

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e  
l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili  
ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per  
le attività rientranti nelle categorie IPPC:

### *5 Gestione dei rifiuti*

*(Trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti  
contenenti PCB e per gli impianti di stoccaggio)*

---

---

## INDICE

### PREMESSA

#### A) SCOPI ED OBIETTIVI

#### B) IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE E DI SICUREZZA DEL LAVORO RILEVANTE NEL SETTORE

B.1 Normativa comunitaria

B.2 Normativa nazionale

B.3 Normativa tecnica

#### C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITÀ DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

C.1 Caratteristiche dei PCB e campi di applicazione

C.2 Dati sulla quantità di apparecchi contenenti PCB presenti in Italia

C.3 Dati macroeconomici

#### D) TECNOLOGIE DI STOCCAGGIO E DI DECONTAMINAZIONE

D.1 Tecniche di stoccaggio

D.2 Tecnologie disponibili per la decontaminazione e loro classificazione

D.3 Aspetti ambientali

D.4 Analisi dei rischi per la sicurezza dei lavoratori e salute pubblica

#### E) CONCETTI GENERALI SULLA SCELTA DELLE MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE DI SETTORE

E.1 Campo di applicazione e scenari operativi

E.2 Individuazione delle migliori tecniche

E.3 Valutazione comparativa generale

#### F) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

F.1 La tecnologia LTR2 per riciclare le apparecchiature elettriche contenenti PCB

F.2 Processo «HALOCLEAN» con recupero di metalli nobili e strageci e materiali da apparecchiature elettriche ed elettroniche (WEEE)

F.3 Processi di idrogenazione catalitica

F.4 Fotodistruzione di policlorobifenili mediante laser ad eccimeri

#### G) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

G.1 La definizione di BAT00

G.2 Criteri di individuazione delle BAT

G.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale

G.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico

G.5 Natura, effetti e volume delle emissioni

G.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti

G.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile

G.8 Consumo di risorse

G.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente

G.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti

### Glossario

**PREMESSA**

Il presente documento riassume le proposte del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del DLgs 372/99, nell'ambito delle attività inerenti la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("Best Available Techniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).

Il GTR risulta così costituito:

- dott.ssa Rosanna Laraia (APAT, coordinatore) designata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Fabrizio De Poli (MATT), designato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Marco Di Basilio (ISPESL) e dott.ssa Loredana Musmeci (ISS), designati dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Guido Morini e dott. Paolo Cesco designati da Confindustria.

Il documento è stato elaborato nell'ambito del sottogruppo " Impianti di decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB" al quale hanno partecipato, oltre alla dott.ssa Rosanna Laraia, coordinatore del GTR i seguenti esperti:

- dott.ssa Stefania Balzamo (APAT)
- geom. Gabriella Aragona (APAT)
- ing. Massimo Pompili (Università degli studi di Roma "La Sapienza"-Dip Ingegneria Elettrica)
- ing. Francesco Colla designato da ANIA
- dott. Massimo Bruno (ENEL)
- dott. Carlo Gerra (FS/RFI)
- dott. Massimo Tullio Petri (FS/RFI)
- ing. Luigi Napoli (Assoelettrica).

## A) SCOPI ED OBIETTIVI

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come "IPPC"), per la redazione di linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) meglio note con l'acronimo inglese di BAT ("Best Available Techniques"), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionali e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).

La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.

A livello comunitario la Commissione Europea (CE) ha istituito da tempo, ai fini dell'attuazione della suddetta direttiva, un apposito "ufficio IPPC" (European IPPC Bureau, EIPPCB) con sede presso il Centro Comunitario di Ricerche di Siviglia (Joint Research Centre). L'ufficio in questione coordina una serie di gruppi tecnici cui spetta il compito di redigere dei documenti di riferimento per l'individuazione delle BAT, i cosiddetti "Best Available Techniques Reference documents", (BRefs).

Nel presente documento sono riportati i risultati dei lavori del GTR "Impianti di decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB".

Nel corso dei vari capitoli in cui è articolato, si farà ripetutamente riferimento al relativo BRef comunitario "Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries" (Waste Treatments BRef) che è disponibile sul sito dell'EIPPCB (<http://eippcb.jrc.es>) come documento definitivo, dopo una elaborazione di 3 anni, terminata nell'Agosto 2005.

Scopo principale del presente documento è quello di costituire un riferimento sulle conoscenze tecniche e tecnologiche del settore specifico, che possa essere di aiuto sia all'operatore in sede di presentazione della domanda di autorizzazione integrata ambientale, sia all'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare la relativa autorizzazione.

A tale fine si è cercato di fornire:

- una fotografia della situazione attuale italiana riguardo gli apparecchi contenenti PCB che dovranno essere decontaminati o dismessi entro il 2010 o alla fine vita dell'apparecchio come sancito dalla Direttiva europea recepita dalla normativa italiana;
- un quadro aggiornato degli impianti presenti sul territorio italiano per definire la capacità italiana a far fronte all'obiettivo di arrivare ad una situazione di "PCB free" entro i termini di legge previsti;
- un quadro, quanto più esaustivo, dello stato attuale e delle prospettive riguardo ai processi ed alle tecnologie utilizzate per la decontaminazione dei PCB, includendo in tale accezione anche le migliori tecniche per la valutazione della presenza di PCB negli apparecchi e per lo stoccaggio di tali rifiuti prima della decontaminazione o dello smaltimento finale;
- l'analisi dei lavori svolti a livello europeo;
- informazioni riguardo agli attuali livelli di emissioni ed ai consumi di energia del settore;
- alcune linee guida su possibili tecniche che possono costituire BAT di riferimento a livello nazionale, tenuto conto della specifica situazione del settore in Italia.

Lo specifico settore a cui si riferisce la presente linea guida racchiude tutte quelle attività di trattamento per la decontaminazione dei trasformatori, dei condensatori, degli apparati contenenti PCB e dei rifiuti contenenti PCB. Sono definiti "apparecchi contenenti PCB" qualsiasi apparecchio che contiene o è servito a contenere PCB e che non ha costituito oggetto di decontaminazione; "PCB" sono: a) Policlorobifenili; b) Policlorotrifenili; c) Monometiltetraclorodifenilmetano, Monometildiclorodifenilmetano, Monometiltetrabromodifenilmetano; d) ogni miscela che presenti una concentrazione complessiva delle suddette sostanze superiore allo 0,005% in peso.

Le tecnologie che verranno descritte si riferiscono allo stoccaggio, alla decontaminazione dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB. Le diverse tecniche, altamente specifiche, portano a risultati diversi nella produzione finale di rifiuti e nel recupero finale degli apparati che avevano contenuto PCB prima della decontaminazione. La scelta della tecnologia da utilizzare dipende, quindi, anche da considerazioni iniziali del detentore dell'apparecchio contenente PCB che deve disfarsi dell'apparecchio stesso o vuole continuare ad utilizzarlo nella sua precipua funzione. Queste considerazioni si basano su valutazioni di carattere tecnico-economico, quali: la vetustà dell'apparecchio, il suo valore economico, le sue condizioni operative e di buon funzionamento.

Tutte le operazioni di decontaminazione di apparecchi con relativo stoccaggio, compresa la sostituzione, devono essere realizzate con tecniche idonee da operatori qualificati provvisti di idonea autorizzazione.

Sulla definizione delle BAT, in particolare, si intende qui evidenziare (argomento che sarà discusso più in dettaglio in seguito) che la loro applicabilità non può risultare di carattere generale, essendo fortemente influenzata dalla tipologia di rifiuti trattati e, soprattutto, dalle condizioni locali nel quale lo specifico impianto è o dovrà essere installato.

A questo riguardo di particolare rilevanza risulta essere l'aspetto relativo all'analisi costi-benefici delle BAT individuate, che assume un significato molto ampio che deve includere i costi ed i benefici sia per gli Operatori che per la collettività.

La fattibilità economica sia in sede di definizione che di valutazione, deve essere effettuata caso per caso, in quanto essa non può prescindere da fattori locali (ambientali, gestionali, territoriali, economici e sociali) riguardanti sia l'azienda (es.: dimensioni ed età dell'impianto) che la presenza o meno sul territorio interessato di servizi, infrastrutture o problematiche particolari che possono influenzare in maniera notevole la quantificazione di oneri e benefici (di tutti) e quindi, in ultima analisi, le scelte di carattere tecnico-gestionale dell'azienda.

Nello spirito di "linea guida" si ritiene che nel presente documento possano essere fornite a riguardo solo indicazioni di carattere generale, che dovranno essere oggetto di verifica quantitativa di dettaglio a livello di singolo impianto, inserito in una specifica realtà locale.

## **B) IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE E DI QUELLA PRINCIPALE SULLA SICUREZZA DEL LAVORO RILEVANTE NEL SETTORE**

Di seguito, viene riportato un elenco non esaustivo della normativa comunitaria e nazionale in tema di gestione dei rifiuti e di riduzione dell'impatto sull'ambiente che può presentare risvolti sul settore del trattamento dei rifiuti.

L'elenco riportato non ha alcuna pretesa di completezza e non può pertanto costituire un riferimento da adottare nei procedimenti autorizzativi, anche alla luce del fatto che esso non include la normativa regionale, alla quale occorre attenersi per l'esercizio degli impianti.

### **B.1 Normativa Comunitaria**

**Direttiva 76/769/CEE del 27 luglio 1976** *concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*

**Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984** *concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.*

**Direttiva 85/467/CE del 1° ottobre 1985** *recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di ammissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.*

**Direttiva 89/369/CEE dell'8 giugno 1989** *sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani.*

**Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989** *sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani.*

**Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991** *relativa ai rifiuti pericolosi.*

**Direttiva 91/692/CEE del 23 dicembre 1991** *per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente.*

**Reg. (CEE) n. 793/93 del 23 marzo 1993** *"Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti".*

**Reg. (CEE)n. 1488/94 del 28 giugno 1994** *"Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio".*

**Direttiva 94/31/CE del 27 giugno 1994** *che modifica la Direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*

**Direttiva 94/62/CE del 25 novembre 1994** *sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.*

**Direttiva 94/67/CE del 16 dicembre 1994** *sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.*

**Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996** *sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.*

**Decisione 96/350/CE del 24 maggio 1996** *che adatta gli allegati IIA e IIB della Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.*

**Direttiva 96/82/CE del 9 dicembre 1996** *relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (Seveso BIS).*

**Direttiva 96/59/CE del 16 settembre 1996** *concernente lo smaltimento dei Policlorodifenili e dei Policlorotrifenili (PCB/PCT).*

**Risoluzione 97/76/CEE del 24 febbraio 1997** *Strategia comunitaria per la gestione dei rifiuti.*

**Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999** *relativa alle discariche dei rifiuti.*

**Regolamento (CE) n. 2037/2000** *sulle sostanze che riducono lo strato di ozono.*

**Decisione 2000/532/CE del 3 maggio 2000** *che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art.1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio*

*relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*

**Direttiva 2000/53/CE del 18 settembre 2000** *relativa ai veicoli fuori uso.*

**Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000** *che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.*

**Direttiva 2000/59/CE del 27 novembre 2000** *relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico.*

**Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000** *relativa all'incenerimento dei rifiuti.*

**Decisione 2001/68/CE del 16 gennaio 2001** *che definisce i parametri relativi ai PCB ai sensi dell'articolo 10, lettera a) della direttiva 96/59/CE concernente lo smaltimento dei policlorobifenili e policlorotriifenili (PCB/PCT).*

**Direttiva 2001/58/CE del 27 luglio 2001** *che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza).*

**Direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001** *sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili C dell'elettricità.*

**Decisione 2001/118/CE del 16 gennaio 2001** *che modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla Decisione 2000/532/CE.*

**Decisione 2001/119/CE del 22 gennaio 2001** *che modifica la Decisione 2000/532/CE che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'art. 1, lettera a), della Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la Decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'art.1, paragrafo 4, della Direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi.*

**Decisione 2001/573/CE del 23 luglio 2001** *che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE.*

**Decisione 2001/753/CE del 17 ottobre 2001** *relativa al questionario che gli Stati membri devono utilizzare per le loro relazioni sull'attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

**Decisione 2002/151/CE del 19 febbraio 2002** *relativa ai requisiti minimi per il certificato di rottamazione rilasciato ai sensi dell'art. 5, paragrafo 3 della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

**Decisione 2002/358/CE del 25 aprile 2002** *riguardante l'approvazione, a norma della Comunità europea, del Protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni.*

**Decisione 2002/525/CE del 27 giugno 2002** *che modifica l'allegato II della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.*

**Decisione 2002/1600/CE del 22 luglio 2002** *che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente.*

**Decisione 2002/909/CE del 13 novembre 2002** *relativa alle norme italiane che dispensano dagli obblighi di autorizzazione gli stabilimenti o le imprese che provvedono al recupero dei rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 3 della direttiva 91/689/CEE relativa ai rifiuti pericolosi.*

**Regolamento (CE) n. 2150/2002 del 25 novembre 2002** *relativo alle statistiche sui rifiuti.*

**Decisione 2003/33/CE del 19 dicembre 2002,** *che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.*

**Direttiva 2002/95/CE del 27 gennaio 2003** *sulla restrizione d'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*

**Direttiva 2002/96/CE del 27 gennaio 2003** *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).*

**Decisione 2003/138/CE del 27 febbraio 2003** che stabilisce norme di codifica dei componenti e dei materiali per i veicoli a norma della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso.

**Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003** che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nelle Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE.

**Direttiva 2003/108/CE dell'8 dicembre 2003** che modifica la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).

**Comunicazione della Commissione Europea del 27 maggio 2003**, Verso una Strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti - Com(2003)301 definitivo.

**Decisione 2004/156/CE del 29 gennaio 2004** che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE.

**Decisione 2004/280/CE dell'11 febbraio 2004** relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il Protocollo di Kyoto.

**Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004** che modifica la direttiva 94/62/CE in materia di imballaggi e rifiuti di imballaggio.

**Decisione 2004/249/CE dell'11 marzo 2004** relativa al questionario ad uso degli stati membri sull'attuazione della direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).

**Decisione 2004/279/CE del 19 marzo 2004** concernente orientamenti per l'attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all'ozono nell'aria.

**Direttiva 2004/12/CE dell'11 febbraio 2004** "Modifiche alla direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio"

**Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004** concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente

**Regolamento 2005/782/CE del 24 maggio 2005** che stabilisce il formato per la trasmissione dei risultati delle statistiche sui rifiuti

**Regolamento 2005/1445/CE del 5 settembre 2005** che definisce gli opportuni criteri di valutazione della qualità e i contenuti delle relazioni sulla qualità delle statistiche sui rifiuti ai fini del regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio

**Direttiva 2006/12/CE del 5 aprile 2006** relativa ai rifiuti

**Comunicazione della Commissione Europea del 21 dicembre 2005** "Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti"- Com(2005)666 definitivo.

**Regolamento 2006/1013/CE del 14 giugno 2006** relativo alle spedizioni di rifiuti

## **B.2 Normativa Nazionale**

### **Normativa generale sui rifiuti e sugli impianti di trattamento rifiuti**

**Deliberazione del Comitato Interministeriale 27 luglio 1984** "Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R. 915/82 concernente lo smaltimento dei rifiuti".

**D.Lgs 27 gennaio 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"

**D.M. 29 ottobre 1997** "Approvazione statuto CONAF".

**D.M. 5 febbraio 1998** "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt. 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22".

**D.M. 28 aprile 1998, n. 406** "Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti"

**D.M. 15 luglio 1998** "Approvazione statuti consorzi di filiera".

**D.M. 1 aprile 1998, n. 145** “Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli artt. 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 22/97”.

**D.M. 1 aprile 1998, n. 148** “Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli artt. 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4 del D.Lgs. 22/97”.

**D.M. 4 agosto 1998, n. 372** “Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti”

**D.M. 3 settembre 1998, n. 370** “Regolamento recante le norme concernenti le modalità di prestazione della garanzia finanziaria per il trasporto transfrontaliero dei rifiuti”.

**Legge 9 dicembre 1998, n. 426** “Nuovi interventi in campo ambientale”

**Legge 25 febbraio 2000, n. 33** “conversione in legge con modificazioni del D.L. 30 dicembre 1999, n. 500 recante disposizioni urgenti concernenti la proroga di termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB nonché l'immediata attuazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto”.

**D.M. 25 febbraio 2000, n. 124** “Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e co-incenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della Direttiva 94/67/CEE del Consiglio del 16 Dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del DPR 24 maggio 1988, n. 203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22”.

**Legge 23 marzo 2001, n. 93** “Disposizioni in campo ambientale”.

**Legge 20 agosto 2001, n. 335** “Conversione in legge del DL 16 luglio 2001, n. 286 recante differimento di termini in materia di smaltimento rifiuti”.

**Legge 31 ottobre 2001, n. 399** “Istituzione di una Commissione parlamentare di inchiesta sul ciclo dei rifiuti”.

**Legge 21 dicembre 2001, n. 443** “Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive”.

**Direttiva Ministero dell'ambiente e tutela del territorio 9 aprile 2002** “Indicazioni per la piena e corretta applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti”.

**D.M. 12 giugno 2002, n. 161** “Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate”.

**Legge 31 luglio 2002, n. 179,** “Disposizioni in materia ambientale” (Collegato ambientale alla Finanziaria 2002).

**D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36** “Attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti”.

**D.M. 13 marzo 2003** “Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica”.

**D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 182,** “Attuazione della direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi ed i residui del carico”.

**D.Lgs. 24 giugno 2003, n. 209,** “Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso”.

**D.M. 8 maggio 2003, n. 203,** “Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30 % del fabbisogno medesimo” (Green Public Procurement).

**D.M. 3 luglio 2003, n. 194** “Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose”.

**D.P.R. 15 luglio 2003, n. 254** “Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della legge 31 luglio 2002, n. 179”.

**Legge 31 ottobre 2003, n. 306** “Disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alle Comunità europee” (Legge Comunitaria 2003).

**D.M. 27 novembre 2003** “Fissazione del contributo di riciclaggio, ai sensi dell’ art. 47, comma 9, lettera d), del D.Lgs. 22/97”.

**D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387** “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’ elettricità”.

**D.M. 2 febbraio 2004** “Approvazione dello statuto del consorzio obbligatorio delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi (COBAT)”.

**Legge 15 dicembre 2004, n. 308** “Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l’integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione”

**DPCM 22 dicembre 2004** “Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l’anno 2005 - cap. 1 sezione veicoli a fine vita o fuori uso”.

**D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133** “Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti”.

**Legge 18 aprile 2005, n.62** “Disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2004.”

**D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151** “Attuazione della direttiva 2002/95/CE, della direttiva 2002/96/CE e della direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell’uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti”.

**D.M. 3 agosto 2005** “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica”.

**D.M. 17 novembre 2005, n. 269** “Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all’individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate”

**D.Lgs 23 febbraio 2006, n. 149** “Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 24 giugno 2003, n. 209, recante attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso”.

**D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152** “Norme in materia ambientale” , parte IV

**Decreto 5 aprile 2006, n.186** ” Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"

**D. Lgs 29 aprile 2006, n. 217** “Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti”.

**Decreto 5 maggio 2006** “Individuazione dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare del regime giuridico riservato alle fonti rinnovabili”

#### ***Inquinamento atmosferico e contenimento emissioni***

**D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203** “Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell’aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell’art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 18”.

**D.P.C.M. 21 luglio 1989** “Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell’articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l’attuazione e l’interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell’aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali”.

**D.M. 12 luglio 1990** “Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione”.

**D.P.R. 25 luglio 1991** “Modifiche all’atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989”.

**Legge 28 dicembre 1993, n. 549** “Misure a tutela dell’ozono stratosferico e dell’ambiente” (come modificata dalla legge 16 giugno 1997, n. 179).

**Legge 15 gennaio 1994, n. 65** “Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992”.

**D.M. 15 aprile 1994** “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell’art. 9 del decreto ministeriale 24 maggio 1991”.

**D.M. 21 dicembre 1995** “Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali”.

**D.M. 19 novembre 1997, n. 503** “Regolamento recante norme per l’attuazione delle Direttive CEE 89/369 e 89/429 concernenti la prevenzione dell’inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari”.

**D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351** “Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente”.

**D.M. 25 agosto 2000** “Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203”.

**D.M. 4 giugno 2001** “Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell’art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337”.

**D.P.C.M. 8 marzo 2002** “Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell’inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione”.

**D.M. 2 aprile 2002, n. 60** “Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell’aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio”.

**Legge 1° giugno 2002, n. 120** “Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l’11 dicembre 1997”.

**D.M. 20 settembre 2002** “Attuazione dell’articolo 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell’ozono stratosferico”.

**Decreto 16 gennaio 2004, n. 44** “Recepimento della direttiva 199/13/CE relativo alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali ai sensi dell’art. 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203”.

**Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171** “Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici”

**D.Lgs 21 maggio 2004, n. 183** “Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all’ozono nell’aria”.

**D.M. 26 gennaio 2005** “Istituzione presso la Direzione generale per la salvaguardia ambientale del comitato tecnico previsto dall’articolo 3, comma 2, del decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171”

### **Tutela delle risorse idriche**

**Legge 11 novembre 1996, n. 574** “Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari”.

**D.M. 23 marzo 2000 recante** “Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico”.

**D.M. 28 luglio 2004** “Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all’articolo 22, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152”.

**D.M. 12-6-2003 n. 185** “Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152”

**D.M. 6 luglio 2005** “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell’utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all’articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152”

**D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152** “Norme in materia ambientale”, parte III

**Valutazione Impatto Ambientale e IPPC**

**Legge 8 luglio 1986, n. 349** “Istituzione del Ministero dell’ambiente e norme in materia di danno ambientale”.

**D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377** “Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell’ambiente e norme in materia di danno ambientale”.

**D.P.C.M. 27 dicembre 1988** “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all’art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell’art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377”.

**D.P.R. 12 aprile 1996** “Atto di indirizzo e coordinamento per l’attuazione dell’art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale”.

**D.P.R. 11 febbraio 1998** “Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6”.

**D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348** “Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere”.

**D.P.C.M. 3 settembre 1999** “Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l’attuazione dell’art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell’impatto ambientale”.

**D.M. 23 novembre 2001** “Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all’art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372” (realizzazione dell’Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES)).

**D.M. 26 aprile 2002** “Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all’art. 10 del decreto legislativo n. 372 del 1999”.

**Legge 1° marzo 2002, n. 39** “Disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alle Comunità Europee” (Legge Comunitaria 2002).

**D.M. 19 novembre 2002** “Istituzione della commissione di cui all’art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999”.

**D.L. 24 dicembre 2003, n. 355 convertito con modificazioni in legge 27 febbraio 2004, n. 47** “Proroga di termini previsti da disposizioni legislative”.

**D.M. 1° aprile 2004** “Linee guida per l’utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale”.

**D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59** “Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento” (IPPC).

**Sicurezza e Igiene del Lavoro**

**D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547** “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”.

**D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303** “Norme generali per l’igiene del lavoro”.

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** “Norme per la sicurezza degli impianti”.

**D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447** “Regolamento di attuazione della legge 46/90 in materia di sicurezza degli impianti”.

**D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626** “Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”.

**D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475** “Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale”.

**D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242** “*Modifiche ed integrazioni al Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante l’attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*”.

**D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493** “*Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*”.

**D.M. 10 marzo 1998** “*Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione delle emergenze nei luoghi di lavoro*”.

**D.M. 12 novembre 1999** “*Modificazioni all’allegato 11 del D.Lgs. 242/96*”.

**D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 359** “*Attuazione della direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l’uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*”.

**D.Lgs. 25 febbraio 2000, n. 66** “*Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro*” (TITOLO VII del D.Lgs. 626/94).

**D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25** “*Attuazione della direttiva 1998/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*”.

**D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233** “*Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*” (TITOLO VIII-bis del D.Lgs. 626/94).

**D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195** “*Capacità e requisiti professionali richiesti agli addetti ed ai responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori*”.

**D.Lgs. 8 luglio 2003, n. 235** “*Requisiti minimi di sicurezza e di salute per l’uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori*”.

**D.M. 26 febbraio 2004** “*Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici*”.

**D.M. 3 novembre 2004** “*Disposizioni relative all’installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l’apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d’incendio*”.

**D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 187** “*Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche*”.

#### ***Inquinamento acustico***

**D.P.C.M. 1° marzo 1991** “*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*”.

**Legge 26 ottobre 1995, n. 447** “*Legge quadro sull’inquinamento acustico*”.

**D.M. 11 dicembre 1996** “*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*”.

**D.P.C.M. 14 novembre 1997** “*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*”.

**D.M. 16 Marzo 1998** “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico*”.

**D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262** “*Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l’emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all’aperto*”.

**D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194** “*Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*”.

#### ***Sostanze pericolose***

**R.D. 18 giugno 1931, n. 773** “*Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*”.

**D.M. 3 dicembre 1985** “*Classificazione e disciplina dell’imballaggio e dell’etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delle Comunità europee*”.

**D.M. del 23 febbraio 1988, n. 84** “Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi”.

**D.P.R. 24 maggio 1988, n. 216** “Attuazione della direttiva CEE 85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183”.

**D.M. 11 febbraio 1989** “Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB”.

**D.M. 17 gennaio 1992** “Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT)”.

**D.M. 29 luglio 1994** “Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146”.

**D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52** “Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose”.

**D.M. 4 aprile 1997** “Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza”.

**D.M. 28 aprile 1997** “Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose”.

**D.M. 12 agosto 1998** “Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi”.

**D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 174** “Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti”.

**D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209** “Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili” (come modificato dall'art.21, comma 10, del D.Lgs. 11 maggio 2005, n.133).

**D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334** “Attuazione della Direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti commessi con determinate sostanze pericolose”.

**D.M. 26 gennaio 2001** “Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/32/CE”.

**D.M. 11 aprile 2001** “Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose”.

**D.M. 11 ottobre 2001** “Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento”.

**D.M. 7 settembre 2002** “Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio”.

**D.Lgs. 14 marzo 2003, n. 65** “Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi”.

**D.M. 18 marzo 2003, n. 101** “Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del

*territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della L. 23 marzo 2001, n. 93”.*

**D.M. 3 luglio 2003, n. 194** *“Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE del 22 dicembre 1998 della Commissione, che adegua al progresso tecnico la direttiva 91/157/CEE del Consiglio relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose”.*

**D.M. 5 febbraio 2004** *“Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato dalle imprese che effettuano le attività di bonifica dei beni contenenti amianto”.*

**D.Lgs. 25 luglio 2006, n. 257** *“Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro”*

### B.3 Normativa tecnica

Le seguenti normative tecniche contengono riferimenti applicabili al contenuto della presente Linee Guida. In caso di aggiornamento o revisioni di tali norme, si raccomanda di fare riferimento sempre alle versioni più aggiornate. I riferimenti normativi risultano:

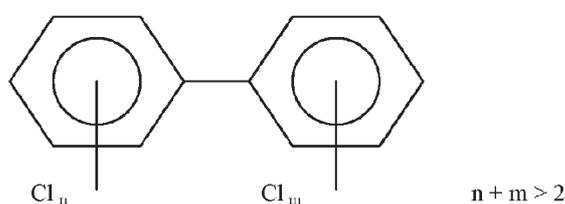
- **Legge 1° marzo 1968, n. 186** *“Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”;*
- CEI 10-6: 1981 *“Norme per gli Askarel”;*
- CEI 14-4: 1983-5 *“Trasformatori di potenza”;*
- CEI 11-19: 1984 *“Installazione ed esercizio di trasformatori ed apparecchi contenenti askarel”* (abrogata e sostituita dalle norme CEI EN 50225:1997 e CEI EN 50195:1997)
- CEI IEC 944: 1988 *“Guide for the maintenance of silicone transformer liquids”;*
- CEI 10-17: 1991 *“Liquidi siliconici per usi elettrici”;*
- CEI EN 60567: 1997 *“Guida al campionamento di gas e olio prelevati da apparecchiature elettriche riempite d'olio e all'analisi dei gas liberi e disciolti”;*
- CEI 10: 1997 *“Guida per il controllo e il trattamento degli oli minerali isolanti in servizio nei trasformatori e in altre apparecchiature elettriche”;*
- CEI 10-1: 1997-09 *“Oli minerali isolanti per trasformatori e per apparecchiature elettriche”;*
- CEI EN 50225: 1997-12 *“Codice per l'impiego in condizioni di sicurezza di apparecchiature elettriche immerse in olio che possono essere contaminate da PCB”;*
- CEI EN 50195: 1997-12 *“Codice per l'impiego in condizioni di sicurezza di apparecchiature elettriche totalmente racchiuse in un contenitore riempito di Askarel”;*
- CEI EN 50110-1: 1998-10 *“Esercizio degli impianti elettrici”;*
- CEI EN 61619: 1998-11 *“Liquidi isolanti Inquinamento da Policlorobifenili Metodo di determinazione gascromatografico con colonna capillare”;*
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025: 2000 *“Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura”;*
- prEN 12766-2: 2000 *“Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Calculation of polychlorinated biphenyl (PCB) content”;*
- prEN 12766-3: 2000 *“Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Determination and quantification of polychlorinated terphenyls (PCT) and polichlorinated benzyl toluenes (PCBT) content by gaschromatography (GC) using an electron capture detector (ECD)”;*
- UNI EN 12766-1: 2001-07 *“Prodotti petroliferi e oli usati – Determinazione dei PCB e prodotti similari - Separazione e determinazione dei congeneri selezionati di PCB mediante gascromatografia (GC) con rivelatore a cattura di elettroni (ECD)”;*

- GUIDA CEI 10-38: 2002 *“Fluidi isolanti. Guida tecnica per l’inventario, il controllo, la gestione, la decontaminazione e/o lo smaltimento di apparecchiature elettriche e liquidi isolanti contenenti PCB”*;
- IEC 60296: 2003 *“Specification for unused mineral insulating oils for transformer and switchgear”*;
- IEC 60422 Ed. 3 (IEC CDV Document, 2004): *“Supervision and maintenance for mineral insulating oils in electrical equipment”*;
- CENELEC BTTF 116-1 (Draft 2004): *“Fluids for electrotechnical applications Standard for the inventory control, handling, decontamination and/or disposal of electrical equipment and insulating fluids containing PCBs”*.

## C) RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE SPECIFICITA' DEL TESSUTO INDUSTRIALE NAZIONALE

### • C.1 Caratteristiche dei PCB e campi di applicazione

Si è ritenuto utile esaminare le caratteristiche chimico-fisiche del PCB per due motivi: il primo è spiegare le ragioni per cui questa classe di composti ha ottenuto un così ampio successo in campo industriale; il secondo è argomentare in maniera più completa e scientifica i fattori che determinano l'elevato rischio ambientale e che giustificano la classificazione del PCB tra le dieci sostanze più pericolose per l'uomo e l'ambiente, al pari di altri composti forse più conosciuti, quali il DDT. Con il termine generico PCB (policlorobifenile) si intende una famiglia di 209 composti chimici, chiamati congeneri e aventi formula generica  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  con  $n \leq 10$ . Il PCB presenta la seguente struttura chimica:



Tali sostanze sono classificate come sostanze pericolose [N. CAS: 1336-36-3 - N. CE: 215-648-1 - N. EINECS: 602-039-00-4 - **Xn** "nocivo" - **N** "ecotossico"- **FraSi R: 33** "Pericolo di effetti cumulativi" - **50/53** "Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico" - **FraSi S: (2** "Conservare fuori della portata dei bambini") - **35** "Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni" - **60** "Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi" - **61** "Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali/schede informative in materia di sicurezza"] e sono anche caratterizzate da una forte persistenza nell'ambiente a causa della loro bioaccumulabilità lungo la catena alimentare.

La sintesi dei PCB, come prodotto commerciale, partiva dal petrolio o dal catrame: da questi si estraeva il benzene, da cui veniva sintetizzato il bifenile. Quest'ultimo veniva sottoposto ad un processo di clorurazione per la sostituzione degli atomi di idrogeno con gli atomi di cloro in presenza di un idoneo catalizzatore ad alte temperature.

Ogni congenero si differenzia dagli altri sia per numero di atomi di cloro sia per la loro diversa collocazione nella molecola: in questo modo si determina la classificazione e nomenclatura, nonché il peso molecolare di ciascun congenero.

I PCB si presentano a temperatura ambiente sotto forma di cristalli incolori ed inodori e sono chimicamente molto stabili: fino alla temperatura di 170°C non possono essere ossidati anche in presenza di metalli o di umidità, sono resistenti agli alcali ed agli acidi; non attaccano i metalli, sono poco biodegradabili, e poco volatili.

Sebbene insolubili in acqua, sono solubili in solventi organici ed in idrocarburi, in questa forma si possono spandere su grandi superfici formando film sottilissimi.

Sul mercato i PCB sono stati commercializzati sotto forma di miscele formate da un complesso mix di congeneri a cui venivano addizionati solventi clorurati, identificate da svariate sigle commerciali, tra le quali vanno ricordate quelle della famiglia Aroclor, il cui marchio fu registrato dalla Monsanto.

Queste miscele si presentano come liquidi viscosi di colore chiaro e possono avere un lieve odore aromatico e pungente, simile a lubrificante bruciato, poiché ad essi vengono addizionati solventi clorurati.

A seconda della composizione chimica delle diverse miscele, i PCB vennero utilizzati in una vasta gamma di applicazioni, da plastificante per carte speciali, a pitture, carte carbone, plastiche, carta "NCR", grazie alle loro comuni caratteristiche di stabilità chimica, bassa infiammabilità; ma l'utilizzo maggiore di questi prodotti è stato tuttavia nell'industria elettrica.

Infatti più di qualsiasi altro fattore, le proprietà dielettriche e termiche hanno creato il successo di questi composti, chimicamente non reattivi.

Essi, infatti, sono altobollenti, con punti di ebollizione intorno ai 300°C a pressione ambiente e, a seconda del grado di clorurazione<sup>1</sup>, il punto di fiamma è compreso tra i 170 e 200°C, ossia molto più alto rispetto a quello degli oli minerali; inoltre, allontanando la sorgente di accensione, la fiamma si spegne. Il pericolo di esplosioni è molto limitato poiché questa loro peculiare caratteristica rende i PCB praticamente incombustibili.

Capaci di resistere alle alte temperature senza subire significativi degradi poiché iniziano a decomporsi in acido cloridrico ed anidride carbonica solo oltre 800-1000°C.

Hanno una bassa tensione di vapore, cioè a temperatura ambiente (25°C.) e pressione atmosferica non tendono ad evaporare facilmente, riducendo la probabilità di esposizioni anche con concentrazioni di diverse migliaia di parti per milione.

Questo spiega il motivo per cui le miscele a base di PCB sono state utilizzate in modo particolare come fluidi dielettrici isolanti all'interno di trasformatori, condensatori ed altre apparecchiature elettriche, applicazioni che saranno approfondite più avanti nel corso del paragrafo.

In generale, gli utilizzi collegati alle diverse applicazioni, sono stati catalogati dalla Direttiva CEE 76/769/CEE in:

- Sistemi aperti dissipativi
- Sistemi chiusi controllabili

Questa classificazione ha origine dalla potenzialità di propagazione nell'ambiente connessa al loro uso ed è utile poiché indica le modalità in cui il PCB può essere rilasciato, in modo intenzionale o non intenzionale, e quindi creare problemi di contaminazione ambientale.

Grazie alla scoperta dell'elevata pericolosità dei PCB, il loro utilizzo sia puro, sia in liquidi a base di miscele di PCB si è notevolmente ridotto fin dagli anni '70, grazie agli sforzi di conversione delle industrie produttrici ed ai limiti imposti dagli organismi legislativi: le uniche applicazioni tollerate fino al 2010 sono quelle correlate ai sistemi chiusi, soprattutto come fluidi dielettrici all'interno dei trasformatori e condensatori.

### **C.1.1 Sistemi Chiusi Controllabili**

Si considerano "chiusi" quei sistemi che non permettono la dispersione dei PCB nell'ambiente e dai quali possano essere recuperati.

In questo modo i PCB rimangono all'interno di una sede sicura fino alla fine della vita operativa delle apparecchiature in cui sono rinchiusi, a meno che non occorran incidenti quali incendi o guasti meccanici.

Nella tabella C.1 si riassumono, a titolo indicativo di massima, le principali applicazioni che fanno parte di questa categoria.

---

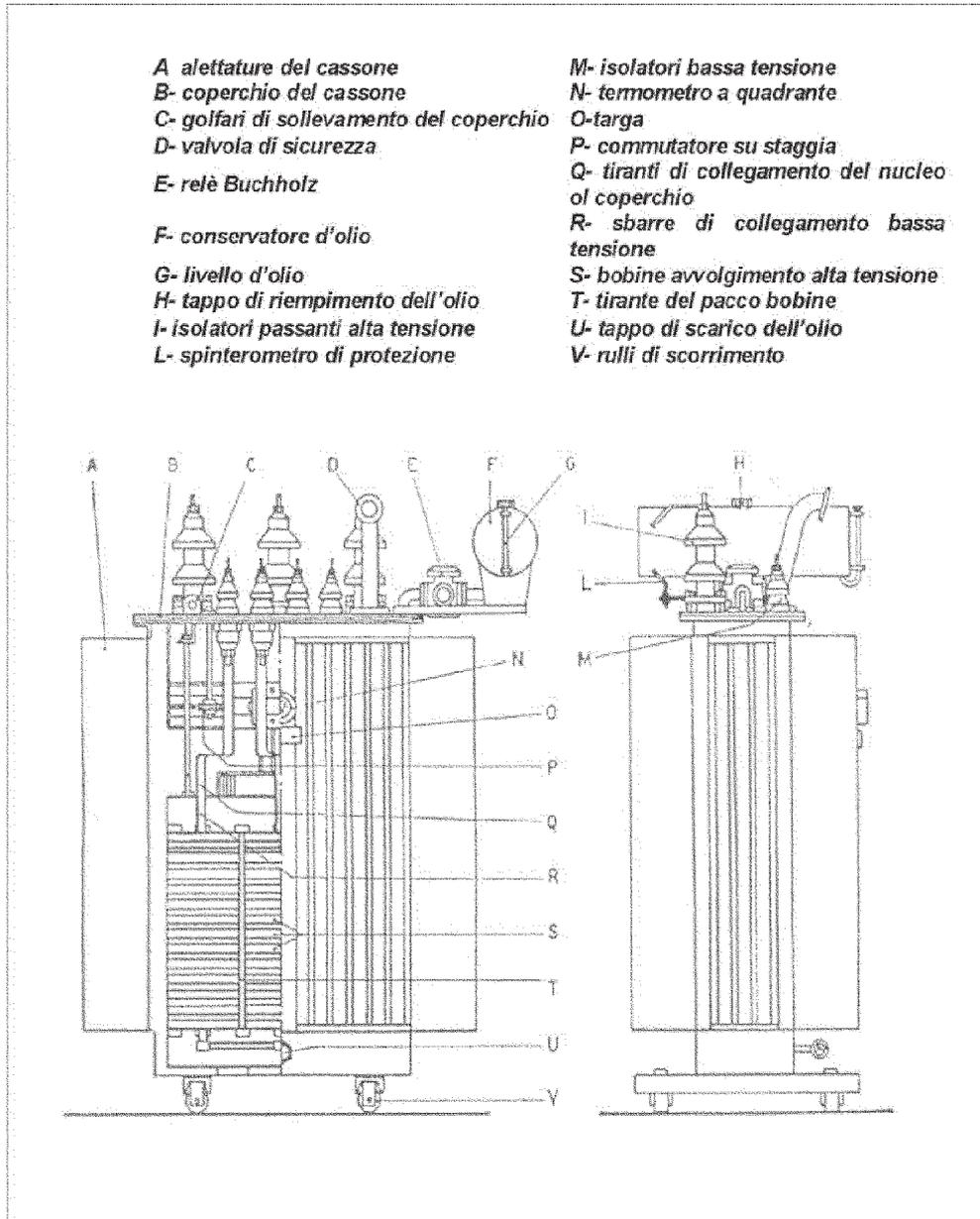
<sup>1</sup> il grado di clorurazione aumenta aumentando il numero di atomi di cloruri sostituiti all'interno della formula bruta  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  con  $n \leq 10$ .

**Tabella C.1: Principali applicazioni di PCB nei Sistemi Chiusi**

<b>SISTEMI CHIUSI</b>		
LIQUIDO ISOLANTE IN	TRASFORMATORI	CENTRALI TERMOELETTRICHE, NUCLEARI NAVI, ALCUNE INSTALLAZIONI ELETTRICHE FERROVIARIE GENERATORI, EDIFICI, TELEVISORI
LIQUIDO ISOLANTE PER	CONDENSATORI	CENTRALI, INDUSTRIE ALCUNE INSTALLAZIONI ELETTRICHE FERROVIARIE, MEZZI DI TRAZIONE ELETTRICA MOTORI, APPARECCHI TELEGRAFICI, LAMPADE A MERCURIO E FLUORESCENTI TELEVISORI, FRIGORIFERI, LAVATRICI, CONDIZIONATORI
CONDUTTORE DI CALORE		APPARECCHI PER RISCALDAMENTO E RAFFREDDAMENTO
ALTRI USI		CAVI ELETTRICI, LIQUIDO IDRAULICO

Alcune di queste applicazioni sono tuttora permesse dalla legislazione vigente, e meritano per tanto di essere approfondite.

### C.1.2 Uso dei PCB nei trasformatori



**Figura C.1: Schema di un trasformatore – tipo distribuzione**

I trasformatori sono componenti fondamentali del processo di generazione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Per rispondere ad esigenze di efficienza ed economicità, il

trasporto e l'utilizzo dell'energia elettrica richiede, che alcuni parametri vengano modificati, in generale corrente e tensione.

L'impiego del trasformatore, mutando secondo convenienza i valori dei parametri della potenza, consente infatti di minimizzare quelle perdite che avvengono nel trasporto dell'energia elettrica. Come è noto infatti le perdite (per effetto Joule) che si verificano in un conduttore elettrico al passaggio della corrente sono pari a  $RI^2$ , essendo R la resistenza del conduttore e I la corrente che lo attraversa. Essendo poi la potenza apparente data dal prodotto VI, a parità di perdite quindi di sezione del conduttore si riesce a trasportare tanta più potenza quanto più elevata è la tensione, fino a livelli compatibili con i limiti di fattibilità tecnico economica connessi ai materiali dielettrici impiegati. Per le varie fasi: produzione, trasporto, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica c'è una coppia ottimale di valori V ed I.

Le Norme CEI dividono i valori di tensione in due livelli:

**Bassa Tensione (BT)** fino a 1000 V

**Alta Tensione (AT)** sopra i 1000 V

Nella pratica è invalsa l'abitudine di chiamare **Media Tensione (MT)** la Tensione compresa tra 1000 V e 36 kV.

Gli utilizzatori civili ed industriali di piccola potenza (sotto 100 kW) ricevono e utilizzano energia elettrica in BT.

L'utilizzo della BT consente di operare in sicurezza ed inoltre i piccoli apparecchi utilizzatori sono realizzati ai costi minimi.

L'energia elettrica viene prodotta dai grandi alternatori in MT trasformata e trasmessa su grandi distanze in AT(380 kV).

L'energia elettrica viene distribuita su medie distanze (20 km) in MT(20 kV) e così fornita alle medie industrie. Per gli usi civili viene trasformata mediante trasformatori MT/BT

Un trasformatore, in genere, è composto da una cassa metallica chiusa contenente due set di conduttori elettrici (avvolgimenti) tipicamente di rame calettati su un nucleo magnetico(fig.C.1).

Il nucleo utilizzato per la costruzione di trasformatori di solito è di del tipo a tre colonne ed è composto da lamierini magnetici di ferro al silicio a grani orientati isolati su entrambi i lati con vernice inorganica resistente al calore (Carlite) per evitare lo stabilirsi di correnti parassite (Foucault). Esso è sostenuto da armature metalliche (a volte in legno per piccoli trasformatori).

Gli avvolgimenti sono fatti tipicamente di conduttori di rame isolati con vernice o con carta isolante Kraft. Per permettere un adeguato raffreddamento, secondo bisogno, all'interno degli avvolgimenti vengono posti canali totali o parziali.

La cassa è riempita di liquido che funge da isolante elettrico e da scambiatore di calore e che rappresenta tipicamente il 25 - 30% in peso del trasformatore.

Il PCB, in miscela tipica con tri-clorobenzene in rapporto di circa 45/50%, è un ottimo isolante con eccezionali caratteristiche termiche ed è commercialmente conosciuto con il nome Askarel<sup>2</sup>. I vantaggi fondamentali dei liquidi sintetici a base di PCB e PCT (Askarel), rispetto agli oli minerali, nell'impiego come isolanti/refrigeranti dei trasformatori sono la più alta resistenza chimica, le ottime caratteristiche dielettriche, e la resistenza al fuoco (sicurezza antincendio in caso di guasto).

Gli oli minerali che hanno proprietà dielettriche e fisiche anch'essi ottime hanno, tuttavia la resistenza al fuoco non paragonabile a quella dei liquidi sintetici a base di PCB.

Nei trasformatori i PCB hanno avuto applicazioni molto estese a partire dagli anni '50 poiché difficilmente possono incendiarsi ed anche in caso d'incendio esterno non lo alimentano; questa garanzia di sicurezza ne ha favorito la diffusione nelle reti di distribuzione dell'energia elettrica, vicino ai punti di consumo, soprattutto in luoghi di potenziale pericolo d'incendio, come industria

---

<sup>2</sup> ASTM D 901-56 "liquido isolante di tipo ininfiammabile, che per decomposizione da arco elettrico sviluppa soltanto miscele gassose, non esplosive".

petrolchimica grandi magazzini, sale per riunioni, uffici ed in genere luoghi con pericolo d'incendio.

Tuttavia è noto da tempo che i PCB possono formare in caso sviluppino incendio o di termossidazione incontrollata, (a temperature superiori ai 300°C), prodotti altamente pericolosi per l'uomo e l'ambiente, quali i poli-cloro-dibenzo-diossine (PCDD – 75 congeneri possibili) e i poli-cloro-dibenzo-furani (PCDF – 135 congeneri possibili).

Poiché la durata di vita di queste apparecchiature è pari a circa 30-40 anni con uso continuato, il problema della presenza di PCB è ancora oggi rilevante per la capillare diffusione nel territorio associata alla generazione, trasporto, distruzione ed utilizzo di energia..

#### **C.1.1.2 Uso dei PCB nei condensatori**

Le caratteristiche chimiche e fisiche dei liquidi a base di PCB ne fanno un fluido dielettrico pressoché ideale per condensatori. Anche i condensatori sono formati da una cassa metallica chiusa ermeticamente e contenente una parte attiva formata da elementi capacitivi.

Ogni elemento capacitivo è costituito da fogli di alluminio, tra i quali si inseriscono come materiale isolante fogli di plastica e/o di carta impregnata, ad esempio, di PCB.

I settori di applicazione dei condensatori con tali liquidi isolanti sono:

- Rifasamento di reti elettriche AT MT e BT
- Rifasamento di impianti industriali
- Sale prova.
- Laboratori di ricerca
- Rifasamento di lampade a scarica elettrica nei gas
- L'avviamento di motori elettrici
- Rifasamento di motori elettrici, forni ad arco e ad induzione

Nel settore dell'illuminazione sono molte diffusi nelle lampade fluorescenti: nelle abitazioni, ogni lampada è necessariamente equipaggiata con un piccolo condensatore, mentre nei grandi edifici commerciali ed industriali è possibile la compensazione di interi gruppi di lampade con un unico condensatore

I motori elettrici monofase, nonché i motori trifase collegati ad una rete monofase, richiedono l'uso di condensatori. Questi apparecchi sono molto diffusi nei settori degli elettrodomestici (televisori, radio), dei bruciatori di olio combustibile, delle pompe e delle macchine per ufficio, nei computer e nelle autovetture (nei sistemi di accensione, autoradio ecc).

Infine gli impianti per il riscaldamento elettrico ad induzione ed altri impianti che consumano grandi quantità di energia elettrica, come trasformatori, raddrizzatori, saldatrici, forni ad arco voltaico, richiedono condensatori con una grossa potenza di compensazione.

Negli anni '60, l'uso di PCB nei condensatori si era affermato in misura ancora maggiore che nei trasformatori, arrivando a coprire il 90% di tutto il mercato. Ma negli anni '70 in questo settore il consumo di PCB si è dimezzato.

#### **C.1.1.3 Uso dei PCB, come liquido idraulico e diatermico**

L'uso di liquidi sintetici a base di PCB come liquido idraulico e diatermico ad alto tasso di clorurazione per il funzionamento di varie apparecchiature, si è diffuso per tutti gli anni '70 senza flessioni, anche grazie alle disposizioni CEE che prevedevano la sostituzione degli oli minerali, vista la loro pericolosità nel caso di incendi. Tuttavia negli anni '80 è iniziata la loro sostituzione con altri prodotti.

#### C.1.1.4 Sorgenti diverse di PCB come sottoprodotti di processi chimici

PCB diversi dalle miscele commerciali possono essere generati come sottoprodotti di processi chimici con prodotti clorurati (es. solventi) e/o da reazioni secondarie da processi intermedi con solventi precursori (es. 2,4 - diclorofenolo) e così formare decine di mg/kg di PCB nelle materie prime (es. i pigmenti di vernici quale la ftalocianina di rame grezza)<sup>3</sup>.

### • C.2 Dati sulla quantità di apparecchi contenenti PCB presenti in Italia

#### C 2.1 Inventario nazionale 2004

L'art. 3 del D.Lgs. 209/99 istituisce l'obbligo di dichiarazione per i detentori di apparecchi contenenti PCB alle Sezioni Regionali e delle Province autonome del Catasto dei rifiuti con un volume superiore ai 5 dm<sup>3</sup>. In particolare, il DM 11 ottobre 2001 prevede due diverse schede: una semplificata per gli apparecchi contenenti PCB con una percentuale in peso compresa tra 0,005% e 0,05% e una per gli apparecchi contenenti PCB e con una percentuale in peso superiore allo 0,05%. Solo di questi ultimi viene richiesta la quantità di PCB contenuta negli apparecchi. (N.B. l'allegato 2 al DMA 11 ottobre 2001, Scheda apparecchiature/contenitori, quando fa riferimento al quantitativo di PCB contenuto nell'apparecchio intende prendere in considerazione la quantità in kg di fluido contenente PCB).

La Legge comunitaria n.62 del 18/4/2005, art.18 comma 1, modifica la tempistica, per lo smaltimento e/o la decontaminazione fissata dal decreto legislativo n.209, come segue:

- entro il 31/12/05 deve essere dimesso almeno il 50 per cento degli apparecchi detenuti alla data del 31/12/02
- entro il 31/12/09 deve essere dimesso almeno il 70 per cento degli apparecchi detenuti al 31/12/02
- entro il 31/12/07 devono essere dimessi tutti gli apparecchi detenuti al 31/12/02

I dati presentati sono relativi al secondo inventario inerente le comunicazioni pervenute negli anni 2002 e 2004.

A seguire si riporta la tabella C.2 riassuntiva dei dati desumibili dalle dichiarazioni.

---

<sup>3</sup> U.S. EPA FR 761 del 1979

**Tabella C.2 – Numero di apparecchi contenenti PCB suddivisi nelle due tipologie differenziate per concentrazione: superiore a 0.05% (500 mg/kg) o compresa nell'intervallo 0.005% e 0.05% (50 mg/kg e 500 mg/kg).**

REGIONE	N° apparecchi	N° apparecchi con concentrazione superiore a 500 mg/kg	N° apparecchi con concentrazione compresa tra 50 e 500 mg/kg	Quantità totale di PCB per apparecchi con concentrazione superiore a 500 mg/kg
Abruzzo	1.010	39	971	9.719,00
Basilicata	536	17	504	6.824,00
Calabria	1.444	60	1384	49.199,00
Campania	1.886	158	1728	94.586,00
Emilia Romagna	5.513	1.186	4.327	168.773,53
Friuli Venezia Giulia	1.115	182	933	123.200,00
Lazio	2.589	440	2.149	282.070,00
Liguria	3.495	1.074	2.421	283.117,85
Lombardia	5.202	2.246	2.956	997.434,00
Marche	1.638	66	1.454	28.153,00
Molise	872	472	400	4.552,31
Piemonte	6.234	1.598	4.636	357.391,00
Puglia	815	213	602	486.626,00
Sardegna	1.778	260	1.207	163.596,00
Sicilia	4.290	452	3.838	472.796,95
Toscana	4.604	676	3.928	488.295,80
Trento	257	51	206	4.652,00
Bolzano	160	5	155	1.009,00
Umbria	1.214	142	1.072	159.592,00
Valle D' Aosta	nd	nd	nd	nd
Veneto	3.035	388	2.165	189.652,00
<b>TOTALE</b>	<b>47.687</b>	<b>9.725</b>	<b>37.036</b>	<b>4.371.239,44</b>

**Nota :** Il numero totale degli apparecchi in alcuni casi non coincide con quanto dichiarato nei piani regionali in quanto in questi ultimi sono conteggiati anche apparecchi non soggetti ad inventario.

Probabilmente i Detentori minimali, piccoli utenti di media tensione che gestiscono uno o pochi trasformatori di piccola potenza, non hanno ancora fatto pervenire i propri dati. Il dubbio che tali Detentori non abbiano coscienza del problema è palpabile tenuto conto del fatto che potrebbero avere in uso macchine costruite prima della metà degli anni '80 e nominalmente isolate in olio minerale ma che potrebbero contenere PCB a causa di contaminazioni avvenute in sede di fabbricazione o durante successivi rabbocchi.

I dati relativi al numero degli impianti e alle relative quantità trattate sono oggetto di puntuali censimenti effettuati da APAT e pubblicati nei Rapporti annuali sui rifiuti.

### C.3 Dati macroeconomici

Il costo per la decontaminazione e/o lo smaltimento dei PCB o degli apparecchi contenenti PCB dipende da molti fattori che vanno dalla tipologia dell'apparecchio da decontaminare e/o smaltire alla concentrazione di PCB nell'olio. Lo stesso costo è fortemente condizionato dalle condizioni di mercato, dal rapporto tra domanda e offerta, dal tipo di apparecchio (età, degrado, quantità, durata,

etc.), dalle distanze, dalle condizioni operative e logistiche, dagli obiettivi, dalle garanzie richieste, etc.

La popolazione dei trasformatori in Italia può essere stimata in circa 600.000 – 700.000 unità, di cui circa 70.000 ÷ 80.000 contaminati da PCB (> 50 mg/kg). Come già esposto questa valutazione è da ritenersi sottostimata per la ancora scarsa conoscenza del “problema” da parte dei piccoli detentori. La stima inoltre non comprende i trasformatori contaminati da PCB nel range da 25 a 50 mg/kg, la cui popolazione può essere valutata in circa ulteriori 100.000 trasformatori.

• **Trasformatori da distribuzione MT/BT (media tensione/bassa tensione)**

Valori di riferimento per questi trasformatori sono:

Potenza media: 250 kVA;

Peso medio trasformatore: 1.000 kg;

Peso medio olio: 230 kg.

Si può ragionevolmente attendere che i trasformatori da distribuzione rappresenti il 99 % della popolazione di macchine contaminate (circa 80.000 unità con contaminazione di PCB > 50 mg/kg). Pertanto, la popolazione di trasformatori da distribuzione contaminati può essere stimata in circa 79.000 unità.

Questo tipo di trasformatori possono essere trattati in modi differenti a seconda del contenuto iniziale di PCB nell'olio, dalla vita utile residua e della loro importanza di esercizio (decontaminazione on site o in centri specializzati o rottamazione).

Come detto, i costi di decontaminazione per tale categoria di trasformatori dipendono da molteplici fattori, per cui nel seguito si farà riferimento ad un range tipico. Si ha pertanto:

Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB tra 50 e 500 mg/kg: 0,7 ÷ 0,8 €/kg macchina;

Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 0,8 ÷ 1,0 €/kg macchina;

Trasformatori da distribuzione contaminati da PCB oltre 1.000 mg/kg: 1,0 ÷ 1,5 €/kg macchina.

Il costo per la rottamazione con incenerimento del PCB può essere assunto pari a circa 0,7 - 0,8 €/kg macchina, al lordo del recupero del ferro e del rame che incide per un valore di 0,15 – 0,2 €/kg (dati variabili in funzione della borsa dei rottami ferrosi e non ferrosi). Ovviamente a tale costo vanno aggiunti quelli di trasporto (fortemente variabili), assicurazioni, logistica, utili d'impresa, etc.

Seguendo la stessa classificazione per grado di contaminazione si hanno le seguenti quantità (tonnellate di macchine da trattare) su una popolazione di trasformatori da distribuzione stimata in circa 79.000 unità (non includendo, al momento, i trasformatori contenenti PCB tra 25 e 50 mg/kg):

Trasformatori da distribuzione con PCB tra 50 e 500 mg/kg: 95% trafo, pari a 75.000 tonnellate;

Trasformatori da distribuzione con PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 3% trafo, pari a 2.500 tonnellate;

Trasformatori da distribuzione con PCB oltre 1.000 mg/kg: 2% trafo, pari a 2.000 tonnellate.

Da tale scenario di costi e quantità emerge il seguente dato macroeconomico per la decontaminazione e/o rottamazione dei **trasformatori da distribuzione** (contenuto PCB > 50 mg/kg):

Trasformatori distribuzione: 75.000.000 kg x 0,7 – 0,8 €/kg = € 52.000.000 – 60.000.000  
(PCB tra 50 e 500 mg/kg)

Trasformatori distribuzione: 2.500.000 kg x 0,8 – 1,0 €/kg = € 2.000.000 – 2.500.000  
(PCB tra 500 e 1.000 mg/kg)

Trasformatori distribuzione: 2.000.000 kg x 1,0 – 1,2 €/kg = € 2.000.000 – 3.000.000  
(PCB maggiore di 1.000 mg/kg)

Per un costo totale di decontaminazione e/o rottamazione per i trasformatori da distribuzione che ammonta tra 56 e 66 milioni di Euro. Tali importi subiscono importanti incrementi se si tiene anche conto dei trasformatori da distribuzione con contenuto di PCB compreso tra 25 e 50 mg/kg. Si tenga presente che il valore di sostituzione (acquisto, trasporto, installazione) di un tipico trasformatore da distribuzione può essere stimato in circa € 4.000 / macchina per un valore complessivo – per circa 80.000 trasformatori – pari a circa 360 milioni di Euro. Ne consegue che, laddove applicabili, le tecniche di decontaminazione debbano essere privilegiate e la necessità di utilizzare al meglio la vita residua dei trasformatori in esercizio, anche alle luce di scaglionare nel tempo la decontaminazione o sostituzione di tali trasformatori.

• **Trasformatori di potenza AT/MT (alta tensione/media tensione)**

Valori di riferimento per questi trasformatori sono:

Potenza media: 25 MVA (da 16 MVA a 400 MVA);

Peso medio trasformatore: 62.000 kg (fino a 380.000 kg);

Peso medio olio: 25.000 kg (fino a 85.000 kg).

Si può ragionevolmente attendere che i trasformatori di potenza rappresentino circa l'1 ÷ 2 % della popolazione di macchine contaminate (circa 80.000 unità con contaminazione di PCB > 50 mg/kg). Pertanto, la popolazione di trasformatori di potenza contaminati può essere stimata in circa 1.000 unità.

Questo tipo di trasformatori possono essere trattati in due modi differenti a seconda del contenuto iniziale di PCB nell'olio ed altri molteplici fattori (decontaminazione on site o refilling).

Come detto, i costi di decontaminazione per tale categoria di trasformatori dipende da molteplici fattori, per cui nel seguito si farà riferimento ad un range tipico. Si ha pertanto:

Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 50 e 500 mg/kg: 1,7 – 2,5 €/kg olio;

Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 2,5 – 3,5 €/kg olio;

Trasformatori di potenza contaminati da PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg: 3,5 – 4,5 €/kg olio;

Trasformatori di potenza contaminati da PCB oltre 2.000 mg/kg: variabile da caso a caso.

Seguendo la stessa classificazione per grado di contaminazione si hanno le seguenti quantità su una popolazione di trasformatori di potenza quantificabile in circa l'1 % del totale e pari dunque a 1.000 unità (non includendo, al momento, i trasformatori contenenti PCB tra 25 e 50 mg/kg):

Trasformatori di potenza con PCB tra 50 e 500 mg/kg: 96 % trafo, pari a circa 24.000 t olio;

Trasformatori di potenza con PCB tra 500 e 1.000 mg/kg: 3 % trafo, pari a circa 1.000 t olio;

Trasformatori di potenza con PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg: 0,7 % trafo, pari a circa 200 t olio;

Trasformatori di potenza con PCB oltre 2.000 mg/kg: 0,3 % trafo, pari a circa 100 t olio.

Da tale scenario di costi e quantità emerge il seguente dato macroeconomico per la decontaminazione e/o rottamazione dei **trasformatori di potenza** (contenuto PCB > 50 mg/kg):

Trasformatori potenza: 24.000.000 kg x 1,7 – 2,5 €/kg = € 40.000.000 – 60.000.000  
(PCB tra 50 e 500 mg/kg)

Trasformatori potenza: 1.000.000 kg x 2,5 – 3,5 €/kg = € 2.500.000 – 3.500.000  
(PCB tra 500 e 1.000 mg/kg)

Trasformatori potenza: 200.000 kg x 3,5 – 4,5 €/kg = € 700.000 – 900.000  
(PCB tra 1.000 e 2.000 mg/kg)

Trasformatori distribuzione: Variabile da caso a caso.  
(PCB maggiore di 2.000 mg/kg)

Per un costo totale di decontaminazione e/p smaltimento per i trasformatori di potenza che ammonta tra 42 e 65 milioni di Euro circa. Tali importi subiscono un forte incremento se si tiene anche conto dei trasformatori di potenza con contenuto di PCB compreso tra 25 e 50 mg/kg. Si tenga presente che il valore di sostituzione (acquisto, trasporto, installazione) di un tipico trasformatore di potenza (tipico da 25 MVA) può essere stimato in circa € 200.000 / macchina per un valore complessivo – per circa 2.000 trasformatori – pari a circa 400 milioni di Euro. Ne consegue che, laddove applicabili, le tecniche di decontaminazione debbano essere privilegiate e la necessità di utilizzare al meglio la vita residua dei trasformatori in esercizio, anche alle luce di scaglionare nel tempo la decontaminazione o sostituzione di tali trasformatori.

## D) TECNOLOGIE DI STOCCAGGIO E DI DECONTAMINAZIONE

Nella presente sezione sono trattate separatamente le tecnologie di decontaminazione da quelle di stoccaggio.

Con riferimento alle attività di decontaminazione di trasformatori e di apparecchiature elettriche e di liquidi isolanti contaminati da PCB ci è basati sul principio della “buona regola dell’arte” in conformità alle direttive europee, alle leggi nazionali ed alle norme tecniche di riferimento (IEC, CEN, CENELEC, CEI). Di particolare rilevanza su tale tema risulta la Norma CEI 10-38 (Edizione 2002) “Guida tecnica per l’inventario, il controllo, la gestione, la decontaminazione c/o lo smaltimento di apparecchiature elettriche e liquidi isolanti contenenti PCB”.

Inoltre, si evidenzia che il Bref “BAT per le industrie di trattamento dei rifiuti” (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, disponibile nella versione definitiva) tratta molto marginalmente e in modo poco approfondito le tecnologie di decontaminazione dal PCB, mentre nelle sezioni 2.1.4 e 4.1.4 approfondisce le tecniche di stoccaggio dei rifiuti. Pertanto le tecnologie di stoccaggio riportate nel presente capitolo si riferiscono solo agli apparecchi contenenti PCB, ai contenitori ed ai liquidi isolanti giunti a fine vita operativa e classificati come rifiuti ai sensi della normativa vigente, nonché a tutti gli altri rifiuti (p. es. materiali contaminati) classificabili come “PCB”. Le stesse tecnologie non si applicano e non risultano applicabili per apparati elettrici in esercizio contenenti PCB, in temporaneo fermo tecnico c/o soggetti ad operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (Norme CEI 10-38) ed ai siti di dislocazione di tali apparati e a quelli ove si effettuano le predette operazioni manutentive (sia “on-site” che in centri attrezzati).

### • D.1 Tecniche di stoccaggio dei rifiuti

Di seguito vengono individuate le migliori tecniche applicabili agli impianti di stoccaggio dei rifiuti, in particolare di quelli pericolosi. Tra queste tipologie di impianti rientrano anche quelle che effettuano lo stoccaggio di trasformatori e rifiuti contenenti PCB. Le tecniche generali individuate, quelle di manutenzione, movimentazione, separazione e controllo hanno una valenza generale e risultano applicabili a tutti gli impianti di stoccaggio di rifiuti pericolosi e non.

#### D.1.1 Tecniche generali da considerare nella individuazione delle B.A.T relative allo stoccaggio ed alla movimentazione dei rifiuti

La prima fase dello stoccaggio di rifiuti comune a tutte le tipologie di impianto è quella del controllo dei materiali, degli apparecchi e dei rifiuti in ingresso che prevede la messa a punto di:

1. procedure di preaccettazione, consistenti, in particolare, nella verifica della presenza e della corretta compilazione dei documenti e dei formulari di accompagnamento, oltre che della corrispondenza tra documentazione di accompagnamento e i contenitori o rifiuti conferiti mediante controllo visivo;
2. procedure per l’ammissione allo stoccaggio finalizzate ad accertare le caratteristiche dei materiali, degli apparecchi e del rifiuto in ingresso in relazione al tipo di autorizzazione e ai requisiti richiesti per i materiali in uscita da avviare successivamente alla decontaminazione o allo smaltimento.

L’Operatore qualificato ed autorizzato che gestisce l’impianto di stoccaggio dei rifiuti deve, anche, sorvegliare il rispetto da parte del trasportatore autorizzato delle norme di sicurezza, la conformità dei requisiti ADR/RID e la presenza delle misure specifiche adottate per prevenire e/o mitigare irragionevoli rischi per i lavoratori, per la salute pubblica e per l’ambiente derivanti da anomalie,

guasti o perdite accidentali dagli apparecchi e contenitori contenenti prodotti pericolosi e persistenti.

Tale verifica deve essere compresa in fase di scarico, inoltre, gli eventuali materiali non conformi devono essere allontanati e depositati in area dedicata.

Ai fini dell'individuazione delle aree idonee alla localizzazione degli impianti dovrà essere garantito che:

- a. le aree di localizzazione degli impianti siano scelte secondo criteri che privilegiano zone per insediamenti industriali ed artigianali, zone industriali o di servizi dismesse individuate dalle regioni, in accordo ai requisiti di compatibilità ambientale e in base alla disponibilità di raccordi e/o scali ferroviari e di reti autostradali di scorrimento urbano con facilità di accesso da parte di carri ferroviari e automezzi pesanti;
- b. il centro sia delimitato con idonea recinzione lungo tutto il suo perimetro. Norme di buona pratica ambientale suggeriscono la predisposizione di un'adeguata barriera esterna di protezione, in genere realizzata con siepi, alberature e schermi mobili, atti a minimizzare l'impatto visivo dell'impianto. Dovrebbe inoltre essere garantita la manutenzione nel tempo di detta barriera di protezione ambientale;
- c. l'impianto deve garantire la presenza di personale qualificato ed adeguatamente addestrato nel gestire gli specifici rifiuti, evitando rilasci nell'ambiente, nonché sulla sicurezza e sulle procedure di emergenza in caso di incidenti;
- d. a chiusura dell'impianto sia previsto un piano di ripristino al fine di garantire la fruibilità del sito in coerenza con la destinazione urbanistica dell'area;
- e. l'autorizzazione concessa all'impianto indichi la capacità di stoccaggio, in particolare per quanto riguarda i PCB, in modo da garantire che essa non venga superata, e richieda esplicitamente che i rischi per l'ambiente o per la salute siano minimizzati.

#### Benefici ambientali conseguiti

Minimizzazione dell'impatto ambientale dell'attività.

#### **D.1.1.1 Tecniche di valenza generale applicabili allo stoccaggio dei rifiuti**

Modalità di stoccaggio dei rifiuti appropriate e realizzate in condizioni di sicurezza contribuiscono a ridurre la generazione di emissioni indesiderate ed i rischi di sversamenti. Uno stoccaggio separato per tipologie di rifiuti omogenee è necessario per evitare incidenti dovuti alla reazione di sostanze tra loro incompatibili e come misura per prevenire l'aggravarsi di eventuali eventi accidentali.

Lo stoccaggio dei rifiuti, all'interno dell'impianto di trattamento, pertanto, deve essere effettuato nel rispetto di alcuni principi di carattere generale quali:

- a. devono essere definite adeguate procedure di stoccaggio nel caso in cui i mezzi di trasporto dei rifiuti debbano essere parcheggiati nel sito durante la notte o in giorni festivi, qualora l'insediamento non sia presidiato in tali periodi;
- b. le aree di stoccaggio devono essere ubicate lontano da corsi d'acqua e da altre aree sensibili e realizzate in modo tale da eliminare o minimizzare la necessità di frequenti movimentazioni dei rifiuti all'interno dell'insediamento;
- c. tutte le aree di stoccaggio devono essere dotate di un opportuno sistema di copertura;
- d. le aree di stoccaggio devono essere adeguatamente protette, mediante apposito sistema di canalizzazione, dalle acque meteoriche esterne;
- e. deve essere previsto un adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche, con pozzetti di raccolta muniti di separatori per oli e vasca di raccolta delle acque di prima pioggia;

- f. le aree di stoccaggio devono essere chiaramente identificate e munite dell' Elenco Europeo dei rifiuti, di cartellonistica, ben visibile per dimensioni e collocazione, indicante le quantità, i codici, lo stato fisico e le caratteristiche di pericolosità dei rifiuti stoccati nonché le norme di comportamento per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e per l'ambiente;
- g. deve essere definita in modo chiaro e non ambiguo la massima capacità di stoccaggio dell'insediamento e devono essere specificati i metodi utilizzati per calcolare il volume di stoccaggio raggiunto, rispetto al volume massimo ammissibile. La capacità massima autorizzata per le aree di stoccaggio non deve mai essere superata;
- h. deve essere assicurato che le infrastrutture di drenaggio delle aree di stoccaggio siano dimensionate in modo tale da poter contenere ogni possibile spandimento di materiale contaminato e che rifiuti con caratteristiche fra loro incompatibili non possano venire in contatto gli uni con gli altri, anche in caso di sversamenti accidentali;
- i. deve essere prevista la presenza di sostanze adsorbenti, appositamente stoccate nella zona adibita ai servizi dell'impianto, da utilizzare in caso di perdite accidentali di liquidi dalle aree di conferimento e stoccaggio; deve essere inoltre garantita la presenza di detersivi-sgrassanti;
- j. gli accessi a tutte le aree di stoccaggio (p.es. accessi pedonali e per i carrelli elevatori) devono sempre essere mantenuti sgomberi, in modo tale che la movimentazione dei contenitori non renda necessaria lo spostamento di altri contenitori che bloccano le vie di accesso (con l'ovvia eccezione dei fusti facenti parte della medesima fila);
- k. deve essere predisposto un piano di emergenza che contempra l'eventuale necessità di evacuazione del sito;
- l. le aree di immagazzinamento devono avere un sistema di allarme antincendio. Le aree di immagazzinamento all'interno degli edifici devono avere un sistema antincendio preferibilmente non ad acqua. Se il sistema antincendio è ad acqua, il pavimento del locale di immagazzinamento dovrà essere limitato da un cordolo ed il sistema di drenaggio del pavimento non dovrà portare all'impianto di raccolta delle acque nere o bianche, ma dovrà avere un sistema di raccolta proprio (per es. dotato di pompa);
- m. deve essere identificato attentamente il lay-out ottimale di serbatoi, tenendo sempre presente la tipologia di rifiuto da stoccare, il tempo di stoccaggio, lo schema d'impianto dei serbatoi ed i sistemi di miscelazione, in modo da evitare l'accumulo di sedimenti e rendere agevole la loro rimozione. I serbatoi di stoccaggio devono essere periodicamente puliti dai sedimenti;
- n. i serbatoi devono essere dotati di idonei sistemi di abbattimento, così come di misuratori di livello ed allarmi acustico-visivi. Questi sistemi devono essere sufficientemente robusti e sottoposti a regolare manutenzione in modo da evitare che schiume e sedimenti affioranti compromettano l'affidabilità del campo di misura;
- o. le cisterne contenenti rifiuti infiammabili o altamente infiammabili devono rispettare specifici requisiti;
- p. le tubazioni dovranno essere realizzate preferibilmente al di sopra del terreno; se, peraltro, le tubazioni dovessero essere interrato, esse dovranno essere contenute all'interno di idonee condotte ispezionabili;
- q. i serbatoi interrati o parzialmente interrati, sprovvisti di un sistema di contenimento secondario (p.es. doppia camicia con sistema di rilevazione delle perdite) dovranno essere sostituiti da serbatoi fuori terra;
- r. i serbatoi dovranno essere equipaggiati con sistemi di controllo, quali spie di livello e sistemi di allarme;
- s. i serbatoi di stoccaggio dovranno essere collocati su di una superficie impermeabile, resistente al materiale da stoccare. I serbatoi dovranno essere dotati di giunzioni a tenuta ed essere contenuti all'interno di bacini di contenimento di capacità pari almeno al 30% della capacità complessiva di stoccaggio e, comunque, almeno pari al 110% della capacità del serbatoio di maggiore capacità;

- t. dovrà essere assicurato che le strutture di supporto dei serbatoi, le tubazioni, le manichette flessibili e le guarnizioni siano resistenti alle sostanze (e alle miscele di sostanze) che devono essere stoccate. Le manichette ed i tubi flessibili utilizzati per il travaso dei PCB non dovranno essere utilizzati per il travaso di altre tipologie di rifiuti liquidi;
- u. non devono essere utilizzati serbatoi che abbiano superato il tempo massimo di utilizzo previsto in progetto, a meno che gli stessi non siano ispezionati ad intervalli regolari e che, di tali ispezioni, sia mantenuta traccia scritta, la quale dimostri che essi continuano ad essere idonei all'utilizzo e che la loro struttura si mantiene integra;
- v. dovrà essere prestata particolare cura allo scopo di evitare perdite e spandimenti sul terreno, che potrebbero contaminare il suolo e le acque sotterranee o permettere che i rifiuti defluiscono in corsi d'acqua.

Alcune tecniche di valenza generale da tenere presente per la riduzione degli odori connessi con le attività di stoccaggio dei rifiuti sono:

- w. ottimizzare il controllo del periodo di stoccaggio;
- x. movimentare i composti odorigeni in contenitori completamente chiusi e muniti di idonei sistemi di abbattimento;
- y. immagazzinare fusti ed altri contenitori di materiali odorigeni in edifici chiusi.

#### **D.1.1.1.1 Tecniche da tenere presente nello stoccaggio di rifiuti contenuti in fusti e altre tipologie di contenitori**

Lo stoccaggio al coperto dei rifiuti contenuti all'interno di contenitori ha il vantaggio di evitare che le acque meteoriche che dilavano le aree di stoccaggio si contaminino a causa di sversamenti accidentali, anche pregressi, e di aumentare la vita utile dei contenitori. Tale tecnica evita, inoltre, la formazione di emissioni causate dallo stoccare assieme sostanze tra loro incompatibili, che potrebbero reagire tra loro.

Va tuttavia rilevato che la manipolazione dei rifiuti è di norma più complessa all'interno di aree coperte di quanto non lo sia in aree non coperte.

Lo stoccaggio dei rifiuti in fusti o in altre tipologie di contenitori deve essere effettuato avendo cura che:

- a. i rifiuti contenuti in contenitori siano immagazzinati al coperto. Gli ambienti chiusi devono essere ventilati con aria esterna per evitare l'esposizione ai vapori di coloro che lavorano all'interno; un'adeguata ventilazione assicura che l'aria all'interno sia respirabile e con una concentrazione di contaminanti al disotto dei limiti ammessi per la salute umana. La ventilazione delle aree coperte potrà essere effettuata mediante aeratori a soffitto o a parete o prevedendo, in fase di progettazione, opportune aperture;
- b. le aree di immagazzinamento dedicate ed i container (in generale quelli utilizzati per le spedizioni) siano ubicati all'interno di recinti lucchettabili;
- c. gli edifici adibiti a magazzino e i container siano in buone condizioni e costruiti con plastica dura o metallo, non in legno o in laminato plastico, e con muri a secco o in gesso;
- d. il tetto degli edifici adibiti a magazzino o dei container e il terreno circostante abbia una pendenza tale da permettere sempre un drenaggio;
- e. il pavimento delle aree di immagazzinamento all'interno degli edifici sia in cemento o in foglio di plastica di adeguato spessore e robustezza. La superficie di cemento deve essere verniciata con vernice epossidica resistente;
- f. le aree dedicate allo stoccaggio di sostanze sensibili al calore e alla luce siano coperte e protette dal calore e dalla luce diretta del sole;

- g. i rifiuti infiammabili siano stoccati in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente in materia;
- h. i contenitori con coperchi e tappi siano immagazzinati ben chiusi e/o siano dotati di valvole a tenuta;
- i. i contenitori siano movimentati seguendo istruzioni scritte. Tali istruzioni devono indicare quale lotto deve essere utilizzato nelle successive fasi di trattamento e quale tipo di contenitore deve essere utilizzato per i residui;
- j. siano adottati sistemi di ventilazione di tipo positivo o che l'area di stoccaggio sia mantenuta in leggera depressione;
- k. sia utilizzato un sistema di illuminazione antideflagrante (laddove necessario);
- l. i fusti non siano immagazzinati su più di 2 livelli e che sia assicurato sempre uno spazio di accesso sufficiente per effettuare ispezioni su tutti i lati;
- m. i contenitori siano immagazzinati in modo tale che perdite e sversamenti non possano fuoriuscire dai bacini di contenimento e dalle apposite aree di drenaggio impermeabilizzate (p.es. sopra bacinelle o su aree delimitate da un cordolo a tenuta). I cordoli di contenimento devono essere sufficientemente alti per evitare che le eventuali perdite dai fusti/contenitori causino la tracimazione dal cordolo stesso;
- n. i materiali solidi contaminati (p.es. ballast, piccoli condensatori, altri piccoli apparecchi, detriti, indumenti di lavoro, materiali di pulizia e terreno) siano immagazzinati all'interno di fusti, secchi metallici, vassoi o altri contenitori metallici appositamente costruiti.

#### **D.1.1.1.2 Tecniche per migliorare la manutenzione dei depositi di rifiuti**

Particolare importanza, all'interno dell'impianto di stoccaggio, assume la manutenzione dell'impianto stesso che può essere più facilmente realizzata attraverso la messa a punto dei seguenti sistemi:

- a. attivare procedure per una regolare ispezione e manutenzione delle aree di stoccaggio – inclusi fusti, serbatoi, pavimentazioni e bacini di contenimento. Le ispezioni devono essere effettuate prestando particolare attenzione ad ogni segno di danneggiamento, deterioramento e perdita. Nelle registrazioni devono essere annotate dettagliatamente le azioni correttive attuate. I difetti devono essere riparati con la massima tempestività. Se la capacità di contenimento o l'idoneità dei bacini di contenimento, dei pozzetti o delle pavimentazioni dovesse risultare compromessa, i rifiuti devono essere spostati sino a quando gli interventi di riparazione non siano stati completati;
- b. devono essere effettuate ispezioni periodiche delle condizioni dei contenitori e dei bancali. Se un contenitore risulta essere danneggiato, presenta perdite o si trova in uno stato deteriorato, devono essere presi provvedimenti quali l'infustamento del contenitore in un contenitore di maggiori dimensioni o il trasferimento del contenuto in un altro contenitore. Bancali danneggiati in modo tale che la stabilità dei contenitori è, o potrebbe essere, compromessa devono essere sostituiti. Regge in materiale plastico devono essere utilizzate solo per assicurare una stabilità di tipo secondario per lo stoccaggio di fusti/contenitori, in aggiunta all'utilizzo di bancali in uno stato di conservazione appropriato;
- c. deve essere programmata ed osservata un'ispezione di routine dei serbatoi, incluse periodiche verifiche dello spessore delle membrane. Qualora si sospettino danni o sia stato accertato un deterioramento, il contenuto dei serbatoi deve essere trasferito in uno stoccaggio alternativo appropriato. Queste ispezioni dovrebbero essere preferibilmente effettuate da personale esperto indipendente e dovrebbe essere mantenuta traccia scritta sia delle ispezioni effettuate che di ogni azione correttiva adottata.

#### **Benefici ambientali conseguiti**

Riduzione dei problemi connessi con l'attività di stoccaggio e prevenzione della formazione di emissioni

**D.1.1.1.3 Stoccaggio in vasche fuori terra**

Per lo stoccaggio dei PCB non è consentito lo stoccaggio in vasche.

**D.1.1.2 Tecniche di valenza generale applicate alla movimentazione dei rifiuti**Descrizione

Alcune tecniche da tenere presente per gli impianti di stoccaggio dei rifiuti sono:

- a. mettere in atto sistemi e procedure tali da assicurare che i rifiuti siano trasferiti alle appropriate aree di stoccaggio in modo sicuro;
- b. mantenere attivo il sistema di rintracciabilità dei rifiuti, che ha avuto inizio nella fase di pre-accettazione -con riferimento alla fase di accettazione-, per tutto il tempo nel quale i rifiuti sono detenuti nel sito;
- c. mantenere attivo un sistema di gestione per le attività di presa in carico dei rifiuti nel sito e di successivo conferimento ad altri soggetti, considerando anche ogni rischio che tale attività può comportare (p.es. nel trasferimento dei rifiuti liquidi sfusi dalle auto/ferro-cisterne ai serbatoi di stoccaggio). Ciò può rendere necessario:
  - mettere in atto sistemi per prevenire la fuoriuscita di liquidi dalle auto/ferro-cisterne;
  - la predisposizione di sistemi per assicurare che i collegamenti siano realizzati correttamente. I collegamenti per la movimentazione dei rifiuti liquidi devono essere realizzati tenendo in considerazione i seguenti aspetti:
    - utilizzare adeguate tubazioni flessibili e provvedere alla loro corretta manutenzione può aiutare a garantire l'integrità e l'idoneità dei collegamenti;
    - utilizzare materiali che garantiscano un collegamento che sia in grado di reggere alla massima pressione della valvola di chiusura della pompa di trasferimento;
    - la protezione delle tubazioni flessibili per il trasferimento dei rifiuti potrebbe non essere necessaria nel caso in cui il trasferimento dei liquidi avvenga per gravità. In ogni caso è comunque necessario mantenere un collegamento efficace ad ogni estremità del flessibile stesso;
    - potenziali perdite dovute ai dispositivi di collegamento possono essere controllate per mezzo di sistemi abbastanza semplici, quali vaschette di gocciolamento o aree adibite allo scopo all'interno del sistema di contenimento. L'acqua meteorica che cade sui supporti del bacino di contenimento, se non contaminata, deve essere convogliata in un pozzetto e può essere pompata nella rete fognaria dell'insediamento e scaricata. Le varie aree del bacino di contenimento devono essere ispezionate, sottoposte a manutenzione e pulite regolarmente. La contaminazione delle acque meteoriche è un evento che può capitare ma deve essere minimizzata ricorrendo ad idonee scelte progettuali e di gestione;
    - buone pratiche di gestione richiedono costante attenzione e pulizia;
  - prevedere una manutenzione programmata in modo che un'eventuale grave situazione incidentale non si verifichi a causa di guasti dell'impianto o delle apparecchiature. Ciò può includere il guasto di una tenuta di una pompa o l'intasamento di un filtro a cestello, comunemente utilizzati nelle postazioni di travaso;
  - disporre di uno stoccaggio di emergenza per automezzi che presentano perdite, in modo da minimizzare gli effetti di gravi incidenti dovuti al guasto delle tenute delle autocisterne;
  - compensare gli sfiati durante le operazioni di carico delle autocisterne;
  - mettere in atto misure tali da garantire che i rifiuti siano scaricati nei corretti punti di trasferimento e che gli stessi siano trasferiti nel corretto punto di stoccaggio. Allo scopo di evitare scarichi non autorizzati, lungo le tubazioni di carico deve essere inserita una valvola

- di intercettazione; questa deve essere mantenuta bloccata nei periodi in cui non vi è un controllo diretto dei punti di carico/scarico;
- d. nel registro dell'impianto deve essere annotato ogni sversamento verificatosi. Gli sversamenti devono essere tratti dai bacini di contenimento e successivamente raccolti usando materiali assorbenti;
  - e. mettere in atto misure tali da garantire che venga sempre usato il corretto punto di scarico o la corretta area di stoccaggio. Alcune possibili soluzioni per realizzare ciò comprendono l'utilizzo di cartellini, controlli da parte del personale dell'impianto, chiavi, punti di scarico e bacini di contenimento colorati o aree di dimensioni particolari;
  - f. utilizzare superfici impermeabili con idonee pendenze per il drenaggio, in modo da evitare che eventuali sversamenti possano defluire nelle aree di stoccaggio o fuoriuscire dal sito dai punti di scarico e di quarantena;
  - g. garantire che i bacini di contenimento e le tubazioni danneggiate non vengano utilizzati;
  - h. utilizzare pompe volumetriche dotate di un sistema di controllo della pressione e valvole di sicurezza;
  - i. collettare le emissioni gassose provenienti dai serbatoi quanto si movimentano rifiuti liquidi;
  - j. assicurare che lo svuotamento di grandi equipaggiamenti (trasformatori e grandi condensatori) o fusti sia effettuato solo da personale esperto;
  - k. assicurare che tutti i rifiuti creati trasferendo i PCB o i rifiuti generati dalla pulizia di sversamenti di PCB diventino rifiuti che vengono immagazzinati come rifiuti contaminati da PCB.

#### Benefici ambientali conseguiti

Uno stoccaggio di rifiuti realizzato in modo appropriato e sicuro aiuta a prevenire il rischio di sversamenti e di inquinamento. La separazione delle aree di stoccaggio è necessaria per evitare incidenti dovuti a sostanze tra loro incompatibili e ciò previene l'aggravamento di eventuali incidenti. L'utilizzo di bancali danneggiati può comportare che l'ulteriore accatastamento di altri bancali al di sopra di essi causi un ulteriore danneggiamento ed il possibile collasso della catasta.

#### Applicabilità

I comuni sistemi di abbattimento possono essere collegati ai dispositivi di sfiato dei serbatoi allo scopo di ridurre l'emissione di sostanze organiche in atmosfera, a causa della fuoriuscita dei vapori contenuti nei serbatoi e nelle cisterne durante le operazioni di riempimento.

Molti siti hanno pavimentazioni interamente in calcestruzzo, con pozzetti di raccolta collegati alla rete fognaria interna e collegati a serbatoi di stoccaggio o vasche di raccolta delle acque piovane e di ogni sversamento. Vasche di raccolta con scarico di troppo pieno in fognatura hanno generalmente sistemi automatici di monitoraggio che tengono sotto controllo i parametri inquinanti più significativi e che possono, qualora venga accertato uno stato di contaminazione, interrompere tale scarico.

#### **D.1.1.2.1 Attività di movimentazione connesse con il travaso dei rifiuti**

Al fine di evitare lo sviluppo di emissioni e di minimizzare la fuoriuscita di perdite, fumi e odori nonché le problematiche di sicurezza e igiene industriale, le operazioni di travaso di rifiuti contenuti in fusti, serbatoi, cisterne o cisternette devono essere svolte nel rispetto dei seguenti principi:

- a. effettuare l'accumulo di materiali odorigeni solamente in modo controllato (cioè non all'aria aperta) per evitare la generazione di odori molesti;
- b. mantenere i contenitori con il coperchio chiuso e/o sigillati, per quanto possibile;
- c. trasferire i rifiuti dai loro contenitori ai serbatoi di stoccaggio utilizzando tubature "sotto battente";
- d. nelle operazioni di riempimento delle cisterne, utilizzare una linea di compensazione degli sfiati collegata ad un idoneo sistema di abbattimento;

- e. garantire che le operazioni di trasferimento dei rifiuti da fusti ad autocisterne (e viceversa) siano effettuate da almeno due persone, in modo che nel corso dell'operazione sia sempre possibile controllare tubazioni e valvole;
- f. movimentare i fusti usando mezzi meccanici quali carrelli elevatori muniti di un dispositivo per il ribaltamento dei fusti;
- g. fissare tra loro i fusti con regge;
- h. addestrare il personale che impiega i carrelli elevatori nella movimentazione delle merci pallettizzate, in modo da evitare quanto più possibile di danneggiare i fusti con le forche dei carrelli;
- i. usare bancali in buone condizioni e non danneggiati;
- j. sostituire tutti i bancali che, all'arrivo, dovessero risultare danneggiati e non utilizzarli nelle aree di stoccaggio;
- k. garantire che, nelle aree di stoccaggio dei fusti, gli spazi disponibili siano adeguati alle necessità di stoccaggio e movimentazione;
- l. spostare i fusti e gli altri contenitori mobili da un'ubicazione all'altra (o per il carico finalizzato al loro conferimento all'esterno del sito) solamente dietro disposizione di un responsabile; assicurare inoltre che il sistema di rintracciabilità dei rifiuti venga aggiornato e registri il cambiamento.

#### **D.1.1.3 Tecniche per ottimizzare il controllo delle giacenze nei depositi di rifiuti**

La corretta gestione delle giacenze consente una migliore conduzione dell'impianto di stoccaggio e un migliore monitoraggio del flusso dei rifiuti all'interno dell'intero impianto. Il sistema più corretto di gestione prevede:

- a. per i rifiuti liquidi sfusi, il controllo delle giacenze comporta che si mantenga traccia dei flussi di materiale in tutto il processo. Per rifiuti contenuti in fusti, il controllo necessita che ogni fusto sia etichettato singolarmente, in modo da poter registrare la sua ubicazione fisica e la durata dello stoccaggio;
- b. è necessario disporre di un'idonea capacità di stoccaggio di emergenza. Ciò è di particolare importanza nel caso in cui si renda necessario trasferire un rifiuto da un automezzo a causa di un suo guasto o a causa di un potenziale danneggiamento della capacità di contenimento del veicolo stesso. Tali situazioni non sono rare e la disponibilità di capacità di stoccaggio nel sito può costituire un fattore limitante;
- c. tutti i contenitori devono essere chiaramente etichettati con la data di arrivo, i codici dell'Elenco Europeo dei rifiuti ed i codici di pericolo significativi ed un numero di riferimento od un codice identificativo univoco che permetta la loro identificazione nelle operazioni di controllo delle giacenze ed il loro abbinamento alle registrazioni di pre-accettazione e di accettazione. Ogni etichetta deve essere sufficientemente resistente per restare attaccata al contenitore ed essere leggibile per tutto il tempo di stoccaggio nel sito;
- d. fare ricorso all'infustamento dei fusti in maxi-fusti solo come misura di emergenza. Tutte le informazioni necessarie devono essere riportate sull'etichetta del nuovo contenitore. La movimentazione di rilevanti quantità di rifiuti contenuti in maxi-fusti deve essere evitata, prevedendo il reinfustamento dei rifiuti una volta che l'incidente che ha reso necessario tale operazione è stato risolto;
- e. prevedere un monitoraggio automatico del livello dei serbatoi di stoccaggio per mezzo di appositi indicatori di livello;
- f. deve essere effettuato il controllo delle emissioni provenienti dai serbatoi in fase di miscelazione o di carico/scarico (con sistemi di compensazione degli sfiati o con filtri a carbone attivo);
- g. limitare la permanenza dei rifiuti nelle aree di stoccaggio destinate al ricevimento dei materiali ad un massimo di una settimana.

#### **D.1.1.4 Tecniche per la separazione dei rifiuti**

La separazione delle aree di stoccaggio di rifiuti è necessaria per prevenire incidenti causati da sostanze incompatibili che possono reagire tra loro e contribuisce ad evitare un peggioramento della situazione qualora dovesse aver luogo un evento incidentale.

Dal punto di vista operativo, in linea di massima, è necessario uno spazio maggiore per realizzare un'efficace separazione dei rifiuti.

Un aspetto basilare per la sicurezza del settore nel quale viene effettuato lo stoccaggio dei rifiuti è la compatibilità dei materiali in esso contenuti. Devono essere valutati due aspetti tra loro indipendenti:

- a. la compatibilità del rifiuto con il materiale utilizzato per la costruzione di contenitori, serbatoi o rivestimenti a contatto con il rifiuto stesso;
- b. la compatibilità del rifiuto con gli altri rifiuti stoccati assieme ad esso.

Dopo che i rifiuti sono stati controllati al loro arrivo, essi devono essere suddivisi in gruppi differenti sulla base della classe chimica del rifiuto e della dimensione dei contenitori. Alcune tecniche da tenere presente sono:

- a. valutare ogni incompatibilità chimica per definire i criteri di separazione. Non immagazzinare e/o miscelare i PCB con altri rifiuti (pericolosi o non pericolosi).
- b. non mescolare oli esausti con rifiuti di PCB. La miscelazione di tali tipologie di rifiuti comporterebbe infatti la necessità di considerare "PCB" l'intera miscela;
- c. differenziare le aree di stoccaggio a seconda della pericolosità del rifiuto;
- d. realizzare pareti tagliafuoco tra i diversi settori dell'impianto.

#### **D.1.2 Tecniche comunemente adottate nello stoccaggio e nella movimentazione dei rifiuti**

Per gli impianti di stoccaggio dei rifiuti, gli obiettivi dello stoccaggio e delle attività preliminari al trattamento sono di:

- stoccare il rifiuto in modo sicuro prima di avviarlo ad una successiva fase di trattamento nello stesso impianto ovvero ad un processo di trattamento/smaltimento presso altri impianti;
- disporre di un adeguato volume di stoccaggio. Per esempio, nei periodi nei quali le attività di trattamento e gli impianti di smaltimento non sono operativi oppure qualora sia necessario prevedere una separazione temporale tra la raccolta e trasporto del rifiuto ed il suo trattamento ovvero allo scopo di effettuare controlli ed analisi;
- differenziare le fasi di raccolta e trasporto del rifiuto da quelle relative al suo trattamento;
- permettere l'effettiva applicazione di procedure di classificazione, da realizzarsi durante il periodo di stoccaggio/accumulo.

##### **D.1.2.1 Trasferimento del rifiuto negli impianti di stoccaggio dei rifiuti**

Le destinazioni successive dei rifiuti contenenti PCB stoccati possono essere:

- il riciclaggio/recupero delle apparecchiature,
- la decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB e dei PCB,
- lo smaltimento.

Tali attività possono essere effettuate in una sezione distinta dello stesso impianto ovvero può essere necessario provvedere al carico del rifiuto su vettori stradali/ferroviari per un suo conferimento presso altri impianti.

La scelta delle modalità di trasporto dei rifiuti dipende dallo stato fisico del materiale che deve essere trasportato. In altre parole, il trasporto di rifiuti allo stato liquido e quello di apparecchiature ed altri rifiuti allo stato solido comporta l'impiego di tecniche diverse.

Le apparecchiature e i rifiuti allo stato solido saranno normalmente trasportati sul pianale di autocarri o all'interno di container e verranno movimentati mediante carrelli elevatori, gru, pedane mobili, ecc.

I rifiuti liquidi e semi-liquidi, imballati in fusti o cisternette, saranno trasportati con le medesime modalità dei rifiuti solidi mentre quelli stoccati in serbatoi saranno normalmente trasportati in autocisterna o ferrocisterna e verranno movimentati mediante pompe e tubazioni

#### **D.1.2.2 Lavaggio e bonifica dei mezzi di trasporto e dei contenitori negli impianti di stoccaggio dei rifiuti**

Dopo la consegna ed il loro svuotamento, i mezzi di trasporto ed i contenitori devono essere bonificati, tranne nel caso in cui i contenitori vengano a loro volta smaltiti o vengano nuovamente utilizzati per il trasporto della stessa tipologia di rifiuto.

A causa della molteplicità dei contenitori, la bonifica può essere effettuata manualmente usando lance con spruzzatori, lance ad alta pressione o stracci ed assorbenti. L'attività di bonifica deve essere effettuata sia all'interno che all'esterno dei contenitori, allo scopo di garantire la possibilità di riutilizzo degli stessi. La bonifica interna è importante per evitare che nei contenitori rimangano residui del rifiuto; ciò è particolarmente importante nel caso dei PCB, allo scopo di evitare la contaminazione di altre tipologie di rifiuti (p.es. oli) che verranno successivamente introdotti in tali contenitori

#### **D.1.2.3 Riciclaggio dei contenitori negli impianti di stoccaggio dei rifiuti**

La maggior parte dei contenitori vengono frantumati o schiacciati prima di essere avviati al recupero o allo smaltimento. Alcuni fusti e cisternette vengono destinati al riutilizzo per successive operazioni di trasferimento del materiale ed altri vengono lavati/bonificati prima di essere riutilizzati o venduti.

#### **D.1.2.4 Modalità di stoccaggio e attrezzature utilizzate negli impianti di stoccaggio dei rifiuti**

I rifiuti liquidi possono essere stoccati, in serbatoi o in contenitori mobili (p.es. fusti o cisternette), al coperto o all'interno di edifici adibiti a magazzino. Le apparecchiature e gli altri rifiuti solidi possono anch'essi esser stoccati sotto tettoia o all'interno di edifici adibiti a magazzino; i rifiuti solidi, in quanto contenenti residui oleosi, devono essere imballati all'interno di fusti o maxi-fusti. Dopo lo scarico dai mezzi di trasporto, i rifiuti devono essere trasferiti nelle aree di stoccaggio.

I punti a cui gli operatori di un impianto nel quale viene effettuato lo stoccaggio dei rifiuti devono prestare la maggiore attenzione sono i seguenti:

- ubicazione delle aree di stoccaggio
- stato di conservazione delle infrastrutture delle aree di stoccaggio
- condizioni in cui si trovano serbatoi, fusti e altri contenitori
- controllo delle giacenze
- separazione degli stoccaggi per tipologie omogenee di rifiuti
- dispositivi di contenimento ed altre misure di prevenzione e protezione per l'ambiente e la salute dei lavoratori.

Un punto particolarmente importante dal punto di vista della sicurezza delle attività di stoccaggio e della manipolazione dei rifiuti sono le misure di prevenzione e protezione antincendio.

#### **D.1.2.5 Capacità di stoccaggio**

Le capacità di stoccaggio devono essere previste in modo tale da assicurare un servizio continuativo, in particolare laddove tale attività sia preliminare ad un successivo trattamento.

- **D.2 Tecnologie disponibili per la decontaminazione e loro classificazione**

**D.2.1 Generalità e classificazione**

L'approccio metodologico generale cui devono far riferimento le tecnologie di decontaminazione deve soddisfare i seguenti requisiti:

- la riduzione del rischio per i lavoratori, la salute pubblica e l'ambiente, derivante da anomalie o guasti degli apparecchi che possono originare incendio o perdita di prodotti pericolosi e persistenti;
- l'applicazione a "regola d'arte" delle migliori tecniche e metodologie di sicurezza disponibili, privilegiando criteri di prossimità, autosufficienza e recupero funzionale;
- la fattibilità tecnica ed economica delle attività suggerite o imposte dalla normativa e dalla legislazione vigente, nel tempo previsto.

La prima classificazione delle tecnologie e processi di decontaminazione utilizzati per apparecchi contenenti liquidi isolanti contaminati da PCB riguarda la capacità o meno di recupero funzionale del liquido isolante e permette di distinguere tra:

- a **sostituzione del liquido isolante contaminato (refilling o retrofilling)** con altri non contaminati, aventi equivalenti o migliori caratteristiche funzionali e ambientali e successivo trasporto e smaltimento del PCB;
- b **decontaminazione mediante dealogenazione chimica** mirata alla detossificazione dei composti pericolosi e persistenti ed al recupero funzionale del liquido isolante e anche dell'apparecchiatura;

Una ulteriore classificazione delle tecnologie di decontaminazione può essere basata sulla modalità operative di circolazione e/o produzione nel processo:

- a **processi a ciclo aperto**, che prevedono lo svuotamento degli apparecchi e la manipolazione e trasferimento del liquido contenete PCB in altri contenitori per il trattamento o lo smaltimento;
- b **processi a ciclo chiuso**, operanti senza svuotamento dell'apparecchio, mediante collegamento diretto dell'apparecchiatura utilizzata per la decontaminazione all'apparecchio contenente il PCB;
- c **processi discontinui (batch)**, nei quali volumi costanti (lotti) del liquido contenente PCB vengono svuotati dall'apparecchio e sottoposti ad una serie di processi chimici o fisici non contemporanei, ma che avvengono in fasi successive, ben distinte tra loro;
- d **processi continui per circolazione**: nei quali il liquido contenente PCB viene sottoposto ad una serie di processi chimici e fisici contemporanei mediante circolazione attraverso l'apparecchio di decontaminazione. Tale condizione non prevede lo svuotamento neanche parziale dell'apparecchio e/o l'utilizzo di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni.

Per ovviare a possibili problemi di interruzione dei servizi nel settore dell'energia elettrica e in quello dell'industria produttiva e dei servizi essenziali, è possibile utilizzare alcune delle suddette

tecnologie sia “*in situ*” che presso centri specializzati. Per questa ragione è possibile, ancora, classificare le tecnologie di decontaminazione in tre categorie:

- a. interventi in centro attrezzato (off site) che prevedono lo smontaggio e il trasporto del l'apparato e del liquido isolante contenuto;
- b. interventi sul posto (on site) con messa “fuori servizio” dell'apparato;
- c. interventi sul posto (on site) con mantenimento “in servizio” dell'apparato.

La scelta delle migliori tecnologie e/o modalità operative devono essere eseguite in funzione delle caratteristiche dell'apparecchiatura e delle esigenze di continuità di servizio. In genere, sono da privilegiare le tecniche in grado di operare “on site” con l'apparecchio in funzione (per gli apparati elettrici: sotto tensione e sotto carico). Tale tecnica evita, inoltre, i rischi e i costi relativi alle operazioni di disinstallazione e trasporto di apparecchi e liquidi pericolosi, particolarmente elevati e inaccettabili per i trasformatori di grande potenza e dimensione. Tale tecniche, inoltre, comportano apprezzabili vantaggi economici.

Indipendentemente dalla tecnologia utilizzata e dalle modalità operative impiegate, l'espletamento di un intervento di decontaminazione deve prevedere:

- definizione dei requisiti di continuità di esercizio, delle condizioni operative, dei rischi e delle condizioni di sicurezza, delle competenze e dei tempi di attuazione;
- verifiche analitiche preliminari e valutazione del degrado funzionale del liquido isolante e dell'apparecchiatura;
- trasporto, installazione e predisposizione degli impianti e dei materiali necessari per realizzare l'intervento;
- operazioni di decontaminazione secondo le tecniche e modalità scelte, eseguite a cura di imprese autorizzate e personale qualificato in possesso di specifica formazione e addestramento;
- verifiche analitiche finali e controlli degli esiti dell'intervento, ripetute a distanza di un congruo periodo di tempo dalla data di decontaminazione;
- riclassificazione “NO PCB” degli apparecchi in conformità alla norme e specifiche richieste;
- smaltimento dei rifiuti prodotti durante le operazioni del ciclo.

#### **D.2.2 Tecnologie di decontaminazione**

Le principali tecnologie attualmente disponibili per la decontaminazione di apparecchiature elettriche e per liquidi isolanti sono quelle indicate nella Norma CEI 10-38.

### **D.2.2.1 Sostituzione del liquido isolante contaminato (*refilling o retrofilling*)**

La tecnologia del *refilling* rappresenta una soluzione di tipo semplice; inoltre, la stessa è stata una delle prime adottata per la decontaminazione di apparecchi contenenti PCB, in assenza di tecnologie operanti mediante azione chimica sugli inquinanti.

Essa è un processo di tipo aperto “confinato”, discontinuo, che comprende le seguenti fasi operative:

- svuotamento completo del liquido isolante contaminato e trasferimento dello stesso in serbatoi o cisterne idonee al contenimento di rifiuti pericolosi per l'invio allo smaltimento;
- drenaggio e gocciolamento dell'apparecchio allo scopo di rimuovere la maggiore quantità possibile di liquido contaminato da PCB;
- lavaggio dell'apparecchio con solventi (tipicamente clorurati quali, ad esempio, il percloroetilene) o liquido isolante nuovo non contenente PCB allo scopo di decontaminare i materiali solidi porosi;
- riempimento completo degli apparecchi con liquido isolante nuovo non contenente PCB, avente caratteristiche conformi alle norme tecniche applicabili;
- trasporto e stoccaggio preliminare del liquido isolante PCB rimosso dall'apparecchio e di tutti i liquidi e solventi di risulta dalle operazioni di cui alle precedenti operazioni in conformità alle norme e leggi nazionali e internazionali (in caso di trasporto transfrontaliero dei rifiuti);
- smaltimento mediante incenerimento del liquido isolante PCB rimosso dall'apparecchio e di tutti i liquidi e solventi di risulta in impianti idonei ed autorizzati.

L'efficacia di questa tecnica in termini di riduzione della concentrazione di PCB al di sotto della soglia richiesta (tipicamente 0,005% in peso) è fortemente dipendente dalla concentrazione iniziale di inquinante.

L'azione di svuotamento e lavaggio infatti non è in grado di rimuovere in maniera completa il liquido isolante contaminato presente nell'apparecchio e, pertanto, si riscontrano incrementi nel tempo della concentrazione di PCB nel liquido isolante nuovo, dovuti alla cessione di contaminante da parte dei materiali porosi impregnati.

L'esperienza dimostra che, in caso di semplice sostituzione del liquido isolante, la concentrazione residua di PCB nel liquido isolante nuovo, misurata dopo 90 giorni di servizio dell'apparecchio dopo la fase di decontaminazione, è compresa tra il 10 e 15% del valore della concentrazione iniziale (rendimento del 85-90%).

Ne deriva che in caso di concentrazioni iniziali superiori a 0,05% in peso (500 mg/kg) la concentrazione di PCB misurata a distanza di 90 giorni dal termine della decontaminazione iniziale può risultare superiore alla soglia richiesta (tipicamente 50 mg/kg), originando la necessità di ripetere il ciclo.

Da un punto di vista dell'ecobilancio il metodo ha un elevato consumo di risorse non rinnovabili (120-150% di olio per ciclo di lavaggio) e produce elevate quantità di CO<sub>2</sub> equivalente (trasporto e incenerimento).

### **D.2.2.2 Processi di tipo chimico basati sulla dealogenazione dei PCB nel liquido isolante**

I processi chimici e chimico-fisici di decontaminazione di apparecchiature e liquidi isolanti contaminati da PCB hanno generalmente per obiettivo la rimozione del cloro presente nelle molecole del bifenile (PCB, PCT) e di altri composti alogenati (ad esempio il PCBT) e la conversione in composti maggiormente biodegradabili e non pericolosi. Pertanto, tali processi consentono la detossificazione dei PCB ed il recupero funzionale del liquido isolante stesso e dell'apparecchio stesso, che pertanto può rimanere in esercizio.

Nel seguito vengono illustrati i principali processi chimico-fisici attualmente disponibili.

#### **D.2.2.2.1 Processi di dealogenazione con sodio, litio e derivati**

Diversi sono i processi che utilizzano la tecnica di dealogenazione con sodio, litio e derivati, tra questi si citano:

- il processo "GoodyearTyre & Company" (USA);
- il processo "Pytlewski" (USA);
- una variante del predetto processo, sviluppata a livello industriale dalla compagnia SunOhio (USA) che utilizza una miscela liquida di sodio-naftalene (processo "PCBX");
- il processo FLUIDEX (Sud Africa) che utilizza polveri di sodio metallico finemente suddivise;
- il processo a base di sodio metallico sviluppato da BC HYDRO & ONTARIO HYDRO nei primi anni ottanta ed adottato da ENERVAC CORPORATION (Canada);
- il processo sviluppato nel 2002 dalla KIOSHI (Argentina) per applicazione su oli isolanti da destinarsi principalmente all'impiego come combustibile.

In Italia è stata depositata una domanda di brevetto (MI99A002078 del 06/10/1999) da ECOCALOR Srl (ELMA Srl) e ECOLSIR Srl riguardante "Apparecchiature per la dealogenazione di oli minerali dielettrici e diatermici contaminati da composti organici clorurati e/o solforati e composti acidi ossidati"

Le tecniche di dealogenazione al sodio, litio e derivati sono processi discontinui, in quanto necessitano di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni. Tali processi sono applicabili a ciclo chiuso o aperto, e utilizzano reagenti miscibili con l'olio, a base di sodio metallico, idruo di sodio, idruo di litio ed additivi per la dechlorurazione del PCB negli oli isolanti.

Il processo utilizzato in Italia comprende le seguenti fasi operative :

- svuotamento, totale o parziale del liquidi isolante e trasferimento dello stesso in un serbatoio di compensazione con un trattamento preliminare di disidratazione dell'olio contenete PCB;
- riscaldamento dell'olio ad una temperatura compresa tra 150 e 300 °C;

- reazione tra l'olio e l'idruro di metallo alcalino (sodio o litio) per la dealogenazione dei PCB e desolfurazione dell'olio con l'impiego di un flusso continuo di azoto per minimizzare il rischio di esplosione e/o incendio;
- separazione dei reagenti e dei sottoprodotti di reazione dall'olio mediante decantazione e/o centrifugazione.

L'olio ottenuto al termine delle suddette fasi non è idoneo per il riutilizzo immediato in apparecchi elettrici in esercizio; a tal fine deve essere sottoposto ad ulteriori fasi di purificazione/rigenerazione:

- filtrazione e adsorbimento su terre o argille attive;
- degasaggio, deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione;

Le suddette fasi possono essere applicate sul luogo di installazione degli apparecchi (on-site) mediante impianti mobili o presso impianto fisso dedicato.

Normalmente la capacità di tali impianti permette la decontaminazione di volumi fissi di olio di circa 1.500-2.000 litri alla volta, che vengono prelevati dagli apparecchi e sottoposti alle varie operazioni, realizzate in successione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questi processi sono caratterizzati da una elevata efficienza funzionale, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza.

La stabilità nel tempo dei valori ottenuti, in caso di riutilizzo degli oli e degli apparecchi decontaminati, è soggetta alle stesse limitazioni e ad alcune criticità operative individuate per il refilling, in quanto il processo di decontaminazione viene effettuato sull'olio svuotato dall'apparecchio, quindi ha minore efficacia per la decontaminazione dell'apparecchio stesso (soprattutto se la contaminazione iniziale è particolarmente elevata).

Per molti aspetti, questa modalità operativa è equivalente alla sostituzione del liquido isolante (refilling) con la differenza che l'olio, invece di essere trasportato ed incenerito, viene decontaminato al fine di possibile reimpiego nell'apparecchio.

Per quanto riguarda la possibilità di recupero delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, al fine di permetterne il riutilizzo, questi processi richiedono trattamenti supplementari di rigenerazione e purificazione degli oli.

In ogni caso, per le elevate temperature e condizioni di reazione, alcune caratteristiche chimico-fisiche dell'olio possono subire alterazioni anche tali da comprometterne la rispondenza ai requisiti normativi (Norma IEC 60422, in via di revisione) anche a causa della volatilizzazione della frazione più leggera e della desolfurazione dell'olio, ovvero per la rimozione degli inibitori naturali all'ossidazione (composti dello zolfo e aromatici).

Ancora questi processi di trattamento generano una dispersione nell'olio di composti ionici e polari che possono degradare le proprietà isolanti dei materiali interni (carte isolanti) generando condizioni favorevoli per l'insorgenza di scariche parziali con possibili incidenze negative anche tali da provocare una riduzione della vita utile degli apparecchi.

Le condizioni estreme di processo, nella zona in cui inizia la pirolisi e cracking dell'olio, possono favorire anche la formazione di policiclici aromatici che sono classificati cancerogeni per l'uomo.

Per tali specifici motivi questi processi non sono particolarmente raccomandati per l'impiego su apparecchi e oli isolanti destinati a proseguire l'esercizio a valle della decontaminazione, in particolare su macchine strategiche e su siti sensibili.

La criticità prioritaria di questa tecnica è identificata nell'elevato rischio di esplosione e/o incendio a causa dell'utilizzazione di sodio, litio e derivati che hanno una elevatissima reattività con l'umidità e con altri composti ossidati presenti negli oli in esercizio (alcoli, acidi, CO<sub>2</sub>, etc.).

Particolarmente critiche risultano essere inoltre la fasi di stoccaggio, manipolazione, trasporto e utilizzo di sodio, litio e derivati. È necessario garantire una temperatura di 15-25 °C in tutte le condizioni operative dell'anno nonché soddisfare quanto disposto in materia di Pubblica Sicurezza (Regio Decreto 18/6/1931, N. 773) per prodotti che, nelle circostanze operative, possono diventare "esplosivi".

In relazione ai rischi specifici di esplosione e/o incendio risulta indispensabile porre in atto le misure necessarie di minimizzazione dei rischi in conformità a quanto disposto dal D.Lgs 12 Giugno 2003, titolo VIII bis, integrazione al D.Lgs 626/94 per prevenire la formazione di atmosfere esplosive tali da mettere in pericolo la salute e la sicurezza dei lavoratori o indurre "incidenze critiche e/o rischi irragionevoli" con riferimento alla Norma CEI 10-38.

Ulteriore criticità è legata all'impiego del metodo su trasformatori di piccole dimensioni dove si ha la necessità di svuotare completamente la macchina senza la possibilità di ottimizzare il processo di decontaminazione di liquido e apparecchio.

#### **D.2.2.2.2 Processo di dealogenazione con polietilenglicole e idrossido di potassio (KPEG)**

Questi processi (Brevetti USA N.4.353.793 del 12/10/1982, N.4.410.422 del 18/10/1983, N.4.352.718 del 28/09/1982 General Electric Company Brunelle D.J; N.4.781.826 del 01/11/1988 General Electric Company – Mendiratta) sviluppati per superare gli inconvenienti legati all'impiego di sodio metallico, utilizzano un reagente liquido miscibile con l'olio, formato da polietilenglicole (PEG) e idrossido di un metallo alcalino (tipicamente KOH) per la dechlorurazione del PCB negli oli isolanti.

Questo tipo di processo, industrializzato da S.D.MYERS (USA), generalmente viene impiegato in maniera discontinua (batch), presso il luogo di installazione degli apparecchi o presso centro dedicato.

Sono processi discontinui, in quanto necessitano di serbatoi esterni con funzione di compensazione e capacità aggiuntive di liquidi isolanti esterni.

Le fasi operative che si possono individuare sono le seguenti:

- svuotamento completo o parziale di una aliquota di olio isolante di circa 1.000-2.000 kg;
- riscaldamento dell'olio ad una temperatura tipicamente compresa tra 110 e 140 °C per attivare la reazione del poliglicolato liquido;
- reazione tra l'olio e la miscela di PEG e KOH per la dealogenazione dei PCB;

- separazione dei reagenti liquidi e dei sottoprodotti di reazione dall'olio mediante decantazione e/o centrifugazione;
- filtrazione e adsorbimento su terre o argille attive;
- degasaggio e deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questo processo presenta una efficienza funzionale soddisfacente, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza, pur avendo maggiori difficoltà nella decontaminazione dei Bifenili a basso contenuto di Cloro (Aroclor 1242).

Per quanto riguarda la possibilità di recupero delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, la tecnologia al non presenta le criticità tipiche dei processi al sodio, litio e derivati, in quanto opera a temperature inferiori al punto di infiammabilità degli oli minerali (140°C).

Esso tuttavia può comportare difficoltà di separazione dall'olio del reagente liquido e dei sottoprodotti di reazione al termine della dealogenazione.

Ulteriore criticità è legata all'impiego del metodo su trasformatori di piccole dimensioni dove si ha la necessità di svuotare completamente la macchina senza la possibilità di ottimizzare il processo di decontaminazione di liquido e apparecchio.

#### **D.2.2.2.3 Processo di dealogenazione in continuo ed a circuito chiuso**

Questo processo, sviluppato da Sea Marconi Technologies a partire dal 1982 e denominato CDP PROCESS (ultimi Brevetti CEE n. 0675748 del 04/06/1997; USA 5.663.7479 etc) rappresenta una innovazione tecnologica innovativa e migliorativa dei processi KPEG e Niagara Mohawk Power Corporation – USA (Brevetto Peterson 4.532028 variante KPEG + DMS.) e risolve le maggiori criticità operative dei precedenti processi.

L'innovazione è nell'impiego di un reagente solido granulare non miscibile con l'olio, formato da miscele di polietilenglicoli e polipropilene glicoli solidi ad alto peso molecolare, un miscuglio di basi e un iniziatore radicalico o altri catalizzatori che vengono posti in colonna per dechlorurare a bassa temperatura (80-100°C) progressivamente gli alogenuri aromatici anche particolarmente stabili (PCB, PCT, PCBT, PCDD, PCDF) e contestualmente operano la depolarizzazione dell'olio e la decontaminazione dagli altri inquinanti.

Questo tipo di processo multifunzionale viene realizzato in maniera continua mediante circolazione chiusa dell'olio senza svuotamento dell'apparecchio contaminato; quest'ultimo viene semplicemente collegato ad unità mobile di decontaminazione, ad una portata variabile da 700 a 2.000 l/h. Queste unità mobili sono sistemi modulari di compatte dimensioni dotate di sistemi automatici di sicurezza e controllo di processo in grado di operare in tutte le condizioni operative (centrali, cabine primarie e di trasformazione, cabine sotterranee, etc.). Le unità mobili sono inoltre provviste di sistemi di protezione delle perdite (Spill Guard), di sistemi di autopulizia (Self Cleaning) anche in grado di eliminare le emissioni in atmosfera (Emx-Clean) e di sistemi automatici di supervisione e controllo per tutti i parametri di sicurezza del processo al fine di evitare l'insorgenze di possibili incidenti.

Operando il CDP Process a "sistema chiuso", quindi senza svuotamenti neanche parziali del liquidi isolanti, risulta pienamente rispondente alla Direttiva 76/769/CE del 26 luglio 1976. L'impiego del

CDP Process - sia con un unità mobili che presso gli impianti (cabine, stazioni elettriche, etc.) che presso Centri attrezzati - per la decontaminazione da PCB è equiparabile ad attività di manutenzione (CEI 10-38) qualora gli apparati elettrici non siano giunti a fine vita operativa.

Durante la circolazione continua, il liquido isolante viene sottoposto alle operazioni di decontaminazione che procedono simultaneamente come di seguito descritto:

- riscaldamento dell'olio ad una temperatura compresa tra 80 e 100 °C;
- dealogenazione chimica mediante percolazione sotto pressione sul reagente solido, preconfezionato in cartucce filtranti contenute in idonei recipienti (colonne);
- depolarizzazione mediante percolazione sotto pressione su supporti adsorbenti particellari ad elevata superficie;
- degasaggio, deumidificazione sotto vuoto e microfiltrazione.

Per quanto riguarda la capacità di riduzione della concentrazione di PCB a valori inferiori alla soglia limite richiesta, questo processo presenta una efficienza funzionale soddisfacente, indipendentemente dal valore di concentrazione di partenza. L'esperienza operativa dimostra che generalmente è sufficiente un singolo intervento per garantire il raggiungimento della soglia limite richiesta partendo anche da concentrazioni iniziali di 500-1000 mg/kg di PCB. A concentrazioni maggiori, fino a 50.000 mg/kg di PCB si è dimostrato che sono necessari più interventi nel tempo.

La stabilità nel tempo dei valori ottenuti, in caso di riutilizzo degli oli e degli apparecchi decontaminati è assicurata dalla circolazione dell'olio stesso, che agisce da solvente per l'estrazione progressiva dei PCB dai materiali porosi all'interno degli apparecchi. Il rendimento tipico di un singolo intervento è del 93-97%.

Le casistiche note hanno dimostrato che la concentrazione di PCB misurata su una grande popolazione di trasformatori di potenza in esercizio a distanza di 12 mesi dall'esecuzione della decontaminazione si mantiene stabilmente a valori pari al 3-5% della concentrazione iniziale, anche in caso di valori di partenza superiori a 500 - 1.000 mg/kg.

Per quanto riguarda la possibilità di recupero funzionale delle proprietà dielettriche e chimiche del liquido isolante, il processo è sicuramente il più vantaggioso, assicurando l'ottenimento di caratteristiche degli oli conformi ai più restrittivi requisiti raccomandati dalle norme (IEC 60422).

Lo stesso processo, non svuotando l'apparecchio, è in grado di garantire lo stand by di 2-4 ore e la fattibilità tecnica dell'esecuzione delle operazioni sotto tensione e sotto carico anche su trasformatori di grande potenza.

Su trasformatori da distribuzione, tipicamente della potenza di 250 kVA (circa 800 kg quale peso complessivo della macchina con 200 kg di olio), il processo viene implementato in continuo e a ciclo chiuso provvedendo alla contemporanea decontaminazione di 4-6 o più trasformatori opportunamente raggruppati in lotti in una Unità a Connessione Multipla specifica.

La tecnologia CDP PROCESS, per la sua speciale configurazione e procedure operative è attualmente considerata la risposta più efficace e flessibile per la implementazione della Direttiva 76/769/CE del 26 luglio 1976 nel settore delle attività di controllo e decontaminazione di PCB in continuo e a circuito chiuso senza svuotamento di trasformatori elettrici e liquidi isolanti in esercizio; in Francia è normalmente prevista tale tecnica di manutenzione con impianti mobili DMU (Rif. Prefecture de Meurthe et Moselle, Direction des Action Interministerielles, Bureau de



Inoltre, le tecniche che offrono la possibilità di applicazione sul posto di installazione degli apparecchi, senza svuotamento dei medesimi, sono certamente conformi ai principi di prossimità, autosufficienza e recupero funzionale sanciti dalle direttive comunitarie.

Infine i processi realizzati in continuo, a ciclo chiuso, senza svuotamento degli apparecchi, sono intrinsecamente più sicuri nei confronti dei rischi di versamento nell'ambiente di liquidi contenenti PCB.

In considerazione delle suddette premesse, la tecnica di refilling appare penalizzata rispetto ai processi di dealogenazione, pur restando l'unica applicabile per liquidi isolanti clorurati a base di PCB (Askarels).

Nel seguito vengono considerati i principali aspetti di caratterizzazione dell'impatto ambientale derivante dall'applicazione delle tecniche elencate.

### **D.3.1 Consumi di risorse ed ecobilancio ambientale**

L'applicazione della tecnica di refilling non è particolarmente dispendiosa sotto l'aspetto del consumo di energia elettrica, in quanto non richiede l'impiego di potenza elettrica per il riscaldamento dell'olio.

Dal punto di vista di ecobilancio generale essa tuttavia implica un rilevante consumo di risorse, legato alla necessità di approvvigionamento, trasporto e manipolazione di quantità di liquidi isolanti pari o superiori a quelli contenuti negli apparecchi contaminati (tipicamente il 120-150% per ogni ciclo di intervento).

Le tecniche di dealogenazione, pur essendo più dispendiose in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli impianti tecnologici ad esse dedicati (da 50 a 150 kW per unità), non richiedono il consumo di nuovi liquidi isolanti, se non in modeste quantità per le operazioni di complemento dei livelli operativi negli apparecchi a fine intervento (tipicamente dal 2 al 5%).

Nessuna delle tecniche descritte prevede particolare consumo di risorse idriche.

### **D.3.2 Emissioni in atmosfera e rumore**

In generale, tutti i processi esaminati non presentano particolari problematiche con riferimento alla produzione di rumore, sia per il sito ove l'attività è espletata che per i mezzi impiegati nel processo. Nella generalità dei casi, il rumore è sempre inferiore ai limiti fissati dal DLgs 277/91 (< 80 dBa).

Nel caso del processo in continuo (60-80 °C in colonna di degasaggio) l'unica possibile fonte di emissione in atmosfera è connessa alla fase di degasaggio durante l'estrazione di gas tipici dei liquidi isolanti (gas atmosferici e umidità disciolta in olio). In questo caso è previsto un efficace sistema di cattura e trattamento integrato (condensazione, demixster, filtrazione meccanica e assorbimento su carboni attivi) in grado di garantire la conformità ai requisiti più restrittivi imposti e/o raccomandati a livello internazionale.

Le altre tecniche di dealogenazione (KPEG), operanti a più alta temperatura (120 – 140 °C) e quelle al sodio, litio e derivati (150 – 300 °C) presentano emissioni in atmosfera più elevate per la possibile formazione di frazioni idrocarburiche leggere e di PCB basso clorurati a più alta volatilità. In questo caso è raccomandato l'impiego di sistemi di trattenimento delle emissioni in

atmosfera più sofisticati, quali la combinazione di condensatori, a bassa temperatura, trappole, scrubbers di neutralizzazione, filtri assorbenti, etc.

La tecnologia del refilling può generare emissioni in atmosfera qualora si utilizzino solventi particolarmente volatili per la fase di lavaggio degli apparecchi contenenti PCB.

Il refilling, inoltre, produce indirettamente elevate quantità di biossido di carbonio nella fase dell'incenerimento dei liquidi isolanti sostituiti (circa 5 tonnellate di CO<sub>2</sub> per ogni 1 tonnellata di olio).

Uno studio effettuato in Francia in materia di LCA (Life Cycle Analysis) comparando l'opzione di refilling con incenerimento dell'olio con il CDP Process in continuo ha dimostrato che, su una popolazione di trasformatori contaminati da PCB pari a 545.000 unità, si ottiene una emissione di CO<sub>2</sub> equivalente di oltre 26 milioni di tonnellate (refilling) rispetto a circa 0,53 milioni di tonnellate (CDP Process).

### **D.3.3 Produzione di rifiuti**

Esistono sostanziali differenze tra la tecnica di refilling e le tecniche di dealogenazione per quanto riguarda l'origine, la tipologia e la quantità di rifiuti prodotti.

Il refilling implica la generazione di rifiuti pericolosi (liquidi contenenti PCB e solventi tipo percloroetilene) in quantità pari o superiore alla quantità di PCB contenuta negli apparecchi, in conseguenza delle ripetute fasi di svuotamento e lavaggio degli apparecchi.

Le tecniche di dealogenazione con idruri di metalli alcalini o polietilenglicole e idrossido di potassio originano rifiuti liquidi e solidi derivanti dalle fasi di reazione, filtrazione ed assorbimento in quantità inferiore alla quantità di liquido isolante decontaminato (10-15%) tipicamente in relazione alla concentrazione di PCB iniziale e dalle soglie da raggiungere. Tuttavia, risultano critiche le fasi di trasporto e di smaltimento di rifiuti contenenti sodio, litio e derivati per le loro caratteristiche di pericolosità intrinseca.

La tecnica di dealogenazione in continuo origina rifiuti solidi, non contenenti PCB, in quantità fino al 5-10% (correlata alla concentrazione iniziale e finale di PCB) rispetto alla massa di olio isolante decontaminato, derivanti dalle fasi di dealogenazione e depolarizzazione. Tali materiali possono essere impiegati più volte in analoghi processi di decontaminazione fino al completo sfruttamento delle capacità reologiche; quando il principio attivo risulta consumato è possibile neutralizzare il supporto particellare recuperando la parte inorganica per il successivo reimpiego; la parte organica residua viene conferita, tramite azienda autorizzata, allo smaltimento come rifiuto speciale anche se non classificato come PCB.

#### **• D.4 Analisi dei rischi per la sicurezza dei lavoratori e salute pubblica**

L'analisi dei rischi connessi all'impiego delle varie tecniche di decontaminazione precedentemente descritte implica la valutazione delle caratteristiche dei processi, degli impianti e dei materiali impiegati, delle modalità operative e dell'organizzazione aziendale dell'operatore qualificato.

E' obbligo generale delle imprese e in particolare di quelle che effettuano attività di decontaminazione di apparecchi contenenti PCB, eseguire la valutazione dei rischi connessi con l'impiego della tecnica e tecnologia da esse adottata e redigere un piano di sicurezza conforme ai requisiti previsti dalla legislazione vigente (D.Lgs 626/94)

#### **D.4.1 Rischi di scoppio e incendio degli apparecchi**

In presenza di liquidi isolanti a base di idrocarburi (oli minerali), contenenti o contaminati da PCB, il rischio di incendio è certamente quello che può produrre i maggiori impatti sulla salute umana e sull'ambiente; infatti, in presenza di combustione incontrollata i PCB possono originare composti altamente tossici e pericolosi, quali la classe di composti denominati Diossine (ad es. TCDD) e quella dei dibenzofurani (ad es. TCDF).

Le tecniche di decontaminazione analizzate, operando in diverse condizioni di processo (temperatura e pressione) e impiegando diversi materiali e reagenti, presentano caratteristiche differenti nei confronti del rischio di incendio.

La tecnica di refilling non introduce rischi di incendio, fatta salva la relativa infiammabilità dell'olio e l'eventuale impiego di solventi leggeri infiammabili.

Le tecniche di dealogenazione che utilizzano reagenti a base di idruri di metalli alcalini (sodio, litio e derivati) sono certamente più critiche sotto gli aspetti della sicurezza.

Gli idruri di sodio e litio, a contatto con acqua, alcoli, CO<sub>2</sub> e acidi (presenti nell'olio e/o nell'ambiente) si decompongono e possono originare miscele esplosive e/o facilmente infiammabili. Pertanto tale tecnologia può presentare elevati rischi di scoppio e incendio, anche dovuti alla presenza di una matrice combustibile (olio isolante) e dalle temperature di reazione del processo superiori al punto di ignizione dell'olio.

I suddetti rischi sono inoltre presenti durante le fasi di trasporto e stoccaggio nel luogo di utilizzo delle suddette sostanze; in particolare l'impiego di tali tecniche implica l'adozione di idonee misure antincendio e mezzi di spegnimento adeguati (sabbia o cemento), oltre che opportune contromisure per evitare l'autoaccensione dei prodotti a causa della loro alta reattività a contatto con l'umidità atmosferica, con l'aria, con fonti di calore, cariche elettrostatiche, alcoli, prodotti ossidati/acidi e CO<sub>2</sub>.

Il D.Lgs 12 giugno 2003 n.233 titolo 8 bis , integrazione al D.Lgs 626/94 obbliga l'utilizzatore di processi pericolosi alla valutazione dei rischi di esplosione e alla adozione di idonee contromisure e mezzi tecnici adeguati per prevenire la formazione di atmosfere esplosive tali da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori.

La tecnica di dealogenazione con polietilenglicole e idrossido di potassio (KPEG) e la tecnica di dealogenazione in continuo con reagente solido sono caratterizzate da condizioni di processo non critiche, considerato che la temperatura di reazione è sensibilmente inferiore al punto di infiammabilità dell'olio isolante e la pressione è pari o di poco superiore alla pressione ambiente.

#### **D.4.2 Rischi di perdite e versamenti nell'ambiente**

Nei confronti dei rischi di perdite e versamenti nell'ambiente di liquidi contenenti PCB sono da privilegiare le tecniche di decontaminazione operanti, a ciclo chiuso, senza svuotamento, neanche parziale degli apparecchi.

Il refilling è certamente la tecnica più penalizzata, in quanto implica movimentazione e travasi di ingenti volumi di liquidi isolanti, con conseguenti rischi di incidenti nella manipolazione e il trasporto, con perdite nell'ambiente.

Le tecniche di dealogenazione on-site possono essere più versatili e sicure, in misura dipendente dalla configurazione tecnologica degli impianti, dal livello di automatizzazione dei sistemi di controllo dei processi, dalla presenza di servomeccanismi di intervento in caso di allarme, e dalla qualifica e esperienza degli operatori.

#### **D.4.3 Rischio elettrico**

I liquidi contenenti PCB si trovano tipicamente all'interno di apparecchi elettrici (es. trasformatori); è quindi preferibile eseguire gli interventi di decontaminazione sul loro luogo di installazione allo scopo di evitare rischi correlati al trasporto. Per tale motivo è frequente la presenza di rischi di tipo elettrico durante l'esecuzione degli interventi.

Per questa ragione il personale addetto alla conduzione degli interventi e degli impianti di decontaminazione deve essere in possesso di adeguata formazione e qualificazione nei confronti del rischio elettrico (CEI 50110, CEI 11-27).

- **E) CONCETTI GENERALI SULLA SCELTA DELLE MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE DI SETTORE**

Le attività previste sui trasformatori e apparecchiature elettriche con liquidi isolanti in esercizio devono essere conformi ai seguenti principi generali (Norma CEI 10-38):

- tecniche e procedure per la decontaminazione devono essere idoneamente validate e documentate, ovvero essere in grado di predire scientificamente la riduzione, eliminazione e/o decontaminazione dei composti e degli elementi indesiderati (PCB) sulle matrici specifiche, fino alla concentrazione limite prevista, senza indurre incidenze critiche e/o rischi irragionevoli;
- le operazioni di decontaminazione devono essere eseguite da operatori in possesso di risorse strumentali, esperienza, e capacità professionale documentate e commisurate al tipo di processo adottato. Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione e formazione per la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) e per il controllo degli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione delle attività, tra i quali il rischio elettrico;
- le Imprese che svolgono attività di decontaminazione da PCB e di apparecchi contenenti PCB, nonché gli impianti mobili o fissi dei quali le stesse fanno uso, devono essere in possesso di tutte le autorizzazioni e/o iscrizioni previste dalla legislazione vigente;
- i valori guida per orientare la decontaminazione e/o bonifica di matrici ambientali coinvolte da perdite e/o emissioni di PCB (superfici, suolo) devono basarsi su criteri che soddisfino i requisiti della regola dell'arte adottati a livello internazionale per non determinare irragionevoli costi associati ai rischi obiettivi di esposizione.

- **E.1. Campo di applicazione e scenari operativi**

La scelta della miglior tecnica disponibile per le attività di decontaminazione è fortemente influenzata dallo scenario operativo e da fattori economici e funzionali legati all'apparecchiatura o al lotto di apparecchiature interessate nel processo. Il *valore economico e funzionale* di tali apparecchiature elettriche può essere così classificato con riferimento ad alcuni casi tipici:

- a) **Valore Elevato Singolo**, quali trasformatori elettrici di potenza (ad esempio: 25 MVA, 132 kV, 62.000 kg peso totale, 15.000 kg peso olio, vita utile rimanente 15 anni, valore di sostituzione a nuovo: € 250.000,00) posti in centrali o stazioni elettriche anche ubicate in siti critici (ad esempio, nodi vitali della rete, centri urbani, etc.);
- b) **Valore Medio Singolo**, quali trasformatori ed apparecchiature elettriche di media potenza operanti su servizi essenziali, quali i pubblici servizi;
- c) **Valore Medio / Basso Singolo**, quali trasformatori elettrici da distribuzione (ad esempio: 250 kVA, 20 kV, 800 kg peso totale, peso olio 200 kg, vita termica utile 10 anni, valore di sostituzione a nuovo € 5.000,00), anche destinati ad alimentare carichi critici;
- d) **Valore Basso Singolo / Alti Volumi**, quali trasformatori elettrici in esercizio da sottoporre a manutenzione e/o decontaminazione in un centro attrezzato;

- e) **Valore Marginale Singolo / Alti Volumi:** trasformatori elettrici giunti a fine vita che sono da sottoporre a processi di decontaminazione in un centro attrezzato. Le tecniche da utilizzare sono quelle che consentono il più efficace e sicuro recupero dei metalli non ferrosi e ferrosi attraverso la decontaminazione con sistemi idonei e la minimizzazione del volume residuo di rifiuti da inviare a termodistruzione.

Nei precedenti casi da a) a c) è opportuno non movimentare il trasformatore che si vuole mantenere in esercizio dopo l'intervento di decontaminazione; in aggiunta nei casi a) e b) è necessario minimizzare i tempi del trattamento (pochi giorni) al fine di evitare le conseguenze legate a disalimentazioni elettriche. Nello scenario d) il Detentore può avvalersi di tecniche diverse in ragione dei molteplici casi possibili. Nei casi da a) a d) le operazioni di decontaminazione devono essere svolte nel rispetto delle Norme CEI 10-38. Nel caso e), le macchine in genere vengono inviate a termodistruzione; è auspicabile che nel tempo siano sempre più privilegiate tecniche alternative che consentano un più efficace recupero dei materiali attraverso una decontaminazione con sistemi idonei e la minimizzazione dei volumi residui di rifiuti da inviare a termodistruzione.

L'individuazione delle migliori tecniche disponibili per la decontaminazione da PCB delle apparecchiature elettriche è inoltre condizionata da fattori legati alla accessibilità, alla distanza ed ai **fattori logistici** legati all'intervento tra cui si individuano le seguenti casistiche:

- a) **Logistica ad elevata criticità:** stazioni elettriche sotterranee, cabine poste in centri urbani e/o su costruzioni o complessi edilizi a diverse altezze;
- b) **Logistica a media criticità:** stazioni o cabine nelle quali è impossibile accedere con grandi automezzi;
- c) **Logistica a bassa criticità:** nessun vincolo particolare di accessibilità.

Un altro fattore chiave per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili per la decontaminazione da PCB di apparecchiature elettriche è l'**obiettivo** che si vuole raggiungere che può essere diverso a seconda dei casi (decontaminazione trasformatore, smaltimento fine vita). In genere è auspicabile che tutti gli interventi di decontaminazione si pongano come obiettivo almeno la soglia di 50 mg/kg.

Il requisito "Obiettivo" può risultare più o meno critico a seconda delle condizioni iniziali di contaminazione da PCB dell'apparecchiatura elettrica. A titolo esemplificativo si possono indicare i seguenti livelli di criticità:

- a) **Obiettivo ad altissima criticità,** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato è maggiore di 2.000 mg/kg (fino a 50.000) e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
- b) **Obiettivo ad alta criticità:** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato non supera 2.000 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
- c) **Obiettivo a media criticità:** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato non supera 500 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;
- d) **Obiettivo a bassa criticità:** quando la concentrazione iniziale di PCB nell'apparato è compresa tra 500 e 50 mg/kg e si vuole conseguire una concentrazione finale, dopo le attività di decontaminazione, non superiore a 50 mg/kg;

- **E.2 Individuazione delle migliori tecniche**

**E.2.1 Strumenti di gestione ambientale****Personale**

La responsabilità della gestione dell'impianto di stoccaggio deve essere affidata ad una persona competente; tutto il personale deve essere adeguatamente addestrato.

**Gestione ambientale**

Nella gestione dell'impianto di stoccaggio dovranno essere regolamentate le seguenti attività:

- definizione della **Politica Ambientale** dell'impianto;
- **Pianificazione** delle attività dell'impianto (identificazione degli *aspetti ambientali* e delle *prescrizioni legali e regolamentari* connessi con l'attività dell'impianto; definizione di *obiettivi, traguardi e programmi di gestione ambientale*);
- definizione delle modalità di **Attuazione e Funzionamento** del sistema di gestione dell'impianto (definizione della *struttura* organizzativa dell'impianto e delle *responsabilità* del personale; *formazione, sensibilizzazione* e sviluppo delle *competenze* degli addetti; modalità con cui gestire la *comunicazione* all'interno ed all'esterno dell'impianto; modalità di gestione della *documentazione* del sistema di gestione e suo *controllo*; modalità con cui viene effettuato il *controllo operativo* delle attività; definizione di procedure di *preparazione alle emergenze* e di *risposta* del personale alle anomalie);
- definizione delle modalità di **Controllo** della gestione dell'impianto e di attuazione delle **Azioni Correttive** derivanti dall'attività di controllo (programmazione della *sorveglianza* delle attività svolte e della *misurazione* dei parametri ambientali; gestione delle *non-conformità* rilevate e delle necessarie *azioni correttive e preventive*; modalità di tenuta delle *registrazioni* ambientali; programmazione degli *audit del sistema di gestione*);
- definizione delle modalità con cui la **Direzione** aziendale effettua il **Riesame** del sistema di gestione dell'impianto, finalizzato al **Miglioramento continuo** delle prestazioni ambientali dello stesso.

**Certificazione**

Le attività connesse con la gestione ambientale dell'impianto e le varie procedure operative che le regolamentano devono far parte di un apposito manuale di gestione al quale il gestore dell'impianto dovrà attenersi.

E' necessario promuovere le attività relative all'adozione di sistemi di gestione per la qualità certificati ISO 9001-2000 e soprattutto nel progetto di progressiva adesione ai requisiti ambientali ISO 14001 ed al sistema EMAS.

**Comunicazione e consapevolezza pubblica**

Sono da prevedere, progetti di comunicazione periodica di rapporti ambientali, l'apertura degli impianti per le visite del pubblico, la diffusione periodica dei dati sulla gestione dell'impianto.

**E.2.1.1 Mezzi di protezione individuale per gli Operatori**

In conformità alle disposizioni in materia di sicurezza, durante le attività di decontaminazione e manipolazione in genere di apparecchiature e liquidi isolanti contenenti PCB, devono essere adottati opportuni dispositivi di protezione individuale.

Il tipo di dispositivo di protezione deve essere scelto in funzione dei rischi connessi con l'attività da

eseguire e dei rischi presenti sul sito e/o connessi con altre lavorazioni eventualmente presenti.

Se esistono rischi di contatto con liquido isolante o superfici contaminate devono essere utilizzati guanti impermeabili, occhiali o visiere di protezione, tute o grembiali di protezione impermeabili, come indicato nella guida CEI EN 50225:1997-12.

Durante le normali operazioni di manutenzione, eliminazione di perdite o travasi di liquido isolante non sono necessari dispositivi di protezione respiratoria, in quanto la tensione di vapore del PCB, a temperatura ambiente, è molto bassa.

Idonei dispositivi di protezione respiratoria devono essere adottati in presenza di PCB, nei seguenti casi particolari:

- possibile inalazione di gas prodotti da arco elettrico;
- possibile contatto con prodotti di degradazione del PCB in caso di incendio;
- presenza di PCB nebulizzato in seguito a perdite;
- presenza di PCB in spazi ridotti e confinati;
- presenza di solventi utilizzati per pulizia e lavaggio;
- presenza di acido cloridrico (HCl).

**Nota 1** *Il personale deve essere idoneamente addestrato per l'uso dei dispositivi di protezione respiratoria; le operazioni eseguite con l'uso di autorespiratori devono essere supervisionate da personale esperto in grado di prestare soccorso in caso di incidente.*

### **E.2.1.2 Prescrizioni per gli Operatori (ex D.4.2)**

Le operazioni di ispezione, campionamento dei liquidi isolanti, trattamento e decontaminazione devono essere affidate a operatori qualificati e a personale esperto e idoneamente formato ed istruito.

Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione ed esperienza non solo per quanto riguarda la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) ma anche per quanto riguarda gli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione dell'attività, tra cui il rischio elettrico.

Le attività di prova devono essere affidate a laboratori di provata esperienza e competenza nel settore specifico ed operanti secondo i migliori requisiti di qualità (UNI CEI EN ISO/IEC 17025-2000; UNI EN ISO 9001-2000).

Le operazioni di decontaminazione devono essere eseguite da operatori in possesso di risorse strumentali, esperienza, e capacità professionale documentate e commisurate al tipo di processo adottato. Il personale deve essere in possesso di specifica istruzione e formazione per la manipolazione di sostanze pericolose (PCB) e per il controllo degli altri rischi eventualmente presenti nell'esecuzione delle attività, tra i quali il rischio elettrico.

Le imprese che svolgono attività di decontaminazione dei PCB e di apparecchi contenenti PCB, nonché gli impianti mobili o fissi dei quali le stesse fanno uso, devono essere in possesso di tutte le autorizzazioni e/o iscrizioni previste dalla legislazione vigente.

E' necessario preliminarmente individuare le principali sorgenti di rumori e vibrazioni (comprese sorgenti casuali) e le più vicine posizioni sensibili al rumore. Al fine di limitare i rumori è necessario acquisire, per ogni sorgente principale di rumore, le seguenti informazioni :

- posizione della macchina nella planimetria dell'impianto
- funzionamento (continuo, intermittente, fisso o mobile)
- ore di funzionamento
- tipo di rumore
- contributo al rumore complessivo dell'ambiente

E' anche necessario eseguire campagne di misure e mappare i livelli di rumore nell'ambiente.

Dopo l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie vanno individuati i provvedimenti da attuare. Tutte le macchine devono essere messe a norma e devono essere dotate di sistemi di abbattimento dei rumori, in particolare i trituratori primari. I livelli sonori medi sulle 8 ore del turno lavorativo non devono superare gli 80 dB misurate alla quota di 1,6 m dal suolo e a distanza di 1 m da ogni apparecchiatura.

Le macchine che superano i limiti previsti dalle norme devono essere insonorizzate. All'esterno dei capannoni devono essere verificati livelli di rumore inferiori a quelli ammessi dalla zonizzazione comunale, normalmente inferiori a 60 dB.

### • E.3 Valutazione comparativa generale

Una valutazione comparativa tra le diverse tecnologie disponibili per la decontaminazione da PCB viene proposta sulla base dei seguenti fattori:

- e) sicurezza dei lavoratori;
- f) sicurezza ambientale;
- g) sicurezza funzionale;
- h) ecobilancio ed emissioni;
- i) rapporto costo/beneficio.

**Tabella E3 - Matrice decisionale per diverse tecniche disponibili**

TECNICHE	Sicurezza funzionale	Sicurezza ambientale	Sicurezza lavoratori	Ecobilancio ed emissioni	Rapporto globale costo/beneficio
Refilling	***	**	***	*	**
Sodio, litio e derivati	*	*	*	**	*
KPEG	**	***	***	**	**
Continuo a ciclo chiuso (CDP)	***	***	***	****	****

\*\*\*\* = OTTIMO \*\*\* = BUONO; \*\* = MEDIO; \* = CRITICO

Sulla base di quanto esposto nelle presenti Linee Guida ed in relazione ai diversi scenari operativi analizzati si può inoltre indicare che le migliori Tecniche Disponibili (BAT) risultano:

- a) **per trasformatori o apparecchiature “in esercizio” contaminate da PCB:** la dealogenazione in continuo a circuito chiuso;
- b) **per trasformatori o apparecchiature elettriche contaminate da PCB “a fine vita”:** la dealogenazione in continuo a circuito chiuso o processi chimici (KPEG o al sodio, litio e derivati) utilizzati in centri fissi attrezzati;
- c) **per trasformatori o apparecchiature elettriche “in esercizio” isolate in PCB:** sostituzione dell’olio (refilling) integrata dalla successiva dealogenazione in continuo a circuito chiuso. Tale opzione deve essere attentamente preventivamente valutata in termini di un accurato progetto di fattibilità con analisi costi / benefici;
- d) **per trasformatori o apparecchiature elettriche “a fine vita” isolate in PCB:** decontaminazione con integrazione di processi di recupero dei materiali solidi costituenti la macchina.

- **F) IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE**

Qualora l’apparato elettrico contaminato da PCB risulti “*a fine vita operativa*” e ne è richiesto lo smaltimento, nella comunità dei casi si ricorre alla termodistruzione. In questo caso, le più alte precauzioni devono essere adottate affinché l’originario Detentore abbia le dovute garanzie circa l’effettiva eliminazione del rifiuto e, a tal fine, è raccomandata la richiesta agli Operatori autorizzati di rilasciare schede individuali relative all’esito di ogni unità funzionale.

Sempre per apparati “*a fine vita operativa*”, sono note e/o disponibili tecniche alternative alla termodistruzione che permettono la decontaminazione del fluido isolante e un più efficace recupero di materiali.

- **F.1 La tecnologia LTR2 per riciclare le apparecchiature elettriche contenenti PCB**

La tecnologia LTR2 (Low Temperature Rinsing and Re-Use/Recovery) è stata sviluppata dall’ABB basandosi sul suo know-how di un grande costruttore di apparecchiature elettriche a livello mondiale. Le singole fasi del processo vengono adattate di volta in volta alle specificità delle apparecchiature da decontaminare. Nello schema fornito sono presentate, come esempio, le fasi di decontaminazione di un trasformatore fortemente contaminato da PCB (contenuto di PCB > 100.000 ppm).

L’olio contenente PCB, drenato dal trasformatore, viene avviato ad incenerimento per la distruzione finale. Il secondo passaggio del ciclo avviene all’interno di camere chiuse ermeticamente, dove i trasformatori vengono puliti dai PCB usando un solvente ad alta solubilità. Il solvente viene fatto passare attraverso l’intero volume del trasformatore più volte finché non viene raggiunto il grado di decontaminazione richiesto (< 2ppm). Il solvente viene quindi drenato e il trasformatore viene asciugato. Usando le camere di lavaggio in modalità a cascata, si ottimizza l’uso del solvente. Incrementare la temperatura del solvente, inoltre, migliora i risultati, in particolare ne migliora la penetrazione fra le intercapedini. La qualità del processo di pulizia è continuamente controllata da sensori situati nel flusso di solvente in uscita da ogni camera di lavaggio. La successiva estrazione di

PCB dalla parte attiva del trasformatore dipende dalla sua diffusione e quindi dal tempo di trattamento.

La seconda fase della decontaminazione consiste in un progressivo disassemblaggio. Il nucleo di metallo, i sistemi di fissaggio, gli isolatori di ceramica, le bobine e il legno sono separati; la cassa e il coperchio del trasformatore sono pronti per la fase di fusione

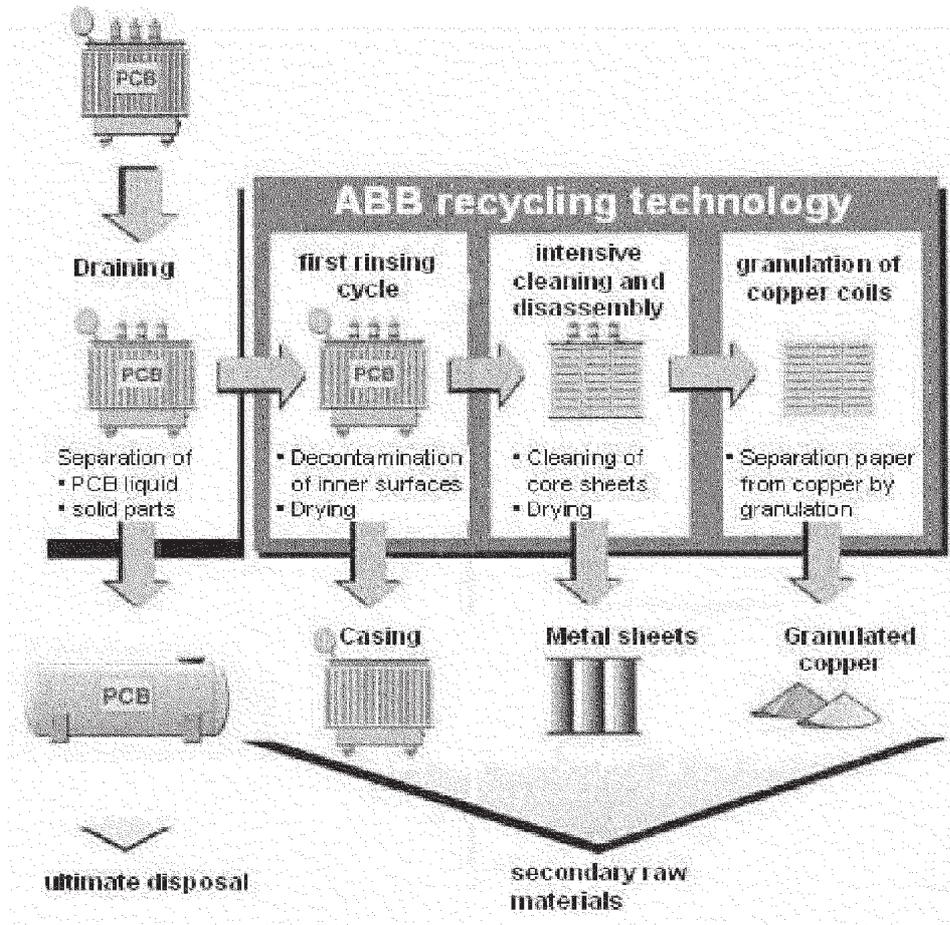
Il nucleo di metallo, i sistemi di fissaggio e gli isolatori di ceramica sono purificati intensivamente, con solvente a temperatura maggiore di quella ambiente, in una "macchina di lavaggio" e successivamente asciugati. Regolarmente vengono presi dei campioni dalle parti pulite. Analisi eseguite in laboratori indipendenti e autorizzati verificano e confermano la qualità del processo di lavaggio.

Il nucleo di metallo decontaminato è riutilizzato dai produttori di piccoli trasformatori a basso voltaggio. I sistemi di fissaggio sono suddivisi a seconda del materiale e sono mandati alla fusione. Gli isolatori di ceramica sono riutilizzati nella costruzione di strade

Nell'ultimo passaggio, le bobine sono frantumate al fine di separare il rame dalla carta. Si ottengono così da una parte rame non contaminato da PCB e dall'altra pezzetti di carta contaminati.

La carta e il legno altamente contaminati, che ammontano a circa il 4% del peso totale del trasformatore, possono essere riciclati termicamente.

Con tale tecnologia i trasformatori contaminati da PCB possono essere riciclati fino al 95% del peso del trasformatore. Il residuo di contaminazione da PCB sulle materie seconde ottenute è inferiore a 2 ppm. Il solvente è trattato in un ciclo completamente chiuso in modo da evitare le emissioni, ed è recuperato per il riutilizzo tramite distillazione continua.



Schema F1 - Processo LTR2 di riciclaggio di un trasformatore contaminato da PCB con concentrazione maggiore di 100.000.

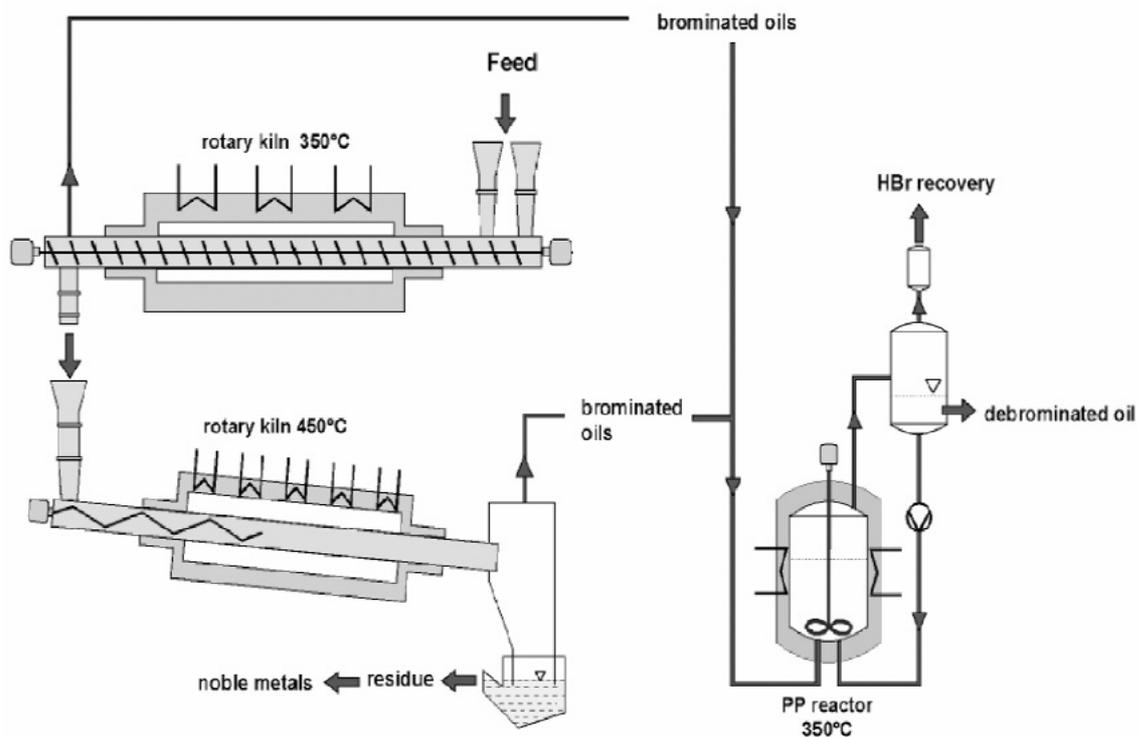
- **F2 Processo “HALOCLEAN” con recupero di metalli nobili e strageci e materiali da apparecchiature elettriche ed elettroniche (WEEE)**

Il processo Haloclean è stato implementato per affrontare e contenere la problematica della produzione di rifiuti. La ricerca per lo sviluppo di un tale processo è stata supportata dalla Commissione Europea a partire dal 1999 con l'obiettivo di arrivare a svilupparne un prototipo in Germania e/o Italia (capacità di trattamento di 400/ora) entro l'anno 2005.

Il processo Haloclean mira a fornire una risposta industriale alla attuazione delle Direttive Europee 2002/95/CE *sulla restrizione d'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche* e 2002/96/CE *sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)*.

Haloclean è un brevetto della Sea Marconi (a livello internazionale il PCT WO 02/50484 A1, in Europa CEE 01271523/CE, etc.).

Haloclean è un metodo innovativo di trattamento dei rifiuti elettrici ed elettronici (WEEE) e di materiali polimerici in grado di decontaminarli dal PCB e permettere nel contempo il recupero di metalli nobili (oro, argento, palladio, etc.), altri metalli non ferrosi (rame, alluminio, etc.), materiali ed energia pulita. Il processo è basato su una pirolisi controllata a bassa temperatura (350-500°C).



**Schema F2 – Schema di principio del processo HALOCLEAN.**

- **F3 Processi di idrogenazione catalitica**

Un processo molto vantaggioso per la distruzione dei composti clorurati è la idrogenazione catalitica in ambiente riducente di idrogeno ed in presenza di un catalizzatore resistente ai cloruri in quanto non dà origine alla formazione di specie ossigenate come diossine, furani, ossidi di zolfo e di azoto. Il calore sviluppato nella reazione esotermica viene asportato ed in parte riutilizzato per preriscaldare la corrente in ingresso.

L'acido cloridrico, formatosi durante la reazione, viene abbattuto con produzione di un reflujo acquoso acido. Le tracce di acido, non bloccate in tale sezione vengono eliminate in una successiva sezione di neutralizzazione, con produzione di una soluzione acquosa e di una fase idrocarburica. L'idrogeno in eccesso, che non ha reagito, può essere riciclato nella corrente in ingresso al reattore. Nelle linee generali i processi di idrogenazione catalitica seguono tutti questo schema.

Due di queste tecnologie hanno avuto sviluppo industriale, una creata dalla KTI conosciuta come Processo Chioroff, l'altra messa a punto da Manion.

La idrodeclorazione dei PCB nel Processo Chioroff avviene alle alte pressioni di 50-60 bar e alla temperatura di 250-300°C, in presenza di un catalizzatore, mentre nel processo di idrogenazione di Manion la reazione avviene a pressione più bassa e a temperatura più alta (circa 900°C), impiegando un catalizzatore simile a quello del processo precedente.

Entrambi i processi si sono rivelati efficaci, raggiungendo efficienze di distruzione e rimozione del 99,9% per i PCB.

I due processi presentano però i seguenti elementi critici: richiedono entrambi catalizzatori, ed inoltre il Processo Chioroff, impiegando reattori ad alta pressione, ha associati rischi dovuti ad esplosioni. Presentano inoltre una certa complessità impiantistica, che comporta elevati costi d'investimento

- **F.4 Fotodistruzione di policlorobifenili mediante laser ad eccimeri**

L'uso corrente di idrocarburi alogenati, in particolare clorurati, nell'industria chimica e la diffusione di loro derivati alifatici ed aromatici in vari settori industriali ha dato origine al problema di un soddisfacente smaltimento di questi materiali che non risulti dannoso per l'ambiente. Tra le specie aromatiche più inquinanti si annoverano i policlorobenzene e i policlorobifenili (PCB); in particolare questi ultimi sono eccellenti dielettrici utilizzati nei trasformatori industriali, e per la loro inerzia chimica spesso sono utilizzati come additivi a materiali di rivestimento.

I PCB sono una famiglia di composti in cui un numero variabile da 1 a 10 atomi di cloro sostituisce gli idrogeni sui due anelli aromatici del bifenile. Poiché specie diverse possono essere originate nella clorurazione secondo la posizione di attacco degli atomi di cloro, la famiglia dei PCB è costituita da 209 composti diversi. I PCB prodotti industrialmente sono identificati con nomi commerciali e sigle che ne indicano il contenuto medio percentuale in cloro, e sono identificati con il nome di Aroclor. Questi composti si ritrovano sovente negli scarti industriali, sia puri che misti ad oli di scarico.

La distruzione dei PCB per via termica può portare più problemi che vantaggi; infatti una non corretta combustione può portare alla formazione di prodotti di combustione come policlorobenzofurani e policlorobenzodiossine, che risultano più tossici dei PCB stessi.

I trattamenti biologici dei PCB possono portare alla formazione di altri composti clorurati, come gli acidi clorobenzoici, che risultano essere più stabili di quelli precedenti. Inoltre i PCB più pesanti (con alto numero di atomi di cloro) non sembrano facilmente attaccabili dai batteri.

In alternativa ai processi termici e biologici, che presentano tutte le problematiche esposte, esistono processi di distruzione dei PCB basati su trattamenti fotochimici via laser UV. Questo processo è possibile grazie alla monocromaticità e l'accordabilità della radiazione del dispositivo laser (tipicamente laser ad eccimeri), che permette di eccitare selettivamente legami chimici e guidare la dissociazione verso la formazione di prodotti non inquinanti.

Gli esperimenti di fotodistruzione dei PCB, diluiti in soluzione di metanolo e n-esano, hanno mostrato che la radiazione del laser a KrF è efficace per la loro fotodistruzione. Infatti gli idrocarburi aromatici derivanti dal benzene e dal bifenile presentano la banda di assorbimento  $\pi \rightarrow \pi^*$  piccata rispettivamente a 254 nm e 249 nm, e quindi vicino alla lunghezza d'onda d'emissione del laser a KrF (248 nm).

Gli esperimenti eseguiti con l'Aroclor 1254 hanno mostrato che la fotodissociazione comporta l'assorbimento di un solo fotone UV per molecola con conseguente rottura sia del legame C-Cl (86-97 Kcal/mol) che del legame C-C bifenilico (116 Kcal/mol); in questo modo il PCB risulta distrutto e la concentrazione di esso rimasta risulta inferiore al limite di rilevabilità dello strumento misuratore.

Inoltre in questi esperimenti, in seguito all'irraggiamento con il laser a KrF, i campioni sono stati sottoposti ad analisi gas cromatografiche per analizzare i prodotti dell'irraggiamento; infatti, le specie ossidate formate, se da una parte possono provenire da prodotti di fotoframmentazione più piccoli del PCB originario, dall'altra possono anche essere grosse molecole ad anelli condensati quali le policlorodiossine ed i policlorofurani. Dall'analisi dei gas cromatogrammi dei campioni in n-esano, prima e dopo l'irraggiamento con KrF, è risultato che:

Si ha la distruzione della miscela di policlorobifenili

Non si hanno evidenze sui cromatogrammi della formazione di specie pesanti come policlorobenzodiossine e policlorodibenzofurani.

Si formano soltanto specie non clorurate più leggere.

Il processo di distruzione, inoltre, avviene anche in tempi rapidi; con una energia del laser di 40 mJ (non focalizzata) è stato misurato un tempo di dimezzamento di 5 minuti per una soluzione di 0,2 g/l.

Quindi attraverso questa tecnica di fotodistruzione si è riuscito a guidare la dissociazione verso la formazione di prodotti non inquinanti. Questa tecnica, inoltre, presenta anche dei vantaggi legati alle peculiari caratteristiche della radiazione laser, come la sua direzionalità e coerenza che permettono la possibilità di trattamenti remoti in ambienti ostili. Inoltre, essendo questo un processo tipicamente ad un fotone, è possibile utilizzare semplici lampade UV efficienti intorno a 250 nm, ed operanti o in regime continuo o ad alta frequenza di ripetizione, per decontaminare rifiuti contenenti PCB.

Questa tecnica, quindi, permette di trattare gas di scarico ed effluenti, e si pone come valida alternativa alle camere di post-combustione nel trattamento finale di scarichi di inceneritori.

- **G) DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI**

- **G.1 La definizione di BAT**

- **G.1.1 La direttiva 96/61/CE**

La direttiva 96/61/CE ("Direttiva IPPC") definisce le "*migliori tecniche disponibili*" come: "*la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso*".

A tale scopo occorre tenere presente le seguenti definizioni:

- "*tecniche*", si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto;
- "*migliori*", qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- "*disponibili*", qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

- **G.1.2 Impatto ambientale e rischi**

Le tecniche individuate devono minimizzare l'impatto dell'impianto sull'ambiente relativo a tutte le matrici interessate (acqua, aria, suolo) e sulla salute umana, nel rispetto degli specifici requisiti stabiliti dalla normativa vigente. La sicurezza dei lavoratori deve essere tutelata, in accordo alla vigente normativa.

- **G.1.3 Fattibilità tecnico-economica**

Le tecniche prescelte devono essere affidabili e deve essere garantita la qualità dei sistemi e delle apparecchiature utilizzate. I costi di investimento, esercizio e manutenzione devono essere sostenibili. Le analisi costi-benefici devono aver dato prova positiva.

- **G.1.4 Processo decisionale per l'individuazione delle BAT**

Per l'individuazione di una BAT occorre mettere in atto un processo decisionale che sulla base dei dati disponibili sulla tecnica in esame e della specifica applicazione, tenuto conto dei fattori locali e degli aspetti summenzionati possa portare ad una valutazione della sua applicabilità.

- **G.2 Criteri di individuazione delle BAT**

Considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle migliori tecniche disponibili, tenuto conto dei costi e dei benefici che possono risultare da un'azione e del principio di precauzione e prevenzione.

- **G.2.1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti**

Le tecniche adottate nei processi di trattamento devono limitare la produzione di rifiuti ed in particolare di quelli non recuperabili.

Inoltre devono essere affrontate le problematiche legate allo stoccaggio, carico, trasporto e scarico dei rifiuti prodotti.

### **G.2.2 Impiego di sostanze meno pericolose**

Nella progettazione dell'impianto e nella sua conduzione deve essere previsto l'impiego di sostanze e materiali selezionati secondo i criteri della minore pericolosità e del minore consumo.

- **G.3 Processi, sistemi o metodi operativi sperimentati su scala industriale**

Le tecniche individuate devono garantire prestazioni e livelli di esercizio verificati sulla base di applicazioni di successo su scala industriale.

L'impianto deve garantire elevata disponibilità e affidabilità di esercizio.

E' importante la molteplicità di fornitori e la disponibilità sul mercato di ricambi, materiali e reagenti necessari per l'esercizio e per le manutenzioni.

Le tecniche adottate devono essere compatibili con le condizioni locali (ambientali, climatiche, geografiche, socio-economiche).

- **G.4 Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico**

Le tecniche devono essere scelte alla luce delle evoluzioni in campo scientifico e dei relativi progressi tecnici conseguiti nel settore del trattamento dei rifiuti.

Qualsiasi tecnica deve dimostrare anche la capacità di evolvere ed essere in grado di adattarsi a nuove soluzioni e condizioni.

- **G.5 Natura, effetti e volume delle emissioni**

La valutazione degli effetti delle emissioni deve tenere conto della situazione al contorno (piani di qualità dell'aria e dell'acqua, piani territoriali e urbanistici, ecc.)

Devono essere utilizzate le tecniche più avanzate per la misurazione delle emissioni e dei parametri di processo, nel rispetto dei requisiti minimi prescritti dalla normativa.

- **G.6 Messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti**

Sono da considerare la vita media di un impianto e la sua capacità produttiva nel tempo.

- **G.7 Tempo richiesto per l'adozione di una migliore tecnica disponibile**

Nel settore del trattamento dei rifiuti, la variabilità e complessità dei materiali da trattare richiedono l'attenta sperimentazione e la verifica sul campo di qualsiasi nuova tecnica proposta.

Gli investimenti necessari possono essere notevoli; molto spesso il passaggio dalla sperimentazione alla realizzazione industriale è un processo lento e costoso che può richiedere anni.

- **G.8 Consumo di risorse**

Le tecniche selezionate devono essere finalizzate alla minimizzazione dei consumi di acqua, materie prime, energia; devono inoltre prediligere l'impiego di sostanze e materiali la cui produzione è, a sua volta, causa di un ridotto impatto ambientale e minimi consumi energetici.

In questa valutazione può risultare utile l'impiego di sistemi di analisi del ciclo di vita (LCA).

Le tecniche prescelte devono utilizzare apparecchiature a basso consumo di energia.

- **G.9 Prevenzione e riduzione dell'impatto globale sull'ambiente**

E' necessario minimizzare l'impatto delle emissioni in aria e in acqua, tenendo conto della specifica realtà territoriale in cui è insediato l'impianto. L'impatto globale deve essere valutato nell'ambito di piani locali della qualità dell'aria e delle acque.

Sono richieste tecniche di misurazione di elevata qualità per il monitoraggio in continuo dei parametri operativi dell'impianto e delle emissioni.

- **G.10 Prevenzione degli incidenti e minimizzazione degli effetti**

Le tecniche adottate devono considerare la possibilità di incidenti, guasti e malfunzionamenti degli impianti e prevenirne o limitarne le conseguenze. In caso di guasto improvviso o di mancanza di

alimentazione, le apparecchiature devono portarsi autonomamente in condizioni di massima sicurezza.

Le tecniche prescelte devono prevedere tutte le misure per fronteggiare qualsiasi condizione anomala di esercizio. Deve essere previsto un idoneo sistema antincendio.

La responsabilità della gestione dell'impianto va affidata a persone competenti e il personale deve essere adeguatamente addestrato.

**GLOSSARIO-ABBREVIAZIONI-ACRONIMI**

BAT = **B**est **A**vailable **T**echniques

BRefs = **B**est **A**vailable **T**echniques **R**eference documents

Apparecchi contenenti PCB = qualsiasi apparecchio che contiene o è servito a contenere PCB e che non ha costituito oggetto di decontaminazione

PCB = a) Policlorobifenili; b) Policlorotrifenili; c) Monometiltetraclorodifenilmetano, Monometildiclorodifenilmetano, Monometiltetrabromodifenilmetano; d) ogni miscela che presenti una concentrazione complessiva delle suddette sostanze superiore allo 0,005% in peso.

PCB usati = qualsiasi PCB considerato rifiuto ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22 e successive modificazioni ed integrazioni

PCT = Policlorotrifenili

Trafo = trasformatore

MT/BT = media tensione/bassa tensione

AT/MT = alta tensione/media tensione

TCDD = tetraclorodibenzodiossina

TCDF = tetraclorodibenzofurano

WEEE = rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche