

## **Titolo: Separazione e riciclo di metalli in rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche**

### **Progetto di Ricerca:**

Il progetto, da svolgersi presso la sede di Rimini, ha come obiettivo la messa a punto di processi chimici per la valorizzazione di rifiuti contenenti metalli rari o preziosi, attualmente non recuperati per ragioni di ordine tecnico ed economico.

È noto come lo sviluppo tecnologico ha portato ad un utilizzo sempre più diffuso di elementi di transizione e lantanoidi, rivelatisi particolarmente efficaci nella realizzazione di magneti permanenti, superconduttori, catalizzatori per l'industria chimica, batterie ricaricabili, ecc.<sup>1</sup>. In certi casi, la concentrazione di alcuni elementi all'interno dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche è inferiore a quella delle riserve minerarie, il che scoraggia operazioni di recupero, tecnologicamente complesse ed economicamente dispendiose<sup>2</sup>. In altri casi, pur essendo metalli di largo consumo, come il rame, il loro basso tasso di riciclo desta serie preoccupazioni riguardo alle disponibilità future, a livello nazionale ed europeo<sup>3</sup>.

Il recupero e la valorizzazione di rifiuti contenenti materiali metallici è già stata oggetto di ricerche pregresse all'interno del Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", con un focus particolare sui rifiuti dell'industria automobilistica, un settore di estremo interesse, per volumi e per molteplicità di materiali recuperabili<sup>4,5</sup>. Altri studi sono stati effettuati sulla caratterizzazione chimica volta al recupero di batterie ricaricabili a fine vita<sup>6</sup> e di scorie da incenerimento di rifiuti<sup>7</sup>.

Il lavoro di ricerca sarà quindi dedicato alla messa a punto di tecniche per la caratterizzazione dei rifiuti o sottoprodotti contenenti metalli, l'identificazione, la separazione e la purificazione degli elementi o dei composti di interesse. Al lavoro di laboratorio verrà affiancato una valutazione del ciclo di vita dei processi di recupero messi a punto, al fine di verificarne la sostenibilità complessiva.

### **Piano di Attività:**

Il/la ricercatore/ricercatrice si occuperà in una prima fase di studiare lo scenario attuale di riciclo di metalli di valore in prodotti a fine vita, per i quali si stanno sperimentando nuove vie di separazione e recupero. Quindi si occuperà dello studio di nuove vie di valorizzazione, in linea con il concetto di economia circolare, nell'ottica di valutare la fattibilità ed i miglioramenti ottenibili rispetto alla situazione attuale.

La persona identificata verrà coinvolta in progetti di collaborazione nazionali ed internazionali con istituti di ricerca nazionali ed europei.

Si vuole formare una figura professionale che possa interagire con ricercatori di varie discipline scientifiche al fine di promuovere collaborazioni di ricerca negli studi di sostenibilità ambientale.

La Formazione prevedrà la partecipazione attiva a Conferenze, Congressi, Scuole di approfondimento a livello nazionale ed internazionale e per gli argomenti di pertinenza del progetto stesso.

---

<sup>1</sup> Luca Ciacci, Ivano Vassura, Zhi Cao, Gang Liu, Fabrizio Passarini, *Recovering the "new twin": Analysis of secondary neodymium sources and recycling potentials in Europe*, Resources, Conservation & Recycling 142 (2019) 143–152

<sup>2</sup> Luca Ciacci, Tim T. Werner, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, *Backlighting the European Indium Recycling Potentials*, Journal of Industrial Ecology 23 (2018) 426–437.

<sup>3</sup> Luca Ciacci, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, *Urban Mines of Copper: Size and Potential for Recycling in the EU*, Resources 6 (2017) 6.

<sup>4</sup> Fabrizio Passarini, Luca Ciacci, Alessandro Santini, Ivano Vassura, Luciano Morselli, *Aluminium flows in vehicles: Enhancing the recovery at end-of-life*, Journal of Material Cycles and Waste Management 16 (2014) 39–45.

<sup>5</sup> Alessandro Santini, Fabrizio Passarini, Ivano Vassura, David Serrano, Javier Dufour, Luciano Morselli, *Auto shredder residue recycling: Mechanical separation and pyrolysis*, Waste Management 32 (2012) 852–858.

<sup>6</sup> Ivano Vassura, Luciano Morselli, Elena Bernardi, Fabrizio Passarini, *Chemical characterisation of spent rechargeable batteries*, Waste Management 29 (2009) 2332–2335.

<sup>7</sup> Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, Elena Bernardi, Luciano Morselli, *Study of bottom ash recovery by means of aging and mechanical sorting processes*, Environmental Engineering and Management Journal, 14 (2015), 2293–2302.

## **Title: Separation and recycling of metals in waste of electric and electronic equipment**

### **Research project**

The project, to be carried out at the Rimini Campus, has the aim of setting up chemical processes for the valorisation of waste containing rare or precious metals, presently not recovered for technical or economic reasons.

It is known that the technological development has led to an ever increasing use of transition and lanthanoid elements, which have turned out to be particularly efficient in the realization of permanent magnets, superconductors, catalysts for chemical industry, rechargeable batteries, etc.<sup>8</sup>. Sometimes, the concentration of some elements in electric and electronic equipment is lower than that of mineral reserves, which discourages recovery operations, technologically complex and costly<sup>9</sup>. In other cases, even for largely used metals, as copper, their low recycling rate causes serious concerns about the future availability, at a national and European scale<sup>10</sup>.

The recovery and valorisation of waste containing metallic materials has already been at the centre of previous research in the Department of Industrial Chemistry "Toso Montanari", with a particular focus on waste of automobile industry, which represents a sector of very high interest, for the volumes involved and the multiplicity of recoverable materials<sup>11,12</sup>. Other studies have been carried out on the chemical characterisation aimed at the recovery of end-of-life rechargeable batteries<sup>13</sup> and bottom ash from waste incineration<sup>14</sup>.

The research work will then be devoted to the development of techniques for the characterisation of metal containing waste or by-products, the identification, the separation and the separation of elements or compounds of interest. Besides the lab work, a life cycle assessment of recovery processes developed will be performed, to verify the overall sustainability.

### **Activities**

The researcher will study, in a first phase, a reference scenario related to the present technologies of recycling of valuable metals from end-of-life products, for which new separation and recovery routes are under development. Then, a study will be carried out on different future ways of valorization, in line with the circular economy concept, in a view of evaluating their feasibility and possible improvements compared to the present situation.

The researcher will be involved in different collaboration projects, both national and international, with various Italian and foreign research institutions.

It is intended to form a professional profile able to interact with other researchers of different scientific disciplines, to foster research collaboration in environmental sustainability studies.

Formation will be completed with an active participation to Conferences, Congresses, Schools at national and international level, concerning the topics related to this project.

---

<sup>8</sup> Luca Ciacci, Ivano Vassura, Zhi Cao, Gang Liu, Fabrizio Passarini, *Recovering the "new twin": Analysis of secondary neodymium sources and recycling potentials in Europe*, *Resources, Conservation & Recycling* 142 (2019) 143–152

<sup>9</sup> Luca Ciacci, Tim T. Werner, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, *Backlighting the European Indium Recycling Potentials*, *Journal of Industrial Ecology* 23 (2018) 426–437.

<sup>10</sup> Luca Ciacci, Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, *Urban Mines of Copper: Size and Potential for Recycling in the EU*, *Resources* 6 (2017) 6.

<sup>11</sup> Fabrizio Passarini, Luca Ciacci, Alessandro Santini, Ivano Vassura, Luciano Morselli, *Aluminium flows in vehicles: Enhancing the recovery at end-of-life*, *Journal of Material Cycles and Waste Management* 16 (2014) 39–45.

<sup>12</sup> Alessandro Santini, Fabrizio Passarini, Ivano Vassura, David Serrano, Javier Dufour, Luciano Morselli, *Auto shredder residue recycling: Mechanical separation and pyrolysis*, *Waste Management* 32 (2012) 852–858.

<sup>13</sup> Ivano Vassura, Luciano Morselli, Elena Bernardi, Fabrizio Passarini, *Chemical characterisation of spent rechargeable batteries*, *Waste Management* 29 (2009) 2332–2335.

<sup>14</sup> Ivano Vassura, Fabrizio Passarini, Elena Bernardi, Luciano Morselli, *Study of bottom ash recovery by means of aging and mechanical sorting processes*, *Environmental Engineering and Management Journal*, 14 (2015), 2293–2302.