



La gestione dei rifiuti

Docente: Ing. Ph.D. Roberta Stefanini

Ricercatrice RTDA
presso Università di Parma
roberta.stefanini@unipr.it

Di cosa parliamo in questa lezione?



✓ Presentazione del corso: obiettivi formativi; metodi didattici; programma; modalità di verifica dell'apprendimento; suggerimenti per prepararsi all'esame; contatti docente.

✓ Definizione di sostenibilità nelle sue dimensioni. Tappe verso lo sviluppo sostenibile. Agenda 2030 dell'ONU: il ruolo delle persone e delle industrie.

✓ Lotta al cambiamento climatico: basi scientifiche, conseguenze e mitigazione. L'impatto ed il ruolo delle industrie. Compensazione delle emissioni di gas effetto serra. Neutralità carbonica, obiettivo Net Zero e Climate Positivity.

✓ Risorsa idrica: esempi e casi di consumo, spreco, dispersione. Acqua virtuale. Quanta acqua usa l'industria?

✓ Inquinamento delle acque marine: organico, chimico, da petrolio e rifiuti. Osservazioni sui rifiuti ed il sistema industriale. Cattiva gestione dei rifiuti plastici e microplastiche.

✓ Consumo e produzione responsabili. Passaggio da economia lineare a circolare. L'importanza dell'ecodesign.

Industria alimentare & sostenibilità. Lo spreco alimentare. Piramide ambientale VS alimentare. Città e comunità sostenibili. L'inquinamento luminoso. L'impatto della logistica.

La gestione dei rifiuti urbani ed industriali.

Lavoro ed occupazione: nuove figure aziendali connesse alla sostenibilità.

Il bisogno di energia rinnovabile ed accessibile.

Green claims VS Green Washing: la comunicazione ambientale.



Rifiuti? No, materie prime secondarie!



L'uso efficiente delle risorse inizia con la progettazione e produzione di prodotti che devono essere duraturi, riparabili e riciclabili



La raccolta è la chiave per chiudere il cerchio dei prodotti tecnologici giunti a fine vita: occorre sviluppare tecnologie e strumenti digitali per garantire la tracciabilità



I processi di riciclo devono essere più performanti e consistenti, in modo da produrre materie prime secondarie di qualità elevata e aumentare i tassi di uso circolare delle MPC.



L'estrazione delle materie prime secondarie

URBAN MINING

Insieme di azioni (raccolta, caratterizzazione, trattamento, riciclo, controllo qualità, etc) finalizzate al recupero di materie prime secondarie dagli scarti generati nelle aree urbane o da scorte di materiali incorporati nelle città (infrastrutture).



L'estrazione delle materie prime secondarie

LANDFILL MINING

Escavazione delle stratificazioni di rifiuti e loro successivo trattamento per il recupero di materiali (metalli, vetro, etc), di energia e spazio.



◀ **Figura 2.2** Il landfill mining.
(Fonte: Brady, *Chimica blu*, Zanichelli, 2020.)

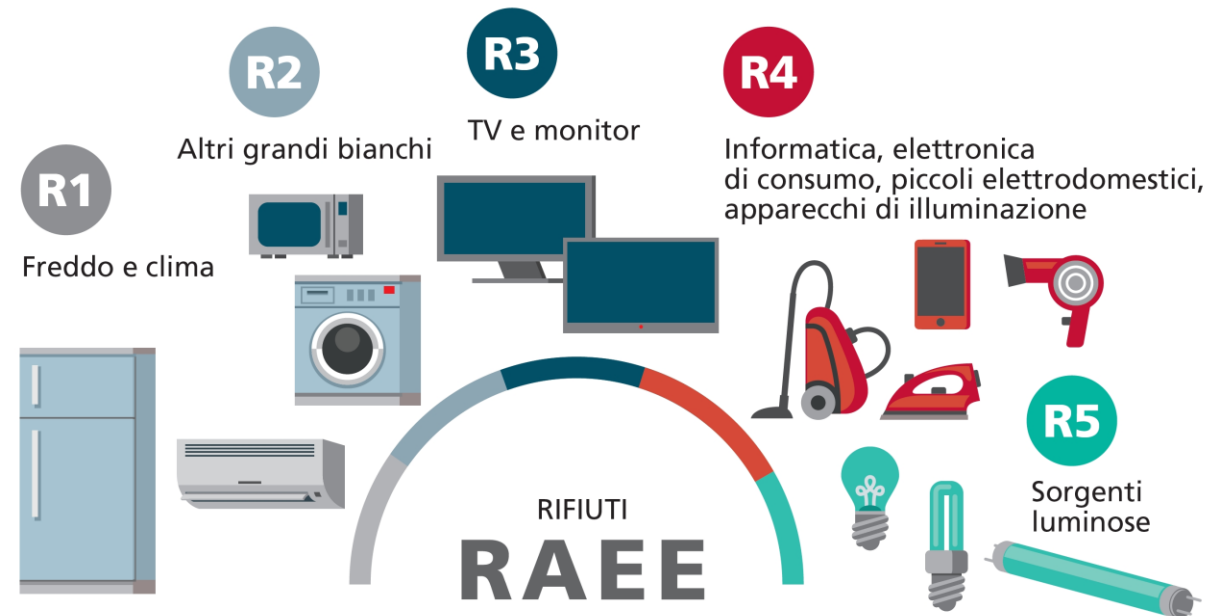


Rifiuti come risorse per materie prime secondarie

Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE)

- Contengono anche metalli rari e preziosi.
- Comprendono computer, televisori, frigoriferi, telefoni cellulari, lampadine, etc.
- Sono divisi in 5 raggruppamenti.

► **Figura 2.5** I rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche sono divisi in 5 raggruppamenti. (Modificata da Brady, *Chimica blu*, Zanichelli, 2020.)



Rifiuti come risorse per materie prime secondarie

Scarti da costruzione e demolizione (SCD)

Rifiuti generati durante le attività di costruzione, manutenzione, ristrutturazione e demolizione di edifici e infrastrutture (calcestruzzo, laterizi, gesso, plastica, legno, vetro...), che possono essere riciclati e trasformati in materie prime **secondarie**.

► **Figura 2.8** Gli scarti da costruzione e demolizione.



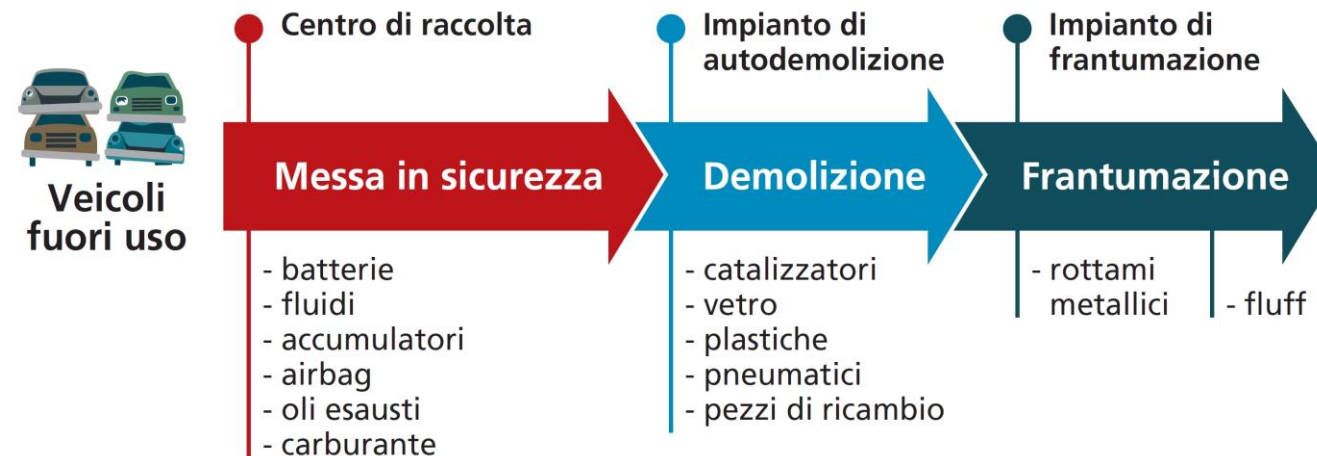
Rifiuti come risorse per materie prime secondarie

Veicoli Fuori Uso (VFU)

Costituiti da batterie, pneumatici, lampade, oli, vetri, plastiche, tessuti e imbottiture, metalli, perciò sono ricchi di risorse preziose da recuperare. Il VFU viene prima messo in sicurezza, poi smontato, poi i materiali sono separati ed avviati a riciclo. La carcassa viene trasferita agli impianti di trattamento per il riciclo di metalli ferrosi e non ferrosi.

Da un autoveicolo a fine vita (circa 1,1 tonnellate) → si recuperano circa 0,8 t di metalli ferrosi e circa 80 kg di leghe non ferrose. Il tasso di riciclo si aggira all'85%

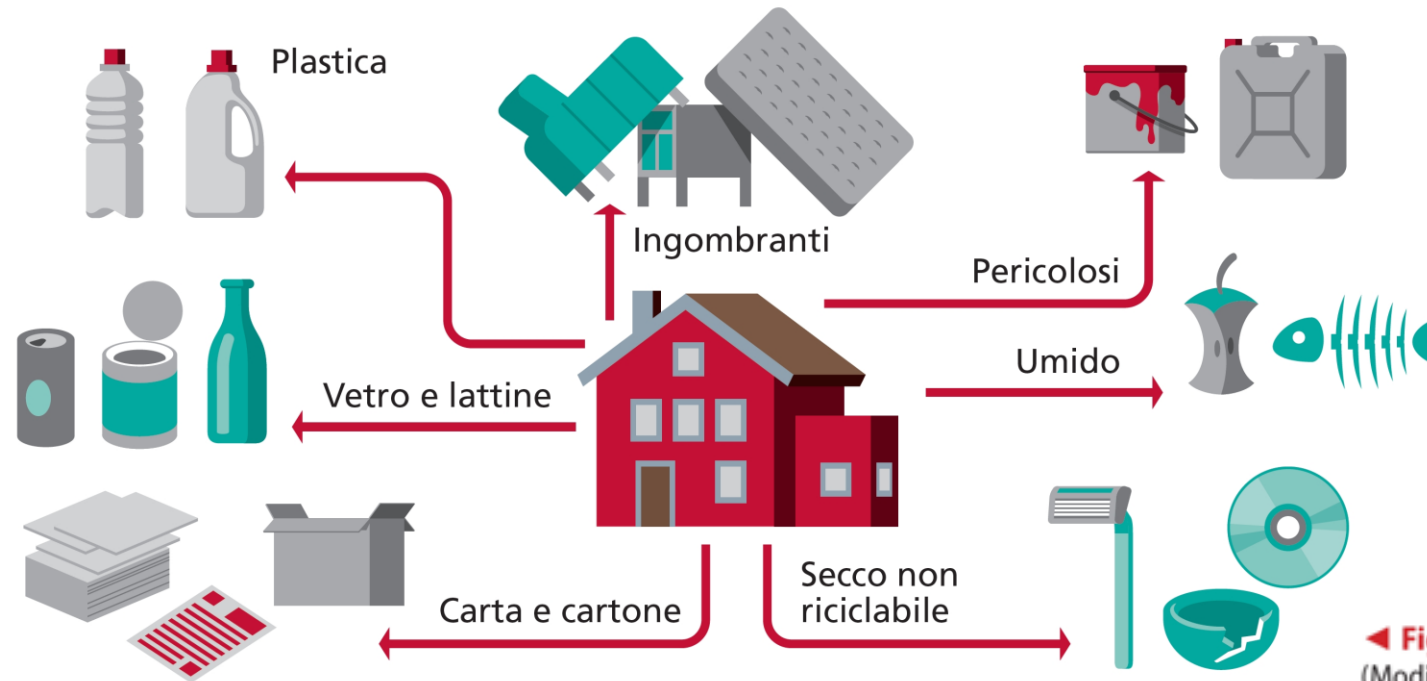
► **Figura 2.9** Schema del processo di gestione dei veicoli fuori uso. (Modificata da Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2017.)



Rifiuti come risorse per materie prime secondarie

Rifiuti urbani (RU)

- Rifiuti domestici e delle attività commerciali, composti sia da materiali organici che inorganici.
- Includono i rifiuti da imballaggi della raccolta differenziata (vetro, plastica, carta, alluminio, acciaio, organico).

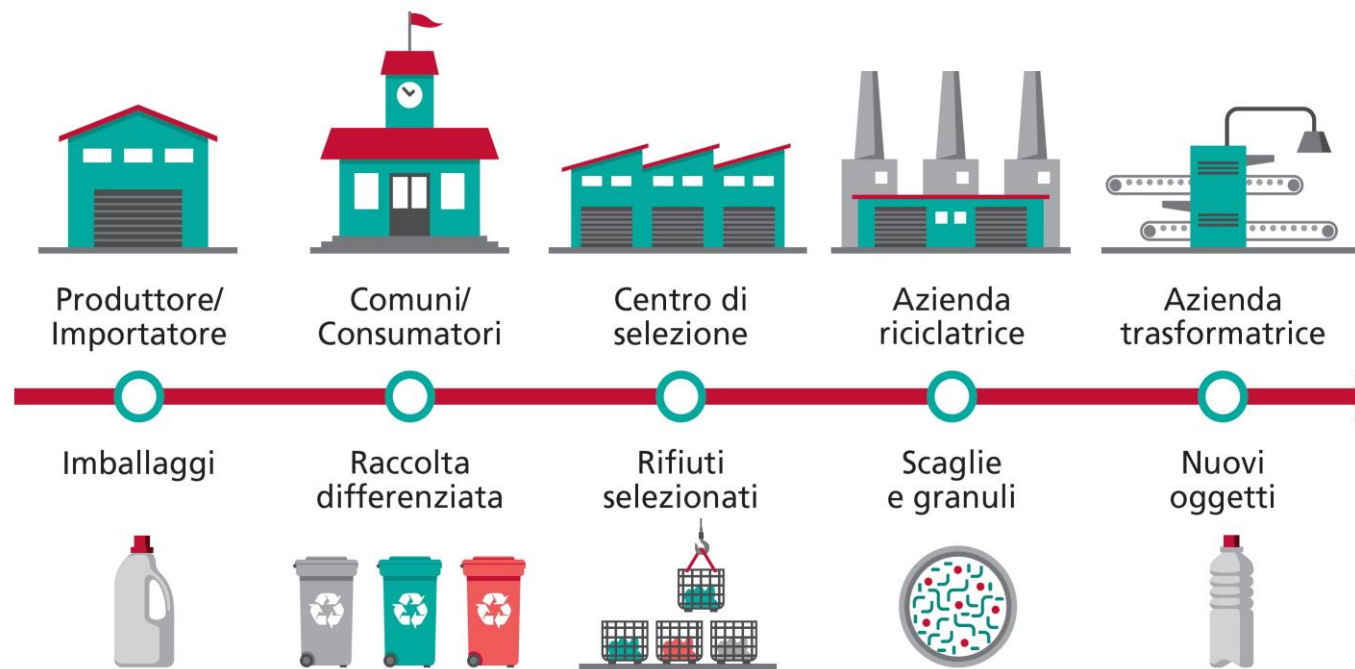


◀ **Figura 2.6** I rifiuti urbani.
(Modificata da Brady, *Chimica blu*, Zanichelli, 2020.)



Esempio: i rifiuti urbani plastici post-consumo

- Prima fase di separazione: raccolta differenziata del consumatore.
 - Centri di selezione: separazione ulteriore (es: rimozione oggetti ingombranti e altre impurità)
 - Impianti di riciclo: ulteriore separazione, lavaggio e asciugatura
- Materie prime secondarie, destinate alle aziende trasformatrici per la produzione di nuovi oggetti



◀ **Figura 2.7** La filiera del riciclo degli imballaggi in plastica. (Modificata da CONAI, 2017.)



Bibliografia: il testo consigliato per il corso



Scienze della Sostenibilità (F. Cioffi, L. De Santoli, A. Lalli, F. Manes, L. Persia, S. Serranti), Zanichelli editore, 2022.

<https://www.zanichelli.it/ricerca/prodotti/scienze-della-sostenibilit>

ZANICHELLI

F. Cioffi, L. De Santoli, A. Lalli, F. Manes, L. Persia, S. Serranti, *Scienze della sostenibilità*, Zanichelli editore 2022



CONSORZIO NAZIONALE IMBALLAGGI (CONAI)

- Il Consorzio Nazionale Imballaggi (CONAI) costituisce in Italia lo strumento attraverso il quale i produttori e gli utilizzatori di imballaggi garantiscono il raggiungimento degli obiettivi di riciclo e recupero dei rifiuti di imballaggio previsti dalla legge
- Consorzio privato istituito da D.Lgs 22/97 (ora D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.), in recepimento della normativa europea in materia
- È tra i più grandi consorzi d'Europa (760.000 iscritti)
- Costituito da **produttori** (produttori e importatori di materie prime destinate a imballaggi, produttori-trasformatori e importatori dei semilavorati destinati ad imballaggi, produttori imballaggi vuoti, importatori-rivenditori di imballaggi vuoti) e **utilizzatori** (acquirenti-riempitori di imballaggi vuoti, importatori di imballaggi pieni, autoproduttori, commercianti di imballaggi pieni e vuoti).
- Obiettivo: attuare un sistema integrato di gestione basato sul recupero e riciclo dei rifiuti di imballaggio immessi sul mercato nazionale.



<https://www.conai.org/>



Il consorzi nel Sistema CONAI

Il Sistema CONAI si integra con le attività di 7 Consorzi di filiera, rappresentativi dei materiali utilizzati per gli imballaggi:



I 7 Consorzi **garantiscono il ritiro dei rifiuti di imballaggio** di acciaio, alluminio, carta, legno, plastica, bioplastica e vetro raccolti in modo differenziato, la **lavorazione** e la **consegna al riciclatore finale**.

Compito di ogni Consorzio è coordinare, organizzare e incrementare:

- il ritiro dei rifiuti di imballaggi conferiti al servizio pubblico;
- la raccolta dei rifiuti di imballaggi delle imprese industriali e commerciali;
- il riciclo e il recupero dei rifiuti di imballaggio;
- la promozione della ricerca e dell'innovazione tecnologica finalizzata al recupero e riciclaggio.



Il consorzi nel Sistema CONAI



Ricrea è il Consorzio che dal 1997 assicura il riciclo degli imballaggi in acciaio (barattoli, scatolette, tappi, fusti, latte, lattine, bombolette) provenienti dalla raccolta differenziata organizzata dai comuni italiani. Nel 2019, l'80,6% degli imballaggi in acciaio immessi al consumo in Italia sono stati avviati a riciclo dal Consorzio Ricrea, che ne ha garantito la rinascita sotto forma di travi per l'edilizia, chiavi inglesi, bulloni, chiodi, cancellate in ferro, panchine e telai per biciclette.

www.consorzioricrea.org



CiAI, il Consorzio Nazionale Imballaggi Alluminio opera da oltre 20 anni con il compito di avviare a riciclo e recupero gli imballaggi di alluminio (lattine, scatolette, vaschette, tubetti per creme, conserve, cosmetici o sanitari, bombolette per aerosol, tappi, foglio in alluminio), provenienti dalla raccolta differenziata fatta dai Comuni italiani. Il Consorzio ad oggi collabora con 5.700 Comuni italiani, con il coinvolgimento di 47 milioni di cittadini, il 78% del totale. Nel 2020: 7 imballaggi in alluminio su 10 sono stati riciclati.

www.cial.it



CoReVe è il Consorzio nazionale responsabile del riciclo e del recupero dei rifiuti d'imballaggio in vetro prodotti sul territorio nazionale. Vi aderiscono tutti i produttori di imballaggi in vetro e gli importatori, sia imbottiglieri che grossisti. Nel 2019 ha garantito il ritiro e avvio a riciclo del materiale raccolto grazie all'impegno del 96% degli italiani.

www.coreve.it



Il consorzi nel Sistema CONAI



Comieco nasce nel 1985 dalla volontà di un gruppo di aziende del settore cartario interessate a promuovere il concetto di “imballaggio ecologico”. Oggi raggruppa oggi oltre 3.300 aziende della filiera del riciclo di carta e cartone: produttori di materia prima per imballaggio e produttori di imballaggi cellulosici, recuperatori (piattaforme di selezione del macero). La sua finalità è il raggiungimento degli obiettivi di riciclo previsti dalla normativa. Dalla sua nascita, nel 1985, ad oggi, la percentuale di riciclo e recupero in Italia è passata dal 37% a quasi il 90%: ogni minuto vengono riciclate in media 10 tonnellate di macero.

www.comieco.org



Rilegno è il Consorzio che da quasi 25 anni ha il compito di organizzare e garantire in Italia la prevenzione, il recupero e il riciclo degli imballaggi in legno. In questi anni la filiera per la raccolta e il riciclo gestita da Rilegno è diventata un'eccellenza riconosciuta in tutta Europa. Ogni anno vengono risparmiate 1,9 milioni di tonnellate di CO₂ grazie a Rilegno. Questi i dati in sintesi: ogni anno Rilegno recupera oltre il 63% degli imballaggi immessi al consumo e li trasforma principalmente in pannelli per realizzare mobili. Con i suoi quasi 2.000 consorziati Rilegno promuove la cultura e l'innovazione ponendo l'Uomo al centro di un'economia circolare del legno per un futuro sostenibile.

www.rilegno.org



Il consorzi nel Sistema CONAI



Corepla è il Consorzio nazionale senza scopo di lucro per la raccolta, il riciclo e il recupero degli imballaggi in plastica, a cui partecipa l'intera filiera industriale: produttori e trasformatori di materie plastiche per la fabbricazione di imballaggi, imprese utilizzatrici e recuperatori/riciclatori di rifiuti di imballaggi in plastica. Il Consorzio assicura il ritiro degli imballaggi in plastica raccolti in oltre il 90% dei Comuni italiani, garantendo l'avvio a riciclo e recupero del materiale raccolto. Così la plastica non viene dispersa nell'ambiente e si trasforma da rifiuto a preziosa risorsa, creando anche nuova occupazione e dando impulso all'economia circolare.

www.corepla.it



Biorepack è il nuovo consorzio (sistema di responsabilità estesa del produttore) per la gestione del fine vita degli imballaggi in plastica biodegradabile e compostabile certificati conformi alla norma standard EN 13432. E' il primo consorzio europeo per il riciclo organico degli imballaggi in bioplastica. Compito del Consorzio è l'avvio a riciclo, nel circuito della raccolta differenziata della frazione organica, degli imballaggi che a fine vita sono trasformati, con specifico trattamento industriale, in energia sotto forma di biogas ed in compost, fertilizzante naturale che può tornare alla terra e rivitalizzare il suolo. Il rifiuto organico, che dalle cucine è raccolto in modo differenziato, rappresenta oggi il flusso più importante dei rifiuti domestici raccolti separatamente rappresentando il 40% di tutte le raccolte differenziate in Italia.

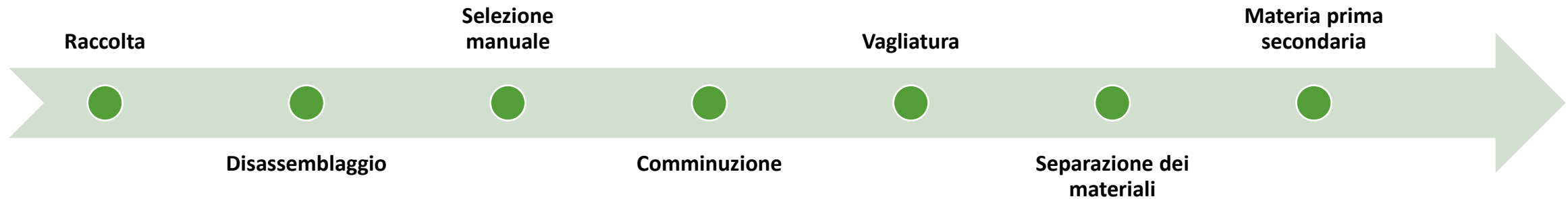
www.biorepack.org



Il riciclo meccanico dei rifiuti: l'ottenimento delle MP 2°

Obiettivo: raggiungere la separazione dei materiali (solitamente di composizione eterogenea) per ottenere materie prime seconde di qualità elevata, che possano sostituire le primarie nei processi di produzione. La destinazione finale dipende dal grado di purezza raggiunto e dai requisiti richiesti dal mercato

Fasi della filiera del riciclo dei materiali.



NB: non tutte sono sempre presenti: dipende dal tipo di rifiuto trattato; anche la sequenza può variare leggermente, soprattutto riguardo la comminuzione (riduzione delle dimensioni) e la vagliatura.



Il riciclo meccanico dei rifiuti

1) RACCOLTA

- Tutte le attività di recupero dei rifiuti avvengono con la fase di raccolta
- Può essere di provenienza **domestica** (prodotti PCR: *post consumer recycling*) o **industriale** (PIR: *post industrial recycling*)
- La raccolta differenziata può essere **monomateriale** (ad esempio il vetro nelle campane) o **multimateriale** (ad esempio plastica ed alluminio conferiti insieme)
- NB: la raccolta differenziata non è il fine, ma è il mezzo per facilitare i trattamenti successivi
- Dopo essere stati raccolti, i rifiuti sono trasportati negli impianti di selezione



Il riciclo meccanico dei rifiuti

2) DISASSEMBLAGGIO

Operazione effettuata su **prodotti di scarto complessi** (giunti a fine vita ma composti da diverse parti collegate)

Previsto per le **apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)** e per i **veicoli fuori uso**, nonché gli **scarti da costruzione e demolizione**. **Obiettivi:**

- favorire il recupero dei componenti o materiali,
- preparare i rifiuti per i successivi processi di trattamento,
- ridurre il volume dei materiali di scarto indifferenziati
- rimuovere eventuali materiali pericolosi.

Le modalità di disassemblaggio devono essere ottimizzate a partire dalla fase produttiva (*design for disassembly*)

Può essere manuale o automatico. L'Industria 4.0 ed in particolare l'uso della robotica si stanno diffondendo.



Il riciclo meccanico dei rifiuti

3) SELEZIONE MANUALE

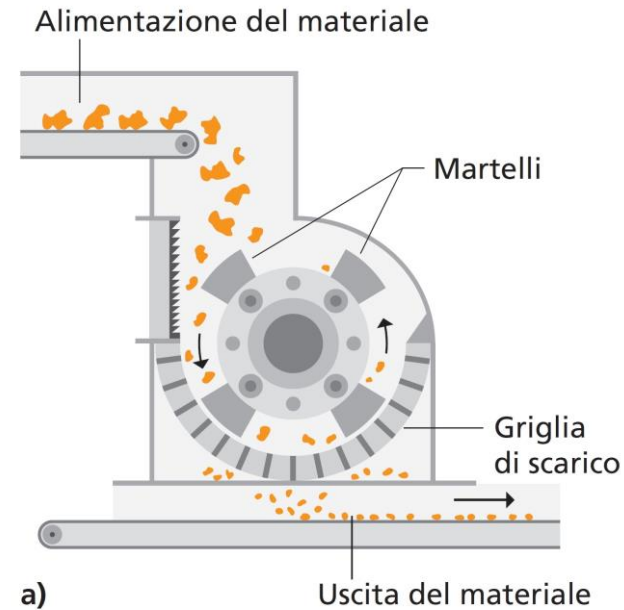
- Addetti controllano il flusso di rifiuti su un **nastro trasportatore**
- Rimuovono manualmente i materiali contaminanti e gli oggetti ingombranti
- E' effettuata all'inizio del riciclo, ma può trovarsi anche all'uscita dei materiali dalle unità di separazione
- Lavoro usurante, ripetitivo, noioso
- **Pessime condizioni ambientali:** polveri, rumori, odori, microorganismi e altre sostanze pericolose



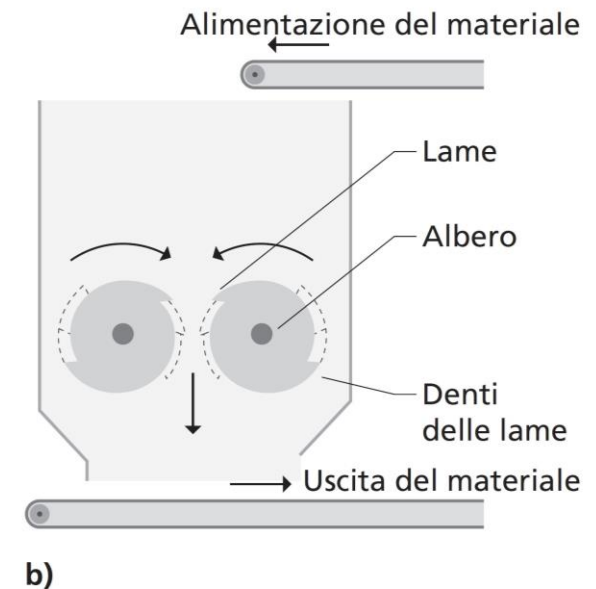
Il riciclo meccanico dei rifiuti

4) COMMINUZIONE

- **Riduzione delle dimensioni** dei rifiuti, omogeneizzazione, liberazione dei costituenti (nel caso di materiali compositi) e preparazione per i successivi step (meccanici o chimici)
- Macchine dotate di utensili che rompono il materiale attraverso **azioni** meccaniche di **urto**, **compressione**, **taglio**, **abrasione**
- La scelta del metodo dipende dalla natura del materiale in alimentazione e le dimensioni
- Alternative: mulini (o frantoi) a martelli: ruotano ad alta velocità e rompono i materiali con gli urti; trituratori: azioni di taglio. Solitamente segue una griglia di uscita da cui i materiali escono quando raggiungono le dimensioni opportune
- Può avvenire prima o dopo la fase di separazione, a seconda del tipo di impianto e rifiuto



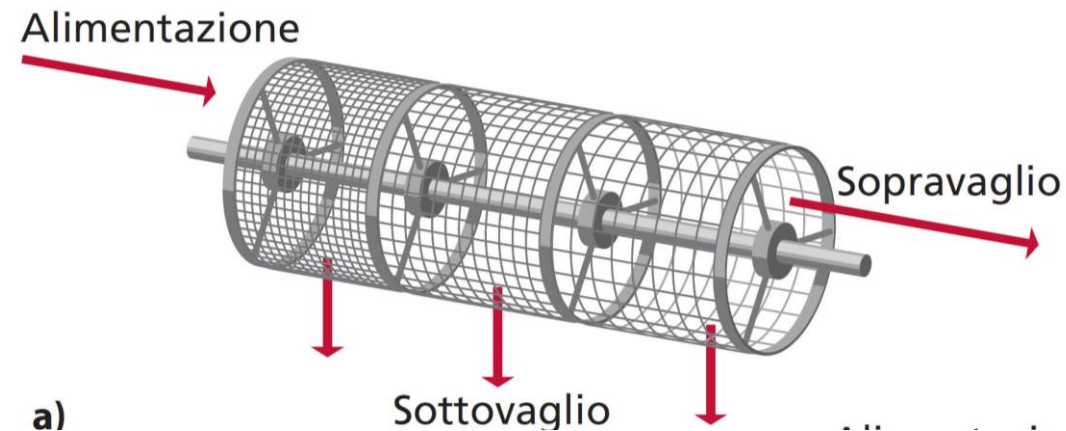
► **Figura 2.34** La comminuzione, necessaria per ridurre le dimensioni dei rifiuti, negli impianti di riciclo viene effettuata generalmente mediante mulini a martelli (a) o trituratori (b). (Modificata da Pichtel J., 2005.)



Il riciclo meccanico dei rifiuti

5) VAGLIATURA

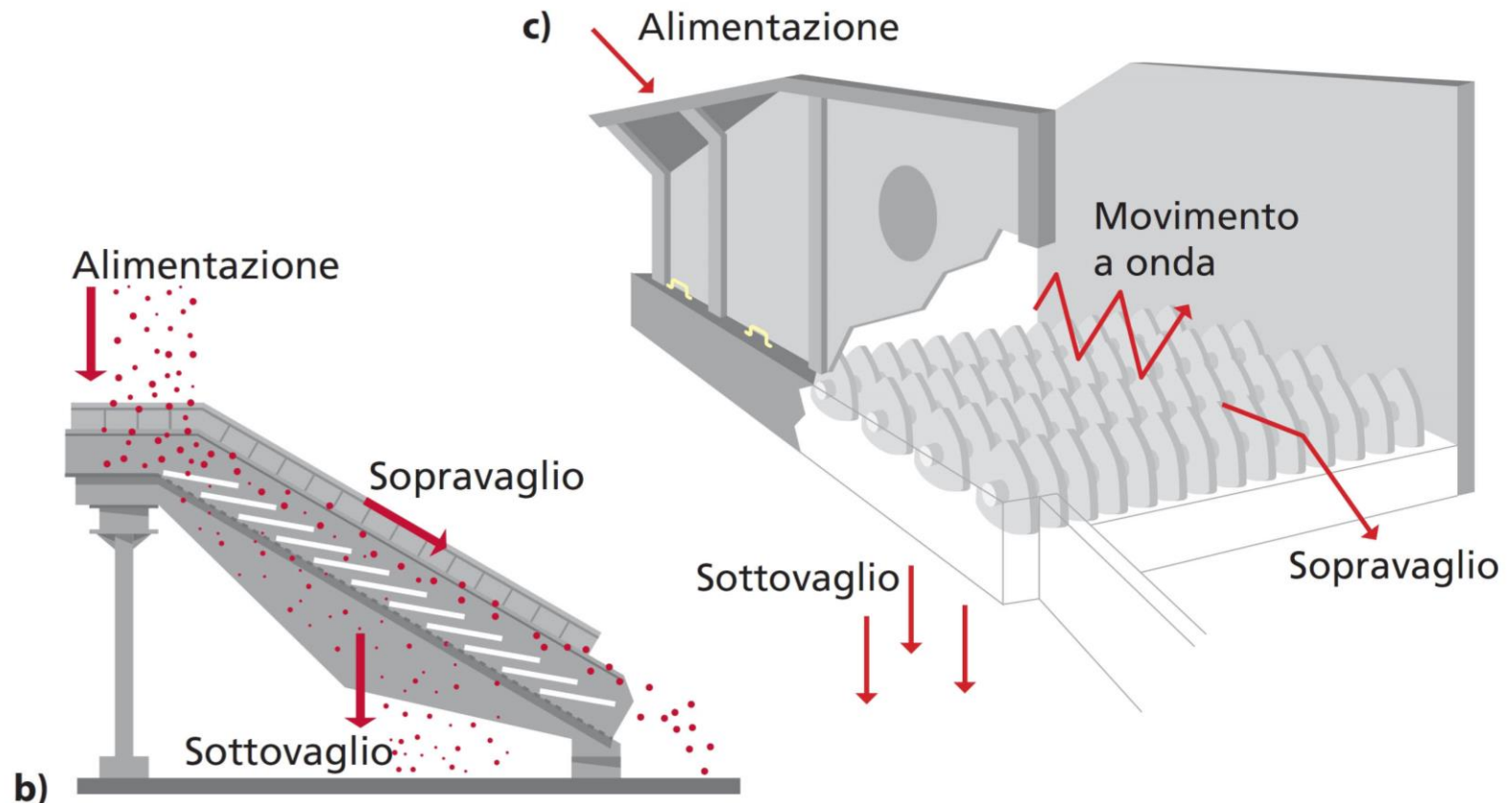
- Consente di separare i rifiuti in due o più frazioni dimensionali
- Si effettua con diverse tipologie di macchine con superfici vaglianti: le particelle più grandi sono trattenute sulla superficie del vaglio (sopravaglio), quelle più fini passano attraverso le maglie (sottovaglio).
- Utile per rimuovere materiali di piccole dimensioni, difficilmente separabili nella fase successiva (terra, pietre...)
- Può avvenire a umido o secco (principalmente).
 - a) Vagli a tamburo rotante (trommel): cilindri grandi con una superficie vagliante costituita da rete metallica perforata. Ruota attorno ad un asse orizzontale leggermente inclinato



Il riciclo meccanico dei rifiuti

b) Vagli vibranti: una o più superfici vaglianti con aperture di dimensioni prescelte

c) Vagli a dischi: serie di alberi paralleli rotanti su cui è montata una serie di dischi arrotondati che possono avere diverse forme



▼ **Figura 2.35** Macchine per la vagliatura: vaglio a tamburo rotante o *Trommel* (a); vaglio vibrante (b); vaglio a dischi (c). (Modificata da Brady, *Chimica blu*, Zanichelli, 2020.)



Il riciclo meccanico dei rifiuti

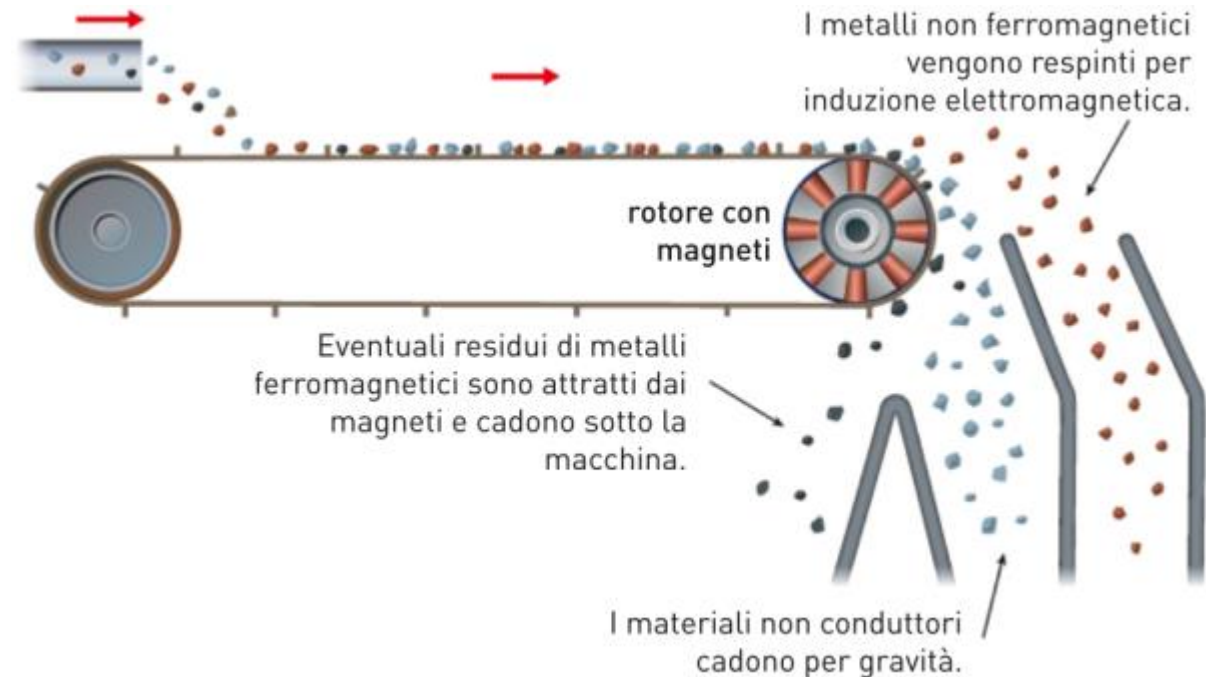
6) SEPARAZIONE DEI MATERIALI

Effettuata per ottenere flussi di materiali puri

Metodi che sfruttano proprietà chimico-fisiche dei materiali da separare

Separazione diretta: sfrutta le proprietà dei materiali (susceptività magnetica, conducibilità elettrica o densità) mediante l'applicazione di campi esterni

Separazione indiretta: i materiali movimentati su nastri trasportatori sono prima identificati tramite sensori di diversa natura e poi separati per mezzo di strumenti di espulsione meccanica (ad esempio aria compressa) alla fine del nastro trasportatore.



Il riciclo meccanico dei rifiuti

Tabella 2.5 Principali metodi di separazione utilizzati negli impianti di riciclo.

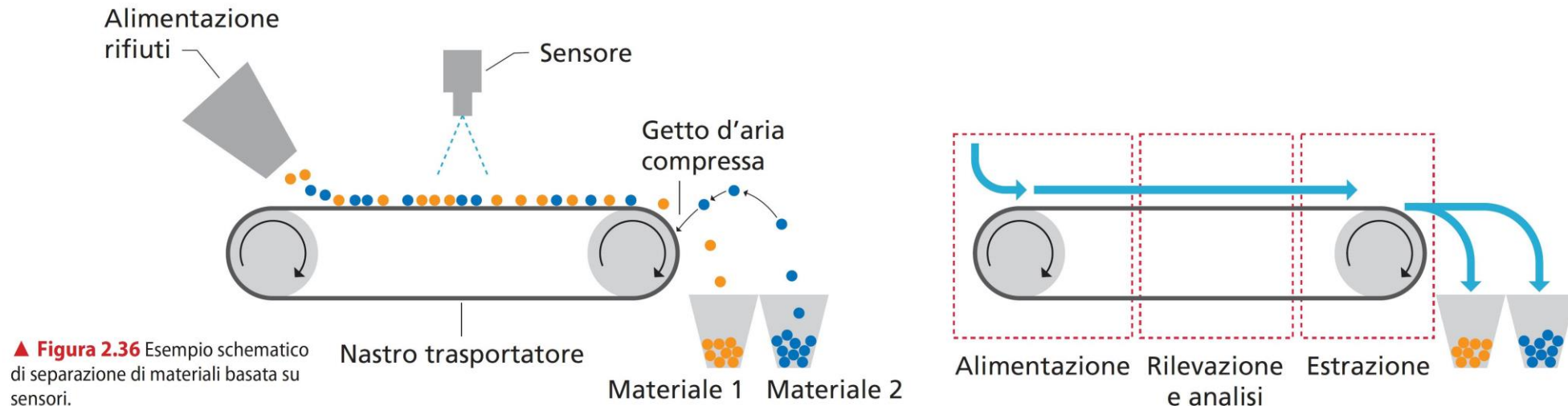
Operazione	Metodo	Descrizione
Separazione gravimetrica	Classificatori ad aria	I rifiuti entrano in una colonna in cui è presente una corrente d'aria ascendente. Le frazioni leggere (carta, film di plastica ecc.) vengono trasportate verso l'alto, mentre quelle più pesanti cadono verso il basso
	Separatori balistici	I rifiuti passano su una superficie vagliante inclinata, costituita da una serie di pale parallele dotate di moto orbitale. Le frazioni leggere e piatte vengono trasportate nella parte superiore, quelle pesanti e rotolanti cadono verso il basso; le frazioni fini passano attraverso le maglie della superficie
	Separatori <i>sink-float</i>	I materiali sono introdotti in un serbatoio contenente un fluido di una densità specifica: quelli con densità inferiore galleggiano, mentre quelli con densità superiore affondano (per es. separazione di polimeri di differente densità)
Separazione magnetica	Separatori magnetici a tamburo, a nastro e pulegge magnetiche	I metalli ferrosi vengono separati dagli altri materiali per mezzo di magneti che li attraggono, deviandoli dal flusso di rifiuti che scorre sul nastro trasportatore
Separazione <i>Eddy current</i>	Separatore a correnti indotte (o <i>Eddy current</i>)	Le correnti indotte generate da un campo magnetico rotante vengono sfruttate per deviare i metalli non ferrosi (per es. alluminio) dal flusso di rifiuti che scorrono su un nastro trasportatore
Separazione elettrostatica	Separatori elettrostatici a "effetto corona", a induzione o triboelettrici	I materiali vengono separati in funzione della diversa conducibilità elettrica (per es. metalli da non metalli, frazione organica da inerte o differenti polimeri); i metodi si differenziano in funzione delle modalità di caricamento delle particelle



Il riciclo meccanico dei rifiuti

Il sistema di separazione si compone di:

- 1) **Alimentazione:** sistemi vibranti facilitano lo sparpagliamento delle particelle sul nastro per evitare la sovrapposizione e contatto di frammenti che devono invece essere individuati singolarmente
- 2) **Rilevazione e analisi:** i sensori rilevano le proprietà degli oggetti tramite analisi senza contatto e non distruttive (es: raggi X; infrarossi). Il sensore è collegato ad un sistema che elabora i dati e classifica gli oggetti in base alle caratteristiche rilevati. Sono potenti e rapidissimi, vista l'elevata velocità di trasporto dei materiali (2-4 m/s)
- 3) **Estrazione:** il sistema di elaborazione dati invia un segnale a una serie di attuatori posti alla fine del nastro trasportatore, che sono azionati per separare i materiali delle diverse classi.



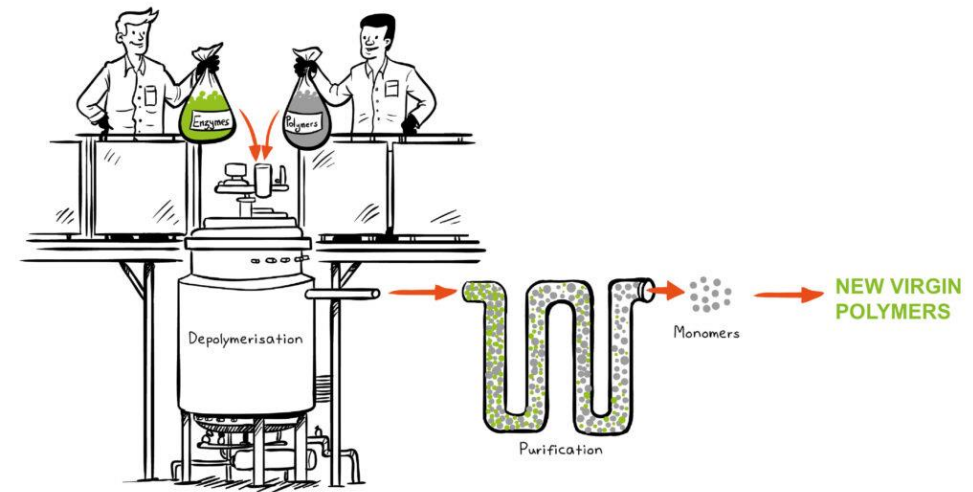
Il riciclo chimico dei rifiuti

Una volta separati, i materiali (carta, vetro, alluminio, plastica) possono essere reimmessi nel ciclo di produzione come materie prime secondarie.

Tutte le operazioni descritte sono basate su principi di tipo fisico e usano metodi di trattamenti meccanici per la separazione.

Quando si tratta di riciclare materiali di prodotti molto complessi (es: circuiti stampati dei RAEE) il riciclo meccanico non è sufficiente a liberare tutti i metalli rari e preziosi presenti.

Si ricorre al trattamento chimico, per esempio idrometallurgico, che si basano sulla chimica in soluzione acquosa per ricavare metalli dai materiali compositi.



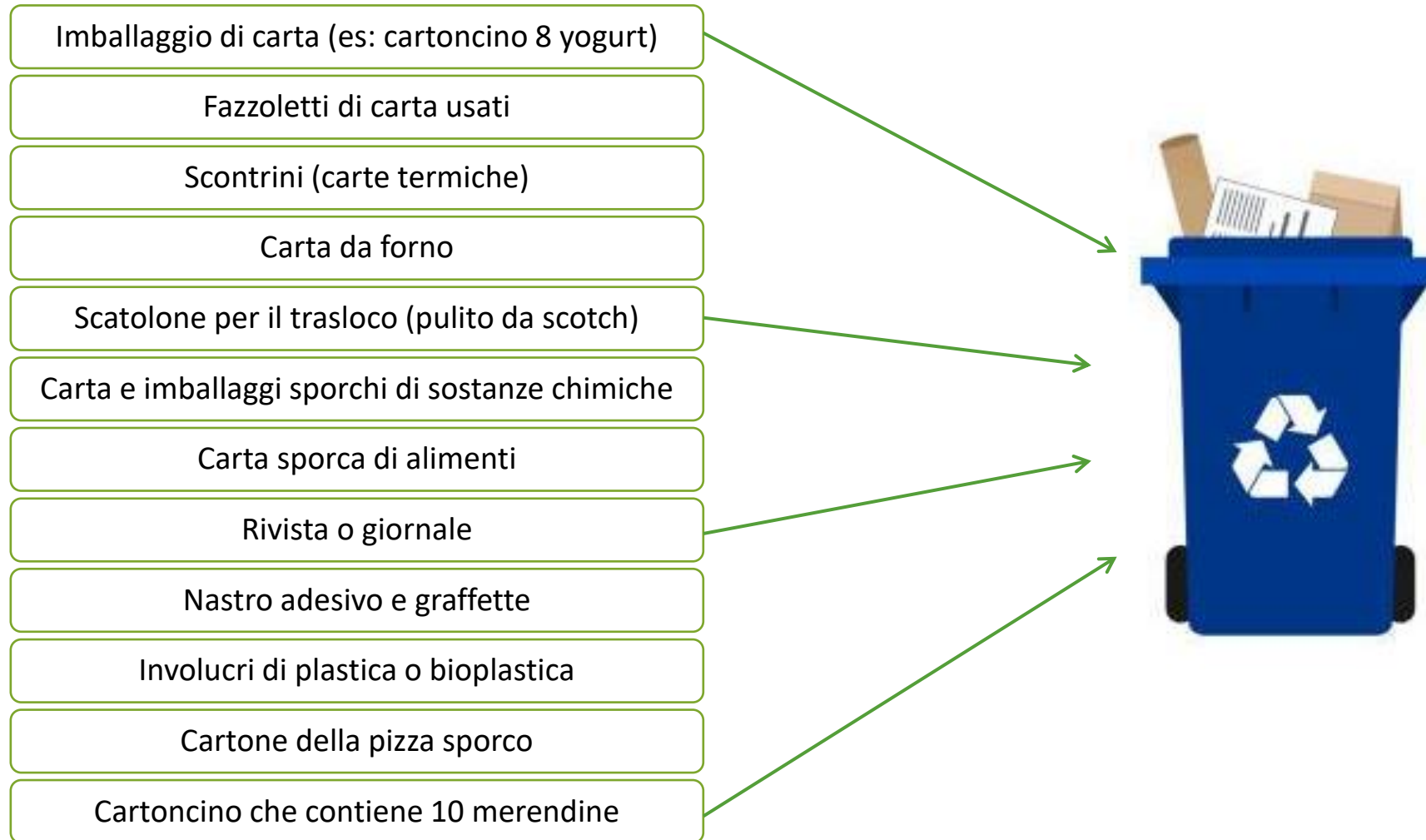
Da cosa rinasce cosa - CONAI



<https://youtu.be/A2jW3nIJSdM>



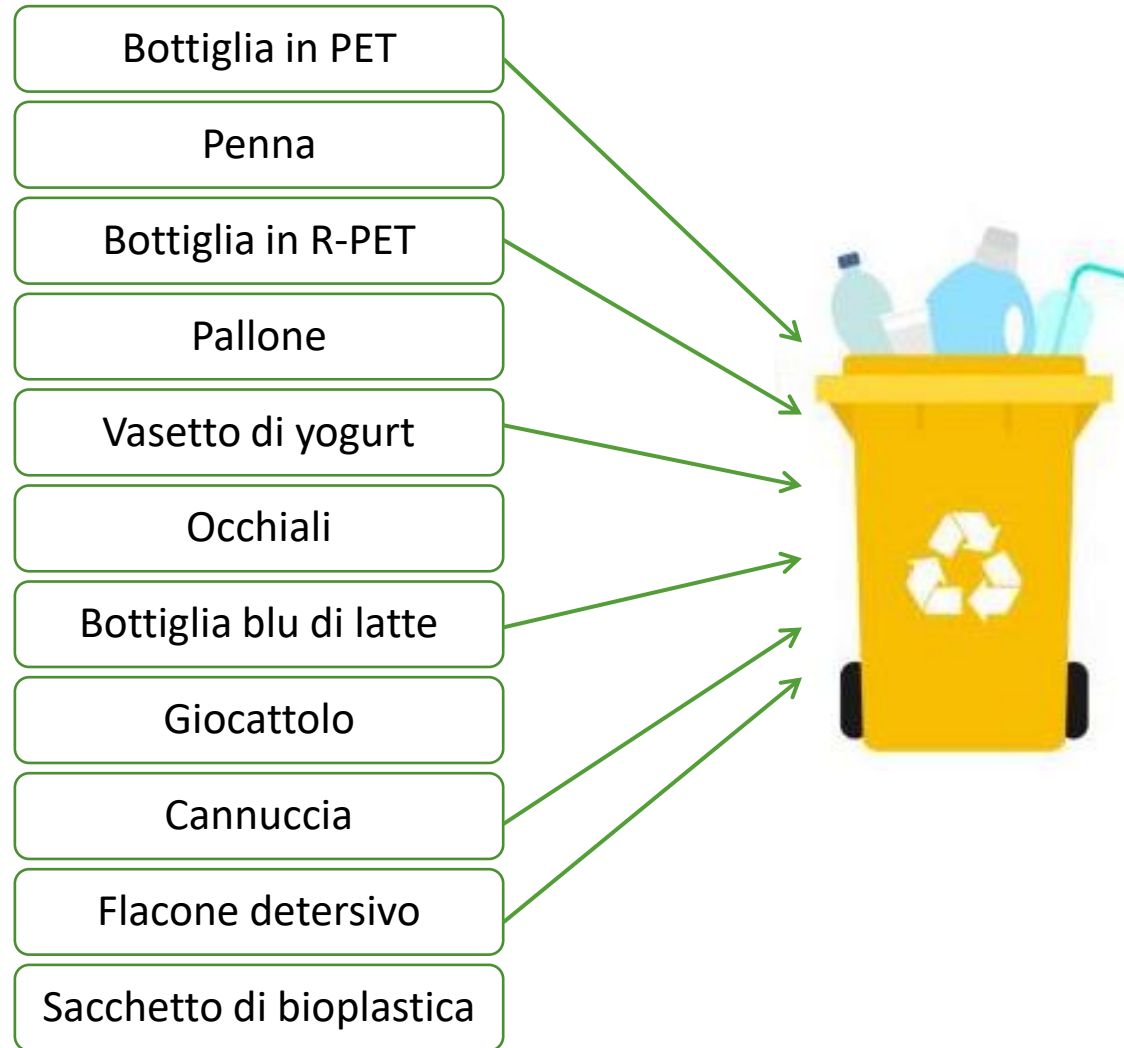
Carta e cartone: cosa si e cosa no?



<https://www.comieco.org/carta-e-cartone/la-raccolta-differenziata/raccolta-differenziata-carta-cartone-errori-da-non-commettere/>



Plastica: cosa si e cosa no?



Vetro: cosa si e cosa no?

- Cristallo
- Ceramica
- Vasetto per marmellata
- Bicchiere
- Tappo di alluminio
- Bottiglia di birra
- Specchio rotto
- Lampadina rotta
- Barattolo di passata
- Televisore
- Occhiali da sole
- Lenti degli occhiali



Alluminio: cosa si e cosa no?

Tubetti per conserve

Bombolette spray

Vaschetta per alimenti

Lattina per bevande

Foglio in alluminio per alimenti

Coperchi peel off

Scatolette per cani



Organico: cosa si e cosa no?





Grazie per l'attenzione

La gestione dei rifiuti

Docente: Ing. Ph.D. Roberta Stefanini

Ricercatrice RTDA
presso Università di Parma
roberta.stefanini@unipr.it