

# **SISTEMI DI SMALTIMENTO E RICICLAGGIO**

## Cicli in natura

I cicli naturali consistono nella **circolazione ripetuta di sostanze**; questi cicli si svolgono **attraverso una serie di interazioni fra organismi e forme di accumulo delle sostanze**. Quando un organismo muore, il suo corpo si decompone e i prodotti della decomposizione vanno a far parte del suolo, dell'aria, dell'oceano e delle rocce. Sono utilizzati anche per formare i corpi degli organismi della generazione successiva.

### Il ciclo dell'acqua

**La maggior parte degli organismi della terra vive nelle acque** degli oceani, dei laghi, dei fiumi, negli stagni e nelle paludi. **L'acqua costituisce fino al 96% del peso degli esseri viventi. La maggior parte delle reazioni chimiche fondamentali ha luogo nell'acqua.**

L'acqua è indubbiamente **la sostanza più importante nella biosfera**; eppure, la scarsa riserva di acqua nelle regioni terrestri determina la vegetazione di interi biomi. L'acqua è anche **il fattore limitante in agricoltura e nell'industria.**

Circa il 97% dell'acqua della terra si trova nei suoi oceani, ma molte società umane dipendono dall'acqua dei fiumi e dei laghi. Le radici delle piante dipendono dall'acqua contenuta in piccoli spazi tra le particelle del suolo. Senza il continuo rifornimento di queste piccole quantità di acqua, la vita sulla terra sarebbe impossibile. **I fiumi, i laghi e l'acqua sotterranea sono alimentati dalla pioggia e dalla neve, derivanti dalla condensazione del vapore acqueo atmosferico**; parte di questo vapore si forma per evaporazione di acqua dalla terra, dai laghi, dai fiumi e dalla superficie delle piante, ma la maggior parte di esso deriva dall'evaporazione della superficie degli oceani.

**L'atmosfera contiene circa lo 0,3% dell'acqua della terra, ma è soltanto in questa forma che l'acqua è trasportata dal grande reservoir oceanico alla terra.** Senza questo passaggio, i continenti sarebbero dei deserti desolati.

Gran parte del vapore acqueo atmosferico deriva dal mare; tuttavia, gran parte della pioggia cade sulla terra. La situazione è equilibrata dall'acqua di scorrimento riportata dai fiumi ai mari. **Questo movimento di acqua dall'oceano all'atmosfera, al terreno e di nuovo agli oceani è detto "ciclo dell'acqua".**

## Il ciclo del fosforo

Il fosforo è **un minerale che si trova nelle conchiglie, nelle ossa e nei denti**; inoltre, fa parte della sostanza responsabile della **trasmissione dei caratteri ereditari** dai genitori ai figli; inoltre, è utilizzato dagli organismi nei cambiamenti energetici che avvengono all'interno dei loro corpi.

E' presente in **quantità limitate**. I terreni soggetti a forti precipitazioni perdono fosforo facilmente. **La bassa quantità di fosforo presente in pieno oceano** è la ragione principale per cui in esso vivono pochi organismi.

**Il f. utilizzato dagli o. viventi è stato accumulato sotto forma di fosfati milioni di anni fa.** Man mano che i fosfati si sciolgono nell'acqua piovana, penetrano nel suolo o sono portati via dai fiumi che si versano nel mare. **Le piante terrestri assorbono i fosfati; queste piante poi sono mangiate dagli animali, i cui corpi, alla loro morte, si decompongono; altre piante infine assorbono questi fosfati mediante le radici, e il ciclo continua.**

I fosfati non si sciolgono facilmente nell'acqua, per cui, parte di quelli versati nell'**oceano** si deposita a fondo e il resto può essere assorbito dalle **alghe marine**. Le alghe, ricche di fosfati a loro volta, sono **mangiate dai pesci; gli uccelli marini che si nutrono di pesci riportano parte dei fosfati al terreno, con i loro rifiuti**. Grandi quantità di questi escrementi di uccelli, detti **"guano"** si trovano lungo la **costa del Perù** e sono importanti fertilizzanti.

L'acqua e il f. sono soltanto due esempi fra le molte sostanze che seguono un ciclo sulla superficie del nostro pianeta.

## Il ciclo del carbonio

**Le piante verdi usano energia solare e composti inorganici per fabbricare cibo.**

Il c. costituisce circa il 18% in peso delle sostanze non viventi. Questo c. deriva dall'anidride carbonica, che costituisce lo 0.03% dell'atmosfera. Le piante verdi, **in particolare, assorbono l'a.c. atmosferica e la combinano con l'idrogeno**, per produrre **carboidrati**. Questi possono essere trasformati in altre sostanze nutritive come **grassi e proteine**. I carboidrati, grassi e proteine costituiscono le cellule del corpo della pianta. **Quando gli erbivori mangiano le piante**, quelle sostanze contenenti c. sono trasformate in sostanze necessarie per formare le cellule di quell'animale.

**Ad ogni passaggio della c.a.**, da produttore a consumatore e da consumatore a decompositore, **alcune di queste sostanze sono usate per liberare energia**. Questo avviene attraverso la **respirazione**. L'energia del cibo è liberata dai produttori, dai consumatori e dai decompositori e ritorna come a.c. all'atmosfera. Da qui è disponibile ancora una volta per le piante verdi, per cui diciamo che il **carbonio** è stato **riciclato**.

Quando gli o. acquatici usano il cibo come combustibile, liberano a.c. nell'acqua, per cui passa ad altri o.i acquatici e alle alghe. La **fotosintesi vegetale e la respirazione** delle piante e degli animali **si complementano a vicenda**.

## Flusso di energia e ciclo di sostanze nelle catene alimentari

L'energia solare è immagazzinata nel cibo prodotto dalla pianta; la pianta è mangiata dal coniglio che, a sua volta, è mangiato dal coyote. Quando il coyote muore, il suo corpo è decomposto da insetti, vermi, funghi e batteri. I prodotti della decomposizione sono liberati all'esterno, disponibili per essere riutilizzati. La decomposizione è quindi estremamente importante; se non avesse luogo, tutte le sostanze

nutritive rimarrebbero a far parte dei corpi morti e nessuna sarebbe disponibile per nuovi esseri viventi. Il riciclaggio delle sostanze è insomma indispensabile in natura, mentre l'e. non è riciclata.

### Le catene alimentari

**Ad ogni passaggio dal produttore ai consumatori e ai decompositori c'è un trasferimento di e. e di sostanze da un organismo all'altro. Un flusso di e. e un trasferimento di materia caratterizzano una catena alimentare;** ogni passaggio nella catena alimentare è un livello trofico. I produttori consumatori primari e i consumatori secondari occupano i primi 3 **livelli trofici**.

### Reti alimentari

Poiché la maggior parte degli animali mangiano e sono mangiati da una varietà di organismi, parecchie catene alimentari sono intrecciate fra loro. **Il sistema formato da più c.a. intrecciate è detto "rete alimentare"**.

Nel caso in cui ci siano molti tipi di organismi, le reti alimentari possono diventare complesse; il loro vantaggio è la possibilità di vie alternative. **Le comunità naturali che coinvolgono una grande varietà di organismi sono spesso meno sensibili ai danni provocati dai cambiamenti;** una catena alimentare semplice, invece, al primo anello mancante si spezza.

### Interrelazioni fisico-biologiche: fattori abiotici

**Tutti gli o. di una comunità naturale interagiscono gli uni con gli altri e con l'ambiente abiotico. L'ecologia è lo studio di come gli esseri viventi siano in relazione fra loro e con l'ambiente non vivente.**

Le popolazioni di organismi possono essere influenzate da varie condizioni climatiche. Una ninfea troverebbe difficile vivere in un deserto, quanto un cactus in uno stagno. Ci sono **molti fattori abiotici nell'ambiente che hanno effetto sugli esseri viventi;** alcuni di questi fattori sono **il clima, la fertilità del suolo e l'acqua.** Inoltre, l'ambiente fisico degli o. può essere modificato dalle attività degli organismi stessi. La nostra respirazione, ad es., modifica la composizione dell'aria circostante; le attività delle piante, degli animali e dei microrganismi influiscono sul suolo.

### Riserve di carbonio

**L'eccesso di CO<sub>2</sub> atmosferica è assorbito dagli oceani.** Man mano che aumenta la concentrazione, sempre più CO<sub>2</sub> viene trasformata in calcare che si deposita nelle rocce. Inoltre, gli scheletri e le conchiglie degli animali marini morti si accumulano al fondo degli oceani, per cui **le grandi riserve di carbonio sono l'atmosfera, gli oceani e le rocce depositate al fondo.** Il c. è conservato **anche** sotto forma di **carbone e petrolio,** i quali nella combustione restituiscono CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Anche l'**attività vulcanica** contribuisce a ciò.

## Il ciclo dell'azoto

L'a. è un altro elemento fondamentale per gli esseri viventi e costituisce **Più del 70% dell'atmosfera**. Pur essendo abbondante, **la maggior parte degli organismi non è capace di utilizzare l'a. atmosferico**, per cui questo deve essere trasformato in sostanze utilizzabili, quali **ammoniaca, nitrato di ammonio, urea**, e tale processo di trasformazione si chiama **fissazione di azoto**.

In natura, l'a. è fissato in **2 modi**: mediante le **scariche elettriche** atmosferiche e mediante i **microrganismi**. Nel **primo modo**, l'energia delle scariche **scinde la molecola** dell'azoto, che così si combina con l'ossigeno atmosferico; gli ossidi di a. formati si dissolvono nella pioggia e formano i nitrati. Nel **secondo modo**, i **microrganismi**, come quelli che vivono in associazione con le leguminose e altre piante, **fissano l'a. combinandolo con l'ossigeno**. In questo modo, le piante assorbono l'a. del terreno in forma di nitrati.

**I composti azotati nei rifiuti animali e le proteine degli organismi morti sono fonti di e. usate dai decompositori come i batteri e i funghi. Questi organismi liberano a. in forma di ammoniaca. Le piante sono capaci di assorbire ammoniaca direttamente**, mediante le radici e in alcune specie mediante le foglie. Tuttavia, la maggior parte dell'azoto ammoniacale si combina con l'ossigeno e tale processo è provocato da altri organismi, (**nitrificazione**).

Un altro gruppo di batteri trasforma i nitrati in a., restituendolo all'atmosfera. Questi **batteri denitrificanti** vivono in tipi di suolo con basso contenuto di ossigeno e usano l'azoto come fonte di ossigeno. La denitrificazione è frequente in tipi di suolo che hanno gli spazi di aria riempiti da acqua per lunghi periodi di tempo.

## Ecosistemi

Tutte le interrelazioni di cui s'è parlato hanno luogo in un ecosistema. **Un ecosistema è una combinazione di una comunità biotica e dell'ambiente non vivente con il quale interagisce** (es.: uno stagno, un acquario, una foresta, ecc.).

## Ciclo chiuso

Il movimento del c. è un ciclo chiuso che passa **dall'atmosfera o dall'oceano attraverso la catena alimentare**. Inoltre, se si riduce la concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica, altro gas è liberato dal mare.

Negli ultimi 20 anni il contenuto di co<sub>2</sub> atmosferica è aumentato a causa della combustione di combustibili e del disboscamento di foreste (**effetto serra**).

## L'energia

**A differenza della materia, l'energia non può essere conservata come tale; è possibile soltanto osservare i suoi effetti. L'e. è la capacità di provocare movimento in un oggetto. L'e. gravitazionale** ha la capacità di far scorrere un corso d'acqua giù per una vallata; **l'e. meccanica** di un muscolo fa muovere il braccio; **l'energia radiante**, come la

luce, fa muovere gli elettroni in certe sostanze come le foglie verdi. **L'energia termica** (calore) è l'energia delle molecole in moto.

**L'e.** non solo appare in forme diverse, ma **può essere trasformata da un tipo ad un altro**. La maggior parte delle forme di e. sono infatti interscambiabili; tuttavia, durante i cambiamenti non si ha né guadagno né perdita di e.

### Energia potenziale ed energia cinetica

Ci sono molte forme di e., ognuna delle quali può esistere sia come e. potenziale sia come e. cinetica,. **L'e. che è inattiva** o accumulata in una forma qualunque è detta **“potenziale”**; **l'energia di movimento è detta cinetica**. Un masso in bilico sull'orlo di un precipizio possiede e. potenziale; quando precipita in basso la sua energia potenziale si trasforma in e. cinetica. L'energia chimica contenuta nel cibo è energia potenziale; quando gli organismi utilizzano il cibo, l'energia potenziale si trasforma in e. cinetica che rende possibili tutte le attività degli esseri viventi.

### Dall'ordine al caos

L'e. è fondamentale per comprendere la vita. **L'e. può essere trasferita da una sostanza ad un'altra e trasformata da una forma ad un'altra**. A causa di tutte queste attività, **un po' meno dell'e. totale è utilizzabile** per ulteriori cambiamenti: una parte infatti scompare. L'energia è diventata così meno organizzata, meno concentrata, meno utile per gli organismi. L'e. liberata sotto forma di calore, ad es., non è più disponibile per altri usi.

**Negli esseri viventi, tutta l'e. alla fine è trasformata in energia termica**. Il calore è l'e. del moto continuo e casuale delle molecole. Mentre la luce solare è e. altamente organizzata, il calore è energia disordinata. Il flusso dell'energia è sempre in direzione tale da diventare meno organizzata; non può più essere utilizzata dalle piante verdi per la fotosintesi, come lo può essere l'energia luminosa.

### Come si distribuisce la luce del sole

**Soltanto una piccola parte dell'e. solare raggiunge la terra; ma è questa e. a sostenere tutti i sistemi viventi nella biosfera**. Dall'e. solare che raggiunge la terra, **meno del 5%** è usata dalla piante verdi per la fotosintesi. Nella fotosintesi, l'e. solare trasforma acqua e anidride carbonica in carboidrati e ossigeno. I carboidrati possono in seguito essere trasformati in altre sostanze o utilizzati come fonte di energia.

### Misura dell'energia e della produttività delle piante

Per capire il ruolo dell'energia nella biosfera, i biologi hanno bisogno di misurare il contenuto energetico della sostanza vivente. Poiché tutta l'energia è, prima o poi, trasformata in calore, è conveniente usare le unità termiche per misurare l'e. l'unità fondamentale del calore e dell'e. è la caloria (cal.)

## **Confronto fra produttività nette**

Il fattore assente che limita la sopravvivenza e la produttività degli organismi è detto fattore limitante.

Un fattore limitante dei mari aperti è spesso la mancanza di nitrati o di fosfati. Un fattore limitante può essere anche rappresentato da un singolo elemento inquinante la cui abbondanza limita la crescita degli organismi. Tutti questi elementi tendono a ridurre la produttività netta di un ecosistema.

## **Produttività agricola**

L'e. fornita in aggiunta alla radiazione solare per la produzione dei raccolti è detta "sussidio energetico". I sussidi energetici forniti dagli uomini, dagli animali o dalle macchine sono detti energia artificiale.

## **La piramide dell'energia**

E' grande la diminuzione di produttività quando si passa dal produttore al consumatore terziario. Questa caratteristica rappresentazione delle catene alimentari è detta piramide dell'energia.

Perché ad ogni livello la produttività è minore rispetto al livello precedente? Le ragioni sono parecchie. Innanzi tutto, non tutto il cibo di un livello è in realtà mangiato dal livello successivo. In molti ecosistemi, si consuma meno del 10% delle sostanze disponibili. Inoltre, una parte delle sostanze non è commestibile, come, ad es., i tronchi d'albero o le piante velenose. I carnivori non mangiano le parti ossee e i gusci degli animali.

La seconda ragione è che non tutto il cibo mangiato è utile all'animale che lo mangia perché non sempre contiene sostanze nutritive nelle proporzioni giuste. Ad es., l'azoto può essere un fattore limitante nella dieta; un o. può sprecare grandi quantità di cibi ricchi di energia per procurarsi abbastanza a.

Una terza ragione è il metabolismo. Esso è la somma di tutte le reazioni chimiche interessate alle attività vitali. Molta energia è richiesta per le normali attività vitali, fra cui il mantenimento e la riparazione dei tessuti del corpo.

Durante il metabolismo, l'e. viene trasformata attraverso una serie di cambiamenti. Ad ogni passaggio, l'e. diventa meno ordinata e una parte maggiore si trasforma in calore. Eppure, è attraverso questi cambiamenti che o. riescono a ottenere l'e. necessaria per sopravvivere. La parte trasformata in calore, tuttavia, non è più utilizzabile al livello successivo dei consumatori. Questo spiega perché ci sono solo quattro o cinque livelli in una piramide o catena alimentare e perché il numero dei carnivori alla sommità della piramide è generalmente piccolo.

## **Rendimento energetico**

Il rendimento è il rapporto tra la produttività netta di un livello trofico e quella del livello trofico precedente.

## L'ultima danza

**I carnivori** alla sommità della catena non sono catturati vivi; quando, alla fine, muoiono, anch'essi sono mangiati. Questi animali **insieme ad altri o. morti e ai loro rifiuti, contengono ancora dell'energia utilizzabile**, per cui il processo di estrazione di energia continua **attraverso** la catena dei **decompositori**. Le grosse molecole costruite con l'energia solare alla fine si spezzano, liberando energia per i batteri, lombrichi, funghi. **Le sostanze nutritive versate nel suolo e nell'acqua possono essere usate di nuovo dai produttori**. L'e. invece non è riciclata, bensì perduta come calore. In questo modo, dunque, l'energia organizzata generata dal sole, diventa una danza disordinata di molecole irradianti la loro energia nello spazio.

## I rifiuti e l'inquinamento

### Rifiuti domestici

**Circa il 10% degli scarichi degli USA passa direttamente nei fiumi, nei torrenti o nell'oceano**; fortunatamente, **in molte città gli scarichi vengono trattati prima** di essere versati in acqua.

La maggior parte dei sistemi di fognature riescono ad eliminare dagli scarichi **fino al 90% dei componenti organici, ma non riescono ad eliminare gli ioni inorganici, come i nitrati e i fosfati**.

**I fosfati** rappresentavano un componente importante dei **detersivi** fabbricati negli **anni '60**. **Fosfati e nitrati** sono spesso un fattore limitante negli ecosistemi acquatici e, **se improvvisamente abbondanti**, possono provocare un'espansione nelle popolazioni delle alghe. L'aumento di una popolazione di alghe in seguito all'aggiunta improvvisa di fosfati e/o nitrati è detta **"fioritura di alghe"**: dopo un periodo di crescita esplosiva, **le alghe degli strati inferiori**, sopraffatte dagli strati superiori, muoiono e si decompongono. **Gran parte dell'ossigeno disciolto viene utilizzato per la loro decomposizione**, per cui la popolazione di **pesci** si viene a trovare in condizioni di scarsità di ossigeno e muore.

**L'eliminazione di fosfati, nitrati e molti altri ioni dagli scarichi è un'operazione difficile**. Attualmente, si sta studiando un sistema basato sull'uso del suolo, con le sue radici e i suoi microrganismi.

### Rifiuti agricoli

**I rifiuti del bestiame che pascola libero** sono ampiamente distribuiti, ma **i rifiuti del bestiame nutrito con cereali** sono concentrati nei recinti, per cui si produce più letame di quanto possa essere utilizzato nei campi. **Prima** che fossero messi a punto i recenti sistemi di pretrattamento dei rifiuti, il deflusso ipodermico dei recinti si versava **direttamente nei fiumi e nei torrenti**, provocando la morte di molti pesci. Ma c'è anche un altro problema: molto del sale contenuto nel cibo di animali recintati finisce nei loro rifiuti e può, alla fine, ostacolare la crescita delle piante.

**Recentemente**, gli agricoltori hanno optato per i **fertilizzanti sintetici**, cosicché poche sostanze organiche tornano al suolo ed è possibile avere raccolti migliori. **Ma**, per aumentare i raccolti, molti agricoltori hanno usato **fertilizzanti in eccesso**, con la conseguenza che **i nitrati in più** vengono scaricati **nei fiumi e filtrano fino alla falda freatica**.

**L'aumento della mortalità infantile** è stato associato alla contaminazione dell'acqua.

## I residui dei pesticidi

Nel 1963 il DDT aveva eliminato quasi del tutto, in molte regioni, le zanzare che trasmettono il parassita della Malaria. Ma nel 1972, l'uso del DDT negli USA venne proibito; era stato accertato infatti che, oltre ad uccidere gli insetti, esso danneggiava altri animali come i lombrichi, i pesci e certi uccelli ed era presente nei tessuti di molti organismi, compresi gli esseri umani.

Il DDT resiste al decadimento e tende ad accumularsi nei tessuti adiposi, anziché essere eliminato dagli animali. Inoltre, la sua concentrazione aumenta man mano che si sale lungo la catena alimentare. Ad es., se una palude viene spruzzata con DDT per eliminare le zanzare, tracce della sostanza si accumulano nei piccoli organismi acquatici; quando questi sono mangiati dai molluschi, il DDT si accumula nei tessuti grassi dei molluschi in una concentrazione 10 volte superiore a quella presente negli organismi più piccoli (nei gabbiani è 40 volte la concentrazione dei lombrichi). Questo processo di concentrazione delle sostanze, passando da un anello di una catena alimentare a quello successivo, è detto "ingrandimento biologico".

A causa di questo fenomeno, i carnivori alla sommità di catene alimentari più lunghe presentano le concentrazioni più elevate di DDT (pellicani, falchi, aquile, ecc.).

## L'inquinamento industriale

Gli scarichi contengono a volte sostanze chimiche dannose, che possono accumularsi nel suolo. Sostanze chimiche di origine industriale possono essere scaricate nei laghi e nei corsi d'acqua.

Un gruppo di sostanze chimiche è rappresentato dai composti del mercurio, usati in molte industrie, che possono essere trasformati in una sostanza pericolosa, il metilmercurio, dai microrganismi al fondo dei laghi, così come dai pesci e dai mammiferi. Gli esseri umani possono ingerire dosi fatali di metilmercurio mangiando pesci contaminati.

Negli ultimi 200 anni, la combustione del petrolio e del carbone ha aggiunto ulteriori quantità di sostanze inquinanti all'atmosfera terrestre. Di interesse particolare sono i composti dello zolfo e dell'azoto, che vengono trasformati in acidi forti a contatto con l'umidità dell'aria. Questi acidi cadono poi a terra sotto forma di pioggia e di neve e hanno una varietà di effetti dannosi sulla vita animale e vegetale. Pericolosi sono anche il piombo, l'asbesto e il bifenolo policloridrato (PCBs).

## L'inquinamento termico

Si riferisce all'immissione di calore sia nell'aria che nell'acqua. La fonte più comune è costituita dalle centrali elettriche azionate da reattori nucleari o dalla combustione di gas, oli, carbone. Le centrali sfruttano l'acqua per raffreddare il generatore e poi la scaricano in un corso d'acqua.

## Le scorie radioattive e il fallout

Se i reattori e le armi nucleari continuano ad aumentare, aumenterà anche il problema di eliminare le scorie radioattive che continueranno a emettere radioattività per milioni di anni. Parte di questi rifiuti sono stati scaricati in mare, anche se ora un accordo

internazionale **impedisce questo** sistema. Si è pensato, **successivamente**, di **usare le miniere abbandonate** per depositare i rifiuti radioattivi.

**L'uso o gli esperimenti di armi nucleari introducono sostanze radioattive nell'atmosfera.** Le sostanze ricadono sulla terra come **fallout** e possono essere inalate dagli organismi o depositate sulle piante. Se ingerite o inalate da organismi viventi, il fallout radioattivo **può causare il cancro.**

### **L'inquinamento dell'aria**

**Fino al 1950**, l'inquinamento dell'aria era **provocato dalla combustione del carbone**; **oggi**, è provocato **soprattutto dai veicoli a motore.** Questo tipo di inquinamento è responsabile di **molte irritazioni degli occhi e seri danni alla vita vegetale.** E' stato calcolato che **un non fumatore che abiti in una grande città**, è esposto a **danni polmonari** dovuti all'inquinamento dell'aria **equivalenti a quelli** cui è esposta una persona che viva **in campagna e che fumi un pacchetto** di sigarette **al giorno.**

Le industrie installano, ora, dispositivi per ridurre la quantità dei fumi e gas immessi nell'aria. Le industrie automobilistiche dovrebbero mettere a punto sistemi antinquinamento da installare su tutte le automobili nuove.

### **Distruzione degli habitat**

Alcune specie sono state seriamente danneggiate dalla riduzione del loro raggio di casa; molte specie occupano habitat cui aspira anche l'uomo. Le paludi della prateria erano, un tempo, i luoghi dove nidificava la gru americana; da quando le paludi sono state prosciugate per scopi agricoli, la gru, come conseguenza, si trova in pericolo di estinzione.

### **Cause profonde del problema dello smaltimento degli RSU: il modello di sviluppo della civiltà industrializzata**

Viviamo in **una società complessa**, nella quale produciamo e consumiamo, in modo complesso, rifiuti a **crecente complessità merceologica.** Accanto a ciò si assiste ad un **continuo incremento dei rifiuti** prodotti.

**Questo dipende** dal fatto che la nostra civiltà è caratterizzata da un progresso incalzante, da una **accelerazione del ritmo di vita** e da una **utilizzazione sfrenata delle risorse naturali.** Il tutto è successo senza che l'uomo se ne sia realmente reso conto, **senza una pianificazione**, senza aver sviluppato le capacità di controllare e amministrare il progresso: spesso siamo diventati schiavi proprio di quel progresso da noi tanto auspicato.

**L'uomo estrae dall'ambiente le materie necessarie per le sue attività**, le lavora, le utilizza e, **infine, le trasforma in rifiuti.** Per molte materie si può affermare che l'uomo le estrae da giacimenti naturali, le utilizza e poi, direttamente o indirettamente, le rende alla natura, depositandole in giacimenti artificiali o discariche.

**La società moderna genera una quantità impressionante di prodotti di scarto.** Come si può pensare che questa astronomica quantità di sostanze di scarto, tutte pericolose, possa essere smaltita o riciclata senza offesa agli ambienti naturali e all'uomo? **Se si continua con questi trend** è facile prevedere che **non ci sarà più spazio** su questa terra per stivare e accumulare tutte le sostanze di cui non sappiamo cosa fare.

Sembra che siamo arrivati ad **una soglia oltre la quale sarà la produzione di rifiuti a dettare le leggi dell'economia.**

**Nei secoli passati la produzione annua dei rifiuti** delle attività umane era limitata a **poche decine di chilogrammi per abitante all'anno** con una produzione sul territorio continua e diffusa.

Con l'aumento dell'**industrializzazione**, della **crescita dei consumi**, accompagnati dall'**inurbamento** di una buona parte della popolazione **si è passati** da una produzione annua pro capite di una decina di chili a **parecchi quintali** o, in casi estremi, si sta superando la tonnellata.

Da una **indagine** condotta su **otto città europee**, **oggi le produzioni** dei rifiuti urbani annualmente variano **da 230 a 500 Kg/abitante/anno.**

### **Cause specifiche del problema: modalità di progettazione, produzione e commercializzazione dei beni di consumo e assenza di una cultura del recupero**

Le ragioni di tali fenomeni sono da ricercare principalmente nella progettazione e produzione dei beni di consumo, nella commercializzazione e distribuzione dei beni, nella quasi totale assenza di una cultura del recupero.

Il problema dei rifiuti esiste perché **la maggior parte dei beni è destinata ad essere usata una sola volta.** I beni vengono prodotti, acquistati, consumati e gettati con poco riguardo al **loro valore residuo.**

L'energia, i materiali e i costi ambientali associati ai sistemi di produzione, commercializzazione e consumo sono sconcertanti.

### **Composizione dei rifiuti urbani ed assimilabili**

Per quanto riguarda la composizione dei rifiuti urbani ed assimilabili, pur con dati ricavati con metodi di valutazione diversi da città a città, si rileva che **i materiali predominanti sono la carta e il cartone ed i rifiuti organici**, cioè i residui di cucina e di giardinaggio; complessivamente le due frazioni **sono il 40-60%** in peso **del totale** dei rifiuti.

Sono abbastanza costanti le percentuali dei **materiali plastici (tra il 5% e l'11%)**, e dei **metalli (3-4% in peso).**

**La composizione** dei rifiuti subisce inoltre **modifiche costanti**, legate all'evoluzione della nostra civiltà. Si valuta che **ogni giorno al mondo** si produca **un migliaio di nuovi composti** che, a compimento del loro ciclo di utilizzazione, finiranno forzatamente fra i rifiuti.

Inoltre, **negli ultimi decenni**, l'uomo ha **sintetizzato molte sostanze**, **che la natura può difficilmente degradare** o sopportare senza scompensi gravi.

**I rifiuti che sono addirittura pericolosi** (in particolare pile, farmaci scaduti, contenitori di vernici, di solventi, di fitofarmaci, di acidi, lampade, ecc.) sono **molto variabili.** **L'utilizzo di prodotti tossici**, fino a qualche decennio fa limitato alle grosse industrie, si è attualmente **generalizzato anche alle attività commerciali e perfino alle economie domestiche.**

**I rifiuti urbani, e perfino quelli domestici**, sono insomma **sempre più contaminati da sostanze tossiche** (come ad esempio, il **cadmio**, il **mercurio** e così via).

## La situazione in Italia

Non è molto diversa dall'Europa; secondo i dati ricavati dalle intese di programma delle Regioni con il Ministero per l'Ambiente, per il Programma triennale 1989-91, si rileva una quantità media di **400 Kg/abitante/anno** di rifiuti urbani (compresi i rifiuti del commercio e dei servizi) e la stima di produzione per il 1992 è di **24 milioni di tonnellate annue sull'intero territorio italiano**.

A questi si aggiungono i **fanghi di depurazione delle acque civili** (oltre 3 milioni di tonnellate/anno), **quelli derivanti da autoveicoli**, oltre **25 milioni di tonnellate di rifiuti industriali** e circa **47 milioni di tonnellate di rifiuti inerti**.

Alla crescita in peso dei rifiuti si accompagna, inoltre, un consistente **incremento nei volumi** dei rifiuti prodotti, **per effetto** di una elevata presenza di **imballaggi**. Il consumismo, sotto l'incalzante spinta della persuasiva pubblicità, fa sì che si acquisti l'imballaggio, "l'immagine" prima ancora del contenuto. La crescita dei volumi, accompagnata dalla complessità dei rifiuti, rende più difficile lo smaltimento e il recupero.

Da un confronto dei dati di produzione rilevati dal CNR alla fine degli anni '80 con i dati di produzione dei rifiuti ai nostri giorni, è possibile evidenziare un **aumento in 10 anni del 50% della produzione annua dei rifiuti urbani in Italia e un aumento annuale del 3-5% in peso e del 10-20% in volume**; ciò a causa dell'elevata presenza di carta, cartone, plastica sotto forma di imballaggi.

## Proposte di soluzione

Sia per la limitata disponibilità di materie prime che per ragioni di carico ambientale, è quindi auspicabile **ridurre al minimo i quantitativi estratti e quelli resi alla natura**: si è pensato alla riutilizzazione degli scarti e la si è definita **riciclaggio**.

Questa operazione può dare **buoni risultati a livello di scarti industriali**; **meno evidenti**, anche se propagandati, sono le possibilità di risultati **nel campo dei rifiuti domestici**: questo perché, data la **complessità merceologica dei rifiuti domestici**, **gli impianti di separazione** dei rifiuti funzionano con **poca efficacia** e generano prodotti di qualità scadente.

**L'aumento volumetrico e ponderale dei rifiuti e le difficoltà tecnico-organizzative** di un loro corretto **smaltimento** ed inoltre lo sfruttamento spesso indiscriminato delle risorse naturali, sono **i fattori fondamentali che inducono** alla necessità di **adottare soluzioni di recupero e riciclaggio**.

Diventa oggi **indispensabile** effettuare **un salto culturale** considerando **i rifiuti non più come "scarti da buttare"**, ma come **materiali che possono essere recuperati ed utilizzati** per il loro valore economico ed individuare le metodologie per ridurre le produzioni degli stessi.

1. Occorre quindi rispondere alla complessità del problema con una **differenziazione dei rifiuti, a partire dalle case e dalle altre fonti di produzione, per ottenere un flusso meno eterogeneo dei rifiuti** stessi, in modo tale da poterli avviare o al riutilizzo diretto o a più razionali tecnologie di selezione o di recupero o di smaltimento.
2. Forse, **quando il valore di un bene sarà correlato** non solo ai parametri economici che ne determinano il prezzo di mercato, ma **anche al costo del suo smaltimento, la corsa al consumo** ed all'accumulazione di scorie conoscerà finalmente un **rallentamento**.
3. In un quadro di crescente presa di coscienza della portata di alcune tematiche che riguardano i fattori di generazione degli squilibri ambientali, è **necessario affermare il valore della conoscenza e della ricerca**.

**Della quantità e della qualità dei rifiuti si sa infatti ben poco**; scarse sono le indagini in materia: **la vita di un “bene” è attentamente studiata** in tutti i suoi aspetti **fino a quando** questo, terminata la sua vita “utile”, **diventa “inutile”** e pertanto rifiuto.

La **conoscenza della formazione del rifiuto, della vita dei materiali che lo compongono, dei differenti flussi in relazione alle fonti che lo producono**, sono alcuni degli **indispensabili elementi** che consentono una corretta programmazione dell'organizzazione dei servizi di smaltimento: dal conferimento, alla raccolta, alle scelte delle tecnologie di smaltimento.

La conoscenza della qualità e della quantità dei rifiuti è insomma il primo passo per **individuare le possibili destinazioni dei rifiuti** in funzione di una loro divisione **fin dalla produzione**.

**Le opportunità di recupero e riciclaggio sono correlate all'adozione di un sistema integrato di metodologie di raccolta e di varie tecnologie di trattamento**, non potendosi più delegare alla sola discarica o alla sola termodistruzione il compito di smaltire i rifiuti così come sono.

E' certamente **opportuno agevolare la separazione dei rifiuti** domestici pericolosi e quelli delle attività produttive da quelli urbani già alla raccolta, ciò che quasi sempre comporta un adeguamento della modalità di consegna, **ma** va ricordato che **la raccolta differenziata e il sistema integrato di trattamento e smaltimento dei rifiuti risolvono solo in parte il problema** del continuo aumento dei rifiuti; occorre provvedere mediante interventi per la **riduzione della produzione**, che sono il recupero degli **imballaggi** prima dell'immissione nel ciclo dei rifiuti, **il riutilizzo dei rifiuti** nei cicli produttivi, nonché l'individuazione di **nuove tecniche di produzione più povere di scarti**.

## **METODOLOGIE E TECNOLOGIE DI RECUPERO E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI**

### **Scheda introduttiva**

**I principali metodi di smaltimento dei rifiuti solidi urbani sono:**

- **Deposito controllato nel terreno** (discarica);
- trattamento finalizzato al **riutilizzo di materiali (compost, RDF, ecc.)**;
- trattamento finalizzato all'**utilizzo di energia mediante termodistruzione o riduzione spinta della sostanza organica**;
- **raccolta differenziata**.

Per quanto riguarda l'Italia, **il metodo più diffuso** è quello dello smaltimento in **discarica**. La relazione sullo **stato dell'ambiente del 1992** ci offre questo quadro complessivo della **destinazione dei rifiuti urbani** in Italia:

- **discarica 89,8 %**
- **incenerimento 6,3%**
- **trattamento 3,9%**

Essendo la **produzione globale di R.S.U. del 1991 di 20 milioni di tonnellate, solo 2.040.000 tonnellate** hanno trovato una **modalità di smaltimento alternativa** al deposito in discarica .

## Funzionamento e gestione di una discarica controllata per lo smaltimento di RSU

Le operazioni relative allo smaltimento in discarica sono:

1. scaricamento dei rifiuti;
2. sistemazione a strati;
3. compattazione;
4. ricopertura.

Ogni giorno, **gli automezzi** adibiti alla raccolta dei rifiuti scaricano i rifiuti da smaltire; come già accennato, si tratta di **composti eterogenei** la cui composizione è molto variabile, di **basso peso specifico**, e che occupano quindi **grandi volumi**; **dopo la sistemazione a strati, i rifiuti vengono compattati** allo scopo di ridurre i volumi e di allungare, di conseguenza, la vita della discarica. **I rifiuti vengono sistemati in cumuli (celle) affiancati e sovrapposti**, in genere per non più di 2 mt di altezza, fino a formare il **primo strato orizzontale sul quale viene depositato lo strato successivo** in corrispondenza dei primi cumuli, **fino all'esaurimento della discarica** ovvero, al riempimento dello spazio disponibile nel bacino. Gli automezzi che si muovono sui cumuli sottostanti depositati precedentemente, esercitano un'ulteriore azione compattatrice.

**Alla fine di ogni giornata, tutti i rifiuti depositati al suolo vengono ricoperti di terriccio** perché non vi sia formazione di **odori sgradevoli** e le parti più leggere non possono essere sospinte dal **vento** e, inoltre, per evitare l'infiltrazione di **acque meteoriche**; tutta l'**area** adibita a discarica è **recintata**, per impedire l'ingresso alle persone non addette e ad animali randagi in cerca di cibo, e **schermata**, per catturare eventuali residui volanti sfuggiti durante le operazioni di scaricamento.

**Dopo il deposito** e la copertura, a causa della loro composizione eterogenea, **formano dei composti** che tendono a reagire tra loro, dando origine a **diversi processi di tipo biochimico** che è molto importante tenere sotto controllo.

**Il primo fenomeno è la degradazione della componente organica**; questa avviene grazie alla presenza dei **microrganismi** naturalmente presenti nei rifiuti, che metabolizzano la sostanza organica, trasformandola e stabilizzandola. Durante tale processo vi è la **produzione di biogas**, una miscela di gas che si forma **in condizioni di anaerobiosi, negli strati più profondi** della discarica; il biogas contiene **alte percentuali di metano** (tra il 52% e il 65%) e, per questo motivo, in molti casi viene captato e **riutilizzato** per la produzione di **energia elettrica** e per il **riscaldamento** dei locali di servizio dell'impianto di discarica. In ogni caso, anche se non si ritiene conveniente l'utilizzo del biogas, **deve esserne evitata la diffusione in atmosfera**, per questo motivo, esso viene captato e bruciato.

**Il secondo fenomeno**, di cui è necessario tenere conto, è **la formazione del percolato**. Il percolato, così come espresso dallo stesso termine, è **il liquido che percola dagli strati di rifiuti più superficiali**, più esposti alle infiltrazioni delle precipitazioni atmosferiche, agli strati inferiori. È quindi di **fondamentale importanza una rete di canalizzazioni, lungo il perimetro della discarica**, che impedisca l'afflusso di grandi quantità di acqua sulla superficie della stessa, oltre a un'adeguata **impermeabilizzazione del bacino** e ad un'adeguata **rete di drenaggio** del percolato, **per evitare** che entri in contatto con il **suolo sottostante**, con le **aree limitrofe** e, soprattutto, con le **acque superficiali e profonde**. **Il percolato trascina infatti con sé, in soluzione, elementi inquinanti contenuti nei rifiuti** e la sua composizione chimica varia in ragione della composizione dei rifiuti depositati nella discarica. **Il drenaggio e l'intercettazione del percolato** (che viene smaltito in un impianto di depurazione), **deve continuare anche ad esaurimento della discarica**.

**Periodiche analisi del percolato** possono dare **notizie importanti** sulla **correttezza nella gestione dell'impianto**; infatti, se nel percolato sono presenti microinquinanti tossicologici, ciò può essere un segnale allarmante per quanto riguarda l'origine dei rifiuti smaltiti.

**Lo smaltimento in discarica è semplice**, non richiede tecnologie complesse e grandi specializzazioni da parte del personale che opera la conduzione, **ma presenta anche aspetti**

che solo a un più attento esame si rivelano **altamente negativi**. Per questo tipo di smaltimento vengono richiesti **grandi spazi** che, per lunghi periodi, sino all'esaurimento della discarica, non sono altrimenti usufruibili; i rifiuti vengono smaltiti tal quali e **non vi è alcun recupero dei vari materiali contenuti nei rifiuti**; poiché i rifiuti hanno un peso specifico molto basso e sono scarsamente comprimibili, hanno bisogno di **grandi volumi** che portano ad un **rapido esaurimento della discarica** e alla necessaria ricerca di altre aree da adibire all'interramento dei rifiuti.

## **Discarica controllata: alcuni aspetti relativi alla scelta del sito e alla VIA**

### **Scelta del sito adibito a discarica controllata**

La sequenza corretta di una accurata progettazione si può così indicare:

1. scelta della zona da adibire a discarica
2. studio idrogeologico
3. considerazioni ecologiche
4. progettazione delle opere e degli impianti da costruire per un buon andamento dell'impianto
5. studio della sistemazione finale della discarica ai fini di un buon utilizzo del terreno
6. considerazioni sui recuperi energetici
7. valutazione dei costi di investimento ed esercizio
8. valutazione della capacità della discarica e sua durata
9. vicinanza ai luoghi di raccolta.

Bisogna considerare che il metodo di interrimento prevede quantitativi di terreno di ricopertura con un rapporto di 1:4 rispetto ai rifiuti; inoltre, il sito va scelto in modo che sia per sua natura impermeabile o impermeabilizzabile.

L'impermeabilizzazione si può realizzare in maniera diversa e con materiali diversi (argilla, calcestruzzo bituminoso, manti sintetici); ma deve comunque essere accompagnata da un sistema efficace di drenaggio, ad evitare che il percolato ristagni sul fondo.

In considerazione di questi costi e per ammortizzare gli impianti fissi, la discarica deve essere in grado di smaltire i RSU previsti per una durata di parecchi anni; la letteratura americana parla di periodi di almeno 10 anni.

Per ciò che concerne formazione e drenaggio del percolato, possiamo dire che la formazione delle acque di percolato dipende da svariati fattori, quali tipo e grado di compattazione di RSU, idrologia e precipitazioni medie della zona.

Una progettazione accurata deve prevedere anche lo smaltimento del percolato, nel pieno rispetto ecologico dell'ambiente.

### **Recuperi energetici**

Nelle discariche di sufficiente spessore di altezza (10-15 m.) risulta interessante la produzione di biogas, costituito essenzialmente da metano (50-60%).

Comunque, si tratta di un sistema che risulta molto interessante ed economicamente conveniente per le discariche esistenti che trattano un volume di rifiuti superiore al milione di metri cubi e con la possibilità di utilizzare il gas in un raggio di tre chilometri.

Allo stato attuale, in Italia esistono diverse discariche con recupero di biogas ed in particolare, a Verona è stato collaudato un impianto sperimentale che ha permesso il recupero e la successiva utilizzazione del biogas purificato nella rete cittadina.

## **Opere preliminari all'avvio della discarica: accorgimenti per le diverse opere-tecniche di interrimento**

### **Accesso**

Un accesso alla discarica deve essere limitato dalle recinzioni, onde evitare uno scarico indiscriminato di RSU; le strade di accesso devono essere utilizzabili in qualsiasi condizione di tempo, onde evitare accumuli di rifiuti.

### **Protezione dagli incendi**

Gli incendi mettono in pericolo la vita e le proprietà. Fumo e cattivi odori disturbano i confinanti ed ostacolano le operazioni di interrimento. I mezzi di protezione sono vari, ma generalmente comprendono rifornimento d'acqua, riserve di terra, ecc.

### **Scarico dei rifiuti**

Lo scarico dovrebbe essere continuamente controllato. Ciò perché la disposizione sistematica dei rifiuti, ristretta in una piccola area di scarico e coordinata con le operazioni di stesa e compattazione, riduce al minimo la dispersione dei rifiuti e rende veloce lo scarico dei veicoli di raccolta.

### **Controllo della carta**

La carta che svolazza può essere trattenuta mediante un recinto intorno alla zona di lavoro. Tutta l'area dovrebbe essere ripulita regolarmente. Lo scopo dell'interrimento igienico è eliminare i rifiuti in modo igienico.

### **Manutenzione delle attrezzature**

Si deve prevedere la manutenzione normale delle attrezzature e la pronta riparazione o sostituzione delle stesse. Un fermo macchine di un giorno significa l'accumulo di rifiuti come in una discarica aperta, con tutti i pericoli e gli inconvenienti del caso.

La manutenzione ordinaria e sistematica riduce i costi delle riparazioni, garantisce la durata delle macchine, riduce al minimo la possibilità di guasti che interrompono l'attività lavorativa, garantendo la continuità del lavoro.

### **Combustione**

Nell'interrimento igienico non si può bruciare né spazzatura né rifiuti contenenti spazzatura. La combustione di materiali selezionati è severamente limitata e può essere effettuata solo con il permesso delle competenti autorità. La spazzatura non può essere bruciata senza inconvenienti, salvo che in inceneritori ad alta temperatura. Ogni altro metodo di incenerimento provoca cattivi odori, inquinamento dell'aria e pericolo di incendi.

La combustione controllata di certi materiali combustibili che non si possono facilmente interrare, come legname e ceppi d'albero, può essere facilmente effettuata in luoghi isolati.

### **Controllo degli insetti**

Le normali operazioni di interrimento devono essere eseguite in modo veloce e sistematico, per mantenere condizioni sfavorevoli alla riproduzione di insetti, topi o qualsiasi altro animale.

Le operazioni di interrimento igienico, effettuate secondo gli standard, ridurranno al minimo il problema dei topi e degli insetti, che invece esisterebbero se non si osservassero le normali procedure. Ogni tanto saranno necessari controlli supplementari per evitare pericoli per la salute pubblica.

### **Tecniche di interramento**

Una disposizione dei rifiuti comuni alle varie tecniche riguarda il metodo di interramento a celle, poiché tale soluzione ottimizza il rapporto rifiuto/materiale di copertura.

### **Altezza delle cellule**

I rifiuti devono essere compattati in cellule che non devono superare i 2.5 m. di profondità. La profondità totale dell'interramento è regolata dalle caratteristiche del luogo, dall'altezza desiderata del riempimento terminato e dall'esperienza.

La costruzione di un riempimento di cellule di altezza non superiore ai 2.5 m. ciascuna riduce al minimo l'assestamento, le fessurazioni superficiali e l'emissione di odori.

I riempimenti a cellule più basse non sfruttano al massimo il terreno disponibile, ma ne permettono una più rapida utilizzazione.

### **Copertura giornaliera**

Al termine di ogni giornata lavorativa deve essere posto su tutti i rifiuti uno strato compattato di almeno 15 cm di materiale idoneo alla copertura. Questa è necessaria per evitare di attirare sul posto mosche e topi, per evitare il disperdersi di carta, la produzione di cattivi odori, il pericolo di incendi e per rendere il luogo non sgradevole alla vista.

### **Copertura finale**

Ultimata la colmata e non oltre una settimana dall'ultimo scarico, si deve porre uno strato di copertura di almeno 60 cm con materiale ben compattato. Tale copertura impedirà la formazione di insetti e il formarsi di tane per i topi e ridurrà al minimo la fuga di odori e di gas.

Questa copertura costituirà anche un'adeguata pista di scorrimento per i veicoli ed un sufficiente spessore per l'integrità del terreno in caso di cedimento ed erosione.

### **Copertura con schiume sintetiche**

Recentemente sono state poste in commercio alcune schiume sintetiche da utilizzare al posto del terreno di ricopertura. Tra i vantaggi di un tale sistema (da utilizzare ove il reperimento di materiale di copertura sia difficile ed il costo conseguente elevato) vi è risparmio del volume occupato (strato di schiuma di 6 cm contro i 30 di terra) e conseguente migliore utilizzo dello spazio e possibilità di applicazione effettuabile in qualsiasi momento e in qualsiasi condizione climatica.

### **Metodo delle trincee separate**

Si scava una trincea della lunghezza di qualche centinaio di metri. Il materiale scavato viene messo ai lati della trincea (profondità 2-3 m). Dopo che la prima trincea è stata scavata, iniziano le operazioni di riempimento con i rifiuti e la compattazione degli stessi sulla prima trincea. Una seconda trincea viene scavata parallelamente alla prima.

Il materiale scavato dalla seconda trincea viene usato per coprire la prima. Quando la prima trincea è piena si inizia lo scarico e compattazione della seconda. Si inizia lo scavo della terza e il materiale viene usato per la seconda.

In questo modo, resta esposto solo il fronte di una trincea. Questo metodo è adatto dove piove di frequente e il drenaggio è difficile.

Una estremità della trincea viene di solito scavata con una diversa profondità per permettere il drenaggio dell'acqua.

### **Metodo di superficie**

Utilizza avvallamenti naturali, vecchie cave di prestito. Le cellule di rifiuti vengono usate per elevare il terreno al livello desiderato. Questo metodo è vantaggioso per recuperare terreno utilizzabile da precedenti lavori. Con adatte tecniche, vecchie cave di prestito e miniere a cielo aperto possono essere riempite ed adibite in seguito ad aree pubbliche.

### **Metodo misto**

E' una variazione del metodo di superficie. I rifiuti vengono sparsi e compattati su un esistente pendio. Il materiale di copertura viene scavato avanti il fronte di lavoro. Lo scavo diventa parte della cellula seguente. Tale metodo è utilizzabile ed efficiente solo per uno strato. Nel caso di ulteriori strati, bisogna riportarsi al metodo di superficie.

### **Compattazione dei rifiuti**

Il grado di compattazione riveste una grande importanza sia per motivi igienici e di sicurezza che per ovvi motivi di sfruttamento dello spazio e dei costi. Inoltre, un interrimento compatto è più praticabile per i camion che trasportano i rifiuti e avrà un assestamento più rapido.

### **Discariche aperte**

Allo stato attuale, la maggior parte delle discariche sono "aperte"; con questo termine si intende una discarica ove i RSU sono depositati e lasciati senza copertura e senza alcun riguardo per l'ambiente circostante.

Frequentemente è in uso in queste discariche bruciare i rifiuti; alle volte l'incendio può essere spontaneo.

È possibile convertire la discarica aperta in discarica controllata effettuando una informazione dell'opinione pubblica, disposizioni durante e dopo la chiusura atte ad evitare che si continui uno scarico incontrollato, una derattizzazione e la compattazione e ricopertura.

### **La valutazione di impatto ambientale**

La quantità e qualità degli impatti che uno scarico controllato può determinare sull'ambiente, sono proporzionali all'accuratezza della progettazione ed all'efficienza della gestione.

Il più importante dei potenziali impatti è quello relativo all'inquinamento delle acque (formazione del percolato). La produzione di questo liquame è governata da diversi fattori legati alla meteorologia e idrologia della zona in cui sorge l'impianto ed alle caratteristiche realizzative e gestionali dell'impianto stesso.

Una corretta progettazione infatti che preveda opportuni canaletti di drenaggio superficiale ed adeguate impermeabilizzazioni del fondo e dei fianchi del settore di scarico porta ad eliminare o a ridurre l'incidenza di inquinamento per formazione di percolato.

Per quanto riguarda la presenza di gas negli scarichi controllati, i principali potenziali impatti negativi sull'ambiente riguardano: il rischio di esplosioni, l'emanazione di odori sgradevoli, il danneggiamento dell'apparato radicale delle colture che possono aversi anche a considerevoli distanze dall'area di scarico

Per questi motivi, si rende necessario, in uno scarico controllato, prendere tutte le misure atte a prevenire l'accumulo e la diffusione del biogas, quali adeguate coperture finali dei rifiuti, ventilazione del gas, captazione con aspirazione.

Altri impatti potenziali sono individuabili nel vettoriamento di malattie ad opera di organismi Animali (insetti, mosche, ratti, ecc.), in rumore, polverosità ed in un deterioramento estetico del paesaggio.

Tuttavia occorre dire che tali impatti sono facilmente controllabili mediante semplici misure quali recinzione di tutta l'area dell'impianto, coperture giornaliere dei rifiuti, periodiche disinfestazioni, inerbimento delle aree colmate, barriere mobili di intercettazione

dei materiali leggeri trasportabili dal vento, insonorizzazione dei mezzi mobili. La localizzazione dell'area è spesso il problema più difficile da risolvere; l'opposizione della popolazione residente può costituire serio impedimento all'installazione di uno scarico controllato (è quindi necessario predisporre preventiva campagna di informazione pubblica).

Lo scarico controllato va effettuato preferibilmente su aree degradate o terreni improduttivi, consentendo la bonifica ed il loro recupero alle destinazioni previste dallo strumento urbanistico e, comunque, allo scopo di ottenere un miglioramento ambientale.

Questo aspetto riveste grande importanza e può concorrere a far accettare, specie alle comunità locali, la proposta della istituzione dello scarico.

## **RECUPERO DI AREE DEGRADATE QUALI DISCARICHE, CAVE DISMESSE E SUOLI EROSI MEDIANTE L'UTILIZZO DI RIFIUTI ORGANICI**

### **Premesse sulle aree da recuperare**

Tre tipi di terreno improduttivo e degradato incidono negativamente sulla salubrità e sicurezza del nostro Paese: cave dismesse, discariche e terreni erosi e perciò improduttivi.

### **Le cave dismesse**

Le cave e torbiere sono fonte di ricchezza perché forniscono materiale indispensabile per le attività umane (lava, tufo, sabbia, ghiaia, calcare, ecc.). L'Italia tutta, presenta un territorio butterato da queste ferite che l'uomo, per necessità, ha inferto ad esso.

Tutte le leggi autorizzano, soprattutto dopo esaurimento delle cave la copertura con terreno idoneo onde consentire l'attecchimento di piante pioniere. In seguito devono essere attuati il ripristino della situazione idrogeologica ed il risanamento paesaggistico.

Risulta che quasi mai le cave dismesse sono state adeguatamente recuperate; anzi, vengono abbandonate a se stesse e trasformate in discariche abusive. Singolare è la situazione delle cave di sabbia aperte a partire dagli anni 1970-1980 nel territorio di bonifica in Campania, e che si sono trasformate in laghetti ed acquitrini. Questi sono falliti per gli scopi di acquacoltura data la poca profondità e l'assenza di ricambio delle acque.

### **Le discariche**

Ogni discarica è una escavazione del terreno appositamente fatta per fini utili; certamente essa significa perdita di terreno oltre che degrado di un'area circostante

Dal 1972 al '74, è stato effettuato il riempimento di una cava di tufo abbandonata tra il Vesuvio ed il mare, utilizzando fanghi organici di una industria farmaceutica produttrice di antibiotici, risultati non pericolosi in seguito ad esami batteriologici, chimici e fitotossicologici adeguati. Ovviamente fu tenuta sotto controllo la falda idrica sottostante. Riempita la cava e coperta con terreno, si è ottenuto un vivaio di floricoltura.

Il problema "urgenza discariche" va risolto in primo luogo e finché è possibile, riempiendo le cave abbandonate esistenti sul territorio, ovviamente impermeabilizzate sul fondo e destinate a diversi tipi di rifiuti, secondo quanto previsto dalla normativa vigente anche in riferimento alla protezione dell'ambiente.

Infatti le discariche per RSU, secondo il D.P.R. n.915/82, vengono suddivise in:

- Discariche di 1° categoria;
- Discariche di 2° categoria (di tipo A, B, e C);
- Discariche di 3° categoria;

a seconda della pericolosità del materiale che possono ricevere (rifiuti inerti, urbani, ecc.).

Per ogni categoria di discarica, le norme specificano quali caratteristiche deve avere il suolo in cui questa viene a trovarsi e ne regolamenta i criteri di gestione, trattamento dei rifiuti, eventuale cernita e compostaggio, impermeabilizzazione, recinzione, drenaggio delle acque meteoriche, captazione del percolato, smaltimento del biogas, sistemazione finale e recupero eventuale dell'area, ecc..

### **I terreni erosi e dissestati**

L'erosione e improduttività di molti terreni è fenomeno iniziato con la comparsa dell'uomo sulla terra, che si è man mano esteso con la deforestazione, con l'aumento di agglomerati urbani, l'allevamento, la meccanizzazione dell'agricoltura, l'estensione delle monoculture, ecc..

In soli 70 anni (dal 1882 al 1952), i terreni aridi sono aumentati del 140%; entro il 2000 diventeranno tali altri 300 milioni di ettari di terreno coltivabile; anche i Paesi Mediterranei vanno incontro ad una progressiva aridità dei suoli dovuta ad erosione, soprattutto i territori costieri e pedemontani dell'Italia meridionale e insulare sono soggetti a questi fenomeni.

La deforestazione e la conseguente erosione conducono per gradi alla desertificazione. Ci vogliono migliaia di anni perché si formi spontaneamente suolo maturo, ricco di vegetazione arborea le cui radici possano ostacolare l'asportazione dello strato superficiale e fertile di esso, perché viene trattenuto dalle radici stesse, che si oppongono alla erosione idrica ed eolica. L'erosione e la desertificazione di terreni superficiali procedono più velocemente della formazione di nuovo terreno coltivabile; distribuendo materia organica ed humus su suoli che ne siano stati privati (cave dismesse, aree improduttive per erosione o terreni sabbiosi), se ne ottiene un recupero ambientale in tempi più brevi, con possibilità di riuso produttivo.

Ciò può essere fatto certamente utilizzando i rifiuti organici che sono i fertilizzanti migliori per tale scopo; ma per fare ciò si impongono accorgimenti di ordine igienico-sanitario che daranno benefici solo se vengono adottate le opportune precauzioni che la legge prescrive.

## **TIPO DI RIFIUTI RECUPERABILI PER IL TERRITORIO**

I rifiuti utili per riempire e recuperare esteticamente le cave dismesse, discariche e suoli erosi, devono garantire l'area interessata contro tutti quei pericoli che la legge prescrive, (difesa dell'aria, del suolo, dell'abitato, delle acque superficiali e profonde, dei prodotti alimentari, degli ecosistemi biotici), nonché creare una idonea trasformazione accettabile o estetica della zona.

Per fare ciò i rifiuti da utilizzare devono essere selezionati, cioè:

- a) inerti e ingombranti hanno funzioni riempitive (art.2 del D.P.R. 915/82). Una volta compattati, cave e discariche così riempite vanno coperte con uno strato di terreno fertile misto a fanghi organici.
- b) I R.S.U. ed industriali privi di sostanze in concentrazioni tossiche (secondo limiti fissati da norme), nonché esenti da materiale putrescibile, possono essere smaltiti in cave o discariche idonee, ma richiedono una maggiore protezione ambientale.
- c) I fanghi biologici della depurazione dei liquami urbani nonché il compost, opportunamente trattati e stabilizzati ed esenti da sostanze tossiche e nocive non biodegradabili e cumulabili, con metalli in concentrazioni non critiche, possono essere soggetti a spandimento superficiale, su suoli erosi; inoltre sono utilizzabili per la copertura delle cave e discariche una volta riempite e recuperate esteticamente ed economicamente. Sarebbe un modo, questo, di ridurre la disoccupazione con il recupero ambientale.

## EFFETTO SERRA E IL FENOMENO DELLE EMISSIONI DI METANO NEI RSU

Tra i gas che rivestono importanza nell'ambito del problema dei cambiamenti climatici il metano è al secondo posto dopo il biossido di carbonio per il suo contributo al possibile surriscaldamento futuro. La sua concentrazione atmosferica è quasi raddoppiata dall'inizio di questo secolo.

L'IPCC (la commissione scientifica internazionale di riferimento per la Convenzione sui Cambiamenti Climatici) ha stimato che l'impatto sul surriscaldamento del pianeta di 1 t di CH<sub>4</sub> è 62 volte superiore a quello di 1t di CO<sub>2</sub> e tale valore rispecchia sia gli effetti diretti che indiretti.

Il CH<sub>4</sub> assorbe infatti i raggi infrarossi e, impedendone il rilascio nello spazio, contribuisce ad aumentare le temperature dell'atmosfera e della superficie terrestre. Inoltre, essendo una specie chimica attiva, attraverso la reazione con il radicale idrossido (OH) influenza anche la formazione di ozono nella troposfera ed il quantitativo di vapore acqueo nella stratosfera, entrambi gas ad effetto serra.

Le attuali stime suggeriscono che circa il 30% delle emissioni di CH<sub>4</sub> siano di origine naturale, il 20% da sorgenti relative all'uso di combustibili fossili e circa il 50% da altre sorgenti antropiche (es. decomposizione anaerobica dei rifiuti, attività agricole, etc.).

Una significativa percentuale della emissione globale di questo gas è il sottoprodotto della decomposizione anaerobica di rifiuti di origine antropica. Le due maggiori sorgenti sono rappresentate dalle discariche e dal trattamento delle acque reflue, in cui batteri metanigeni decompongono la sostanza organica presente nel rifiuto a scopo energetico ottenendo CH<sub>4</sub> come prodotto finale del loro metabolismo.

### **Discariche di rifiuti solidi urbani**

I rifiuti organici presenti nelle discariche sono degradati per azione batterica in una serie di stadi successivi che coinvolgono diverse specie batteriche e che portano alla formazione di gas da discarica, costituito principalmente da CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> (biogas), e ulteriore biomassa batterica.

In generale risulta che il 50-70% dei RSU su base secca è sostanza organica e che il 50% di questa è costituita da carbonio organico. È stato inoltre dimostrato che circa il 50% della frazione organica secca è convertito in biogas. In realtà infatti solo una piccola percentuale di carbonio organico è facilmente biodegradabile, mentre alcuni materiali lignocellulosici resistono alla degradazione.

### **Emissioni di gas metano da discariche**

La metodologia semplificata suggerita dall'IPCC permette il calcolo delle emissioni di CH<sub>4</sub> a partire dai seguenti dati principali:

- le quantità di rifiuti smaltite in discarica
- la frazione di carbonio organico biodegradabile (COB)
- la frazione di CH<sub>4</sub> del gas di discarica.

Sulla base dei dati forniti dalle singole regioni, il valore percentuale di smaltimento in discarica di RSU risulta pari all'87%.

Per il contenuto umido di RSU è stato utilizzato un valore pari al 30%, ricavato da una media ottenuta da dati forniti da Federambiente e da operatori di alcune discariche del Nord, del Centro e del Sud Italia.

Per quanto riguarda il recupero di biogas in Italia non esistono dati ufficiali. **Il recupero totale di CH<sub>4</sub> in Italia, sia energetico che per combustione in torcia, data la scarsa qualità tecnologica degli impianti esistenti (soprattutto nelle regioni meridionali), era stimato nel 1990 intorno al 10-15% delle emissioni totali.** Le acque reflue ad alto contenuto organico come quelle provenienti da insediamenti civili ed industriali (es. lavorazioni alimentari e della carta), sono potenziali fonti di emissioni di CH<sub>4</sub>. In tali acque la quantità di O<sub>2</sub> disciolta diminuisce rapidamente man mano che le sostanze organiche si decompongono.

Nonostante il biogas sia prodotto a causa del trattamento di acque reflue che a causa dello smaltimento in discarica di RSU, **le misure atte a prevenire le emissioni di metano connesse al primo caso sono essenzialmente riconducibili ad una corretta progettazione e conduzione degli impianti di trattamento.**

Considerazioni analoghe valgono per le discariche, anche se in questo caso vi sono delle particolarità. **La discarica** infatti ha costituito in Italia l'unico sistema di smaltimento dei rifiuti, se si eccettuano l'incenerimento, la raccolta differenziata e le piccole quantità di compost che trovano spazio sul mercato. In effetti, **in molti casi essa costituisce l'unico sistema praticabile di smaltimento e comunque essa è la destinazione finale dei residui prodotti necessariamente dagli stessi impianti di trattamento.**

**Negli ultimi anni, tuttavia, se ne è fatto un uso ingiustificato, allontanando nel tempo soluzioni tecnologiche più avanzate.** Una valutazione degli effetti ambientali dello smaltimento in discarica pone in risalto la precarietà di questa scelta: **essa è in effetti un grande reattore, dove abbastanza lentamente nel tempo hanno luogo le reazioni di degradazione anaerobica, che si esauriscono in un arco di tempo non inferiore ai 40 anni.** Sottoprodotto di tale degradazione è un percolato ad elevato carico organico e di azoto ammoniacale e la produzione di biogas la cui efficienza di captazione non risulta sufficiente.

Infatti, i sistemi di captazione, costituiti da tubi forati o da sistemi permeabili in pietrisco, hanno un'efficienza che risulta **inferiore al 50%, anche se può essere aumentata con la completa impermeabilizzazione della discarica,** sui fanghi e in superficie.

L'indagine effettuata per questo studio presso gli operatori di alcune discariche di Italia ha confermato il **basso valore del recupero di biogas (10%).**

**La diffusione del biogas rappresenta un ulteriore fattore di rischio per l'atmosfera e per il terreno. L'adeguata progettazione e gestione delle discariche così come il monitoraggio dell'ambiente circostante possono attenuare l'impatto ambientale e portare in atto interventi di ripristino del manto impermeabile e dei sistemi di captazione del percolato e del biogas.**

Ad ogni modo, sarebbe opportuno che la programmazione nel settore dei rifiuti, sia a livello nazionale che europeo, avesse come uno degli obiettivi fondamentali quello della **progressiva riduzione dell'uso delle discariche, che nel lungo periodo dovrebbero essere destinate unicamente nello smaltimento dei residui inerti derivanti dai vari processi di trattamento.**

A sostegno di questa considerazione vanno le **attuali tendenze comunitarie** in tema di raccolta e smaltimento differenziati, che **potrebbero dare una svolta decisiva al problema dei rifiuti, soprattutto in quei Paesi ad alta densità di popolazione (come l'Italia), con difficoltà di reperimento di siti idonei per lo smaltimento.**

**Le strategie di riduzione delle emissioni offrono una possibilità concreta di rallentare a breve termine il surriscaldamento dovuto all'effetto serra e d'altro canto si impongono come un impegno necessario per il lungo termine, dato che il persistere degli attuali tassi di emissione potrebbe avere un impatto negativo altrettanto drammatico di quello previsto qualora la CO<sub>2</sub> continuasse ad aumentare.**

## Trattamento finalizzato al riutilizzo di materiali: terminologia

Per *trattamento dei rifiuti* si intendono le **operazioni di trasformazione** necessarie per permettere la **rigenerazione**, il **recupero**, il **riciclo** e l'**innocuizzazione** degli stessi.

Sono possibili **diversi trattamenti**, a seconda della **frazione** che si intende valorizzare. **Ai nostri scopi**, volendoci occupare solo di impianti di trattamento per rifiuti solidi urbani ed assimilabili, l'**impianto di trattamento** è sinonimo di **impianto di recupero**.

**I materiali teoricamente recuperabili** in un impianto di trattamento sono:

- materiale **a matrice organica**;
- materiale **cellulosico**;
- materiale **plastico**;
- materiali **metallici**;
- materiali **combustibili**;
- materiale **vetroso**.

Questi possono essere **suddivisi in materiali che consentono un reimpiego diretto** (quali carta, plastiche, ferro, ecc.) e **quelli che possono essere reimpiegati dopo** un processo di **trasformazione** (ad esempio, le sostanze organiche, tramite processo di compostaggio, e i materiali combustibili, tramite processi di produzione di RDF). Anche di questo si parlerà in seguito.

## Funzionamento e gestione di un impianto di recupero di RSU.

A questo proposito, si parla spesso di *recupero spinto* e di *recupero semplificato*, intendendo con ciò dei **processi diretti al recupero di tutte le frazioni tecnologicamente recuperabili o, solo di determinate frazioni** secondo una scelta che tenga conto dei **rapporti costi/benefici e costi/efficacia**, in termini di **tutela ambientale, bilancio energetico e possibilità di collocazione sul mercato** dei materiali recuperati e riciclati.

**Le componenti di massima di un impianto di recupero** sono:

- **fossa di accumulo – triturazione**
- **rottura sacchi – deferrizzazione**
- **vagliatura – impianto di classificazione ad aria.**

**I rifiuti vengono immessi nella fossa di accumulo**, che, in genere, può contenere una quantità di rifiuti pari a quella raccolta in 2 o 3 giorni, per assicurare la continuità di funzionamento dell'impianto. **La movimentazione** dei rifiuti avviene **tramite benne su carroponte che li depositano su un nastro trasportatore**. **Le prime operazioni** necessarie di **pre-trattamento** sono: la **rottura, dilacerazione dei sacchetti** contenenti i rifiuti, e la **triturazione**, tramite mulini a martello, mulini a coltello o altro.

**La prima operazione di selezione è la deferrizzazione**, ad opera di magneti sotto i quali passano i rifiuti, con la conseguente separazione dei materiali ferrosi, con una **efficacia del 90%**.

**I rifiuti sono poi avviati ad un vaglio meccanico** che consente la **separazione dai rifiuti dei sovralli**, composti da materiali inerti, che vengono poi avviati allo smaltimento in una discarica.

**La frazione organica viene separata dalle frazioni leggere** (carta e plastiche) e queste, le une dalle altre, **tramite sistemi di classificazione ad aria**: questi processi funzionano con l'immissione di getti di aria, i quali sospingono le parti più leggere mentre quelle più pesanti ricadono per gravità.

**I materiali recuperati negli impianti di trattamento sono contaminati sia da materiali estranei**, provenienti dalla commistione delle varie frazioni nei rifiuti, **sia da materiali interni ai prodotti stessi**; ad esempio, la plastica è contaminata da carta di

etichette, inchiostri, sostanze chimiche, ecc.; il materiale ferroso, da carta di etichette, zinco, ecc.

**I materiali recuperati per poter essere reimpiegati o trasformati in compost o RDF devono venire trattati ed affinati. Alcuni impianti sono dotati di impianti satellite** per effettuare questi trattamenti, spesso tecnologicamente complessi e dispendiosi dal punto di vista energetico.

Per quanto riguarda, ad esempio, **la carta recuperata**, questa, a causa della sua cattiva qualità, **può trovare collocazione sul mercato solo** dopo una trasformazione in **pasta di carta**, previa eliminazione dei materiali contaminanti tramite dispositivi automatici per separare i contaminanti più grandi (quali stracci, plastiche, ecc.); **successivi processi di macinazione** servono ad **eliminare i film plastici** presenti **nei poliaccoppiati**; **a questo punto** la carta viene ancora **centrifugata, igienizzata e pressata** per eliminare le grandi quantità d'acqua contenute.

**I materiali ferrosi**, a loro volta, devono essere sottoposti a **processi di lavaggio, raschiatura e igienizzazione**, per eliminare carta e altri metalli presenti nel ferro recuperato.

**La complessità di tali procedimenti ed i risultati**, non sempre ottimali per quanto concerne la qualità del residuo ottenuto, fanno sì che **non sempre** sia **economicamente conveniente e razionale**, da un punto di vista di bilancio energetico e di risparmio delle risorse, **procedere al recupero di tutte le frazioni merceologiche**.

I moderni impianti di trattamento dei rifiuti solidi urbani **non prevedono più il recupero del vetro**, poiché le raccolte differenziate consentono recuperi tali e di tale qualità che mai potrebbero essere raggiunti operando sui rifiuti indifferenziati.

**Gli impianti di trattamento producono scorie** la cui natura e composizione varia a seconda delle frazioni recuperate e del tipo di processi attuati nell'impianto; **dal recupero della carta** e dalla produzione di pasta di carta, **ad es.**, risulteranno **grandi quantità di acqua inquinata**, che necessitano di trattamento di depurazione per rientrare nei limiti di legge di qualità delle acque destinate allo scarico in fognatura, **residui chimici derivanti dalla disinchiostatura ed eventuale sbiancaggio, oltre ai materiali contaminanti separati** (stracci, plastiche, ecc.).

**Il trattamento dei rifiuti solidi urbani indifferenziati**, a causa degli elevati costi, della qualità spesso scadente dei materiali recuperati, che ne rendono difficoltosa la collocazione sul mercato, e di altri aspetti, **non può rappresentare la soluzione unica** alla necessità di valorizzazione dei materiali riciclabili contenuti nei rifiuti e alla riduzione dei quantitativi residui da inviare in discarica. Al trattamento **vanno affiancate** iniziative organiche di **raccolte differenziate**.

## **BIODEGRADAZIONE DELLE SOSTANZE ORGANICHE**

### **Introduzione**

Ogni anno, sul mercato vengono immesse **più di 1000 nuove sostanze chimiche**, **La produzione totale mondiale di sostanze organiche di sintesi** si stima essere di circa **300 milioni di t/anno**, alle quali vanno **aggiunti poi ingenti quantitativi di rifiuti pericolosi derivanti da scarichi industriali**.

Tra i diversi meccanismi di degradazione che influenzano il destino delle sostanze chimiche immesse nell'ambiente, **la degradazione microbica è la più importante quantitativamente**.

Gli scenari d'interesse per la valutazione della biodegradazione sono:

- **Impianti biologici di trattamento delle acque di scarico;**
- **Impianti biologici di trattamento delle acque da potabilizzare;**

- **Impianti di compostaggio di RSU e di residui organici solidi;**
- **Bonifiche di terreni contaminati da pesticidi;**
- **Incidenti causati da sversamenti industriali accidentali** (oleodotti, navi affondate);
- **Terreni o falde contaminate da siti industriali dismessi, serbatoi interrati o esterni;**

La degradazione può essere condotta da vari organismi viventi, incluse le piante; esistono **però dei limiti** a questa loro capacità, dal momento che non tutti i composti organici possono essere degradati. Vi sono **due gruppi di composti organici naturali che sembrano essere refrattari alla degradazione**, ad esempio **la lignina e gli idrocarburi**, principali costituenti del petrolio.

Oltre ad una **vasta gamma di composti naturali**, esistono **molti composti organici, prodotti artificialmente** mediante sintesi chimica (erbicidi, insetticidi, detersivi, materie plastiche), **che sono estranei all'ambiente in cui vengono rilasciati** e pertanto tendono a persistervi, perché **i microrganismi naturali non possiedono sistemi enzimatici in grado di attaccare la loro struttura chimica**. Tali composti continueranno ad essere presenti nell'ambiente **sino a quando non si saranno evoluti dei microrganismi che avranno acquisito o evoluto sistemi enzimatici compatibili** con le nuove strutture.

### Degradazione biologica: principi teorici

Come s'è detto precedentemente, **un composto viene considerato biodegradato** se biotrasformato con contemporaneo trasferimento dell'energia, energia che sarà successivamente utilizzata per biosintesi, meccanismi di trasporto, movimento, etc..

**Le tappe di degradazione di un composto** avvengono per la maggior parte **all'interno degli organismi**. Questo consente loro di **recuperare energia in termini di ATP** (mediatore biochimico). **I composti di partenza, se di dimensioni eccessive**, prima di entrare nelle cellule, vengono **biotrasformati in pezzi più piccoli**: in tali processi non vi è ancora un recupero diretto dell'energia.

**Le reazioni di degradazione, in natura**, sono favorite solo in ambienti particolari, dove non tutti i microrganismi potrebbero sopravvivere; **i composti prodotti da un dato metabolismo, migrano** nei diversi ambienti, **fino a che non incontrano le condizioni adatte per essere completamente degradati**.

La *persistenza o recalcitranza* indica **la capacità di un composto di resistere alla biodegradazione**.

### Meccanismi della biodegradazione

La "biodegradazione" comprende **numerosi processi**, tra cui la mineralizzazione, ovvero la degradazione biologica ultima, che converte un composto organico in prodotti inorganici. **La mineralizzazione** risulta essere **anche una via di detossificazione**, che è la conversione del composto chimico originario in metaboliti meno attivi e quindi innocui per l'ambiente.

**I processi degradativi sono differenti in ambiente ricco di ossigeno o in anaerobiosi**. In ambiente aerobico, **le molecole organiche vengono ossidate a spese dell'ossigeno** (atmosfera o disciolto nell'acqua), mentre **in ambiente anaerobico vengono utilizzati i nitrati, solfati, H<sub>2</sub>**, sostanza organica come ossidanti.

## **Fattori che influenzano la biodegradazione**

La degradazione microbica è una formidabile via di autodepurazione per l'ambiente, ma esistono molti fattori che possono rallentarla. Infatti, esistono molecole (recalcitranti), che sono strutturate con legami chimici resistenti all'attacco batterico ed in grado di rallentare i tempi di biodegradazione; anche nel caso di molecole potenzialmente degradabili, le condizioni ambientali giocano un ruolo fondamentale nel processo degradativo, risultando a volte sfavorevoli.

I parametri ambientali di maggiore effetto sono: temperatura, pH, presenza di ossigeno, disponibilità di acqua e soluti, concentrazione di nutrienti, concentrazione del composto e diversità della comunità microbica; infine, uno dei fattori più influenti è la competizione tra diversi substrati. I batteri tendono infatti ad utilizzare prima i composti con strutture molecolari più semplici.

La biodegradazione di un composto può essere quantificata attraverso varie procedure, tra cui ricordiamola misura del BOD, cioè la richiesta biochimica di ossigeno che rappresenta la quantità di ossigeno disciolto necessaria per l'ossidazione microbica della sostanza organica biodegradabile.

## **TECNICA DEL COMPOSTAGGIO: GESTIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA DI SCARTO**

La sostanza organica di scarto è particolarmente difficile da trattare, ha un altissimo potere inquinante e, quasi sempre, è un materiale settico e pericoloso sotto il profilo igienico. Ciò richiede una specifica competenza da parte del personale, e una corretta gestione di tale tipo di rifiuto. E' opportuno fare un passo indietro e ricordare, come negli anni '70, la consapevolezza del rapido degrado degli ecosistemi acquatici, abbia spinto i paesi industrializzati ad elaborare strumenti legislativi atti a limitare quantità e tipologia delle sostanze di scarto da versare nei corpi d'acqua. Questo tipo di impostazione politico-tecnologica ha avuto come risultato una diminuzione notevole del carico organico versato nelle acque, ma ha determinato, come effetto secondario, una maggiore produzione di fanghi dagli impianti di depurazione.

Tale enorme quantità di sostanza organica di scarto genera evidenti problemi di smaltimento e riutilizzazione. Incenerimento, sversamento nel mare, smaltimento in discarica rappresentano soluzioni i cui costi, sia in termini ambientali che economici, si fanno sempre più alti senza contare le perdite di elementi riciclabili ed utili per l'agricoltura contenuti in questi sottoprodotti.

Tra le tante tecnologie proposte, se ne può identificare una che ha tutte le caratteristiche di una "biotecnologia": il compostaggio.

Da un punto di vista quantitativo questa appare la soluzione d'elezione per diminuire notevolmente il volume della sostanza di scarto, per ridurre drasticamente gli odori sgradevoli, per abbattere la carica di germi patogeni sempre presenti in questi materiali.

Pare che le competenze che attengono al riciclaggio ed alla corretta gestione dei rifiuti rivestiranno, nell'immediato futuro, un'importanza sempre crescente. I trend di produzione di sostanza organica di scarto nei paesi occidentali continueranno, infatti, ad incrementarsi e gli ecosistemi naturali si troveranno ben presto al limite delle loro capacità auto depurative. Analogo discorso si può fare a proposito delle discariche che andranno colmandosi sempre più rapidamente, parallelamente alla diminuzione progressiva dei siti destinabili a tale bisogna.

Dunque, il compostaggio, stabilizzazione e riutilizzazione della sostanza organica appare come una scelta da cui non è possibile prescindere.

Il nostro Paese vanta, tra gli altri ritardi, un lentissimo adeguamento alle modificate esigenze di gestione e trasformazione dei prodotti organici di scarto e sente particolarmente il bisogno di incrementare tali attività.

### Compostaggio

È un **processo biochimico di maturazione e mineralizzazione della sostanza organica** che avviene nell'arco di **mesi**, in presenza di **ossigeno** e ad una temperatura **tra i 50 e i 60 gradi centigradi**. In tale processo **le sostanze organiche** si trasformano **in anidride carbonica e acqua, originando un fertilizzante organico** ricco di humus.

**Il compostaggio in cumuli** rappresenta una pratica largamente conosciuta dalla **cultura contadina**, che considera gli scarti alimentari ed animali fonte di prezioso concime per i campi. **Il compost, prodotto finale dei processi di compostaggio**, ha proprietà fertilizzanti tali da renderne remunerativo l'utilizzo in agricoltura: può essere **alternativo** alle concimazioni letamiche e, soprattutto, all'uso di fertilizzanti chimici, per il suo apporto di sostanza organica "naturale".

#### Il processo:

Il processo di compostaggio avviene attraverso la **degradazione della sostanza organica da parte di microrganismi batterici**, sempre presenti nella biomassa. Questi microrganismi **metabolizzano** la sostanza organica, cioè, se ne cibano, la digeriscono e, **quindi, la mineralizzano stabilizzandola, distruggendo, inoltre**, grazie alle temperature abbastanza alte in cui si svolgono questi processi, gran parte dei **microrganismi patogeni** eventualmente presenti.

Il processo di compostaggio rappresenta una metodologia di **valorizzazione della frazione organica**, di RSU e RSA e fanghi di depurazione delle acque reflue, con il **duplice vantaggio ambientale del recupero di risorse energetiche** (intese come proprietà fertilizzanti), che altrimenti giacerebbero inutilizzabili in una discarica, e del **risparmio di risorse** da mancato smaltimento in discarica (riduzione dei volumi dei rifiuti ivi smaltiti e quindi del fabbisogno di aree per lo smaltimento). **Un ulteriore vantaggio ambientale** sarebbe, nell'ipotesi di utilizzo in **agricoltura**, in luogo di fertilizzanti chimici, la conseguente **riduzione** dei fenomeni di **inquinamento delle falde acquifere** che accompagna lo spargimento massiccio di questi ultimi.

#### Il presupposto fondamentale:

Il presupposto fondamentale per la valorizzazione della frazione organica di RSU, RSA e fanghi di depurazione delle acque reflue, tramite compostaggio, è **l'adozione di raccolte differenziate dei rifiuti** che **separino la frazione secca da quella umida (organica)** a valle del sistema di raccolta; vale a dire, **da attuarsi direttamente dai produttori dei rifiuti**, comprese le utenze domestiche, prima che i rifiuti organici si mescolino "irrimediabilmente" con frazioni che andrebbero a diminuire la qualità finale del compost, quali ad esempio metalli pesanti presenti nel *sottovaglio*, plastiche ed inerti.

Numerose esperienze a questo proposito hanno dimostrato come **il compost derivante da processi di compostaggio di RSU e RSA indifferenziati non abbia le caratteristiche agronomiche sufficienti** per una corretta e **proficua utilizzazione in agricoltura**.

**Il processo di compostaggio**, se correttamente attuato, e se preceduto da una corretta separazione della frazione organica, **rappresenta, poiché** caratterizzato da un **impatto**

**ambientale minimo** per quanto riguarda il **consumo energetico e nullo** per quanto riguarda le **emissioni in atmosfera, una modalità fondamentale** nella gestione di un sistema integrato di valorizzazione e smaltimento dei rifiuti.

### **Produzione di RDF (Refuse Derived Fuel: Combustibile derivante da rifiuti)**

L'RDF è la **frazione combustibile contenuta nei rifiuti che**, attraverso appositi trattamenti, **può essere recuperata ed impiegata come combustibile** in appositi forni, in alternativa a un combustibile tradizionale, con un risparmio di risorse non rinnovabili.

**Le frazioni combustibili contenute nei RSU E RSA sono :**

- **materiali cartacei**
- **materie plastiche**
- **materiali tessili e legnosi.**

La produzione di combustibile dai rifiuti è quindi possibile attraverso la **separazione delle frazioni combustibili con un alto potere calorifico da quelle incombustibili** quali materiale inerte e metalli e da quelle **con basso potere calorifico, quali le sostanze organiche**; di conseguenza la produzione di RDF è più agevole e conveniente dal punto di vista del rapporto costi/benefici, se i rifiuti destinati al trattamento sono stati conferiti con modalità differenziata secco/leggero e contengono quindi solo una piccola quota di sostanza organica, la quale, se presente in quota più rilevante, incide negativamente sul potere calorifico del combustibile ottenuto.

I trattamenti per la produzione di RDF sono volti a **rendere omogenei, nella composizione e nelle dimensioni, i rifiuti in entrata all'impianto**; il materiale ottenuto **dopo questi primi trattamenti**, si presenta sotto **forma di coriandoli** e, allo scopo di renderne più agevole il trasporto sino alla sede di utilizzo, può essere sottoposto a trattamenti di compattazione ed imballaggio.

**L'RDF è utilizzato come combustibile ausiliario nei cementifici**, ma si può utilizzare per la **produzione di energia** attraverso processi di **gassificazione**.

La produzione di RDF rappresenta una metodologia di smaltimento che **permette il recupero di materiale, il risparmio di risorse non rinnovabili** in sede di utilizzo quale combustibile alternativo e, infine, una **drastica riduzione dei volumi di rifiuti** destinati allo smaltimento in discarica. Questa modalità di smaltimento, praticata organicamente alla raccolta differenziata secco-umido, e alla produzione di compost, **permette la valorizzazione** delle due maggiori componenti dei RSU, **frazioni combustibili e organiche**.

### **Trattamenti finalizzati all'utilizzo di energia (termodistruzione e digestione anaerobica)**

#### **Termodistruzione**

Ricordiamo che la frazione combustibile dei R.S.U. è costituita da residui alimentari, carta, plastica, tessuti e contenitori in pet. La termodistruzione è una metodologia di smaltimento che **nel nostro Paese non è molto praticata**. Per "termodistruzione" si intende lo **smaltimento dei rifiuti in appositi impianti di combustione**, le cui caratteristiche di progetto e i parametri di funzionamento sono dettati da norme specifiche.

La termodistruzione è ottenuta con tecniche di incenerimento o di pirolisi. Nel primo caso, il **processo avviene ad alte temperature (959° C) e in presenza di un eccesso di aria**, per garantire una combustione che sia la più completa possibile; nel secondo caso, si opera ad alta

temperatura ma con carenza o assenza totale di ossigeno, per favorire la rottura delle molecole complesse di rifiuti, fino ad ottenere gas combustibili.

Sono poche, allo stato attuale, le realizzazioni industriali che sfruttano questa tecnologia.

La tecnologia più utilizzata attualmente fra le due è quella dell'incenerimento. Per questo tipo di smaltimento, **le caratteristiche dei rifiuti** di cui tenere conto sono:

- **la percentuale di umidità;**
- **la percentuale di materiale non combustibile (inerti);**
- **il PCI (potere calorifico inferiore).**

A grandi percentuali di umidità, di materiali inerti o di basso potere calorifico, quali ad es. la frazione organica, corrisponde la necessità di **grande consumo di combustibile ausiliario** per l'accensione ed eventuale pre-essiccazione dei rifiuti, oltre che per il mantenimento della temperatura, con **alti costi di gestione ed un bilancio energetico decisamente sfavorevole.**

Pertanto, l'applicabilità di tale metodologia è legata a **due limiti importanti:**

- 1) **il potere calorifico del rifiuto, che deve essere abbastanza elevato per potere mantenere la combustione del rifiuto** a temperature interne del forno e giudicate soddisfacenti; in tal senso, il valore minimo del PCI (Potere Calorifico Inferiore) è circa 1100-1200 Kcal/Kg (a tali valori, le difficoltà tecniche di mantenimento della combustione e il consumo di combustibile ausiliario sono elevati).
- 2) **La potenzialità di smaltimento dell'impianto**, considerando la complessa tecnologia e i costi di impianto; un inceneritore per rifiuti urbani, fanghi di depurazione e speciali assimilabili, dovrebbe avere una potenzialità **non inferiore alle 200 tonnellate per grammi**, al di sotto del quale si avrebbe un aumento dei costi economici.

Per lo stesso motivo **diventa indispensabile il recupero energetico del calore prodotto dall'inceneritore, o come vapore o per la produzione di energia elettrica.**

Tale recupero, anche se incrementa i costi di impianto, riduce notevolmente i costi di gestione.

Un impianto di termodistruzione di rifiuti è di massima divisibile nelle **seguenti parti:**

- **fossa di accumulo rifiuti**
- **forno inceneritore**
- **recupero energetico**
- **depurazione fumi**
- **scarico scorie e ceneri.**

La **fossa di accumulo** fornisce un margine di autonomia di qualche giorno al forno, in modo da poter operare 24 ore su 24; nella fossa si può operare anche una parziale omogeneizzazione del rifiuto, che poi viene caricato nel forno con una benna.

Il **forno di incenerimento** è solitamente composto da varie unità, in modo da poter operare con continuità anche in caso di disservizio.

La **griglia** è la parte del forno su cui si ha la combustione del rifiuto e che serve anche alla movimentazione dello stesso verso lo scarico delle scorie. Tali griglie possono essere di vari tipi, a seconda della tecnica costruttiva del forno.

Il **recupero energetico** viene effettuato attraverso la produzione di vapore saturo o surriscaldato, utilizzabile direttamente oppure per la produzione di energia elettrica.

La **depurazione dei fumi** è fondamentale per l'eliminazione o la riduzione degli inquinanti emessi in atmosfera. Parte della riduzione è attuata nella camera di post-combustione che completa la combustione di particelle o gas ancora incombusti.

L'ulteriore trattamento avviene attraverso **elettrofiltri**, che permettono di separare dai fumi le ceneri volanti, le particelle sospese e i microinquinanti organici e inorganici.

Le scorie prodotte dal forno e le ceneri volanti raccolte dalla depurazione dei fumi vengono poi scartate e raffreddate per la collocazione in discarica.

## **PRODOTTI DI COMBUSTIONE NEGLI INCENERITORI DI RIFIUTI**

L'incenerimento dei RSU è stato considerato fino alla fine degli anni '70 una **tecnica di smaltimento molto valida**, da un punto di vista igienico e della tutela dell'ambiente.

Con esso infatti si ottiene la **distruzione dei microrganismi patogeni** contenuti nei RSU e del **substrato organico** di cui possono nutrirsi e la **trasformazione** del rifiuto solido **in due correnti** principali: **una gassosa**, costituita dai fumi della combustione e **una solida**, costituita dalle scorie.

**Inoltre** devono essere considerate fra le correnti di processo effluenti da un impianto di incenerimento le **ceneri volanti** raccolte in fase solida dai sistemi di abbattimento a secco o sotto forma di fanghi dai sistemi di abbattimento ad umido e **le acque di processo** utilizzate per il lavaggio dei fumi ed il conseguente abbattimento dei macroinquinanti gassosi e quelle usate per lo spegnimento delle scorie.

Verso la **fine degli anni '70** si è registrata una **inversione di tendenza nei criteri di progettazione degli inceneritori**, in relazione sia ad una circostanza occasionale sia ad un fenomeno che era andato progressivamente accentuandosi in quel periodo.

La **circostanza occasionale** è stata determinata dal rinvenimento delle **diossine** (prodotti di sintesi tra i composti fenolici rilasciati dalla lignina presente nella carta e il cloro, derivato dalle plastiche clorurate, il PVC) **nelle emissioni gassose degli inceneritori** dei rifiuti urbani nel **1977**. Ne derivò un allarme nell'opinione pubblica, nel mondo scientifico, nelle Organizzazioni preposte alla salvaguardia della salute pubblica.

Il fenomeno, che si era accentuato negli anni '70, riguarda l'impiego dell'incenerimento nello smaltimento dei rifiuti tossici e nocivi.

Ne conseguirono **preoccupazioni circa la compatibilità ambientale** di questo trattamento, derivanti da paventati rischi che nella combustione di residui della produzione di pesticidi, vernici, solventi e rifiuti prodotti dall'industria chimica potessero essere generati microinquinanti organici, clorurati o meno, in misura maggiore che nell'incenerimento dei rifiuti urbani.

**Così**, a partire dalla **fine degli anni '70** cominciarono ad essere emanate in quasi tutti i Paesi più industrializzati **normative più severe** nei confronti delle emissioni delle diossine, degli ossidi di azoto, dei gas acidi e del particolato solido e **la ricerca scientifica** fu finalizzata al **loro contenimento**.

Parallelamente all'evoluzione della normativa tecnica, si è assistito ad una evoluzione dei progetti relativi all'inceneritore, e difatti una nuova generazione di inceneritori è stata messa a punto con una serie di miglioramenti tecnologici e strutturali, mirati a ridurre notevolmente l'impatto ambientale.

Sono state così inserite delle camere di post-combustione per abbattere i microinquinanti organoclorurati e torri di lavaggio dei gas per l'eliminazione dell'acido cloridrico. In un impianto dotato di camera di post-combustione, secondo normativa italiana, le portate dei fumi sono maggiori di quelle prodotte in un impianto progettato secondo le norme CEE in misura compresa tra il 40% e il 60%.

Ne consegue un minore rendimento nel recupero termico. Invece un impianto progettato secondo norme CEE è finalizzato alla minimizzazione dei fumi e alla massimizzazione dell'energia ricavabile dalla combustione dei rifiuti; esso è costituito da un forno a griglia mobile con camera di combustione non dotata di sezione radiante, da una camera di post-combustione e da una sezione di recupero termico, priva della zona di surriscaldamento.

Nel confronto tra l'impianto convenzionale e quello con ricircolo si può osservare la notevole riduzione delle portate di emissioni che si ha in quest'ultimo; queste equivalgono al 74% (a RSU) ed al 52% (RDF) di quelle prodotte dall'impianto convenzionale.

È quindi evidente la superiorità dello schema con ricircolo dei fumi rispetto a quello convenzionale sia dal punto di vista ambientale che da un punto di vista economico, essendo inferiori le emissioni e più elevata la produzione di energia.

Le possibilità di **impatto ambientale negativo** connesse all'incenerimento di RSU, dipendono quindi, dalle **modalità di smaltimento dei prodotti della combustione**.

### **Digestione anaerobica**

**È un processo di stabilizzazione della sostanza attraverso la fermentazione biologica che ha luogo in appositi reattori e in assenza di ossigeno, con produzione di una miscela di metano ed anidride carbonica di notevole potere calorico.**

La digestione anaerobica è una metodologia di trattamento per la **valorizzazione energetica delle frazioni organiche** e, quindi, praticabile con profitto dal punto di vista del recupero energetico su rifiuti ad alto contenuto di sostanza organica, ad esempio provenienti da **raccolta differenziata dell'organico** o su speciali tipologie di rifiuti, quali i **rifiuti mercatali, gli sfalci del verde ed i fanghi di depurazione delle acque**.

I vantaggi rispetto alla digestione aerobica sono legati alla minore produzione di fanghi ed al basso consumo di nutrienti, oltre ai costi di impianto e di esercizio che risultano inferiori.

### **Raccolta differenziata**

E' da considerare **un vero e proprio sistema di trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi urbani**, in quanto la sua realizzazione recupera grandi quantità di frazioni che vengono separate dal ciclo dei rifiuti per rientrare in quello dei residui riutilizzabili.

Per **“raccolta differenziata”** si intende **una selezione precedente i sistemi di raccolta dei RSU, tramite il conferimento separato, da parte dell'utenza, di determinate frazioni merceologiche**.

L'approccio alle soluzioni dello smaltimento rifiuti non è più prettamente tecnologico ma assume connotati di **complessità organizzativa e gestionale** che sono **dovuti alla necessità**:

- **della conoscenza dei rifiuti** in rapporto alle utenze abitative, commerciali, artigianali, di servizi;
- **della progettazione della raccolta delle varie utenze**;
- **delle adeguate scelte impiantistiche**;
- **della corretta gestione degli impianti**;
- **della individuazione delle effettive possibilità di mercato dei materiali**.

All'interno del **sistema integrato** di trattamento e smaltimento, le tecnologie del riciclaggio, compostaggio, termodistruzione, digestione anaerobica non sono alternative le une alle altre, ma possono essere convenientemente adottate congiuntamente.

**Nel sistema integrato quote di rifiuti già separati** con una buona raccolta differenziata **sono destinate**:

- **agli impianti di riciclaggio, le frazioni secche** quali carta, cartone, plastica, imballaggi vari, metalli, ingombranti;
- **agli impianti di compostaggio, le frazioni organiche putrescibili di elevata qualità**;

- **agli impianti di digestione anaerobica** o altri tipi di impianti ove avviene la riduzione spinta del potere fermentescibile, **le frazioni organiche di minore qualità**;
- **alla termodistruzione, le frazioni non altrimenti recuperabili ad alto potere calorifico**;
- **alla discarica, le frazioni non utilizzate o derivanti dagli impianti** (sovvalli), **le spazzature delle strade, le scorie della termodistruzione**.

### **LE FINALITÀ DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA**

La raccolta diff. si inserisce tra le tecniche necessarie alla riduzione dei rifiuti, con la precisazione, tuttavia, che essa faccia parte di strategie di riduzione a monte, e di recupero a valle, integrate e globali.

La strada del recupero mediante raccolta differenziata **deve quindi essere condotta con interventi organizzati che avranno carattere di continuità**. In sintesi, **la raccolta differenziata ha lo scopo di:**

- a) **diminuire il volume dei rifiuti** destinati ad essere smaltiti nelle discariche, prolungandone il tempo di utilizzo;
- b) **minimizzare l'impatto ambientale** dei processi di smaltimento mediante la termodistruzione, rimuovendo le componenti che possono generare sostanze inquinanti;
- c) **favorire l'ottenimento di un prodotto qualitativamente migliore** dai processi di compostaggio e diminuire i costi di gestione dei medesimi;
- d) favorire e migliorare le condizioni per un effettivo recupero energetico;
- e) **favorire il recupero e il riciclo dei materiali più pregiati** ai sensi della normativa vigente;
- f) **promuovere un atteggiamento critico nel consumatore** nei confronti dei prodotti usa e getta, limitando la sua propensione all'acquisto dei medesimi.

Merita **sottolineare**, inoltre, **la diversità dell'approccio** nel concetto di raccolta differenziata **rispetto all'approccio del concetto di riciclaggio** su rifiuti indistinti: la r.d. privilegia, infatti la partecipazione attiva dei cittadini e l'innovazione organizzativa. Al contrario, il riciclaggio a valle, quando sia concepito come unico sistema di trattamento e recupero, privilegia invece le innovazioni impiantistiche.

Va inserita, comunque, **una strategia** per contenere la crescita dei rifiuti da una parte, riducendo quelle componenti merceologiche responsabili degli incrementi e che allo stesso tempo hanno un valore energetico ed economico, dall'altra, attivando iniziative tese ad eliminare dai rifiuti le componenti a più alto rischio ambientale che diminuiscono l'affidabilità degli attuali sistemi di smaltimento e trattamento rifiuti.

L'azione educativa e di sensibilizzazione va posta al centro delle iniziative di raccolta differenziata, soprattutto perché tramite questi interventi si possono modificare i comportamenti e le abitudini dei cittadini. Occorre incentivare interventi educativi tesi a considerare il rifiuto come un bene che per essere prodotto ha consumato materie prime, energie, e che sono risorse non illimitate sulla nostra terra e che può essere recuperato (qualora non lo fosse, creerebbe dei problemi nello smaltimento).

In particolare, **le finalità della RD si possono raggruppare in 3 ambiti:**

- a) **RD con finalità di recupero** (riguarda materiali con valore di mercato e/o energetico, quali plastica, carta, vetro, lattine, ecc.)
- b) **RD con finalità ambientale** (materiali che hanno un elevato carico inquinante e di pericolosità, che provengono dall'utenza civile, sanitaria e produttiva.

Al secondo gruppo di sostanze appartengono: pile e batterie esauste, farmaci scaduti, prodotti chimici di uso domestico e relativi contenitori (topici, vernici, agenti corrosivi), altri rifiuti domestici pericolosi.

Considerazione a sé meritano **i rifiuti ingombranti** (elettrodomestici, mobili, ecc.), che necessitano anche solo per problemi gestionali, di una raccolta selettiva.

**c) RD con finalità di migliorare l'efficienza degli impianti di smaltimento.**

Una raccolta separata a monte deve essere volta a differenziare i flussi di rifiuti in funzione delle tecnologie di smaltimento presenti sul territorio quando queste già esistano o ad identificare le tecnologie più idonee in funzione della qualità e quantità dei rifiuti prodotti.

## **LA SITUAZIONE DELLA RACCOLTA INDIFFERENZIATA**

**Variegata è la situazione** della racc. differenziata attivata **nel nostro Paese e in quelli stranieri**. In alcune parti del mondo sono in corso da molti anni delle iniziative oramai hanno raggiunto livelli significativi, per l'entità delle popolazioni coinvolte, le quantità raccolte dei singoli materiali e l'organizzazione della raccolta.

### **La situazione internazionale**

#### **Carta**

La Gran Bretagna è, tra i paesi della Comunità Europea, quello che presenta il più alto tasso di utilizzo di carta da macero per la produzione di carta e cartoni (valore del 57% nell'83-84); inoltre la carta da macero utilizzata proviene quasi tutta dal recupero interno.

La Francia è all'avanguardia per lo smaltimento e il riciclo soprattutto l'organicità dell'azione degli enti pubblici e privati che si occupano di questo settore; è un ente pubblico che si occupa di smaltimento e riciclaggio, cioè l'A.N.R.E.D. (Agenzia nazionale per il recupero ed eliminazione dei rifiuti).

Nell'84 fu siglato un accordo tra Ministero dell'Industria, Segretariato dell'Ambiente e associazioni professionali del settore cartario; tale accordo, tra l'altro, prevedeva lo sviluppo della raccolta obbligatoria presso quei possessori che devono liberarsi di ingenti quantitativi di carta: tipografi, editori, grandi magazzini, ecc.

Per vincere molti pregiudizi sulla diffusione della carta riciclata, si è deciso di procedere con campagne di informazione in due direzioni: per il pubblico, con una guida in cui sono illustrati i vari tipi di carta riciclata, il loro uso migliore, e una lista di indirizzi di produttori e distributori; per la pubblica amministrazione, al fine di limitare lo spreco di carta e favorire l'uso della riciclata.

Queste due realtà sono rappresentative della realtà europea, ma anche altri paesi europei ed extraeuropei sono all'avanguardia nel recupero di carta da macero (per. Es. USA e Giappone).

#### **Vetro**

Il recupero del vetro è un fatto consolidato in gran parte dei paesi europei ed extraeuropei, infatti si assiste a un continuo incremento del vetro recuperato.

In Inghilterra, la raccolta è iniziata nel '77, quando l'associazione degli industriali vetrari ha concluso accordi con le comunità locali, collocando contenitori a comparti separati per la raccolta di tre tipi di vetro: bianco, giallo e verde.

In sette anni dal '77 all'84, la quantità di vetro recuperato è aumentata del 500%.

In Francia dal '74 all'84 la quantità di vetro recuperato è raddoppiato; infatti 3 francesi su 4, a quel tempo, erano interessati alla raccolta del vetro.

In Svizzera il sistema di riciclaggio risale al '73 e dopo tre anni esso venne modificato con l'adozione di un contenitore a tre scomparti per vetro di 3 colori.

La Germania nell'84 al 10° anno di riciclaggio, ha recuperato un ammontare di 884.000 t di cui il 90% è frutto di raccolte cittadine mediante campane.

Altri paesi hanno attivato la raccolta, tra cui Paesi Bassi, Irlanda, Spagna e Portogallo.

Il tasso di raccolta (la quantità raccolta rispetto al consumo normale) subisce notevoli incrementi per tutti i paesi (tasso di raccolta medio in Europa è di circa il 32%), per cui si può sperare che il riciclaggio continuerà a svilupparsi negli anni futuri.

Quattro paesi hanno raggiunto un tasso di raccolta del 50% con la Svizzera che detiene il primato (55%) e sono Austria, Belgio e Paesi Bassi.

### **Alluminio**

Le lattine di alluminio costituiscono un materiale energetico. La raccolta è sviluppata nei paesi extraeuropei anche se sta prendendo piede in Europa, dove comunque il tasso di raccolta è il più basso, perché da poco sono state attivate campagne di raccolta: elevati i valori di raccolta per USA (qui il consumo pro-capite è alto), in Canada e Australia.

### **Organico**

Numerose iniziative per la r. d. dell'organico, riguardano l'Olanda e la Germania. In Olanda si raccolgono separatamente residui vegetali, di giardinaggio e frutta per ottenere un compost di ottima qualità secondo limiti restrittivi.

In Germania risultano numerosi progetti pilota, tra cui l'esperienza all'avanguardia di Amburgo.

Nell'esperienza tedesca pare che la riduzione dei RSU per la r.d. fluttua tra il 10% ed il 30%; inoltre dalle prove di compostaggio in Germania emerge che dai materiali organici raccolti separatamente si ottiene una consistente diminuzione (50%) dei metalli pesanti in confronto al compost ottenuto dai RSU tal quali.

### **Plastica**

In molti paesi europei sono state avviate esperienze di raccolta per lo più a carattere sperimentale.

Vengono adottate metodologie di raccolta diverse:

- porta a porta;
- con contenitori (campane) collocati lungo le strade;
- in centri fissi;
- con sistemi multiraccolta di più materiali: vetro, lattine e contenitori in plastica ad esempio.

Differenti tipologie di plastica vengono considerate per separarle nella fase di conferimento in modo da consentire una più efficiente rigenerazione, essendo note le difficoltà di rigenerare plastiche miste.

In Austria significativa è l'esperienza di Graz, ove la r. viene effettuata mediante consegna alle famiglie di sacchi di plastica che periodicamente vengono ritirati; la qualità di plastica è costituita da Polietilene (PE) e Polietilentereftalato (PET).

In Belgio sono state avviate diverse iniziative, quali la raccolta di bottiglie di plastica conferite in campane presso i parcheggi di una catena di supermercati; ma vi era l'inconveniente che la plastica raccolta aveva una composizione mista tale da risultare difficile la rigenerazione.

Nell'88 in una città belga è stato attivato un progetto di raccolta della plastica che prevede il conferimento, per sole bottiglie, in contenitori stradali e un sistema di raccolta a domicilio.

In Germania sono state attivate esperienze di raccolta a domicilio con consegna alle famiglie di due o più sacchetti per il conferimento dell'organico e del riciclabile (vetro, carta, plastica e lattine); esperienze simili sono state attivate in Olanda.

### **Rifiuti urbani pericolosi**

Le esperienze più significative riguardano la Francia e la Svizzera.

In Francia esiste una associazione di produttori di pile (ARPB) che ha promosso una campagna nazionale per il recupero delle pile usate, soprattutto quelle al mercurio.

La r.d. si effettua utilizzando negozi di venditori di apparecchi acustici e fotografi: essi ricevono un contenitore per la raccolta, un altro per lo stoccaggio, degli autoadesivi a seconda del tipo di pila e materiale di informazione sulla campagna; il negoziante riceve le pile dai clienti, le rimanda all'ARPB, mediante imprese specializzate che assicurano la raccolta e il trasporto. Da ultimo le pile vengono avviate ad un centro specializzato di trattamento che recupera il mercurio per una successiva riutilizzazione industriale.

In Svizzera, invece, la raccolta avviene presso negozi di orologeria e di apparati fotografici, e consente una restituzione di oltre il 90% delle pile in commercio.

## **La Situazione in Italia**

### **Vetro**

Le prime esperienze italiane risalgono al '77 (Modena) e al '78 (Parma e Padova).

Oggi la raccolta è estesa a tutto il territorio nazionale, con maggiore concentrazione al Centro-Nord ma in via di espansione anche nei grandi centri del Sud (Bari e Palermo).

In Italia il recupero di vetro risulta in continuo incremento; il vetro nell'87 è stato raccolto mediante le campane nei Comuni, da commercio e industria e da altre fonti.

### **Carta e cartone**

Il tasso di raccolta in Italia raggiunge valori discretamente elevati a confronto con altre esperienze estere.

Sono più di dieci anni che alcune città effettuano la r.d. della carta; gli esempi di Parma, Padova e Rimini sono significativi per le diverse metodologie del servizio.

A Parma la raccolta è di tipo intensivo e viene effettuata col sistema "per appuntamento" settimanale e deposito dei sacchi sul marciapiede antistante l'utenza.

Per Rimini, nonostante il conferimento richieda molta "buona volontà" da parte dell'utente, l'ubicazione del centro di raccolta e la scelta oculata dell'incentivo hanno garantito un tasso di raccolta più alto di quello di Parma e Padova.

In Italia sono presenti numerose altre iniziative la cui nota comune è il riferimento alle scuole.

E' degno di nota il trend positivo registratosi negli ultimi anni in molte località, indice di una partecipazione abbastanza attiva dei cittadini.

### **Alluminio**

Tale raccolta è stata promossa in Italia dal RAIL (Consorzio dei produttori di contenitori di alluminio), in collaborazione con Comuni e Aziende di igiene urbana.

Le esperienze sono ora in atto in centri dell'Italia Settentrionale, con appositi contenitori ubicati presso scuole e altri centri di raccolta o mediante mangialattine.

Il trend sembra comunque positivo.

## **Plastica**

La r.d. è stata avviata a livello sperimentale negli ultimi 2 o 3 anni.

Le prime esperienze hanno dimostrato che anche le materie plastiche possono essere raccolte in modo separato con elevata partecipazione dei cittadini, purchè vi sia stata una corretta campagna di informazione.

Le esperienze più significative hanno preso in considerazione i contenitori per liquidi: bottiglie per acqua minerale, per bibite, per detersivi, cosmetici ed altri, che in genere sono costituite da soli tre tipi di plastica (PET, PVC, e Polietilene).

La raccolta avviene mediante contenitori stradali presso i supermercati con “macchine mangia bottiglie” e porta a porta con sacchi.

Altre esperienze significative sono state avviate a Milano, Ferrara, Cento utilizzando la “macchina mangia bottiglie” nei supermercati: si stima che si possa raggiungere, tramite questa raccolta, il 25% delle bottiglie vendute nel supermercato dove è posizionata la “mangiabottiglia”.

## **Sostanza organica**

Si è assistito negli ultimi due anni ad un crescente interesse verso la r.d. dell'organico.

Tali esperienze si possono dividere in due ambiti: da una parte le raccolte separate dell'organico putrescibile di origine domestica e dall'altra le raccolte separate di organico provenienti da utenze quali:

- mercati ortofrutticoli
- ristoranti e mense
- verde pubblico (potature, sfalci, erbe, foglie).

In relazione alla raccolta domestica si conoscono iniziative di raccolta che hanno coinvolto alcuni comuni della Sardegna, Trentino Alto Adige, ed Emilia Romagna.

In provincia di Bologna, è stato elaborato un progetto sperimentale ove si prevede la raccolta presso utenze domestiche con contenitori da 7 litri consegnati alle famiglie e contenitori per la raccolta di verde privato.

In alcuni comuni della Sardegna, nell'ambito di un progetto, è stata attivata una sperimentazione che prevede la distribuzione a tutte le famiglie di pattumiere verdi per la raccolta della frazione organica, e dei cartelli dove si illustra quali sono i rifiuti che vanno conferiti e quali no.

Lungo le strade sono stati collocati dei contenitori in cui la popolazione svuota la “pattumiera verde” tenuta a casa.

Ricordiamo l'iniziativa di Rimini che ha coinvolto le attività di ristorazione ed il mercato ortofrutticolo per il periodo estivo in cui sono elevate le presenze turistiche.

Citiamo poi l'esperienza dell'Azienda di Firenze (Fiorentinambiente), per l'attivazione di raccolta separata dei rifiuti a matrice organica provenienti dai mercati.

Anche in Piemonte sono in corso studi ed attivazioni sperimentali di progetti.

## **Pile**

Le iniziative per tale raccolta obbligatoria per legge dal 1988 e intraprese da quasi tutte le amministrazioni, prevedono la consegna da parte dei cittadini ai rivenditori, presso i quali sono collocati bidoncini periodicamente ritirati dal servizio di raccolta e smaltimento.

Esistono in commercio contenitori di dimensioni maggiori che consentono la raccolta separata delle pile a bottone (utile quando possono essere conferite a ditte in grado di recuperare Hg e Ag).

In Italia la prima esperienza significativa è stata quella di Reggio Emilia nell'85; ormai in tutti i Comuni sono stati posizionati contenitori per la raccolta separata.

L'iniziativa di Reggio Emilia, la più antica, sorretta da una campagna di sensibilizzazione e d'informazione dei cittadini, ha consentito di raggiungere risultati soddisfacenti che si sono consolidati negli anni a seguire.

Dall'87, in seguito a un accordo della Regione Emilia con la CEE, si è passati ad un diverso sistema di raccolta, introducendo contenitori da applicarsi sulle campane per la raccolta del vetro, a muro, ecc.: questi permettono la distinzione, fin dal conferimento, delle pile a bottone dalle altre pile.

### **Farmaci**

Anche per i farmaci decorre l'obbligo per i Comuni. Numerose raccolte sono in corso, soprattutto nell'Italia centro-settentrionale, anche se non esistono esperienze consolidate.

In alcuni comuni si sperimenta la raccolta presso farmacie.

### **Prodotti e contenitori etichettati T o F e altri pericolosi**

Pur essendo obbligatoria la raccolta di questi materiali, non si hanno a disposizione dati quantitativi e qualitativi perché poche sono le iniziative attivate.

L'ASM di Brescia ha allestito dei "centri multi-raccolta" dove i rifiuti pericolosi vengono conferiti dagli utenti a personale dell'Azienda. E' stato allestito un libretto distribuito agli utenti, in cui, per ogni tipo di rifiuto, vengono fornite precise istruzioni.

Si è a conoscenza anche di r.d. dei contenitori di fitofarmaci (Reggio Emilia).

L'AMIU di Modena per evitare gravi forme di contaminazione ambientale, ha organizzato una rete di raccolta presso aziende agricole, d'intesa con enti locali ed organizzazioni professionali del mondo agricolo.

### **Rifiuti ingombranti**

Anche tale raccolta è obbligatoria per legge, per cui comuni e Aziende di igiene urbana sono tenuti ad istituire questo servizio. In Italia non si conoscono dati precisi sulla quantità di tali rifiuti né di un loro recupero; per lo più la destinazione finale sembra essere la discarica controllata.

Eppure questi materiali costituiscono un problema rilevante per i quantitativi in gioco, per la pericolosità di alcuni materiali (i frigoriferi per i CFC) e per le potenzialità di recupero di alcune frazioni (legno, acciaio, ecc.) nonché per i volumi che occupano nelle discariche se non sono opportunamente trattati.

### **Materiali da raccogliere separatamente**

Suddividiamo i materiali in "riciclabili" e "pericolosi".

#### **I riciclabili**

##### **Carta e cartone**

Per l'utilizzo di carta da macero occorre considerare che il suo impiego per la produzione di alcune carte comporta trattamenti che producono non pochi scarti. In particolare va posta l'attenzione ai processi di disinchiostatura e di abbattimento di sostanze contenute nella carta (ad es. caolino).

Il coefficiente di utilizzo di macero rispetto la produzione di carta per l'86 è di circa il 46%; i settori dove viene utilizzata sono quelli che producono cartoni e cartoncini

##### **Valore di mercato**

I prezzi della carta da macero hanno subito negli ultimi 10 anni forti oscillazioni per la concorrenzialità del materiale proveniente dall'estero.

Si tratta di un annoso problema che incide sulle quantità e qualità e richiama alla necessità di garantire forme d'incentivazione e sbocchi sicuri e remunerativi.

In Germania, il mercato della carta da macero è fortemente sostenuto dallo Stato.

## **Vetro**

Mediamente nei rifiuti si stima una presenza di vetro pari all'8%; vi sono ampi margini per una ulteriore raccolta di vetro nonostante questo materiale sia oggi quello più raccolto e recuperato.

## **Valorizzazione e riciclo**

Tale processo non reca grosse difficoltà per la presenza di materiali estranei quali la carta, plastica, e metalli che vengono allontanati automaticamente. Comunque carta, plastica o sostanze organiche non creano grossi problemi nella fase di fusione del vetro (1500°).

Costituiscono un serio problema le ceramiche e gli inerti pietrosi che impongono una selezione manuale per le difficoltà di utilizzare un sistema in grado di separarli, soprattutto perché hanno un peso specifico vicino a quello del vetro.

Tale materiale può essere raccolto e riciclato, senza decadimento della qualità, all'infinito.

## **Criteri di qualità per il rottame di vetro**

Si seguono le indicazioni fornite dalla CEE sulla qualità come percentuali massime ammissibili di contaminanti: sost. org. (0,5%), materiali ferrosi (0,05%), materiali refrattari assenti, altri inerti (0,1%), ecc..

## **Lattine di alluminio**

Il consumo è stimato in 26 lattine/persona nel '90.

In Piemonte l'ALCAN ha uno stabilimento per il riciclo dei diversi tipi di rottami di alluminio, che hanno la seguente origine: 60% dall'estero, 20% dal Piemonte, 20% dal resto d'Italia.

Il riciclaggio di alluminio e acciaio dei contenitori ad uso alimentare è una tecnica usata nell'industria; la separazione tra alluminio e acciaio è comunque molto semplice grazie alla selezione magnetica.

## **Plastica**

I principali settori di impiego sono: imballaggio (34%), edilizia (15%), agricoltura, automobilistica, elettrodomestici, arredamento, altro (28%).

I polimeri più usati sono: polietilene (PE) a bassa densità e polivinilcloruro (PVC).

I sacchetti per la spesa (shopper), prodotti per l'80% con LPDE e per la restante quota da HPDE e PVC, rappresentano il 4,5% del consumo totale di plastica.

## **Plastica nei rifiuti**

Non tutta la plastica consumata termina nei rifiuti anche se sicuramente quella utilizzata per gli imballaggi la ritroviamo nei RSU.

In generale i rifiuti plastici derivano da: imballaggi e sacchetti per la spesa, scarti industriali, film e teloni usati in agricoltura ed edilizia, componenti plastiche di auto, elettrodomestici, mobili, ecc..

Per gli scarti industriali, esiste un riciclo nello stesso stabilimento di produzione o presso aziende specializzate nella rigenerazione.

La presenza di materie plastiche nei rifiuti ammonta a circa l'8% in peso e 15% in volume, con predominanza di PE e PP (60%), PVC (20%); polistirolo (15%).

## **Recupero di materie plastiche**

Gli scarti si possono considerare di tre categorie:

- scarti molto puliti di un solo tipo di resine reinseribili nel ciclo produttivo con una operazione di triturazione;
- scarti puliti di una sola resina che non possono reinseriti nel ciclo produttivo se non dopo rigenerazione;
- scarti di difficile recupero di resine mescolate e inquinate accoppiate ad altro come, carta alluminio, ecc.

Quest'ultima è la categoria più diffusa ove confluiscono i prodotti derivanti da r.d. o da impianti di selezione di RSU ed assimilabili.

## **Sostanza organica**

I costituenti della materia organica nei RSU sono scarti da cucina, e altri scarti non commestibili; tale frazione solitamente si ritrova frammista ad altre frazioni nel cassonetto dei rifiuti; si tratta di una quantità rilevante che oscilla come media nazionale attorno al 35% in peso.

La raccolta separata comporta vantaggi quale il recupero di materiale che trattato (compostaggio, digestione anaerobica) consente di ottenere un prodotto per l'agricoltura come ammendante e fertilizzante e la riduzione dei volumi dei rifiuti conferiti alle discariche.

Un aspetto importante riguarda la necessità di tenere separati i flussi dei rifiuti urbani per ottimizzare i processi di trattamento e smaltimento.

## **Organico prodotto da fonti specifiche**

Possiamo considerare tre grosse categorie:

- o. dei mercati ortofrutticoli generali;
- o. delle mense, ristorazioni e industrie di produzione pasti;
- o. di sfalci e potature dei giardini e alberate di città.

Il pregio di questo materiale è costituito da una scarsa presenza di altre frazioni (plastica, vetro, rifiuti pericolosi) che possono condizionare negativamente successivi trattamenti.

## **Modalità di raccolta e utenza**

Le modalità di raccolta dipendono dall'utenza considerata, per cui si distinguono :

- 1) **raccolta della frazione organica di origine domestica** in cui si prevedono due contenitori e cioè un bidone di plastica da dieci litri destinato ai residui alimentari, piccoli pezzi di carta, residui di giardinaggio ed un altro contenitore per le frazioni restanti.
- 2) **Raccolta della f. o. da mense e ristoranti** con contenitori specifici collocati all'interno.
- 3) **Raccolta di org. dei mercati**
- 4) **Raccolta di org. derivante da sfalci e potature .**

## **Trattamento e valorizzazione**

Questo può avvenire:

- 1) attraverso la trasformazione in condizioni di aerobiosi della sostanza organica con compost, con durata dai tre ai cinque mesi; nel processo di compostaggio devono essere garantiti i controlli di umidità, di aria, e di altri parametri chimici e chimico-fisici.
- 2) Mediante fermentazione in condizioni di anaerobiosi per la produzione di biogas, utilizzato per usi termici o elettrici.

In entrambi i casi è importante che la frazione organica sia di buona qualità nel senso che non vi devono essere sostanze estranee (vetro, plastica e altro); per questo è necessario effettuare controlli analitici per valutare la presenza di elementi inquinanti e particolarmente i metalli pesanti.

Per queste ragioni la raccolta deve essere effettuata separatamente dalle altre frazioni costituenti i Rsu (separazione a monte nella fase di conferimento dei cittadini e in quello delle aziende).

### **Valore di mercato e riutilizzo**

Il valore del compost è variabile in relazione al raffinamento del prodotto alla modalità di vendita e alla qualità (prodotto sfuso £6.000/mc, il prodotto insaccato £50.000/mc).

Si tratta di materiale che se di buona qualità, è molto richiesto dal mercato e trova impieghi in vari comparti dell'agricoltura: colture intensive ad alto reddito, colture arboree a pieno campo, colture cerealicole e frutticoltura.

Inoltre può essere utilizzato nella predisposizione dei terreni per parchi, giardini, e recupero di aree degradate.

### **I pericolosi**

Materiali contenuti nei rifiuti che presentano alti rischi di inquinamento per la presenza di microinquinanti organici e/o inorganici.

Si prevede la raccolta obbligatoria di alcuni rifiuti pericolosi come pile e batterie, farmaci scaduti e contenitori contrassegnati con il simbolo "T" e/o "F" (tossici e/o infiammabili).

### **Pile**

Queste contengono rilevanti quantità di Hg, di cui sono note la tossicità e la capacità mutagena.

Sono catalogate perciò dalla legge come rifiuti pericolosi perché contenenti vari metalli pesanti tra cui Hg, Cd, Ni e Pb.

Vi sono diversi tipi in commercio, a cui tossicità è legata al quantitativo di metalli tossici presenti.

L'attenzione posta al Hg è legata alla sua pericolosità per l'ambiente e l'uomo anche in piccole quantità (1 g di Hg può contaminare 1000 l di H<sub>2</sub>O e 200 q di alimenti).

Tuttavia la tendenza del mercato dell'"usa e getta" mostra un incremento nell'utilizzo delle pile, soprattutto di quelle a bottone, che contengono il più alto tenore di Hg utilizzate per orologi, macchine fotografiche, ecc.

Al riguardo, è importante favorire ricerche che portino alla creazione di pile che funzionino con principi chimici meno pericolosi e costruite con prodotti meno tossici e riciclabili.

L'industria ha sviluppato un nuovo tipo di pila a bottone senza Hg, ormai sul mercato da qualche anno, che sostituisce progressivamente le batterie di mercurio per gli apparecchi acustici. Alla fine degli anni '80 la Mazda ha immesso sul mercato una pila verde, senza Hg; altra società, la Duracell sta sperimentando pile a basso contenuto di Hg e di Cadmio.

### **Mercurio nei rifiuti e impatto derivante dallo smaltimento dei RSU**

Esistono altre fonti di Hg che non riguardano solo l'industria; nei Paesi Bassi il mercurio presente nelle pile è il 71% del totale dei rifiuti; un'altra quota deriva dai rifiuti speciali collocati abusivamente nei cassonetti, mentre per quelli provenienti dalle abitazioni bisogna considerare anche prodotti ad uso domestico (lampade, medicinali, termometri, cosmetici ed altro).

Se non raccolti separatamente a monte, i prodotti con Hg vengono trattati con altri RSU generando molti problemi. Solo il 5% del contenuto di Hg nei rifiuti inceneriti rimane nelle ceneri, mentre il resto è liberato nei fumi. Un altro 5% è trattenuto dai filtri, mentre abbattimenti più elevati si ottengono col lavaggio dei fumi.

Il mercurio dei rifiuti domestici avviati in discariche controllate può liberarsi nell'ambiente attraverso il biogas che in questo modo può contenere composti organici del

mercurio volatili, e attraverso il percolato, la cui acidità solubilizza i metalli contenuti nei rifiuti.

Inoltre, il trattamento del percolato in impianti biologici comporta infiltrazioni di mercurio nei fanghi, che, se sparsi sui terreni, liberano di nuovo mercurio. Infine, esso, contenuto nei rifiuti trattati per il compost, si lega alle sostanze organiche per poi essere rilasciato nel terreno, quando si applica alle colture il compost.

### **Trattamento e smaltimento**

Ad eccezione delle pile al litio, le pile sono da considerarsi ai fini dello smaltimento conclusivo, come rifiuti pericolosi per due componenti: Hg e Cd, il cui smaltimento, in assenza di trattamenti, avviene in discariche di seconda categoria di tipo C.

Ove possibile, si ritiene preferibile inviarla ad un trattamento di recupero.

### **Collocazione in discariche controllate**

Si conoscono solo due possibilità di smaltimento: la discarica di Shomberg in Germania e una in Francia che ricevono da molti Paesi europei. In quella tedesca confluisce gran parte dei rifiuti europei; in quella francese confluisce materiale raccolto in Francia e in Svizzera.

In Italia sono in corso sperimentazioni di inertizzazione mediante annegamento in cemento e successivo conferimento in discarica, anche se ciò pare non sia esente da pericoli, secondo alcuni studi.

### **Trattamento per il recupero**

Sono funzionanti attualmente in Europa una decina di impianti a scala industriale, che si basano su processi di distillazione in forni; ma è necessario che il contenuto di mercurio sia piuttosto elevato. Gran parte di tali impianti sono al servizio di aziende produttrici di materiali con mercurio (tra cui la Philips), sono gestiti con criteri economici e il recupero non arriva a livelli estremi e così si ottengono residui che presentano concentrazioni critiche di mercurio.

### **Farmaci scaduti**

La parte del prodotto che pone problemi in fase di smaltimento è costituita dai principi attivi, sostanze chimiche ad attività farmacologica. Anche negli inceneritori si possono produrre emissioni per le quali si rendono necessari sistemi di captazione e neutralizzazione.

### **Metodologie di raccolta**

La più diffusa utilizza contenitori appositi di 100 litri forniti di imboccatura che consentono l'introduzione dei prodotti, ma impediscono eventuali recuperi abusivi. Essi sono collocati nelle farmacie. Un altro sistema prevede la consegna alle famiglie di un contenitore in cui si collocano farmaci scaduti e pile. A riempimento, questo viene consegnato ai centri di raccolta o svuotato presso i contenitori nelle farmacie.

### **Trattamento e smaltimento**

Poiché il recupero è difficile e antieconomico, il sistema utilizzato per lo smaltimento è l'interramento controllato, dopo averli chiusi ermeticamente in speciali contenitori o l'incenerimento in forni speciali ad alte temperature, dotati di filtri per i rifiuti pericolosi.

### **Prodotti etichettati T o F**

I prodotti domestici con questi simboli sono numerosi e comprendo varie categorie di sostanze chimiche molto pericolose per l'ambiente, se smaltiti in discarica o in termodistruzione. I prodotti spray contengono sostanze responsabili della distruzione di ozono. Altri prodotti pericolosi sono detersivi e detergenti, vernici e solventi.

### **Metodologie di raccolta**

Non si possono conferire in uno stesso contenitore perché una loro mescolanza causa reazioni chimiche pericolose e impedisce i trattamenti successivi, quindi raccolta e conferimento devono avvenire in più contenitori e alla presenza di personale tecnico specializzato; tra i principali sistemi di raccolta:

- 1) presso i principali rivenditori di questi prodotti;
- 2) centri di raccolta fissi, attrezzati in uno o più punti della città;
- 3) centro di raccolta mobile, con la predisposizione di un automezzo per la raccolta, a cui in giorni fissi precedentemente programmati il cittadino conferisce i prodotti.

### **Trattamento e smaltimento**

Si devono inviare ad appositi centri pubblici o privati per il trattamento, recupero e smaltimento, in rapporto alle varie qualità di materiali raccolti.

### **Rifiuti ingombranti**

Tra questi riveste particolare importanza la destinazione finale di frigoriferi e congelatori per la presenza dei CFC (buco di ozono); al riguardo, la direttiva CEE 88/540 cita: "è internazionalmente riconosciuta la necessità di ridurre in modo significativo sia la produzione che il consumo di tali sostanze", con riferimento ai CFC.

### **Metodologie di raccolta**

In genere viene organizzato mediante il servizio per appuntamento attivato da chiamata telefonica: al cittadino viene richiesto di collocare il rifiuto al piano strada. Tale sistema ha un maggiore costo di gestione, ma risulta più comodo per gli utenti e consente il riciclaggio di alcuni dei rifiuti ingombranti, come mobili, elettrodomestici e loro imballaggi.

### **Trattamento e smaltimento**

Questo non è pratica consolidata, per cui spesso terminano nelle discariche. La raccolta differenziata può facilitare il loro trattamento, per recuperare alcune frazioni come legno, plastica, ferro ed altre componenti pregiate, oltre a recuperare materiali pericolosi come i CFC.

### **Progettazione della raccolta differenziata**

Spesso si assiste, quando si analizzano le iniziative di r. d. nei comuni, ad un insuccesso nell'attuazione della raccolta attribuibile a una serie di fattori quali la mancata risposta da parte dei cittadini, l'insufficienza delle strutture, le metodologie di raccolta non adeguate, l'improvvisa mancanza delle condizioni di mercato dei prodotti recuperati e l'elevato costo sia di investimento che di gestione.

**Gli insuccessi riscontrabili sono dovuti in buona sostanza ad una carenza di "progettazione" del sistema e cioè ad una mancata individuazione di tutte quelle condizioni dalle quali dipende la credibilità e la riuscita della r. d..**

**La "progettazione" deve essere effettuata a livello statale, per gli indirizzi generali; a livello regionale, ove occorre individuare le strutture organizzative e gli ambiti territoriali dove realizzare la r. d. in funzione della realtà ed esigenze dei territori interessati e dell'esistenza del mercato dei prodotti recuperati e degli impianti di smaltimento; a livello di Consorzi fra Comuni e a livello comunale la progettazione deve**

**avere caratteristiche locali ma deve essere realizzata secondo la programmazione regionale e nazionale.**

La “progettazione” infine si deve sviluppare nel tempo e deve continuare con approfondimenti e modificazioni in conseguenza dei risultati ottenuti.

### **Progettazione territoriale**

**Uno degli strumenti per realizzare gli obiettivi per la raccolta differenziata è la redazione e gestione di “progetti territoriali di raccolta differenziata” da parte delle Aziende Municipali e di Consorzi pubblici per il Piemonte.**

In tale progetto, l'indagine che preliminarmente si deve effettuare per individuare il bacino d'utenza, **deve essere così articolata:**

- 1. Dimensione e tipologia del territorio:** estensione, geomorfologia (pianura, collina, montagna), sistema viario, livello di antropizzazione.
- 2. Dimensione demografica:** è utile rilevare anche i dati di fluttuazioni turistiche.
- 3. Sistema socio-culturale:** zone popolari, zone residenziali, zone commerciali, zone ad elevata presenza di uffici.
- 4. Attività produttive**
- 5. Quantità di rifiuti prodotti:** sarebbe interessante conoscere le quantità settimanali o mensili
- 6. Qualità di rifiuti prodotti:** per i RSU raccolti nei cassonetti si effettua l'analisi merceologica, individuando entro il “Bacino d'utenza” aree campione rappresentative; i parametri di riferimento, utili per caratterizzare ogni area campione, sono: altitudine, classe demografica (tale suddivisione dipende dalla densità dell'area, popolazione attiva, suddivisione della popolazione per attività). Una volta fatto questo, si assegnano ad ogni area i Comuni ad essa omogenei. Inoltre sarebbe opportuno per ogni area, effettuare più determinazioni in funzione della stagionalità, delle fluttuazioni turistiche e delle attività economiche. **Gli altri rifiuti da considerare sono: r. di matrice organica, quelli provenienti da utenze particolari (industrie, ecc.), r. anche pericolosi, prodotti dall'agricoltura, come i teloni di plastica, e i fanghi degli impianti di depurazione.**
- 7. Analisi quantitativa e qualitativa delle utenze:** cioè utenze domestiche (in genere corrispondono ai nuclei familiari), e utenze private (utenze commerciali e i servizi). A titolo di esempio, riportiamo un elenco: negozi, esercizi commerciali, ristoranti mense, alberghi, collegi e case di riposo, studi professionali e ambulatori, scuole e uffici pubblici, stabilimenti industriali e artigianali.
- 8. Situazione attuale dello smaltimento:** per i RSU, si devono ottenere indicazioni sugli stabilimenti serviti, su chi effettua la raccolta, le modalità, la frequenza, l'organizzazione della raccolta, tipologia di smaltimento finale. **Per la raccolta differenziata, occorre conoscere i materiali raccolti, dati sull'organizzazione e cioè l'anno di inizio, abitanti serviti, modalità di raccolta, quantità recuperate, frequenza, destinazione finale dei materiali.**
- 9. Presenza di attività di recupero:** da individuare attività di recupero di privati e quindi iniziative di volontariato, attività di recuperatori della carta, ecc.
- 10. Gli utilizzatori:** le industrie e i soggetti privati, soprattutto gli utilizzatori delle materie recuperate e le loro esigenze per tipologie, qualità e quantità di materiali da recuperare.
- 11. Strategia informativa esistente:** è un aspetto essenziale, perché solo con la convinta collaborazione dei cittadini si ottengono risultati.

## Articolazione del progetto territoriale

In sintesi, il progetto territoriale si articola nei seguenti argomenti:

- **scelta dei materiali da raccogliere;**
- **dimensione del progetto (qualità e quantità complessivi di materiali da raccogliere);**
- **individuazione per ogni materiale, dei sistemi di raccolta e trasporto in rapporto all'arredo urbano e valutazioni quali-quantitative (n. e tipo di contenitori, n. e tipo di automezzi);**
- **localizzazione e progettazione delle aree di raccolta, stoccaggio e valorizzazione dei materiali di raccolta ai fini della destinazione finale;**
- scelta e **individuazione delle effettive possibilità di smaltimento dei rifiuti non recuperabili;**
- scelta ed **individuazione degli utilizzatori dei materiali recuperabili;**
- **individuazione di strumenti e strategie di sensibilizzazione ed informazione degli utenti;**
- **progettazione delle iniziative sperimentali;**
- **analisi dei costi e benefici del progetto** (costi di investimento, costi di gestione, ricavi diretti e indiretti dall'organizzazione di tutte le fasi del progetto);
- **individuazione delle strutture organizzative (strutture consortili, associazioni di volontariato, cooperative di lavoro, enti o soggetti concessionari dell'attuazione del progetto, ecc.);**
- **individuazione degli strumenti finanziari.**

**Il progetto** così articolato, per decollare e per non rischiare di fallire i propri obiettivi in breve tempo, **deve comunque essere supportato da “strumenti amministrativi” quali ad esempio un adeguato regolamento consortile e dai regolamenti per la raccolta differenziata** che individuino i criteri di conferimento e raccolta, i regimi tariffari particolari per i rifiuti speciali assimilabili agli urbani, i criteri di conferimento e raccolta differenziata per i rifiuti urbani domestici rispetto al normale conferimento al pubblico servizio (sarebbe auspicabile differenziare la tassa di raccolta dei rifiuti rendendola più onerosa per i rifiuti non conferiti al sistema di raccolta differenziata).

### **La riduzione dei rifiuti e la raccolta differenziata : problemi e necessità**

#### **La riduzione : una necessità**

Quando si affronta il problema della riduzione dei rifiuti entrano in gioco molti fattori che rendono difficoltosa la predisposizione di azioni concrete, per cui spesso il rischio che si corre è quello di rimanere all'enunciazione di principi generali.

Appare chiaro a tutti comunque che **la riduzione dei rifiuti rimane in termini strategici l'unica strada vincente** e che su questa occorre concentrare gli sforzi ed indirizzare la ricerca, gli studi ed i necessari interventi normativi.

La r. d. **non potrà comunque risolvere alcuni nodi che si collocano a monte della produzione dei rifiuti;** al massimo una sua attuazione completa potrà essere in grado di attenuare ma non impedire l'acuirsi del problema dello smaltimento.

**Una siffatta situazione richiama** ad interventi che travalicano la sola r. d. e che attengono ad **una normativa regionale e nazionale in cui si prenda in considerazione che un qualsiasi materiale che termina nei rifiuti ha avuto una sua “vita” durante la quale è stato progettato, costruito, commercializzato e infine conferito come rifiuto.**

**L'inversione di tendenza dell'attuale modello dissipativo di consumo**, richiede interventi nella fase di progettazione e produzione di beni, nei sistemi di distribuzione e consumo; di un bene si debbono preventivamente valutare tutti gli aspetti di impatto ambientale ai fini dello smaltimento ed adottare misure tese a :

- ridurre la quantità di residui da eliminare;
- diminuire i costi energetici per la confezione, trasporto e smaltimento;
- migliorare la qualità del prodotto per renderlo più durevole.

Quindi **occorre intervenire con misure in grado di incidere sull'uso delle risorse e sulla domanda dei beni**, con azioni di natura fiscale ed economica.

**Ciò si può attuare attraverso alcune soluzioni di seguito esposte:**

- 1) **progettazione e produzione dei beni** con azioni tese a prolungare la vita utile dei beni **mediante l'utilizzo di materiali più resistenti all'invecchiamento, anche se bisogna tenere presente che più sono durevoli maggiore è la complessità della loro struttura e quindi più difficile è il loro recupero (si pensi alle vernici anticorrosive)**; inoltre i prodotti più durevoli sono più pesanti e voluminosi, normalmente; utilizzano pertanto più materiali e consumano più energia. Le misure per prolungare la vita utile sono soprattutto importanti nell'ambito dei manufatti durevoli e complessi (auto, elettrodomestici, arredamento, TV, ecc.), ove la tendenza preminente è, al contrario, quella di accorciare la vita utile, con l'obiettivo di stimolare il mercato di sostituzione. Invece **si può rendere conveniente il recupero dei materiali costituenti i manufatti al termine della loro vita utile se è facile lo smontaggio e la separazione dei diversi componenti**. Sono inoltre auspicabili misure che intervengano nell'**uso di tecnologie pulite** per ridurre la produzione di residui e la loro tossicità, e che incentivino l'impiego di materiali riciclabili allo scopo di ridurre il ricorso a materie prime non rinnovabili. Si tratta di una serie di interventi di politica industriale che possono essere affrontati attraverso azioni di incentivi, divieti e sanzioni e che necessitano di una sistematica concertazione tra operatori economici e autorità pubblica.
- 2) **Riduzione dei prodotti "usa e getta"**: è praticabile in tempi più rapidi, fatta salva l'esigenza di offrire a produttori, utilizzatori e distributori di queste tipologie merceologiche il tempo e le opportunità per le necessarie modificazioni produttive. Il problema riguarda soprattutto, per i volumi di rifiuti smaltiti, gli **imballaggi e le stoviglie**. Per alcuni prodotti "usa e getta" e per alcune tipologie di utilizzatori, come la ristorazione rapida, è invece consigliabile stabilire divieti. Ad esempio, attualmente l'unica misura di penalizzazione adottata è l'imposta di fabbricazione sui sacchetti di plastica per l'asporto delle merci. Effetti più consistenti potrebbero essere ottenuti con una massiccia promozione di strumenti alternativi, quali le retine e le borse per la spesa.
- 3) **Interventi per gli imballaggi**: questi costituiscono circa il 40% in peso dei RSU ufficialmente censiti e, verosimilmente, una quota molto più elevata in volume, dato il loro basso peso specifico. **Le misure adottate devono essere indirizzate a ridurre il peso, l'ingombro ed a permettere il riuso di questi materiali**. Bisogna procedere ad una "standardizzazione" degli imballaggi per classi omogenee di beni tenendo presenti i problemi legati ai sistemi di distribuzione, alle tecniche di immagazzinamento, di conservazione, trasporto e commercializzazione. In particolare sono ipotizzabili interventi di tassazione ed incentivazione per consentire una diminuzione di materiali pericolosi o difficili da recuperare e smaltire (poliaccoppiati), agevolare la realizzazione di imballaggi prodotti con materiali recuperati, facilitare il ricorso a imballaggi a rendere o a sostenere più cicli di distribuzione.

Più in particolare, per i contenitori per liquidi – alimentari e non- l'indirizzo fondamentale consiste nell'attivazione di misure che inducano, gradualmente, consumatori e distributori a trattenere all'interno del circuito distributivo i contenitori per liquidi, senza cioè conferirli al flusso di RSU; tra queste, l'estensione di cauzionamento.

**Le misure adottabili possono riguardare 3 aspetti:**

- a) **cauionamento dei contenitori per liquidi, alimentari e non, monouso** (destinati ad essere “rottamati” e riciclati come materia seconda), **e pluriuso** (destinati ad essere riutilizzati dopo opportuno condizionamento);
- b) **standardizzazione dei vuoti da sottoporre a cauionamento in pochi formati uniformi per dimensioni, peso, qualità dei materiali, analogamente a quanto avviene nel campo delle acque minerali, birra e bibite gassate;**
- c) **introduzione di una imposta di fabbricazione** (estesa ai prodotti di importazione) **per tutti quei contenitori che non è opportuno sottoporre al sistema di cauionamento:** o per il basso valore commerciale degli imballaggi, o per la forma o qualità del materiale di cui sono composti (per esempio liquori, vini pregiati, profumi e prodotto di bellezza).

### **La raccolta differenziata: quale futuro?**

Ampio è il ventaglio degli interventi, attuati dai Comuni, Aziende e Consorzi di igiene urbana, tesi a sviluppare la raccolta differenziata dei RSU.

Tuttavia non poche sono le difficoltà che occorre superare per rendere questi interventi efficaci se è vero che la diminuzione dei rifiuti per effetto della r. d. si limita al 3-5% dei rifiuti prodotti. Rimangono numerose aree grigie che dipendono da fattori di ordine culturale, organizzativo, ed economico.

**Nonostante una accresciuta sensibilità ambientale**, che ha prodotto nel nostro paese un generalizzato interesse al recupero dei materiali dei rifiuti, **la r. d. continua, molte volte, a rimanere un “optional” nella organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti e soprattutto pochi ed incisivi sono gli interventi di educazione e sensibilizzazione dei cittadini. In particolare però è un problema culturale che interessa gli operatori del settore, tecnici, amministratori e responsabili politici per la necessità di superare una concezione della r. d. relegata a “fanalino di coda” o comunque ritenuta inincidente sulla tematica della gestione del rifiuto.**

Troppe volte le raccolte separate a monte di alcuni materiali sono organizzate in termini volontari oppure perché sono obbligo di legge e quindi coercitive; il più delle volte è collocato qualche contenitore lungo le strade e con ciò si ritiene di aver esaurito il compito.

La r. d. è da intendersi invece, come un sistema in grado di intervenire sulla globalità del rifiuto prodotto, con modalità articolate nei diversi ambiti in cui il rifiuto si produce. **Oltre alle modifiche individuali dei cittadini, sono richieste modifiche nell’approccio organizzativo della r. da parte dei Consorzi ed Aziende di igiene urbana;** inoltre la difficoltà di collocazione finale dei materiali raccolti è un’altra delle ragioni che ostacolano una completa ed efficace diffusione della r. d.; **spesso le r. d. di alcune materie vengono condizionate dalla fluttuazione artificiale dei prezzi**, per cui si producono a catena effetti negativi negli operatori del settore per la difficoltà di prevedere una minima programmazione; **ciò comporta alcune volte la sospensione del servizio e/o l’accumulo nei contenitori dei materiali.** Quando questo succede si opera un cattivo servizio nei confronti dei cittadini, che vengono così demotivati; una campana di vetro in cui non è possibile collocare altre bottiglie, la carta che non viene ritirata o quant’altro inducono disincentivazioni e sono fortemente diseducative.

**Il futuro della r. d. dipende da questo complesso di situazioni: sono questioni di ordine culturale che vanno affrontate pensando a tempi lunghi, ma anche questioni organizzative ed economiche che possono trovare adeguate risposte mettendo mano ad una impostazione della r. d. progettata in tutti i suoi ambiti e normata in termini unitari a livello nazionale e regionale.**

## Relazione finale

Il corso sui vari sistemi di smaltimento e riciclaggio, che ho tenuto agli allievi del corso di Vittoria, ha avuto la durata di 30 ore. Gli allievi presenti sono stati da 8 a 10 e l'attenzione e l'interesse da essi riservato all'argomento trattato è stato apprezzabile.

La trattazione è stata effettuata principalmente attraverso lezioni frontali, con l'ausilio di fotocopie e lucidi, materiale utilizzato soprattutto a seconda delle caratteristiche dell'argomento affrontato.

Dovendo trattare, in materia di RSU, i vari sistemi di smaltimento e riciclaggio attualmente utilizzati, in particolare dal punto di vista biologico, mi è sembrato opportuno partire da considerazioni prettamente ecologiche. Ho quindi iniziato spiegando i vari cicli della materia esistenti in natura, i concetti di "ecosistema" e suo "equilibrio" e "autoregolazione", il flusso di energia, le catene alimentari, ecc. Ho poi dato una illustrazione sintetica ma, credo, efficace del problema dell'inquinamento. Queste premesse sono servite a offrire agli allievi una visione più ampia e articolata del problema dello smaltimento dei rifiuti.

Proseguendo nella mia trattazione, ho quindi sottolineato l'importanza che rivestono le specifiche caratteristiche della cultura in cui viviamo, come fattore determinante per l'aggravarsi del problema oggetto di analisi. Ho poi spiegato le varie tecnologie di trattamento dei RSU, soffermandomi maggiormente sulle fasi di progettazione e realizzazione di una discarica controllata. A tal proposito, ho preso in considerazione qualche attuazione (stabilimenti di trattamento RSU a Milano) e le attuali possibilità di recupero energetico e di materie utili nelle varie metodologie di smaltimento, se applicate secondo normativa e nel rispetto dell'ambiente.

Infine, ho trattato l'argomento della raccolta differenziata, da cui ho preso spunto per un'analisi finale del problema, riconducendolo in definitiva alla cultura dell'usa-e-getta, alle modalità di produzione e commercializzazione dei produttori, e alla mancanza di coordinamento fra i vari soggetti competenti.

Ho cercato di coinvolgere in modo attivo gli allievi, facendo loro presente anche gli aspetti positivi o da sviluppare nella risoluzione del problema dello smaltimento dei rifiuti e le possibilità di lavoro che si aprono in questo campo per coloro i quali abbiano il buon senso e l'intraprendenza necessari a coglierne le insospettabili opportunità.