



Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE): la gestione del fine vita e la valorizzazione dei materiali

Le nuove tipologie di apparecchiature immesse sul mercato e gli obiettivi di recupero stabiliti dalla Direttiva europea comportano una modifica nelle tecnologie di trattamento dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), e hanno fatto nascere tecniche di nuova generazione, mirate a recuperare sostanze di valore o critiche. In Italia attori del settore hanno intrapreso sperimentazioni in tal senso, con tecnologie e obiettivi di recupero specifici

■ Sara Mussetta

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da una rapidissima evoluzione della tecnologia: ogni momento del quotidiano è interessato dalla presenza di apparecchiature elettroniche e ciò ha spinto il mercato tecnologico a progettare nuovi modelli di apparecchiature, con funzioni e proprietà in continuo mutamento. L'innovazione dei prodotti parte dalla loro ideazione, dal design, dai materiali e dalle forme: le evoluzioni del settore non si limitano però alla sola progettazione e al funzionamento delle apparecchiature, ma riguardano anche il loro fine vita.

Il settore del trattamento dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) sta vivendo un momento di profondo cambiamento: l'evoluzione tecnologica e lo sviluppo di nuovi apparecchi

immessi sul mercato comporta necessariamente una revisione delle lavorazioni sino ad ora realizzate e delle modifiche sulla gestione del fine vita delle apparecchiature. Difatti, accanto alle modifiche tecnologiche che possano consentire il corretto trattamento di apparecchiature immesse da pochi anni sul mercato (si pensi ad esempio all'evoluzione del mercato dell'IT e delle piccole apparecchiature elettroniche), si utilizzano nuovi materiali e componenti per i quali il recupero non è stato preventivamente previsto e normato. Ciò richiede un'integrazione delle metodologie di trattamento sino ad oggi utilizzate e una riflessione sulle nuove metodologie di raccolta e gestione di questa particolare tipologia di rifiuto.

Il contesto europeo

L'ottimizzazione nel recupero dei RAEE è un tema di profondo interesse anche in Europa: la Direttiva 2012/19/UE del 4 luglio 2012 sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche mira a contribuire all'uso efficiente delle risorse e al recupero di materie prime secondarie di valore, attraverso un corretto riutilizzo, riciclaggio e trattamento di tali rifiuti.

La Direttiva affronta esplicitamente l'importanza di un trattamento adeguato dei RAEE (articolo 8) e stabilisce obiettivi di recupero minimi per le diverse categorie individuate (allegato V), con target crescenti

■ Sara Mussetta
Centro di Coordinamento RAEE

secondo scadenze temporali ben definite, come indicato nelle Tabelle 1, 2 e 3.

Le innovazioni nel trattamento: le realtà italiane

Ad oggi, un corretto trattamento dei RAEE consente di separare e confinare le sostanze pericolose presenti all'interno delle diverse apparecchiature e di dividere successivamente le componenti che potranno essere riciclate: vetro, plastiche e metalli. Processi di raffinazione successivi permettono una specializzazione più spinta nella separazione dei metalli, così da valorizzare al meglio le diverse tipologie: gli output degli impianti di trattamento sono pertanto flussi di ferro, rame, acciaio e alluminio. Se la normativa ha previsto, da un lato, l'eliminazione di alcune sostanze pericolose per l'uomo e l'ambiente dalla produzione delle apparecchiature (Direttiva 2011/65/CE "Rohs" - Restriction of Hazardous Substances Directive), nei prodotti High Tech di nuova generazione si fa uso di sostanze che, per le proprietà intrinseche e per le caratteristiche di valore e scarsa disponibilità, rendono importante sviluppare strategie finalizzate al loro recupero, attraverso processi innovativi e sostenibili. Per tale motivo, e per ottemperare a quanto richiesto dai nuovi obiettivi di recupero europei, il trattamento delle apparecchiature deve spingersi oltre a quanto realizzato sinora. Si riscontra pertanto una importante modifica delle tecnologie utilizzate, che sta evolvendo in la-

| | Recupero | Riciclaggio |
|--|----------|-------------|
| Categorie 1 o 10 dell'allegato I 1: Grandi elettrodomestici; 10: Distributori automatici | 80% | 75% |
| Categorie 3 o 4 dell'allegato I 3: Apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni 4: Apparecchiature di consumo e pannelli fotovoltaici | 75% | 65% |
| Categorie 2, 5, 6, 7, 8 o 9 dell'allegato I 2: Piccoli elettrodomestici 5: Apparecchiature di illuminazione 6: Strumenti elettrici ed elettronici 7: Giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport 8: Dispositivi medici 9: Strumenti di monitoraggio e di controllo | 70% | 50% |
| Lampade a scarica | | 80% |

TABELLA 1 Obiettivi minimi applicabili per categoria dal 13 agosto 2012 fino al 14 agosto 2015

| | Recupero | Preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio |
|--|----------|---|
| Categorie 1 o 10 dell'allegato I 1: Grandi elettrodomestici; 10: Distributori automatici | 85% | 80% |
| Categorie 3 o 4 dell'allegato I 3: Apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni 4: Apparecchiature di consumo e pannelli fotovoltaici | 80% | 70% |
| Categorie 2, 5, 6, 7, 8 o 9 dell'allegato I 2: Piccoli elettrodomestici 5: Apparecchiature di illuminazione 6: Strumenti elettrici ed elettronici 7: Giocattoli e apparecchiature per il tempo libero e lo sport 8: Dispositivi medici 9: Strumenti di monitoraggio e di controllo | 75% | 55% |
| Lampade a scarica | | Riciclaggio: 80% |

TABELLA 2 Obiettivi minimi applicabili per categoria dal 15 agosto 2015 fino al 14 agosto 2018

vorazioni di nuova generazione, improntate non solo alla separazione meccanica dei materiali recuperati, ma a una specifica raffinazione mirata a recuperare sia sostanze di valore quali le terre rare e i metalli preziosi, che sostanze che possono rappresentare delle criticità per

l'ambiente e la salute dell'uomo, in un'ottica di miglioramento continuo della sostenibilità ambientale nel trattamento di questa particolare tipologia di rifiuto. Su tale tema anche la nuova direttiva precisa che gli Stati membri promuovono lo sviluppo di nuove tecnologie

| | Recupero | Preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio |
|--|----------|---|
| Categorie 1 o 4 dell'allegato III 1: <i>Apparecchiature per lo scambio di temperatura;</i> 4: <i>Apparecchiature di grandi dimensioni</i> | 85% | 80% |
| Categoria 2 dell'allegato III 2: <i>Schermi monitor ed apparecchiature dotate di schermi di superficie superiore a 100 cm²</i> | 80% | 70% |
| Categorie 5 o 6 dell'allegato III 5: <i>Apparecchiature di piccole dimensioni</i> 6: <i>Piccole apparecchiature informatiche e per telecomunicazioni</i> | 75% | 55% |
| Categoria 3 dell'allegato III 3. <i>Lampade</i> | | Riciclaggio: 80% |

TABELLA 3 Obiettivi minimi applicabili per categoria dal 15 agosto 2018

di recupero. In Italia la sperimentazione di questa "seconda fase" del trattamento ha preso avvio grazie a diversi progetti specifici, che permettono di studiare il miglior approccio alla valorizzazione delle sostanze presenti nei RAEE.

Il recupero delle terre rare

Tra le attività più rilevanti che hanno visto protagoniste alcune realtà italiane vi è il progetto europeo HydroWEEE, concluso nel febbraio 2012. A tale studio hanno partecipato per l'Italia Relight (www.relightitalia.it, azienda che opera nel settore del riciclaggio dei rifiuti), Ecorecycling (spin off universitario per il trasferimento tecnologico dalle università alle imprese), il Centro Universitario High Tech Recycling (in cui sono coinvolte l'Università Sapienza di Roma, l'Università dell'Aquila e la Politecnica delle Marche ad Ancona). Il progetto ha avuto inizio nel marzo 2009, con lo scopo di sviluppare processi industriali finalizzati alla valorizza-

zione di particolari componenti in uscita dal trattamento dei RAEE, comprese le polveri fluorescenti, ottenute come materiale di scarto degli attuali processi di riciclaggio di tubi catodici e di lampade fluorescenti. Tali polveri sono ricche di ittrio e altre terre rare e il processo di trattamento studiato mira a separare l'ittrio dalla polvere fluorescente attraverso processi di caratterizzazione, lisciviazione acida e precipitazione dei materiali di interesse. È stato quindi progettato e realizzato un impianto mobile trasportabile in container, di capacità fino a 500 T/anno, che attraverso un processo idrometallurgico, estrae dai rifiuti di interesse metalli (quali rame, manganese, zinco, ittrio, europio, indio) con rese superiori al 95%, in condizioni più compatibili con l'ambiente rispetto alle tecnologie tradizionali.

È invece ancora in corso il progetto HydroWEEE Demo, che si propone di sviluppare a livello industriale le tecnologie già definite in Hydro-

WEEE: il programma, attivo da ottobre 2012, prevede la costruzione di due impianti industriali, uno mobile, e uno fisso, per verificare le performance di recupero dei materiali obiettivo e dimostrare la fattibilità del processo da un punto di vista tecnico, economico, operativo e sociale, considerando anche i rischi connessi e i benefici per la società e l'ambiente.

L'impianto mobile, utilizzato per l'ottimizzazione e lo sviluppo dei processi idrometallurgici di recupero, permetterà a diversi riciclatori di usufruire in momenti diversi dei medesimi benefici, e produrre una materia prima seconda in grado di essere direttamente utilizzata, senza necessità di ulteriori processi di raffinazione: ciò permetterà anche alle PMI di essere competitive nel recupero di metalli preziosi e terre rare.

Attraverso l'impianto fisso, che sarà operativo da gennaio 2014 si definiranno invece le specifiche operative e l'ottimizzazione dei processi idrometallurgici per le differenti frazioni, verificando gli aspetti pratici connessi all'industrializzazione del processo. L'impianto sarà ospitato permanentemente da Relight, che si occuperà di valutare i risultati raggiunti e le performance tecniche, verificando la collocazione dell'out-put sul mercato e gli impatti ambientali, economici e di rischio.

L'impianto di Relight è inoltre impegnato insieme a diverse realtà europee nel progetto RECLAIM. Lo studio ha avuto inizio a gennaio 2013 allo scopo di recuperare gallio ed indio dai pannelli fotovoltaici, e

itrio ed europio da apparecchiature quali lampade fluorescenti, CRT, LCD e schede elettroniche.

Il progetto mira a individuare soluzioni tecnologiche economicamente sostenibili, conducendo test sperimentali per il recupero degli elementi preziosi attraverso un impianto pilota mobile dedicato per ognuno dei due gruppi di materiali. Si prevede l'utilizzo di tecnologie innovative finalizzate all'applicazione a piccola scala, con un elevato livello di automazione e sostenibilità ambientale.

Le innovazioni nel trattamento delle lampade

Un ulteriore progetto innovativo in cui è coinvolto l'impianto di Re-light è ILLUMINATE, che coinvolge anche realtà svedesi e inglesi. In questo caso lo scopo è ottimizzare il trattamento dei rifiuti di illuminazione, garantendo un ridotto impatto ambientale e massimizzando i tassi di recupero, giungendo contestualmente al miglioramento dell'ambiente di lavoro.

Il progetto è in partenza a ottobre 2013 e prevede lo sviluppo di sistemi automatizzati per identificare e separare in modo efficace le lampade in diverse classi, attraverso un sistema di sensori ottici combinati in grado di riconoscere forme, colori, materiali e/o peso, presenza o meno di mercurio. L'unità di cernita sarà in grado di registrare il numero e il tipo di lampade o di altri oggetti, fornendo quindi un dato certo sulle caratteristiche del rifiuto trattato e sulla presenza di oggetti estranei raccolti.

Grazie a tali risultati sarà quindi

possibile ottimizzare anche la parte a monte del trattamento, studiando le principali problematiche di raccolta per ridurre la contaminazione incrociata nei siti di raccolta d'Europa e lo sviluppo di container integrati con un materiale in grado di trattenere il mercurio.

Le innovazioni nel trattamento del vetro dei CRT

Un altro settore di interesse nel quale si stanno sviluppando studi fondamentali per il trattamento riguarda il recupero del piombo e dei silicati contenuti nel vetro dalle televisioni a tubo catodico. L'attività è oggetto di un accordo tra Raecycle (www.raecycle.it) e Costech SpA, per l'utilizzo in esclusiva europea del processo brevettato di trattamento degli apparecchi televisivi dismessi, è viene svolto nell'impianto di trattamento RAEE di Siracusa.

Gli schermi a tubo catodico (CRT) presentano peculiarità che rendono tale rifiuto oggetto di gestioni specifiche. Il CRT è costituito da tipologie di vetro con caratteristiche differenti, che seguono canali di trattamento distinti. In sintesi, il vetro frontale (pannello) viene sottoposto a bonifica, intesa come la completa rimozione delle polveri fluorescenti contenenti fosfori adsorbite sullo schermo, i cui principali componenti sono rappresentati dal cadmio e dallo zinco, presenti come zolfo. I settori di impegno del vetro pannello trattato possono essere l'industria della ceramica, del laterizio, oltre che la produzione di schiuma e di fibra di vetro.

Il cono dei tubi catodici invece è composto da vetro ad elevato tenore di ossidi di piombo, rivestito da un coating (vernice a base di ossidi metallici e grafite), che può essere eliminato attraverso apposite procedure di trattamento. I canali di destino del vetro al piombo non sono però così facilmente individuabili come avviene per il vetro pannello, e proprio in questo campo l'attività in svolgimento presso l'impianto di Raecycle assume una valenza strategica e innovativa. L'impianto di Siracusa infatti è progettato per il trattamento del solo vetro piombo proveniente dai tubi catodici a fine vita, attraverso un processo idrotermico in grado di separare il vetro dal piombo ed estrarre piombo metallico, silicati insolubili, silicati solubili e silice ad alta purezza. Il processo di trattamento è ambientalmente sostenibile e consente di ottimizzare il recupero di questa particolare categoria di RAEE, ricavando materie prime di alto valore.

La tecnologia PMR

Una realtà concentrata nel trattamento dei RAEE è inoltre rappresentata dal gruppo Stena Technoworld (www.stenatechnoworld.com/it), che nell'impianto di Angiari (Verona) ha reso operativo un sito per la valorizzazione delle frazioni contenenti metalli derivanti dal recupero dei RAEE. L'impianto PMR (precious metal recovering) presenta caratteristiche tecnologicamente avanzate attraverso le quali è possibile valorizzare ad esempio componenti elettrici ed elettronici o materiali

a base di plastiche con presenza di metalli ferrosi e non ferrosi. La tecnologia dell'impianto, oltre che per le sue caratteristiche innovative e di valorizzazione del rifiuto, si distingue anche per la capacità di trattare materiale in ingresso con proprietà diverse tra loro: possono essere lavorati sia apparecchi di grosse dimensioni e grande resistenza che materiali leggeri e fini, come la componentistica di pregio e le materie plastiche, per le quali si può giungere alla fine del processo a una suddivisione per polimeri. La linea di trattamento, dotata di un'avanzata tecnologia di frantumazione ad asse verticale, permette di trattare un'ampia varietà di materiali e a garantire un ridotto impatto ambientale. La capacità di lavorazione e gli elevati volumi gestibili dall'impianto consentono una reale ottimizzazione del riciclo delle apparecchiature e un'ottima resa nel recupero dei metalli. I rifiuti attraversano fasi successive di lavorazione nella linea di trattamento, che includono l'utilizzo di trituratori, sistemi per la separazione dei metalli ferrosi, macinatori e raffinatori. Attraverso processi di classificazione granulometrica, selezione con l'utilizzo di correnti parassite e separazione densimetrica e ottica, si producono frazioni omogenee di materie prime di qualità. La tecnologia adottata, unica in Italia, permette di incrementare notevolmente le percentuali di materiali avviati al recupero andando incontro alle richieste normative europee e valorizzando le componenti preziose dei rifiuti.

Le innovazioni nel trattamento delle pile

Occorre infine ricordare che le innovazioni nel trattamento si estendono anche al settore delle pile: in particolare, l'impianto di trattamento S.E.Val. (www.sevalimpianti.it), con la collaborazione dell'Università "La Sapienza" di Roma, dell'Università degli Studi dell'Aquila e di ISPRA, ha sviluppato un processo idro-metallurgico per il trattamento delle pile esauste della tipologia alcaline e zinco-carbone.

A seguito di un processo di selezione e pulizia, volto a rimuovere il materiale estraneo, le pile e gli accumulatori sono cerniti per tipologia attraverso un sistema semiautomatico. Le pile alcaline e zinco-carbone sono quindi avviate a una fase di trattamento meccanico: il sistema è stato identificato a seguito di specifiche sperimentazioni e ottimizzazioni, e prevede un granulatore abbinato a un vibrovaglio, un nastro magnetico e un separatore gravimetrico, che selezionano frazioni distinte costituite da pasta di pile, acciaio, collettori anodici, carta e plastica. Successivamente si avvia il processo idro-metallurgico per il trattamento della pasta di pile, che comprende il lavaggio e il passaggio al reattore di lisciviazione che, grazie a un trattamento con acido, consente il passaggio dei metalli in fase liquida. Trattamenti successivi, che comprendono operazioni di filtropressatura e elettrolisi, consentono la deposizione di zinco metallico e manganese biossido.

L'intera lavorazione è caratterizzata da un basso impatto ambientale e da elevate efficienze di recupero, e garantisce contestualmente il corretto trattamento delle acque di processo e l'abbattimento delle emissioni. Lo sviluppo di questa tecnologia riveste un'importanza di grande rilievo, vista l'applicazione in un settore di ampio interesse.

Note conclusive

Le realtà descritte costituiscono un ottimo esempio di strategia, attuale e innovativa, per sviluppare il sistema delle imprese del settore del trattamento dei RAEE in un'ottica ambientalmente compatibile di ottimizzazione del recupero. In considerazione della continua evoluzione nello sviluppo delle apparecchiature tecnologiche, e della richiesta di materie prime rare e di valore, le nuove tecniche di trattamento concretizzano perfettamente il principio del passaggio da rifiuto a risorsa: il meccanismo di recupero di materie prime naturali dai rifiuti, tramite un corretto trattamento, è la risposta virtuosa alla crescente richiesta di approvvigionamento, che rappresenta ad oggi una criticità. La ricerca e la sperimentazione nella seconda fase del trattamento dei RAEE può rivestire pertanto un ruolo di primaria importanza nel contesto socio-economico che il Paese sta vivendo, e offrire nuovi stimoli per una evoluzione del settore.