

**PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI  
TECNOLOGIE A CONFRONTO**



# LCA

strumento per pianificazione e gestione RSU:  
esperienza applicata alla Provincia di Ferrara

**R Raffaelli – E.Venturini**

**9 Luglio 2007 - Bologna**

# Politica integrata di prodotto (IPP)

*Basata su 4 principi (VI programma d'Azione per l'Ambiente - UE 2002 - 2010)*

- *Life Cycle Thinking - per valutare le misure di riduzione dell'inquinamento va dato valore all'intero ciclo di vita - culla/tomba*
- *Flessibilità delle misure (collaborare con il mercato - adottare lo strumento che serve)*
- *Totale coinvolgimento stakeholder/ impatto totale: considerare tutti gli attori - concetto responsabilità estesa*
- *Non c'è traguardo, ma miglioramento*

*Riferimento*  
*Comunicazione Commissione CE*  
*Giugno 2003*

*IPP persegue l'obiettivo di ridurre l'impatto  
ambientale del consumo*

*Il realizzare performance ambientali può  
costituire un fattore che dà alle imprese  
ed ai loro prodotti competitività, per un  
mercato che favorisce prodotti  
compatibili ambientalmente*

*Facciamo un passo indietro  
per fare un passo avanti*

*verso*



*Settimo programma comunitario  
di Azione in materia di ambiente  
della UE*

## ... verso VII Programma

*1. Strategia di Lisbona (2000) - UE  
Rinnovamento Sociale ed Economico*

*2. Strategia di Gothenburg (2001) -  
UE Sviluppo Sostenibile*

*Il consumo (C) e la Produzione (P) Sostenibile (S) sono l'essenza dello sviluppo sostenibile, raccordando le tre dimensioni economica/sociale/ambientale.*

*Nel 2003, la UE ha identificato l'SCP come una delle priorità a 10 anni*

*Dalla necessità di superare la mera verifica di  
compatibilità del metodo di produzione, pervenendo al  
complesso sistema di*

*attività - attori - risorse*

*sull' intero ciclo di vita di un prodotto*

*nasce*

***LIFE CYCLE THINKING (Filosofia del Ciclo di Vita)***

## *LIFE CYCLE THINKING (Filosofia del Ciclo di Vita)*

*E' il filo conduttore che lega la definizione delle Strategie e della Gestione di chiunque (imprese produttrici & distributrici, consumatori, soggetti pubblici etc.) contribuisca alle varie fasi del Ciclo di Vita del Prodotto*

### **CICLO DI VITA**

pre-produzione  
produzione  
distribuzione  
consumo ed  
uso  
dismissione



### **ATTORI**

Produttori/Designers  
Distributori  
Consumatori/Cittadini  
Istituzioni  
Smaltitori  
Associazioni  
Enti di Certificazione

*integrati con*

***Life Cycle Costing (LCC)*** *strumento di contabilità direzionale*

***Life Cycle Assessment (LCA)*** *strumento di gestione ambientale*

# **LIFE CYCLE ASSESSMENT**

Processo **oggettivo** di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e dei materiali utilizzati, dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, al fine di quantificare l'impatto, valutare e realizzare le opportunità di miglioramento ambientale.

(congresso Society of Environmental Toxicology and Chemistry - 1993)

# LCA norme di riferimento

- ✍ UNI EN ISO 14040 : 2006 "Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento"
- ✍ UNI EN ISO 14044 : 2006 "Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida"

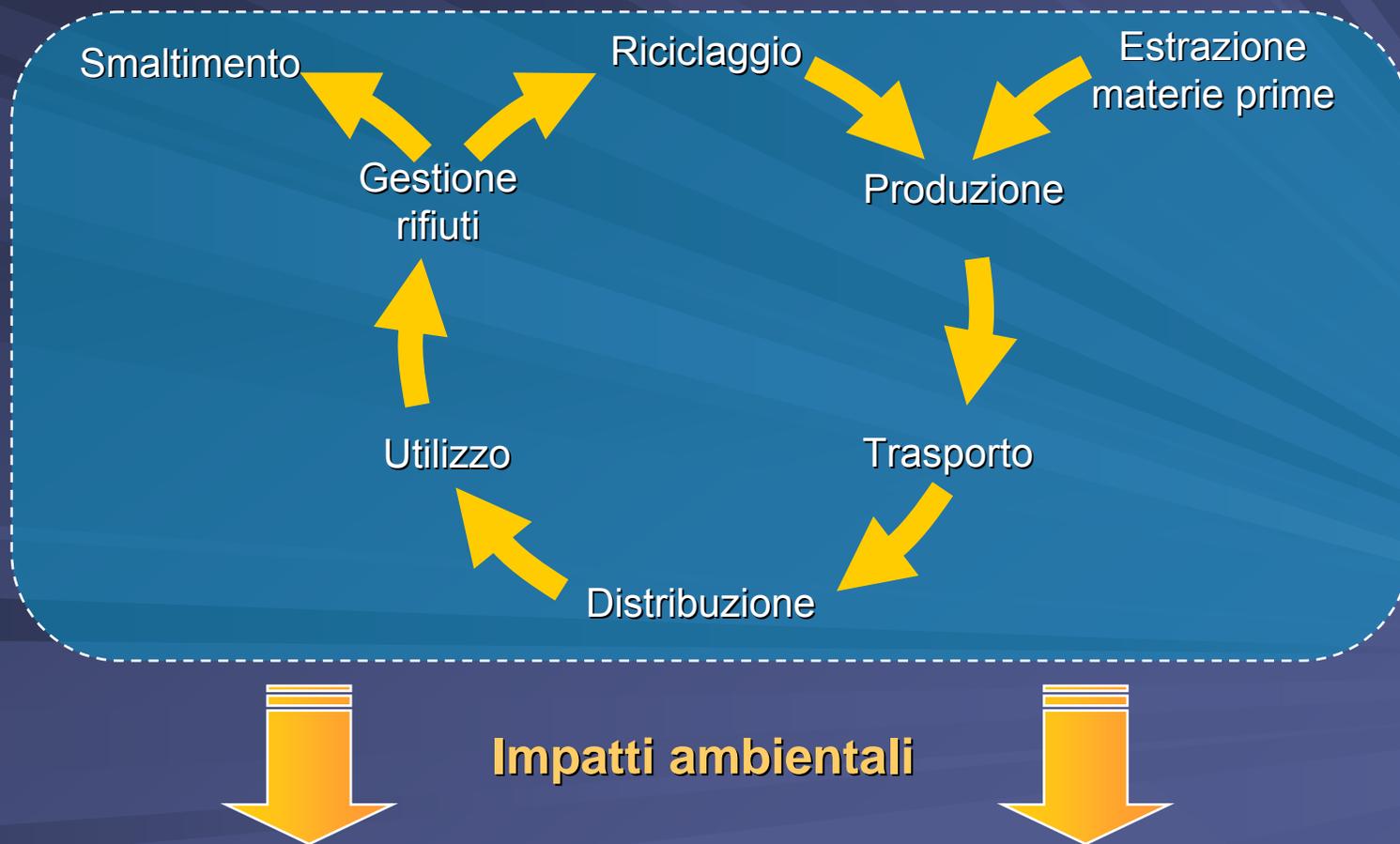
# ***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)***

*(rif. to Norme Serie ISO 14040)*

- \* identificare le opportunità di miglioramento ambientale (ciclo di vita di prodotto)*
- \* individuare indicatori significativi di prestazione ambientale*
- \* guidare progettazione di nuovi prodotti/processi con minimizzazione dell'impatto ambientale*
- \* fornire una base scientifica alla comunicazione esterna (informazione ai consumatori)*

# L'Analisi del Ciclo di Vita

L'Analisi del Ciclo di Vita o più semplicemente **LCA** (Life Cycle Assessment), consiste nella valutazione degli aspetti ambientali significativi legati al comportamento delle attività, dei prodotti e dei servizi, attraverso tutte le fasi della loro esistenza, dalla “culla alla tomba”.



# Fasi di un'analisi LCA

**Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione**

## **Analisi d'inventario**

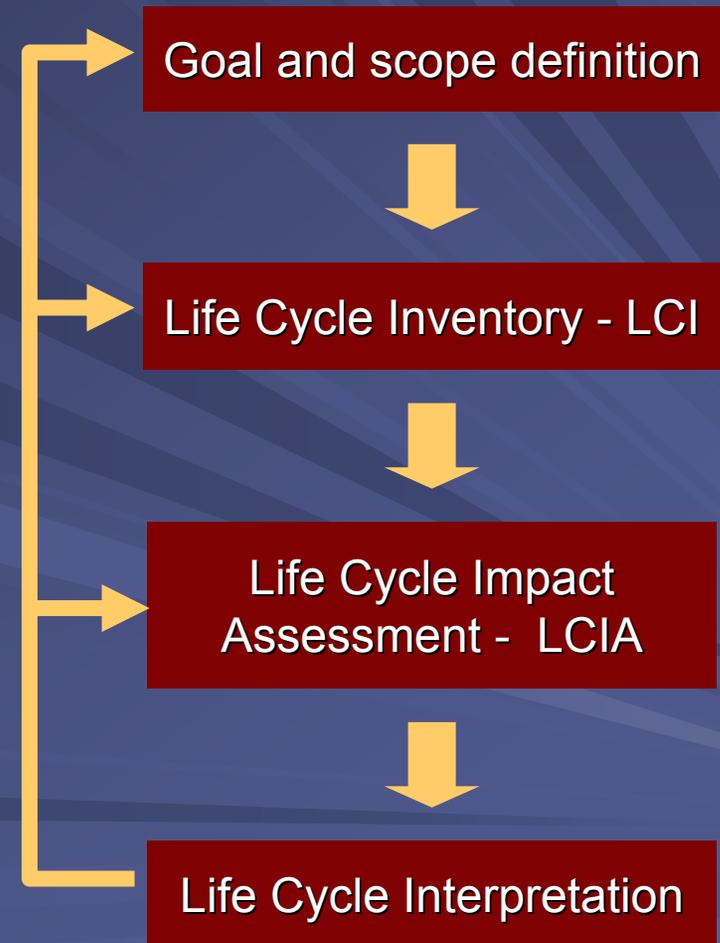
Compilazione di un bilancio di ingressi ed uscite rilevanti del sistema

## **Valutazione degli impatti**

Impatti ambientali potenziali, diretti ed indiretti, associati a input e output

## **Interpretazione dei risultati**

Analisi delle fasi precedenti e definizione delle linee di intervento



# Obiettivo e campo di applicazione

## Confini del sistema

**Input**

**Output**



# Analisi d'inventario

Raccolta dati

Dati di input

Materiali

Energia

Altro (trasporti)

Dati di output

Emissioni atmosferiche

Emissioni idriche

Rifiuti solidi

Correlazione all'unità funzionale

Dati normalizzati rispetto all'unità funzionale

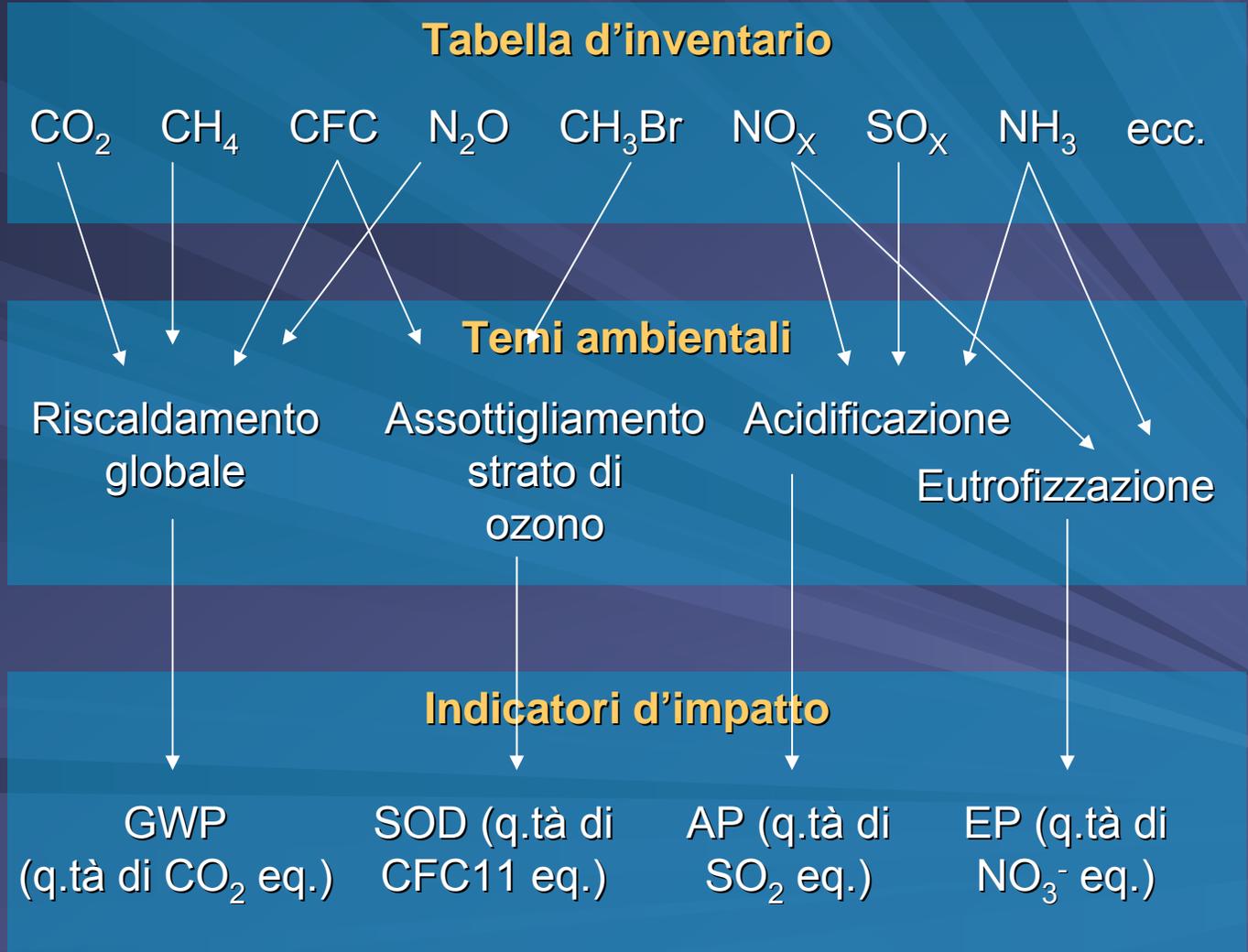
Elaborazione dati

Tabella d'inventario

Emissioni di sostanze impattanti (es. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ecc.)

# Valutazione degli impatti (esempio)

**Classificazione**



**Caratterizzazione**

# Valutazione degli impatti

## Esempio di Caratterizzazione

<b>Tabella d'inventario: Riscaldamento globale</b>			
<b>Sostanze</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>GWP</b>
<b>Quantità in tonn.</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
<b>Fattore di caratterizzazione</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>-</b>
<b>Quantità in tonn. di CO<sub>2</sub> eq.</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>60</b>

# Interpretazione dei risultati

## **Traduzione ed interpretazione dei risultati:**

i risultati vanno interpretati in modo da essere facilmente fruibili, anche con rappresentazioni grafiche.

## **Verifica dell'ottenimento degli obiettivi dello studio, della qualità dei dati e dei limiti del sistema:**

Si deve verificare se la qualità dei risultati e dei dati è conforme con gli obiettivi dello studio. Un'analisi di sensitività ci può permettere di verificare l'influenza dei dati sui risultati.

## **Paragone delle possibili opzioni:**

Si possono paragonare i risultati ottenuti, con quelli relativi alla situazione peggiore e quella migliore.

## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

- La corretta soluzione di tale problema deve essere quindi affrontata tramite analisi su scale appropriate che tengano conto del fatto che alcune tipologie impiantistiche possono risultare sovra –territoriali
- La valutazione di tali scenari deve però essere realizzata in maniera congiunta tramite l'analisi delle condizioni tecnico – economiche e la previsione degli effetti ambientali

## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

Tale sistema dovrebbe quindi contenere:

- un modello di ottimizzazione del sistema di raccolta;
- un modello tecnico – economico per la ripartizione dei flussi di rifiuto in ottemperanza alla normativa vigente;
- un modello per l'analisi dell'impatto ambientale del sistema mediante LCA

# Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti



## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

- Il modello tecnico-economico permette l'analisi del sistema di gestione dei rifiuti solidi tramite una procedura che parte da scenari ipotetici o reali e porta ad una minimizzazione dei costi di gestione del sistema trattamento–smaltimento considerando i costi del trattamento, dello smaltimento e dei trasporti dalle sorgenti al ricettore finale
- Fissato l'ipotetico scenario di studio il risultato della simulazione permette di determinare la condizione ottimale che è quella per cui si ha la minimizzazione dei costi del sistema di trasporto e di trattamento del rifiuto

## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

La definizione degli scenari avviene tramite l'utilizzo di

- ❖ *variabili di produzione*: numero di abitanti e produzione, percentuale di raccolta differenziata, dislocazione delle stazioni di trasfenza e quantitativi gestiti dalle singole stazioni;
- ❖ *variabili impiantistiche*: capacità di trattamento degli impianti di incenerimento e di compostaggio, loro dislocazione, costi di trattamento e smaltimento, rendimenti del recupero energetico e percentuali di scarto dei trattamenti;
- ❖ *variabili di sistema*: costi di investimento, costi di raccolta e di trattamenti dei prodotti della raccolta differenziata, ricadute occupazionali

## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

L'LCA quantifica gli impatti sull'ambiente del ciclo di vita di un prodotto / servizio.

In particolare quantifica anche i “risparmi ambientali” dovuti alla produzione “evitata” di materiali ed energia grazie al riciclo o alla termovalorizzazione del prodotto considerato

## Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

- Il bilancio ambientale e l'analisi degli impatti sono generalmente riuniti sotto la denominazione *Life Cycle Inventory (LCI)*.  
Si rendono necessari per allocare il consumo energetico ed i rilasci nell'ambiente dei singoli flussi del rifiuto al fine di analizzare le implicazioni ambientali nella gestione delle singole componenti del ciclo di vita per un confronto tra diverse alternative
- L'applicazione dei concetti e degli strumenti della LCA ai sistemi di gestione dei rifiuti aiuta gli operatori ad individuare strategie integrate atte a ridurre sia i costi sostenuti dalle amministrazioni sia gli impatti ambientali sulle comunità locali o sul contesto

# Un sistema integrato per la gestione dei rifiuti

## analisi degli impatti (LCIA):

caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle conseguenze ambientali e loro valutazione;

può essere suddivisa in tre distinte sottofasi

✓ *classificazione*, nella quale si opera una aggregazione quantitativa di diverse conseguenze ambientali in alcune categorie di impatto, utilizzando specifici indicatori

✓ *valutazione*, in cui si effettua una comparazione delle varie alternative determinando indici finali dei diversi impatti

✓ elaborazione *inventario (o bilancio) ambientale*, in cui si identificano e quantificano i consumi di risorse, di energia ed i rilasci nell'ambiente

# L'esperienza applicata

*Completamento di un sistema esperto  
per la Gestione dei Rifiuti mediante  
Software di analisi ambientale  
(codice di calcolo SWFO-LCA)*

*Committente : Provincia di Ferrara*

*Partner :*

- ❖ *ARPA Emilia Romagna SGI : SQE -Direzione Generale*
- ❖ *Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade*

# Premessa

*la Provincia di Ferrara, in collaborazione con l'Università "La Sapienza" di Roma, ha realizzato un modello tecnico – economico di valutazione dei flussi e dei costi di gestione dei rifiuti urbani nell'ambito della definizione del*

*Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti (L.R. 3/99 e successive modifiche ed integrazioni).*

# Obiettivo



*Implementare il modello tecnico-economico con l'introduzione di Strumenti di Politica Ambientale utilizzando la tecnica del Life Cycle Assessment (LCA)*

*Dotare l'Amministrazione di procedure di controllo e di verifica dei rendimenti energetici/ambientali dei processi connessi alla gestione dei rifiuti*

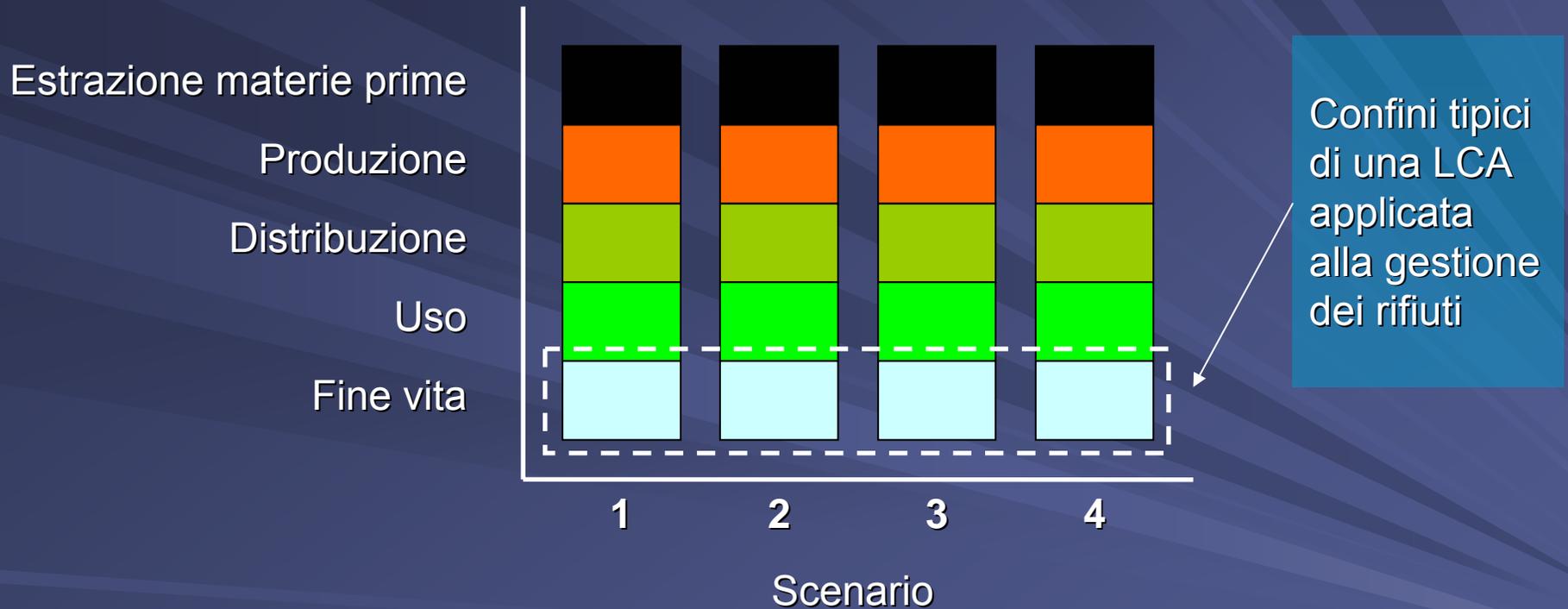
## *La Gestione Integrata dei Rifiuti*

- richiede di realizzare un sistema che tenga conto dei rifiuti prodotti, dei metodi di raccolta e trattamento, dei benefici ambientali, dell'ottimizzazione economica e dell'accettabilità sociale*
- implica l'utilizzo di diversi metodi di trattamento perché nessuno da solo può gestire in modo efficiente tutti i materiali presenti nei rifiuti*
- un sistema autonomo, i cui **input** sono costituiti dagli scarti delle attività umane e produttive e i cui **output** sono le emissioni finali nell'ambiente (solide, liquide e gassose) e i nuovi prodotti utili (materiali riciclati, energia, compost)*

## *Vantaggi della metodologia LCA applicata a sistemi di gestione integrata dei rifiuti*

- consente di **comparare** diverse opzioni tecnologiche, valutare scenari differenti di gestione dei rifiuti ;
- costituisce un utile **strumento di supporto** anche per la Pubblica Amministrazione in fase di redazione e aggiornamento dei piani territoriali di gestione dei rifiuti e costituisce un valido strumento in fase di programmazione, valutazione e riduzione degli impatti ambientali.

# LCA di un Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti



**Obiettivo: Confronto di scenari diversi**

## *Anno di riferimento 2006 a regime*

### Scenario 1 – Trattamenti a freddo

Utilizzo dell'attuale impianto di incenerimento e trattamento meccanico-biologico del rifiuto residuo. Frazione secca generata durante il trattamento meccanico-biologico smaltita in discarica.

### Scenario 2 – Sistema integrato (raccolta differenziata e recupero energetico della frazione combustibile)

Aumento della capacità dell'impianto di incenerimento e trattamento meccanico-biologico con incenerimento della frazione secca.

### Scenario 3 – Incenerimento

Aumento della capacità di incenerimento per trattare tutto il rifiuto tal quale

## *Anno di riferimento 2006 a regime*

Costante dei tre scenari:

percentuale raccolta differenziata (RD) 40 %

All'interno dello scenario 1 considerate due ipotesi:

Ipotesi 1: adeguamento tecnologico

Ipotesi 2: nessuna modifica

# Gestione dei Rifiuti Urbani nella Provincia di Ferrara

## Cassonetti



## Stazioni "trasferenza"



## Impianti



# LCA - Fasi della metodologia (ISO 14040)



# LCA - Obiettivo e campo di applicazione

## Confini del sistema

Stazioni  
“trasferenza”



Impianti



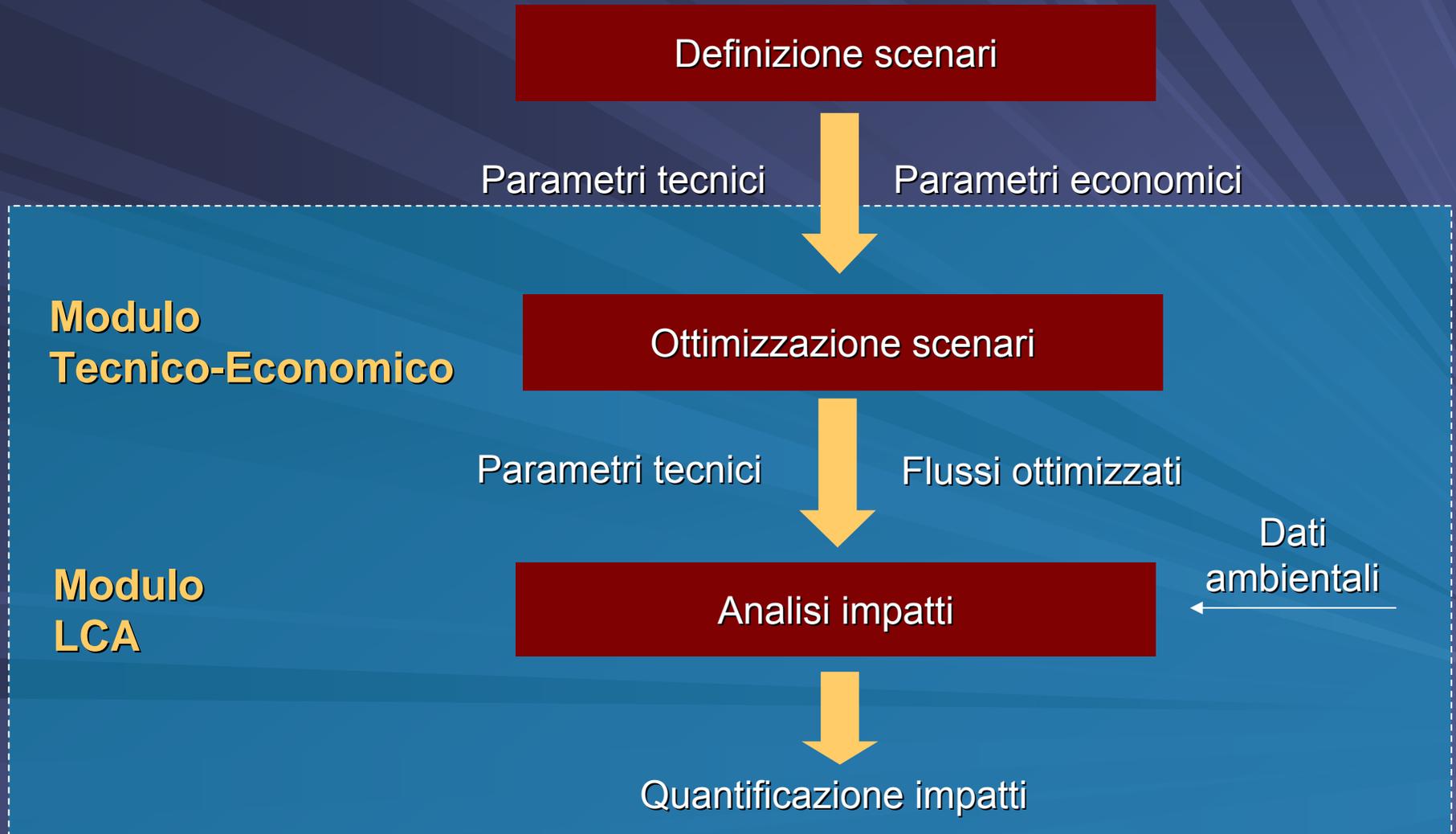
## Unità funzionale:

Gestione dei rifiuti urbani  
prodotti annualmente

## Obiettivo:

Confronto di diversi  
scenari impiantistici

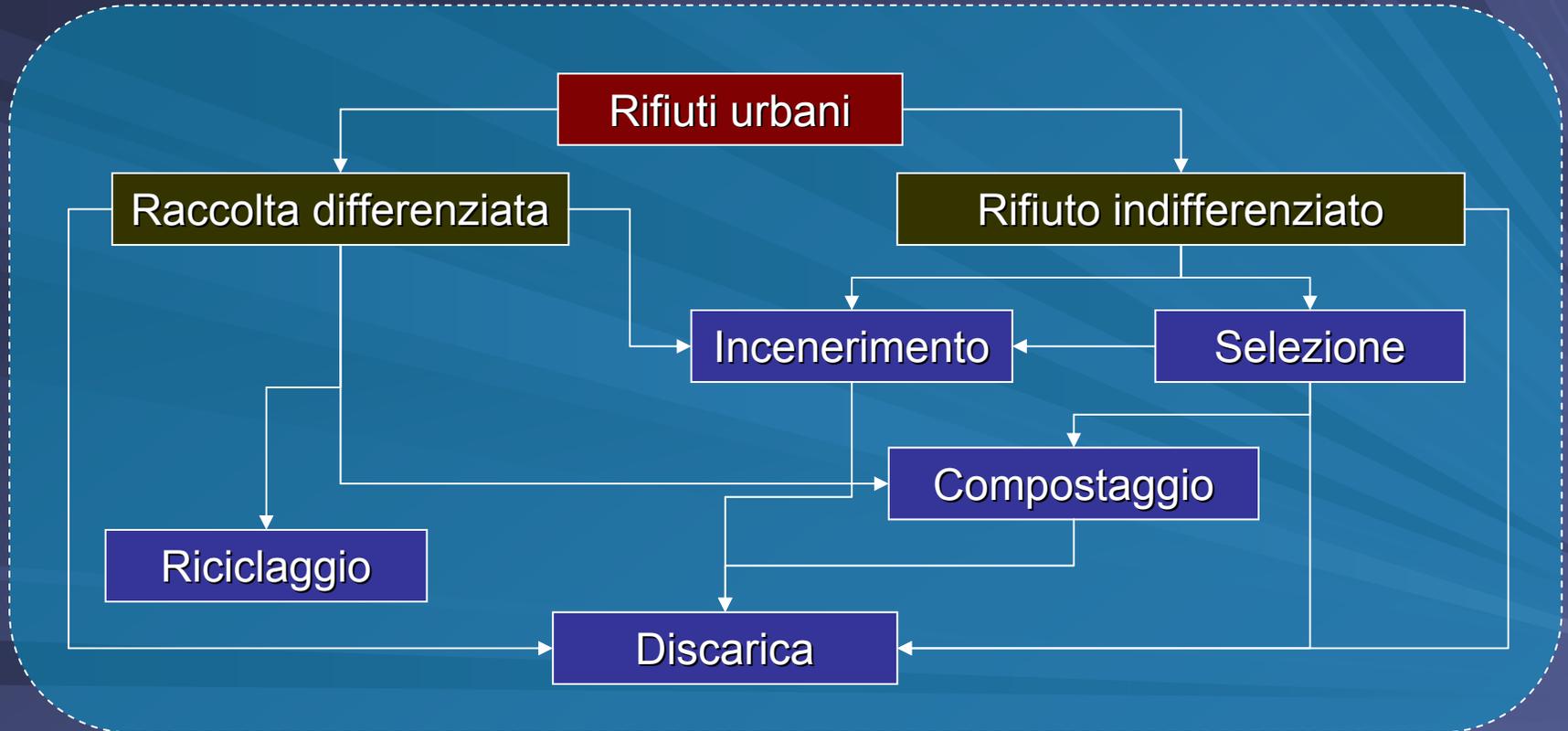
# Funzionamento del software SWFO\_LCA



# LCA - Obiettivo e campo di applicazione

## Diagramma di flusso del sistema

↓  
Rifiuti urbani  
Energia elettrica



↓  
Rifiuti solidi  
Energia elettrica



Emissioni idriche  
Emissioni atmosferiche

# LCA - Fasi della metodologia (ISO 14040)



# LCA - Analisi d'inventario

## Compostaggio

**FORSU+Verde**

**Frazione umida  
selezionata**



**Compost di qualità  
o  
FOS**

**o  
FOS**

**Emissioni in  
atmosfera**

**Percolato**

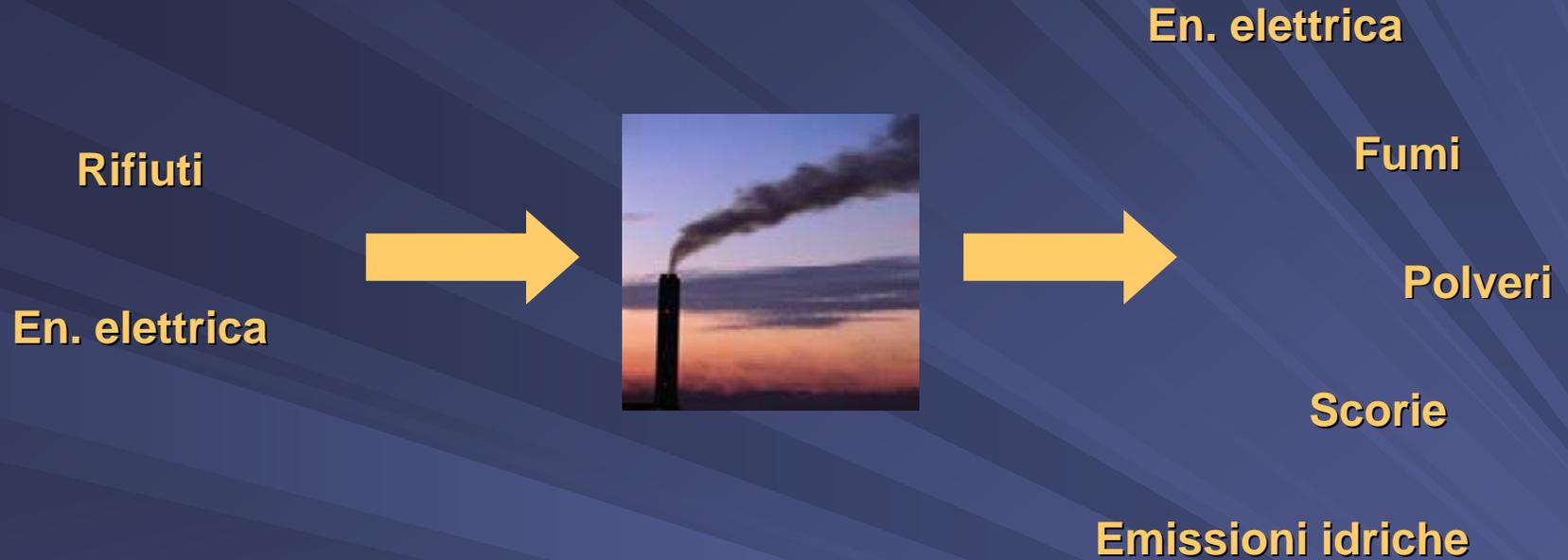
**Scarti**

**En. elettrica**

- Quantità di FORSU+Verde o Frazione umida selezionata in ingresso
- Percentuale in massa di Compost di qualità o di FOS prodotta rispetto ai rifiuti in ingresso
- Percentuale in massa degli scarti eventualmente prodotti dal processo
- Fattori di emissione espressi come frazioni di massa rispetto alla massa entrante
- Quantità di energia elettrica consumata in funzione della quantità di rifiuto trattato

# LCA - Analisi d'inventario

## Incenerimento



- Quantità di rifiuti (t.q., FS, rifiuti da RD) in ingresso
- Nm<sup>3</sup>/t di fumi emessi e percentuali sulla massa entrante di emissioni idriche, polveri e scorie eventualmente prodotti dal processo
- Fattori di emissione delle sostanze contenute in fumi, polveri, emissioni idriche e scorie
- Quantità di energia elettrica consumata in funzione della quantità di rifiuto trattato
- Rendimento elettrico impianti e potere calorifico delle diverse tipologie di rifiuto

# LCA - Analisi d'inventario

## Discarica

**Rifiuti**  
**En. elettrica**



**Emissioni  
diffuse in  
atmosfera**

**Emissioni  
convogliate in  
atmosfera**

**Percolato**

- Quantità di rifiuti (t.q., FS, FOS, da RD, scarti da altre unità di processo) in ingresso
- Per ogni tipologia di rifiuto: Nm<sup>3</sup>/t di biogas prodotto, rapporto volumi dei fumi di combust./biogas, percentuali di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> contenute nel biogas e nei fumi di combust.
- Percentuale di rendimento del sistema di captazione del biogas
- Concentrazioni delle sostanze contenute nel biogas e nei fumi di combustione
- Quantità di energia elettrica consumata in funzione della quantità di rifiuto trattato

# LCA - Analisi d'inventario

## Riciclaggio



**Emissioni in  
atmosfera (solo gas-  
serra)**

- Quantità di rifiuti riciclati
- Tipologie di rifiuti riciclati
- Fattori di emissione delle sostanze contenute negli scarichi atmosferici legati al riciclaggio dei diversi rifiuti

*(= emissioni processo di riciclaggio – emissioni legate alla produzione dei materiali da materie prime vergini)*

# LCA - Analisi d'inventario

## Energia



**Emissioni in  
atmosfera**

**Emissioni idriche**

- Quantità di en. Elettrica consumata da tutte le unità di processo
- Quantità di en. Elettrica generata
- Fattori di emissione in funzione del MJ di energia consumata, delle sostanze contenute negli scarichi idrici e atmosferici legati alla produzione di energia elettrica

# LCA - Analisi d'inventario

## Trasporti



**Emissioni in  
atmosfera**

- Quantità di rifiuti trasportati
- Chilometraggi (da stazioni di trasferimento a impianti, trasporto sovvalli, trasporto RD)
- Tipologia di mezzo di trasporto
- Fattori di emissione delle sostanze contenute nei gas di scarico dei mezzi

# LCA - Valutazione degli impatti

## Tabella d'inventario

### Temi ambientali

Riscaldamento  
globale

Assottigliamento  
fascia di Ozono

Acidificazione

Eutrofizzazione

Smog  
fotochimico

### Indicatori d'impatto

GWP  
(CO<sub>2</sub> eq.)

SOD  
(CFC11 eq.)

AP  
(SO<sub>2</sub> eq.)

EP  
(NO<sub>3</sub><sup>-</sup> eq.)

PO  
(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> eq.)

# LCA – Confronto scenari

	Scenari 2006 a regime		
	1	2	3
<b>T.q. in Discarica</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Incenerimento T.q.</b>	<b>18%</b>	<b>33%</b>	<b>60%</b>
<b>Meccanico-biologico</b>	<b>42%</b>	<b>27%</b>	<b>0%</b>
<b>Frazione Secca incenerita</b>	<b>0%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>
<b>Raccolta Differenziata</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>
<b>Frazione Secca in discarica</b>	<b>17%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

NB. range indicativi . La somma è > 100% perché frazioni di rifiuto subiscono più trattamenti

**Scenario 1: non prevede un aumento della capacità di incenerimento rispetto alla situazione attuale**

**Ipotesi 1: inceneritore adeguato tecnologicamente**

**Ipotesi 2: si utilizza l'attuale inceneritore**

**Scenari 2 e 3 : prevedono potenziamento attuale impianto con 2 nuove linee**

# LCA – Confronto scenari

## Scenario 1

alta percentuale di RD, tutto il rifiuto residuo destinato al trattamento meccanico-biologico . Si caratterizza per l'utilizzo di discariche controllate per lo smaltimento della frazione secca generata dal trattamento meccanico-biologico. Ipotesi 1/2

## Scenario 2

alta percentuale di RD, trattamento meccanico-biologico del rifiuto residuo . Si caratterizza per il recupero energetico derivante dall'incenerimento della Frazione secca

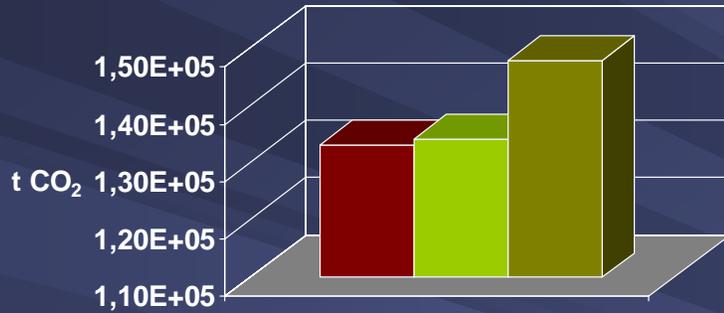
## Scenario 3

alta percentuale di RD. Si caratterizza per lo sviluppo del trattamento termico dell'intera massa di rifiuto residuo

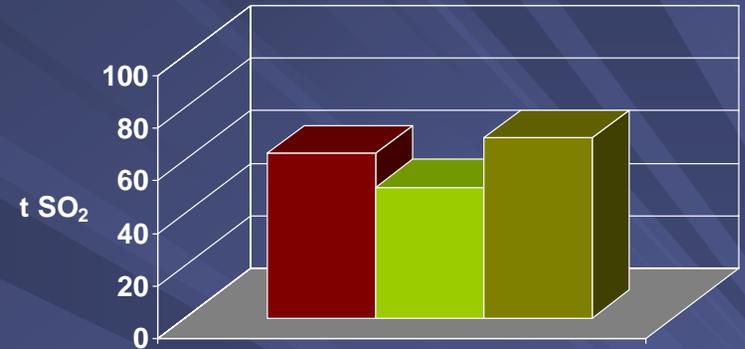
# LCIA - Confronto scenari

## Ipotesi 1

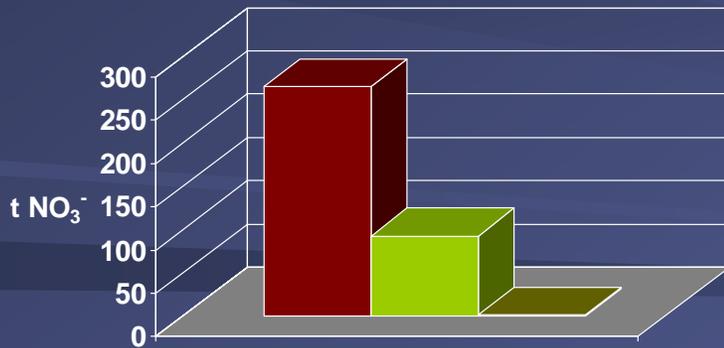
Riscaldamento globale



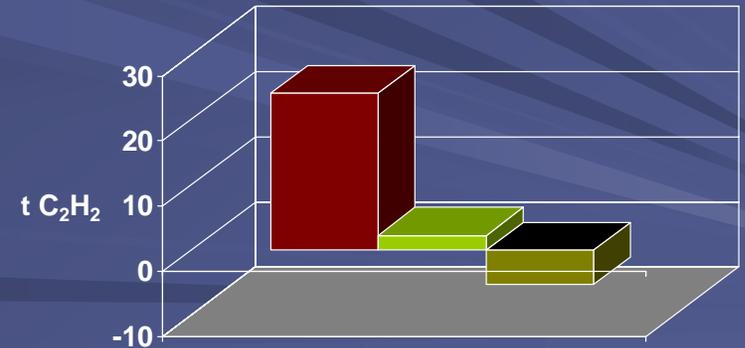
Acidificazione



Eutrofizzazione



Smog fotochimico

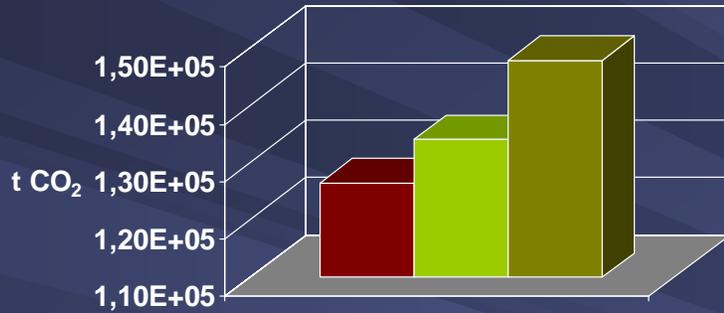


■ Scenario 1    ■ Scenario 2    ■ Scenario 3

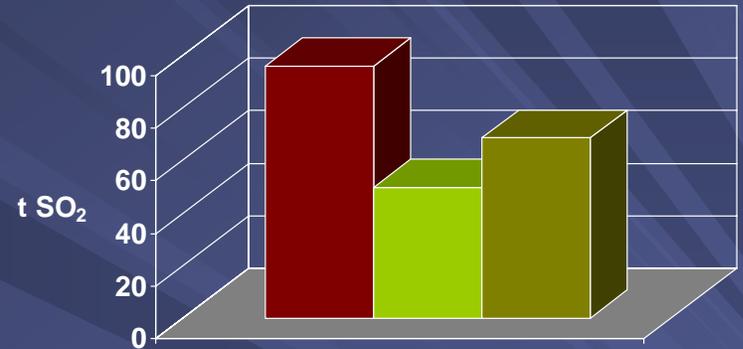
# LCIA - Confronto scenari

## Ipotesi 2

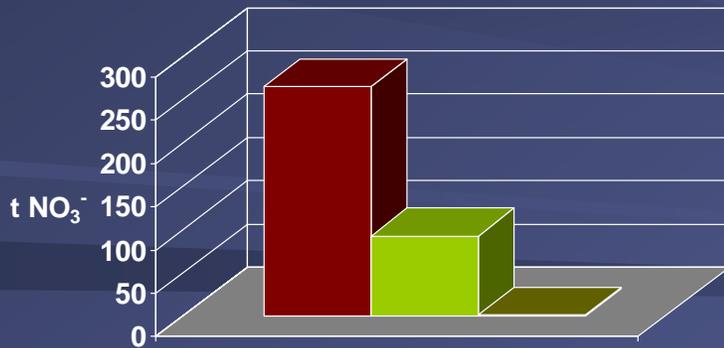
### Riscaldamento globale



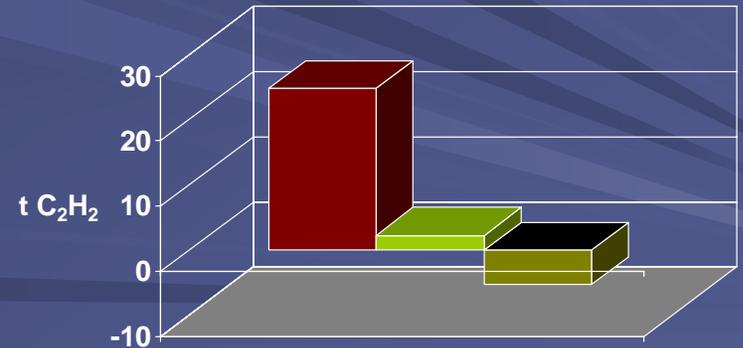
### Acidificazione



### Eutrofizzazione



### Smog fotochimico



■ Scenario 1    ■ Scenario 2    ■ Scenario 3

## *Risultati*

Le prestazioni peggiori per quanto riguarda tutte le categorie d'impatto (ad eccezione dell'impatto riscaldamento globale) sono quelle del **primo scenario**, in quanto la soluzione impiantistica adottata risulta :

- la meno complessa,
- con le minori percentuali di recupero energetico e di rifiuto trattato prima dello smaltimento in discarica ,
- con un maggior numero di emissioni incontrollate nell'ambiente.

## *Conclusione*

- L'elaborato è stato consegnato e presentato in data 5 giugno 2003 all'Assessore all'Ambiente della Provincia di Ferrara e al suo staff .
- In data 19 giugno 2003 è stata fatta una presentazione pubblica (cittadini, associazioni ambientaliste, gestori etc.), congiuntamente Provincia Ferrara/ARPA.
- Presentazione al Consiglio provinciale (fine giugno 2003) quale allegato tecnico al Piano provinciale di Gestione dei Rifiuti.

# In prospettiva

## ***l'Energia Sostenibile e la Sostenibilità delle scelte energetiche***

*La normativa europea ha negli ultimi anni iniziato ad affrontare il tema*

## *ENERGIA*

*DIR CE 77/2001 Promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità (D.L.vo n. 387/2003)*

*DIR CE 91/2002Rendimento energetico nell'edilizia (D.L.vo 192/2005)*

*DIR CE 87/2003Istituzione di un sistema per lo scambio di quote di emissioni del gas a effetto serra nella Comunità*

*DIR CE 32/2006 Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici*

In via generale l'interesse è verso le

## *PRESTAZIONI ENERGETICHE*

*Risultando gli aspetti ambientali pressocché  
completamente trascurati*

*Tutti gli aspetti di analisi e di tecniche applicate che ci conducono per i vari percorsi alla gestione ambientale (certificata o meno) contengono nella definizione e nei principi applicati il valore Energia trapiandato come criterio, come indicatore, come tecnologia, come obiettivo*

*Un'ulteriore applicazione della LCA da parte della Pubblica Amministrazione è il supporto alla politica ambientale, in tema di ENERGIA, in particolare per:*

- incentivare l'innovazione e l'ottimizzazione dei sistemi di energia rinnovabile e stimolare la loro adozione*
- fissare in ordine di importanza le misure energetiche e quindi aumentare la loro eco-efficienza nel Piano Energetico*



# I riferimenti

**Arpa Direzione Sistemi di Gestione Integrati: Sicurezza  
Qualità  
Ecomanagement**

**Direttore: Raffaella Raffaelli**

**e-mail: [rraffaelli@arpa.emr.it](mailto:rraffaelli@arpa.emr.it)**

**Maria Grazia Marchesiello – Resp.le Area Sistemi di Gestione di Prodotto  
e-mail: [mgmarchesiello@arpa.emr.it](mailto:mgmarchesiello@arpa.emr.it)**

**Emanuela Venturini – Resp.le U.O. Nodo reg.le EMAS/SGA – Ecolabel/SGP  
e-mail: [eventurini@arpa.emr.it](mailto:eventurini@arpa.emr.it)**

**Sito web: [www.arpa.emr.it](http://www.arpa.emr.it)**

**[www.arpa.emr.it/sostenibilita](http://www.arpa.emr.it/sostenibilita)**