

Eco-design dei dispositivi elettronici

Unità 7: Riciclo dei dispositivi elettronici

Author: Andrej Sarjaš

- 7.1. Recycling of electronic devices 2
- 7.3. Recycling of electronic components 9
- 7.4. Collection points and infrastructure 10
- 7.5. Electronic waste recycling process 13
- 7.6. References 16

Sintesi del capitolo:

- Ruolo del riciclo dei dispositivi elettronici
- Ritiro di dispositivi elettronici
- Processi di riciclo dei dispositivi elettronici

7.1. Riciclo dei dispositivi elettronici

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE, o in inglese WEEE - Waste electrical and electronic equipment) sono cresciuti in modo significativo a livello globale negli ultimi 40 anni, ma soprattutto nell'ultimo decennio, i RAEE hanno avuto il più alto incremento rispetto agli altri tipi di rifiuti. Per questo motivo, è fondamentale adottare pratiche di business sostenibili e un efficiente riciclo dei rifiuti elettronici. Il riciclo rappresenta una grande sfida per la società di oggi.. Contrariamente ai metodi di riciclo esistenti per i rifiuti metallici, il riciclo dei dispositivi elettronici alla fine del loro ciclo di vita è molto più complesso. I dispositivi elettronici contengono molti tipi di materiali interconnessi e difficili da separare. I RAEE efficienti non dipendono solo dall'industria del riciclo, la quale spesso dubita sull' adeguatezza degli ambienti e dei dispositivi di riciclo. Per un RAEE efficiente è importante anche che gli utenti e i rivenditori di apparecchiature, spesso scarsamente informati sul riciclo, la protezione dell'ambiente, l'uso dell'energia e dei materiali.

Negli ultimi due decenni, il volume delle apparecchiature elettroniche di consumo e aziendali è aumentato drasticamente. Allo stesso tempo, i rapidi cambiamenti nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, l'aumento della versatilità dei dispositivi elettronici e i prezzi bassi riducono drasticamente la longevità dei dispositivi e l'utilità a lungo termine. Tuttavia, i dispositivi, come i telefoni cellulari, possono avere più proprietari nella loro vita utile prima di essere smaltiti. Nel 2008 il numero di PC ha superato il miliardo, la maggior parte dei quali ha già raggiunto il proprio fine vita. Di conseguenza, questo porta ad un enorme aumento dei dispositivi elettronici che vengono o verranno eliminati. Tali quantità di rifiuti sono spesso trasportati nelle discariche del terzo mondo. Lo smaltimento incontrollato rappresenta un grande pericolo per l'ambiente e la salute della popolazione in generale. Attualmente, il termine e-waste e quando un prodotto diventa rifiuto non sono definiti chiaramente. La direttiva UE definisce gli e-waste come apparecchiature obsolete che necessitano di corrente elettrica o di un campo magnetico per funzionare. Sono compresi anche strumenti di misura per unità elettriche. Gli esperti hanno pertanto proposto di definire gli e-waste come un prodotto obsoleto e che il proprietario ha deciso di smaltire il dispositivo. Il prodotto elettronico diventa un rifiuto quando la sua struttura e le sue condizioni non possono fornire lo scopo predefinito. Le ragioni per cui un prodotto elettronico non è più utile possono essere molteplici. Il più delle volte il dispositivo elettronico non è funzionante a causa di danni. E 'anche possibile che la tecnologia utilizzata sia obsoleta o che il design non sia più di tendenza. Fortunatamente, l'industria del riciclo considera i rifiuti di scarto dei consumatori redditizi, in quanto i materiali riciclati possono essere venduti per il riutilizzo. La quantità di e-waste, generati dagli USA e dall'UE, nonché dai paesi in via di sviluppo, è notevolmente aumentata negli ultimi dieci anni. Secondo i dati forniti dall'agenzia americana per la protezione dell'ambiente, in media ogni famiglia negli Stati Uniti utilizza 34 apparecchi elettronici o elettrici. Ciò equivale a più di 5×10^6 tonnellate di e-waste all' anno. Secondo le stime dell'UE, ogni cittadino produce in media 15 kg di rifiuti elettronici, pari a 7×10^6 tonnellate di rifiuti all'anno.



Nell'ambito della ricerca RAEE, alcuni componenti dei dispositivi elettronici contengono sostanze pericolose come il mercurio e il cadmio, elementi pericolosi per l'ambiente se non vengono trattati e rimossi correttamente. Alcuni prodotti contengono anche materiali preziosi che possono essere recuperati e riutilizzati nel ciclo produttivo. Il controllo di grandi e crescenti quantità di rifiuti elettronici, il riciclo e il trattamento dei materiali da riutilizzare sono le questioni chiave dal punto di vista sia ecologico che economico. Tuttavia, oggi anche nei paesi industrializzati solo una piccola percentuale di rifiuti elettronici viene riciclata a seconda della categoria di prodotti. La maggior parte dei dispositivi dismessi finisce in discarica o viene bruciata. Non sono disponibili molti dati statistici precisi, pertanto abbiamo presentato alcuni dati valutati nella tabella 1.

Tipo di RAEE	Previsto	Raccolto	% riciclo
Televisori	8000	4000	50
Video/ audio	72000	3200	4
Copmuters/IT	357000	94600	26
Elettrodomestici	392000	345300	88

TABELLA 1: TASSI DI RICICLO

Nella tabella, si può notare che la quota di raccolta di elettrodomestici e televisori è piuttosto elevata, mentre la quota di riciclo dei piccoli apparecchi elettronici è estremamente bassa, solo il 4%. Secondo la stessa relazione, nel 1998 il basso tasso di raccolta e riciclo ha causato grandi perdite di metalli e altri materiali, ad esempio, $2,4 \times 10^6$ tonnellate di metalli, $0,625 \times 10^6$ tonnellate di rame, $0,33 \times 10^6$ tonnellate di alluminio, $0,23 \times 10^6$ tonnellate di vetro, $0,23 \times 10^6$ tonnellate di plastica. In questa valutazione non sono inclusi i metalli da terre rare.

La composizione degli e-waste varia a seconda del tipo di prodotto e lo stesso vale per la composizione dei materiali. Ciò è legato alle ambiguità sul riciclaggio dei telefoni cellulari, che finora si sono enormemente espanse. Un telefono cellulare può avere parti di rivestimento in plastica o in metallo. Anche le parti interne necessarie per le funzioni principali possono essere simili; si tratta di display, circuiti stampati e batterie. Un esempio dei materiali presenti in un telefono cellulare è presentato nell'immagine 1. Se consideriamo l'intero gruppo RAEE, la composizione di un telefono cellulare è più complessa rispetto ad altri dispositivi, il che significa che si discosta dalla media. Nel loro insieme i metalli (ferro e acciaio) costituiscono circa la metà dei materiali. I successivi gruppi più ampi sono la plastica (21%) e i metalli colorati (13%). Occorre notare che questi valori possono differire significativamente a seconda del modello di prodotto. Come tendenza generale, il contenuto di metalli ferrosi ha sempre avuto la maggior quota, mentre il contenuto di rame, metalli preziosi e altri contaminanti si è ridotto nel tempo.



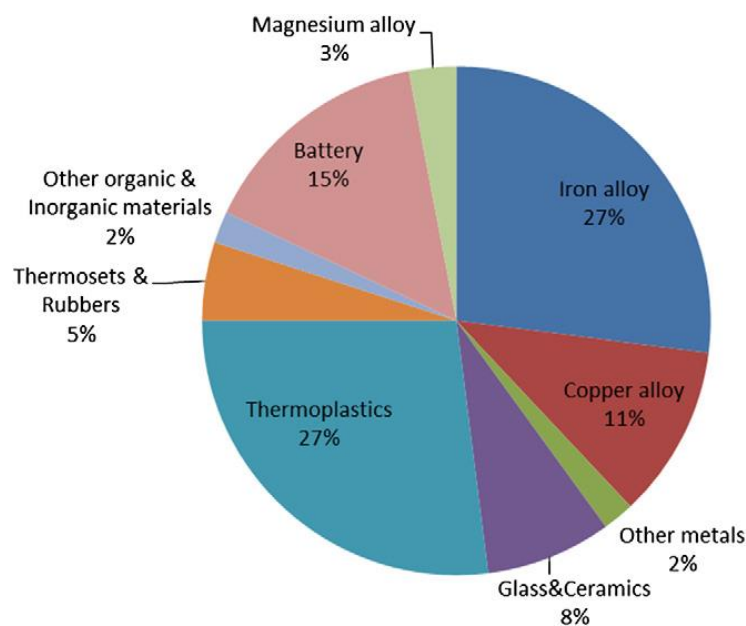


IMMAGINE 1: COMPOSIZIONE DEI CELLULARI

Il riciclo dei RAEE può essere redditizio se i materiali contenuti nei dispositivi possono essere recuperate. Tuttavia, esistono ancora grandi differenze tra i vari prodotti e il valore economico dei rifiuti dipende in larga misura dal tipo di rifiuti che devono essere riciclati. Per questo motivo, il riciclo dei telefoni cellulari può essere più redditizio rispetto al riciclo di un asciugacapelli che contiene materiali meno preziosi. Come già accennato, gli e-waste contengono quantità relativamente grandi di materiali preziosi, come ferro, alluminio e rame. Questi materiali possono essere riciclati e riutilizzati in nuovi prodotti. Gli e-waste contengono metalli preziosi che hanno un certo numero di usi in dispositivi elettronici come contatti. Contengono anche materiali speciali, come indio, gallio e terre rare. Spesso questi materiali sono presenti solo in quantità molto piccole. Ad esempio, in un telefono cellulare, la quantità totale di questi materiali è circa lo 0,15% della massa totale. La percentuale minima di contenuto rende difficile il riciclo e il riutilizzo. I processi di riciclo devono essere economicamente sostenibili, il che significa che la separazione e il trattamento dei diversi materiali avviene solo se i materiali possono essere venduti in modo economicamente sostenibile come materiali secondari da riutilizzare in nuovi prodotti. I fattori trainanti per il trattamento dei metalli secondari e lo sviluppo di nuove tecnologie di recupero sono l'aumento dei prezzi e la limitata disponibilità di materiali, come avviene ad esempio per le terre rare.

Alcuni componenti dei dispositivi elettronici contengono sostanze pericolose che possono essere dannose per l'ambiente se trattate e smaltite in modo inadeguato. Gli studi dimostrano che la maggior parte del mercurio e del cadmio presenti nelle discariche negli Stati Uniti e nell'UE provengono da rifiuti elettronici. Anche se queste sostanze non sono utilizzate nella maggior parte dei moderni prodotti elettronici, i prodotti obsoleti possono ancora inquinare l'ambiente dopo la loro vita utile se smaltiti in discariche inadeguate. Il trattamento incontrollato degli e-waste, come l'incenerimento, può anche causare effetti negativi per l'ambiente e per le persone che sono direttamente o indirettamente in contatto con l'inceneritore.



Tutte le apparecchiature elettroniche ed elettriche presenti sul mercato diventeranno obsolete e dovranno essere riciclate. In questo modo si risparmiano le risorse inutilizzate e si utilizzano materiali già in uso. Il processo di riciclo può anche far risparmiare energia. Per rallentare l'aumento dei rifiuti elettronici, i principi fondamentali della gestione degli e-waste sono:

- **Ridurre il numero di dispositivi:** minori prodotti immessi sul mercato e mantenere quelli attuali il più a lungo possibile.
- **Riutilizzo dei dispositivi:** Con la donazione o la vendita si può cedere il dispositivo per il suo riutilizzo
- **Riciclo:** dei prodotti non più funzionanti o utili

L'immagine 2 presenta le diverse possibilità per un dispositivo elettronico a fine vita. In ciascuna di queste opzioni sono possibili anche pratiche negative legate ai seguenti fatti. Ad esempio, il riciclo a fine vita può essere eseguito in modo corretto o scorretto. Durante il ciclo di vita del prodotto, più utenti possono utilizzarlo e aggiornarlo o ripararlo in più fasi. Il prodotto può essere venduto direttamente da un utente ad un altro o attraverso diversi mezzi. Ma molti dispositivi elettronici fuori uso, soprattutto quelli di piccole dimensioni, come i telefoni cellulari, i computer portatili e l'elettronica di consumo, rimangono a casa come dispositivi di ricambio in caso di guasto, per i ricordi o perché il consumatore sopravvaluta il valore reale del prodotto e non lo ricicla. Con la crescente tecnologia odierna, i prodotti elettronici perdono rapidamente il loro valore.

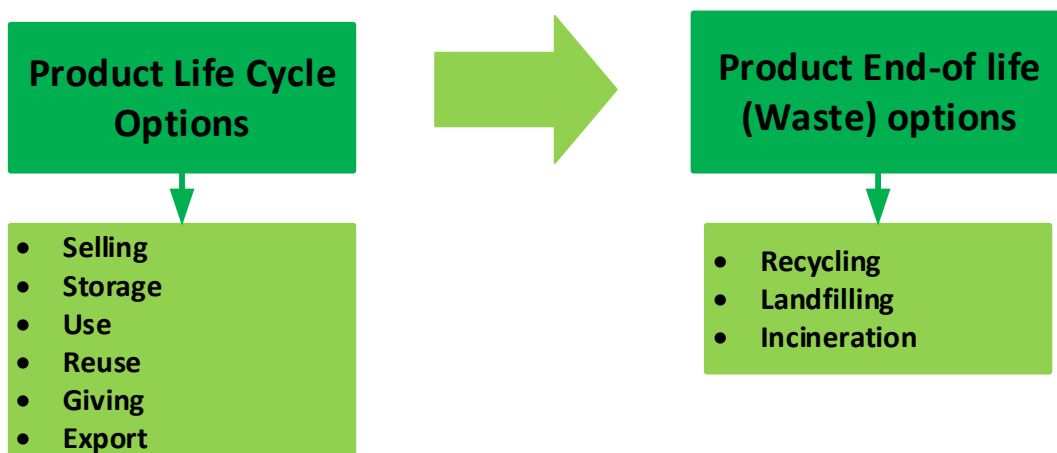


IMMAGINE 2: POSSIBILI CICLI DI VITA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI

Nell'immagine 3, possiamo vedere i risultati dell'ultimo studio sui dispositivi elettronici dismessi. Lo studio ha incluso un numero limitato di dispositivi elettronici, come telefoni, tablet, lettori musicali, ecc. Nei paesi sviluppati, quasi il 40% degli apparecchi dismessi rimane a casa e solo il 12% è destinato al processo di recupero. Il rapporto tra i dispositivi riciclati e quelli conservati a casa rappresenta un indicatore della consapevolezza generale dei consumatori in merito all'importanza del riciclo.



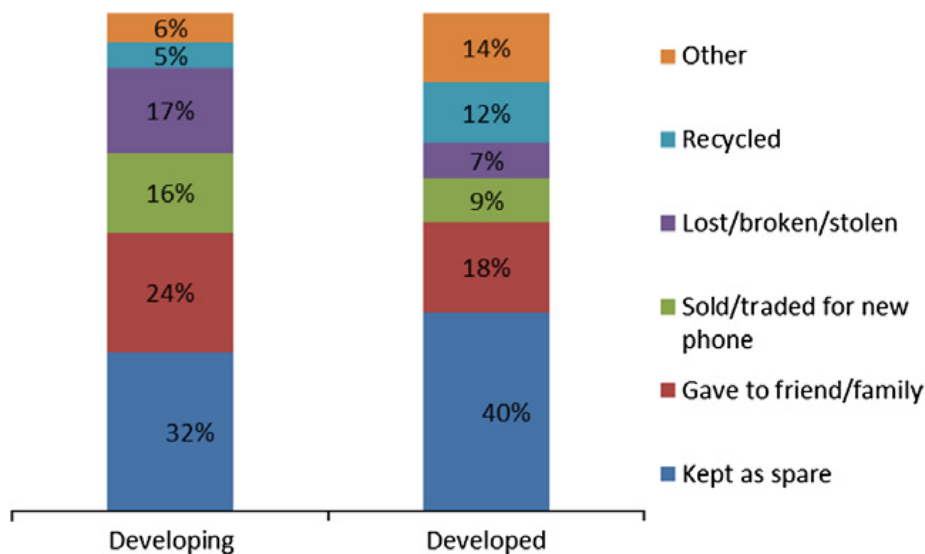


IMMAGINE 3: RISULTATI DELLO STUDIO SULL'USO DI DISPOSITIVI ELETTRONICI DI CUI NON SI HA BISOGNO.

L'esportazione incontrollata e spesso illegale di dispositivi usati verso i paesi in via di sviluppo presenta grandi rischi e preoccupazioni. I paesi in via di sviluppo spesso non hanno atti normativi, direttive e leggi che rivedano il riciclo dei dispositivi elettronici. Con l'aumento dei rifiuti elettronici nel mondo sviluppato, questo timore non fa che aumentare, mentre contemporaneamente aumenta anche l'esportazione verso questi paesi. Per questo motivo, è importante che anche nei paesi in via di sviluppo venga creata un' infrastruttura per il riciclo dei rifiuti elettronici. Quando il prodotto diventa definitivamente un rifiuto e non può essere utilizzato per il suo scopo primario, si presentano due alternative per quanto riguarda il suo fine vita. L'opzione da preferire è il riciclo e il trattamento dei materiali preziosi in esso contenuti. La seconda opzione invece concerne lo smaltimento o l'incenerimento e deve essere evitata nella maggior parte dei casi, poiché ha effetti negativi sull'ambiente e sulla società

Secondo la definizione, la trasformazione dei rifiuti in materiale riduce al minimo l'inquinamento ambientale. In sostanza, gli opportuni processi di riciclo consentono il trattamento di materiali preziosi come fonte secondaria di materiali e la possibilità di riutilizzo nei nuovi prodotti. In questo modo si riduce l'uso delle risorse primarie. Essa incide anche sul risparmio energetico e contribuisce a ridurre l'inquinamento atmosferico, le emissioni di gas serra (da incenerimento) e l'inquinamento idrico (da smaltimento). La raccolta e il riciclo efficiente di prodotti provenienti da un solo materiale, come giornali, bottiglie di vetro, bottiglie di plastica, utensili metallici, sono in molti paesi una pratica già consolidata. Un sistema analogo deve essere istituito anche per la raccolta dei rifiuti elettronici.



7.2. Politica in materia di gestione dei rifiuti elettronici

La quantità di rifiuti elettronici sta aumentando a livello globale, il che crea la necessità di disporre di modelli di gestione dei rifiuti sia a livello nazionale che internazionale. Diversi gruppi di interesse in tutto il mondo, comprese le organizzazioni internazionali, i governi, le università, l'industria e le organizzazioni non governative divergono sulla gestione adeguata dei rifiuti elettronici. Il principale elemento di preoccupazione è che i rifiuti elettronici causano problemi sanitari e ambientali nei paesi in via di sviluppo. I rifiuti sono particolarmente pericolosi per l'ambiente a causa dei processi rischiosi e delle cattive pratiche utilizzate dal settore non convenzionale nella ricerca di metalli preziosi e di diversi prodotti usati.

L'obiettivo generale nella pianificazione della politica nazionale per la gestione dei rifiuti elettronici è la creazione di una società sostenibile per il riciclo. Ciò include la creazione di modelli e infrastrutture affidabili per la raccolta e il riciclo, ma anche sforzi per aumentare la consapevolezza e cambiare il comportamento dei consumatori. Tutte le nuove pratiche avranno bisogno di tempo per svilupparsi. Le soluzioni diventeranno efficienti e pervasive perché il riciclo è destinato a diventare una pratica quotidiana.

Importanti passi avanti verso lo sviluppo sostenibile e la responsabilità per l'ambiente e la salute pubblica sono stati compiuti con le restrizioni all'uso di sostanze pericolose nei dispositivi elettronici. La restrizione sulle sostanze pericolose è definita nelle direttive 2002/95/CE e RoHS. Sono state adottate anche altre direttive riguardanti i processi di riciclo, come ad esempio la direttiva 2002/96/CE. Ci sono stati tentativi di stabilire direttive simili anche al di fuori dell'Unione Europea. Il sistema di raccolta dei rifiuti elettronici è stato istituito per la prima volta in Europa e si basa sul principio che gli utenti possono consegnare l'apparecchio al processo di riciclaggio in qualsiasi momento senza alcun pagamento aggiuntivo. L'obiettivo di questo programma è sensibilizzare gli utenti e promuovere l'aumento del riciclo. La direttiva RoHS richiede che tutti i metalli pesanti presenti nelle apparecchiature elettroniche, come piombo, mercurio, cadmio, cromo esavalente e ritardanti di fiamma, come i bifenili polibromurati o l'etere di difenile polibromurato, siano sostituiti da materiali meno pericolosi.

Nonostante queste norme sulla raccolta e il riciclo, solo un terzo dei rifiuti elettrici ed elettronici nell'UE viene raccolto, separato e trattato in modo appropriato. Gli altri due terzi sono probabilmente smaltiti in discariche o aree non autorizzate in UE o vengono trasportati illegalmente nei paesi in via di sviluppo. In European countries, electronic waste is regulated by the legislature that defines manufacturer's responsibility for the products after the end of lifecycle and that he leads incentive for recycling and disposal. Nei paesi europei, i rifiuti elettronici sono regolamentati dalla legislazione che definisce la responsabilità del produttore per i prodotti dopo la fine del ciclo di vita e che lo incentiva al riciclo e al suo smaltimento. Per ottenere una maggiore efficienza e i relativi risparmi sui costi sono state costituite organizzazioni PROs (Producer responsibility



organization) che sono gestite separatamente per rispettare le responsabilità assegnate in materia di gestione dei dispositivi scartati in nome dei principali produttori di apparecchiature elettroniche.

una soluzione efficiente del problema della gestione dei rifiuti elettronici, nell'ultimo decennio i paesi hanno accettato la regolamentazione sulla responsabilità estesa del produttore EPR.

L'EPR richiede che i produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche ritirino i dispositivi usati e riciclino i prodotti al termine del ciclo di vita. L'EPR si basa sul presupposto che l'obbligo della responsabilità del produttore per il riciclo dei propri prodotti lo costringa e lo incoraggi a progettare nuovi dispositivi finalizzati a ridurre i costi di riciclo e smaltimento. Un aspetto importante dell'EPR è che aumenterebbe il tasso di risorse recuperate, il che a sua volta ridurrebbe gli impatti ambientali e la produzione di nuovi dispositivi elettronici. In pratica esistono EPR individuali in cui i produttori pagano per la raccolta e il riciclo dei loro prodotti e EPR collettivi in cui i produttori pagano per la raccolta di tutti i prodotti elettronici. Le quote associative di un'EPR collettiva sono stimate in base alla quota di mercato e al numero di dispositivi prodotti.

Attualmente nell'Unione Europea sono in uso diversi modelli per la stima delle quote di copertura di alcuni costi della catena di riciclo. I vari modelli di contingenti sono differenziati in base a cosa si intende finanziare e alle modalità di stima dei costi per le diverse categorie di prodotti e per la loro raccolta.. I costi di valutazione delle categorie di prodotti e di raccolta sono basati sui produttori partecipanti ad uno stesso schema e che producono dispositivi elettronici diversi. Di solito, l'istituzione di sistemi di raccolta dei rifiuti elettronici è la più efficiente se organizzata in modo collettivo, il che significa che diversi produttori condividono lo stesso sistema di raccolta e i costi. In Europa, questo obiettivo è stato raggiunto con l'istituzione dei PRO.

Nella gestione degli e-waste sono inclusi diversi gruppi di interesse che hanno assegnato ruoli nell'intero processo di riciclo. Questo comprende dalla raccolta di prodotti obsoleti alla rimozione finale dei componenti che non possono essere riciclati in discarica. È necessario prevedere che tutti i gruppi di interesse partecipino al sistema di gestione dei rifiuti elettronici. Solo in questo modo è possibile seguire la strategia che ottimizza l'efficienza della raccolta con la massima capacità di materiali preziosi e riduce la quantità di materiali che devono essere rimossi. In questo modo, non è sufficiente che la responsabilità sia limitata al solo produttore, ma anche ai commercianti, ai governi, alle autorità locali, agli utenti finali e all'industria del riciclo: tutti questi elementi hanno un ruolo e un impatto significativo sull'efficienza del riciclo. Per sviluppare soluzioni efficienti e sostenibili, tutte le parti coinvolte devono accordarsi sul finanziamento e sulla condivisione dei costi. Tutte le parti interessate, i governi nazionali o regionali, i consumatori, le organizzazioni non governative hanno un ruolo importante nel garantire che il riciclo dei RAEE avvenga in modo sostenibile, economico, accessibile ed equo per tutte le parti coinvolte.



7.3. Riciclo dei componenti elettronici

Il fine vita di un prodotto può essere suddiviso in diversi sotto-processi che hanno lo scopo di recuperare i materiali utilizzati e l'energia. L'ottimizzazione dell'intera catena di riciclo è fondamentale per ottenere un riciclo efficiente sia dal punto di vista ambientale che economico. Ciò significa che tutte le fasi dell'approccio di riciclo devono essere valutate perché sono interconnesse e interdipendenti: l'efficienza del riciclo dei rifiuti elettronici non dipende solo dalle capacità tecniche, ma anche da altri fattori. Vi sono questioni legate alla politica, alla legislazione, all'economia, alla società e alla cultura. Uno dei principali ostacoli al riciclo è la mancanza di consapevolezza dei consumatori sulle possibilità di riciclo dei rifiuti elettronici e il loro impatto positivo sull'ambiente e la creazione di una società incentrata sullo sviluppo sostenibile. La mancanza di consapevolezza è testimoniata dal basso tasso di prodotti elettronici fuori uso raccolti: gli ultimi studi condotti in Europa mostrano che solo il 10% dei dispositivi elettronici viene destinato al riciclo.

Il processo di riciclo di un prodotto a fine vita può essere suddiviso in tre fasi che richiedono differenti metodi di gestione e differenti approcci tecnici, come si vede nell'immagine 4. Il primo passo è la raccolta e il raggruppamento dei rifiuti, il cosiddetto "ritiro". Si tratta principalmente di una sfida logistica che richiede un elevato livello di consapevolezza e di disponibilità da parte dei consumatori a restituire dispositivi elettronici obsoleti per il riciclo. Nella seconda fase, prima del trattamento effettivo, i rifiuti vengono raccolti da aziende specializzate, che li raccolgono e li selezionano in base al tipo di dispositivo. Ad esempio vengono separati monitor di computer, televisori, apparecchi audio, personal computer, personal computer, dispositivi portatili, come telefoni cellulari, computer portatili e tablet, stampanti, elettrodomestici, ecc. La cernita viene effettuata anche in base ai materiali presenti nel dispositivo. Questo processo di separazione viene effettuato prima che i dispositivi entrino nel processo di riciclo: i materiali non recuperabili vengono utilizzati per generare energia mediante incenerimento o vengono smaltiti in discarica. Ogni passaggio costituisce un flusso laterale più piccolo che non può essere ulteriormente elaborato. La difficoltà del processo di recupero dipende dal tipo di apparecchio elettronico e dalla sua composizione. Anche l'efficienza della seconda e della terza fase di riciclaggio dipende dal dispositivo stesso: è dunque fondamentale che ogni prodotto o tipo di dispositivo abbia un piano di riciclo predisposto.

La seconda fase di riciclo comprende lo smontaggio manuale del dispositivo e trattamenti meccanici o chimici. La terza fase riguarda la reimmissione sul mercato dei materiali lavorati. La prima fase della raccolta dei rifiuti viene organizzata a livello locale. Un ruolo importante viene svolto dalle comunità locali, dalla politica locale e dalle organizzazioni per la protezione dell'ambiente. La seconda fase può essere svolta sia a livello locale che regionale, a seconda della capacità di riciclo presente. Una parte della terza fase di solito include particolari tecnologie che di solito sono gestite a livello nazionale o internazionale. Un esempio è la purificazione di metalli preziosi o di metalli provenienti da terre rare che necessitano di lavorazioni complesse e più costose per poter essere recuperati. Come mostra l'immagine 4, la raccolta, il riciclo e il riutilizzo dei



materiali è legato a determinati costi che sono in tutto o in parte coperti dalla vendita che avviene nella terza fase. Dal punto di vista economico, l'incenerimento e lo smaltimento in discarica sono attività non redditizie: i materiali pericolosi e non riciclabili rappresentano solo un costo perché la gestione di questi rifiuti richiede discariche specializzate e una rigorosa supervisione. Con l'introduzione della politica di "cura del dispositivo lungo l'intero ciclo di vita e di ritiro del dispositivo obsoleto", i produttori sono portati ad utilizzare materiali che possono essere riciclati il più possibile.

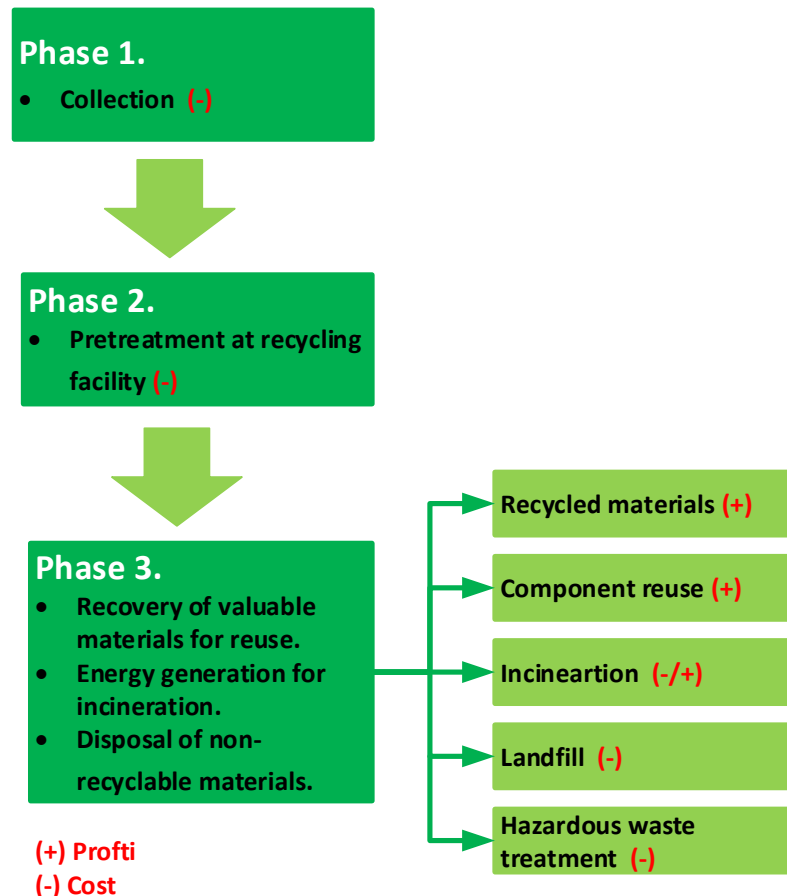


IMMAGINE 4: TRE FASI DEL RICICLO DEI RIFIUTI ELETTRICI

La gestione efficiente dei rifiuti elettronici richiede un'infrastruttura simile a quella di qualsiasi rifiuto "ordinario". Le tre basi principali per una gestione efficiente dei rifiuti sono le infrastrutture di raccolta, l'industria di riciclo e le attività di supporto, come i sistemi di sensibilizzazione e di comunicazione. Tutte queste basi devono essere istituite affinché il riciclo dei rifiuti elettronici possa avvenire in modo efficiente e sostenibile.

7.4. Centri di raccolta e infrastrutture

La raccolta e il trasporto dei rifiuti elettronici rappresentano il costo principale dell'intero processo di riciclo. I costi di raccolta possono aumentare enormemente se ai costi si



aggiungono i costi di sensibilizzazione degli utenti attraverso diversi media pubblici. L'ottimizzazione del processo di raccolta, insieme alla messa a punto della comunicazione e all'aumento della consapevolezza dei programmi di recupero esistenti è fondamentale per il riciclo efficiente dei RAEE. Ad esempio, la raccolta dei plichi nelle cassette postali stradali è molto conveniente per il consumatore ma presenta un grande costo logistico per i raccoglitori (l'ufficio postale). Molti sistemi di raccolta che consentono al consumatore di rendere in qualsiasi momento i dispositivi elettronici obsoleti causano un accumulo di rifiuti elettronici che porta a costose operazioni di cernita supplementare. Punti di raccolta pratici si trovano in negozi con apparecchiature elettroniche o in luoghi dove c'è un intenso passaggio di persone, ma richiedono spazi aggiuntivi e personale di supervisione. La praticità dello smaltimento dei rifiuti e l'ottimizzazione dei costi operativi della raccolta dei rifiuti vanno di pari passo. I punti di raccolta al di fuori degli centri abitati e l'elevata copertura delle città comportano elevati costi operativi per la raccolta dei rifiuti: l'abbassamento dei costi di esercizio si traduce in un minor numero di punti di raccolta e in una maggiore probabilità che vengano raccolti meno dispositivi obsoleti. Il ruolo chiave in questo caso è la maggiore consapevolezza e disponibilità dei consumatori a trasportare i dispositivi dismessi nei punti di raccolta che spesso non fanno parte del loro percorso di trasporto quotidiano: la correlazione tra la raccolta dei rifiuti e i costi non è costante per tutti gli apparecchi elettronici, ad esempio, la raccolta di telefoni cellulari richiede un approccio completamente diverso rispetto a quella dei frigoriferi.

L'istituzione di un sistema efficiente in termini di costi per la raccolta dei rifiuti elettronici da adottare da parte degli utenti richiede molto lavoro e molto tempo: si tratta di un programma di recupero e di costruzione delle infrastrutture necessarie finalizzato alla creazione di una rete di raccolta dei rifiuti elettronici. Una volta che il programma è stato testato e convalidato, può essere esteso con la cooperazione con diversi partner, quali negozi al dettaglio, istituti di formazione, organizzazioni non governative e autorità locali o regionali. Successivamente è necessario migliorare la rete di raccolta e sviluppare ulteriormente il programma con la raccolta e l'analisi dei dati e una migliore comprensione del comportamento dei consumatori locali. Nei paesi dell'Unione Europea, i produttori hanno creato dei PRO (Producer responsibility organizations - organizzazioni di responsabilità del produttore) che costituiscono un'infrastruttura di raccolta permanente dei rifiuti elettronici a nome dei produttori: in questo modo vengono soddisfatti i requisiti previsti dalla direttiva europea RAEE.

Sebbene l'infrastruttura per la raccolta di piccoli dispositivi elettronici, come telefoni cellulari, lettori musicali e tablet, sia in uso in molti paesi da molto tempo, la maggior parte dei consumatori non è ancora a conoscenza della possibilità di riciclare i propri dispositivi obsoleti. I messaggi principali per la sensibilizzazione dei consumatori verte su numerose comunicazioni verso il pubblico incentrate sulla possibilità di superare facilmente il problema dei rifiuti, con l'intenzione di aumentare significativamente il numero di dispositivi elettronici smaltiti. Nei pressi dei punti di raccolta viene esposta la comunicazione relativa alle modalità di riciclo dei dispositivi nei punti stessi, come si vede nell'immagine 5. In questo caso, i punti di raccolta devono essere accessibili agli utenti e sicuri, anche se spesso è difficile valutare quando il contenitore dei rifiuti è pieno e deve essere svuotato. Per questo motivo è necessario trovare una soluzione logistica



che sia economicamente valida. Inoltre, spesso le persone lasciano altri tipi di rifiuti nei punti di raccolta, come lattine vuote, bicchieri di carta, rifiuti biologici, soprattutto se questi punti di raccolta si trovano nei centri commerciali o nelle caffetterie: per questo motivo è necessario aumentare la raccolta differenziata dei rifiuti.





IMMAGINE 5: PUNTO DI RACCOLTA DEI RIFIUTI ELETTRONICI

Per il consumatore, uno dei modi più semplici per la restituzione dei dispositivi elettronici di piccole dimensioni è il recupero tramite i servizi postali: come mostrato nell'immagine 6, il consumatore può utilizzare una busta prepagata per spedire il dispositivo. The envelopes can be obtained in several ways. Prepaid packages and addresses can be downloaded and printed from the internet, while the envelopes can be sent directly to the consumers, distributed to stores or be a part of the package when buying a new product. The envelopes provide an easy process for returning but are slightly more expensive than reverse logistics. Le buste possono essere ottenute in diversi modi: si possono scaricare da internet scatole prepagate e precompilate da essere stampate; altrimenti possono essere inviate direttamente ai consumatori, distribuite nei negozi o essere parte integrante del packaging al momento dell'acquisto di un nuovo prodotto. Le buste forniscono un processo semplice per la restituzione, ma sono leggermente più costose della logistica inversa.



IMMAGINE 6: BUSTA PER IL RICICLO DEL TELEFONO CELLULARE

7.5. Il processo di riciclo dei rifiuti elettronici

Il riciclo di diversi metalli diversi, come le leghe di alluminio e leghe di ferro, ha una lunga tradizione nella lavorazione dei metalli: la tecnologia è efficiente e ha un ottimo grado di sviluppo. Contrariamente la tecnologia di riciclo per i rifiuti elettronici e il trattamento



dei metalli riesce al momento solo a fornire risorse secondarie: i processi hanno una storia recente e le tecnologie sono meno consolidate. I prodotti elettronici hanno una composizione complessa e contengono materiali diversi e integrati tra di loro. Di solito sono presenti in piccole quantità depositati in strati sottili. . La separazione dei materiali in gruppi diversi rende diverso il processo di riciclaggio. Inoltre, c'è una massa di dispositivi elettronici diversi che hanno strutture e componenti diversi. Per questo motivo, i processi di riciclo variano da un dispositivo all'altro e possono essere riassunti in alcune fasi principali del processo di riciclo dei dispositivi elettronici:

- Selezione dei componenti
- Scomposizione e smontaggio. Rimozione di elementi pericolosi e batterie.
- Preparazione del materiale per le successive lavorazioni. Processi metallurgici o meccanici
- Riciclo. Reimpiego dei materiali.
- Incenerimento. Uso di energia.
- Rimozione di materiali non riciclabili.

La maggior parte delle aziende di riciclo presta molta attenzione al processo precedente al riciclo: i rifiuti elettronici sono selezionati sulla base dei materiali più pregiati e da recuperare nel trattamento finale e che saranno reintrodotti sul mercato; altri materiali verranno inceneriti o smaltiti in discarica.

Prima della lavorazione vengono utilizzati diversi processi tecnologici per la separazione dei materiali. Diverse frazioni di materiale possono essere sottoposte a specifici processi di riciclo. Il processo di separazione è illustrato nell'immagine 7. Lo smontaggio di apparecchiature elettroniche complesse viene effettuato solo se l'apparecchio contiene componenti preziose: queste di solito non possono essere sciolte insieme ai materiali meno preziosi. Proprio come nel riciclo separato, la materia stampata (PCB) che contiene sostanze pericolose richiede un trattamento speciale. Ad esempio, le lampadine che contengono mercurio vengono smontate manualmente, il che crea colli di bottiglia nella gestione di grandi quantità di rifiuti elettronici. Per quanto riguarda lo smaltimento di sostanze potenzialmente pericolose nella produzione di prodotti elettronici, si è già fatto molto: sono state stabilite molte direttive e leggi che limitano o vietano l'uso di queste sostanze. Ad esempio, materiali come il piombo, i ritardanti di fiamma bromurati e il cloruro di polivinile vengono completamente rimossi dalla produzione di dispositivi elettronici.



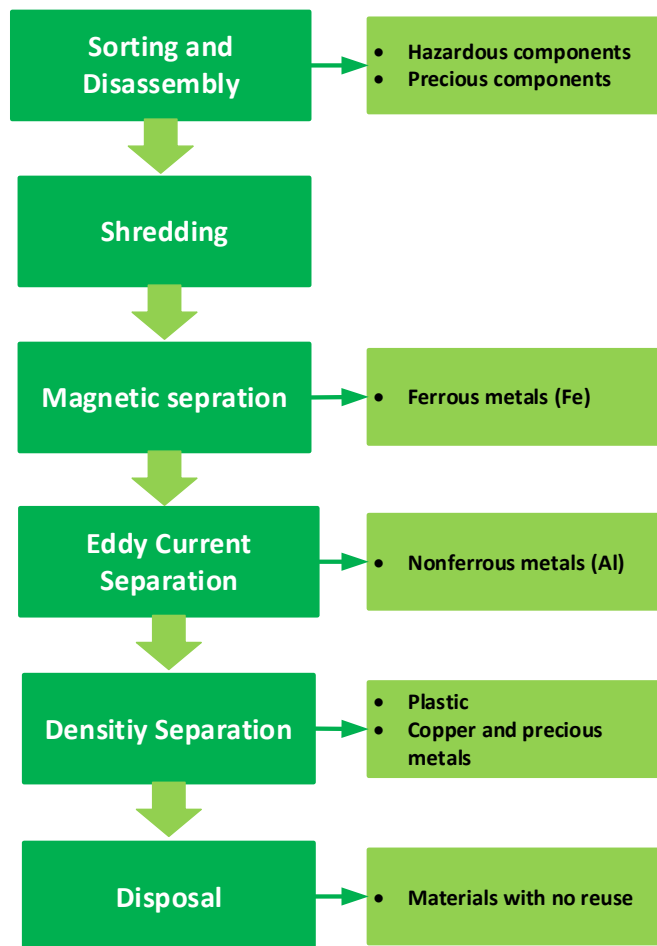


IMAGE 1: WASTE PROCESSING

La fase successiva della lavorazione consiste solitamente in una riduzione del volume del materiale con l'uso di triturator. Successivamente si procede alla separazione dei metalli ferrosi, dell'alluminio e della plastica dal materiale macinato. Sono noti tre approcci tecnologici che si basano sull'uso del campo magnetico per i metalli magnetici, sui flussi vortex per i metalli non magnetici e i metalli conduttivi e sul principio della separazione per densità dei materiali non metallici. Occorre sottolineare che i processi vengono adattati in base alla miscela lavorata e la separazione viene effettuata solo nella misura necessaria. Le diverse frazioni di materiale acquisite mediante separazione prima del trattamento e del riciclo vengono vendute alle stesse aziende che producono materiali da fonti primarie, così come le risorse secondarie acquisite dai processi di riciclo. Nel riciclo dei materiali più preziosi, come pure dei metalli preziosi, le fonderie di rame integrate registrano alti tassi di rendita, fino al 95%: i materiali organici sono utilizzati come sostituti del coke, dell'agente riducente e come combustibile. Il ferro e l'alluminio si trasformano in scorie nel processo di fusione del rame integrato e non vengono rigenerati come metalli. Le scorie vengono smaltite in discarica. Molti prodotti elettronici contengono ritardanti di fiamma che, se non adeguatamente monitorati e gestiti, possono formare diossine durante la lavorazione. Nelle fonderie di rame integrate i rifiuti elettronici possono essere trattati senza emissioni di diossina.



Il riciclo della plastica è più complesso del riciclo dei metalli: i rifiuti elettronici contengono polimeri diversi che devono essere identificati e separati per il recupero. Le componenti in plastica sono spesso rivestite, colorate e protette dal fuoco. Tutti i materiali sintetici sono visti come impurità nel riciclo, il che rende il materiale meno prezioso e meno redditizio. Come visto precedentemente, la plastica può anche essere utilizzata come combustibile nel processo di riciclo del rame e dei metalli preziosi.

Nella fase iniziale di progettazione si può contribuire al riciclo efficiente dei dispositivi elettronici: in questo modo si può intervenire in maniera significativa al trattamento efficiente dei RAEE e, di conseguenza, incidere sui costi di riciclo. Purtroppo, a causa della diversa struttura dei dispositivi elettronici, è difficile sviluppare tecnologie di riciclo avanzate adatte a tutti i dispositivi. Il fattore principale che ostacola lo sviluppo delle tecnologie avanzate di riciclo è rappresentato dalle piccole quantità dei rifiuti elettronici raccolti: questo aspetto conferma il motivo per cui non ci sono molte aziende specializzate nel riciclo di alcuni tipi di rifiuti elettronici. Questo è anche il motivo per cui le aziende esistenti non possono accettare tutti i rifiuti nel processo di riciclo: poiché le quantità di rifiuti elettronici raccolti sono ancora basse, il livello di recupero automatizzato è ancora in una fase embrionale e necessita di sviluppo.

Il riciclo dei prodotti non differisce solo nella struttura, ma anche nella giustificazione economica del recupero: alcuni prodotti contengono quantità relativamente grandi di materiali preziosi, pertanto il loro riciclo genera valore e profitto. In genere si tratta di prodotti con metalli preziosi che contengono materiale stampato (PCB) o pezzi di metallo di grandi dimensioni. Alcuni prodotti contengono materiali pericolosi che devono essere separati e trattati in appositi contenitori per il trattamento dei rifiuti. Si tratta solitamente di refrigeranti in vecchi frigoriferi o cartucce per toner. Alcuni dispositivi elettronici sono prodotti invece con materiali senza alcun valore di vendita: in questi casi, il riciclo dei dispositivi non trova giustificazione in quanto presenta solo un costo.

Per quanto riguarda prodotti che contengono quantità relativamente elevate di metalli preziosi (telefoni cellulari, tablet, computer), è stato dimostrato che nonostante i costi della raccolta differenziata, del trattamento separato e il processo di riciclo, recuperare tali prodotti può portare ad un maggiore valore ambientale ed economico.

Per i prodotti che contengono più di 250 ppm di oro e 150 ppm di palladio la raccolta differenziata è sempre più efficiente dal punto di vista ecologico rispetto alla miscelazione di questi prodotti con altri che contengono minori quantità di metalli preziosi.

7.6. References

- [1] Pia Tanskanen, Management and recycling of electronic waste, ACT Materialia,(61)2013, p.1001-1011



[2] Jirang Cui, Roven J. Waste – a handbook for management, Elsevier: Academic Press; 2011. p. 281–96.

