



# **Ecodesign di una piastrella con smalto ceramico contenente scorie metallurgiche**

Sara Mohaddes

In collaborazione:

**Prof.ssa Cristina Siligardi**

**Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"**

**Università di Modena e Reggio Emilia**



# Introduzione



WASTE<sup>3</sup>  
A NATURAL HABITAT  
EXCELLENT SUSTAINABILITY

Studio svolto nell'ambito del progetto:

LIFE10 ENV/IT/419 "WASTE3 – Extreme energy free valorisation of copper metallurgical waste in heating elements and semiconductive nanoceramic enamels"

Obiettivo

- Conversione e la valorizzazione delle scorie derivanti dalla metallurgia del rame in elementi da utilizzare in applicazioni residenziali, tra cui smalti ceramici

Attori coinvolti

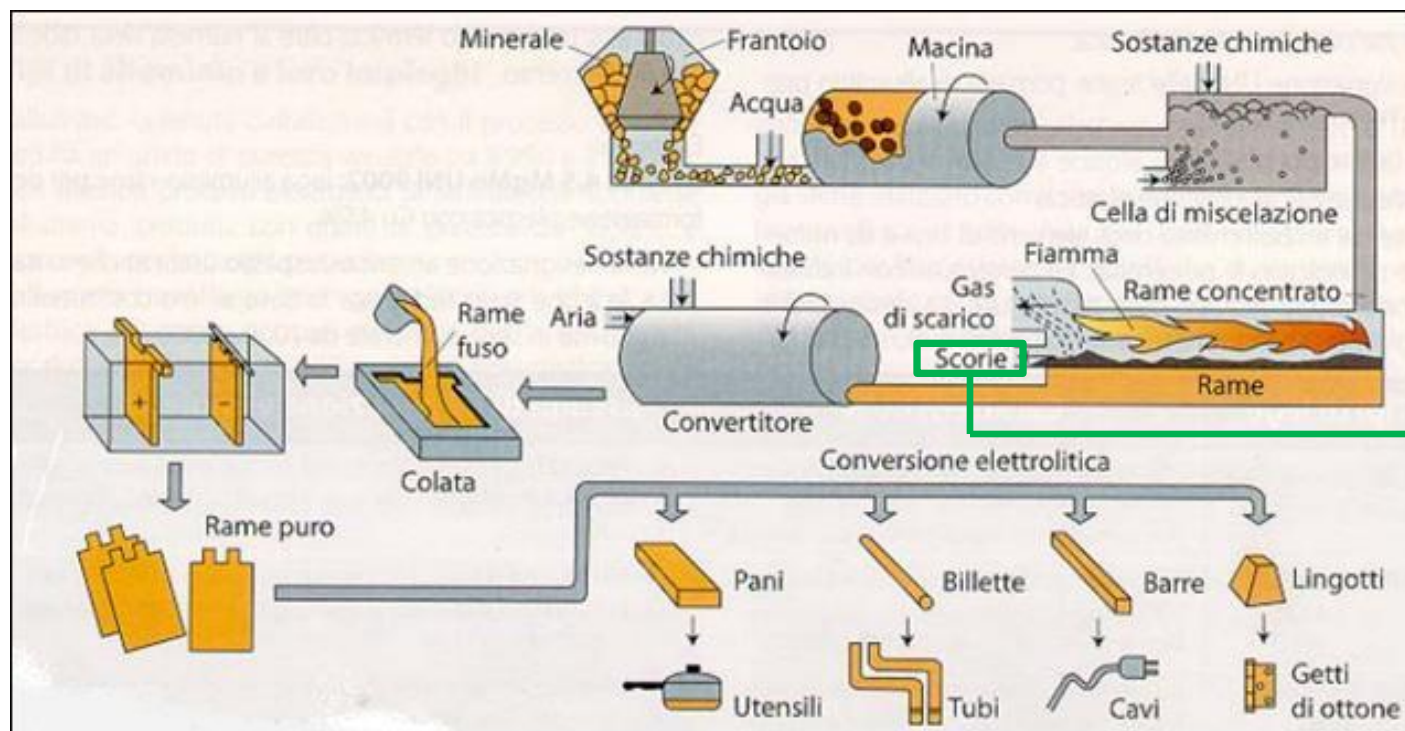
- 2 aziende italiane
- Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
- Università degli Studi di Trento





# Il progetto

## Processo di produzione del rame



24,6 milioni di tonnellate di scorie prodotte all'anno

Utilizzo come abrasivo o materiale inerte

Progetto **WASTE 3** → Sviluppo di nuovi prodotti per valorizzare le proprietà del materiale



	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	CaO	Altro
wt%	53,21	25,82	6,54	4,49	2,93	7,01



## Nuovi prodotti:

- smalti ceramici
- assorbitori per microonde
- piastrelle sinterizzate



## Life Cycle Assessment



1. LCA di smalto prodotto con scorie derivanti dalla metallurgia del rame
2. LCA di piastrella in grès porcellanato con applicazione dello smalto prodotto



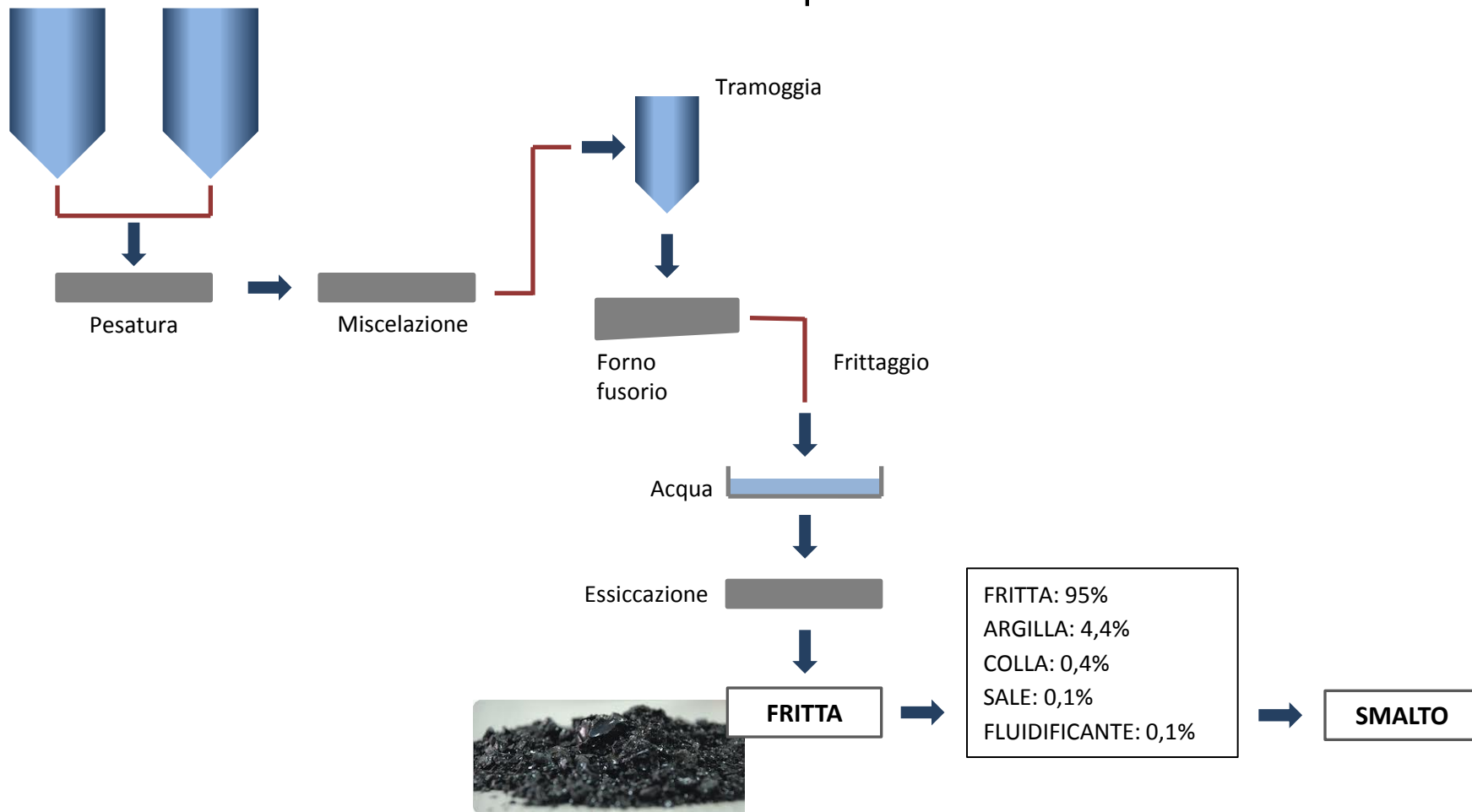
# Composizione dello smalto

SCORIE: 70%  
VETRO RICICLATO: 20%  
OSSIDO DI SODIO: 6%  
OSSIDO DI ZINCO: 4%

Fase sperimentale



Modellazione di un processo industriale





# LCA dello smalto contenente scorie di rame



**Obiettivo dello studio:** valutazione ambientale della produzione di uno smalto ceramico contenente scorie ottenute dalla produzione del rame, da applicare ad una piastrella in grès porcellanato, e confronto con uno smalto contenente materie prime tradizionali

**Funzione del sistema:** smaltatura di piastrelle in grès porcellanato

**Il sistema studiato:** smalto ceramico contenente al 70% scorie derivanti dalla produzione del rame

**Unità funzionale:** 1 ton di smalto

**Confini del sistema:** dall'estrazione delle materie prime allo stoccaggio dello smalto

**Qualità dei dati:** dati primari, dati di letteratura, banche dati

**Software:** SimaPro 7.3.3

**Metodo di valutazione:** Impact 2002+



# LCA della piastrella smaltata



**Il sistema studiato:** piastrella in grès porcellanato sulla quale viene applicato uno smalto contenente scorie dalla metallurgia del rame

**Funzione del sistema:** pavimentazione di un solaio

**Unità funzionale:** 1 mq di piastrella

**Confini del sistema:** dall'estrazione delle materie prime al fine vita della pavimentazione dopo 40 anni

**Qualità dei dati:** dati primari, dati di letteratura, banche dati

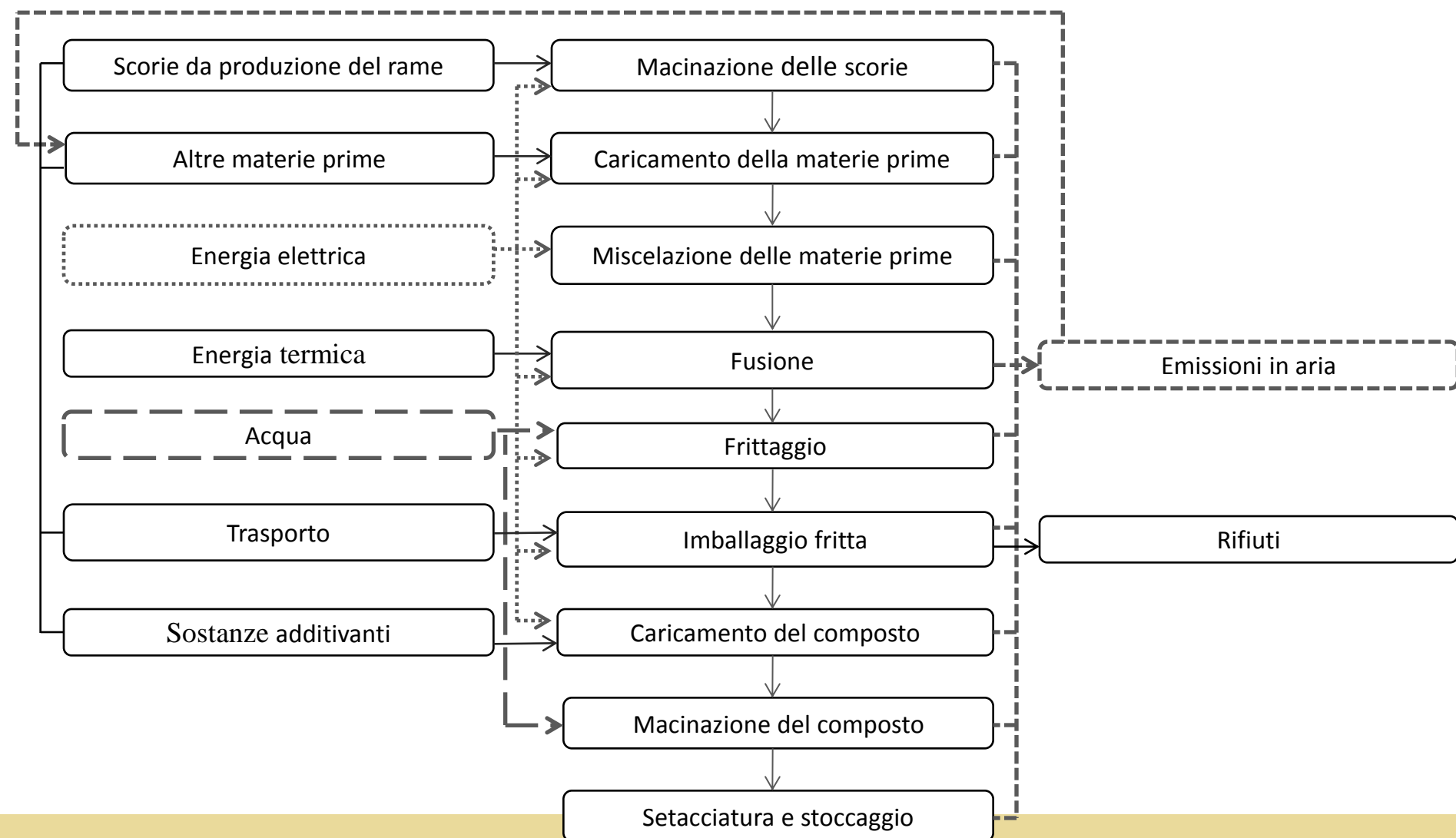
**Software:** SimaPro 7.3.3

**Metodo di valutazione:** Impact 2002+





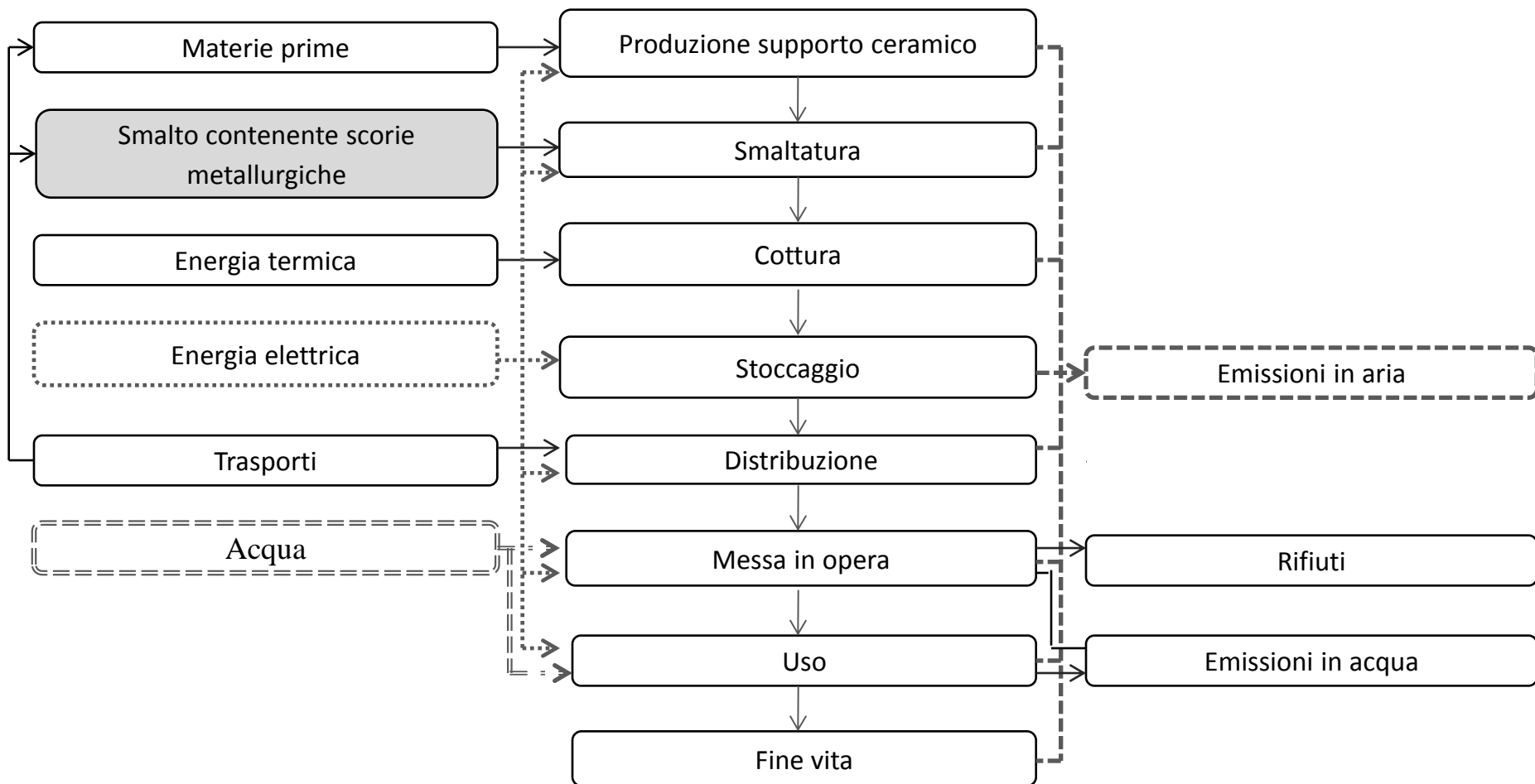
# Flow-chart del processo di produzione dello smalto





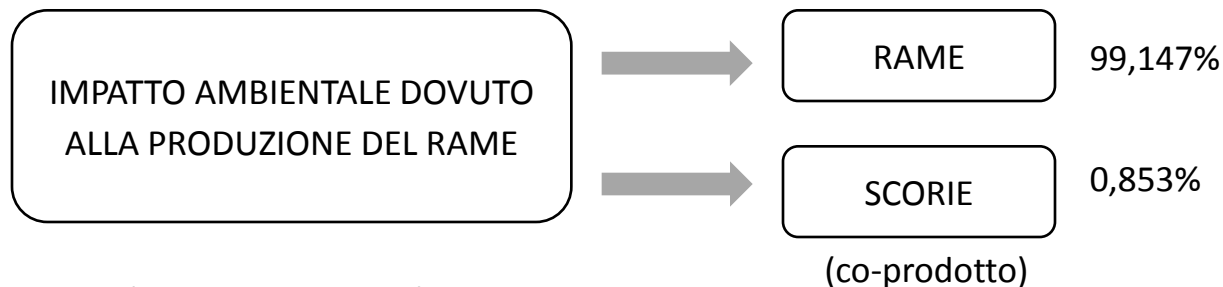


# Flow-chart relativo alla piastrella smaltata





## Allocazione economica delle scorie



1 ton di rame = 1,63 ton di scorie  
Prezzo del rame: 5305 €/ton  
Prezzo delle scorie: 28 €/ton

## Trasporto

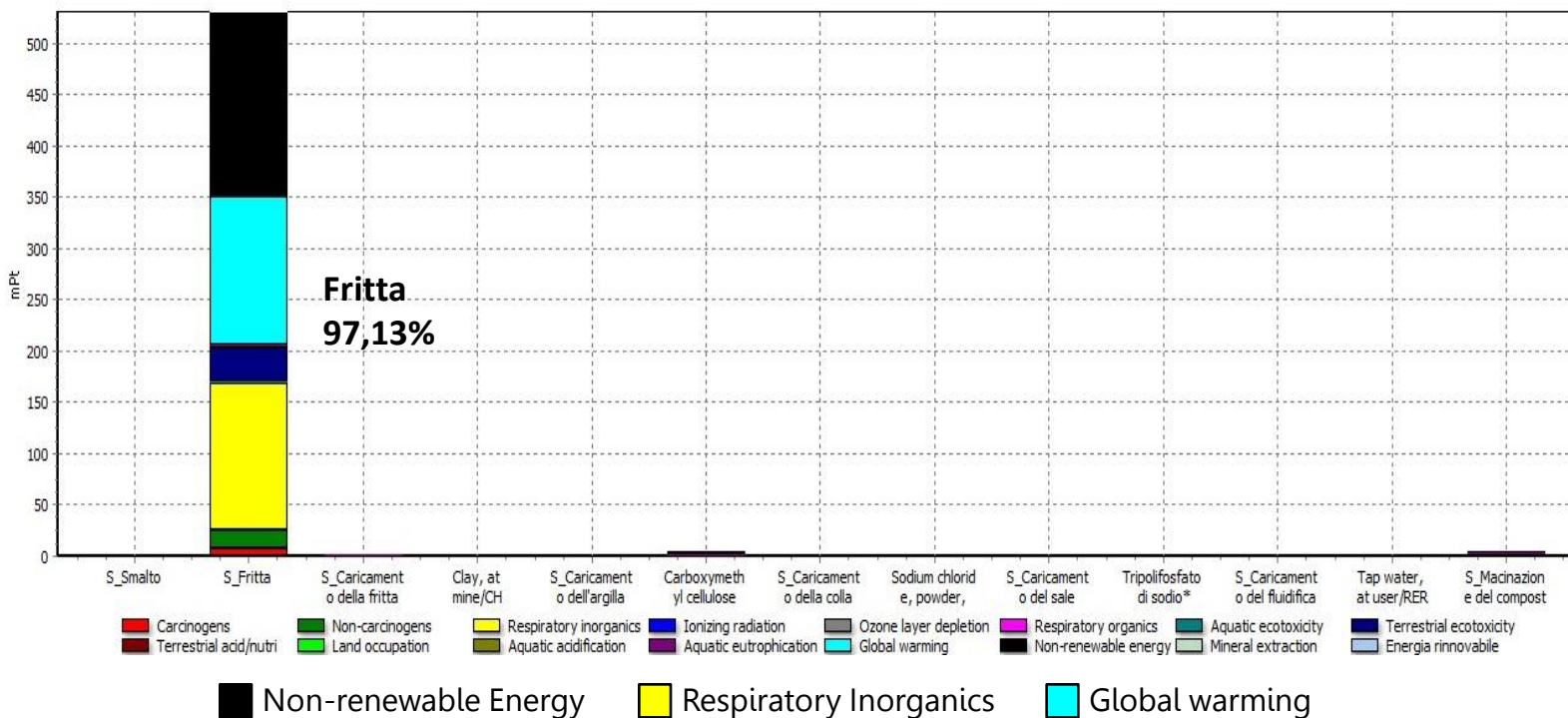
- Amburgo, Arubis AG - Produzione del rame



- Fiorano Modenese - Uso delle scorie del rame come materia prima seconda



## Smalto

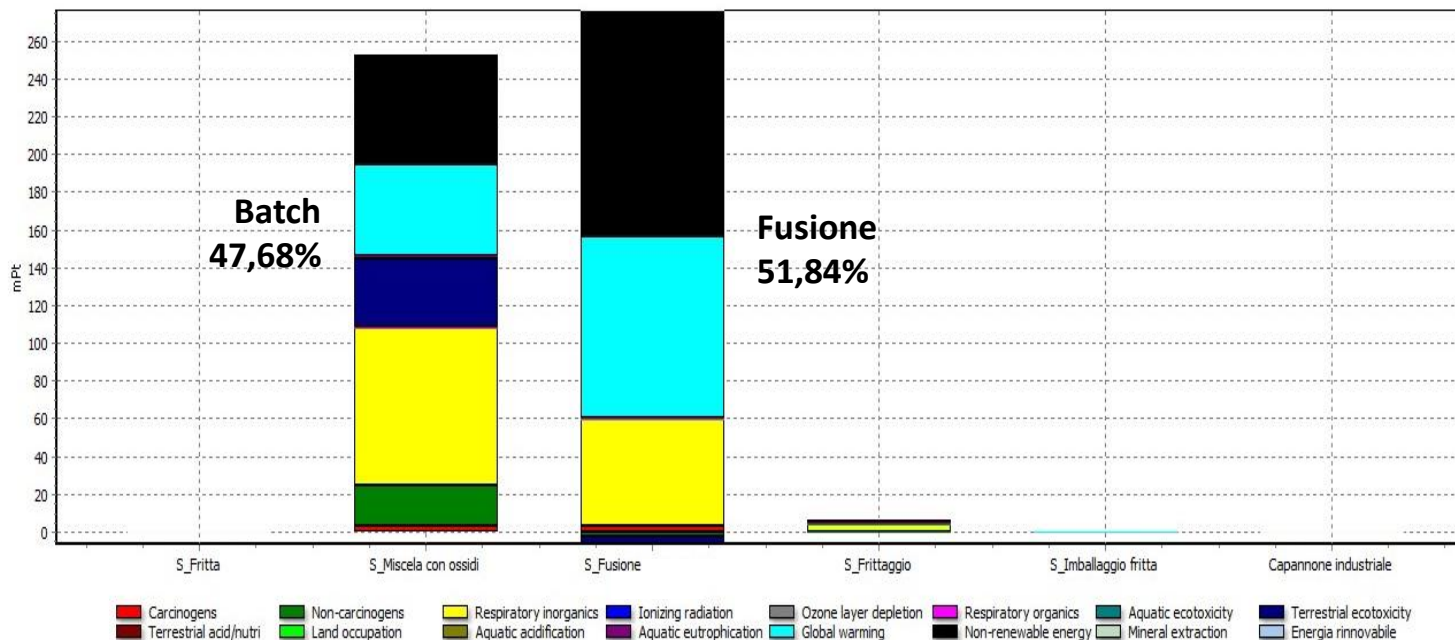


Valutazione di 1 ton di smalto. L'impatto totale vale 0,54669 Pt, ed è dovuto per il 97,13% alla produzione della fritta.

Inoltre il danno è dovuto per il 32,22% a Human Health, per il 6,96% a Ecosystem quality, per il 27,38% a Climate Change, per il 433,72% a Resources.



# Fritta



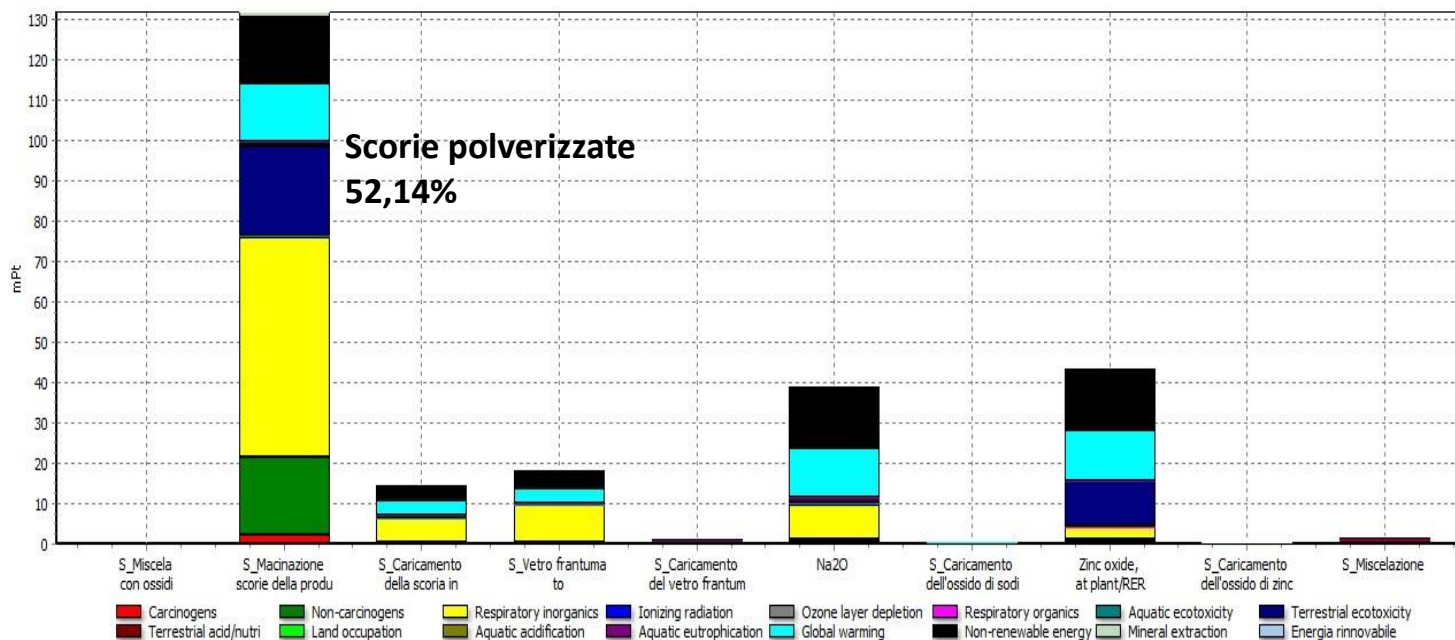
■ Non-renewable Energy   ■ Respiratory Inorganics   ■ Global warming   ■ Ionizing Radiation

Valutazione di 0,952 ton di fritta. L'impatto totale vale 0,53103 Pt, ed è dovuto per il 51,84% al processo di fusione e per il 47,68% al batch contenente le scorie.

Inoltre il danno è dovuto per il 31,95% a Human Health, per il 6,74% a Ecosystem quality, per il 27,44% a Climate change, per il 33,87% a Resources.



# Batch



■ Non-renewable Energy   ■ Respiratory Inorganics   ■ Global warming   ■ Ionizing Radiation

Valutazione di 1,095 ton di batch.

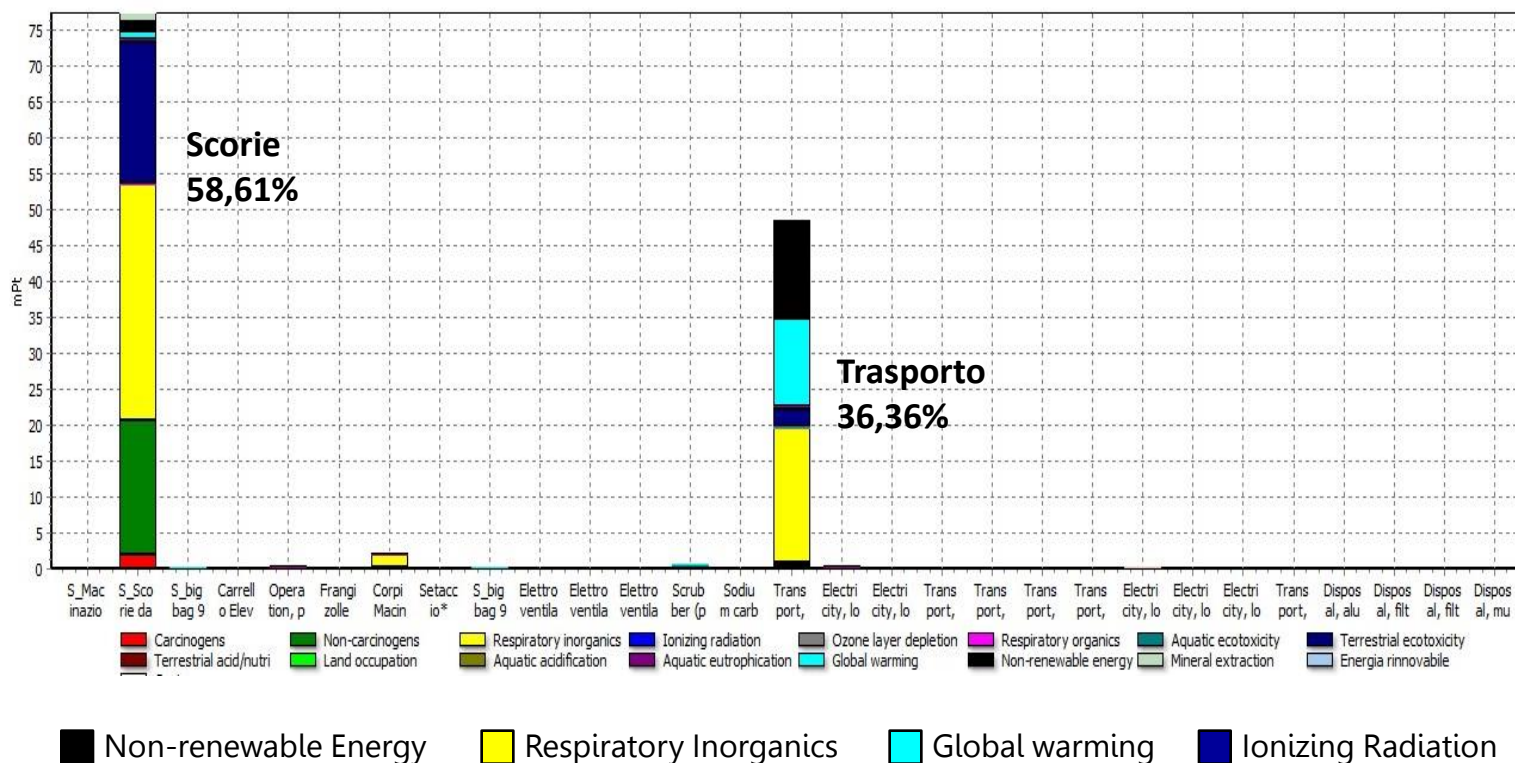
L'impatto totale vale 0,2532 Pt, ed è dovuto per il 52,14% al processo relativo alle scorie polverizzate.

Inoltre il danno è dovuto per il 42,7% a Human Health, per il 15,13% a Ecosystem quality, per il 18,92% a Climate change, per il 23,25% a Resources.





## Scorie polverizzate

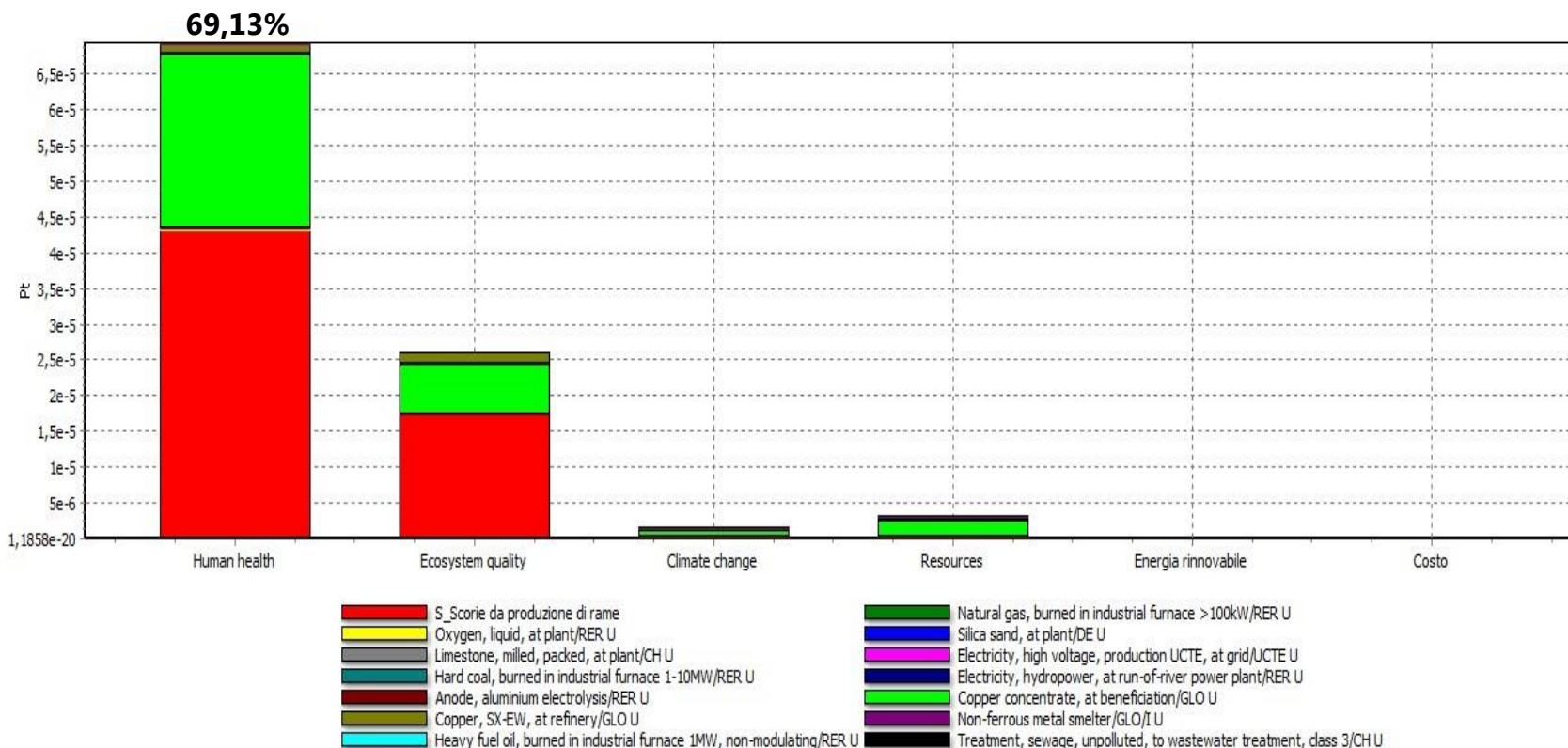


Valutazione di 0,774 ton di scorie polverizzate.

L'impatto totale vale 0,132 Pt, ed è dovuto per il 58,61% alle scorie della metallurgia del rame e per il 36,36% al loro trasporto da Amburgo a Fiorano Modenese (MO).



## Scorie polverizzate



Valutazione per categorie di danno di 1 ton di scorie polverizzate.

Il danno vale  $10,038E-5$  Pt, ed è dovuto per il 69,13% alla categoria di danno Human health.





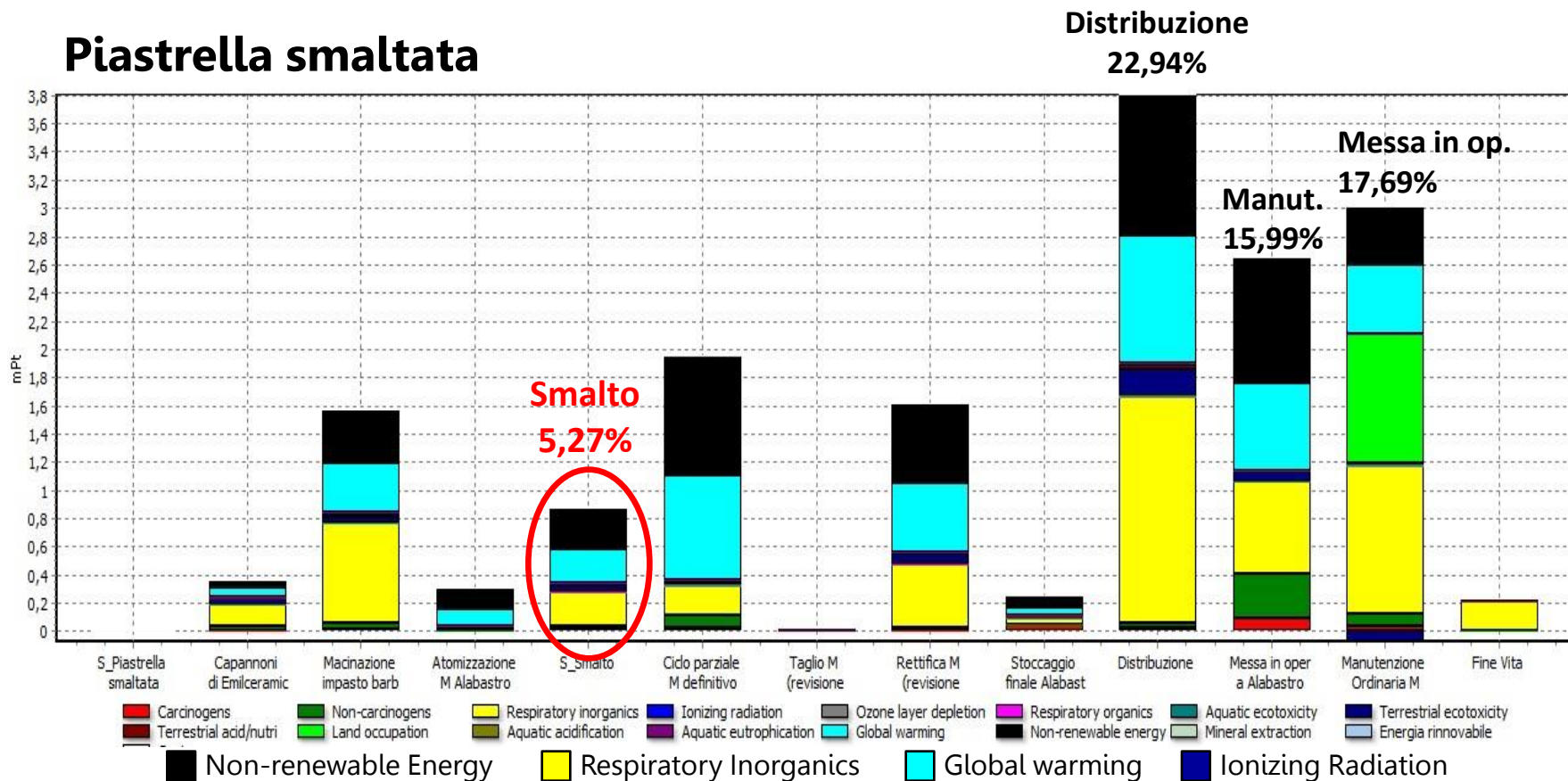
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total		Pt	6,939E-05
1	Arsenic	Air	Pt	2,576E-05
2	Sulfur dioxide	Air	Pt	1,713E-05
3	Particulates, < 2.5 um	Air	Pt	1,467E-05
4	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	Pt	6,638E-06
5	Nitrogen oxides	Air	Pt	3,38E-06
6	Ammonia	Air	Pt	5,246E-07
7	Cadmium	Air	Pt	3,832E-07
8	Particulates, > 10 um	Air	Pt	3,664E-07
9	Zinc	Air	Pt	1,346E-07
10	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	Air	Pt	7,594E-08

→ **Human health**

Prime 10 sostanze emesse durante il processo di produzione del rame, che contribuiscono al danno ambientale relativo alla categoria Human health.



# Piastrella smaltata

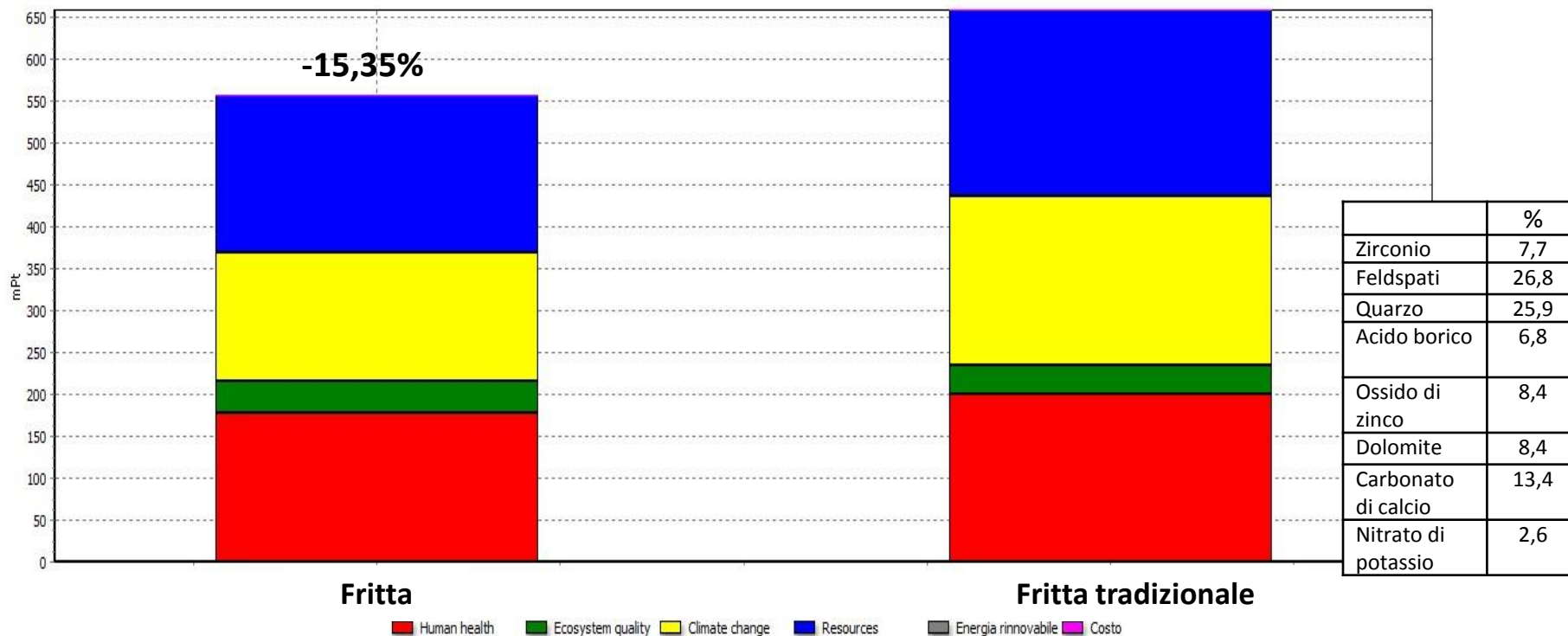


Valutazione per single score di 1 mq di piastrella smaltata.

L'impatto totale vale 0,0166 Pt. Sulla piastrella si suppone applicata una quantità di 0,4 kg di smalto, che produce il 5,27% del danno totale.



## Confronto con una fritta tradizionale

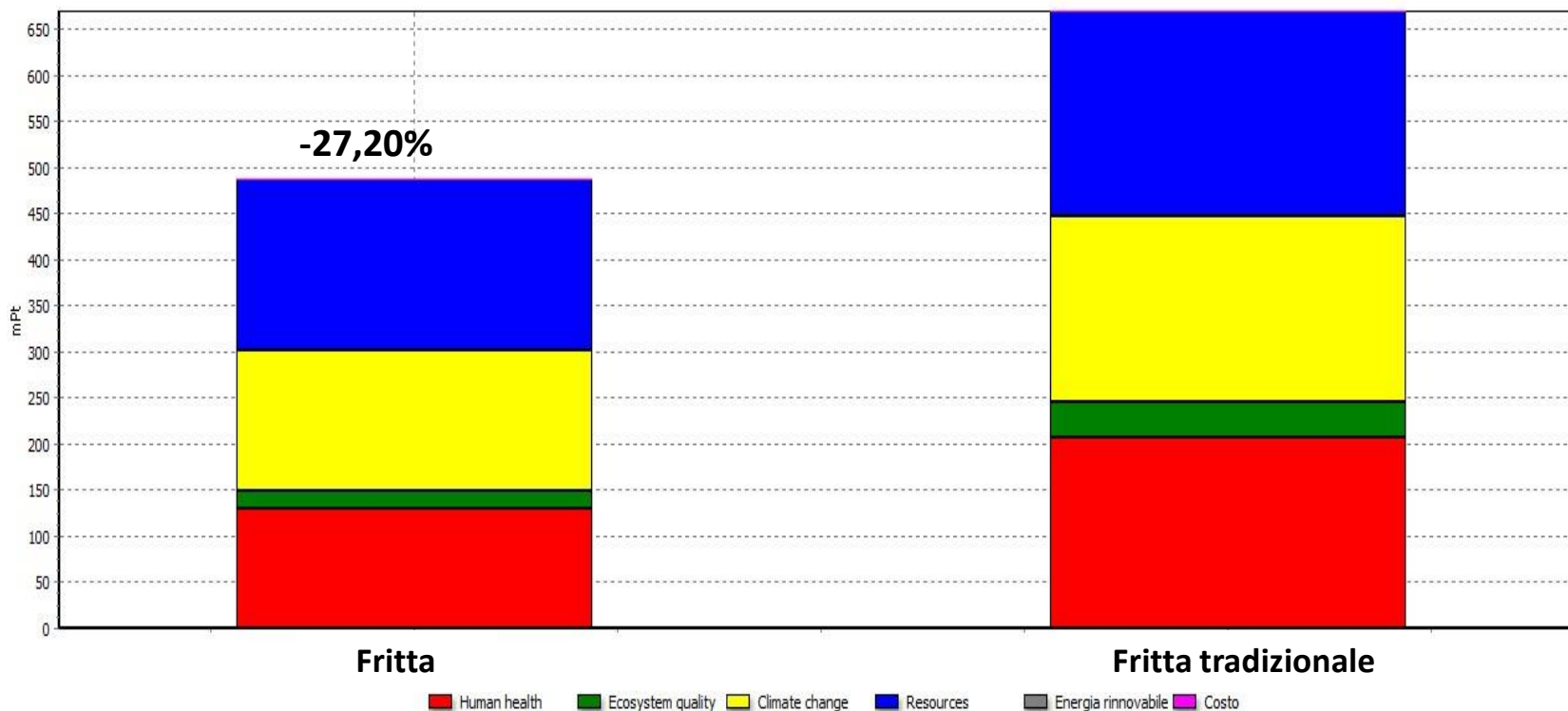


Confronto tra 1 ton di fritta contenente le scorie e 1 ton di fritta tradizionale.

Il danno prodotto dalla fritta contenente le scorie è minore del 15,35% rispetto a quello prodotto dalla fritta tradizionale.



## Confronto con una fritta tradizionale, considerando le scorie come rifiuto



Confronto tra 1 ton di fritta contenente le scorie considerate rifiuto e 1 ton di fritta tradizionale.

Il danno prodotto dalla fritta contenente le scorie è minore del 27,20% rispetto a quello prodotto dalla fritta tradizionale.



## Conclusioni

L'analisi ha evidenziato le fasi più impattanti del processo di produzione dello smalto: in particolare la produzione della fritta risulta il processo più gravoso a causa dell'energia necessaria alla fusione del batch e alle materie prime in esso contenute.

L'analisi relativa alle scorie contenute nel batch e l'analisi di sensibilità hanno messo in evidenza in quale misura l'utilizzo di una materia prima seconda contribuisca all'impatto ambientale quando venga considerata come co-prodotto.

L'utilizzo della materia prima seconda considerata per la produzione di uno smalto ceramico risulta vantaggioso da un punto di vista ambientale se confrontato con uno smalto di tipo tradizionale.

**VIII Convegno della Rete Italiana LCA - "I nuovi orizzonti del LCA, verso un approccio sistemico e integrato alla progettazione di prodotti, processi e servizi", Firenze il 19-20 giugno 2014**



Grazie per l'attenzione

[sara.mohaddes@unimore.it](mailto:sara.mohaddes@unimore.it)

[info-lca@unimore.it](mailto:info-lca@unimore.it)

[www.lcaworkinggroup.unimore.it](http://www.lcaworkinggroup.unimore.it)





# Inventario



## Inventario 1 ton di smalto

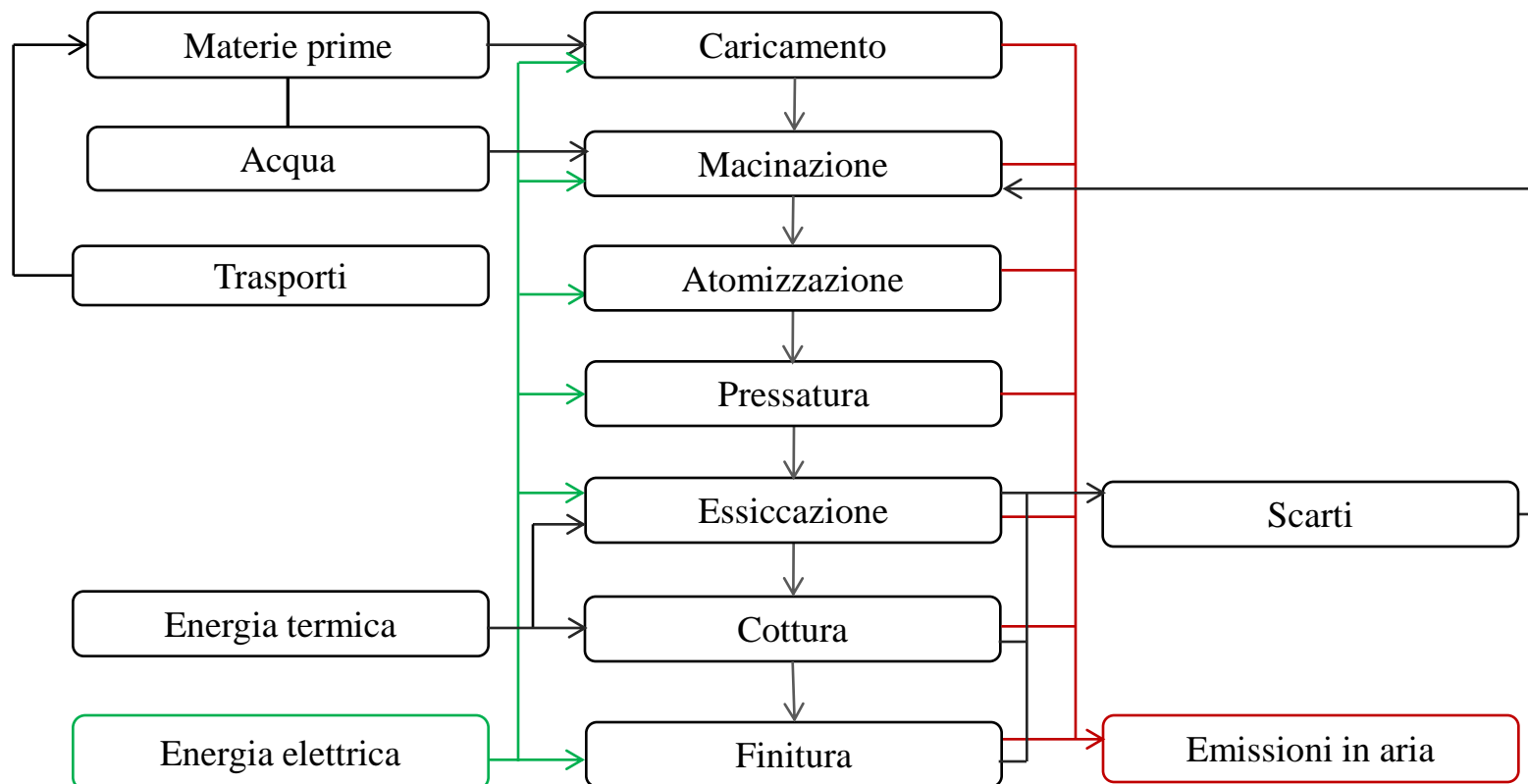
INPUT	Energia	En. Elettrica	32,9127	kWh
		En. Termica	14,5695	GJ
	Materieprime	Scorie del rame	0,7707	ton
		Vetro riciclato	0,2212	ton
		Ossido di sodio	0,0664	ton
		Ossido di zinco	0,0442	ton
		Argilla	0,0476	ton
		Colla	0,0040	ton
		Sale	0,0010	ton
		Fluidificante	0,0010	ton
		Acqua	1,4295	ton
		Trasporti	Materiali	1.100,2285
Impianti	5,1640		tkm	
OUTPUT	Emissions in air	Particolato < 2,5 um	436,9449	g
		Particolato > 2,5 um e <10 um	200,7994	g
		Particolato > 10 um	227,6789	g
		Ossidi	1,7224	mg
	Emissioni in acqua	Ferro	26,6734	mg
	Rifiuti	Smaltimento	21,4598	kg
		Recupero	0,1561	ton





# Flow-chart

## Flow chart produzione del supporto ceramico





- Dati primari
- Banche dati
- Riferimenti normativi:
  - Determinazione n°004606/1999 della Giunta Regionale Direzione Generale Ambiente della Regione Emilia Romagna
- Dati di letteratura:
  - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. EPA (United States Environmental Protection Agency), AP 42, Quinta edizione
  - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. JRC Reference Report. European Commission Joint Research Center, 2013

Calcolo delle emissioni:

Concentrazione, C (mg/m<sup>3</sup>)

Portata, Fr (m<sup>3</sup>/h)

Durata del processo, T (h)

$E = C \cdot Fr \cdot T = \text{mg}$



**DiSMI** Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria  
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

