo, il valore di emissione si intende rispettato se:

- a) nessuna media mobile su 7 giorni supera il valore limite di emissione;
- b) nessuna media giornaliera supera di oltre il 30% il valore limite corrispondente.

Tabella 15.

Fattori di calcolo della tossicità equivalente (TEF) per esprimere PCDD e PCDF in unità di diossina-equivalente (Proposta di direttiva del Consiglio sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi. CEE COM (92) 9 def. - SYN 406 - Bruxelles, 19/3/92).

2,3,7,8 Tetraclorodibenzodiossina (T <sub>4</sub> CDD)	fattore di equivalenza	1
1,2,3,7,8 Pentaclorodibenzodiossina (P <sub>5</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,5
1,2,3,4,7,8 Esaclorodibenzodiossina (H <sub>6</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,7,8,9 Esaclorodibenzodiossina (H <sub>6</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,6,7,8 Esaclorodibenzodiossina (H <sub>6</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,4,6,7,8 Eptaclorodibenzodiossina (H <sub>7</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,01
Ottaclorodibenzodiossina (O <sub>8</sub> CDD)	fattore di equivalenza	0,001
2,3,7,8 Tetraclorodibenzofurano (T <sub>4</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,1
2,3,4,7,8 Pentaclorodibenzofurano (P <sub>5</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,5
1,2,3,7,8 Pentaclorodibenzofurano (P <sub>5</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,05
1,2,3,4,7,8 Esaclorodibenzofurano (H <sub>6</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,7,8,9 Esaclorodibenzofurano (H <sub>6</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,6,7,8 Esaclorodibenzofurano (H <sub>6</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,1
2,3,4,6,7,8 Esaclorodibenzofurano (H <sub>6</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,1
1,2,3,4,6,7,8 Eptaclorodibenzofurano (H <sub>7</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,01
1,2,3,4,7,8,9 Eptaclorodibenzofurano (H <sub>7</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,01
Ottaclorodibenzofurano (O <sub>8</sub> CDF)	fattore di equivalenza	0,001

Tabella 16.

Limiti alle emissioni di impianti di incenerimento di rifiuti.

Confronto, relativo ad alcuni inquinanti, tra "linee guida" attuali e prospettive future.

INQUINANTE	ITALIA "linee guida" DM 12/7/90	CEE Direttiva 89/369/CEE	ITALIA proposta linee guida	CEE proposta direttiva rifiuti pericolosi
polveri (mg/Nm <sup>3</sup> )	30 - 100	30 - 200	20 - 30	5 - 10 **
acido cloridrico (mg/Nm <sup>3</sup> )	50 - 100	50 - 250	20 - 30	5 - 10 **
biossido di zolfo (mg/Nm <sup>3</sup> )	300	300	50 - 100	25 - 50 **
ossidi di azoto (mg/Nm <sup>3</sup> )	500	-	500 - 650	-
monossido di carbonio (mg/Nm <sup>3</sup> )	100	-	50 - 100	50 - 150
composti organici totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	20	-	10 - 20	5 - 10 **
Cd, Tl, Hg (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,2	0,2	0,1	0,05 ***
metalli pesanti totali (mg/Nm <sup>3</sup> )	5	5	5	0,5
IPA (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1	-	0,1	-
PCDD + PCDF (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,004	-	-	-
PCDD + PCDF (TEF) *	-	-	0,1 ng/Nm <sup>3</sup> *	0,1 ng/Nm <sup>3</sup> *

\* valore guida espresso in TEF (vedere tab. 15).

\*\* limite medio giornaliero e limite di punta (semiorario ad esclusione del CO).

\*\*\* il limite si riferisce al Cd e Tl come somma e al Hg separatamente.



Tabella 17.

Linee guida di qualità dell'aria\* e rischio unitario\*\* della Organizzazione Mondiale della sanità relativi ad alcuni inquinanti (Per il corretto utilizzo di questi dati si raccomanda di consultare le indicazioni riportate dall'OMS nel lavoro originale) (WHO, 1987).

INQUINANTE	LINEA GUIDA: CONCENTRAZIONE IN ARIA E RELATIVI TEMPI DI ESPOSIZIONE
ACRILONITRILE	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $2 \cdot 10^{-5}$ )
BENZENE	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $4 \cdot 10^{-6}$ )
SOLFURO DI CARBONIO	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media semioraria)
1, 2 - DICLOROETANO	0,7 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
DICLOROMETANO	3 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
FORMALDEIDE	0,1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media semioraria)
STIRENE	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media semioraria)
TETRACLOROETILENE	5 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
TOLUENE	1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media semioraria)
TRICLOROETILENE	1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
CLORURO DI VINILE	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $1 \cdot 10^{-6}$ )
ARSENICO	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $3 \cdot 10^{-3}$ )
CADMIO	$\text{ng}/\text{m}^3$ 1 - 5 aree rurali; 10 - 20 aree urbane
MONOSSIDO DI CARBONIO	$\text{mg}/\text{m}^3$ 100 (15 minuti); 60 (30 minuti); 30 (1 ora); 10 (8 ore)
CROMO VI	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $4 \cdot 10^{-2}$ )
IDROGENO SOLFORATO	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media giornaliera)
PIOMBO	0,5 - 1, 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale)
MANGANESE	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale)
MERCURIO	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale) (indoor)
NICHEL	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indice di rischio $4 \cdot 10^{-4}$ )
VANADIO	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media giornaliera)

## Nota:

\* I valori guida di qualità dell'aria indicano i livelli di concentrazione in aria degli inquinanti, associati ai tempi di esposizione, ai quali non sono attesi effetti avversi per la salute, per quanto concerne le sostanze non cancerogene.

\*\* La stima dell'incremento del rischio unitario (Unit risk-UR) è intesa come il rischio addizionale di tumore, che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui sono continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell' agente di rischio nell'aria che essi respirano.

Tabella 18.

Valori guida e concentrazione massima ammissibile (MAC) per sostanze tossiche nelle acque destinate al consumo umano.

(DPR, 24/5/1988, n. 236 "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n. 183).

PARAMETRI	CONCENTRAZIONE MASSIMA AMMISSIBILE (CMA)
Arsenico $\mu\text{g/l}$ As	50
Cadmio $\mu\text{g/l}$ Cd	5
Cianuri $\mu\text{g/l}$ CN	50
Cromo $\mu\text{g/l}$ Cr	50
Mercurio $\mu\text{g/l}$ Hg	1
Nichel $\mu\text{g/l}$ Ni	50
Piombo $\mu\text{g/l}$ Pb	50
Antimonio $\mu\text{g/l}$ Sb	10
Selenio $\mu\text{g/l}$ Se	10
Antiparassitari e prodotti assimilabili $\mu\text{g/l}$ : - per componente separato - in totale	0,1 0,5
Idrocarburi policiclici aromatici $\mu\text{g/l}$	0,2



Tabella 19.

Tutela delle acque interne dall'inquinamento (legge 10 maggio 1976, n. 319) - Tabella A.

N	PARAMETRI	CONCENTRAZIONI	NOTE
1	pH	5,5 - 9,5	Il valore di pH del recipiente deve essere compreso tra 6,5 e 8,5 nel raggio di 50 m dallo scarico.
2	Temperatura °C	-	Per i corsi d'acqua la variazione massima tra le temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di emissione dello scarico non deve superare i 3 °C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1 °C. Per i laghi la temperatura dello scarico non deve superare i 30 °C e l'incremento di temperatura del corpo del recipiente non deve in nessun caso superare i 3 °C oltre i 50 metri di distanza dal punto di immissione. Per i canali artificiali, il massimo valore medio della temperatura dell'acqua di qualsiasi sezione del canale a valle del punto di immissione dello scarico non deve superare i 35 °C. La condizione suddetta è subordinata all'approvazione dell'autorità preposta alla gestione del canale. Per il mare la temperatura dello scarico non deve superare i 35 °C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3 °C oltre i 1 000 metri di distanza dal punto di immissione. Deve inoltre essere evitata la formazione di barriere termiche alla foce dei fiumi.
3	Colore		Non percettibile dopo la diluizione di 1 : 20 su uno spessore di 10 centimetri.
4	Odore		Non deve essere causa di inconvenienti e molestie di qualsiasi genere.
5	Materiali grossolani	Assenti	La voce "materiali grossolani" si riferisce ad oggetti di dimensioni lineare superiore a un centimetro, qualsiasi sia la loro natura.
6	Materiali sedimentabili ml/l	0,5	I materiali sedimentabili sono misurati in cono Imhoff dopo 2 ore.
7	Materiali in sospensione totali mg/l	80	Per "materiali in sospensione" totali, indipendentemente dalla loro natura, devono essere intesi quelli aventi dimensioni tali da permettere il passaggio attraverso membrana filtrante di porosità 0,45 u.
8	BOD <sub>5</sub> mg/l	40	Per gli scarichi industriali le cui caratteristiche di ossidabilità siano diverse da quelle dei liquami domestici la concentrazione limite deve essere riferita ad almeno il 70 per cento del BOD totale.
9	COD mg/l	160	Il COD si intende determinato con bicromato di potassio alla ebollizione dopo 2 ore.
10	Metalli e non metalli tossici totali (As-Cd-CrVI-Cu-Hg-Ni-Pb-Se-Zn)	3	$C_1/L_1 + C_2/L_2 + C_3/L_3 + \dots + C_n/L_n$ Fermo restando che il limite fissato per ogni singolo elemento non deve essere superato, la somma dei rapporti tra la concentrazione con cui ogni singolo elemento è presente e la relativa concentrazione limite non deve superare il valore di 3. Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ioni, sotto forma di complessi, e in sospensione.

segue tabella 19.

N	PARAMETRI	CONCENTRAZIONI	NOTE
11	Alluminio mg/l come Al	1	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
12	Arsenico mg/l come As	0,5	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
13	Bario mg/l come Ba	20	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
14	Boro mg/l come B	2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore. Per gli scarichi a mare il limite è elevato a 10 mg/l. Tale limite si applica anche alla zona di foce.
15	Cadmio mg/l come Cd	0,02	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
16	Cromo III mg/l come Cr	2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
17	Cromo VI mg/l come Cr	0,2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
18	Ferro mg/l come Fe	2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
19	Manganese mg/l come Mn	2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
20	Mercurio mg/l come Hg	0,005	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
21	Nichel mg/l come Ni	2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
22	Piombo mg/l come Pb	0,2	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
23	Rame mg/l come Cu	0,1	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
24	Selenio mg/l come Se	0,03	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
25	Stagno mg/l come Sn	10	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione dopo sedimentazione di 2 ore.
26	Zinco mg/l come Zn	0,5	Il limite è riferito all'elemento in soluzione come ione , sotto forma di complesso ed in sospensione.
27	Cianuri totali mg/l come CN <sup>-</sup>	0,5	
28	Cloro attivo mg/l come Cl <sub>2</sub>	0,2	
29	Solfuri mg/l come H <sub>2</sub> S	1	
30	Solfiti mg/l come SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	



segue tabella 19.

N	PARAMETRI	CONCENTRAZIONI	NOTE
31	Solfati mg/l come $\text{SO}_4^-$	1 000	Per questo parametro, che non si applica agli scarichi in mare, le acque della zona di foce sono equiparate alle acque costiere purché almeno sulla metà di una qualsiasi sezione a valle dello scarico non vengano disturbate le naturali variazioni di concentrazione dei solfati.
32	Cloruri mg/l come $\text{Cl}^-$	1 200	Per questo parametro, che non si applica agli scarichi in mare, le acque della zona di foce sono equiparate alle acque costiere purché almeno sulla metà di una qualsiasi sezione a valle dello scarico non vengano disturbate le naturali variazioni di concentrazione dei solfati.
33	Fluoruri mg/l come $\text{F}^-$	6	
34	Fosforo totale mg/l come P	10	Il limite è ridotto a 0,5 nel caso di immissioni nei laghi, dirette o comprese entro una fascia di 10 km dalla linea della costa.
35	Azoto ammoniacale mg/l come $\text{NH}_4^+$	15	(Si applica ai numeri 35, 36, 37).
36	Azoto nitroso mg/l come N	0,6	Per gli scarichi in laghi, diretti o indiretti compresi entro una fascia di 10 km dalla linea della costa, l'azoto complessivo (organico + ammoniacale + nitrico) non deve superare i 10 mgN/l.
37	Azoto nitrico mg/l come N	20	
38	Grassi e oli animali e vegetali mg/l	20	
39	Oli minerali mg/l	5	
40	Fenoli mg/l come $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	0,5	
41	Aldeidi mg/l come H-CHO	1	
42	Solventi organici aromatici mg/l	0,2	
43	Solventi organici Azotati mg/l	0,1	
44	Solventi clorurati	1	
45	Tensioattivi mg/l	2	
46	Pesticidi clorurati mg/l	0,05	
47	Pesticidi fosforati mg/l	0,1	
48	Saggio di tossicità		Il campione diluito 1 : 1 con acqua standard deve permettere, in condizioni di aerazione, la sopravvivenza di almeno il 50% degli animali usati per il saggio, per un periodo di 24 h, alla temperatura di 15 °C. La specie impiegata per il saggio deve essere <i>Salmo gairdnerii</i> Rich. Per gli scarichi di acque salmastre, marine e a salinità superiore a quella del mare il saggio deve essere condotto con organismi marini secondo le metodiche IRSA.
49	Coliformi totali	20 000	Parametri 49-50-51. Il limite si applica quando, a discrezione della autorità competente per il controllo, lo richiedono gli usi concomitanti del corpo idrico ricevente.
50	MPN/100 ml	12 000	
51	Coliformi fecali MPN/100 ml Streptococchi fecali PN/100 ml	2 000	

Tabella 20.

Elementi in tracce naturalmente presenti in rocce e suoli (David Purves, 1977).

ELEMENTI	ROCCE ERUTTIVE ppm	ROCCE SEDIMENTARIE ppm	SUOLI ppm
Manganese (Mn)	950	670	850
Fluoro (F)	625	500	200
Cromo (Cr)	100	160	200
Zinco (Zn)	70	80	50
Rame (Cu)	55	57	20
Piombo (Pb)	12	20	10
Stagno (Sn)	2	30	10
Boro (B)	10	12	10
Cobalto (Co)	25	23	8
Berillio (Be)	3	3	6
Arsenico (As)	2	7	5
Molibdeno (Mo)	1,5	-	2
Cadmio (Cd)	0,2	0,3	0,5
Argento (Ag)	0,07	0,9	0,1
Selenio (Se)	0,05	0,6	0,01
Mercurio (Hg)	0,08	0,4	0,01

Tabella 21.

Valori guida prescritti nel maggio 1990 dalla Land Hansestadt Hamburg per il risanamento dei terreni contaminati da idrocarburi (C. Acaia, G. Andreottola, 1991).

OGGETTO DELLA CONTAMINAZIONE	VALORI GUIDA PER IL TERRENO (g/kg SS)	VALORI GUIDA PER LE ACQUE SOTTERRANEE (mg/l)	
Acque stagnanti (argille compatte, diffusione laterale)	idrocarburi mobili idrocarburi poco mobili	2 5	0,4
Acque stagnanti (diffusione verso la falda)	idrocarburi mobili idrocarburi poco mobili	1 2	0,2
Acquiferi (> 2km dalla captazione)	idrocarburi mobili idrocarburi poco mobili	1 2	n. r. (0,1)
Acquiferi (> 2km dalla captazione) oppure pericolo per acquiferi più profondi	idrocarburi mobili idrocarburi poco mobili	0,5 1	n. r. (0,1)
Acquiferi (soprastanti l'orizzonte roccioso)	idrocarburi mobili idrocarburi poco mobili	1 2	0,2

n. r. = non rilevabile.



Tabella 22.

Classi di qualità del terreno secondo la prima normativa olandese del 1983 (J.E.T. Moen et al., 1986).

INQUINANTE	CONCENTRAZIONE NEL SUOLO (mg/kgSS)			ACQUE SOTTERRANEE (µg/l)		
	A	B	C	A	B	C
<b>Metalli</b>						
Cr	100	250	800	20	50	200
Co	20	50	300	20	50	200
Ni	50	100	500	20	50	200
Cu	50	100	500	20	50	200
Zn	200	500	3 000	50	200	800
As	20	30	50	10	30	100
Mo	10	40	200	5	20	100
Cd	1	5	20	1	2,5	10
Sn	20	50	300	10	30	150
Ba	200	400	2 000	50	100	500
Hg	0,5	2	10	0,2	0,5	2
Pb	50	150	600	20	50	200
<b>Contaminanti inorganici</b>						
NH (come N)	-	-	-	200	1 000	3 000
F (totale)	200	400	2 000	300	1 200	4 000
CN (tot. liberi)	1	10	100	5	30	100
CN (tot. complessi)	5	50	500	10	50	200
S (totale)	2	20	200	10	100	300
Br (totale)	20	50	300	100	500	2 000
PO (come P)	-	-	-	50	200	700
<b>Composti aromatici</b>						
Benzene	0,01	0,5	5	0,2	1	5
Etilbenzene	0,05	5	50	0,5	20	60
Toulene	0,05	3	30	0,5	15	50
Xylene	0,05	5	50	0,5	20	60
Fenoli	0,02	1	10	0,5	15	50
Totale	0,1	7	70	1	30	100

segue tabella 22.

Composti policiclici aromatici (IPA)						
Naftalene	0,1	5	50	0,2	7	30
Antracene	0,1	10	100	0,1	2	10
Fenantrene	0,1	10	100	0,1	2	10
Fluorantene	0,1	10	100	0,02	1	5
Pirene	0,1	10	100	0,02	1	5
Benzo (a) pirene	0,05	1	10	0,01	0,2	1
Aromatici (totali)	1	20	200	0,2	10	40
Composti organici clorurati						
c. clorurati alifatici (indiv.)	0,1	5	50	1	10	50
c. clorurati alifatici (totali)	0,1	7	70	1	15	70
clorobenzeni (indiv.)	0,05	1	10	0,02	0,5	2
clorobenzeni (tot.)	0,05	2	20	0,02	1	5
clorofenoli (indiv.)	0,01	0,5	5	0,01	0,3	1,5
clorofenoli (tot.)	0,01	1	10	0,02	0,5	2
IPA clorurati (tot.)	0,05	1	10	0,01	0,2	1
PCB (tot.)	0,05	1	10	0,01	0,2	1
EOCI (tot.)	0,1	8	80	1	15	70
Pesticidi						
organici clorurati (indiv.)	0,1	0,5	5	0,05	0,2	1
organici clorurati (tot.)	0,1	1	10	0,1	0,5	2
Totale	0,1	2	20	0,1	1	5
Altri contaminanti						
tetraidrofurano	0,1	4	40	0,5	20	60
piridina	0,1	2	20	0,5	10	30
tetraidrotiofene	0,1	5	50	0,5	20	60
cicloesanone	0,1	6	60	0,5	15	50
stirene	0,1	5	50	0,5	20	60
carburanti	20	100	800	10	40	150
oli minerali	100	1 000	5 000	20	200	600

A: multifunzionalità assoluta del terreno, senza alcuna restrizione.

B: possibilità di utilizzo del terreno, salvo restrizioni.

C: impossibilità di utilizzo del terreno a scopo produttivo



Tabella 23.

Valori proposti nel Soil Protection Act olandese per contaminanti organici ed inorganici (J.E.T. Moen, 1988; C. Acaia, G. Andreottola, 1991).

CONTAMINANTI ORGANICI	VALORE LIMITE (riferito ad un contenuto di sostanza organica del 10% su base secca)	
<b>a) Idrocarburi alogenati</b> esaclorocicloesano, endrin, tetracloroetano, tricloroetano, tricloroetene, tricloro metano, PCB (IUPAC 28, 52)	< 1	µg/kg
cloropropene, tetracloroetene, esacloroetano, esaclorobutadiene, eptacloroepossido, diclorobenzene, triclorobenzene, tetraclobenzene, esaclorobenzene, monocloronitrobenzene, dicloronitrobenzene, aldrin, dieldrin, clordane, endosulfan, trifluralin, azinphos- methyl, azinphos-ethyl, disulfoton, fenitrothion, parathion, metilparathion, triazophes, PCB (IUPAC 101, 118, 138, 153, 180)	< 10	µg/kg
DDD, DDE, pentaclorofenolo	< 100	µg/kg
<b>b) Idrocarburi policiclici aromatici</b> <b>naftalene, crisene</b>	< 10	µg/kg
fenantrene, antracene, fluorantene, benzo(a)pirene	< 100	µg/kg
benzo(a)antracene	< 1	mg/kg
benzo(k)fluorantene, indeno, (1,2,3cd)pirene, benzo(ghi)perilene	< 10	mg/kg
<b>c) Oli minerali</b> <b>totali</b>	< 50	mg/kg
ottano, eptano	< 1	mg/kg

segue tabella 23.

CONTAMINANTI INORGANICI		VALORE LIMITE PER IL SUOLO (RIFERITO AD UN CONTENUTO DI SOSTANZA ORGANICA H DEL 10% E DI ARGILLA L DEL 25%, SU BASE SECCA)	VALORE LIMITE PER LE ACQUE SOTTERRANEE
cromo	(Cr)=50+2L	100 mg/kg	1 µg/l
nichel	(Ni)=10+L	35 mg/kg	15 µg/l
rame	(Cu)=15+0,6(L+H)	36 mg/kg	15 µg/l
zinco	(Zn)=50+1,5 (2L+H)	140 mg/kg	150 µg/l
cadmio	(Cd)=0,4+0,007 (L+3H)	0,8 mg/kg	1,5 µg/l
mercurio	(Hg)=0,2+0,0017 (2L+H)	0,3 mg/kg	0,05 µg/l
piombo	(Pb)=50+L+H	85 mg/kg	15 µg/l
arsenico	(As)=15+0,4(L+H)	29 mg/kg	10 µg/l
fluoro	(F)=175+13L	500 mg/kg	-
nitriti*		- mg/kg	5,6 mgN/l
solfiti**		- mg/kg	150 mg/l
bromuri		- mg/kg	300 µg/l
cloruri**		- mg/kg	100 mg/l
fluoruri**		- mg/kg	0,5 mg/l
ammonio**		- mg/kg	2/10 mgN/l***
fosfati(tot)*		- mg/kg	0,4/3,0 mgP/l***

( ) concentrazioni in mg/kg SS

\* valori inferiori possono essere richiesti per proteggere regioni povere di nutrienti;

\*\* valori superiori sono comuni in regioni costiere (acque sotterranee salmastre);

\*\*\* il valore inferiore è valido per le acque sotterranee in regioni sabbiose; il valore superiore è valido per le acque sotterranee in regioni argillose o torbiere.



Tabella 24.

Linee guida britanniche del Interdepartmental Committee for Restoration Contaminated Land (ICRCL) sulla concentrazione di inquinanti per contaminanti organici ed inorganici (C. Acaia, G. Andreottola, 1991).

CONTAMINANTI INORGANICI	UTILIZZO PREVISTO	CONCENTRAZIONE LIMITE (mg/kg SS)	
		soglia	intervento di recupero
Idrocarburi policiclici aromatici	giardini privati, aree ricreative, campi giochi	50	500
	aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	1 000	10 000
Fenoli	giardini privati, aree ricreative, aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	5	200
		5	1 000
Cianuri liberi	giardini privati, aree ricreative, aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	25	500
		100	500
Cianuri complessati	giardini privati,	250	1 000
	aree ricreative,	250	5 000
	aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	250	NL
Tiocianati	tutti	50	NL
Solfati	giardini privati	2 000	10 000
	aree ricreative,	2 000	50 000
	aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	2 000	NL
Solfiti	tutti	250	1000
Solfuri	tutti	5 000	20 000
Acidità (pH)	giardini privati, aree ricreative	pH 5	pH 4
	aree urbanizzate, edifici, aree pavimentate	NL	NL
<b>Gruppo A: contaminanti che possono causare danni alla salute umana.</b>			
Arsenico	giardini privati,	10	*
	aree ricreative, campi giochi	40	*
Cadmio	giardini privati,	3	*
	aree ricreative, parchi, campi giochi	15	*
Cromo (VI)	giardini privati, aree ricreative, parchi, parchi giochi	25	*
Cromo (tot)	giardini privati,	600	*
	aree ricreative, parchi, campi giochi	1 000	*
Piombo	giardini privati,	500	*
	aree ricreative, parchi, campi giochi	2 000	*
Mercurio	giardini privati,	1	*
	aree ricreative, parchi, campi giochi	20	*
Selenio	giardini privati,	3	*
	aree ricreative, parchi, campi giochi	6	*
<b>Gruppo B: contaminanti fitotossici che normalmente non causano danni alla salute umana.</b>			
boro solubile	tutte le colture vegetali	3	*
rame	tutte le colture vegetali	130	*
nichel	tutte le colture vegetali	70	*
zinco	tutte le colture vegetali	300	*

NL = Nessun limite; il contaminante non risulta pericoloso per questo tipo di utilizzo.

\* = Le concentrazioni limite verranno specificate nella prossima edizione dell'I.C.R.C.L. 59/83

Tabella 25.

Valori massimi di concentrazione di metalli pesanti nei suoli agricoli destinati all'utilizzazione dei fanghi di depurazione.

(allegato 1A del DL 27/1/1992, n. 99 "Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura).

CONTAMINANTE INORGANICO	VALORE LIMITE (mg/kg SS)
Cadmio	1,5
Mercurio	1
Nichel	75
Piombo	100
Rame	100
Zinco	300



Tabella 26.

Concentrazioni limite di metalli nei terreni e limiti di quantità di metalli addizionabili annualmente con la somministrazione del compost.

(Delibera del Comitato Interministeriale in data 27/7/84 "Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del DPR 10/9/82 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti").

I PARAMETRI	II CONCENTRAZIONI MASSIME NEL TERRENO (mg x kg di terreno secco)
Arsenico	10
Cadmio	3
Cromo VI	3
Cromo III	50
Mercurio	2
Nichel	50
Piombo	100
Rame	100
Zinco	300

Tabella 27.

Fattori TEF<sup>a</sup> delle tossicità relative intergruppo e intragruppo isomerico per esprimere PCDD e PCDF in unità TE o "diossina-equivalente" (A. di Domenico, 1988).

PCDD	TEF	PCDF	TEF
M <sub>1</sub> CDD, D <sub>2</sub> CDD, T <sub>3</sub> CDD	0	M <sub>1</sub> CDF, D <sub>2</sub> CDF, T <sub>3</sub> CDF	0
2, 3, 7, 8-T <sub>4</sub> CDD altre T <sub>4</sub> CDD	1 0.01	2, 3, 7, 8-T <sub>4</sub> CDF altri T <sub>4</sub> CDF	0.1 0.001
2, 3, 7, 8-P <sub>5</sub> CDD altre P <sub>5</sub> CDD	0.5 <sup>b</sup> 0.005	2, 3, 7, 8-P <sub>5</sub> CDF altri P <sub>5</sub> CDF	0.1 0.001
2, 3, 7, 8-H <sub>6</sub> CDD altre H <sub>6</sub> CDD	0.04 0.000 4	2, 3, 7, 8-H <sub>6</sub> CDF altri H <sub>6</sub> CDF	0.01 0.000 1
2, 3, 7, 8-H <sub>7</sub> CDD altre H <sub>7</sub> CDD	0.001 0.000 01	2, 3, 7, 8-H <sub>7</sub> CDF altri H <sub>7</sub> CDF	0.001 0.000 01
OgCDD	0	OgCDF	0

(<sup>a</sup>) "Toxicity Equivalence Factor" (US EPA, 1987).

(<sup>b</sup>) I valori di 0.2 per la 1, 2, 3, 7, 8-P<sub>5</sub>CDD, e di 0.002 per le altre P<sub>5</sub>CDD sono stati impiegati in una precedente versione (Barnes et al., 1986).

Tabella 28.

Esposizione<sup>a</sup> umana giornaliera complessiva media a PCDD e PCDF. La stima, in unità TE, è rivolta ad un soggetto adulto di 70 kg (A. di Domenico, 1988).

TIPO DI ESPOSIZIONE	ESPOSIZIONE (pgTE/die · individuo)
1. Via inalatoria <sup>b</sup>	1,0
2. Via orale 2.1. Acqua 2.2. Suolo (particolato) 2.3. Alimentazione	0,10 1,4 260 - 480
3. Via cutanea 3.1. Assunzione da particolato 3.2. Assunzione da superfici <sup>c</sup>	0,5 5,2
<b>Totale</b>	270 - 490 <sup>d</sup>
Totale (pgTE/die · kg pc)	3,8 - 7,0

(a) Sono escluse le esposizioni occupazionali e quelle collegate a situazioni o fenomeni particolari (ad esempio, geofagia).

(b) Il valore espositivo prescinde dalla forma fisica in cui PCDD e PCDF sono inalati. Si è comunque valutata trascurabile l'esposizione a vapori presenti a seguito di volatilizzazione da superfici esposte.

(c) In genere, di costruzioni, macchinari, etc..

(d) Il contributo dell'alimentazione ( $\geq 97\%$ ) all'esposizione risulta in ottimo accordo con Hattemer- Frey e Travis, 1987.



Tabella 29.

Limiti ambientali e ADI<sup>a</sup> di riferimento per la 2, 3, 7, 8-T<sub>4</sub>CDD per la città di Amburgo (Germania)<sup>b</sup> (A. di Domenico, 1988).

Matrice	Limiti proposti da		
	Gruppo di consenso <sup>c</sup>	Altri esperti	Autorità locali per l'ambiente
Terreno in zona abitativa	0.04 ppb	1 ppb <sup>d</sup>	1 ppb
Terreno agricolo	0.005 ppb		< 1 ppb
Acque profonde e di superficie	10 <sup>-14</sup> g/l	10 <sup>-10</sup> g/l <sup>e</sup> 10 <sup>-11</sup> g/l <sup>d</sup>	5·10 <sup>-12</sup> g/l <sup>f</sup>
Acque di scarico	10 <sup>-13</sup> g/l		
Rifiuti	1 ppb		
Aria (esposizione)	4·10 <sup>-14</sup> g/m <sup>3</sup>	2·10 <sup>-12</sup> g/m <sup>3</sup> g	5·10 <sup>-13</sup> g/m <sup>3</sup>
ADI	1 pg/die·kg pc		2 - 4 pg/die·kg pc <sup>h</sup>

(a) Assunzione giornaliera tollerabile.

(b) Hamburg, 1984.

(c) A. di Domenico, S. Epstein, U. Fortunati, E. Kleppinger, K. Olie.

(d) C. Rappe.

(e) J. Exner.

(f) Acqua potabile.

(g) K. Olie, C. Rappe.

(h) Un valore di ADI  $\leq 10$  pg/die·kg pc é condiviso da Olanda e Canada. Per la Germania, viene fatto riferimento a BGA, 1984.

Tabella 30.

Livelli d'azione, o limiti massimi tollerabili, per PCDD e PCDF considerati cumulativamente in varie matrici. Tutti i valori sono espressi in unità relative TE o "diossina-equivalente"<sup>a</sup> (A. di Domenico, 1988).

Matrice e sua qualificazione	Limite <sup>b</sup>
<b>1. Aria</b>	
1.1. Ambiente esterno	$40 \cdot 10^{-15} \text{ g/m}^3$
1.2. Ambiente di lavoro	$120 \cdot 10^{-15} \text{ g/m}^3$
<b>2. Acqua</b>	
2.1. Di superficie, di falda, marina e potabile	$50 \cdot 10^{-15} \text{ g/l}$
2.2. Acque di scarico municipali dopo trattamento	$500 \cdot 10^{-15} \text{ g/l}$
2.3. Acque di scarico municipali prima di trattamento	$50 \cdot 10^{-12} \text{ g/l}$
2.4. Acque reflue industriali dopo trattamento	$500 \cdot 10^{-15} \text{ g/l}$
2.5. Eluato industriale, rifiuti	$1\ 000 \cdot 10^{-9} \text{ g/l}$
<b>3. Terreno<sup>c</sup></b>	
3.1. Terreno coltivabile	$10 \cdot 10^{-12} \text{ g/g}$
3.2. Terreno non coltivabile	$50 \cdot 10^{-12} \text{ g/g}$
3.3. Terreno per uso industriale	$250 \cdot 10^{-12} \text{ g/g}$
<b>4. Superfici<sup>d</sup></b>	
4.1. Pareti esterne	$75 \cdot 10^{-9} \text{ g/m}^2$
4.2. Pareti, superfici interne	$25 \cdot 10^{-9} \text{ g/m}^2$

(a) Tutti i limiti elencati hanno avuto riscontro secondo la classificazione in unità TE dell'US EPA, 1987.

(b) Il confronto di un livello ambientale con il limite pertinente elencato comporta la disponibilità di un numero di rilevamenti tale da rendere statisticamente significativo il valore (medio) del livello rilevato.

(c) Tecniche di rilevamento della superficie del suolo sono descritte da di Domenico et al., 1980a, 1980b, 1980c.

(d) Tecniche di rilevamento mediante "scrape test" e "wipe test" sono descritte da di Domenico et al., 1980a.



**BIBLIOGRAFIA**

ACAIA C., ANDREOTTOLA G., 1991. "Criteri per la definizione di standard di qualità per i suoli", Rifiuti Solidi volume n. 1.

di Domenico A., 1988. "Orientamenti per la definizione di livelli di azione ambientale per le policlorodibenzodiossine (PCDD) e policlorodibenzofurani (PCDF)". Rapporto ISTISAN 88/3.

EPA, 1980. "Harzardous Wastes", EPA-600/2-80.076, EPA/600/14, april 1980 Cincinnati Ohio.

J.E.T. MOEN et al., 1986. "Soil Protection and Remedial Actions: Criteria for Decision Making and Standardization of Requirements", Contaminated Soil, Martinus Nijhoff Publishers.

J.E.T. MOEN, 1988. "Soil Protection in the Netherlands". Contaminated Soil, '88, Klower academic publishers.

PAGOTTO P., VIVIANO P., 1992. "Cicli tecnologici di termodistruzione di rifiuti provenienti da attività ospedaliera" ISTISAN 92/23.

PURVES DAVID, 1977. "Trace element contamination of the environmental" Elsevier Scientific Publishing Company.

REGIONE EMILIA ROMAGNA, 1989. "Progetto di primo piano regionale in materia di organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti".

REGIONE EMILIA ROMAGNA, 1991. "Criteri per l'autorizzazione e il controllo delle emissioni inquinanti in amosfera approvati dal CRIAER nella seduta del 20 maggio 91".

WHO, 1987. WHO Regional publications, Air Quality Guidelines for Europe, European series n. 23.

WHO, 1987. "Health and Safety Component of Environmental Impact Assessment" WHO, Copenhagen.

## APPENDICE: CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI RIFIUTI

La tipizzazione dei rifiuti riveste notevole importanza non solo ai fini della loro classificazione come assimilabili, speciali, tossici e nocivi ma anche per la scelta della tecnologia di smaltimento da adottare ed anche per quanto riguarda gli aspetti gestionali dell'impianto di smaltimento. La prima fase di tale tipizzazione è rappresentata dal campionamento del rifiuto finalizzato all'analisi chimica, e può presentare notevoli difficoltà legate alla natura stessa del materiale e, in molti casi, alla sua disomogeneità.

La rappresentatività del campione è uno degli aspetti che, in molti casi, si presenta come uno dei fattori più critici. Le stesse modalità di accumulo o di stoccaggio dei rifiuti possono costituire una difficoltà aggiuntiva per un significativo campionamento e quindi condizionare le procedure di prelievo.

Per quanto riguarda le procedure di prelievo ed analisi dei rifiuti, cui devono attenersi le "autorità competenti al controllo tecnico" vengono riportate nella citata delibera del 27/07/1984. Esse comprendono la redazione di un apposito verbale di prelievo che contenga:

- il numero d'ordine di prelievo;
- la data, l'ora ed il luogo di prelievo;
- le generalità e la qualifica del personale che esegue il prelievo;
- il nominativo del titolare o del rappresentante legale dell'impresa o dell'ente che gestisce lo stabilimento, l'impianto, il locale o il mezzo tecnico in cui il prelievo viene effettuato, nonché le generalità del responsabile dello stabilimento, impianto locale o mezzo tecnico medesimo;
- le generalità delle persone che assistono, per conto dell'impresa o dell'ente alle operazioni di prelievo;
- le modalità seguite nel prelievo dei campioni;
- le eventuali dichiarazioni delle persone che hanno assistito alle operazioni di prelievo per conto dell'impresa o dell'ente, sempre che tali dichiarazioni non rechino pregiudizio alla speditezza delle operazioni medesime;
- le indicazioni che il verbale è stato letto alla presenza degli interessati e che a questi ne viene consegnata una copia assieme ad un'aliquota dei campioni;
- le firme del personale che ha eseguito il prelievo e quelle dei soggetti indicati nel precedente punto (qualora questi ultimi rifiutassero di firmare, dovrà esserne fatta la menzione nel verbale). Deve essere effettuata la consegna di una copia di tale verbale ed un'aliquota dei campioni alle persone di cui al precedente punto; altre due aliquote dei campioni, accompagnate ciascuna da una copia del verbale di prelievo, devono essere consegnate al servizio o al presidio multizonale, ovvero al laboratorio d'igiene e profilassi, ovvero ad altro laboratorio autorizzato, per essere destinate, rispettivamente, l'una all'analisi di prima istanza, l'altra all'analisi di revisione nell'ipotesi appresso specificata. Una quarta aliquota del campione deve essere inviata allo stesso servizio, presidio o laboratorio, per esservi conservata, sino al termine massimo di mesi 12 dal prelievo, a disposizione dell'autorità giudiziaria per un'eventuale perizia giudiziale. Una quarta copia del verbale di prelievo deve essere inviata all'autorità che ha disposto il prelievo.

Campionamenti e analisi correttamente impostati ed eseguiti rappresentano un contributo di base per:



- scelte tecnologiche e gestionali;
- migliore conoscenza dell'impatto di un ciclo tecnologico;
- orientamenti normativi e linee guida;
- costituzione di banche dati specifiche per il settore.

## **Campionamento**

La delibera 27/07/1984 "Disposizione per la prima applicazione dell'art. 4 del DPR 10/9/82, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti" e gli elaborati del CNR-IRSA per i fanghi indicano i criteri da seguire per il campionamento dei rifiuti. Tuttavia allo stato attuale non si dispone ancora di specifici metodi per i rifiuti. Le principali tecniche e procedure di campionamento e le relative apparecchiature e modalità di prelievo, vengono riportate nelle tabelle 31 e 32.

Una descrizione sommaria dei campionatori utilizzabili per il prelievo di rifiuti così come indicato nelle precedenti tabelle è la seguente:

**a) Campionatore composito per rifiuti liquidi (Coliwas)**

È uno strumento impiegabile per il campionamento di liquidi non viscosi e fanghi liquidi, contenuti in recipienti di dimensioni ridotte (bidoni, piccole vasche); è particolarmente utile per il campionamento di rifiuti composti da più fasi liquidi immiscibili. Consiste essenzialmente in un tubo in vetro, metallo o plastica (a seconda del tipo di rifiuto da campionare) equipaggiato con una chiusura del fondo azionabile dall'operatore quando il tubo viene immerso al livello desiderato per il campionamento.

**b) Bottiglia zavorrata**

Questa apparecchiatura consiste in una bottiglia in vetro o plastica opportunamente zavorrata e con apertura e chiusura comandata. Viene utilizzata nel campionamento di liquidi o reflui liquidi; in genere è la tecnica più usata anche per prelevare campioni da pozzi di monitoraggio.

**c) Campionatore a mestolo ("dipper")**

Il "dipper" consiste semplicemente in un beaker fissato all'estremità di un tubo telescopico che funge da manico. È utile per campionare liquidi o reflui liquidi, in posizioni scomode o pericolose, per la sua semplicità, non è generalmente disponibile commercialmente, ma viene approntato dagli operatori stessi del prelievo.

**d) Campionatore a sonda**

Consiste in due tubi concentrici, normalmente in acciaio inox od ottone; il tubo esterno ha una punta conica che permette di penetrare nel materiale da campionare, mentre il tubo interno può essere ruotato per aprire o chiudere il campionatore. Questa sonda viene utilizzata per campionare materiali asciutti granulari o in polvere con particelle di diametro inferiore ad un terzo delle aperture della sonda.

**e) Sonda aperta (saggiatore)**

È costituita essenzialmente da una sonda a tubo la cui estremità permette la penetrazione in materiali viscosi o adesivi od anche nel terreno. Risulta adatta per materiali aventi dimensione inferiori alla metà del diametro della sonda.

**f) Sonda a trivella manuale (carotatore)**

In genere è costituita da un tubo metallico munito di lame a spirale ed è utilizzato per campionare rifiuti solidi consistenti o terreni.

**g) Carotatore a tubo sottile**



Il sistema consiste in una trivella corredata di tubi di perforazione e di carotatore a tubo sottile. Si esegue una perforazione con la trivella fino alla profondità voluta, stabilizzando le pareti con i tubi di perforazione; la trivella viene sostituita con il tubo sottile che viene forzato fino al fondo della perforazione per il prelievo del campione. Il sistema consente prelievi di campioni in situazioni diverse e con substrati diversi.

#### h) Campionatore Veimheyer

Questo campionatore consiste in quattro parti principali: un martello di battuta, una testa di battuta, un tubo di campionamento ed una punta di campionamento. Il tubo di campionamento è in genere in acciaio al cromo-molibdeno con lunghezze da 1 a 5 metri; vari tipi di punte possono essere adattate a seconda delle varie situazioni di campionamento.

#### i) Cucchiari e pale

Tali strumenti sono realizzati in metallo o plastiche rigide, a seconda del materiale da campionare e delle analisi previste.

#### l) Pompe aspiranti

Funzionano creando un vuoto parziale in un tubo da campionamento, sono applicabili per prelievi solo fino a 8-9 metri di profondità ed il loro uso può provocare perdite notevoli di sostanze volatili in ragione del vuoto applicato; ciò ne limita l'impiego in alcuni casi. Le più comuni sono le pompe centrifughe e quelle peristaltiche; le prime hanno un basso costo ed una notevole portata, le seconde hanno una notevole flessibilità operativa ma portate ridotte.

#### m) Pompe positive

Esistono vari tipi di pompe positive in grado di effettuare prelievi da pozzi di monitoraggio anche a notevole profondità; esse non presentano il problema delle perdite di sostanze volatili dai campioni. Le pompe centrifughe sommergibili hanno portate notevoli, ma, a parte il costo e l'ingombro che presentano, hanno notevoli incompatibilità riguardo le sostanze con cui possono venire a contatto e presentano difficoltà di pulizia e rischio di contaminazione. Tale problema non si ha con le pompe operanti con gas compressi, a pistone o, meglio, a membrana; specie quest'ultima evita ogni pericolo di contaminazione del campione, può operare in spazi molto ridotti ed essere impiegata anche dove non è disponibile (o non deve essere usata) energia elettrica per motivi di sicurezza.

#### n) Lisimetri

Nelle fasi iniziali di caratterizzazione di un sito e nel monitoraggio successivo ad eventuali operazioni di bonifica, viene spesso effettuata l'analisi dell'acqua della zona vadosa quale indice della contaminazione del terreno in grado di migrare e mettere a rischio la falda o acque di superficie nelle vicinanze. Il prelievo di tali acque può essere effettuato mediante:

##### *-Lisimetro a pressione-vuoto*

La configurazione di tale strumento consiste in un strumento in ceramica porosa connesso ad un tubo collegato, esternamente per l'applicazione del vuoto e l'estrazione del liquido drenato. Una volta piazzato nel sito di prelievo, viene applicato il vuoto che forza l'acqua presente nel terreno a passare all'interno del lisimetro.

##### *- Estrattore a vuoto*

Consiste in una serie di tubi ceramici che possono essere messi sotto vuoto consentendo il convogliamento dell'acqua aspirata ad un recipiente di raccolta. Si tratta di un sistema



piuttosto sofisticato in grado di dare informazioni quantitative anche sui flussi di liscivazione oltre che a fornire campioni adeguati per le analisi, tale strumento e necessità di operatori particolarmente addestrati.

#### *-Lisimetri a trincea*

La configurazione base comprende una escavazione di una trincea abbastanza ampia, il puntellamento delle pareti e l'applicazione alle stesse di mezzi di raccolta dei campioni; successivamente il tutto viene coperto per evitare l'allagamento della trincea in caso di precipitazioni. Lisimetri di questo tipo consentono di intercettare le acque in movimento verso il basso per mezzo di condotte aperte, piccole canalizzazioni ecc., ma, poiché non viene applicata alcuna depressione, viene campionata solo l'acqua libera in eccesso rispetto alla saturazione del terreno. Un pericolo significativo di questo sistema è la possibilità di accumulo di gas nella trincea, con eventuale rischio per il personale che effettua il campionamento.

#### **Analisi**

Come già accennato nel caso del campionamento, anche per le metodiche analitiche non si ha la disponibilità di metodiche ufficiali. A tale proposito la "Delibera 27/07/1984" (articolo 6, 3b) riporta che "per l'analisi dei rifiuti si adottano metodiche standardizzate e riconosciute valide a livello internazionale". A titolo di esempio, nella tabella 33 si riportano, per alcune sostanze e per alcune classi di composti (la cui presenza può classificare un rifiuto come RTN), le metodiche analitiche elaborate dalla Environmental Protection Agency (EPA). Inoltre, per quanto riguarda le analisi dei percolati, si riportano in tabella 34 indicazioni sulle metodiche EPA e CNR-IRSA, per le acque di scarico, che sono adattabili anche ai percolati e in tabella 35 le indicazioni della "Proposta di direttiva del Consiglio relativa alle discariche dei rifiuti" del 22/5/1991.

Tabella 31.

Principali apparecchiature di prelievo di campioni di rifiuti in relazione al loro stato fisico ed alle modalità di stoccaggio. Per la descrizione dei campionatori si rimanda al testo.

Modalità stoccaggio	Liquidi o sospensioni fluide	Fanghi palabili	Polveri o granuli umidi	Polveri o granuli secchi	Sabbie o polveri e granuli compatti	Solidi grossolani
Fusto	Coliwasa	Saggiatore	Saggiatore	Sonda	Trivella	Saggiatore grande
Sacco	-	-	Saggiatore	Sonda	Trivella	Saggiatore grande
Pianale aperto	-	Saggiatore	Saggiatore	Sonda	Trivella	Saggiatore grande
Carrocisterna	Coliwasa	Saggiatore	Saggiatore	Sonda	Trivella	Saggiatore grande
Cisterne o silos	Bottiglia zavorrata	Saggiatore	Saggiatore	*	Sonda	Saggiatore grande
Cumulo	-	*	Saggiatore	Sonda	Sonda	Saggiatore grande
Vasche, lagune	Mestolo	*	Saggiatore	Sonda	*	Saggiatore grande
Nastri di trasporto	-	-	Pala	Pala	Mestolo	Saggiatore
Tubazione	Mestolo	-	Mestolo	Mestolo	Mestolo	Mestolo

\* Nota:

Nei casi in cui si presentano particolari difficoltà operative e per le quali non è possibile indicare un solo metodo di prelievo, devono essere individuati di volta in volta le metodologie più idonee fra quelle già in uso.

Tabella 32.

Principali modalità operative per il campionamento di rifiuti in relazione al loro stato fisico ed alle modalità di stoccaggio.

Modalità di stoccaggio	Stato fisico dei rifiuti	Modalità operative di prelievo
Contenitori medio piccoli	Liquido omogeneo	Campionamento tramite mestolo, agitando il contenuto del fusto.
	Liquido stratificato	Campionamento tramite tubo Coliwasa o apposita apparecchiatura per il prelievo ad almeno tre profondità (superficie, intermedia e profonda).
	Solido omogeneo	Campionamento di una carota completa fino al fondo del contenitore con un piccolo carotatore manuale (per solidi di consistenza sufficiente), o di un'aliquota con altri strumenti (ad esempio palette o sonde di prelievo).
	Solido eterogeneo	Identificazione di classi omogenee di rifiuti all'interno del contenitore effettuando poi un campionamento significativo per ciascuna classe.
Rifiuti dispersi o in piccoli cumuli.	Rifiuti fortemente dispersi non raccolti in cumuli di dimensioni notevoli.	Si esegue una ricognizione di tipo merceologico per la individuazione del materiale assimilabile ad R.S.U.; qualora vengano individuati rifiuti potenzialmente tossici e nocivi, questi possono essere campionati individualmente a seconda della tipologia.
Contenitori di grande volume o fosse impermeabili.	Profondità uniforme (es. cisterne).	Omogeneizzazione della massa mediante agitazione meccanica (ove possibile) e definizione di un grigliato superficiale (ad esempio 1m x 1m). Selezione random dei punti del grigliato da campionare e prelievo su tutta la profondità, riunendo le aliquote per ottenere il campione medio.
	Profondità non uniforme (es. lagune).	Selezione random dei punti di campionamento e prelievo per ottenere i singoli campioni, riunendo aliquote per ottenere il campione medio.



segue tabella 32.

Cumuli	<p>Cumuli di materiale omogeneo penetrabile (palabile) poco profondi (&lt;2m).</p> <p>Cumuli di materiale omogeneo penetrabile (palabile) profondo.</p> <p>Cumuli di materiale eterogeneo penetrabile (palabile) poco profondi.</p> <p>Cumuli di materiale eterogeneo penetrabile (palabile) profondo.</p>	<p>Definizione di un grigliato primario (ad esempio 5m x 5m per superfici a 10 000 m<sup>2</sup>, 10m, x 10m per superfici superiori).</p> <p>Selezione random dei punti di campionamento e prelievo con sonda o saggiatore, riunendo per ottenere il campione medio.</p> <p>Selezione random dei punti di campionamento e prelievo con carotaggio per tutta la profondità, riunendo in proporzione alla profondità per il campione medio.</p> <p>Selezione random dei punti di campionamento e prelievo con carotatore a mano, riunendo i campioni per ottenere il campione medio.</p> <p>Selezione random dei punti di campionamento e prelievo con carotatore meccanico per tutta la profondità, riunendo i campioni in proporzione alla profondità per il campione medio.</p>
Percolato	<p>Liquido al fondo di cumulo o fossa</p> <p>Acque di drenaggio all'esterno di cumulo</p> <p>Acque percolanti nella zona vadosa</p>	<p>Prelievo con pompe (aspiranti o positive) o bottiglia zavorrata; il campionamento va effettuato nei casi di cumuli di materiale omogeneo penetrabile (palabile) sfruttando la perforazione effettuata per il prelievo del rifiuto.</p> <p>Prelievo con fiala e tappo a tenuta.</p> <p>Applicazione dei lisimetri a vuoto o a trincea; prelievi da effettuarsi in concomitanza con i campionamenti del suolo.</p>
Biogas	<p>Aria</p> <p>Gas emesso da cumulo</p>	<p>Recipiente a tenuta di adatto volume (ad esempio: palloni, sacchetti, ecc.).</p> <p>Campionamento con pompe su adsorbenti specifici.</p> <p>Installazione tubo di permeazione e campionamento con recipiente a tenuta di adatto volume o adsorbenti specifici:</p>
Suolo	Terreno potenzialmente contaminato	Escavazione di una trincea o perforazione con carotatore (ove possibile) e prelievo di orizzonti distinti a diverse quote.
Acque di falda	Liquido	Prelievo, preferenzialmente con pompe positive (se necessario perforazione, di pozzo-spia).
Acque superficiali (Corsi d'acqua adiacenti il sito)	Liquido	Campionamento, in dipendenza della profondità, con tubo colivasa, mestolo, bottiglia zavorrata ecc.

Tabella 33.

Indicazioni sui principali metodi, per classi di composti, utilizzabili per l'analisi di RTN (rielaborato dalla: documentazione EPA citata in tabella).

CLASSI DI COMPOSTI	METODOLOGIA ANALITICA (descrizione sommaria)
<p>Biocidi e sostanze fitofarmaceutiche: <i>pesticidi organofosforici</i></p> <p><i>erbicidi clorurati (fenossiacidi)</i></p> <p><i>pesticidi carbammici</i></p> <p><i>erbicidi triazinici ed altri azotati</i></p>	<p>Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-FPD o GC-NPD (EPA 8140).</p> <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3550) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-FPD o GC-NPD (EPA 8140).</p> <p>Campioni acquosi: estrazione con solvente organico a pH<sub>7</sub> ed analisi GC-ECD dopo idrolisi, purificazione e derivatizzazione (EPA 8150).</p> <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico dopo acidificazione ed analisi GC-ECD dopo idrolisi e derivatizzazione (EPA 8150).</p> <p>Campioni acquosi: estrazione con solvente organico ed analisi in HPLC con rivelatore UV.</p> <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico, purificazione ed analisi in HPLC con rivelatore UV.</p> <p>Campioni acquosi: estrazione con solvente organico ed analisi in GC-NPD.</p> <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico, purificazione ed analisi in GC-NPD.</p>
Cianuri inorganici	Acidificazione del campione, distillazione ed assorbimento in soluzione alcalina con determinazione colorimetrica (EPA 9010).
Tallio e suoi composti	Digestione acida del campione; determinazione mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS). In dipendenza dal tipo di campione, si possono adottare i metodi EPA 3005, 3010, 3020, 3040, 3050 per la digestione acida e EPA 7841 per la determinazione finale.
Antimonio e suoi composti	Digestione acida del campione; determinazione mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS). In dipendenza dal tipo di campione, si possono adottare i metodi EPA 3005, 3010, 3020, 3040, 3050 per la digestione acida e EPA 7041 per la determinazione finale.
Composti organoalogenati	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-ECD (EPA 8120). <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-ECD (EPA 8120).</p>
Composti nitroaromatici e chetoni ciclici	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico a pH tra 5 e 9 (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8090). <p>Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8090).</p>



## segue tabella 33.

1.2.3.6.7.8 Esaclorodibenzodiossina 1.2.3.7.8.9 Esaclorodibenzodiossina 1.2.3.7.8 Pentaclorodibenzodiossina 2.3.7.8 Tetraclorodibenzodiossina 2.3.7.8 Tetraclorodibenzofurano Altre diossine e dibenzofurani	Aggiunta al campione di standard interno marcato di 2,3,7,8, TCDD, estrazione con solvente organico, concentrazione e purificazione dell'estratto ed analisi GC/MS - Metodo EPA 8280.
2.4.6 - Triclorofenolo ed altri fenoli	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico a pH 2 (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8040). Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8040).
3.3 Diclorobenzidina	Estrazione con solvente organico, concentrazione con Kuderna Danish ed analisi con HPLC e rivelatore elettrochimico. In assenza di una specifica metodica EPA per i rifiuti potenzialmente tossici e nocivi, si può fare riferimento al metodo 605 per le acque di scarico.
Cloruro di vinile	Estrazione con metodo "purge and trap" e determinazione GC con rivelatore a cattura di elettroni (ECD). Metodi EPA 5030 e 8010 SW/846
Amianto: polveri e fibre libere	Attacco acido e filtrazione. Microscopia e diffrattometria X.
Metalli pesanti: Arsenico e suoi composti Berillio e suoi composti Cadmio e suoi composti Cromo e suoi composti Mercurio e suoi composti Piombo e suoi composti Rame Selenio e suoi composti Tellurio e suoi composti	Digestione acida del campione; determinazione mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS). In dipendenza dal tipo di campione, si possono adottare i metodi EPA 3005, 3010, 3020, 3040, 3050 per la digestione acida e EPA serie 7000 per la determinazione finale.
Acronitrile, acetone e altri cianuri organici volatili.	Estrazione con metodo "purge and trap" e determinazione gascromatografica (GC) mediante rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID). Metodi EPA 5030 e 8030 SW/846.
Benzene ed altri solventi aromatici	Estrazione con metodo "purge and trap" e determinazione GC con rivelatore a fotoionizzazione (FID). Metodi EPA 5030 e 8020 SW/846.
Benzo(a)pirene ed altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510) ed analisi GC-FID (EPA 8100), GC/MS (EPA 8270), HPLC (EPA 8310).
Bis(clorometil)etere e clorometil metil etere	Estrazione con solvente organico, cambio di solvente e concentrazione con Kuderna Danish ed analisi GC-ECD. In assenza di una specifica metodica EPA per i rifiuti potenzialmente tossici e nocivi, si può fare riferimento al metodo 611 per le acque di scarico.
Tetracloruro di carbonio, cloroformio. 1,2 - dibromoetano ed altri composti organoalogenati volatili.	Estrazione con metodo "purge and trap" e determinazione GC con rivelatore a cattura di elettroni (ECD) - Metodi EPA 5030 e 8010 SW/846.
Policlorobifenili (PCB) e pesticidi organoclorurati.	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-ECD (EPA 8080). Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-ECD (EPA 8080).
Eteri	Estrazione con solvente organico, cambio di solvente e concentrazione con Kuderna Danish, analisi GC-ECD. In assenza di una specifica metodica EPA per i rifiuti potenzialmente tossici e nocivi, si può fare riferimento al metodo 611 per le acque di scarico.
Perossidi, clorati, perclorati	Estrazione con acido acetico glaciale e titolazione iodometrica.
Sostanze acide o basiche	Solubilizzazione in acqua e titolazione potenziometrica per la determinazione dell'acidità totale.
Esteri ftalici	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510 e 3520) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8060). Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550) ed analisi GC-ECD e GC-FID (EPA 8060).
Composti semivolatili: screening generale delle principali classi di sostanze organiche "inquinanti"	Campioni acquosi: estrazione con solvente organico (EPA 3510 e 3520), purificazione dell'estratto (EPA 3640) ed analisi GC/MS (EPA 8270). Campioni solidi: estrazione con solvente organico in Soxhlet (EPA 3540) o mediante ultrasuoni (EPA 3550), purificazione dell'estratto (EPA 3640) ed analisi GC/MS (EPA 8270).

Tabella 34.

Metodi EPA e CNR-IRSA per acque di scarico, (applicabili anche ai percolati)  
(rielaborato dalla: documentazione EPA e CNR - IRSA citata in tabella).

RIFERIMENTO METODO	PARAMETRO O INQUINANTE	METODOLOGIA ANALITICA (Descrizione sommaria)
EPA 601	Idrocarburi clorurati volatili	Estrazione "purge and trap" (PAT) ed analisi GC con rivelatore Hall.
" 602	Aromatici volatili	PAT ed analisi GC con rivelatore a fotoionizzazione (FID).
" 603	Acroleina ed acrilonitrile	PAT ed analisi GC/FID.
" 604	Fenoli	Estrazione, concentrazione Kuderna-Danish (KD) ed analisi GC/FID o ECD.
" 605	Benzidine	Estrazione, concentrazione ed analisi HPLC con rivelatore elettrochimico.
" 606	Esteri ftalici	Estrazione, purificazione su Florisil o allumina concentrazione KD ed analisi GC/FID o ECD.
" 607	Nitrosammine	Estrazione, purificazione su Florisil o allumina concentrazione KD ed analisi GC/FID o ECD.
" 608	Pesticidi organoclorurati e PCB	Estrazione, purificazione su Florisil o allumina concentrazione KD ed analisi GC/ECD.
" 609	Nitroaromatici ed isoforme	Estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/FID o ECD.
" 610	Idrocarburi policiclici aromatici	Estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/FID o HPLC con rivelatore a fluorescenza.
" 611	Aloeteri	Estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/ECD.
" 612	Idrocarburi clorurati	Estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/ECD.
" 613	Diossine	Aggiunta di standard interno marcato, estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/MS.
" 624	Composti organici volatili	PAT ed analisi GC/MS
" 625	Composti organici semivolatili	Estrazione, concentrazione KD ed analisi GC/MS.
IRSA o EPA 9040	pH	Misura potenziometrica con elettrodo a vetro
IRSA	BOD <sub>5</sub>	Applicabili su campioni che non contengano sostanze in concentrazioni tali da essere tossiche o inibenti per l'attività biologica dei microorganismi. Si esegue su campioni a pH tra 6,5 e 8,3, misurando l'ossigeno disciolto prima e dopo un periodo di incubazione a 20°C per 5 giorni in presenza di adatta flora batterica.
IRSA	COD	Ossidazione a caldo con dicromato di potassio in ambiente acido per acido solforico.
EPA 9060	Carbonio organico totale	Analisi tramite strumentazione automatica: ossidazione catalitica o umida ad anidride carbonica e misura all'infrarosso o tramite FID dopo conversione catalitica a metano.
IRSA o EPA 9200	Azoto totale, ammoniacale, nitroso, nitrico	Azoto totale: metodo Kjeldahl tramite digestione con acido solforico e determinazione dell'ammonio risultante con reattivo di Nessler. Azoto ammoniacale: per distillazione o direttamente tramite reattivo di Nessler, oppure misura con elettrodo specifico. Azoto nitroso: diazo-copulazione con naftalina e determinazione spettrofotometrica. Azoto nitrico: reazione con acido fenoldisolfonico e determinazione spettrofotometrica.
IRSA	Fosfati	Digestione solfonitrica, reazione con molibdato ammonico, riduzione del complesso e dosaggio spettrofotometrico.
IRSA o EPA 9010/1	Cianuri	Distillazione in ambiente acido e titolazione (metodo Liebig modificato).
IRSA o EPA serie 7000	Metalli pesanti	Spettrofotometria di assorbimento atomico direttamente sul campione o dopo estrazione con complessanti.
IRSA o EPA 9131/2	Coliformi totali	Filtrazione, incubazione e conta delle colonie.



Tabella 35.

Proposta direttiva del Consiglio della CEE relativa alle discariche dei rifiuti (COM (91) 102 def. - SYN 335). Metodi ISO o DIN proposti come metodi di riferimento. (Nella stessa proposta di direttiva si riporta che: "si accetta qualsiasi metodo equivalente dopo una procedura di certificazione basata sull'uso di un materiale di riferimento certificato. Nel caso di discrepanza dei risultati i metodi proposti verranno usati come riferimento").

1.01	pH	ISO-DP 10 523 DIN 38404 - C5 - 84
1.02	COT nell'eluato	DIN 38409 - H3 - 85
1.03	Arsenico	ISO 6595 - 1982 DIN 38405 - E6 - 81
1.04	Piombo	ISO 8288 - 1985 DIN 38406 - E6 - 81
1.05	Cadmio	ISO 8288 - 1985 DIN 38406 - E19 - 80
1.06	Cromo VI	ISO - DIS - 9174 - 88 DIN 38405 - D24 - 87
1.07	Rame	ISO 8288 - 1985 DIN 38406 - E21 - 80
1.08	Nichel	ISO 8288 - 1985 DIN 38406 - E21 - 80
1.09	Mercurio	ISO - 5666 - 1/ 3 - 88 DIN38406 - E12 - 80
1.10	Zinco	ISO 8288 - 1985 DIN 3840 - E8 - 85
1.11	Fenoli	ISO 6439 - 1990 DIN 38409 - H16 - 84
1.12	Fluoruri	ISO - DP 10 359 - 1 DIN 38406 - D4 - 85
1.13	Ammonio	ISO - 7150 - 1983 DIN 38406 - E5 - 83
1.14	Cloruri	ISO - DIS 9297 DIN - 38405 - D1 - 85
1.15	Cianuri	DIN 38405 - D14 - 88
1.16	Solfati	ISO - DIS 9280 - 1 DIN 38405 - D5 - 85
1.17	Nitriti	ISO - 6777 - 1983 DIN 38405 - D10 - 81
1.18	AOX	ISO - DIS 9562 DIN 38409 - H14 - 85
1.19	Solventi clorurati 1	ISO - DP 10 301 GC spazio della testa
1.20	Pesticidi clorurati 2	GC capillare
1.21	Sostanze lipofile estr. 3	cfr. param. 27, CCE. dir. 80/778

(1) Richiede 2 ml di eluato.

(2) Dopo estrazione di 1 ml di eluato.

(3) Richiede 250 ml di eluato; estratto con cloroformio, risulta in "residuo secco" mg/l.

*Direttore reggente dell'Istituto Superiore di Sanità  
e Responsabile scientifico: Giuseppe Vicari*

*Direttore responsabile: Vilma Alberani*

*Stampato dal Servizio per le attività editoriali  
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN  
deve essere preventivamente autorizzata.*

*Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988*

*Roma, giugno 1994 (n. 2) 2° Suppl.*



*La responsabilità dei dati scientifici e tecnici  
pubblicati nei Rapporti e Congressi ISTISAN è dei singoli autori*