



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ARCHIVIO ISTITUZIONALE DELLA RICERCA

Alma Mater Studiorum Università di Bologna Archivio istituzionale della ricerca

Urban mining: analisi delle riserve in uso e delle implicazioni ambientali associate al recupero di metalli essenziali nel settore energetico

This is the final peer-reviewed author's accepted manuscript (postprint) of the following publication:

Published Version:

Availability:

This version is available at: <https://hdl.handle.net/11585/597384> since: 2019-11-05

Published:

DOI: <http://doi.org/>

Terms of use:

Some rights reserved. The terms and conditions for the reuse of this version of the manuscript are specified in the publishing policy. For all terms of use and more information see the publisher's website.

This item was downloaded from IRIS Università di Bologna (<https://cris.unibo.it/>).
When citing, please refer to the published version.

(Article begins on next page)

**XVI CONGRESSO NAZIONALE DI
CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI**

***"Dall'emergenza alla salvaguardia:
la chimica per un nuovo modello di sviluppo"***

Lecce, 26-29 Giugno 2016

CONTRIBUTI SCIENTIFICI

SCADENZA 30 APRILE 2016

La lunghezza dei contributi dovrà essere al massimo di 2 pagine, figure e bibliografia comprese, formattato secondo il facsimile riportato nella pagina successiva, in lingua italiana o inglese.

Selezionare la SESSIONE di interesse (una per ogni contributo presentato):

- | | |
|--|-------------------------------------|
| Caratterizzazione e valutazione di fenomeni di contaminazione ambientale (acqua, aria, suolo, biota) | <input type="checkbox"/> |
| Tecnologie per la valorizzazione dei rifiuti: riduzione degli impatti ambientali | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Metodologie analitiche innovative per la diagnostica ambientale | <input type="checkbox"/> |
| Siti inquinati: caratterizzazione, analisi di rischio, contaminanti emergenti | <input type="checkbox"/> |
| Valutazione e gestione del rischio chimico: sostenibilità dei processi | <input type="checkbox"/> |
| Nanomateriali, Inquinamento indoor, Impatto odorigeno | <input type="checkbox"/> |
| La chimica dell'ambiente e i cambiamenti climatici | <input type="checkbox"/> |
| Tecniche analitiche non invasive e micro-invasive per la caratterizzazione materica dei beni culturali | <input type="checkbox"/> |
| Sviluppo e valutazione di materiali avanzati e metodi di conservazione | <input type="checkbox"/> |
| Monitoraggio ambientale e conservazione del patrimonio culturale | <input type="checkbox"/> |

Tipologia di intervento richiesto: orale poster

N.B. Il comitato si riserva di variare la preferenza espressa dagli autori, in considerazione di valutazioni scientifiche ed organizzative.

Urban mining: analisi delle riserve in uso e delle implicazioni ambientali associate al recupero di metalli essenziali nel settore energetico

Luca Ciacci¹ luca.ciacci5@unibo.it, Fabrizio Passarini²

¹Dipartimento di Chimica Industriale “Toso Montanari”, Università di Bologna, Bologna, 40136, Italia

²Centro di Ricerca Industriale “Energia e Ambiente”, Università di Bologna, Rimini, 47920 Italy

1. Introduzione

Il progresso tecnologico ha portato numerosi vantaggi e benefici all'uomo, spesso in forma di beni materiali. Una conseguenza inattesa di questo progresso è stato l'aumento significativo in termini di quantità e di complessità dei materiali impiegati nella società moderna, al punto che quasi l'intera tavola periodica degli elementi è utilizzata in qualche modo quotidianamente, vincolando la nostra dipendenza da molti metalli che sono scarsi in natura. La continua crescita della popolazione mondiale in termini di numero di abitanti e di benessere economico solleva interrogativi e preoccupazione riguardo la futura disponibilità di risorse e materiali.

Garantire l'accesso a materie prime è di particolare interesse per paesi dipendenti da importazioni come nel caso di molti stati della Comunità Europea. Di conseguenza, la Commissione Europea ha identificato una lista di materie prime di interesse strategico (Critical Raw Materials) sulla base del rischio di disponibilità e della loro importanza economica. [1] Alla luce delle problematiche relative all'impoverimento delle riserve naturali e della scarsità di forme primarie per la maggior parte dei metalli, [2-4] il recupero e riciclo delle riserve in uso assumerà sempre più un carattere fondamentale come mezzo per assicurarsi l'accesso a risorse essenziali per l'industria europea. Il riciclo delle riserve in uso ha uno altro significativo vantaggio: evitare il consumo di grandi quantità di energia che sarebbero necessari nella produzione primaria di metalli e della relativa emissione di gas climalteranti. Tuttavia, a causa di usi dissipativi e delle inefficienze nei processi a fine vita, [5-7] il recupero e riciclo di molti metalli è attualmente limitato, così che il potenziale miglioramento delle rese di riciclo è di importante considerazione.

Un approccio comprensivo (*nexus analysis*) è applicato per stimare il potenziale con cui le materie prime seconde possono sostituire materiali vergini e il grado a cui una tale azione possa ridurre i consumi energetici e mitigare le emissioni di carbonio dall'industria metallurgica. I quattro metalli selezionati sono rame, indio, europio e neodimio. Lo studio è parte integrante del progetto “QUMEC”, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito Marie-Sklodowska-Curie Actions - Individual Fellowship di Horizon 2020.

2. Risultati e discussione

Un modello di MFA (*Material Flow Analysis*) è applicato a ciascun metallo selezionato per determinare i potenziali attuali e futuri di riciclo, i risparmi energetici e la riduzione di emissioni di carbonio associate al riserve in uso in Europa (EU-28). I risultati preliminari attestano significativi potenziali di miglioramento per il recupero dei metalli selezionati. Il rame è uno dei maggiori metalli di importanza globale ed impiegato principalmente nella distribuzione elettrica. Le rese di recupero a fine vita sono intorno al 50-60%. Il rame ha un rischio di disponibilità (domanda-offerta) inferiore ad altri metalli, ma l'ampio uso in tecnologia e l'importanza economica associata possono essere negativamente influenzati dalla vulnerabilità dell'Europa a restrizioni legate all'offerta del metallo e dalla scarsa disponibilità di potenziali materiali sostitutivi. L'analisi approfondita di flussi e riserve di rame permetterà di indagare problematiche associate al miglioramento di un metallo recuperato con buone efficienze ma lontano da un recupero “perfetto”. L'indio è un metallo geologicamente

scarso, disponibile solo come sotto-prodotto di maggiori metalli (ad esempio, zinco e piombo). È un metallo fondamentale per l'industria elettronica, dove è principalmente impiegato nei display di nuova generazione. Le rese attuali di recupero sono <1%. I risultati permetteranno di analizzare le problematiche associate a processi di raccolta e trattamento a fine vita dei rifiuti. Il neodimio è una delle terre rare maggiormente impiegate nella produzione di magneti permanenti usati per la creazione di turbine eoliche e veicoli ibridi. Le scarse efficienze di recupero a fine vita per questo metallo forniranno indicazioni a supporto di procedure di *ecodesign*, futuri sistemi energetici a bassa emissione di carbonio e di sviluppo di tecnologie di riciclo. L'eurobio è il principale componente nella produzione dei fosfori nel settore dell'illuminazione ad alta efficienza. Le rese di recupero <1% richiedono il superamento di problematiche associate ai futuri sistemi di illuminazione e *display technology*.

3. Conclusione

I metalli considerati sono componenti essenziali nel settore energetico, pertanto l'analisi permetterà di determinare le implicazioni di rame, indio, neodimio ed eurobio da una prospettiva di *nexus analysis*. In particolare, i risultati dello studio potranno essere impiegati come base per derivare (i) il potenziale impatto del riciclo sulla disponibilità futura di materie prime seconde per sistemi energetici sostenibili, e (ii) il potenziale impatto di risparmi energetici e riduzione delle emissioni di carbonio associate al riciclo dei metalli.

Bibliografia

- [1] **European Commission**, *Critical Raw Materials*. In: http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical/index_en.htm.
- [2] **S. Northey, S. Mohr, G.M. Mudd, Z. Weng, D. Giurco** (2014) Modelling future copper ore grade decline based on a detailed assessment of copper resources and mining. *Resour Conserv Recy*, 83: 190-201.
- [3] **M.D.M. Vieira, M.J. Goedkoop, P. Storm, M.A.J. Huijbregts** (2012) Ore Grade Decrease As Life Cycle Impact Indicator for Metal Scarcity: The Case of Copper. *Environ Sci Technol*, 46(23): 12772-12778.
- [4] **T.E. Graedel, E.M. Harper, N.T. Nassar, P. Nuss, B.K. Reck** (2015) Criticality of metals and metalloids. *PNAS*, 112: 4257-4262.
- [5] **L. Ciacci, B.K. Reck, N.T. Nassar, T.E. Graedel** (2015) Lost by Design. *Environ Sci Technol*, 49: 9443-9451.
- [6] **B.K. Reck, T.E. Graedel** (2012) Challenges in metal recycling. *Science*, 337: 690-695.
- [7] **M Reuter, A. van Schaik** (2008) Thermodynamic metrics for measuring the “sustainability” of design for recycling. *JOM*, 60(8): 39-46.