

# **Prospettive di recupero dei materiali contenuti nei LED arrivati alla fine del loro ciclo di vita**

Tipologia tesi: **tesi sperimentale**

Sessione di laurea: **30 Luglio 2015**

Tipo di laurea: **laurea triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**

Candidata: **Concetta Rao**

Matricola: **1467601**

E-mail: **concetta.rao92@gmail.com**

Relatore:

**Prof. Luigi Piga**

Correlatori

**Dott. Danilo Fontana**



**Dott.ssa Maurianne Flore Azeumo**

Settore disciplinare del relatore: **Ingegneria delle materie prime**

## Riassunto

Negli ultimi anni, in Italia, sono stati fatti notevoli progressi nell'ambito della raccolta e gestione dei rifiuti, attraverso l'introduzione della raccolta differenziata e la creazione di nuovi centri di raccolta, dedicati specialmente ai RAEE, Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, che comprendono tutti i dispositivi alimentati ad energia elettrica. All'interno dei RAEE, si è visto il moltiplicarsi di nuovi apparecchi che sfruttano la tecnologia dei LED (Light Emitting Diode), basata su un diodo allo stato solido, che consente il passaggio di corrente in una sola direzione e l'emissione di luce monocromatica di diversi colori (la luce bianca si ottiene attraverso l'unione di LED monocromatici o l'uso dei fosfori sui LED ad emissione di radiazione blu e UV). Questi dispositivi trovano grande applicazione nell'illuminotecnica, dove le lampade a LED costituiscono una valida alternativa all'illuminazione tradizionale (lampade a incandescenza e a fluorescenza); ne esistono diversi tipi, distinguibili per modello, attacco, flusso luminoso, potenza, efficienza, temperatura e colore, tutte raccolte nel raggruppamento R5 dei RAEE.

In particolare i LED sono divisi in tre grandi famiglie:

- LED THT (Through Hole Technology), che sono i più piccoli esistenti;
- LED SMD (Surface Mounted Device), che si presentano come un minuscolo box;
- Power LED, che sono caratterizzati da potenze maggiori.

Per quanto riguarda la valorizzazione e il riutilizzo dei materiali in essi contenuti, non esistono molte informazioni in letteratura; i LED non hanno finora un processo di trattamento loro dedicato, poiché, ad oggi, le quantità pervenute agli impianti di smaltimento risultano molto esigue e non si è ancora sentita l'esigenza economica del loro recupero. Tuttavia, data la loro elevata efficienza energetica, diversi studi prevedono un aumento dell'uso della tecnologia LED e quindi un incremento della produzione dei rifiuti da loro derivanti.

Il lavoro sperimentale, svolto prevalentemente nel laboratorio Tecnologie per la gestione integrata dei rifiuti, reflui e materie prime/secondarie (SSPT-USER-R4R) presso il centro di ricerca ENEA Casaccia, ha avuto lo scopo di caratterizzare alcune lampadine contenenti LED ed alcuni LED, ad emissione di luce bianca, acquistati sul mercato, per valutare la possibilità di recuperare i materiali costituenti ed individuare le modalità di un processo di recupero alla fine del loro ciclo di vita. È stata eseguita un'analisi merceologica su tre tipi di lampadine, prelevate nelle isole ecologiche dei comuni di Anguillara e Bracciano, ognuna contenente una diversa tipologia di LED ed è emerso che sono costituite prevalentemente da plastica, metalli e vetro (dove presente), mentre solo una

piccola frazione è dovuta ai LED; quest'ultimi sono composti a loro volta da plastica e metallo, per cui, ai fini di un processo di smaltimento, sarà necessario recuperare anche i materiali in essi contenuti. Lo studio effettuato sulle tre tipologie di LED (LED THT, LED SMD e Power LED) ha avuto come obiettivo la caratterizzazione e il recupero dei materiali in essi contenuti e si è svolto nelle seguenti quattro fasi:

1. Separazione meccanica dei materiali;
2. Studio della plastiche:
  - Caratterizzazione della plastica, con IR e Termoanalisi (TGA e DSC);
  - Prove con solventi organici (acetone  $C_3H_6O$ , limonene  $C_{10}H_{16}$ , acetato di etile  $C_4H_8O_2$ , cherosene  $C_{12}H_{26}$ , esano  $C_6H_{14}$  e bromoformio  $CHBr_3$ );
3. Caratterizzazione dei metalli:
  - Lisciviazioni con acidi minerali ( $HNO_3$  al 30%, Acqua regia, HCl al 37% ,  $H_2SO_4$  al 50% tra cui l'attacco con l'acido nitrico ha riportato i risultati migliori);
  - Analisi delle soluzioni ottenute tramite spettroscopia MP-AES ed elaborazione ed valutazione dei risultati;
4. Pirolisi:
  - Eseguita alla temperatura determinata dalle termoanalisi;
  - Analisi dei gas (ottenuti dalla pirolisi) al gascromatografo.

La caratterizzazione ha consentito di pervenire ai seguenti risultati:

- i LED THT risultano costituiti per l'82% da plastica (resina epossidica) e il 18% da metalli (soprattutto ferro ed una piccola percentuale di rame);
- i LED SMD sono caratterizzati da una composizione per il 48% di metalli (significative percentuali di rame e zinco) ed il restante 52% di plastica;
- i Power LED presentano un'elevata percentuale di metalli, 82% (soprattutto rame ed un piccola parte di zinco), il 17% di plastica e l'1% di fosfori (cupolette gialle di fosfori estratte dal LED per separazione meccanica).

Sulla base dei risultati ottenuti si ipotizza un processo di valorizzazione dei materiali contenuti nei LED, in cui si propone di sottoporre tali dispositivi ad una pirolisi seguita da una lisciviazione con  $HNO_3$  al 30% della frazione metallica ottenuta.

Tale processo, integrato con le consolidate modalità di recupero degli elementi tipici tradizionali (plastiche, vetro, metalli), rappresenta una strategia di valorizzazione dei materiali in matrici complesse ed eterogenee come le lampade a LED, che può completare così il ciclo di recupero.