

Analisi LCA del Piano Regionale dei rifiuti solidi urbani e speciali della regione Emilia Romagna

Martina Pini e Paolo Neri

Studio commissionato dal Comune di Riccione e di Comune di Coriano



Struttura dello studio

- **I parte progetto:**
 - ✓ Analisi LCA del piano regionale dei rifiuti in ER modellizzato con processi di banca dati (Ecoinvent v3)
- **II parte progetto:**
 - ✓ Analisi LCA del piano regionale dei rifiuti in ER modellizzato con processi costruiti da hoc per rappresentare le realtà di trattamento dei rifiuti regionali



I parte progetto

Life cycle assessment



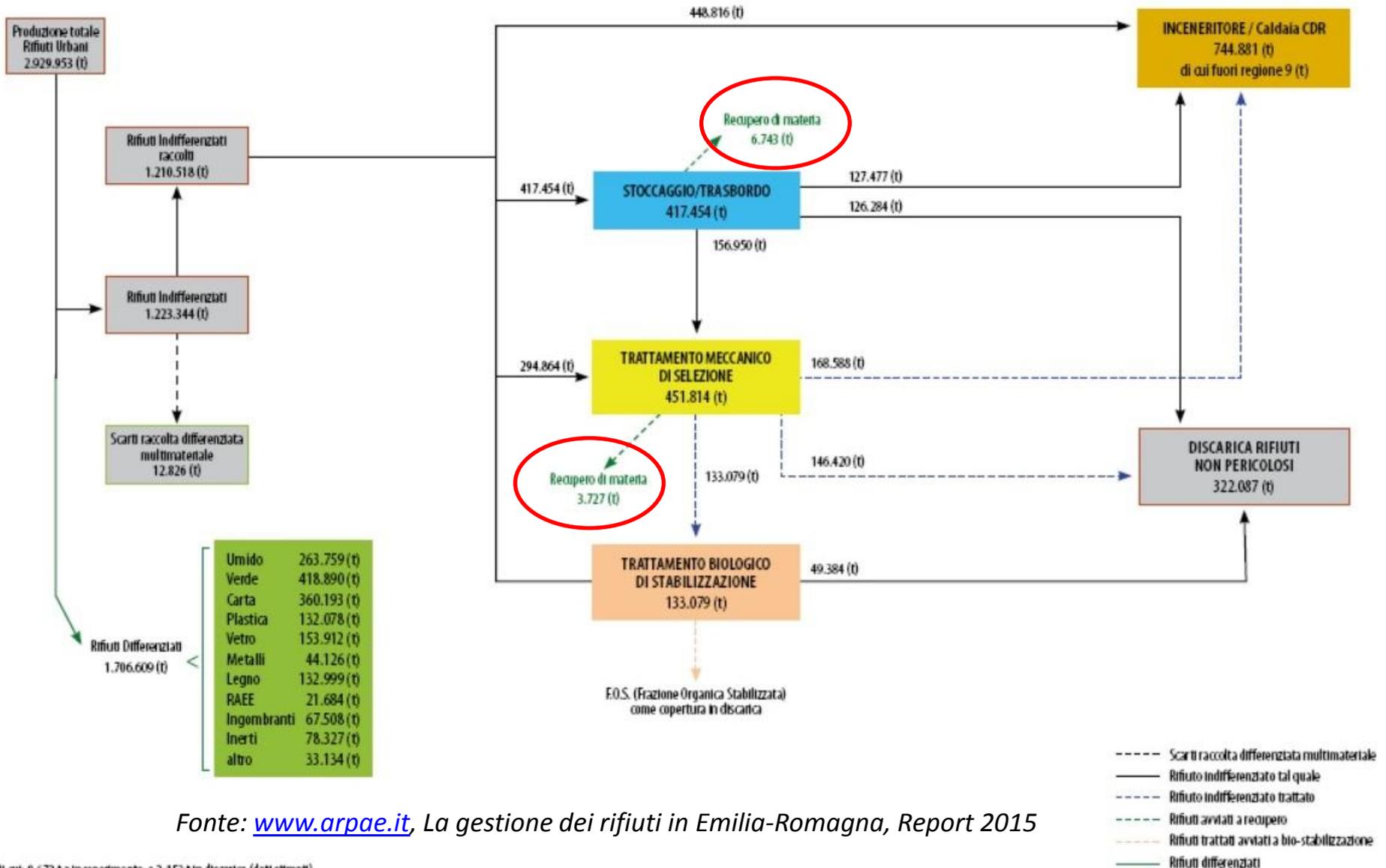
- **Obiettivo dello studio:** analisi ambientale della gestione dei rifiuti solidi urbani (RSU) e speciali (RS) prodotti in Emilia Romagna nell'anno 2014 e 2013 rispettivamente.
- **Unità funzionale:** peso totale dei rifiuti RSU e RS = 16'598'169 ton (ARPAE, 2015), di cui 2'929'953 ton di RSU e 13'668'216 ton di Rifiuti Speciali (82.35%).

Tipologia rifiuti	Raccolta differenziata ton	Raccolta indifferenziata ton	Totale ton
RSU	1'706'609 (58,2%)	1'223'344 (41,8%)	2'929'953
	<i>Recupero</i>	<i>Smaltimento</i>	<i>Totale ton</i>
RS	9'680'835 (70,82%)	3'987'381 (26,17%)	13'668'216
Totale RSU+RS			16'598'169

Fonte: www.arpae.it, *La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna, Report 2015*

- **Confini del sistema:** I confini del sistema vanno dalla raccolta dei rifiuti al loro smaltimento passando attraverso i trattamenti che i rifiuti subiscono.
- **Software:** Simapro 8.3 
- **Metodo LCIA:** IMPACT 2002+ modificato dal gruppo di studio

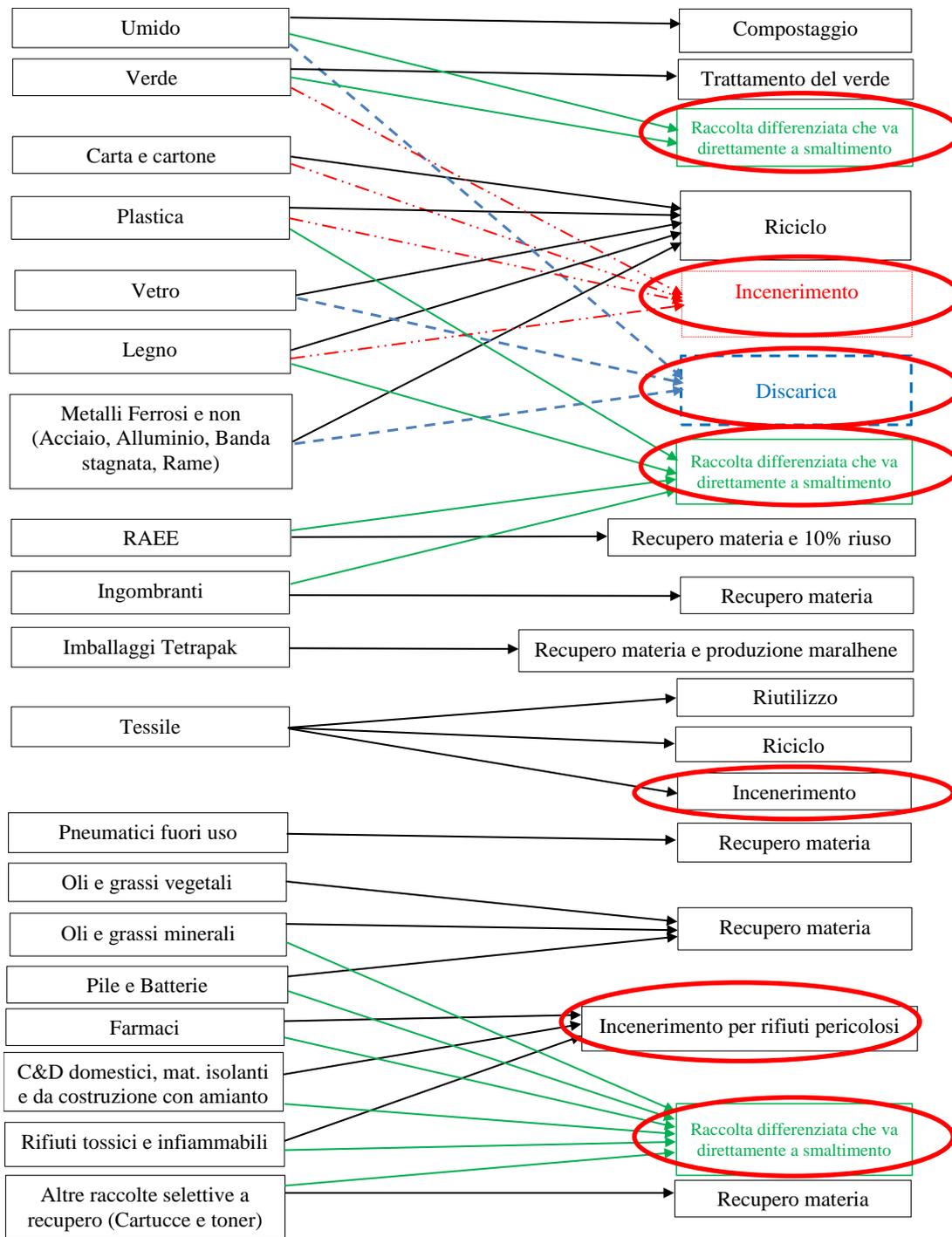
Raccolta indifferenziata



Fonte: www.arpae.it, La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna, Report 2015

*Di cui: 9.673 t a incenerimento, e 3.153 t in discarica (dati stimati)

Raccolta differenziata

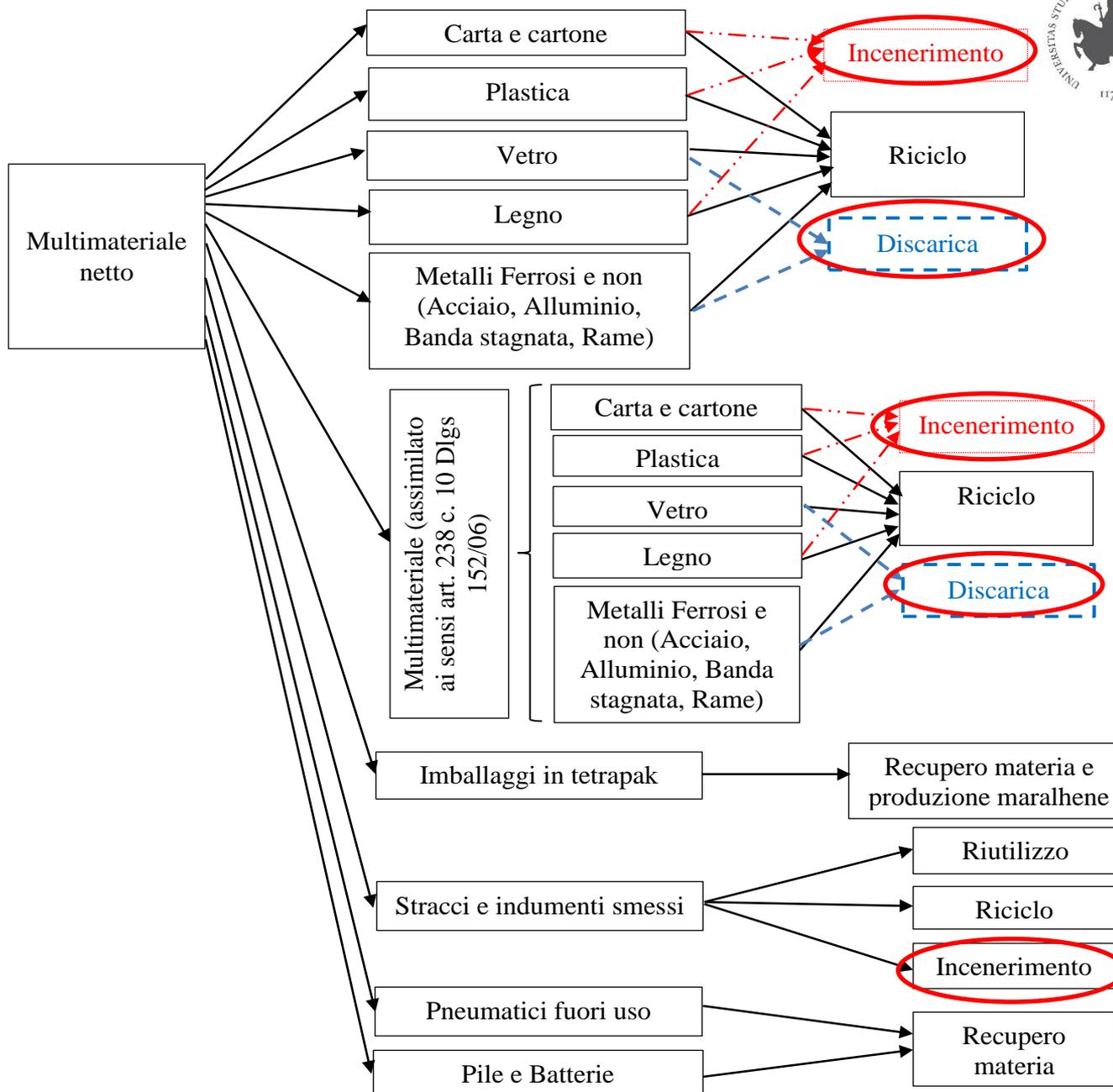


UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

*Recupero energetico
o smaltimento finale*

+ multimateriale

Raccolta differenziata multimateriale



*Recupero energetico
o smaltimento finale*

Rifiuti speciali



RS per tipologia di gestione	Recupero di energia (R1) ton	Recupero di materia (R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R14, R15) ton	Incenerimento (D10) ton	Altre operazioni di smaltimento (D3, D4, D6, D7, D8, D9, D11, D13, D14) ton	Smaltimento in discarica ton	Totale gestito al netto delle quote in giacenza (R13, D15) ton
<i>Non pericolosi</i>	574'875	8'861'300	219'236	1'884'320	1'279'881	12'819'611
<i>Pericolosi</i>	62'770	181'890	68'283	420'977	114'685	848'605
Totale gestito	637'645	9'043'190	287'519	2'305'297	1'394'566	13'668'216

OPERAZIONI DI RECUPERO (D.Lgs. 152/06, allegato C)
R1: utilizzazione principale come combustibile o altro mezzo per produrre energia
R2: rigenerazione/recupero di solventi
R3: riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche)
R4: riciclo/recupero dei metalli o dei composti metallici
R5: riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche
R6: rigenerazione degli acidi o delle basi
R7: recupero dei prodotti che servono a captare gli inquinanti
R8: recupero dei prodotti provenienti dai catalizzatori
R9: rigenerazione o altri reimpieghi degli oli
R10: spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura
R11: utilizzazione di rifiuti ottenuti da una delle operazioni indicate da R1 a R10
R12: scambio di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate da R1 a R11
R13: messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

OPERAZIONI DI SMALTIMENTO (D.Lgs. 152/06, allegato B)
D1: Deposito sul o nel suolo (a esempio discarica)
D2: Trattamento in ambiente terrestre (a esempio biodegradazione di rifiuti liquidi o fanghi nei suoli)
D3: Iniezioni in profondità (a esempio iniezioni dei rifiuti pompabili in pozzi. In cupole saline o faglie geologiche naturali)
D4: Lagunaggio (a esempio scarico di rifiuti liquidi o di fanghi in pozzi, stagni o lagune, ecc.)
D5: Messa in discarica specialmente allestita (a esempio sistemazione in alveoli stagni separati, ricoperti o isolati gli uni dagli altri e dall'ambiente)
D6: Scarico dei rifiuti solidi nell'ambiente idrico eccetto l'immersione
D7: Immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino
D8: Trattamento biologico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli che vengono eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12
D9: Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato che dia origine a composti o a miscugli eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12 (a esempio evaporazione, essiccazione, calcinazione, ecc.)
D10: Incenerimento a terra
D11: Incenerimento in mare
D12: Deposito permanente (a esempio sistemazione di contenitori in una miniera, ecc.)
D13: Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D12
D14: Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D13
D15: Deposito preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D14 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

Suddivisione della tipologia di rifiuto



- Gli RSU sono stati suddivisi in base:
 1. tipologia di raccolta → differenziata e **indifferenziata**
 2. finalità del trattamento → **recupero di materia** e **senza recupero di materia**

Tipologia rifiuti	RSU-Raccolta differenziata		RSU-Raccolta indifferenziata		Rifiuti speciali		Totale ton
	<i>Recupero di materia</i>	<i>Senza recupero di materia</i>	<i>Recupero di materia</i>	<i>Senza recupero di materia</i>	<i>Recupero di materia</i>	<i>Senza recupero di materia</i>	
Quantità ton	1'381'637,01	324'971,99	149'286,13	1'074'057,86	8'814'748,954	4'853'467,05	16'598'169

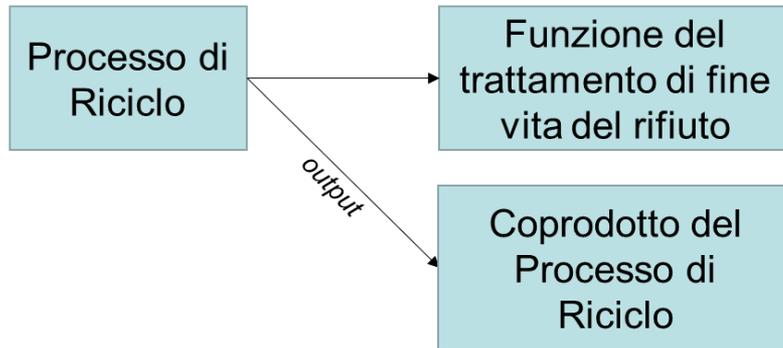
Qualità dei dati

- I dati relativi alle masse dei rifiuti sono tutti primari e sono stati ricavati dal Rapporto Rifiuti 2015 ARPAE. I processi necessari per rappresentare le energie, i trasporti, i trattamenti in discarica e con incenerimento dei rifiuti sono quelli di Ecoinvent v3.
- Alcuni processi di trattamento di fine vita degli RSU raccolti in modo differenziato sono stati modellizzati ad hoc o sono stati ottenuti da studi precedenti.

Trattamento	Materia recuperata	Riferimento
Trattamento meccanico biologico – TMB	CDR Metalli ferrosi FOS	Prati Giacinta, Confronto tra diverse tipologie di trattamento dei rifiuti urbani con il Metodo LCA, Reggio Emilia, Tesi di laurea triennale in Ingegneria Gestionale, anno accademico 2015/2016
Compostaggio	Compost Materiale ferroso Sovvallo di riciclo	Coniglio R. et al., Analisi LCA dell'impianto di compostaggio di Fossoli di Carpi, UNIMORE (DISMI), Reggio Emilia, Tesi di laurea triennale in Ingegneria Gestionale, 2015
Trattamento del Verde	Biogas Proteine Fibre	Ecoinvent v3, Life Cycle Inventories of Bioenergy 2007, (Michael Spielmann ETH HAD, 8092 Zürich)
Trattamento dei Pneumatici	Dalla ricostruzione: •Pneumatico rigenerato •Polverino di gomma Dalla termovalorizzazione: •Fili di acciaio •Ceneri ricche di ZnO •Solfato di sodio •Energia elettrica	Guido R. et al., Analisi del fine vita degli pneumatici attraverso una metodologia Life Cycle Assessment (LCA), Documento ENEA UTVALAMB-P795-012, Bologna, Tesi di laurea, 2009
Trattamento oli minerali esausti	Dalla raccolta e analisi: •olio combustibile Dalla rigenerazione: •olio fresco •additivo per guaine bituminose •gasolio BTZ •zolfo puro	Guido R. et al., Analisi del ciclo di vita della gestione degli oli esausti, Documento ENEA ACS-P135-023, UNIBO, Bologna, Tesi di laurea, 2006
Trattamento oli alimentari	Olio vegetale secondario	Seghizzi V. et al., LCA del trattamento degli scarti di macellazione e degli oli da raffinare, Tesi magistrale UNIMORE (DISMI), Reggio Emilia, Tesi di laurea, 2015
Trattamento cartucce	Toner	Ferrari AM et al., Studio life cycle assessment (LCA) del confronto tra una cartuccia originale hp 4000 e una cartuccia calligraphy rigenerata da Sapi srl, UNIMORE (DISMI), Reggio Emilia e LCA lab srl, Bologna, 2008
Trattamento di fine vita del Tetrapak	Polpa di carta Maralhene	Processo modellizzato ad hoc dal gruppo di studio.
Trattamento di fine vita RAEE	Ricondizionamento del 10% dei RAEE, Recupero di materia attraverso il trattamento dei diversi componenti dei RAEE (metalli, terre rare, plastiche, piombo, etc.).	Progetto WEEENmodels LIFE12 ENV/IT/001058, LCA, social and economic impact assessment model applicable to the context of big European cities, UNIMORE (DISMI), 2016
Trattamenti di fine vita degli ingombranti	Per semplificare la rappresentazione del processo si sono considerati tre prodotti rappresentativi della categoria, in particolare: un letto comprensivo di rete, un materasso e un armadio. Recupero di materia: •Legno •Acciaio •PUR •Tessuto	Processo modellizzato ad hoc dal gruppo di studio.
Trattamento di fine vita dei veicoli fuori uso	•Metalli (acciaio, alluminio, rame, ottone, piombo e zama)	Ziosi M. et al., Valutazione ambientale ed economica del trattamento di fine vita di un bene durevole sottoposto alle disposizioni del D.Lgs.22/97 (Decreto Ronchi) –Tesi di laurea , Anno Accademico 2000/2001

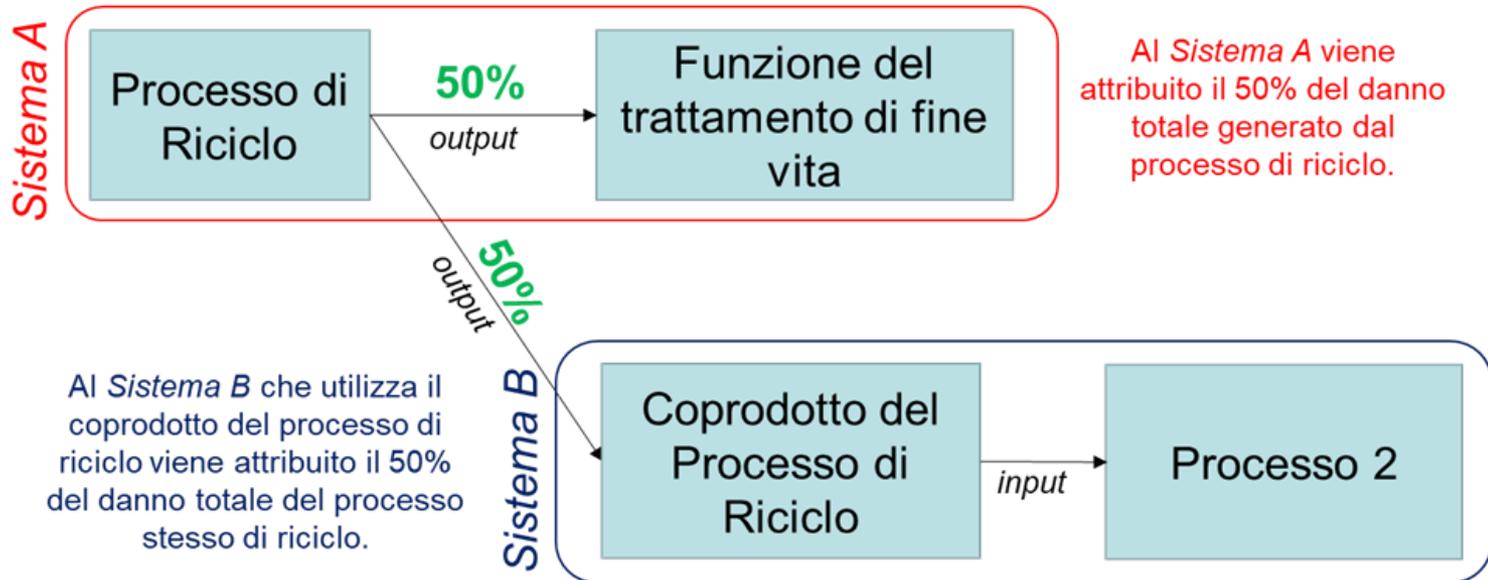
- Sono stati considerati due modelli LCA:
 - ❖ multi-output (*Attributional, partitioning*)
 - ❖ espansione del sistema (*Consequential, system expansion*)

Modello multi-output (Attributional, partitioning)

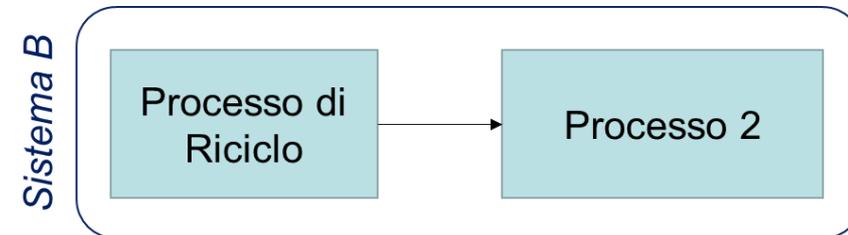
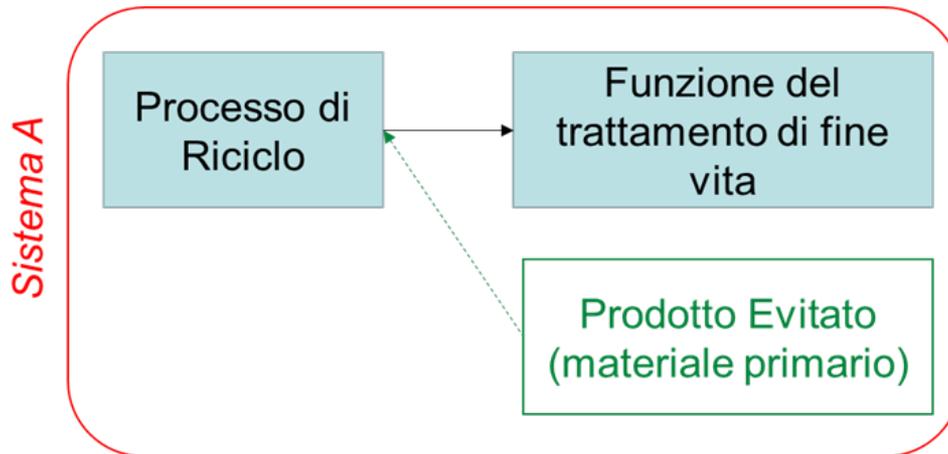
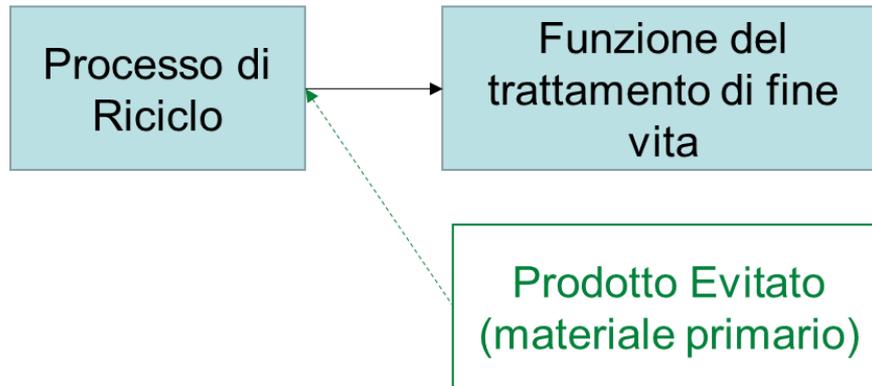


Nel modello multi-output l'allocazione utilizzata è 50%-50%. Vale a dire che il 50% del danno ambientale associato al processo di riciclo verrà attribuito alla funzione e il 50% al prodotto secondario.

Allocazione del danno



Modello con espansione del sistema (*Consequential, system expansion*)

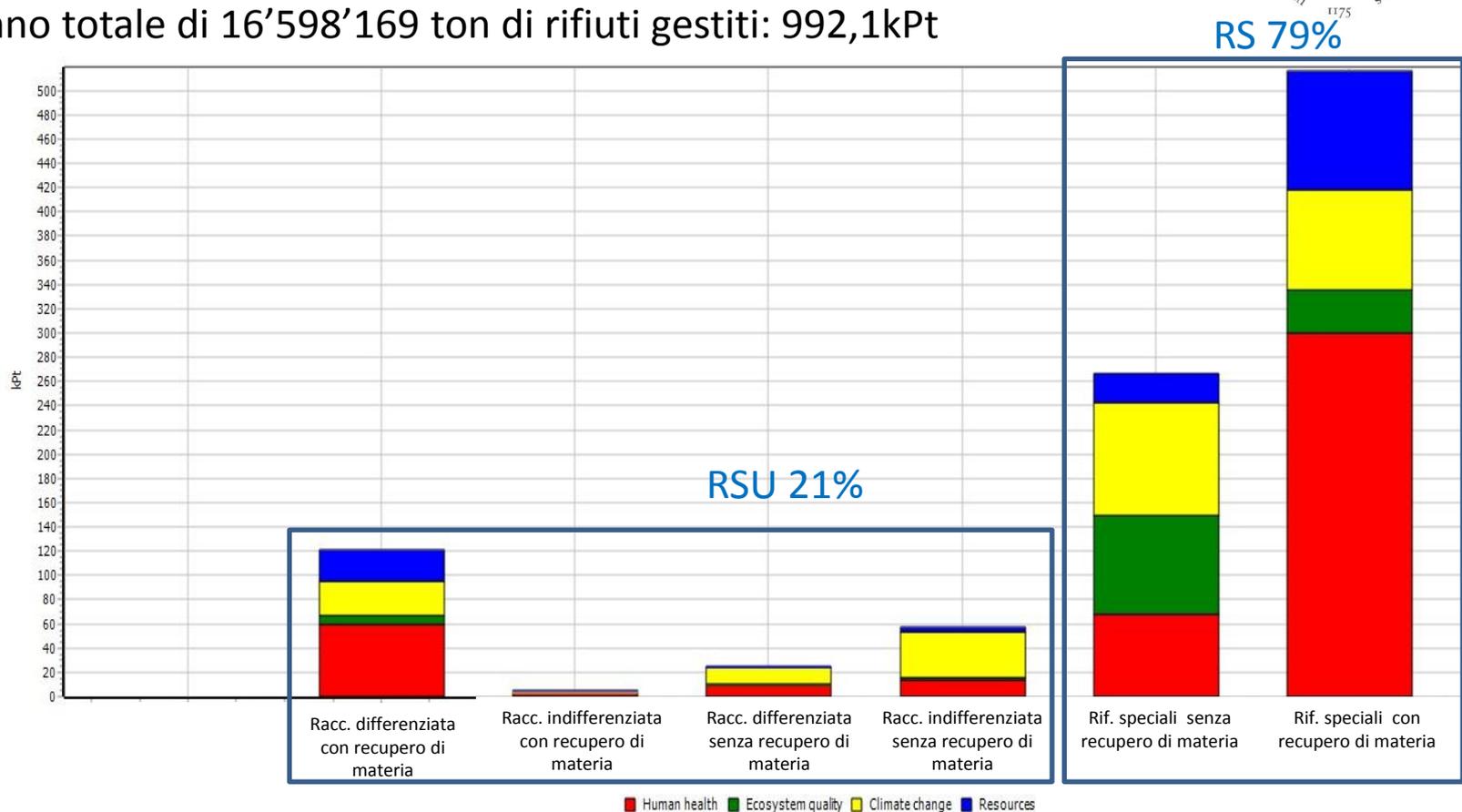


*Danno del Processo di Riciclo = Danno associato al trattamento di fine vita - Danno associato alla produzione del **materiale primario***

Il prodotto evitato **sottrae** al prodotto principale o funzione del sistema una parte di danno che quasi sempre è superiore a quello del prodotto in quanto è rappresentato da un prodotto primario.

Risultati LCIA - modello multi-output

Danno totale di 16'598'169 ton di rifiuti gestiti: 992,1kPt



Il danno totale è dovuto a:

- 52.05% a **Rifiuti speciali** con recupero di materia
- 26.87% a **Rifiuti speciali** senza recupero di materia
- 12.19% a RSU con **raccolta differenziata** con recupero di materia
- 5.77% a RSU con **raccolta indifferenziata** senza recupero di materia
- 2.56% a RSU con **raccolta differenziata** senza recupero di materia
- 0.58% a RSU con **raccolta indifferenziata** con recupero di materia

Il contributo del danno totale sulle categorie di danno vale:

- 45.81% a Human health**
- 23.41% a Climate change**
- 15.55% a Resources**
- 12.63% a Ecosystem quality**

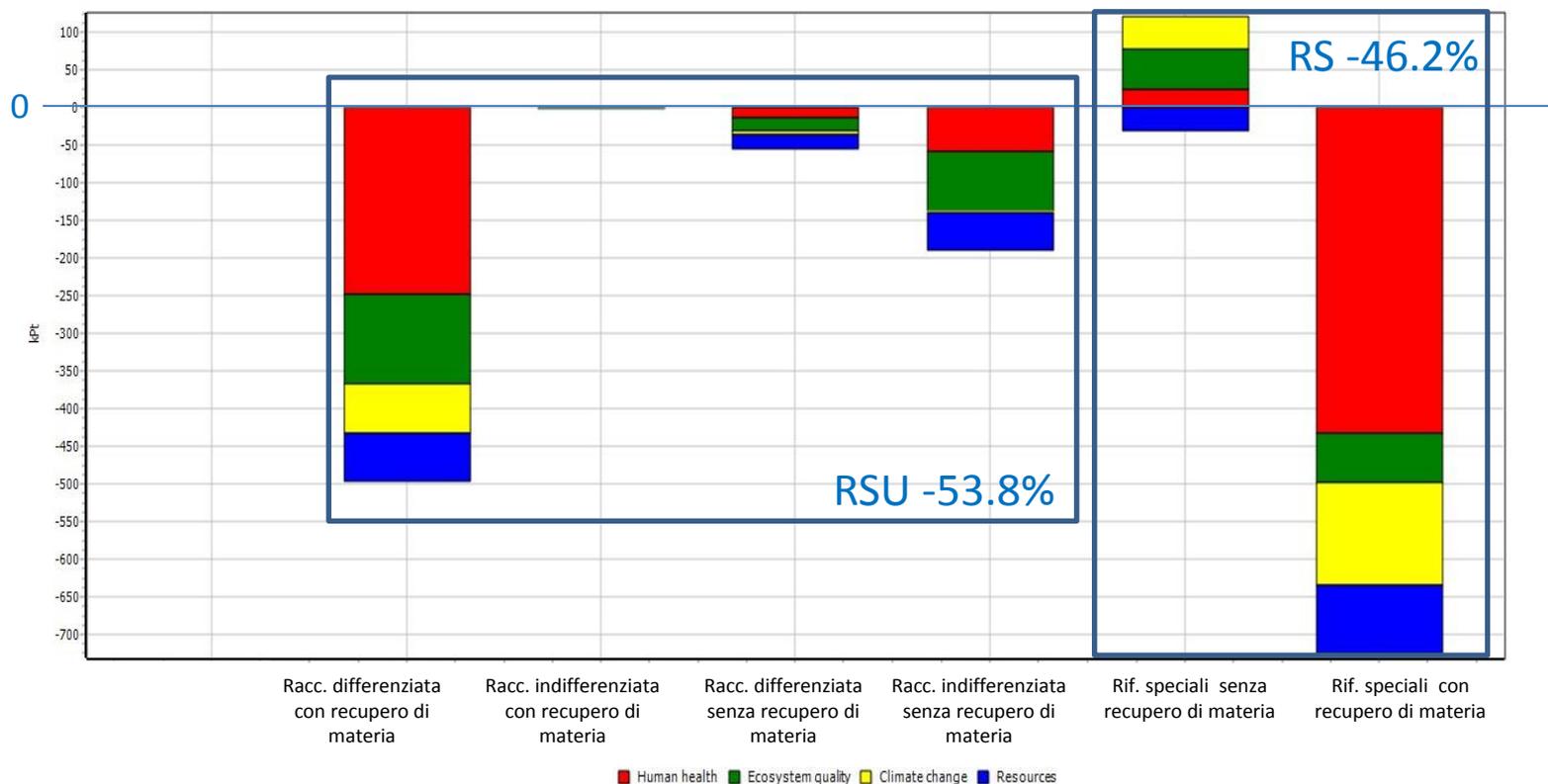
Risultati LCIA - modello multi-output



Modello Multi-output		RSU-Raccolta differenziata		RSU-Raccolta indifferenziata		Rifiuti speciali	
Totale		Recupero di materia	Senza recupero di materia	Recupero di materia	Senza recupero di materia	Recupero di materia	Senza recupero di materia
Quantità ton	16598169	1381637,01	324971,99	149286,13	1074057,86	8814748,954	4853467,046
Danno totale (kPt)	992,1	120,9	25,385	5,53	57,29	516,38	266,62
Danno per t di rifiuti (Pt/t)	5,977E-2	8,57E-2		5,135E-2		5,86E-2	5,49E-2
Danno per t di rifiuti (Pt/t)	RSU					RS	
	Recupero di materia			Senza recupero di materia		Recupero di materia	Senza recupero di materia
	8,26E-2			5,91E-2		5,86E-2	5,49E-2
	0,071					0,057	

Risultati LCIA - espansione del sistema

Vantaggio ambientale totale di 16'598'169 ton di rifiuti gestiti: -1,38 MPt



Il vantaggio ambientale è dovuto a:

- 52.69% a Rifiuti speciali con recupero di materia
- 36.08% a RSU con raccolta differenziata con recupero di materia
- 13.73% a RSU con raccolta indifferenziata senza recupero di materia
- 3.974% a RSU con raccolta differenziata senza recupero di materia
- 0.0027% a RSU con raccolta indifferenziata con recupero di materia

Ridotto da un danno ambientale dovuto a:

- 6.49% a Rifiuti speciali senza recupero di materia

Il contributo del vantaggio totale sulle categorie di danno vale:

- 52.96% a Human health**
- 18.49% a Resources**
- 16.52% a Ecosystem quality**
- 12.07% a Climate change**

Risultati LCIA – espansione del sistema



Modello con esp. del sistema		RSU-Raccolta differenziata		RSU-Raccolta indifferenziata		Rifiuti speciali		
	Totale	Recupero di materia	Senza recupero di materia	Recupero di materia	Senza recupero di materia	Recupero di materia	Senza recupero di materia	
Quantità ton	16598169	1381637,01	324971,99	149286,13	1074057,86	8814748,954	4853467,046	
Danno totale (kPt)	-1,38	-0,497	-0,055	-3,79E-5	-0,1892	-0,726	0,089	
Danno per t di rifiuti (Pt/t)	-8,314E-2	-3,23E-1		-1,55E-1		-8,24E-2	1,834E-2	
Danno per t di rifiuti (Pt/t)	RSU						RS	
	Recupero di materia			Senza recupero di materia			Recupero di materia	Senza recupero di materia
	-3,25E-1			-1,74E-1			-8,24E-2	1,834E-2
	-0,253						-0,0466	

Conclusioni e considerazioni della I parte dello studio



- Il **trattamento dei rifiuti** determina un notevole danno ambientale: per la massa dei rifiuti, per il loro contenuto, per il tipo di trattamento.
- **La riduzione del danno avviene certamente se si riducono i rifiuti.**
- Il problema principale che ci si dovrebbe porre nel trattamento dei rifiuti dovrebbe essere quello di **minimizzare il danno ambientale.**
- In realtà attualmente si pongono anche gli obiettivi della **produzione di energia** e della **produzione di materia**. La scelta di privilegiare il primo o il secondo obiettivo dovrebbe derivare da una scelta a livello nazionale relativa al tipo di **modello di sviluppo economico e sociale** che si vuole perseguire.
- Se il fabbisogno maggiore è quello **energetico** la scelta deve vertere al trattamento dei rifiuti volto a produrre energia.
- Se il fabbisogno maggiore è quello del **recupero di materia** la scelta dovrà necessariamente ricadere sul trattamento dei rifiuti volto a recuperare materia.

Conclusioni e considerazioni della I parte dello studio



- I modelli usati per la modellizzazione dell'LCI (multi-output e espansione del sistema) aiutano a capire su quale sistema si influisce con tali scelte.
- Con il modello **multi-output** si prescinde dal coprodotto generato (energia o materiale secondario) e si misura il danno prodotto dal trattamento.
Fotografa il reale danno ambientale generato da una realtà antropica.
- Con il modello con **espansione del sistema** si considera il vantaggio che il Paese potrebbe ottenere se le energie elettrica e termica ottenute da *recupero energetico* entrano in una rete nazionale e per i *materiali secondari recuperati* con il processo di riciclo valuta il vantaggio che si avrebbe se tali beni sostituissero realmente il mercato dei prodotti **primari**.
Valuta se le decisioni prese nel contesto analizzato determinano delle conseguenze strutturali su ampia scala (es. cambiamento della capacità produttiva disponibile).



II parte progetto

Modellizzazione LCA delle realtà regionali



1. Inceneritore rifiuti municipali di Coriano (RN)

- Visita a impianto
- Raccolta ed elaborazione dati per LCI (anno 2015)
- Modellizzazione sul Simapro 8.3
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)
- **Analisi dei risultati con dispersione locale (metodo approssimato sviluppato del gruppo di ricerca di UNIMORE)**



2. Impianto TCF trattamento chimico fisico di rifiuti speciali liquidi pericolosi e non pericolosi – Ravenna presso Comparto Herambiente di trattamento/smaltimento rifiuti

- Visita a impianto
- Raccolta ed elaborazione dati per LCI (anno 2015/2016)
- Modellizzazione sul Simapro 8.3
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)
- **Analisi dei risultati con dispersione locale (metodo approssimato sviluppato del gruppo di ricerca di UNIMORE)**



3. Impianto Disidrat (trattamento fanghi pompabili, palabili, ceneri, terreni) – Ravenna presso Comparto Herambiente di trattamento/smaltimento rifiuti

- Visita a impianto
- Raccolta ed elaborazione dati per LCI (anno 2015/2016)
- Modellizzazione sul Simapro 8.3
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)
- **Analisi dei risultati con dispersione locale (metodo approssimato sviluppato del gruppo di ricerca di UNIMORE)**



4. **Trattamento Meccanico Biologico – Imola (BO)** → *Tesi di Laurea di Cristina Losi*

- Elaborazione dati del documento AIA per LCI (anno 2015)
- Aggiornamento del processo precedentemente modellizzato sul Simapro 8.3 (Tesi Prati G., 2017)
- Valutazione della convenienza ambientale del recupero dal TMB di carta e plastica da riciclo anziché CDR
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)

5. **AIMAG compostaggio – Carpi (MO)**

- Richiesta dati da aggiornare e del processo precedentemente modellizzato sul Simapro 8.3 (Tesi Coniglio R., 2015)
- Aggiornamento del processo precedentemente modellizzato sul Simapro 8.3
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)



6. **Discarica per rifiuti pericolosi e non pericolosi - ASA, Castel Maggiore (BO)**

- Visita a impianto
- Raccolta ed elaborazione dati per LCI (anno 2015/2016)
- Modellizzazione sul Simapro 8.3 (in corso)
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)



7. **Inceneritore Mengozzi per rifiuti ospedalieri/sanitari – Forlì**

- In attesa di un risconto per effettuare visita all'impianto
- Visita a impianto (programmata per il 13/04/2018)
- Raccolta ed elaborazione dati per LCI (anno 2015/2016)
- Modellizzazione sul Simapro 8.3
- Analisi dei risultati con dispersione continentale (metodo IMPACT 2002+)



8. Trattamento del verde (RSU)

<i>Biogas, from grass {RoW} biogas production from grass Conseq, U</i>	<u>Co-prodotti:</u> Biogas Proteine Fibre	Ecoinvent v3, Life Cycle Inventories of Bioenergy 2007, (Michael Spielmann ETH HAD, 8092 Zürich)
---	--	---

- ✓ Ri-modellizzazione del processo di trattamento del verde: 49% compostato e il 51% trattato con recupero di energia (suddiviso in parti uguali tra cippato e pellet)

8. Spandimento sul terreno a beneficio dell'agricoltura – R10 (RS)

<i>Disposal, biowaste, to agricultural co- fermentation, covered/CH U</i>	<u>Co-prodotti:</u> nutrienti contenuti nel digestato: Azoto Fosforo (P2O5) Potassio (K2O)	Ecoinvent v2, Life Cycle Inventories of Bioenergy 2007
---	---	---



D.Lgs 99/1992 Definizione



1. Ai sensi del presente decreto, si intendono per:

a) Fanghi: i residui derivanti dai processi di depurazione:

- 1) delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti civili come definiti dalla lettera *b*), art. 1-*quater*, legge 8 ottobre 1976, n. 670;
- 2) delle acque reflue provenienti da insediamenti civili e produttivi: tali fanghi devono possedere caratteristiche sostanzialmente non diverse da quelle possedute dai fanghi di cui al punto a.1.;
- 3) delle acque reflue provenienti esclusivamente da insediamenti produttivi, come definiti dalla legge 319/76 e successive modificazioni ed integrazioni; tali fanghi devono essere assimilabili per qualità a quelli di cui al punto a.1. sulla base di quanto disposto nel successivo articolo 3.1.

✓ D.Lgs 99/1992 che si appoggia a ricerche scientifiche svolte negli anni '80.

✓ D.Lgs 99/1992 impone dei controlli solo su alcuni metalli (non tutte le sostanze inquinanti).

Tabella 1.1 - *Quantità di fanghi destinati all'utilizzo in agricoltura.*

Regione	Anno	Sostanza Secca (t)	Ettari
Emilia Romagna	2011	51.036	10.148
Lombardia	2009	134.140	26.830*
Veneto	2009	4.459	977

* Valore stimato

Fonte: ISPRA, 2015

Report Rifiuti ARPAE: nel 2013 194'468 ton di fanghi → trattamento di recupero di materia (R10)

Sviluppi futuri e considerazioni



- Una volta completati gli studi LCA di ogni realtà di trattamento con modellizzazione multi-output e con espansione del sistema sarà redatto l'LCA della gestione complessiva dei rifiuti in Emilia Romagna con i dati primari. L'LCA verrà strutturato con trattamenti per il recupero di materia e per il recupero di energia.
- Lo studio verrà ripetuto per la gestione dei rifiuti con gli obiettivi per l'anno 2020, utilizzando i dati primari elaborati. Obiettivi regionali 2020 (*art. 8 Norme tecniche di attuazione*):
 - ❖ riduzione del 20-25% della produzione pro-capite di rifiuti urbani
 - ❖ raccolta differenziata al 73%
 - ❖ riduzione al 5% dello smaltimento a partire dal conferimento in discarica
 - ❖ incremento della qualità della raccolta differenziata per riciclare carta, metalli, plastica, legno, vetro, organico al 70%

Grazie per l'attenzione

Studio commissionato dal Comune di Riccione e di Comune di Coriano

