

Germana Olivieri *, Paolo Neri** Annalisa Romani***

*Progetto Spinner c/o ENEA, Via Martiri di Montesole 4, 40129 Bologna, germana.olivieri@bologna.enea.it

**ENEA, Sezione Metodi di Progettazione Innovativi, Bologna, neri@bologna.enea.it

***Università di Firenze, Laboratorio di merceologia, Facoltà di Economia, annalisa.romani@unifi.it

INTRODUZIONE

L'alluminio è il metallo più usato nel mondo dopo l'acciaio e, per una straordinaria combinazione di proprietà merceologiche, ha una vastissima gamma di applicazioni in molteplici settori industriali. Questa ricerca ha per oggetto l'analisi ambientale ed economica dell'alluminio secondario. In particolare modo, si è voluto mettere in evidenza la caratteristica della sua totale riciclabilità che offre numerosi benefici sia per i consumatori sia per l'industria in termini di:

- 1) **Risparmio energetico** rispetto alla produzione di alluminio primario.
- 2) **Recupero di materia prima** riutilizzabile per altre produzioni, evitando il prelievo di risorse naturali non rinnovabili.
- 3) **Riduzione del quantitativo di rifiuti** immessi nelle discariche e dei conseguenti effetti nocivi per l'ambiente.
- 4) **Riduzione dell'estrazione di bauxite**, che è un prezioso contributo alla salvaguardia dei territori interessati alle escavazioni del minerale (per la maggior parte paesi in via di sviluppo), e alla diminuzione degli impatti socio-economici sulle relative popolazioni.
- 4) **Vantaggi economici complessivi per l'Italia**, in quanto primo produttore europeo di alluminio secondario, data la scarsità di miniere di bauxite e gli alti costi energetici.

L'analisi, inoltre, costituisce un esempio di valutazione economica e ambientale di un processo di produzione di una PMI interessata a fornire una corretta informazione ambientale alla collettività.

1. Goal Definition and Scoping

- OBBIETTIVO:** calcolo e valutazione del ambientale dovuto al riciclo dell'alluminio.
- FUNZIONE DEL SISTEMA:** riciclo dei rottami di alluminio.
- UNITA' FUNZIONALE:** 1 kg di rottame di alluminio.
- SISTEMA STUDIATO:** riciclo del rottame di alluminio eseguito dalla Ditta ICMET di Rubiera (RE): caso studio.
- PROCESSO DI RICICLO:** dalla raccolta del rottame alla fusione per ottenere semilavorati (waste treatment, *Recycling Aluminium Icmet*)

3. Life Cycle Impact Assessment

RISULTATI PRINCIPALI DELL'ANALISI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL WASTE TREATMENT RECYCLING ALUMINIUM ICMET:	
Costo tot. :	0,271 €
Costo evitato relativo alla nuova categoria d'impatto "HH sottosviluppo" :	-0,00526
GUADAGNI PIU' SIGNIFICATIVI nelle rispettive categorie d'impatto:	
HH SOTTOSV. :	-3,39E-6 DALY (che corrispondono a 1,78 minuti di vita guadagnati dal singolo cittadino della Guinea)
HH CLIMATE CHANGE :	-2,52E-5 DALY (aluminium raw bj evita l'emissione di 8,8 kg di CO ₂)
EQ ACID/EUTROPH. :	-0,296 PDF*m ² y (aluminium raw bj evita l'emissione 29,4 g di NO _x)
R FOSSIL FUELS :	-4,98 MJ Surplus (uso evitato di 1,5 kg di coal)
DANNI PIU' SIGNIFICATIVI nelle rispettive categorie d'impatto:	
HH Carcinogenics :	2,3E-8 DALY
HH Ozone layer :	4,64E-11 DALY
EQ Ecotoxicity :	0,0206 PDF*m ² y

4. Life Cycle Interpretation and Improvement: analisi di sensibilità

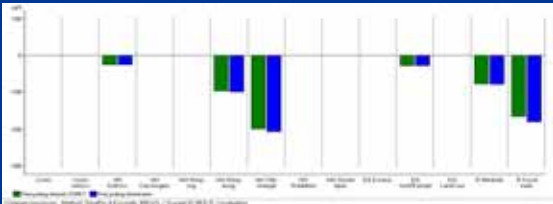


Fig.2: diagramma della valutazione del confronto *Recycling Aluminium ICMET* e *Recycling Aluminium del SimaPro 4.0*

Dall'analisi di valutazione risulta che il processo di riciclo della Icmet produce un guadagno pari a **-0,598 Pt** dovuto per il 95% all'avoided product (l'alluminio elettrolitico). (Fig.1)



Fig.1: diagramma della valutazione del waste treatment *Recycling Aluminium ICMET*

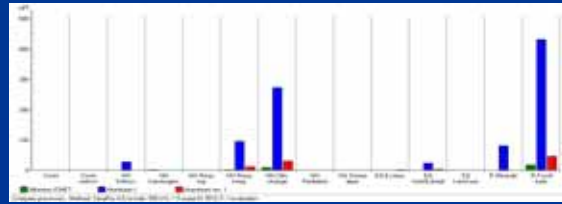


Fig.3: diagramma della valutazione del confronto *Recycling Aluminium ICMET* e *Recycling Aluminium con dati UE*

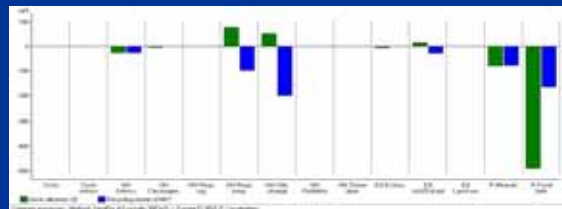


Fig.4: diagramma della valutazione del confronto *Recycling Aluminium ICMET*, *Recycling Aluminium* e *Alluminio primario*

METODI E STRUMENTI DI ANALISI

LIFE CYCLE ASSESSMENT

è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un prodotto, un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, il riuso, il riciclo, e lo smaltimento finale (SETAC, 1990).

ECO-INDICATOR 99 è un metodo che considera tre categorie di danno, cui sono associate le rispettive categorie d'impatto. Le categorie di danno sono Human Health, Ecosystem Quality e Resources; le categorie d'impatto, sono: HH Carcinogenics, HH Respiratory organics, HH Respiratory inorganics, HH Climate change, HH Radiation e HH Ozone layer misurate in DALY (Disability Adjusted Life Years); EQ Ecotoxicity, EQ Acidification/Eutrophication e EQ Land-use, misurate in PDF*m²y (Potentially Disappeared Fraction); R minerals e R Fossil fuels, misurate in MJ surplus, una volta che i dati dell'inventario sono stati suddivisi per categorie d'impatto ambientali e per i loro effetti potenziali, il metodo prevede per l'analisi lo svolgimento di tre fasi: la caratterizzazione, la normalizzazione e la valutazione.

SIMAPRO è un codice di calcolo sviluppato dalla società Pré Consultants B.V. (Olanda) per analizzare e quantificare (utilizzando il metodo degli Eco-indicator o altri metodi) gli impatti derivanti dall'intero ciclo di vita di un prodotto o di un processo. Esso è in grado di elaborare un'ingente quantità di dati (contenuti nella relativa banca dati) attinenti ai materiali utilizzati nei processi produttivi, alle modalità di trasporto delle merci, alle fonti energetiche, alle modalità di smaltimento, recupero o riciclaggio messe in opera al termine del ciclo di vita del prodotto stesso. Ciascuno di questi dati è strutturato in due settori dedicati rispettivamente agli input (materie prime, materiali, energie, trasporti) ed output (emissioni in aria, in acqua, nei suoli, rifiuti solidi, emissioni non materiali, consumo di materie prime). Nello studio si costruirà un waste treatment.

RISULTATI E DISCUSSIONE

2. Life Cycle Inventory Analysis

MODIFICHE AL METODO ECOINDICATOR 99:

ECOINDICATOR 99 **EWCS** =

- **EQUALITARY** (utilizzo prospettiva ugualitaria) +
- **COSTI** dell'attività produttiva + **CONSUMO DI ACQUA (WATER)** +
- **DANNO DELLA RIDUZIONE DELLA VITA MEDIA** di un cittadino dei paesi produttori di materia prima (NUOVA categoria d'impatto "HH SOTTOSVILUPPO") +
- **COSTI** relativi alla riduzione della vita media

Calcolo dei **FATTORI DI CARATTERIZZAZIONE** della nuova categoria d'impatto "HH SOTTOSVILUPPO"

Fc1: Pvs considerato=Guinea Conakry produttore del 15% della bauxite mondiale; esportatore del 90% $P(Guinea/mondo)=0,15$

Fc2: $A_{pvs}, A_p = 0,6 DALY/a^*ab$ (A_{pvs} = anni di vita persi e A_p = anni di vita medi del cittadino della Guinea).

Fc3: si suppone che gli anni di vita persi a causa degli impatti socio-economici attribuibili alla monoproduzione della bauxite siano il 2%; 0,02.

Fc tot. $[0,15 * (A_{pvs}/A_p) * 0,02] / Pop.$ proc. Guinea = DALY/kg,

Danni equivalenti a |-0,598 Pt|

- produzione di 0,6438 kg di alluminio primario
- automobile a benzina che percorre 36,4 km
- frigorifero da 250 l (che consuma 1 kWh/g) in funzione 11,5 giorni
- lavatrice da 1,5 kW (che consuma 2,5 kWh/ciclo) che effettua 4,5 cicli
- boiler di 80 l (che consuma 4,4 kWh per ciclo di riscaldamento a 60 °C) che produce 2,5 cicli di riscaldamento

CONCLUSIONI

Lo studio condotto sul LCA, valuta il danno ambientale ed economico prodotto dal processo di fusione del rottame di alluminio, ma allo stesso tempo considera anche i vantaggi ottenibili grazie al riciclo. Si attribuisce, così, un valore ad un prodotto (l'alluminio secondario) ottenuto da un "rifiuto" che diventa, pertanto, una risorsa economica ed evita un impatto ambientale, infatti si ha un risparmio energetico del 95% rispetto alla produzione elettrolitica e si evita l'utilizzo di una materia prima naturale e non rinnovabile. Tra i vantaggi calcolati relativi al riciclo, si sottolinea che i risultati che riguardano le due nuove categorie d'impatto costruite (HH sottosviluppo e costo sottosviluppo) costituiscono rispettivamente il 4,5% e il 1,9% del guadagno totale e del costo totale del processo di riciclo ICMET (azienda del caso studio); le analisi di sensibilità effettuate hanno dato una buona corrispondenza dei risultati tra il processo elaborato con i dati della ICMET e i processi contenuti nel *SimaPro 4.0* e *5.0* e con quello costruito con i dati dell'Unione Europea; infine, lo studio condotto dimostra l'apertura alla "comunicazione ambientale" di un'azienda italiana del settore del riciclo.

BIBLIOGRAFIA essenziale

- AI, Alluminio e leghe, Settembre 2001, Edimet.
- Barbiroli G., Focacci A., L'industria mondiale dell'alluminio, Trasformazioni tecnologiche e tendenze verso l'eco-compatibilità e l'efficienza, F. Angeli, Milano, 1999.
- Bilardo U., Mureddu G., Piga P., Geopolitica delle materie prime minerarie. Ministero degli affari esteri, Dipartimento per la cooperazione allo sviluppo, IPALMO, Istituto per le Relazioni tra l'Italia e i paesi dell'Africa, dell'America Latina e del Medio Oriente, F. Angeli, 1984.
- Calabro' G., Clasadonte M.T., Nuove tendenze nella concezione merceologica di prodotti eco-compatibili, XIX Congresso nazionale di merceologia, Sassari-Alghero, Settembre 2000, Vol.II.
- Curran M. A., Environmental Life Cycle Assessment, McGraw-Hill, 1996;
- Pré Consultants B.V. *SimaPro 4.0*. Plotterweg 12, 3821 BB, Amersfoort, 1999.
- The Eco-indicator 99, Methodology Report- Annex, Pré Consultants B.V., 5 October 1999.
- Thompson M., Ellis R., Widavsky, Westview, Cultural Theory, Print Boulder, 1990.
- World Metal Statistics, September, 1997, World Bureau of Metal Statistics.