

quota parte che può derivare dalla combustione del biogas in fase avanzata di coltivazione della discarica stessa. La termodistruzione, invece, oltre a produrre energia, non provoca emissioni aggiuntive ma sostitutive e di qualità migliore rispetto ai combustibili convenzionali. È come dire che le emissioni di anidride carbonica e di metano si contraggono e ciò costituisce un modo per ridurre l'effetto serra, atteso che sia la  $\text{CO}_2$  e molto di più il metano sono gas a forte effetto serra. Si consideri che la produzione di energia da rifiuti fa risparmiare combustibile fossile e quindi  $\text{CO}_2$  derivante dalla combustione dello stesso. In tal senso si ha un miglioramento dell'impatto ambientale. Un confronto tra l'energia prodotta dai rifiuti e quella prodotta dai combustibili tradizionali e convenzionali (carbone, olio combustibile denso, metano) fa constatare che l'impatto ambientale del ciclo completo dei combustibili convenzionali dovuto alla estrazione, alla separazione, alla depurazione e al trasporto gioca a favore dell'energia dai rifiuti venendo a mancare tutte le operazioni che comportano forti impatti ambientali quali il consumo di energia, le emissioni nelle varie fasi del ciclo, l'alterazione del paesaggio, la produzione di rifiuti e di reflui idrici da smaltire, il traffico, i rischi di incidenti e sversamenti. Da un punto di vista di compatibilità ambientale va inoltre rimarcato che la produzione energetica da termodistruzione proiettata al tele-riscaldamento permette di risparmiare energia primaria con un doppio vantaggio: da una parte si concentra la produzione di calore in poche e significative centrali con il risultato che si ottimizzano e razionalizzano i parametri e si riducono al minimo le emissioni inquinanti. La cogenerazione (calore + energia elettrica) non solo è vantaggiosa come consumi ma è anche una delle strade con cui l'Italia potrà tentare di adeguarsi al protocollo di Kyoto diminuendo entro il 2010 le emissioni di anidride carbonica del 6.5%, rispetto a quelle del 1990. Ciò significa una contrazione del 25-30% rispetto a quelle che sarebbero diventate in assenza del protocollo di Kyoto. Peraltro il sistema di cogenerazione di Brescia è un chiaro esempio degli ottimi risultati che si possono raggiungere e che è assai diffuso nei comuni nel nord Europa. La termodistruzione, in quanto opera sul rifiuto in maniera definitiva, non trasferisce nel tempo la soluzione del problema ambientale come la discarica o nello spazio attraverso le materie che si recuperano dalla selezione e cernita dei rifiuti, operazioni pur esse importanti e da ottimizzare percentualmente fino a valori auspicabili del 50% nell'ambito della gestione integrata dei rifiuti. La termodistruzione va intesa come un metodo efficace per la riduzione del volume dei rifiuti e consuma meno territorio.

Certamente, un impianto di termodistruzione può rappresentare una fonte di contaminazione per l'ambiente esterno se essa è condotta in maniera poco accurata, se le apparecchiature di depurazione dei fumi e di combustione non sono efficienti e se non si fa ricorso alle tecnologie oggi disponibili per minimizzare gli impatti ambientali (*lowNOx burners* per abbattere gli ossidi di azoto, *combustion improvers* per migliorare la combustione, additivi per abbattere la  $\text{SO}_2$ , *scrubbers* ad alta efficienza, filtri a maniche, depolveratori a cicloni, assorbitori a carboni attivi, etc). La combustione riduce infine la pericolosità dei rifiuti organici rispetto alla discarica nella quale questi permangono per tanto tempo specie nel medio e lungo termine. Le

scorie di combustione, specie se inertizzate, hanno sicuramente caratteristiche migliori dal punto di vista dei rilasci rispetto ai rifiuti tal quali depositati in discarica. Non va trascurato nemmeno il fatto che la combustione distrugge batteri e virus, cosa che non succede in discarica.

### *3.6 Siti contaminati.*

Un sito contaminato è fonte continua di disagio e preoccupazione per le popolazioni residenti nelle immediate vicinanze. Infatti sono da prendere in seria considerazione i danni che a loro insaputa può aver causato la contaminazione nel tempo. La presenza di un sito contaminato, oltre a costituire elemento di degrado, ha un impatto negativo anche di ordine economico, in quanto deprezza il valore dell'ambiente, dei manufatti, delle strutture e degli immobili siti in prossimità. La preoccupazione permane fino a che alla popolazione non si danno serie garanzie di soluzione del problema in maniera definitiva. In tal senso vi è da considerare una sorta di ipersensibilità anche nel caso dei siti contaminati. A La Spezia, ove la discarica di Pitelli attende ancora di essere bonificata, un altro recente caso, quello della ex area della raffineria IP, costituisce per la popolazione un forte elemento di disagio e preoccupazione, come si evince dai numerosi articoli apparsi di recente sulla stampa locale. Quando si verificano tali situazioni, oltre alle giuste preoccupazioni per la salute pubblica, insorgono anche ripercussioni notevoli di impatto socio-economico.

### *3.7 Il problema diossine.*

Generalmente con il termine « diossine » si intende la famiglia di composti organici clorurati tossici — le cosiddette PCDD, policlorodibenzodiossine — in numero di 75 composti diversi e con diversa tossicità, dipendentemente dalla loro struttura chimica. Già nel 1800 furono identificate le prime diossine ma si sa che erano presenti sul pianeta da tempi molto antichi, come dimostrato da numerosi studi su tessuti animali, su piante, su numerosi reperti archeologici. Le diossine sono presenti sul pianeta in maniera ubiquitaria e le fonti di emissione sono le più disparate. Le diossine si formano insieme ad altre sostanze organiche come i furani nel corso delle combustioni incomplete di materiali organici in ambienti in cui sia presente cloro sia in forma organica che inorganica come ormai accertato internazionalmente. Quando si bruciano rifiuti solidi urbani (in cui comunque sono già presenti piccole quantità di diossine a volte superiori a quelle emesse con i fumi di combustione) a temperature inferiori a 850°C (temperature normalmente presenti negli inceneritori di vecchia generazione) in cui insieme alla matrice organica è contenuto anche cloro sotto varie forme chimiche, è certa la formazione di diossine. L'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC), che è una sezione dell'Organizzazione mondiale della sanità, ha definito la tetraclorodibenzodiossina (2,3,7,8,TCDD) come un potente cancerogeno di classe 1 per l'uomo. In generale le diossine sono persistenti nell'ambiente e

possono essere causa di gravi problemi a danno del sistema riproduttivo e dello sviluppo e del sistema immunitario. Esse inoltre interferiscono con gli ormoni regolatori. Le diossine sono solubili nei grassi e si accumulano nella catena alimentare. Sono state trovate nella carne, nel latte, nei polli, nei maiali, nei pesci, nelle uova. A cavallo degli anni '70 furono scoperte da scienziati olandesi le diossine nei fumi degli inceneritori. Nel 1984 inoltre in Svezia, Paese che ha studiato molto approfonditamente il problema delle diossine, si stabilì addirittura una sorta di « moratoria » e per un dato periodo si sospese la costruzione di impianti nuovi fino a che un gruppo di lavoro, coordinato dall'Agenzia per la protezione dell'Ambiente e che coinvolgeva illustri scienziati ed esperti del settore, non avesse chiarito i termini del problema. Nel giugno 1986, l'Agenzia emise il « verdetto » fissando tutti i presupposti ritenuti indispensabili per una gestione corretta della termodistruzione dei rifiuti e ne venne fuori che l'uso dei rifiuti per la produzione di energia non deve confliggere con altre destinazioni che possono essere importanti per la società, che si debbono inoltre rispettare i limiti delle emissioni prefissate per legge e che la combustione è da ritenersi un valido sistema per il trattamento dei rifiuti teso al recupero di energia tenendo tuttavia in considerazione tutti i requisiti gestionali ed impiantistici necessari e fissati dal rapporto. Conseguenza di tale azione dell'Agenzia fu che dal 1986, la Svezia, riprese la costruzione di nuovi impianti di termodistruzione. Lo studio svedese fu poi confermato da una analoga ricerca effettuata in Canada dal *National Incinerator Testing and Evaluation Program (NITEP)*. Quanto avvenuto in Svezia costrinse i progettisti degli impianti di incenerimento che fino allora avevano privilegiato la tecnologia della combustione, a mirare con maggiore attenzione anche ai sistemi di abbattimento delle emissioni. Oggi, il limite di emissione per gli impianti di termodistruzione di numerosi paesi Europei, compresa l'Italia, è di 0.1 nanogrammi di TEQ/ Normal metro cubo in cui il termine TEQ indica l'equivalente tossico di tutte le diossine. È noto che oggi vi sono impianti di termodistruzione (in Europa e di recente anche in Italia) che emettono mediamente cento volte meno rispetto a quanto veniva emesso dieci anni fa e comunque in grado di rispettare ampiamente il limite di 0.1 nanogrammi per normal metro cubo. Per abbattere le diossine nelle emissioni non è sufficiente il rispetto della cosiddetta regola delle « tre T » cioè, temperatura di combustione elevata, tempo di combustione adeguato a bruciare tutto il materiale organico, turbolenza dei fumi che garantisce condizioni di omogeneità (1). Infatti, è stato verificato che i fumi che lasciano la camera di combustione, dopo raffreddamento, presentavano concentrazioni più alte di diossine in quanto alcune di esse si riformavano intorno ai 200-330 °C. I progettisti degli impianti di termodistruzione hanno quindi operato per migliorare le tecnologie di abbattimento delle emissioni cosa che non si è fatta in Italia, in quanto essi erano penalizzati a causa della paura della gente per il problema « diossine » dopo il ben noto incidente che provocò la nube tossica di Seveso. La

---

(1) T come Termoutilizzazione — La termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti, a cura della Fondazione Lombardia per l'ambiente n. 20, dicembre 1996.

conseguenza era stata quindi che essi avevano abbandonato la strada della ricerca nella quale primeggiavano fino agli anni '70. Negli anni dei fatti di Seveso e anche dopo, assai particolare era stata l'apprensione di una opinione pubblica scarsamente informata sul problema e in grado quindi di condizionare fortemente la correttezza scientifica e le scelte dei processi di decisione. Oggi il sistema Italia, a fronte di tecnologie che vengono importate da altri Paesi europei, sta reagendo con proprie installazioni cercando di recuperare il tempo perduto. Per tenere sotto stretto controllo le emissioni di diossine riveste un ruolo importante non solo la gestione dei sistemi di combustione ma anche quella dei sistemi di abbattimento delle emissioni. Vi è da notare che, certamente le alte temperature sull'ordine dei 1000°C -1100 °C favoriscono la completa distruzione delle diossine sia di quelle presenti nella carica che di quelle che si possono formare intorno ai 300-400 °C in fase di combustione. Ma, per come si è detto, l'efficienza dei sistemi di abbattimento è altrettanto necessaria perchè vengano rispettati gli stringenti limiti delle emissioni (0.1 nanogrammi TEQ per Nmc). Come sopra detto, le diossine sono ubiquitarie e quindi le possiamo trovare un po' dappertutto. Una stima delle emissioni nazionali di diossine e furani (2) è riportata nel documento redatto da Enea per l'inventario Corinair e mostra che sono numerose le sorgenti di emissione delle diossine. Anche le discariche producono diossine (3). Infatti esse in parte entrano in atmosfera attraverso il biogas che si libera o viene bruciato (0.02-5 microgrammi per tonnellata di RSU), in parte si trovano nel percolato (0.002-0.0025 microgrammi per tonnellata RSU) e in parte nella discarica stessa (0.013-0.050 microgrammi per tonnellata di RSU). Anche negli impianti di compostaggio le diossine si concentrano nel compost, in ragione di 0.4-4 microgrammi per tonnellata. Nelle discariche abusive (per come detto nel

(2) I dati della stima delle emissioni Corinair Enea per l'Italia espressi in grammi di TEQ (equivalente tossico) di diossine e furani:

|                                          | 1990  | 2000  | contributo massimo |
|------------------------------------------|-------|-------|--------------------|
| Centrali elettriche pubbliche            | 23.4  | 17.3  | olio combustibile  |
| Imp. combustione terziario e agricoltura | 23.6  | 23.9  | legna              |
| <i>Combustione industria</i>             |       |       |                    |
| Impianti combustione                     | 92.0  | 71.0  | olio combustibile  |
| Cementifici                              | 6.1   | 5.3   |                    |
| Sinterizzazione acciaio                  | 67.9  | 50.0  |                    |
| Processi produttivi (forni elettr.)      | 29.5  | 28.6  |                    |
| Trasporti stradali                       | 6.4   | 2.8   | benzina con Piombo |
| Incenerimento rifiuti solidi urbani      | 276.0 | 195.2 |                    |
| Incenerim. rifiuti solidi industriali    | 97.4  | 48.7  |                    |

(3) « Riflessioni sulle strategie per lo smaltimento dei rifiuti in Italia ». E. Pedrocchi-Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Milano-Aprile 1997.

capitolo dedicato alle discariche) il fenomeno è più rilevante in quanto la presenza di rifiuti contenenti cloro organico e inorganico è maggiore. Anche il combustibile derivato da rifiuti il cosiddetto CDR contiene diossine (4) e può sviluppare diossine in fase di combustione ove le condizioni di controllo non siano volte ad una accurata gestione della combustione e dei sistemi di abbattimento fumi. In conclusione, sul problema diossine, sulla base di quanto sopra detto si può dire che esso, oggi, costituisce un « falso problema » quantomeno se lo si associa ai termidistruttori per come fatto in passato. Certamente la paura della gente ha costituito un elemento emotivo che ha avuto un ruolo notevole portando ad una opinione distorta nella opinione pubblica. Occorre infine rilevare che la diossina è ubiquitaria e che è presente da molto tempo sul nostro pianeta, che la combustione non ha avuto un ruolo determinante sulle emissioni totali in considerazione del fatto che altri processi contribuiscono, per come visto, alla emissione di diossine e che la moderna tecnologia è in grado, oggi, di abbattere quasi a zero e comunque a valori molto bassi e trascurabili le concentrazioni al camino.

#### 4. LA VISITA DELLA COMMISSIONE IN ALCUNI PAESI EUROPEI.

La Commissione parlamentare d'inchiesta sul ciclo dei rifiuti ha effettuato, nel mese di settembre del 2000, una visita presso alcuni impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti (urbani, speciali pericolosi e non pericolosi) in alcuni Paesi europei: Germania, Finlandia, Svezia, Danimarca.

##### 4.1 Germania: il sito minerario di Teuthschenthal (Lipsia).

Nella miniera di Teuthschenthal, attiva sin dal 1907, si estraeva la carnallite ossia un cloruro idrato di potassio e magnesio spesso associato con silvina e salgemma nei depositi salini evaporitici e di colore lattiginoso o rossastro. Il sito minerario appare una buona soluzione per lo smaltimento di rifiuti solidi pericolosi o resi solidi attraverso trattamenti di inertizzazione. I problemi da superare sono quelli degli odori sia sul piazzale esterno che all'interno della miniera. Nelle aree esterne, al momento della visita, si avvertiva odore di solventi organici provenienti dal collettore di scarico del sistema di depurazione ed aspirazione dell'aria interna al sito. All'interno delle gallerie sotterranee era invece evidente l'odore di ammoniaca. Data la profondità e la natura geologica del sito non sembra vi possano essere controindicazioni allo smaltimento di rifiuti solidi la cui massa cementata collocata per spinta con pala meccanica appositamente predisposta riempirebbe (come avviene) tutta la sezione libera della

---

(4) Da: Energia blu, novembre 1998.

In un chilogrammo di CDR sono contenuti dai 5 ai 25 nanogrammi di diossine. Un Kg di CDR genera 150 grammi di scorie, in cui sono contenuti da 1 a 20 nanogrammi di diossine, e 7 metri cubi di gas, che contengono 0-3 nanogrammi di diossine.

galleria stessa fungendo così non solo da riempimento ma da supporto vero e proprio al tetto impedendo a questo di crollare. Si tratterebbe secondo le autorizzazioni del Land tedesco di un vero e proprio recupero ambientale che sarebbe auspicabile, a detta dei tecnici del sito, anche in Italia. La potenzialità del sito appare di lungo termine almeno per venti anni. La lunghezza della galleria (circa 13 chilometri) assicurerebbe lo smaltimento di quantità di rifiuti solidi rilevante. Le operazioni di riempimento stanno riguardando per ora la prima parte della miniera (circa 4 chilometri) che a causa dell'abbandono nel passaggio della proprietà dalla Germania est a quella unificata, era stata soggetta ad un crollo delle pareti laterali in alcuni tratti. In tale sito vengono attualmente smaltiti rifiuti dell'inceneritore di Brescia, di alcune bonifiche Enichem di Porto Marghera e sono in corso trattative per il conferimento dei residui dei lagoons dell'Acna di Cengio, opportunamente solidificate.

#### *4.2 Finlandia: Ekokem OY AB (Helsinki).*

L'inceneritore della società Ekokem ha una potenzialità di trattamento di rifiuti industriali pericolosi e non pericolosi (solventi, vernici, stracci imbevuti di vernici, pitture) di 65.000 tonnellate/anno. Sono operative due linee di termodistruzione ed è in fase avanzata di realizzazione una terza linea dotata di un sistema di abbattimento fumi assai sofisticato. Le emissioni del forno di termodistruzione rispettano ampiamente i limiti imposti dalla normativa europea per i microinquinanti tra cui le diossine. La temperatura di termodistruzione è di 1300 °C. I fumi di combustione del forno a tamburo rotante vengono post-combusti con tempi di permanenza tali da permettere una completa ossidazione del rifiuto. Nella linea di termodistruzione N.1 i fumi caldi vengono inviati ad una caldaia per la generazione di vapore da destinare a sua volta alla produzione di energia elettrica per autoconsumo all'interno dell'impianto e di energia termica per teleriscaldamento della vicina città di Riihimäki. L'energia prodotta dalla seconda linea di termodistruzione viene invece utilizzata nei processi di evaporazione delle acque reflue. Il lavaggio dei fumi avviene con calce per eliminare le emissioni di acido cloridrico e di anidride solforosa. I residui di diossine, furani e mercurio vengono abbattuti con l'utilizzo di carbone attivo. L'impianto Ekokem è una vera e propria piattaforma di trattamento: Esiste infatti una unità di trattamento chimico-fisico di inertizzazione di alcuni reflui quali cianuri, cromati, sali e soluzioni saline che, dopo inertizzazione, vengono avviati alla discarica asservita all'impianto. La Ekokem opera anche nel settore del recupero dei solventi e degli oli usati ed è dotata di un impianto di depurazione di acque industriali e di recupero del mercurio dalle lampade fluorescenti.

#### *4.3 Svezia: Impianto sperimentale di combustione di Chalmers (università di Göteborg).*

In tale impianto sperimentale si stanno effettuando combustioni sperimentali di miscele di combustibili al fine di verificare le condizioni ottimali di combustione. Tutti i parametri di combustione

vengono registrati in numerosi punti della camera di combustione al fine di ottenere un modello previsionale per l'ottimizzazione dei processi di combustione.

#### *4.4 Danimarca: impianto di termodistruzione rsu di Arhus.*

L'impianto di Arhus tratta il 28% dei rifiuti prodotti ogni anno nel distretto (620.000 tonnellate). Esso è costituito da tre forni ognuno della capacità di 7.6 tonnellate/ora di rifiuto urbano. La linea 3 ha una capacità di 8,0 ton/h. Completano l'impianto 2 forni per rifiuti sanitari da 200Kg/ora e tre dryers per l'essiccamento dei fanghi di depurazione, in grado di essiccare ognuno 2 tonnellate/ora di fango. Le ceneri della termodistruzione ammontano a 2775 tonnellate/anno. La termodistruzione oraria è di 23 tonnellate di rifiuti il cui calore è utilizzato nel distretto di Arhus per produrre vapore (teleriscaldamento) e per produrre elettricità. L'impianto è dotato di depolveratori a ciclone, di un elettrofiltro, e di un sistema di scrubbers per il trattamento dei fumi.

### *5. SISTEMI DI RILEVAZIONE E DI CONTROLLO.*

L'applicazione delle tecnologie di monitoraggio ambientale, oggi più che mai, costituisce un passaggio fondamentale per garantire il controllo, la salvaguardia e la tutela del territorio. Le tecnologie oggi disponibili permettono agli operatori, agli addetti ai lavori ma anche alla popolazione di seguire le evoluzioni dei fenomeni di degrado, di fornire informazioni sullo stato di salute del pianeta e di programmare interventi mirati di risanamento. Grazie alla rapida evoluzione tecnologica degli ultimi tempi, una vasta gamma di apparecchiature per il controllo e il monitoraggio dell'atmosfera, delle acque, del suolo e del sottosuolo è disponibile sul mercato. I controlli automatici stanno sempre di più sostituendosi a quelli manuali dei quali tuttavia non si potrà mai fare a meno. Nel settore delle acque di scarico esistono ormai da un trentennio apparecchiature di prelievo e di controllo « on line » che forniscono direttamente dati di concentrazione di inquinanti presenti nel mezzo idrico e che spesso riproducono metodi di analisi manuali (es. quelli colorimetrici) di laboratorio. È evidente, tuttavia, per come detto, che per quanto i sistemi di taratura automatica siano assai sofisticati non può mai prescindere dalle tarature manuali periodiche di tutta la strumentazione coinvolta nel sistema di monitoraggio e controllo. Nel settore dell'inquinamento atmosferico, le centraline mobili e fisse, di cui normalmente sono equipaggiate le reti di rilevamento della qualità dell'aria nelle città, sono ormai in grado di monitorare una vasta gamma di inquinanti (ossidi di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, idrocarburi totali, benzene, polveri totali, polveri inalabili etc). Anche nel campo delle emissioni atmosferiche da sorgenti puntiformi esiste una serie di strumenti « on line » in grado di misurare le polveri, gli ossidi di azoto, l'acido cloridrico etc. Per ciò che riguarda invece il monitoraggio dei microinquinanti organici (es. idrocarburi policiclici aromatici, diossine, policlorobife-

nili, e inorganici (es. i metalli tossici quali il nichel, cadmio, mercurio, cromo etc), il dato « *on line* » non è ancora disponibile e ci si limita, date le bassissime concentrazioni in gioco, a prelevare grandi quantità di aria ambiente utilizzando campionatori « high volume » o di emissioni da sorgenti puntiformi in modo da arricchire la concentrazione delle specie chimiche interessate per mezzo di filtri o mezzi assorbenti da analizzare successivamente e manualmente in laboratorio. Nel settore della geofisica applicata esiste una serie di metodologie per l'analisi non invasiva del sottosuolo in grado di evidenziarne le anomalie dovute o a motivi strutturali o a modificazioni avvenute a seguito di contaminazioni o interramenti di oggetti. Rispetto ai metodi convenzionali diretti (pozzi di monitoraggio, carotaggi, escavazioni, etc), le tecnologie non invasive offrono il vantaggio di non alterare le condizioni attuali del suolo e comunque, nell'ambito di un sistema integrato possono essere accoppiate alle tecniche invasive « mirate ». Si hanno così metodi radar (ground penetrating radar), a induzione elettromagnetica, a resistività elettrica, a rifrazione sismica, con « metal detector », con apparecchiature magnetometriche etc. Le tecniche non invasive sono meno costose di quelle invasive e tra i vari scopi permettono di caratterizzare un sito rilevandone le caratteristiche geologiche, permettendo per es. la scoperta di fusti interrati, come la Commissione ha verificato nel caso della contaminazione di Riano Flaminio attraverso una indagine condotta dal dottor Marchetti dell'Istituto nazionale di geofisica. L'analisi dei vapori organici presenti nel suolo, in caso di interramenti di rifiuti effettuata per mezzo di una sonda infissa nel suolo e analizzata per via gas-cromatografica on line, può ascrivere a tali tecniche e metodologie non invasive. Le più rilevanti prospettive per un controllo e monitoraggio su vasta scala vengono però offerte dalle tecnologie di telerilevamento. Com'è noto il telerilevamento è una tecnica di acquisizione di informazioni sul territorio e sull'ambiente da postazione remota. Fanno parte del telerilevamento la fotografia convenzionale, le riprese multispettrali sia fotografiche che condotte con sistemi elettronici (scanner, telecamere, radiometri a microonde, radar ottici o lidar). Il telerilevamento aereo per esempio costituisce oggi uno degli strumenti più efficaci ed utilizzati di monitoraggio ambientale ed ha come scopo l'analisi delle caratteristiche fisiche del soprasuolo e dell'immediato sottosuolo, della superficie di corpi idrici e dei fenomeni quali il trasporto dei sedimenti che intervengono fino alla profondità di alcuni metri. Le immagini provenienti dal telerilevamento, peraltro, ormai da tempo trovano impiego in molteplici direzioni, per la stesura di mappe tematiche e per una conoscenza delle risorse planetarie. Il censimento delle risorse per mezzo del telerilevamento è un passaggio assai importante per mettere in pratica i principi dello sviluppo sostenibile e della conservazione della biodiversità enunciati nella conferenza di Rio de Janeiro del 1992. Il rilevamento aereo e da satellite dà la possibilità di effettuare indagini ad ampia scala su aree assai estese del pianeta, è veloce nell'acquisire dati e permette nel contempo una riduzione dei controlli a terra. È da considerare inoltre che una buona conoscenza del territorio è oggi una « *conditio sine qua non* » per orientare una qualsiasi scelta di intervento sia esso antropico che di prevenzione, di recupero o valorizzazione ambientale. In particolare il telerilevamento



può orientare le scelte sulle priorità degli interventi da realizzare in materia di riassetto del territorio e di organizzazione dello smaltimento dei rifiuti. È quindi necessaria la creazione di una piattaforma di dati territoriali che costituisca la base di un sistema informativo di gestione di tutti i dati ambientali del territorio nazionale. Il CNR (Consiglio nazionale delle ricerche) ha messo a punto un'apparecchiatura di ripresa iperspettrale Mivis (*multispectral visible and infrared imaging spectrometer*) a 102 canali (bande spettrali), installata su un aereo (LARA, laboratorio aereo ricerche ambientali) equipaggiato anche con una struttura di gestione del *software* (Mivas) specifico per il processamento geometrico e radiometrico dei dati iperspettrali Mivis ad elevata risoluzione spaziale e spettrale. La configurazione del sistema Mivis è modulare e ne fanno parte n. 4 spettrometri che riprendono simultaneamente la radiazione visibile, quella dell'infrarosso vicino e dell'infrarosso termico provenienti dalla superficie terrestre. Il Mivis è il più avanzato sistema iperspettrale al mondo e viene impiegato per la caratterizzazione di fenomeni ambientali da Enti nazionali ed esteri. Indagini Mivis sono state effettuate sull'area di Trecate a seguito della esplosione di un pozzo petrolifero, sul lago di Como, sulle aree vulcaniche dell'Etna, di Vulcano, Stromboli, sulle lagune di Orbetello, Venezia, Marsala, sull'area archeologica di Selinunte e di Alesia, sulla pineta di Castelfusano, sulla discarica di Pitelli (La Spezia), sul Delta del Po, nella regione Molise e Basilicata, nella provincia di Roma e all'estero nell'area Hehenfels (Germania), nell'area Crau-Camargue (Francia), in Austria, e nel breve futuro anche in Cina, Paese con cui sono in corso e ben avviate trattative di collaborazione. Le discipline in cui opera il Mivis sono la geologia, l'inquinamento dei suoli, la idrogeologia, la geofisica, l'urbanistica, le foreste, l'archeologia, l'agricoltura, la vulcanologia, l'oceanografia, l'inquinamento atmosferico etc. Si possono così monitorare le colate laviche, i corpi idrici aperti e chiusi, l'apparato fogliare delle piante, la fotosintesi, i sedimenti dei laghi, le aree soggette a rischio sismico, le discariche abusive, il percolato delle discariche, l'interramento di fusti, le fughe di calore e di gas dalle discariche di rifiuti solidi urbani, l'amianto in miscela con il cemento presente sui tetti degli edifici etc. Le apparecchiature di telerilevamento da aereo e da satellite sono oggi in uso a livello nazionale e internazionale. In Italia, apparecchiature simili al Mivis sono installate su aereo e sono in dotazione di Enea, Guardia di finanza (apparecchiatura *Daedalus*) Alenia, capitanerie di porto. Tali apparecchiature nazionali operano nel visibile ma con pochi canali multispettrali al massimo in numero di dodici. Il telerilevamento da satellite (TLR) è in uso come insieme di tecniche mediante le quali si effettuano misurazioni a grande distanza della energia riflessa ed emessa dalle superfici presenti sulla superficie terrestre. A proposito del telerilevamento, merita di essere menzionata l'esperienza condotta dal Corpo forestale dello Stato con il telerilevamento satellitare per mezzo del quale si è riusciti ad accertare la presenza, in alcuni pozzi di « reiniezione » di attività di estrazioni petrolifere nel territorio di Matera, di sostanze estranee ai processi estrattivi di idrocarburi quali mercurio, fenoli, solventi clorurati. In Basilicata esistono ben 345 pozzi di estrazione petrolifera e l'indagine del Corpo forestale ancora in corso, sta cercando di accertare eventuali

smaltimenti illegali di rifiuti nei pozzi non più utilizzati. Il Corpo forestale ha inoltre messo a punto un sistema informatico della montagna (SMI) in grado di realizzare il catasto delle aree boscate, delle cave, delle discariche regolari ed abusive, dei movimenti franosi, etc. Vi sono satelliti « in movimento » che operano a distanze di 700-900 chilometri e satelliti geostazionari che operano a distanze di 30.000 chilometri. Vi è da osservare che il contenuto delle immagini riprese dalle attuali piattaforme orbitali, pur essendo stato elaborato con varie tecniche digitali, non può portare ad una definizione operativa, inequivocabile e attendibile a causa della bassa risoluzione spaziale di queste immagini e del numero estremamente limitato di canali di ripresa. L'innovazione tecnologica torna assai utile anche nel settore della gestione dei rifiuti in particolare nelle fasi di trasporto, stoccaggio, smaltimento definitivo. Com'è noto il sistema MUD ha mostrato qualche limite per problemi sia strutturali che gestionali (come evidenziato nel corso delle audizioni della Commissione con funzionari del Ministero dell'ambiente), in particolare si sono evidenziati problemi per un poco efficiente collegamento tra le banche dati delle Camere di commercio e l'ANPA. Di qui la necessità di trovare nuovi strumenti gestionali più snelli e con possibilità di acquisizione dati in tempo reale su tutta la rete nazionale. La tecnologia che è in fase sperimentale presso l'ANPA, si fonda sull'adozione di apposite apparecchiature fisse e mobili simili a quelle utilizzate negli esercizi commerciali con le carte di credito e con i bancomat. Questa sorta di carta di credito del rifiuto, RIFCARD, acquisisce i dati del formulario di trasporto del rifiuto, li trasmette attraverso rete telefonica all'ANPA (in caso di apparecchiature mobili, i dati vengono trasmessi attraverso il sistema GPS). L'acquisizione continua di dati consente di rendere disponibile un conto corrente rifiuti denominato CONTRIF per cui ogni soggetto coinvolto nella gestione del rifiuto (detentore produttore, trasportatore smaltitore) riceve periodicamente un estratto conto rifiuti. Con tale sistema si può costruire una nuova base utile per un catasto nazionale rifiuti, che può meglio colloquiare con le ARPA, garantendo non solo un monitoraggio in tempo reale sul flusso dei rifiuti che transita sul territorio nazionale ma anche di intervenire per rapidi controlli « in contemporanea » su tutto il territorio nazionale in caso di segnalazioni su traffici sospetti.

## CAPITOLO II

## LE BONIFICHE DEI SITI CONTAMINATI

*1. LA NORMATIVA NAZIONALE SULLE BONIFICHE DEI SITI CONTAMINATI.*

Com'è noto l'articolo 17 del decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997 recita: « bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati ». Altri punti dell'articolato del decreto riguardano le competenze dello stato, della regione, delle province e del comune (artt. 18–21), i piani regionali di bonifica (articolo 22), il sistema autorizzatorio degli impianti mobili di bonifica (articolo 28), l'iscrizione all'albo per le imprese che intendono effettuare bonifiche (articolo 30), il sistema sanzionatorio per i soggetti che provocano contaminazione o concreto pericolo di contaminazione. Il decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997, anche se in maniera non omogenea (meglio sarebbe stata una legge quadro in materia di bonifiche), ha costituito un passo avanti rispetto alla precedente legge n. 441/87 che imponeva alle regioni, come è noto, di approvare piani di bonifica delle aree contaminate sulla base anche dei censimenti previsti dal successivo decreto del Ministero dell'ambiente del 16 maggio 1989. Furono poche allora, per la verità, le regioni che ottemperarono (soltanto 8) a quanto previsto dalla legge n. 441/87, con criteri tra loro non uniformi, in assenza di una norma tecnica nazionale. Dai censimenti di cui al decreto ministeriale sopra richiamato, le regioni, avrebbero dovuto poi ricavare indicazioni per interventi di bonifica a breve e medio termine. L'articolo 17 del dlgs n. 22/97, pur se con ritardo, è stato attuato con decreto del Ministero dell'ambiente n. 471 del 25 ottobre 1999 che detta i criteri, le procedure e le modalità per la messa in sicurezza, per la bonifica e per il ripristino dei siti contaminati. È da rilevare, inoltre, che il censimento regionale dei siti contaminati delle aree esterne ai siti produttivi, previsto dal decreto ministeriale del 16 maggio 1989 è stato esteso tramite il comma 1-*bis* dell'articolo 17 del dlgs n. 22/97 alle « aree interne ai luoghi di produzione, raccolta, smaltimento e recupero dei rifiuti, in particolare agli impianti a rischio di incidente rilevante di cui al decreto del Presidente della Repubblica del 17 maggio 1988 n. 175 e successive modificazioni ». Le iniziative del legislatore, per come visto sopra, mostrano l'interesse a mettere ordine in una materia assai complessa per la quale è prevedibile, e lo si coglie già adesso, che il nostro paese debba impegnare, nell'immediato futuro, risorse economiche ed umane notevoli. La legge 9 dicembre 1998, n. 426, ha inoltre introdotto nell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, il comma 15-*bis* secondo il quale « il ministro dell'ambiente, di concerto con il ministro dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica e con il ministero dell'industria,

del commercio e dell'artigianato, emana un decreto recante indicazioni ed informazioni per le imprese industriali ed artigiane che intendano accedere a incentivi e finanziamenti per la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie di bonifica previsti dalla vigente legislazione». Tale legge come è noto ha disciplinato gli accordi di programma di cui all'articolo 25 del Dlgs n. 22/97 ed il concorso pubblico nella realizzazione di interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati e che ha individuato, in fase di prima attuazione, come interventi di bonifica di interesse nazionale quelli compresi nelle aree industriali e nei siti ad alto rischio ambientale. Ai siti di Porto Marghera, Napoli orientale, Gela e Priolo, Manfredonia, Brindisi, Taranto, Cengio e Saliceto, Piombino, Massa e Carrara, Casale Monferrato, Balangero, Pieve Vergonte, litorale domizio-flegreo, agro aversano, Pitelli (La Spezia), si è aggiunto di recente anche quello della ex raffinerie Esso ed Aquila di Trieste. Per la gran parte di tali siti sono stati già emanati i decreti di perimetrazione.

### *1.1 Il censimento dei siti contaminati in Italia.*

I dati dei censimenti regionali dei siti contaminati, finora ottenuti a seguito dell'applicazione del DM 16 maggio 1989, si sono rivelati incompleti (alcune regioni non hanno ancora effettuato i censimenti, es. Calabria, Lazio, Abruzzo, Friuli Venezia Giulia), sottostimati (es. quelli della Puglia, troppo teorici e non supportati da evidenze sperimentali, carotaggi, analisi chimiche, e quelli della Campania), con il risultato che appare sempre più drammatico lo scenario che si profila all'orizzonte, relativamente ai reali costi di bonifica di intere porzioni del nostro territorio. Lo scopo del censimento ai sensi del DM del 16 maggio 1989, per come sopra detto, era quello di individuare le aree contaminate su cui intervenire con programmi di bonifica a breve e medio termine. La mancanza, allora, di precise norme tecniche per individuare e per bonificare i siti contaminati faceva sì che, tranne alcuni casi, difficilmente l'entità della contaminazione veniva ben evidenziata. Non ha dato ancora i risultati sperati quanto previsto dal comma 1-bis del Dlgs n. 22/97 che estendeva il censimento, tra l'altro, ai siti operativi a rischio di incidente rilevante. Infatti pochissimi sono i casi di accordi di programma tra il Ministero dell'ambiente con gli enti provvisti delle tecnologie di rilevazione più avanzate (es. CNR, ENEA), per realizzare la mappatura nazionale dei siti oggetto dei censimenti e la loro verifica con le regioni. Di tale situazione ha preso piena coscienza la Commissione che, a seguito di evidenze nel corso dei sopralluoghi e delle audizioni rese da soggetti istituzionali informati sull'argomento, ha ritenuto necessario invitare in audizione il prof. Bianco, presidente del CNR, per illustrare l'ampia gamma di possibilità di monitoraggio aereo del territorio con il sistema LARA (Laboratorio aereo di ricerche ambientali).

Tale sistema, se applicato ed utilizzato a mezzo di convenzioni tra le regioni, le amministrazioni locali e il CNR, come auspicato dalla stessa Commissione, può costituire un valido e certo punto di riferimento da cui partire per programmare ogni iniziativa tesa al contenimento e/o bonifica delle contaminazioni in atto sul territorio na-

zionali. È da rilevare inoltre che, con DM n. 426/98, il Governo prevedeva interventi urgenti di bonifica di alcuni siti di priorità nazionale relativi ad aree industriali dismesse, ad aree fatte oggetto di discariche abusive e a discariche di rifiuti pericolosi gestite in maniera illegale. A tutt'oggi, nonostante gli sforzi del legislatore, risulta tuttavia incompleto il quadro nazionale dei siti contaminati e preoccupano assai la Commissione i recenti casi di siti contaminati all'interno di siti industriali di aziende importanti a livello nazionale, mai denunciati, e per i quali la magistratura ha condotto indagini con le forze di polizia giudiziaria (es. Enichem di Porto Marghera) o ha posto sotto sequestro (es. Enichem di Brindisi e Raffineria Esso di Augusta) ampie zone dei siti produttivi per la presenza di aree interne contaminate da rifiuti pericolosi (polveri di PVC, catalizzatori, solventi clorurati, etc) interrati. Il recente differimento dei termini temporali per l'autodenuncia dei siti contaminati, al 31 marzo del 2001, da parte dei soggetti interessati, non favorisce certamente la soluzione dei problemi connessi alle bonifiche e all'impatto negativo che i siti contaminati possono comportare non solo sull'ambiente ma anche sulla salute della popolazione esposta. Destano anche preoccupazione i dati rilevati da questa Commissione sugli impianti di *marketing* e della rete vendita carburanti del settore petrolifero. La ristrutturazione della rete vendita (si ipotizzano interventi su circa 25000 punti vendita), ai sensi del Dlgs n. 32/98 e nel rispetto del decreto ministeriale n. 246/99 sui serbatoi interrati, fa prevedere notevoli interventi di bonifica e ripristino ambientale una volta rimossi i serbatoi che nel tempo hanno causato la contaminazione delle falde da idrocarburi, tra cui il benzene, e da MTBE, sostanza cancerogena già oggetto di indagine specifica negli USA in tempi assai recenti, per come sopra detto.

## 2. LE TECNOLOGIE DI BONIFICA.

### 2.1 Stati Uniti d'America.

Nell'ambito del *Superfund innovative technology evaluation program* sono state sviluppate, come sopra detto, numerose tecnologie per lo smaltimento dei rifiuti derivanti dalle operazioni di bonifica e per la bonifica stessa effettuata in tre modi: *in situ* ossia all'interno del sito contaminato, *on site*, ossia nell'area contaminata, e *off site*, ossia al di fuori e comunque all'esterno dell'area contaminata. Le tecnologie sviluppate inoltre sono applicate sia in cantieri fissi con apparecchiature fisse, sia con impianti mobili installati su trailers. Il rapporto EPA/540/R-97/502 del dicembre 1996 dà la situazione aggiornata dei profili tecnologici dei sistemi di bonifica. Il *Site program* relativo alle bonifiche è lungi dal considerarsi concluso, infatti, al suo interno sono contenuti programmi dimostrativi di nuove tecnologie, programmi tecnologici per le emergenze, programmi di caratterizzazione e monitoraggio dei siti contaminati o dopo bonifica, programmi inerenti al trasferimento di tecnologia. Alla data del dicembre 1996 risultavano presentati all'EPA n. 80 progetti dimostrativi riguardanti la termidistruzione, la *bioremediation in situ*, la *bioremediation on pile*, il *soil washing*, l'estrazione con solvente, la *fitoremediation* (processo di

bonifica dei suoli attraverso l'apparato radicale delle piante, molto efficace per rimuovere i metalli pesanti), la solidificazione e la stabilizzazione, l'ossidazione catalitica, l'iniezione di vapore *in situ*, la termoessiccazione, la dechlorinizzazione, la stabilizzazione *in situ*, la vetrificazione *in situ*. il riscaldamento a radiofrequenze, la *thermal desorption*, il trattamento biologico con funghi, il *pump and treat*, il *bioventing in situ*, lo *steam stripping*, la vetrificazione ad arco, l'estrazione *in situ* e *on site* sotto vuoto, la gassificazione, l'ossidazione con raggi ultravioletti.

## 2.2 Canada, Australia.

In Canada sono state sviluppate tecnologie analoghe a quelle sperimentate negli Stati Uniti d'America. È stato attivato un buon mercato di operatori del settore. Le tecnologie sviluppate riguardano la bioremediation dei suoli contaminati da idrocarburi, e da pentacloro fenoli, il lavaggio dei suoli con unità mobili, impianti pilota per la demercurizzazione dei suoli inquinati, la decontaminazione dei terreni contaminati da PCB, il trattamento di bioremediation con biopile, la bioremediation dei terreni contaminati da benzina a seguito della foratura dei serbatoi interrati, l'inertizzazione dei metalli pesanti presenti nei terreni e nei fanghi, il *landfarming* (bioremediation) di terreni contaminati da idrocarburi policiclici aromatici. È stato anche sviluppato e brevettato un progetto di termodistruzione denominato Eco-logic capace di trattare 340 tonnellate di rifiuti pericolosi e il costo di investimento si aggira sui 350 miliardi. In Australia, nel piano regionale rifiuti del 1998 « *Inner Sydney Waste Board: Regional Waste Plan 1998* » viene data grande enfasi ai programmi di minimizzazione dei rifiuti e al riciclo per quanto possibile ed una serie di raccomandazioni per la gestione delle bonifiche dei suoli contaminati. Le tecnologie che sono più ricorrenti sono quelle di *bioremediation*. È stato sperimentato un impianto di termodistruzione, il Plascon, capace di trattare 250 tonnellate di rifiuti con un costo di investimento di 2.5 miliardi.

## 2.3 Il risanamento dei siti contaminati: l'esperienza internazionale.

Gli Stati Uniti d'America hanno sviluppato nel corso degli ultimi anni un programma (*site program*) che, permettendo agli operatori del mercato di sperimentare proprie tecnologie sotto la supervisione dell'EPA (*Environmental Protection Agency*), ha condotto all'ottenimento di una serie di brevetti per la bonifica di siti contaminati da varie sostanze chimiche. per attuare il risanamento dei siti contaminati, l'agenzia americana si avvale dei fondi fiduciari. Il « *comprehensive environmental response, compensation and liability act* » (cercla) o *superfund*, entrato in vigore nel 1980, conferisce all'Epa l'autorità di perseguire i responsabili della contaminazione di un sito, costringendoli a provvedere al suo risanamento. Qualora i responsabili non siano reperibili, o in caso d'urgenza, l'Epa provvede, in proprio, al risana-

mento con i fondi fiduciari, ferma restando la sua facoltà di rivalsa verso i responsabili per il recupero delle spese sostenute. Il problema dei rifiuti e del risanamento dei siti contaminati è molto sentito negli Stati Uniti d'America, come evidenziato dai notevoli stanziamenti (circa 2 miliardi di dollari nel 1999) destinati dal governo a questo problema. Si è accertato infatti che, conseguenza del non corretto smaltimento dei rifiuti, è la contaminazione delle falde acquifere, che rappresentano la sorgente di acqua potabile per la metà del popolo americano. Per tale motivo, l'azione dell'Epa viene svolta su tre fronti: risanamento dei siti contaminati, interventi presso i serbatoi interrati nei quali siano state riscontrate delle perdite, prevenzione degli spargimenti di petrolio. Una volta identificato il sito contaminato, viene effettuata una valutazione preliminare, l'*hazard ranking system* (hrs), per determinare se lo stesso meriti l'inclusione nella « *national priority list* » (npl), ovvero la lista dei siti peggiori, che comprende oltre 1400 siti, il cui risanamento è previsto (almeno nella maggior parte dei casi) per il 2001. Le perdite dai serbatoi interrati rappresentano una delle principali sorgenti di contaminazione delle falde acquifere (circa il 20% delle falde acquifere degli Stati Uniti risulta contaminato da MTBE (metilterziariobutiletere), un composto ossigenato che si aggiunge alle benzine riformulate per ridurre le emissioni di un certo numero di inquinanti dell'aria presenti nei gas di scarico delle automobili). Infine, ogni anno, si verificano negli Stati Uniti circa 12 mila versamenti accidentali di petrolio, che in gran parte coinvolgono acque interne e litorali. Al fine di garantire un'adeguata protezione contro questi eventi e la predisposizione di adeguate misure di emergenza, è prevista una stretta collaborazione tra l'EPA, i governi degli Stati e le amministrazioni locali. L'*Hazard Ranking System*, HRS, è il principale meccanismo di cui l'EPA dispone per inserire i siti di rifiuti incontrollati nella lista di priorità nazionale (NPL). È un sistema di vaglio che utilizza le informazioni ottenute dalle indagini preliminari e dall'ispezione *in loco* per valutare il potenziale del rischio del sito per la salute umana e l'ambiente. Nel settore degli interventi di messa in sicurezza e di bonifica (sia con impianti mobili che con installazioni fisse) si è consolidata una notevole esperienza internazionale che vede gli Stati Uniti d'America giocare un ruolo dominante grazie anche ai sopracitati programmi sperimentali attivati con il *Site Program* e con i finanziamenti del *Superfund*. Il risultato si è concretizzato in brevetti e riconoscimenti che hanno consentito agli operatori di esportare le loro tecnologie in altri Paesi. Un esame comparativo delle tecnologie di biorisanamento « *in situ* » è stato presentato di recente dal « *Department of Defense – National Environmental Technology Test Site* », con riferimento all'attenuazione naturale, all'iniezione d'ossigeno ed aria ed all'iniezione microbica, per la bonifica della falde contaminate da idrocarburi aromatici e da MTBE. Un'altra tecnologia USA, assai promettente, appare quella denominata « *in-situ air sparging* » (IAS), che consiste nell'insufflare nel sottosuolo dell'aria mediante diffusori orizzontali. Tale sistema, rispetto al « *ex-situ stripping* », presenta il vantaggio di evitare i costi associati all'estrazione ed alla restituzione dell'acqua di falda. Un processo col quale è possibile ottenere l'eliminazione rapida di MTBE e di composti aromatici è quello dell'ossidazione con microbolle di ozono. Infine per la rapida eliminazione

delle sorgenti di idrocarburi dall'acquifero sono state utilizzate in combinazione le tecnologie « *In-situ air sparging* » e « *soil vapor extraction* ». L'Europa ha per prima assorbito l'esperienza USA, metabolizzandola ed attivando, a sua volta, propri sistemi di intervento. Ne è derivato di conseguenza un interessante sviluppo di specifiche tecnologie (*soil washing*, *bioremediation*, inertizzazione, *air sparging*, *air stripping*, etc.). Il travaso di tecnologia dagli USA all'Europa, è stato accompagnato nel contempo da *expertise* professionale, anch'essa recepita ed integrata dai Paesi comunitari. Il risultato è che oggi in Europa esistono tecnologie e professionalità consolidate, in Francia, Gran Bretagna, Olanda, Danimarca, Germania.

#### 2.4 Lo scenario dei siti contaminati nella Comunità europea.

In considerazione della complessità della materia, la Comunità Europea non ha ancora emanato una specifica direttiva sui siti contaminati ma ha tuttavia finanziato studi sperimentali, progetti, interventi, premessa indispensabile per creare una cultura specifica di settore. Pur tuttavia, sono numerosi i Paesi comunitari che, singolarmente, anche dietro pressione dell'opinione pubblica e delle associazioni ambientaliste, si stanno cimentando, già da qualche tempo e con successo (i casi dell'Olanda, della Danimarca, della Germania lo dimostrano), nel settore degli interventi di bonifica dei siti contaminati, sviluppando, implementando, applicando e adattando alle proprie necessità tecnologie USA, non senza aver elaborato prioritariamente regole applicative ed amministrative. Secondo stime accreditate, la quantità totale di terreni contaminati nei Paesi europei si aggirerebbe intorno a 150.000 siti, mentre quella relativa ai rifiuti della contaminazione si attesterebbe intorno ad un miliardo di metri cubi.

### 3. GLI INTERVENTI DI BONIFICA NAZIONALI.

Una delegazione del Ministero dell'ambiente, composta da esperti nazionali, ebbe modo di verificare, nel corso di una serie di sopralluoghi in Danimarca nel mese di settembre 1995, quanto avanti fosse quel Paese nel settore delle bonifiche. Si constatò infatti, in quella occasione, che la tecnologia del lavaggio del suolo realizzato con progetto Life a Copenaghen su un'area contaminata da catrami da *carbon coke*, dell'*air stripping* seguito da assorbimento su carbone attivo applicato su terreni di stazioni di servizio contaminati da benzina, della *bioremediation* applicata ai terreni sottostanti ai supermercati Ikea contaminati da PCB, era applicata quasi routinariamente. Da quell'esperienza non sono stati ricavati purtroppo utili insegnamenti per il nostro Paese, dal momento che il settore degli interventi di bonifica risulta ancora in forte ritardo, in considerazione anche dei forti costi economici associati. Non tutti i piani regionali di gestione dei rifiuti comprendono la programmazione degli interventi di bonifica come invece previsto dall'articolo 22 del Dlgs n. 22/97. A fronte di una disomogeneità dei piani regionali di gestione dei rifiuti, vi è tuttavia da