



# Analisi LCA dell'impianto di compostaggio AIMAG di Fossoli di Carpi

Paolo Neri



# Trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani

Tesi di laurea di Raffaele Coniglio (Anno 2014-2015)

- **Compostaggio:** processo di **biodegradazione** della sostanza organica per azione di diversi microrganismi **in presenza di ossigeno**, con produzione di fertilizzante o rifiuto stabilizzato.
- **Digestione anaerobica:** processo di **biodegradazione** della sostanza organica **in assenza di ossigeno** con produzione di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.



**Recupero  
Materia**



**Recupero  
Energia**



## Obiettivo dello studio e campo di applicazione

### Obiettivo

- Creazione di un processo di compostaggio multi - output con  $UF = \text{massa di rifiuto trattato}$
- Valutazione del danno ambientale prodotto dal processo di compostaggio dell'impianto di Fossoli di Carpi (processo di riciclo dell'umido)

### Campo di applicazione

- Funzione del sistema: Fine vita del rifiuto organico con produzione di compost
- Sistema studiato: Impianto di compostaggio di Fossoli di Carpi
- Unità funzionale: Massa del rifiuto organico trattato nell'anno **2013** (**87367 ton**) considerato come coprodotto di un pasto (FORSU), di una foresta di abeti (sfalci di potatura), di un processo per la produzione di un succo di frutta (rifiuto agroindustriale). Un processo con sovrappiù di ric. e l'altro senza.
- Confini del sistema: Dalla raccolta del rifiuto organico alla produzione del compost
- Qualità dei dati



## Obiettivo dello studio e campo di applicazione

### Obiettivo

- Creazione di un processo di compostaggio multi - output con  $UF=$ massa di rifiuto trattato
- Valutazione del danno ambientale prodotto dal processo di compostaggio dell'impianto di Fossoli di Carpi (processo di riciclo dell'umido)

### Campo di applicazione

- Funzione del sistema
- Sistema studiato:
- Unità funzionale:
- Confini del sistema:
- Qualità dei dati

- Codice SimaPro 8.0.4
- Dati primari forniti da AIMAG S.p.A e dati stimati.
- Banca dati Ecoinvent 3.1 e database Unimore.
- Metodo di calcolo Impact 2002 EPS 2000 per calcolo costi esterni.

Dalla raccolta del rifiuto organico alla produzione del compost

Produzione di compost

Carpi

(87367 ton)

), di una foresta di abeti  
ne di un succo di frutta  
di ric. e l'altro senza.

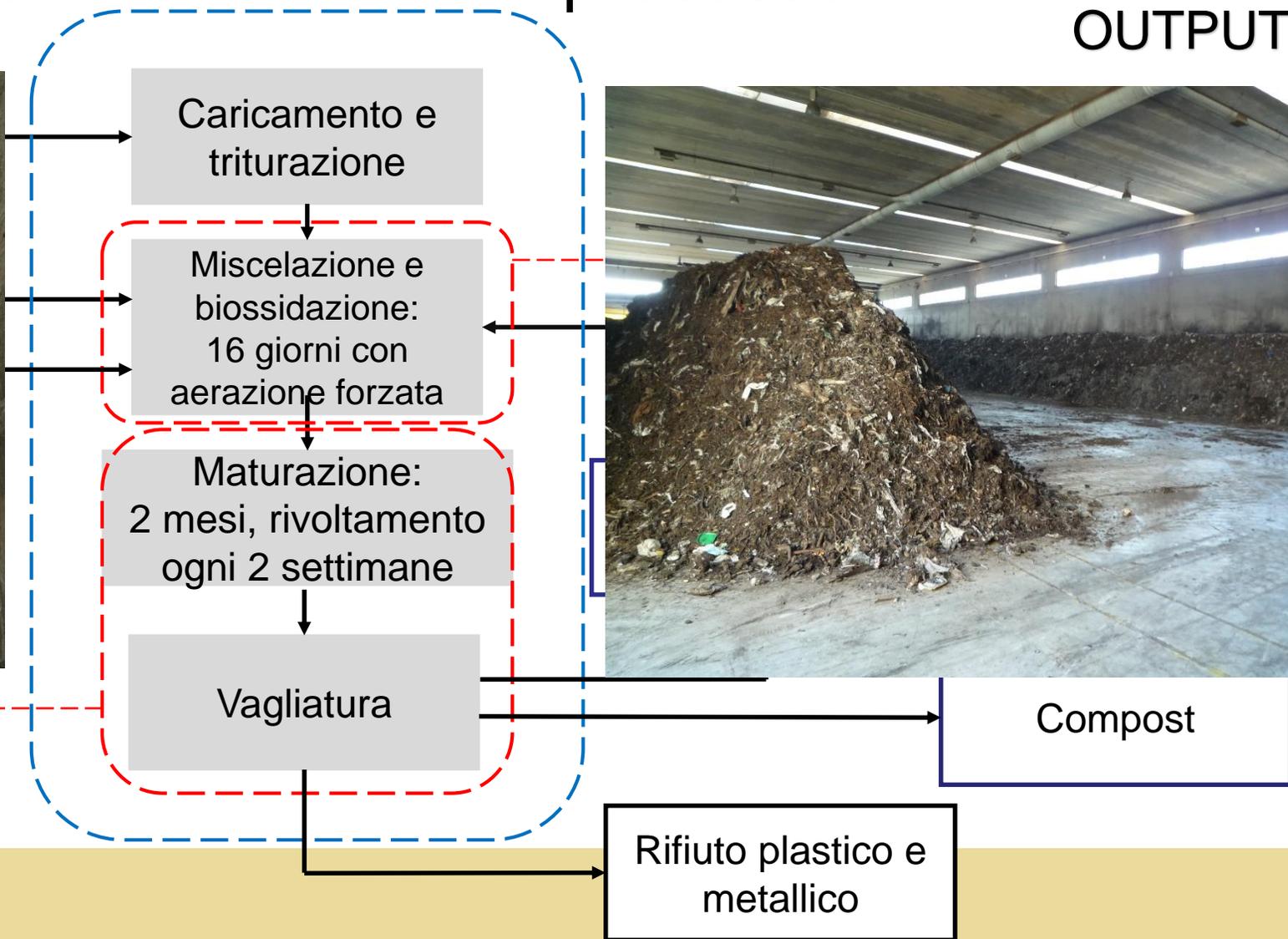


# Schema a blocchi del processo

INPUT



OUTPUT

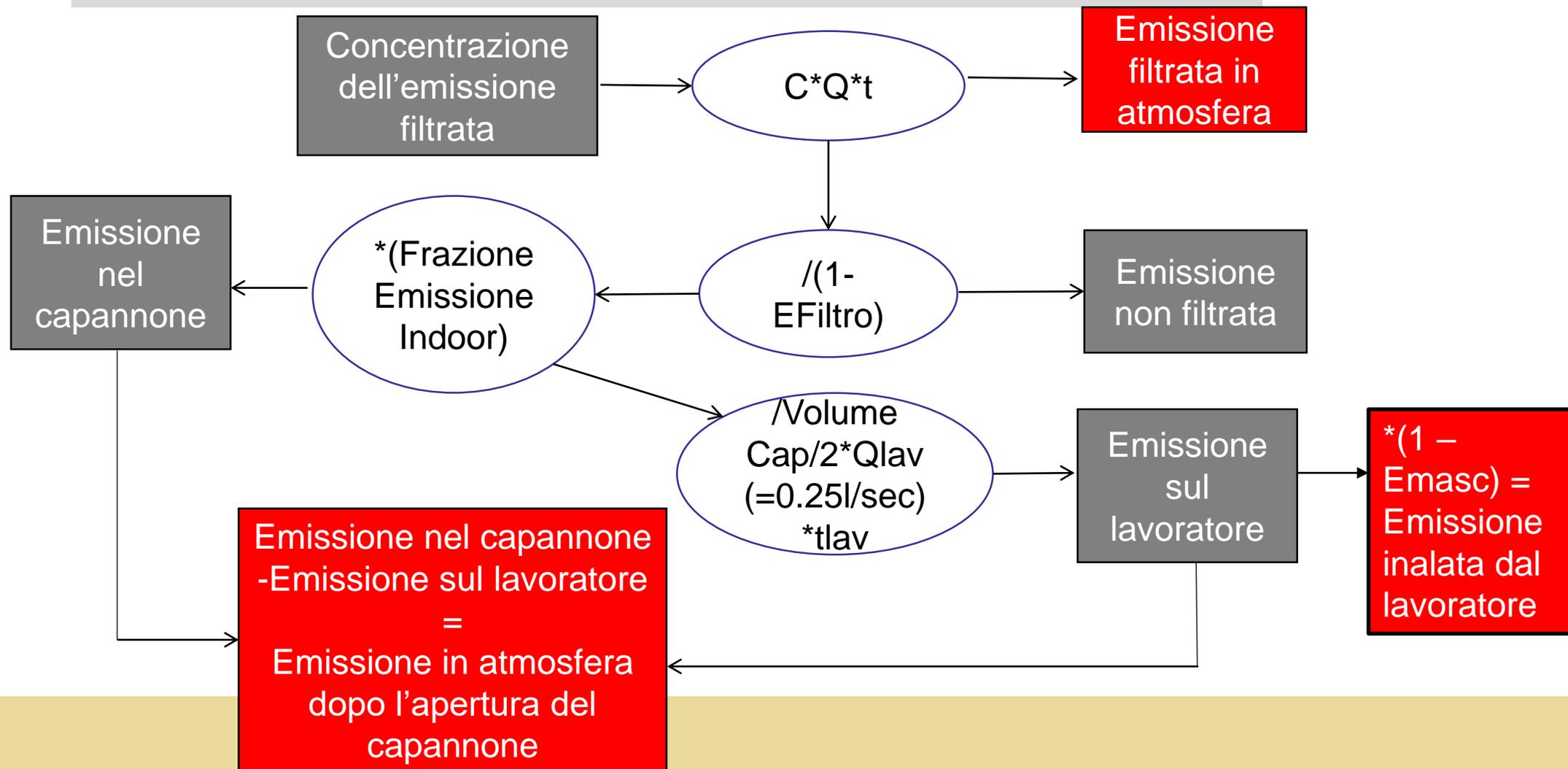


- Unico impianto di aspirazione (185500Nm<sup>3</sup>/h)
- 1 Biofiltro



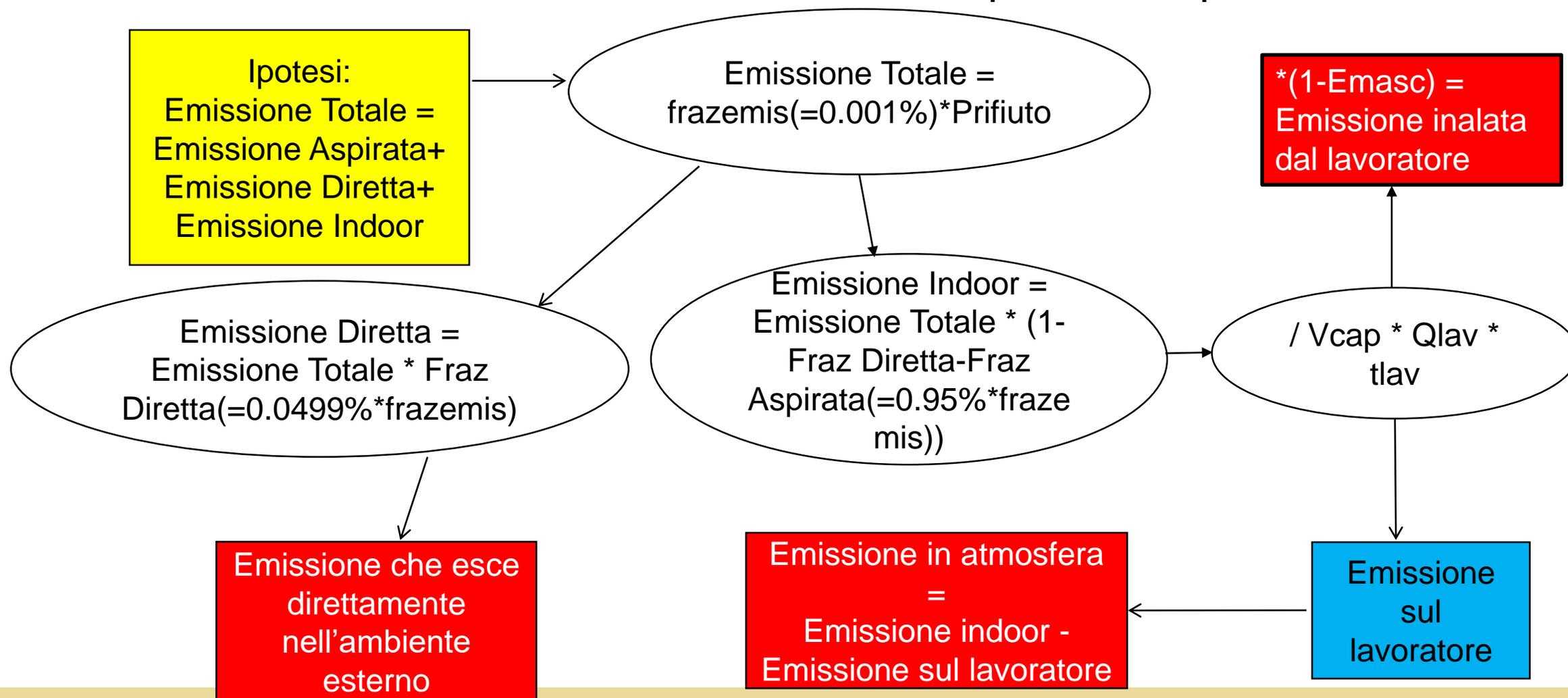
# Calcolo delle emissioni in aria: capannone chiuso

- Emissioni in aria: *Particulates < 2.5µm, Ammonia, Hydrogen sulfide, Methane*



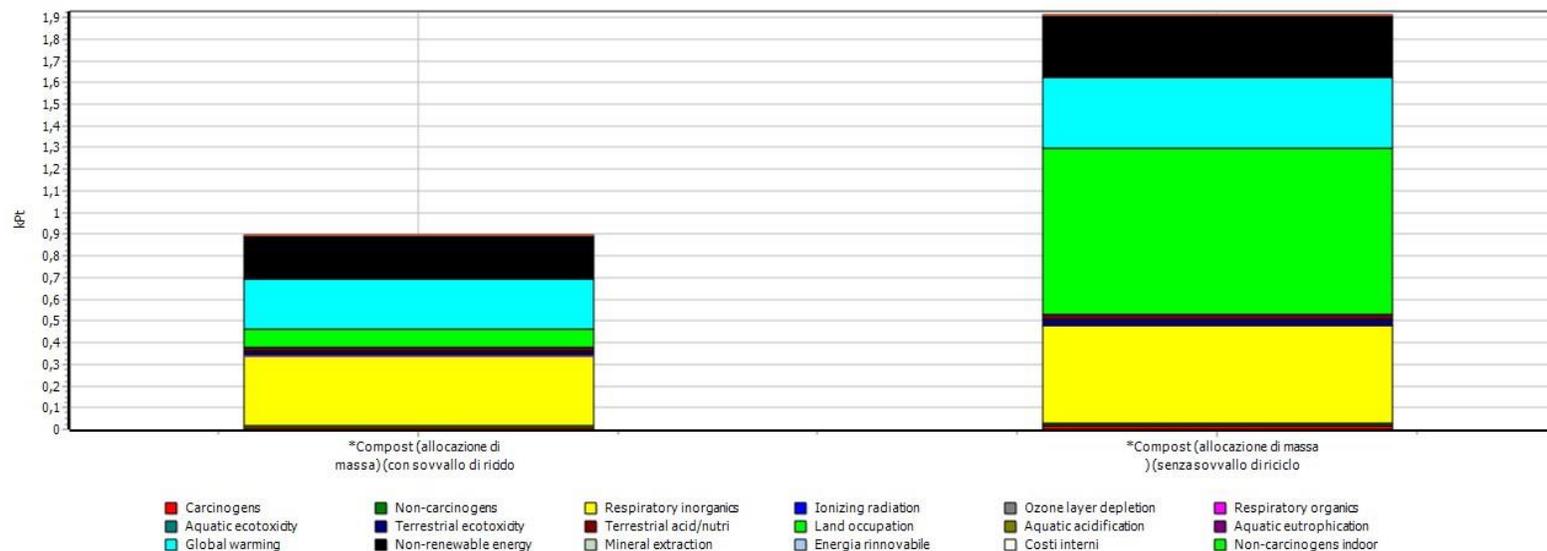


## Calcolo delle emissioni in aria: capannone aperto





# I due processi con allocazione di massa e con e senza sovrvallo di riciclo



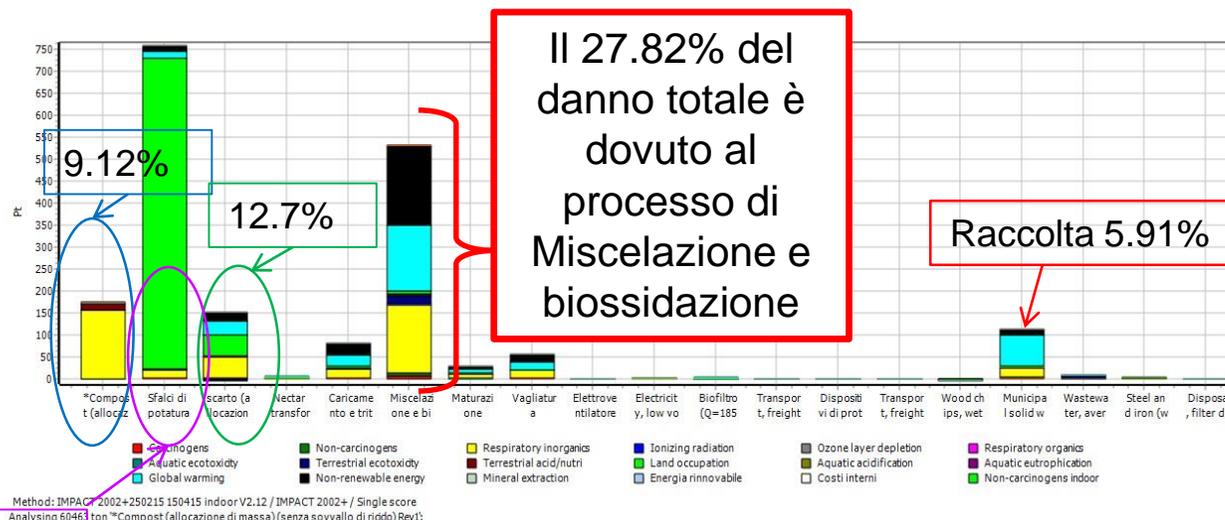
Method: IMPACT 2002+250215 150415 indoor V2.12 / IMPACT 2002+ / Single score  
Comparing 60463 ton \*Compost (allocazione di massa) (con sovrvallo di riciclo) Rev1' with 60463 ton \*Compost (allocazione di massa) (senza sovrvallo di riciclo) Rev1;

**Con sovrvallo** il danno è **0.89776kPt** e l'allocazione della funzione è **58.116%**  
**Senza sovrvallo** il danno è **1.9116kPt** e l'allocazione della funzione è **78.54%**  
Il danno è maggiore perché l'allocazione della funzione è maggiore.



## Il calcolo dell'LCA del processo del compostaggio **senza sovrappeso di riciclo**–IMPACT 2002

- Respiratory inorganics
- Non-renewable energy
- Global Warming
- Terrestrial Ecotoxicity



Il danno totale vale 1,9116 kPt

| Damage category     | % di danno | Sostanza                      |
|---------------------|------------|-------------------------------|
| Human Health        | 25.1%      | Ammonia, in air               |
| Climate Change      | 17,24%     | Carbon dioxide, fossil        |
| Resources           | 15%        | Oil, crude                    |
| Ecosystem Quality   | 42.66%     | Occupation, forest, intensive |
| Human Health indoor | 0.0027%    | Ammonia, in air               |



## Diversa modalità di allocazione: compostaggio e compost

### LCA del processo di compostaggio senza sovrappeso

- Compostaggio  
PRODOTTO =  $M_p$
- Compost  
COPRODOTTO =  $M_c$
- Input
- Output

Allocazione  
di massa

Allocazione Prodotto

$$M_p / (M_p + M_c) * 100 = 78.54\%$$

Allocazione Coprodotto

$$M_c / (M_p + M_c) * 100 = 21.46\%$$

Allocazione  
economica  
con tariffa  
sul rifiuto

Allocazione 100% compost (con il pagamento della tariffa vengono coperti i costi di gestione: perciò il costo del compostaggio è nullo)

Allocazione  
economica  
senza tariffa  
sul rifiuto

Allocazione prodotto

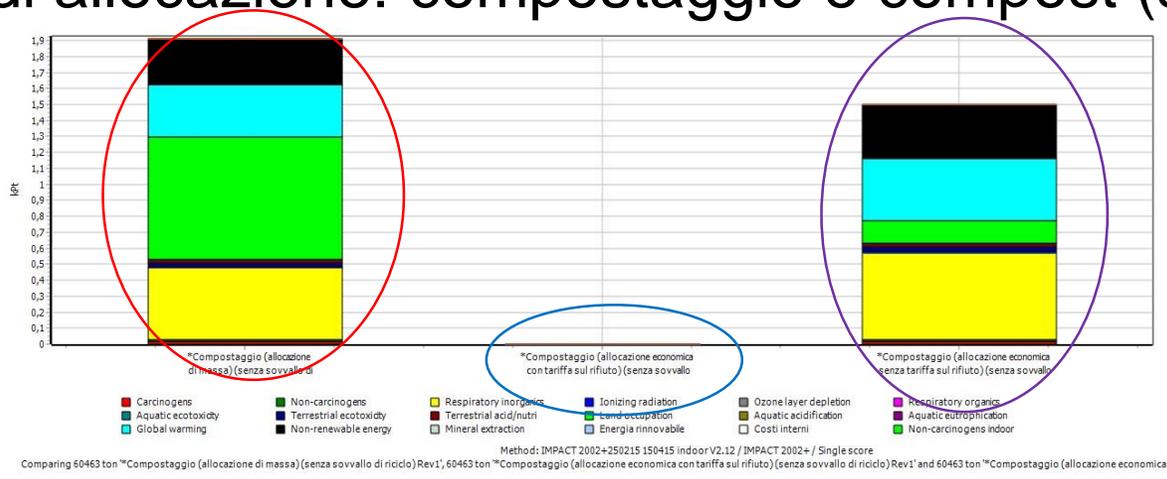
$$M_p * 6.75 / (M_p * 6.75 + M_c * 0.5) * 100 = 97.41\%$$

Allocazione coprodotto

$$M_c / (M_p * 6.75 + M_c * 0.5) * 100 = 2.59\%$$



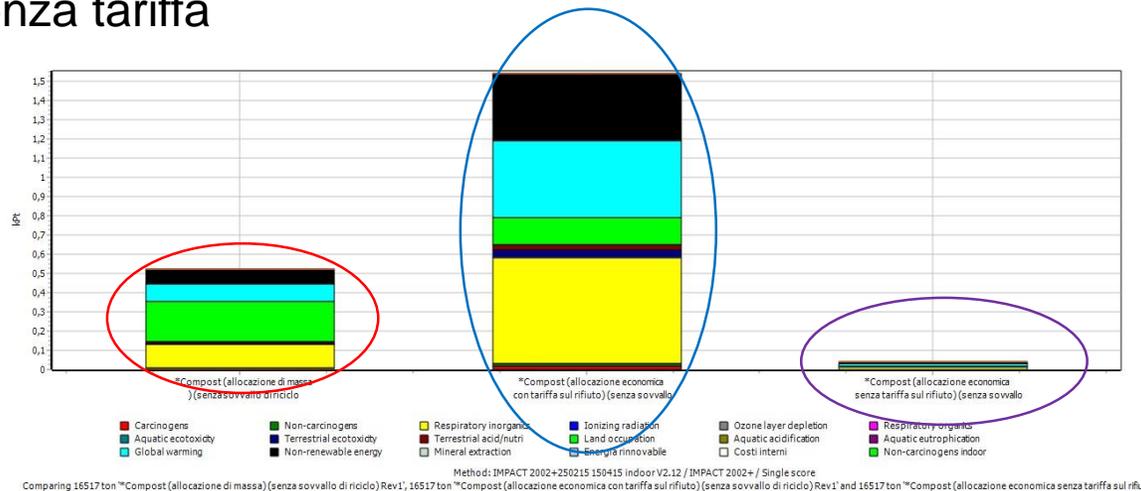
## Diversa modalità di allocazione: compostaggio e compost (senza sovrappeso di ric.)



ALLOCAZIONE ECONOMICA CON TARIFFA SUL RIFIUTO  
Compost 100%

Il **compostaggio** con allocazione di massa, economica con tariffa sul rifiuto ed economica senza tariffa

ALLOCAZIONE DI MASSA  
Compostaggio 78.54%  
Compost 21.46%



ALLOCAZIONE ECONOMICA SENZA TARIFFA  
Compostaggio 97.41%  
Compost 2.59%

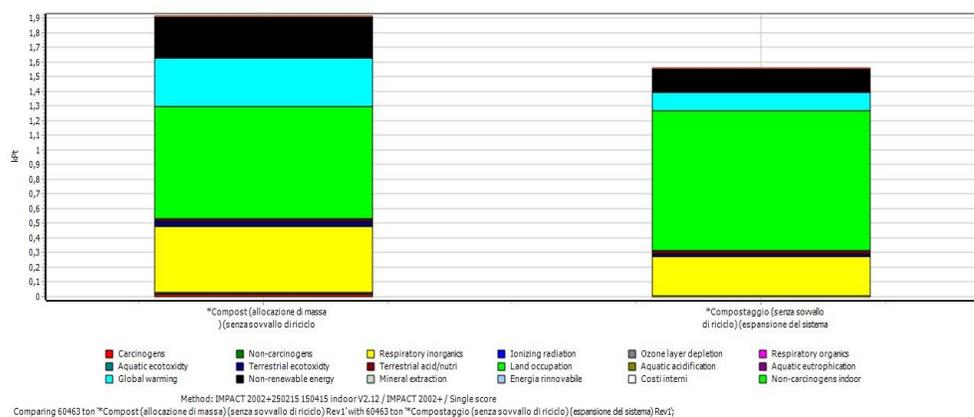
Il **compost** con allocazione di massa, economica con tariffe ed economica senza tariffe



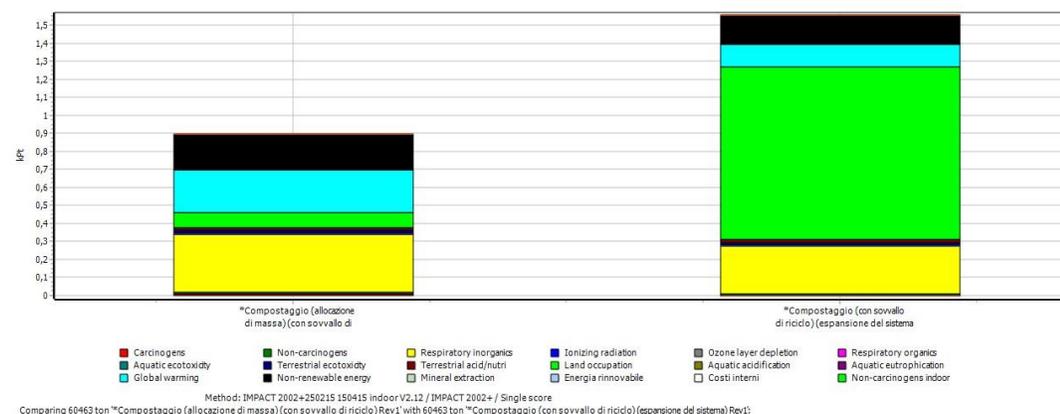
# Espansione del sistema

- Processo di compostaggio **con e senza sovrallo di riciclo**
- Sovrallo da riciclo e compost come prodotti evitati: legno da foresta e nutrienti (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O) contenuti nel compost come fertilizzanti di sintesi.
- Confronto tra multi-output ed espansione del sistema

senza sovrallo



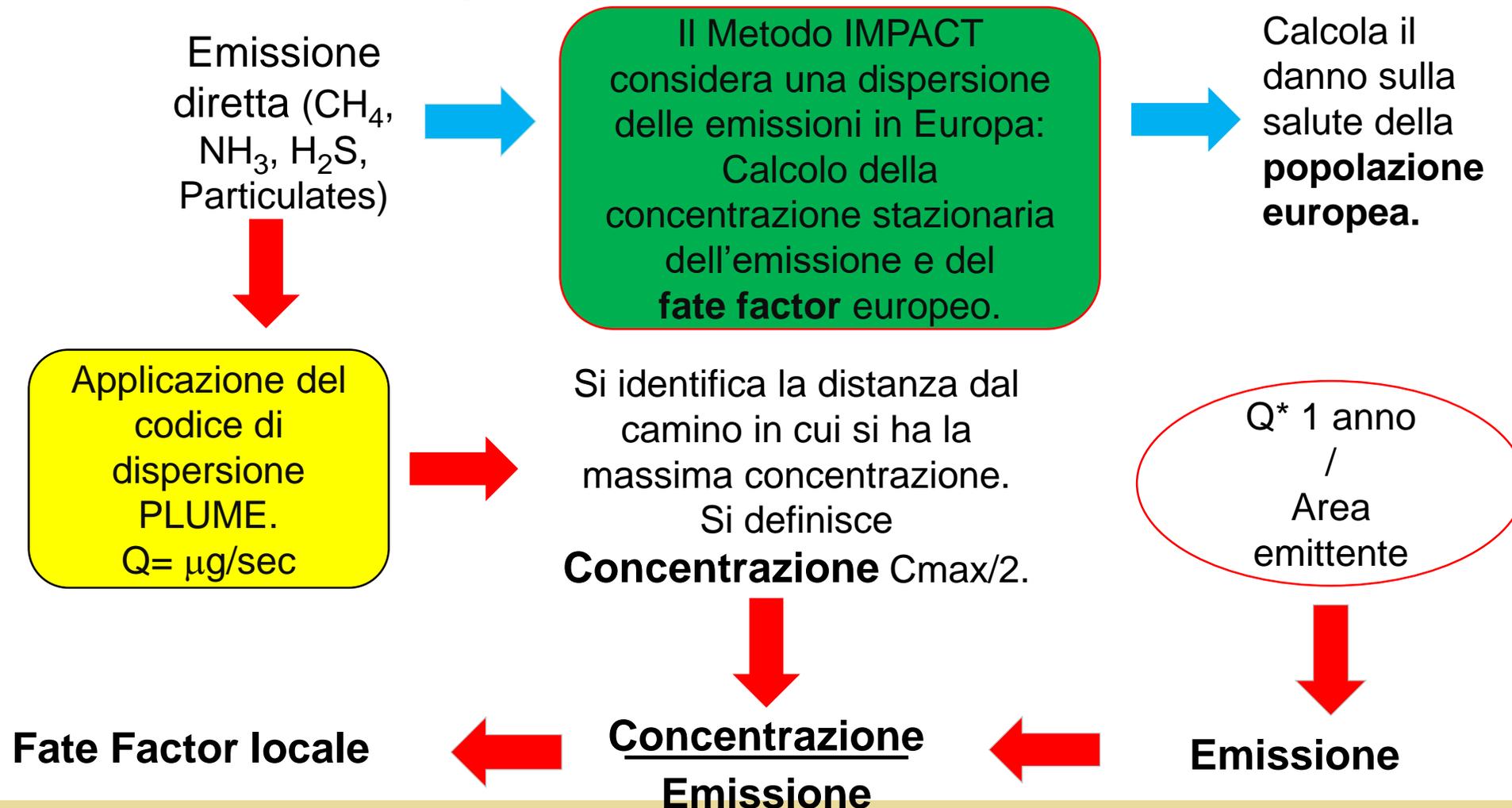
con sovrallo



Con l'espansione del sistema il danno diminuisce senza il sovrallo ma aumenta con il sovrallo perché, in quest'ultimo caso, con l'espansione la funzione prende tutto il danno mentre con l'allocazione ne prendeva solo il 58%

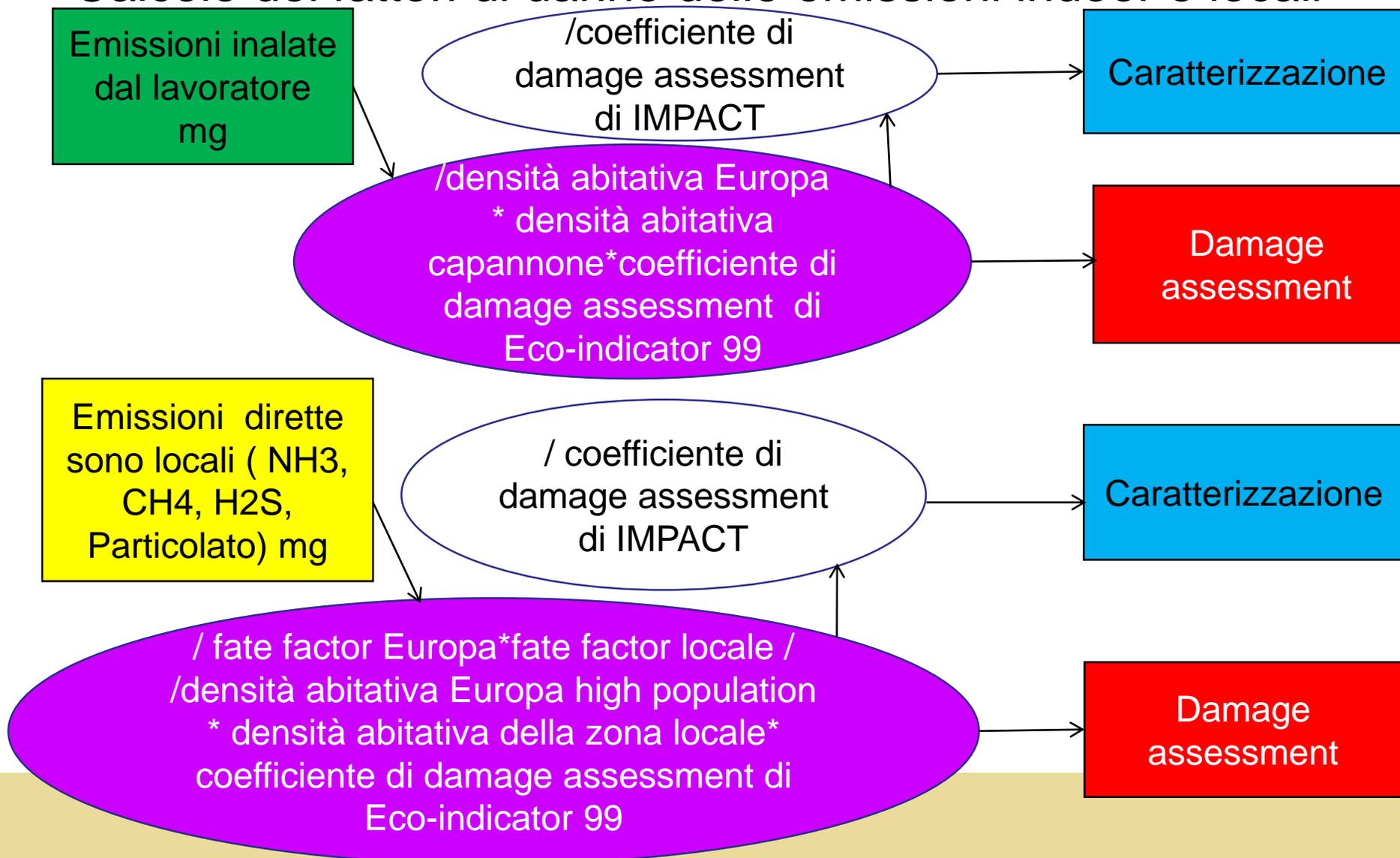


## Criterio per il calcolo delle emissioni locali



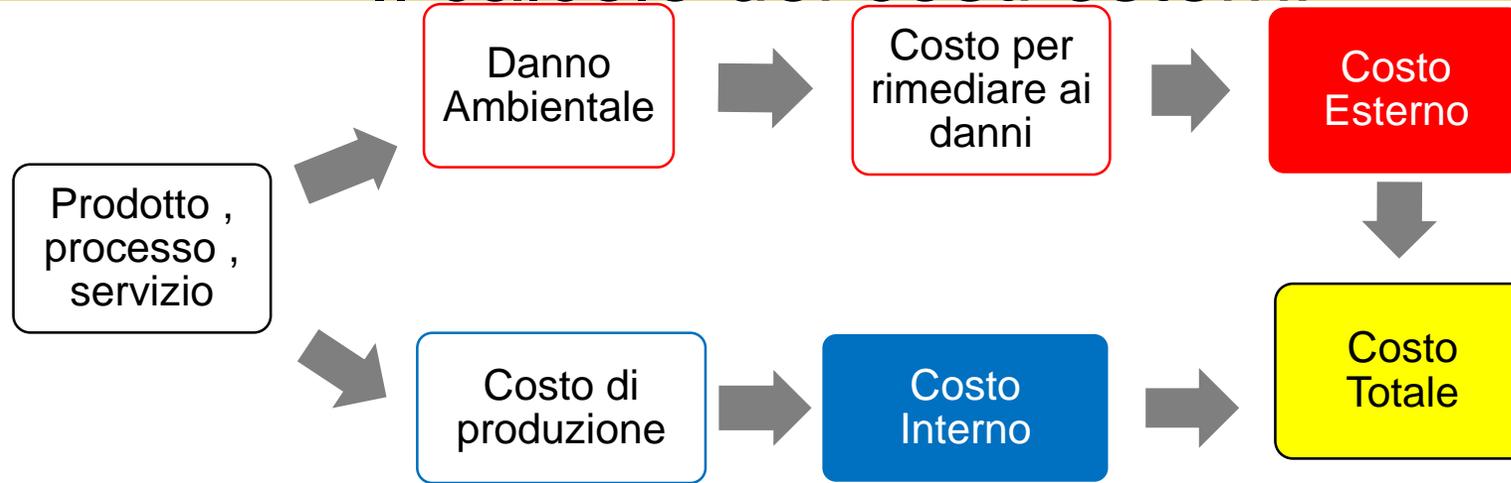


## Calcolo dei fattori di danno delle emissioni indoor e locali





# Il calcolo dei costi esterni



| Metodo                 | Human Health [M€] | Ecosystem production capacity [M ELU] | Abiotic stock resource [MELU] Resources [M€] | Biodiversity [MELU] Ecosystem quality [M€] | Climate change [M€] | Totale [M€] |
|------------------------|-------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-------------|
| EPS 2000               | 0.86832           | -0.0089505                            | 1.3283                                       | 0.034283                                   | /                   | 2.222       |
| IMPACT 2002 modificato | 0,10602           | /                                     | 0,90638                                      | 0.0067579                                  | 0.025476            | 1.089       |
| Costi interni          |                   |                                       |  |  |                     | 5.87        |



## Conclusioni

- Il processo **senza sovrappeso di riciclo** produce un danno **maggiore** di quello **con sovrappeso** perché aumenta il fattore di allocazione sulla funzione.
- Nel processo di compostaggio **senza sovrappeso di riciclo** la categoria che produce il danno massimo è **Ecosystem quality** per il 42.66%, **Human health** per il 25.1% seguita da **Climate change** 17.24% e da **Resources** 15%.
- Il danno dovuto ai **rifiuti considerati come coprodotti** produce un danno pari al 52.6%.
- L'**allocazione di massa** produce un danno maggiore dell'**allocazione economica** che non tiene conto delle tariffe. Quest'ultima allocazione considera solo i costi di gestione che sono molto maggiori del prezzo del compost.
- L'espansione del sistema nel processo **con sovrappeso** aumenta il danno, nel processo **senza sovrappeso** lo diminuisce.
- Il **conto economico** (5.87M€) è 2.64 volte superiore al **costo esterno** calcolato con EPS (2.222M€) e 5.39 volte superiore al costo esterno calcolato con IMPACT 2002 modificato (1.089M€).
- Emerge un danno rilevante dovuto al **trasporto del rifiuto** delle zone di raccolta ad AIMAG.
- E' stato individuato un criterio per il calcolo delle **emissioni locali**.