

Le prospettive della ricerca sui rifiuti

Giuseppe Mininni

IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque)

Via Reno, 1

00198 Roma

mininni@irsa.cnr.it



La nozione di rifiuto

- Il prodotto è una conseguenza voluta del ciclo produttivo e, ancorché si tratti di prodotti pericolosi, il trasporto e l'utilizzo non pongono problemi sul destino finale, né vi è incertezza sul suo effettivo impiego secondo le pertinenti regole di tutela ambientale.
- Il rifiuto, invece, è una conseguenza non voluta del ciclo produttivo, del quale il detentore, in qualche modo, ha interesse o è tenuto a disfarsi. Per cui è necessario che la sua movimentazione ed il suo destino finale siano sottoposti ad un regime di controllo del tutto diverso da quello riservato ai prodotti, poiché lo scopo è quello di evitare che il rifiuto sia disperso nell'ambiente o recuperato od eliminato in modo improprio.



**Disciplina sui rifiuti
(D. lgs. 3 aprile 2006 n.152
e s.m.i.)**

Extra disciplina sui rifiuti

“RIFIUTO”

“SOTTOPRODOTTO”

sostanze e materiali, originati da un processo non direttamente destinato alla loro produzione che devono soddisfare numerosi requisiti: impiego certo e integrale, requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a non causare impatti, assenza di trattamenti preventivi, valore economico di mercato

Smaltimento

**Recupero di
materia e di
energia**

Riciclo

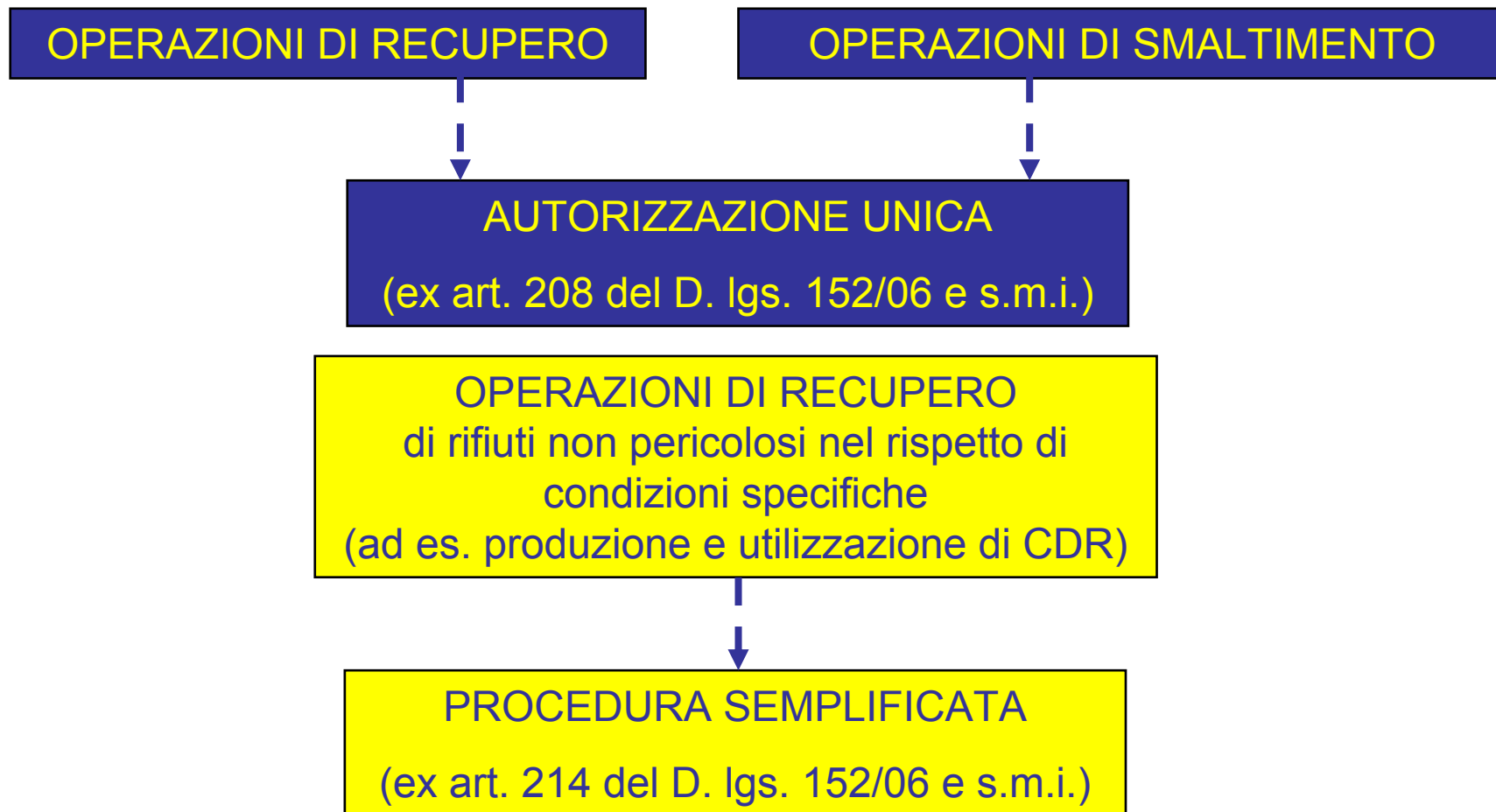
Riuso

Recupero

**“MATERIE PRIME
SECONDARIE DOPO
RECUPERO”
dopo la fase del recupero**



L'assetto attuale della disciplina



Differenza tra la disciplina sui rifiuti e quella sulle emissioni in atmosfera degli impianti industriali

- Tutta la disciplina sui rifiuti è impostata sul principio di precauzione: devono cioè essere utilizzate le migliori tecnologie disponibili (discarica ed incenerimento) per contenere le emissioni entro i limiti più restrittivi raggiungibili;
- La disciplina sulle emissioni in atmosfera degli impianti industriali è impostata piuttosto sul principio del rischio sopportabile: sono accettabili le emissioni che non causino rischi per la salute dell'uomo.



Confronto dei limiti alle emissioni

	Parametro	Media giornaliera (mg/Nm ³)	
		Incenerimento	Impianti industriali
1	Polvere totale	10	50-150
2	TOC	10	
3	HCl	10	30
4	HF	1	5
5	SO ₂	50	500
6	CO	50	100-350 (impianti di combustione > 0,15 MW)
7	NO _x espressi come NO ₂	200	500
		Campionamento di 1 h	
8	Cd + Tl	0,05	0,2 per Cd, Tl
9	Hg	0,05	0,2 (mg/Nm ³)
10	As+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+V	0,5	5 per Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, V 1 per As, Co, Ni
	Parametro	Campionamento di 8 h	
11	PCDD + PCDF	0,1 ng/m ³ (TE)	10.000 ng/m ³
12	Sommatoria 10 IPA cancerogeni	0,01	0,1 per ciascun composto



Ruolo della ricerca

- La disciplina sui rifiuti è perciò sufficientemente cautelativa;
- Il ruolo della ricerca è di migliorarne l'attuazione, seguendone la gerarchia promuovendo:
 - 1) l'adozione di tecnologie pulite volte alla riduzione della produzione di rifiuti;
 - 2) il recupero di materia mediante la produzione di materie prime secondarie;
 - 3) Il recupero di fonti energetiche dai rifiuti;
 - 4) l'adozione di strategie e protocolli per lo smaltimento dei rifiuti non più recuperabili in condizioni di sicurezza.
- La ricerca può aiutare il mondo delle imprese, dei consorzi obbligatori, dei gestori di impianti, nonché le Autorità territoriali e di controllo, alla pianificazione della gestione dei rifiuti, nell'ottica concreta di garantire la massima tutela della salute e dell'ambiente oltre che l'efficacia e l'efficienza dei sistemi gestionali.
- Devono essere sperimentati e validati processi innovativi di trattamento dei rifiuti con l'obiettivo principale di ridurre la quantità e la pericolosità dei rifiuti da smaltire in discarica.



Strategie di ricerca del Cnr

1. Incentivare le imprese all'adozione di tecnologie pulite volte alla riduzione della produzione dei rifiuti e dell'uso di sostanze pericolose;
2. Produzione di materie prime secondarie da specifiche tipologie di rifiuti;
3. Sviluppi di processi termici innovativi anche con l'obiettivo di recuperare materie prime secondarie;
4. Sviluppo dei processi di digestione anaerobica dei rifiuti biodegradabili;
5. Studio del ciclo di vita e dei costi (LCA e LCC) della gestione dei rifiuti urbani;
6. Studi e indagini per la valutazione dell'impatto sulla salute del ciclo di gestione dei rifiuti;
7. Elaborazione di criteri per la localizzazione e realizzazione delle discariche;
8. Definizione di criteri per la messa in sicurezza permanente delle discariche abusive.



Tecnologie pulite

- La direttiva 96/61 nota come IPPC (Integrated pollution prevention and control) ai fini del rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, che interessa tutti i comparti ambientali, prescrive l'adozione da parte dell'impresa di una politica virtuosa ivi compresa **la minimizzazione della produzione e della pericolosità dei rifiuti**;
- Questa politica può essere perseguita adottando le BAT (best available techniques) che sono in pratica tecnologie pulite volte alla riduzione delle emissioni dirette e indirette nell'aria, nell'acqua e sul suolo, nonché la riduzione dell'uso delle fonti energetiche ed il miglioramento dell'efficienza energetica generale dello stabilimento;
- Il Cnr ha già condotto alcuni studi per conto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ai fini della stesura di linee guida ad uso delle imprese che devono adottare tali tecnologie;
- Lo sviluppo della ricerca in questo settore può consentire di individuare **nuove e più interessanti possibilità per il recupero di sottoprodotti nel ciclo produttivo, alla sostituzione di composti pericolosi, al recupero di materie prime secondarie nel trattamento dei rifiuti**. Tutte queste opzioni possono concorrere al perseguimento degli obiettivi della Direttiva 96/61.



Recupero di materie prime secondarie dalla raccolta differenziata e conseguenti spunti per la ricerca

- I problemi aperti alle recuperabilità della **carta** riguardano la presenza di formaldeide che deve essere abbattuta fino a concentrazioni inferiori allo 0,1 % in peso;
- Per migliorare la recuperabilità della **plastica** è necessario:
 - provvedere alla separazione preventiva dei biopolimeri, che costituiscono un inquinante della plastica riciclata;
 - provvedere alla messa a punto di tecnologie per la separazione dei polimeri di cui sono costituite (PET, PVC, ecc.) in modo da superare il problema dovuto alla presenza di etichette con film mono retraibile in PVC che avvolge la bottiglia in senso trasversale riportando un messaggio pubblicitario. Infatti, i sensori di separazione delle bottiglie, in funzione del tipo di polimero, sono ingannati dalla natura dell'etichetta e perciò la bottiglia è classificata come se fosse in PVC invece che in PET con conseguente eliminazione automatica.
- La recuperabilità di **imballaggi metallici** nel circuito dei rifiuti urbani continua ad essere condizionato dalla presenza di banda stagnata con contenuto di Sn pari allo 0,3 %, mentre la presenza massima tollerata nell'acciaio è dello 0,02 %.



Alcuni esempi di recupero di materie prime secondarie da rifiuti contenenti metalli derivati dalla fonderia, fusione e raffinazione di metalli

- Cemento nelle forme usualmente commercializzate;
- Conglomerati bituminosi e cementizi nelle forme usualmente commercializzate;
- Conglomerati idraulici catalizzati per pavimentazioni stradali nelle forme usualmente commercializzate;
- Laterizi nelle forme usualmente commercializzate;
- Ossidi misti di zinco e piombo nelle forme usualmente commercializzate;
- Sali di zinco organici ed inorganici;
- Singoli metalli e loro leghe nelle forme usualmente commercializzate;
- Vetri nelle forme usualmente commercializzate non per uso alimentare o ospedaliero.



Alcuni esempi di recupero di materie prime secondarie da rifiuti ceramici inerti

- Aggregati artificiali nelle forme usualmente commercializzate;
- Argilla espansa nelle forme usualmente commercializzate;
- Asfalto e conglomerati bituminosi nelle forme usualmente commercializzate;
- Bottoni o altri manufatti simili nelle forme usualmente commercializzate;
- Calce idraulica nelle forme usualmente commercializzate;
- Calcestruzzi, conglomerati cementizi e bituminosi e malte ardesiache;
- Cemento nelle forme usualmente commercializzate;
- Ghisa nelle forme usualmente commercializzate;
- Leghe di carburo di silicio nelle forme usualmente commercializzate;
- Materiale lapideo nelle forme usualmente commercializzate;
- Materiali per costruzioni nelle forme usualmente commercializzate;
- Materiali refrattari nelle forme usualmente commercializzate;
- Materie prime secondarie per l'edilizia con caratteristiche conformi;
- Metalli non ferrosi nelle forme usualmente commercializzate;
- Prodotti e impasti ceramici e laterizi nelle forme usualmente commercializzate;
- Sabbie di fonderia.



Recupero di polimeri biodegradabili da rifiuti organici

- Quando la digestione anaerobica si ferma al primo stadio di acidificazione, gli acidi organici prodotti possono essere utilizzati per la produzione di plastiche biodegradabili;
- Già una grande società di commercializzazione di acque minerali sta introducendo sul mercato bottiglie di plastica biodegradabile.



Conversione energetica: pirolisi, gassificazione, dissociazione molecolare?

- Le tecnologie convenzionali di trattamento termico (incenerimento) dei rifiuti urbani e speciali sono state sviluppate da molto tempo e sono state applicate con successo in impianti in piena scala in numerosi paesi quali Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Paesi Bassi, Stati Uniti, Svezia, Svizzera.
- Anche in Italia sono numerosi gli esempi di impianti di incenerimento o di termovalorizzazione di rifiuti e CDR, rispettivamente. Fra questi, uno dei più noti è quello di Brescia.
- Soprattutto in Giappone sono state sviluppate tecnologie basate su pirolisi, gassificazione, fusione delle ceneri, e combinazioni di queste, che si discostano da quelle tipiche europee e americane. La ragione è probabilmente di natura commerciale: le tecnologie tradizionali, infatti, sono state sviluppate in Germania ed il Giappone non intende pagare le royalties per poterne disporre;
- Le tecnologie di pirolisi e gassificazione presentano numerosi vantaggi dovuti:
 - alla minore produzione di effluente gassoso, per effetto del ridotto (gassificazione) o nullo (pirolisi) apporto di aria di combustione;
 - alla possibilità di recuperare risorse: un gas di sintesi dopo depurazione (syngas), un residuo liquido della pirolisi (olio di pirolisi), ed un residuo solido (char) che possono essere recuperati con maggiore efficienza energetica mediante processi combinati con uso di turbina a gas e turbina a vapore, ma anche utilizzati come possibili materie prime secondarie, per esempio nell'industria petrolchimica.
- Proprio a Roma è stata realizzata una linea di gassificazione da 300 t/d di CDR con tecnologia della torcia al plasma, presso la discarica di Malagrotta che attualmente è in fase di valutazione funzionale a freddo e a caldo (pre-commissioning e commissioning).
- I precedenti impianti realizzati in Italia (Verbania – Gassificazione di CDR con processo Thermosteact, Greve in Chianti - gassificazione di CDR in letto fluido, Porto Azzurro - gassificatore di CDR in reattore statico a flusso ascensionale) sono stati dismessi.



Sfide della ricerca nel settore dei trattamenti termici innovativi dei rifiuti

- **Ottimizzazione del processo** e conseguente riduzione dei costi attualmente non competitivi per i processi di pirolisi e gassificazione in relazione alla maggiore complessità impiantistica e di controllo;
- **Uso di catalizzatori per sopprimere la produzione di Tar** (miscela di idrocarburi policiclici aromatici) che costituiscono un fattore critico per lo sporcamento delle superfici a contatto con i fumi e la conseguente impossibilità di gestire correttamente il processo;
- **Produzione di risorse da utilizzare come materie prime secondarie** evitando il loro recupero diretto come fonti energetiche:
 - carbone attivo prodotto dalla conversione con vapore del char,
 - produzione di etanolo, fertilizzanti, reattivi e combustibili dalla raffinazione dell'olio di pirolisi.
- **Studi sull'inceneribilità di composti pericolosi**



Miglioramento dell'efficienza energetica

- La nostra disciplina prescrive che per accedere alle procedure semplificate l'efficienza energetica deve essere superiore al 16 % ed aumentare in funzione della potenzialità degli impianti fino al 27 % per gli impianti di potenzialità ≥ 55 MWe, corrispondenti a circa 1.700 t/d di rifiuti trattati con potere calorifico di 2.500 kcal/kg).
- Per cicli cogenerativi di generazione di energia elettrica e termica, l'efficienza di conversione non può essere inferiore al 65 %.
- FP7 Energy 2008 – Area Energy 2.2
Il costo attuale di produzione dell'energia elettrica da biomasse deve essere progressivamente ridotto da 0,05 – 0,08 €/kWh a 0,04 €/kWh nel 2020.
- Gli obiettivi della ricerca in questo settore sono di **migliorare l'efficienza energetica degli impianti** mediante la messa a punto di nuovi processi che consentano:
 - a) di **produrre un gas combustibile di buona qualità da utilizzare in cicli combinati di generazione dell'energia elettrica** (turbina a gas + turbina a vapore) che presentano efficienze energetiche superiori;
 - b) **di minimizzare la produzione di effluente gassoso;**
 - c) **di minimizzare il contenuto di umidità dell'effluente gassoso.**



Trattamento di rifiuti biodegradabili

- In questo settore l'obiettivo da raggiungere è duplice:
 - a) Inviare al trattamento biologico, aerobico o anaerobico, solo rifiuti provenienti da raccolta differenziata o da raccolta selettiva per poter riutilizzare agronomicamente il prodotto ottenuto;
 - b) Incentivare la diffusione del trattamento anaerobico per la produzione di biogas da recuperare nella conversione energetica.
- I trattamenti aerobici sono stati studiati da lungo tempo e non si ritiene che siano richiesti approfondimenti.
- I trattamenti anaerobici, che sono applicati in impianti in piena scala anche in Italia con discreta diffusione, devono essere approfonditi con riferimento ai seguenti aspetti:
 - a) **Minimizzazione del calore richiesto per il riscaldamento mediante l'adozione di processi a secco** (umidità nel rifiuto 60-85 %);
 - b) **Risoluzione del problema dell'abbattimento dei nutrienti presenti nelle correnti liquide separate a valle del processo a umido** (umidità del rifiuto > 90 %);
 - c) **Garanzia ambientale della qualità del prodotto ottenuto in relazione al contenuto di metalli, microinquinanti organici ed alla presenza di metaboliti ridotti, con possibile effetto fitotossico, che potrebbero richiedere un processo aerobico di finitura.**

Si evidenzia il problema del rispetto dei limiti sui metalli quando siano utilizzati i fanghi di depurazione considerando che i limiti per l'uso del compost verde (materia prima secondaria) sono compresi fra il 15 (Cd) ed il 50 % (Ni) dei corrispondenti limiti per l'uso dei fanghi in agricoltura e che i fanghi possono essere utilizzati fino ad un massimo del 35 % su base secca.

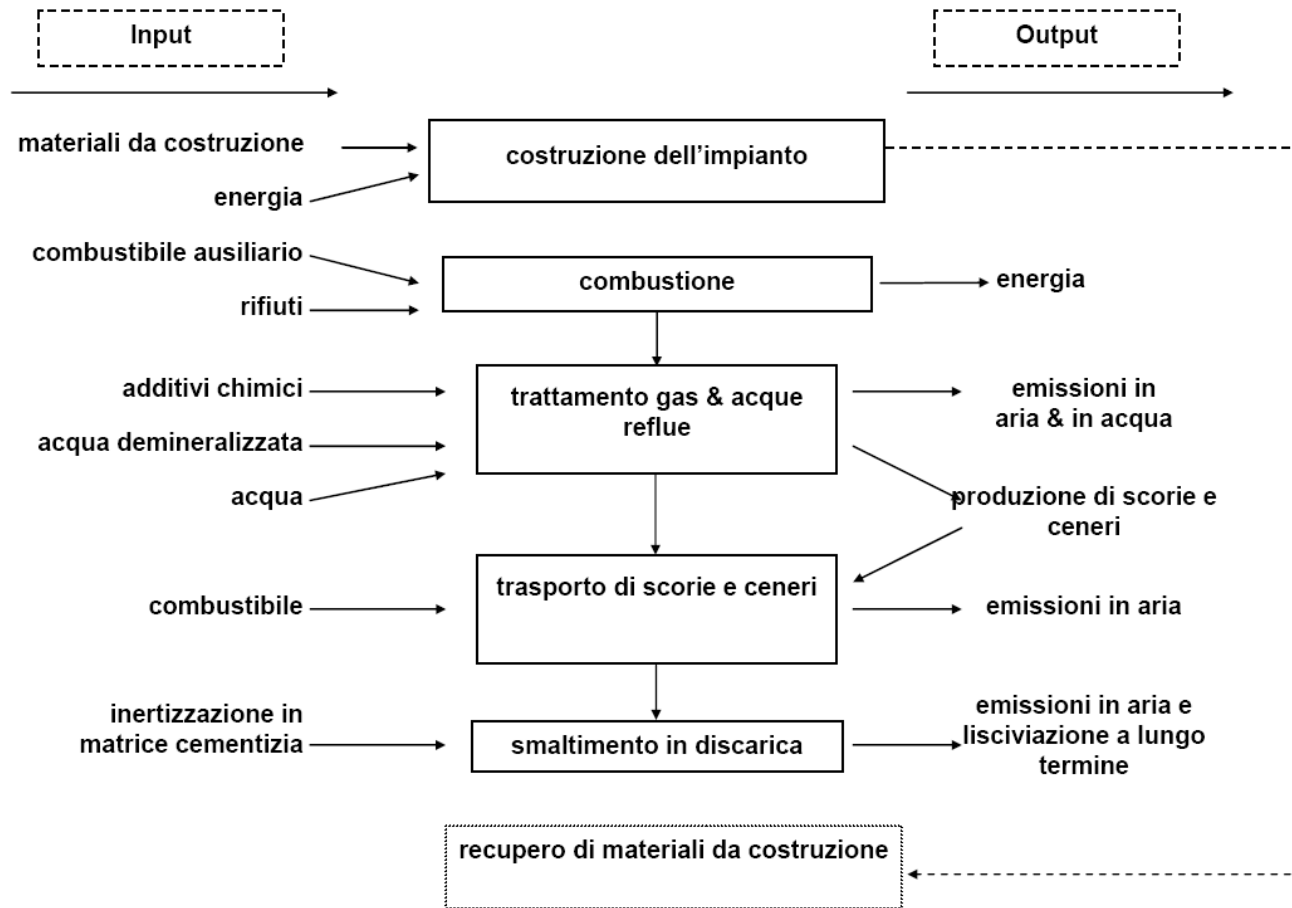


Studi di LCA e LCC

- Il life cycle assessment (LCA) è ormai uno strumento abbastanza diffuso per la comparazione e valutazione di sistemi alternativi di trattamento/smaltimento.
- Essi si basano sulla valutazione di tutti i fattori di emissione che sono poi trasformati in un parametro di confronto unico, mediante rapporti standardizzati di equivalenza.
- In pratica un processo o un prodotto sono valutati considerando la loro vita complessiva dalla “culla alla tomba”.
- Ad esempio per un impianto di trattamento rifiuti sono considerate non solo le emissioni generate dal trattamento e dallo smaltimento dei residui, ma anche quelle derivanti dalla produzione dei manufatti e delle apparecchiature di cui è composto l'impianto e quelle relative allo loro smaltimento a fine vita.
- Anche il life cycle cost (LCC) si basa sullo stesso principio, ma in questo caso sono valutati i costi invece dei fattori di emissione.



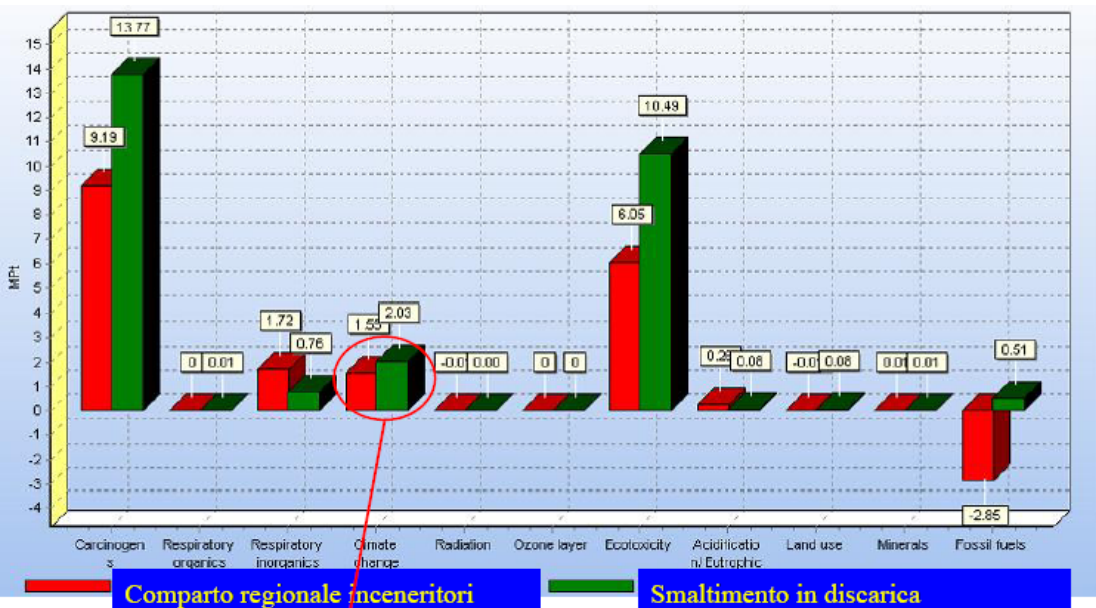
Un esempio di approccio di LCA per un impianto di trattamento rifiuti



Fonte: Morselli (2007)



Esempio di studio di LCA per gli inceneritori e le discariche EMR



Emissioni diverse che inducono cambiamenti al clima

Sostanza	Comparto	Unità	Incenerimento	Discarica
CO ₂	Aria	DALY	59.16	20.375
Metano	Aria	DALY	-0.39	57.80
CO	Aria	DALY	0.0713	0.00112

Fonte: Morselli (2007)



Impatto del ciclo di gestione dei rifiuti sulla salute

- Tutto il sistema di gestione dei rifiuti è considerato dall'opinione pubblica uno degli imputati principali d'insorgenza di effetti patogeni sull'uomo.
- Tutti gli studi relativi alla valutazione degli effetti sulla salute del ciclo di gestione dei rifiuti sono quanto mai attuali.
- **Approccio di tipo epidemiologico:** raccolta di dati georeferenziati su aree campione rappresentative di sistemi di gestione diversi.
- **Valutazione dei percorsi di esposizione** diretti (inalazione di aria contaminata) ed indiretti (contatto dermico o ingestione di suolo contaminato, ingestione di acqua contaminata, ingestione di prodotti alimentari contaminati quali prodotti ittici, latte e latticini, prodotti avicoli, ecc.) e **valutazione dei relativi effetti sulla salute.**



Localizzazione di siti per la realizzazione di discariche

- La crisi della regione Campania ha ampiamente dimostrato che le discariche sono un sistema ineliminabile di gestione dei rifiuti soprattutto nelle situazioni emergenziali;
- Sta già lavorando un gruppo di lavoro congiunto Cnr - Ingv per elaborare una metodologia per la localizzazione dei siti di discarica che comprenda la dettagliata analisi delle indagini preliminari che devono essere eseguite.
- L'approccio è multidisciplinare e comprende gli aspetti tecnici e progettuali, idrogeologici, sismici e vulcanici, socio-economici, di valutazione del rischio, ivi compresa l'analisi delle strutture di servizio al contorno.
- Lo studio sarà anche esteso alla messa a punto di metodologie per la messa in sicurezza permanente delle discariche abusive.



Istituti del DTA coinvolti nella ricerca

- Istituto di Biologia Agro-Ambientale e Forestale (IBAF);
- Istituto per la dinamica dei processi ambientali (IDPA);
- Istituto di geologia ambientale e geingegneria (IGAG);
- Istituto per lo studio dell'inquinamento atmosferico (IIA);
- Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica (IRPI);
- Istituto di ricerca sulle acque (IRSA);
- Istituto per lo studio degli ecosistemi (ISE);

.....

Istituti afferenti ad altri Dipartimenti

- Istituto di ricerca sull'impresa e lo sviluppo (CERIS);
- Istituto di Fisiologia Clinica (IFC)
- Istituto di ricerche sulla combustione (IRC);

.....

Altri Enti

- Enea;
- Ingv;
- Istituto Superiore di Sanità;
- Università di Bologna;
- Università di Verona;

.....



Fonti di finanziamento

- Progetto Gemm (Kuwait)
- Ministeri (MIUR, MATTM)
- Regioni
- Commissione Europea (ACTIVITY ENERGY.2: RENEWABLE ELECTRICITY GENERATION)

