

# Imballaggio cellulosico con proprietà barriera

Stato dell'arte  
e innovazione  
dei materiali

Andrea Marinelli  
Lia Sossini  
Romina Santi  
Barbara Del Curto

*Dipartimento di Chimica,  
Materiali e Ingegneria Chimica  
Giulio Natta,  
Politecnico di Milano*



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



**comieco**  
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo  
degli Imballaggi a base Cellulosica





**Imballaggio  
cellulosico  
con proprietà  
barriera**

*Progetto scientifico a cura di*



*Gruppo di lavoro*

*Per Comieco:*

Lorenzo Bono  
Barbara Bonori  
Federica Brumen

*Per il Politecnico di Milano:*

Barbara Del Curto  
Andrea Marinelli  
Romina Santi  
Lia Sossini

*Progetto grafico e impaginazione*

Bebung

Copyright © 2022 Edizioni Dativo Srl

ISBN 978-88-943109-3-1

Edizioni Dativo Srl

Via Benigno Crespi 30/2 - 20159 Milano (Italy)

Tel. +39 0269007733

Fax +39 0269007664

info@dativo.it - www.dativoweb.net

# Imballaggio cellulosico con proprietà barriera

Stato dell'arte  
e innovazione  
dei materiali

Andrea Marinelli  
Lia Sossini  
Romina Santi  
Barbara Del Curto

*Dipartimento di Chimica,  
Materiali e Ingegneria Chimica  
Giulio Natta,  
Politecnico di Milano*



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



**comieco**  
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo  
degli Imballaggi a base Cellulosica

# 1

## Contesto

1.1	<b>Composito, (poli)accoppiato, laminato, (co)estruso e rivestito: facciamo chiarezza</b>	<b>11</b>
1.2	<b>Panorama normativo: Europa</b>	<b>18</b>
1.3	<b>Panorama normativo: Italia</b>	<b>23</b>
1.4	<b>Questioni di etichetta</b>	<b>28</b>
1.5	<b>Contributo Ambientale Conai (CAC) diversificato</b>	<b>32</b>
1.6	<b>Implementazione SUP in Italia</b>	<b>35</b>
1.7	<b>SUP oltre l'Italia: quali i provvedimenti adottati da Spagna, Francia, Germania e Finlandia?</b>	<b>37</b>
1.8	<b>Compositi a prevalenza carta e riciclo in cartiera</b>	<b>41</b>

# 2

## Imballaggi: strutture, definizioni e macrocategorie

2.1	<b>Strutture e definizioni: lo stato dell'arte</b>	<b>49</b>
2.2	<b>Macrocategorie</b>	<b>51</b>
2.3	<b>Una nuova metodologia di definizione</b>	<b>54</b>

# 3

## Analisi di mercato

3.1 Metodologia	61
3.2 Struttura database	64
3.3 Risultati e discussione	70
3.4 Considerazioni finali	93

# 4

## Ricerca attiva

4.1 Metodologia	97
4.2 Risultati e discussione	99
4.3 Una visione più ampia	104
4.4 Considerazioni finali	107

Conclusioni	110
-------------	-----

Riferimenti	112
-------------	-----

Lista delle abbreviazioni	119
---------------------------	-----

<b>Glossario</b>	121
------------------	-----

<b>Appendice</b>	125
------------------	-----



# Introduzione

Le aziende italiane che decidono di investire in tecnologie e prodotti sostenibili sono sempre di più, e gli imballaggi cellulosici rappresentano una componente importante di questo nuovo approccio strategico: leggeri, maneggevoli, ma soprattutto rinnovabili, riciclabili e in grado di contribuire alla circolarità della nostra economia.

Da sempre Comieco orienta le proprie attività di ricerca e sviluppo verso azioni che portano alla prevenzione dei rifiuti nella progettazione, produzione, distribuzione e consumo degli imballaggi, in modo coerente con la politica europea, supportando il lavoro delle imprese della filiera cartaria italiana per accelerare processi di innovazione e la diffusione di soluzioni innovative. Il Politecnico di Milano pone particolare riguardo alle dimensioni di sostenibilità legate al ciclo di vita del packaging, svolgendo attività di ricerca e innovazione in stretta sinergia con aziende e enti pubblici e privati.

Questo documento fa riferimento ad imballaggi e materiali per imballaggi a prevalenza cellulosica con effetto barriera. Oggigiorno, infatti, il settore del packaging a base carta sta assistendo ad una crescente richiesta di mercato (1), in particolare come conseguenza della riduzione del consumo di materiali polimerici. La transizione a cui si fa riferimento è dettata da diversi fattori, tra i quali si può annoverare l'aggiornamento della disciplina normativa (che verrà in questa sede affrontata), una maggiore consapevolezza del consumatore finale in relazione a tematiche legate alla sostenibilità (2) e a questioni di marketing e *brand image*.

Nel contesto economico attuale, la sostenibilità è al centro dell'attenzione. Le scelte in materia di progettazione di imballaggi dovrebbero essere, però, opportunamente ponderate e valutate sugli effettivi impatti (ambientali, economici e sociali) che queste implicano. La carta è un materiale che proviene da fonti rinnovabili ed è facilmente riciclabile, ma nel caso di alcuni particolari trattamenti o accoppiamenti con altri materiali queste caratteristiche rischiano di venir meno, ricadendo - nei casi peggiori - in pratiche di greenwashing, denunciate e punite - tra gli altri - dalla Comunità Europea (3). Metodologie come la Life Cycle Assessment (LCA) in tutte le sue declinazioni possono essere utilizzate per valutare l'impatto ambientale dell'imballaggio, fornendo dei valori numerici utili a confrontare le soluzioni e/o strategie in esame.

La transizione da imballaggi di natura polimerica ad altri a prevalenza cellulosica non è un processo che avviene in tempi ridotti, in quanto prevede



accurate valutazioni di natura impiantistico-economica - legate alla macchinabilità dei materiali - nonché alla verifica delle prestazioni barriera nei confronti di potenziali agenti che minano il mantenimento della qualità del contenuto. È infatti di dominio comune che la carta, senza opportuni trattamenti, sia un materiale idrofilo (ovvero, che assorbe acqua) e con ridotte proprietà barriera a gas, olii e grassi. Pertanto, al fine di poter ambire a sostituire alcune tipologie di imballaggio attualmente realizzate in altri materiali, tra cui la plastica, è necessario aumentarne le proprietà barriera grazie a strati aggiuntivi, senza tralasciare i requisiti di processo che risultano indispensabili per un effettivo impiego a scala industriale: anche il materiale più performante può risultare progettualmente poco rilevante se non è possibile processarlo per ottenere un imballaggio.

In un contesto che richiede continuamente performance migliorate agli imballaggi in carta e cartone la ricerca si sta muovendo in sempre nuove e diverse direzioni, ma l'obiettivo rimane lo stesso: privilegiare la riciclabilità, consolidare e migliorare il tasso di riciclo dell'85%, stabilito come obiettivo dall'Unione Europea al 2030, e che il nostro Paese ha già raggiunto con dieci anni di anticipo.

Ed è proprio in questo ambito che si inserisce il presente studio che, in un contesto di mercato nascente e ancora poco esplorato, si concentra su tre aspetti principali:

- > le diverse soluzioni di packaging attualmente presenti sul mercato italiano;
- > le principali direttrici future su cui si sta orientando la ricerca e l'innovazione;
- > i potenziali impatti e i diversi tassi di riciclo che si possono ottenere quando l'imballaggio con trattamenti barriera raggiunge il suo fine vita.

Nei prossimi capitoli verranno affrontate le suddette tematiche, partendo da una più specifica definizione dell'ambito di indagine, passando a descrivere le soluzioni che si trovano principalmente sul mercato, a quelle che probabilmente lo saranno nel medio e lungo termine fornendo, infine, una visione di insieme capace di descrivere sia le opportunità che gli aspetti normativo-tecnici sui quali non è ancora stata fatta completa chiarezza.

# 1



**Contesto**

<b>1.1 Composito, (poli)accoppiato, laminato, (co)estruso e rivestito: facciamo chiarezza</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Panorama normativo: Europa</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Panorama normativo: Italia</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Questioni di etichetta</b>	<b>28</b>
<b>1.5 Contributo Ambientale Conai (CAC) diversificato</b>	<b>32</b>
<b>1.6 Implementazione SUP in Italia</b>	<b>35</b>
<b>1.7 SUP oltre l'Italia: quali i provvedimenti adottati da Spagna, Francia, Germania e Finlandia?</b>	<b>37</b>
<b>1.8 Compositi a prevalenza carta e riciclo in cartiera</b>	<b>41</b>



**Il capitolo comprende una prima parte legata alla terminologia utilizzata in questo documento, passando successivamente al panorama normativo attuale: si cercherà di evidenziare, ove possibile, le implicazioni che le direttive a livello europeo e i decreti legislativi a livello italiano avranno per i materiali compositi (la cui definizione secondo direttiva è riportata poco più avanti). L'attenzione si sposterà poi sull'etichettatura ambientale, il Contributo Ambientale Conai (CAC) diversificato e il recepimento della Direttiva sulle Single-Use Plastics (SUP) in Italia e in altri Paesi europei. Infine, verranno discusse le possibili criticità che i materiali con trattamento superficiale possono generare in fase di riciclo in cartiera.**

## 1.1 Composito, (poli)accoppiato, laminato, (co)estruso e rivestito: facciamo chiarezza

**Q**uando si parla di imballaggi realizzati con materiali dotati di proprietà barriera – sia essa a liquidi, gas, UV, aroma, ecc. – è comune associare loro termini quali “accoppiati”, “poliaccoppiati”, “multistrato”, “laminati”, “speciali”, “rivestiti”, “trattati” e tanti altri ancora. Poiché questi termini non sono equivalenti e nemmeno intercambiabili, l’obiettivo di questa sezione è quello di fare chiarezza sull’origine dei vari termini e, quindi, sulle situazioni in cui dovrebbero essere utilizzati.

Le proprietà barriera in un materiale cellulosico si possono ottenere in differenti modi. Per impartire barriere a substrati cellulosici è possibile agire su due differenti livelli:

- **Aggiunta di materiali e sostanze nel volume o sulla superficie del substrato cellulosico**
- **Modifica chimica o chimico-fisica delle fibre che costituiscono il substrato cellulosico**

Nel contesto di questo documento verranno tralasciate le modifiche della cellulosa, ponendo maggiore attenzione sull’aggiunta di materiali al substrato cellulosico, solitamente di natura non cellulosica (es.

polimeri). Da qui, la necessità di definire un termine relativo a materiali composti a loro volta da materiali di diversa natura. È appunto il termine “composto” (o, come si leggerà di qui a poco, “composito”) che può essere associato al semilavorato con trattamenti che ne impartiscono proprietà barriera.

Facendo infatti riferimento all’Art. 218 del D.Lgs. 116/2020 (4), il termine “imballaggio composito” (ovvero: il risultato di ulteriori lavorazioni al semilavorato come ad esempio taglio, piega e incollatura) viene infatti definito al punto e-bis come<sup>1</sup>:

***[...] un imballaggio costituito da due o più strati di materiali diversi che non possono essere separati manualmente e formano una singola unità, composto da un recipiente interno e da un involucro esterno, e che è riempito, immagazzinato, trasportato e svuotato in quanto tale.***

Similarmente, dalla Decisione della Commissione Europea 97/129/EC (5) ricaviamo invece la definizione di imballaggio “composto”:

***[...] l’imballaggio costituito da materiali diversi che non è possibile separare manualmente, ognuno dei quali non superi una determinata percentuale del peso dell’imballaggio [...]***

alla quale bisogna integrare il limite riconosciuto come soglia al di sotto della quale un materiale non viene considerato “composito”. In particolare, questa soglia riprende il limite del 5 % definito per la ren-

<sup>1</sup> Il D.Lgs. 116/2020 e la Direttiva 2018/852, essendo recepita dal D.Lgs. 116/2020, riportano la stessa definizione di “materiale composito”.

dicontazione dei materiali di composizione all'Art. 6 quater, comma 2, della Decisione di esecuzione (EU) 2019/665 (6).

Per quanto detto fino ad ora, la definizione di imballaggio (e, parallelamente, di materiale) “composito” è un termine generico che comprende tutte le tipologie di trattamento di superficie o volume applicato ad un substrato generico. Sottolineiamo come, a differenza delle normative in cui esiste la soglia del 5 %, nella disciplina della Scienza dei Materiali non esiste una percentuale minima tale da definire un materiale come composito: è la presenza stessa di due materiali con proprietà o di natura differente che lo rende tale. A voler essere più precisi, nella Scienza dei Materiali il termine “composito” si riferisce ad un materiale (che funge da matrice) che viene caricato in volume con fibre o particelle (con funzione di rinforzo, per migliorarne le proprietà) (7).

All'interno della categoria dei materiali compositi a prevalenza cellulosa - così come definiti in ambito normativo - è possibile operare una categorizzazione basata sulla tecnologia di applicazione dello strato o degli strati aggiuntivi a quello celluloso. In particolare, si può fare riferimento a (8):

- **Impregnazione (trattamenti di volume del substrato);**
- **Rivestimento (trattamenti di superficie del substrato, senza l'uso di adesivi);**
- **Laminazione (trattamenti di superficie del substrato, con l'uso di adesivi).**

Quando parliamo di imballaggi si fa principalmente riferimento a rivestimento e laminazione, ovvero a rivestimenti superficiali del substrato.

Come riportato nelle rispettive parentesi, la differenza tra le due risiede nel fatto che la prima non prevede l'utilizzo di adesivi per far aderire lo strato polimerico alle fibre, mentre la seconda sì.

Figura 1. Schema rappresentativo delle possibilità per implementare le proprietà barriera e terminologia associata. In linea continua le soluzioni prevalentemente indagate in questo documento.





**MODIFICA** chimica o chimico-fisica delle fibre che costituiscono il substrato cellulosico

Materiale non cellulosico < 5% in peso  
Imballaggio monomateriale

**ACCOPPIATO**  
un unico strato aggiuntivo

**POLIACCOPPIATO**  
strati multipli aggiuntivi

**Gramm. barriera**  
**> 20 g/m<sup>2</sup>**

**ESTRUSO**  
deposizione di uno strato singolo

**CO-ESTRUSO**  
deposizione di una molteplicità di strati

**Gramm. barriera**  
**10÷20 g/m<sup>2</sup>**

**DISPERSION COATING**  
spalmatura di polimero in soluzione acquosa

**Gramm. barriera**  
**< 10 g/m<sup>2</sup>**

### 1.1.1 RIVESTIMENTO

Una carta rivestita può essere comunemente prodotta tramite tecnologie di estrusione, co-estrusione e *dispersion coating*<sup>2</sup>. Conseguentemente, si può fare riferimento alle diverse carte rivestite con i termini “carta estrusa”, “carta co-estrusa” e “carta rivestita con una dispersione (polimerica)”.

Se da un lato il processo di estrusione prevede la deposizione di un sottile film polimerico allo stato fuso (per la co-estrusione si ha una molteplicità di film, a garantire generalmente prestazioni migliori), nel *dispersion coating* il polimero è disperso in un solvente – solitamente acqua – che deve essere fatto evaporare in un secondo momento. Un'altra differenza risiede nella grammatura minima del rivestimento ottenibile, che per una dispersione polimerica risulta inferiore e solitamente si attesta a meno di 10 g/m<sup>2</sup> mentre per carte estruse è nell'ordine dei 10÷20 g/m<sup>2</sup>. È bene notare come, in funzione della grammatura del substrato, sarà possibile ottenere materiali con proprietà barriera aggiuntive che non rientrano nella definizione di “materiale composito”, in quanto la grammatura del coating risulta inferiore al 5 % della massa totale del materiale rivestito.

### 1.1.2 LAMINAZIONE

La laminazione prevede l'applicazione di uno o più strati polimerici sotto forma di film (o, in alcuni casi, una lamina di alluminio) ad un substrato cellulosico mediante l'interposizione di *layer* adesivi. Il termine “accoppiato” può essere usato come sinonimo di “laminato” (9) se si

<sup>2</sup> Le dispersioni sono generalmente rivestimenti a base acqua. Sul mercato esistono altre tipologie di rivestimento – a base solvente o a base di cere (paraffina) – dalle quali l'industria si sta progressivamente allontanando. La spiegazione è da ritrovarsi in motivi legati a possibili rischi per la salute delle persone.

tratta di un unico strato aggiuntivo; qualora, invece, gli strati aggiuntivi fossero multipli, è opportuno fare riferimento al termine “poliaccoppiato”. In questi casi, sarà possibile identificare il substrato poliaccoppiato equivalentemente con il termine “multistrato”.

In generale, la grammatura dei singoli film laminati va da 20 g/m<sup>2</sup> a salire, in quanto gli strati sono allo stato solido quando vengono applicati al substrato cellulosico (e spessori troppo ridotti possono inficiare sulla continuità dell'accoppiamento).

## 1.2 Panorama normativo: Europa

### 1.2.1 DIRETTIVA 94/62/EC

La Direttiva 94/62/EC (10) del Parlamento Europeo e del Consiglio mira ad armonizzare i recepimenti nazionali legati alla gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio, nonché a garantire il funzionamento del mercato interno e degli scambi tra vari Paesi della comunità. In particolare, in Italia la Direttiva 94/62/EC è stata recepita dal D.Lgs. 152/2006 (11).

La Direttiva riguarda tutti i materiali da imballaggio, pertanto include anche quelli a prevalenza cellulosica. La sua importanza deriva dalla definizione di terminologia associata a imballaggi e rifiuti di imballaggio; inoltre, definisce i requisiti che rendono un imballaggio recuperabile. Infine, la Direttiva 94/62/EC esplicita l'importanza della comunicazione al consumatore, che deve essere conscio dei sistemi di restituzione, raccolta e recupero a loro disposizione; del suo ruolo nel contribuire al riutilizzo, al recupero e al riciclaggio degli imballaggi; del significato delle marcature sugli imballaggi.

Le tabelle da utilizzare per il sistema di basi dati sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio sono definite nella Decisione 2005/270/EC (12) e modificate dalla Decisione di esecuzione (EU) 2019/665 (6).

## 1.2.2 DIRETTIVA 2008/98/EC

La Direttiva 2008/98/EC (13) del Parlamento Europeo e del Consiglio è conosciuta prevalentemente per definire all'Art. 4 la gerarchia per una corretta gestione dei rifiuti, ma anche per la definizione di termini associati ai rifiuti. La Direttiva è stata modificata dalla Direttiva 2018/851 (14), la quale ha inserito, tra le altre, la definizione di Responsabilità Estesa del Produttore (EPR).

## 1.2.3 DIRETTIVA 2018/852

La Direttiva (EU) 2018/852 (15) del Parlamento Europeo e del Consiglio vuole favorire un aumento del tasso di riciclo dei rifiuti di imballaggio per meglio riflettere l'ambizione dell'Unione di passare a un'economia circolare. In particolare, vengono stabiliti dei traguardi in termini di riciclo da raggiungere entro specifiche soglie temporali. In particolare, per imballaggi a prevalenza cellulosa, gli obiettivi sono fissati per il 75% entro il 31/12/2025 e per l'85% entro il 31/12/2030 – obiettivi già superati in Italia (16).

La Direttiva 2018/852 modifica la Direttiva 94/62/EC (10) inserendo tra le definizioni quella di imballaggio riutilizzabile e imballaggio composito. In particolare, la definizione di imballaggio composito è la stessa recepita dal D.Lgs. 116/2020 (4).

Nella Direttiva 2018/852 vengono inoltre citati gli imballaggi riciclabili a base biologica e gli imballaggi biodegradabili compostabili come un'opportunità per promuovere le fonti rinnovabili per la produzione di imballaggi, laddove sia dimostrato che apportino vantaggi dal punto di vista del ciclo di vita.

Infine, rispetto alla Direttiva 94/62/EC (10), sono modificati anche gli Allegati II e III, con particolare riferimento alla definizione dei requisiti del packaging, introducendo i concetti del packaging recuperabile sotto forma di compostaggio e di packaging biodegradabile.

## 1.2.4 DIRETTIVA 2019/904

La Direttiva (EU) 2019/904, denominata anche direttiva “*Single-Use Plastic*” (SUP - plastica monouso) riguarda prevalentemente i prodotti (tra cui imballaggi) realizzati ad oggi prevalentemente in materiale polimerico. Nella direttiva si pongono vincoli e limiti relativi all’immissione a consumo di prodotti a favore di soluzioni alternative che risultino riutilizzabili e che, quindi, possano contribuire alla riduzione dei rifiuti generati.

La normativa riporta una definizione specifica di prodotto di plastica monouso (riportata nel *Glossario*), includendo in essa anche imballaggi la cui componente polimerica non risulta strutturale o funzionale. Conseguentemente, anche gli imballaggi compositi a prevalenza cellulosa possono essere compresi nelle liste pubblicate. In particolare, è possibile includere nella lista di prodotti di cui ridurre il consumo bicchieri e contenitori per alimenti take-away. Come si vedrà nei prossimi paragrafi (*1.6 Implementazione SUP in Italia e 1.7 SUP oltre l’Italia: quali i provvedimenti adottati da Spagna, Francia, Germania e Finlandia?*), i differenti Paesi hanno intrapreso strade differenti, tra chi ammette l’uso di polimeri biobased, biodegradabili e/o compostabili, chi ammette l’immissione a consumo per un periodo limitato e chi, invece, adotta fin da subito una posizione più radicale.

## 1.2.5 NORMATIVA EN 13430

La normativa EN 13430 riprende i requisiti della 94/62/EC e li declina per la riciclabilità, proponendo inoltre un framework per la auto-valutazione in cui sono definite procedure generiche, valide ovvero per ogni materiale. Le indicazioni relative a come applicare le procedure sono contenute nella EN 13427. Sinteticamente, la normativa stabilisce come sia necessario progettare imballaggi per essere svuotati facilmente, favoren-

do una separabilità delle componenti in materiali differenti e fare sì che il riciclo dell'imballaggio sia compatibile con i processi di riciclo in essere.

Sebbene lo svuotamento dell'imballaggio sia una caratteristica generalmente basata sulla morfologia dell'articolo, per la separabilità e il riciclo le affermazioni risultano ancora parzialmente generiche. Questo perché al momento della pubblicazione del documento non erano presenti documenti che stabilissero procedure atte alla valutazione. Questo è accaduto per la riciclabilità di carta e cartone nel 2019 con la pubblicazione della norma UNI 11743<sup>3</sup>, mentre per la separabilità dei componenti - nel momento in cui si redige questo documento - si è da poco conclusa la fase di consultazione pubblica del Metodo Aticelca 502.

### 1.2.6 **NORMATIVA EN 643**

La normativa EN 643 (17) stabilisce la nomenclatura e i codici di carta e cartone da riciclare, permettendo il riciclo in cartiera senza nessun processo aggiuntivo di selezione. Vengono inoltre definiti i materiali indesiderati (e relativi limiti in termini di peso %) e proibiti.

I codici che riportano specificatamente nella definizione la presenza di un film polimerico sono i seguenti (tutti appartenenti al gruppo 5: Gradi speciali):

> **5.03.00 e .01**

> **5.04.00**

> **5.12.00 e .01**

> **5.13.00 e .01**

> **5.14.00 e .01**

<sup>3</sup> Sebbene il metodo di valutazione fosse già integrato nel Sistema di Valutazione Aticelca 501 pubblicato nel 2017, è solo nel 2019 che è stato ufficializzato nella forma di normativa.

Si noti che nelle tabelle contenute nella EN 643 (17) vengono riportate anche le percentuali di componenti non cellulosiche e il totale dei materiali indesiderati, che però non influiscono direttamente sul materiale composito in sé, in quanto fanno riferimento ad impurità nel lotto oggetto di trattazione – ovvero: materiali e sostanze differenti da quelle incluse nella definizione del codice di carta e cartone da riciclare.



## 1.3 Panorama normativo: Italia

### 1.3.1 D.M. 21 MARZO 1973

Il Decreto Ministeriale del 21 marzo 1973 (18) stabilisce i requisiti di composizione e di purezza per il packaging a contatto con alimenti (MOCA) o sostanze d'uso personale valido sul territorio nazionale. Ha subito diversi aggiornamenti nel corso degli anni, recependo le Direttive europee. Il D.M. riporta le prove di migrazione e i relativi simulanti a seconda della tipologia di alimento con cui entrerà in contatto l'imballaggio.

Con particolare riferimento a imballaggi a prevalenza cellulosica, vengono definiti i quantitativi di materiale cellulosico minimo, i limiti di sostanze di carica e ausiliarie (requisiti di composizione), i limiti di sostanze quali metalli pesanti (requisiti di purezza), nonché le modalità di verifica di idoneità e altre indicazioni utili ai produttori.

A livello europeo, invece, è possibile riportare il Regolamento 1935/2004 (19) (oggetti e alle macchine destinate al contatto con alimenti), il Regolamento 2023/2006 (20) (Good Manufacturing Practices - GMP) e la Direttiva 10/2011 (21) (regole per i MOCA in plastica).

### 1.3.2 D.LGS. 116/2020

Il Decreto Legislativo 3 settembre 2020, n. 116 rappresenta l'attuazione italiana delle Direttive 2018/851 (14) e 2018/852 (15) del Parlamento Europeo e del Consiglio, che, come già anticipato nel documento, modificano rispettivamente le Direttive 2008/98/EC (13) e 94/62/EC (10). In particolare, si segnala come il D.Lgs. 116/2020 inserisce la EPA (Art. 178-bis), dettaglia le attività per la preparazione al riutilizzo, riciclaggio e recupero (Art. 181), e ridefinisce i rifiuti urbani (includendo anche alcuni industriali per natura e composizione simili a quelli domestici) (Art. 184).

### 1.3.3 **NORMATIVA UNI 11743 E SISTEMA DI VALUTAZIONE ATICELCA 501**

Il Metodo Aticelca 501 nasce come integrazione di un metodo di laboratorio per valutare la riciclabilità di imballaggi a prevalenza cellulosa e di un sistema che ne attribuisce un livello di riciclabilità. Il Metodo Aticelca 501 trova le sue origini nel primo decennio degli anni 2000 come metodo applicato su scala nazionale e subisce poi due grandi revisioni, nel 2013 e 2017. Nel 2019 viene operata una scissione al Metodo Aticelca 501, separando quello che è il metodo di laboratorio da quello che è il Sistema di Valutazione: nascono così la UNI 11743 e il Sistema di Valutazione Aticelca 501.

La normativa UNI 11743 simula su scala laboratoriale il processo di riciclo che avviene in cartiera e prevede i criteri di selezione del campione di articolo da testare, parametri, sequenza dei test e reportistica dei risultati della prova. In particolare, la normativa valuta il quantitativo di scarto grossolano, scarto fine, *macrostickies* (particelle adesive), ma anche la formazione di un foglio a valle del processo e la sua omogeneità ottica. È al presente in fase di studio una versione armonizzata del metodo riportato nella UNI 11743 da poter estendere a livello europeo (22), che integra inoltre la valutazione del contenuto di sostanze disciolte nella fase di test.

I risultati di prova possono essere poi incrociati nel Sistema di Valutazione Aticelca 501 per avere una valutazione globale degli impatti del campione testato all'interno del processo di riciclo. Il livello di riciclabilità risultante sarà quindi rappresentato dal livello corrispondente al peggior parametro ottenuto. Sarà infine possibile richiedere – se superato il test – la concessione del marchio Aticelca da poter applicare all'imballaggio da cui è stato prelevato il campione testato che ne attesta il livello di riciclabilità.

Figura 2. Decreti, direttive e normative contingenti di interesse, pubblicate in Italia (Gazzetta Ufficiale) o Europa (Gazzetta Ufficiale Europea). Lo schema rappresenta inoltre le relative relazioni e il grado di trattazione (approfondito o citato) in questo documento.

Approfondito
  Citato
  Ripreso da
  Italia
  Europa

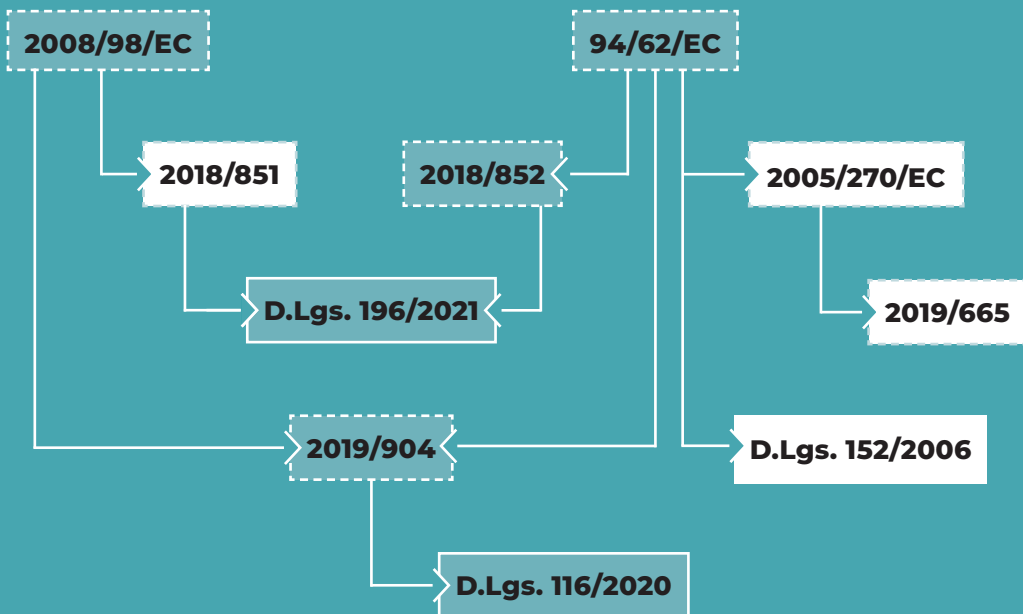
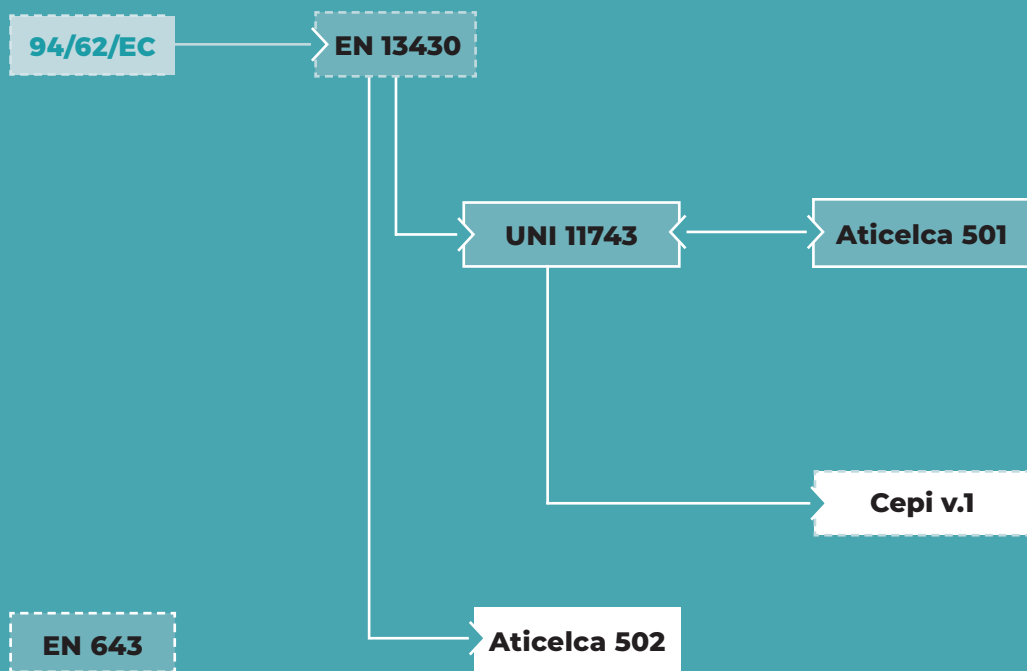


Figura 3. Normative tecniche di interesse, pubblicate in Italia o Europa. Lo schema rappresenta inoltre le relative relazioni e il grado di trattazione (approfondito o citato) in questo documento.



## 1.4 Questioni di etichetta

**N**el corso degli anni, l'adozione di materiali rivestiti e/o (poli)accoppiati ha permesso una forte transizione verso substrati a prevalenza cellulosica, espandendo le possibilità applicative. Conseguenza naturale è stata lo sviluppo di una molteplicità di soluzioni diverse che rende talvolta difficile la loro riconoscibilità da parte dei consumatori nella fase di smaltimento. È possibile ovviare a ciò grazie ad una opportuna etichettatura dell'imballaggio, che fornisce – oltre alle proprietà sensoriali del materiale stesso che guidano il consumatore nelle scelte di conferimento – informazioni grafico-testuali con preziose indicazioni.

L'11 settembre 2020 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 116 (23), che recepisce la direttiva UE 2018/851 (14) sui rifiuti e la direttiva (UE) 2018/852 (15) relativa agli imballaggi e ai rifiuti di imballaggio. Il decreto è importante in quanto ha introdotto l'obbligo di etichettatura ambientale per tutti gli imballaggi immessi al consumo in Italia.

L'entrata in vigore dell'etichettatura ambientale, dopo una serie di proroghe<sup>4</sup>, sarà applicata a partire dal 1° gennaio 2023. Per il settore B2B

<sup>4</sup> Prevista per il 1° gennaio 2021, è stata inizialmente prorogata con il DL Sostegni al 1° gennaio 2022 (78) e con il DL Milleproroghe al 1° luglio 2022 (79) e infine al 1° gennaio 2023 (80).

riguarderà la codifica materiale secondo la Direttiva 97/129/CE (5), mentre per il settore B2C andranno inoltre aggiunte le informazioni relative al corretto smaltimento per ogni componente separabile dell'imballaggio.

Relativamente alla codifica del materiale, sono stati definiti dei codici standard che verranno di seguito brevemente riportati. Un materiale che si compone solamente di fibre di cellulosa (o ha un contenuto di materiale non celluloso al di sotto del 5 % in peso) viene identificato come monomateriale, e avrà la dicitura "PAP".

Il codice numerico che segue (Tabella 1) quanto appena detto è relativo alla tipologia di materiale cellulosico impiegato (come descritto all'Allegato II della Decisione 97/129/CE). Ai fini dell'etichettatura ambientale, è bene evidenziare come la distinzione tra carta e cartone non ondulato si basi sulla grammatura (per la prima: inferiore a 225 g/m<sup>2</sup>; per la seconda: maggiore di 225 g/m<sup>2</sup>), come riportato nella normativa UNI 7706 (24).

**Tabella 1. Codifica alfanumerica monomateriali a prevalenza cellulosica (5).**

<b>Materiale</b>	<b>Codice</b>
Cartone ondulato	PAP 20
Cartone non ondulato	PAP 21
Carta	PAP 22

Qualora il materiale non rientri nella definizione di "monomateriale", ma di "composito" (ovvero: vi è un contenuto di materiale non cellulosico maggiore del 5 %), bisognerà fare riferimento alla seguente regola:

***C/materiale maggiormente presente in peso/  
codifica alfanumerica di accoppiamento***

In particolare, le codifiche alfanumeriche di accoppiamento per i materiali composti a prevalenza cellulosica (riprese dalla Decisione

129/97/CE all'Allegato VII) sono:

Tabella 2. **Codifica alfanumerica di accoppiamento (5).**

<b>Materiale</b>	<b>Codice</b>
Carta e cartone/metalli vari	C/PAP 80
Carta e cartone/plastica	C/PAP 81
Carta e cartone/alluminio	C/PAP 82
Carta e cartone/latta	C/PAP 83
Carta e cartone/plastica/alluminio	C/PAP 84
Carta e cartone/plastica/alluminio/latta	C/PAP 85

Per quanto detto fino ad ora, i materiali con costituenti che compongono meno del 5% in peso non vengono considerati nella codifica, risultando di fatto come monomateriali. A titolo di esempio, un sacchetto a base carta con rivestimento polimerico (maggiore del 5 % del peso totale) sarà identificato come C/PAP 81. Di contro, un sacchetto la cui barriera da dispersione polimerica (con peso inferiore al 5 %) verrà codificato come PAP 22.

Un altro elemento importante che costituisce parte integrante dell'etichettatura ambientale è la filiera di riciclo prevista per l'imballaggio. In caso di PAP e C/PAP, l'imballaggio può ambire ad essere riciclato nella filiera della carta se la frazione cellulosica supera il 60 % in peso, risultando invece da conferire nella raccolta indifferenziata in caso contrario (per maggiori informazioni in merito, fare riferimento al paragrafo *1.5 Contributo Ambientale CONAI (CAC) diversificato*).

In aggiunta all'etichettatura ambientale, la Direttiva (UE) 2019/904 (25) (Direttiva SUP) stabilisce prescrizioni generali applicabili alla marcatura di prodotti monouso in cui è presente plastica; gli articoli indirizzati dalla Direttiva sono quelli che risultano più frequentemente ritrovati nell'ambiente - anziché terminare, come dovrebbero, nelle filiere di recupero e riciclo. Il 17 dicembre 2020 è stato pubblicato sulla Gazzetta ufficiale europea il Regolamento 2020/2151/UE (26) che



include la definizione delle specifiche di marcatura armonizzata per alcuni prodotti in plastica monouso in vigore dal 3 luglio 2021. Lo scopo della marcatura è quello di informare i consumatori sulla presenza di plastica nei prodotti, sui metodi di smaltimento dei rifiuti da evitare per i prodotti in questione e sull'impatto ambientale derivante dalla dispersione dei rifiuti o da altri metodi inappropriati di smaltimento dei rifiuti dei prodotti.

Ad ora, tra i prodotti di packaging considerati per tale marcatura è possibile ritrovare tazze e bicchieri per bevande, oltre ad una lista di prodotti che non risultano imballaggi: assorbenti igienici, tamponi e applicatori di tamponi, salviette umidificate, prodotti del tabacco con filtro e filtri utilizzati in combinazione con i prodotti del tabacco. Con particolare riferimento a bicchieri e tazze per bevande fabbricati parzialmente in plastica, essi dovranno riportare l'etichetta riportata in Figura 4, secondo modalità di marcatura esplicitate nell'Allegato IV del Regolamento 2020/2151/UE (26).

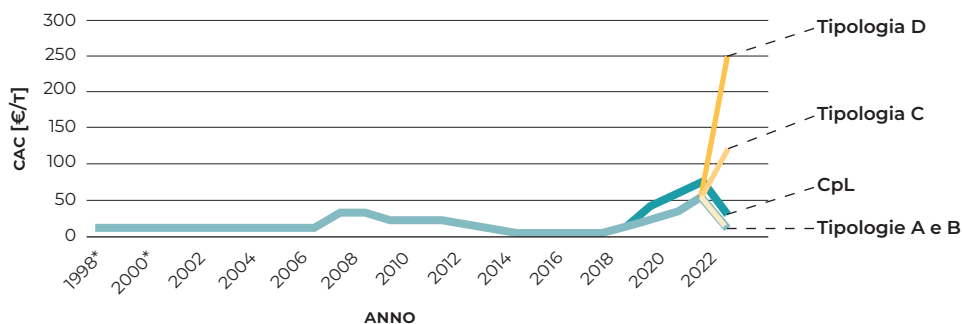
Figura 4. **Pittogrammi da applicare a prodotti monouso contenenti plastica. In basso a destra il pittogramma specifico per bicchieri e tazze.**



## 1.5 Contributo Ambientale CONAI (CAC) diversificato

Il Contributo Ambientale CONAI (CAC) nasce come contributo che produttori e utilizzatori versano a CONAI per sostenere il sistema di raccolta, selezione e riciclo di imballaggi. Nato a fine anni '90, il CAC prevede il pagamento di una quota in funzione del peso, della quantità e del materiale di cui è fatto il packaging (27). Guardando ai valori storici riportati in Figura 5, si può notare come sia variato nel tempo, mantenendo generalmente una correlazione negativa con il prezzo di carta e cartone da riciclare (28).

Figura 5. Storico del valore del CAC per la carta. Include i più recenti cambiamenti. Rielaborazione dei dati CONAI (29).



\* valori convertiti da lire a euro

Il CAC diversificato, invece, nasce come leva per orientare le aziende verso l'adozione di soluzioni di imballaggio più facilmente riciclabili – a parità di materiale. Il CAC diversificato non è prerogativa unica del packaging a prevalenza cellulosica, esistendo infatti anche per imballi polimerici. Stabilito nel 2018 e divenuto effettivo a partire dal 1° gennaio 2019 (30), il CAC diversificato carta ha inizialmente definito un extra-CAC (parti a 20 €/t) da applicare ai contenitori per liquidi (CpL) (31). Vengono applicati contributi aggiuntivi perché non tutti gli imballaggi sono ugualmente riciclabili; pertanto, quelli che producono più scarto, richiedono tempi e temperature maggiori, o che devono essere processati in cartiere specializzate sosterranno maggiormente il sistema contribuendo con extra-CAC maggiori.

Più recentemente, nel 2020, è stato proposto un aggiornamento che è entrato in vigore a partire dal 1° gennaio 2022. L'ulteriore diversificazione è applicata solamente agli imballaggi diversi dai CpL, per i quali continua a valere l'extra-CAC stabilito in precedenza. L'aggiornamento è stato possibile anche grazie avanzamenti sul fronte riciclabilità, con la pubblicazione della norma UNI 11743:2019 (32) e dei lavori attualmente in corso sul metodo di valutazione armonizzato a livello europeo – condivisi con la prima versione del metodo Cepi (22). In particolare, per le motivazioni che seguiranno, il merito principale è da attribuirsi alla diffusione dell'adozione del sistema di valutazione Aticelca 501:2019 (33). Infatti, quest'ultimo prevede la suddivisione dei possibili risultati in quattro livelli di riciclabilità, da assegnare in funzione delle performance ottenute sottoponendo un campione alla UNI 11743:2019.

Le nuove fasce contributive – da riferirsi sempre come extra-CAC – sono infatti quattro e si basano attualmente sul contenuto di cellulosa dell'imballaggio (34). È bene sottolineare che allo stato attuale non ricalca il sistema di valutazione Aticelca; l'intento è invece quello di avvicinarsi a quest'ultimo affinché il risultato del sistema di valutazione possa diventare in un prossimo futuro la discriminante per stabilire la fascia contributiva.

Come visibile in Figura 6, per la Tipologia A e la Tipologia B, non è attualmente previsto un extra-CAC, in quanto la quantità di scarti risulta generalmente limitata. Per la Tipologia C (contenuto di cellulosa compreso tra il 60 % e l'80 %) l'extra-CAC è di 110 €/t, mentre la Tipologia D (con contenuto di cellulosa < 60 %) l'extra-CAC raggiunge i 240 €/t.

Figura 6. Extra-CAC diversificato per imballaggi diversi da CpL a partire dal 1° gennaio 2022.

## IMBALLAGGI CELLULOSICI: CONTRIBUTO AMBIENTALE CONAI, RICICLABILITÀ E RACCOLTA DIFFERENZIATA



### Altri imballaggi compositi a prevalenza carta



EXTRA-CAC APPLICATO	TIPOLOGIA A	TIPOLOGIA B	TIPOLOGIA C	TIPOLOGIA D
dal 1° gennaio 2022				
<b>In una prima fase sperimentale la classificazione degli imballaggi compositi avverrà in base al peso della componente carta sul totale del peso dell'imballaggio. Successivamente, sarà il test Aticelca (norma UNI) a determinare la fascia di riferimento dei packaging, in base alla loro effettiva riciclabilità</b>	Componente carta $\geq 90\%$	Componente carta $\geq 80\%$ e $< 90\%$	Componente carta $\geq 60\%$ e $< 80\%$	Componente carta $< 60\%$
	CAC base e non viene applicato nessun contributo aggiungivo	CAC base e non viene applicato nessun contributo aggiungivo	oltre al CAC base viene applicato un extra-CAC di 110 EUR/t	oltre al CAC base viene applicato un extra-CAC di 240 EUR/t

## 1.6 Implementazione SUP in Italia

**L**a Direttiva 2019/904 (25) è stata implementata in Italia con il D.Lgs. 196/2021 dell'8 novembre 2021 (35). Come avvenuto per gli altri Paesi della Comunità Europea, l'Italia ha recepito la Direttiva, ammettendo però delle eccezioni attualmente in discussione con Bruxelles. L'Italia ammette infatti l'immissione a consumo di imballaggi con un contenuto di plastica inferiore al 10% (mentre nella Direttiva 2019/904 non esiste un limite, in quanto per nulla ammessa). Per dare una visione globale di quella che è la posizione italiana, il D.Lgs. 196/2021 esclude dalla definizione di plastica quella che è realizzata in materiale biodegradabile e/o compostabile, a patto che sia certificata secondo la norma EN 13432. Inoltre, viene stabilito il credito di imposta al fine di promuovere l'adozione di materiali e prodotti differenti da plastica monouso.

Il divieto di immissione a consumo di plastica monouso così come definita nell'Allegato B – si legge nel documento pubblicato – non verrà applicata nei casi di uso di polimeri biodegradabili e compostabili certificati secondo la normativa EN 13432 o la normativa EN 14995, a patto che il contenuto di materia prima rinnovabile sia maggiore del 40% in peso e, a partire dal 2024, maggiore del 60% in peso e (seguono solo alcuni dei casi ammessi):

- › **Non vi siano soluzioni alternative riutilizzabili per i MOCA;**
- › **L'uso avvenga in circuiti controllati;**
- › **L'impatto ambientale sia inferiore alle soluzioni riciclabili e comprovato da una analisi LCA**

Parlando invece di bottiglie in PET, sarà cura dei produttori fabbricarne con un contenuto minimo (in peso) di PET riciclato (rPET) del 25% entro il 2025 e del 30% entro il 2030.

Infine, il decreto legislativo stabilisce pratiche EPR legate alla copertura di costi di sensibilizzazione, raccolta, rimozione rifiuti dispersi, nonché il loro trasporto e trattamento.

## 1.7 SUP oltre l'Italia: quali i provvedimenti adottati da Spagna, Francia, Germania e Finlandia?

**A**l di fuori dell'Italia, la direttiva SUP (25) è stata implementata in maniera differente nei vari Paesi, mostrando comunque tratti comuni dettati dai requisiti minimi sanciti nella già menzionata direttiva (36). Gli stati membri hanno poi recepito in maniera più o meno stringente le altre indicazioni contenute nella EU 2019/904, adottando talvolta approcci strategici per gli anni a venire.

Tra i tratti comuni è possibile annoverare, a titolo esemplificativo, la definizione di procedure per ridurre il consumo di imballaggi polimerici, favorendo l'uso di soluzioni riutilizzabili. In particolare, si può fare riferimento a packaging quali bicchieri e tazzine, ma anche alla grande famiglia dei contenitori per alimenti – da intendersi, come riportato nella direttiva (25), come gli imballaggi per alimenti che non richiedono ulteriore preparazione prima di essere consumati. Inoltre, un'altra classe di imballaggi diffusamente inclusa nei vari recepimenti riguarda le bottiglie di plastica, il cui uso dovrà essere ridotto in particolari ambienti e settori (es. il settore HoReCa), favorendo l'installazione di fontanelle di libero accesso<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Un progetto interessante è Seas at Risk, piattaforma online in cui sono riportati innumerevoli progetti diffusi a livello europeo che mirano a proporre soluzioni alternative alla plastica monouso (35).

In questo contesto non si vuole fornire una descrizione puntuale del recepimento in ogni nazione europea, che è possibile trovare tra i riferimenti di questo documento (36). L'intento in questo paragrafo è quello di riportare le implicazioni per il mondo dei compositi a prevalenza carta all'interno di alcune nazioni rappresentative del panorama europeo. In particolare, come suggerisce il titolo del paragrafo, saranno considerate Francia, Germania, Spagna e Finlandia.

### 1.7.1 FRANCIA

La Francia è lo Stato, tra i quattro qui riportati, che ha implementato le misure più lungimiranti, andando ben oltre ai requisiti minimi imposti dall'Europa.

Nel suo recepimento, riporta specifici limiti, divieti e indicazioni in termini di etichettatura per numerose tipologie di imballaggio. Tra queste, risulta interessante riportare:

- **Dal 2022: il divieto di sovra-incarti monouso per frutta e verdura con peso inferiore a 1,5 kg e degli incarti in plastica per le riviste;**
- **Dal 2023: divieto per stoviglie monouso (*disposable tableware packaging*);**
- **Dal 2025: vietati imballaggi per alimenti in plastica (per cottura, riscaldare o servire) da scuole e alcuni reparti ospedalieri.**

Per i bicchieri e le tazzine a prevalenza cellulosica non vi è attualmente un limite. Vengono però fissati limiti sulla percentuale in peso dello strato polimerico rispetto al substrato, che vincolano le prospettive di mercato di tali imballaggi sul territorio francese:



- > **15% dal 3 luglio 2021;**
- > **8% dal 1 gennaio 2024;**
- > **0% dal 1 gennaio 2026.**

Relativamente all’etichettatura, infine, viene vietato l’uso di termini fuorvianti per il consumatore (“biodegradabile”, “100% sostenibile”, “amico dell’ambiente”, ecc.) che potrebbero rientrare in pratiche aziendali di *greenwashing*; viene inoltre inserito l’obbligo di riportare per gli articoli compostabili la dicitura “Non disperdere nell’ambiente”.

### 1.7.2 GERMANIA

In Germania, a partire dal 2023, i ristoratori che rientrano in determinate categorie saranno obbligati a fornire ai clienti bicchieri, tazze e contenitori per alimenti (per cibi pronti o take-away) riutilizzabili. Relativamente alle bottiglie, invece, a partire da inizio 2022 sono cessate le esenzioni previste per bottiglie e lattine.

La transizione verso il riutilizzabile in Germania sembra quindi non lasciare spazio – per alcune categorie di packaging – a imballaggi a prevalenza cellulosa, come accade invece in altre nazioni come Spagna e, attualmente, Francia.

È bene sottolineare come attualmente la raccolta di multistrato per bevande (es. cartoni del latte) in Germania avvenga in maniera disomogenea nel Paese, nonostante in generale il multistrato non venga raccolto in un flusso dedicato, ma assieme agli imballaggi misti (plastica e metallo) (37,38) – vetro e carta/cartone hanno il loro flusso specifico.

### 1.7.3 SPAGNA

Dal 1° gennaio 2023 gli operatori dovranno disincentivare l’uso di

bicchieri, tazzine e contenitori alimentari (per cibi pronti o take-away) in plastica, ai quali verranno applicate tasse. Il recepimento invita all'uso di soluzioni riutilizzabili, permettendo comunque l'uso di imballaggi realizzati in materiale differente da quello polimerico. Pertanto, a patto che venga definito come monomateriale, soluzioni a prevalenza cellulosa dovrebbero essere ammesse.

È bene sottolineare come la Spagna valuta l'estensione dei vincoli anche ad altre tipologie di imballaggio attualmente non definite nella direttiva (tra gli altri si riportano a titolo d'esempio le vaschette e gli imballaggi per prodotti monodose), permettendo però l'immissione sul mercato per gli articoli realizzati in polimeri compostabili. Parlando di accoppiati, potrebbe quindi rappresentare una opportunità lo sviluppo e la commercializzazione di imballaggi carta-biopolimero (compostabile)<sup>6</sup>.

#### 1.7.4 FINLANDIA

In Finlandia il recepimento ha riguardato le misure minime stabilite dalla direttiva SUP. È stato previsto un sistema di deposito da testare in aree limitate e riguardante solamente i bicchieri e tazzine. In merito agli obiettivi di riduzione di contenitori per alimenti (per cibi pronti o take-away), è prevista la sostituzione con articoli realizzati in materiali più facilmente riciclabili, che, data la natura della carta e il consolidato processo di riciclo, può giocare a favore di imballaggi accoppiati.

<sup>6</sup> Si vuole sottolineare come, in ogni caso, l'uso di materiali compostabili non deve avvenire indistintamente e solamente per ottenere un ritorno economico derivante dalla vendita di articoli. Infatti, la selezione dei materiali per il packaging deve essere contestualizzata alla tipologia di imballaggio, al suo utilizzo, ma anche alle reali ed effettive possibilità e potenzialità delle filiere di recupero, riciclo e compostaggio.

## 1.8 Imballaggi compositi a prevalenza carta e riciclo in cartiera

Il processo di riciclo della carta è pratica consolidata. Sebbene nel corso del tempo sia andato incontro ad aggiornamenti tecnologici per ottimizzare il processo di recupero delle fibre, possiamo identificare dei tratti comuni all'interno del processo di cartiera. Ne verranno quindi riportate in sintesi le fasi, ponendo attenzione a quelle in cui i materiali cellulosici con trattamenti barriera possono porre problemi e sfide da risolvere. È bene sottolineare fin dal principio come il seguente discorso potrebbe essere trattato in maniera decisamente più approfondita e specifica, esulando da quello che è l'obiettivo di questo documento. Qualora si volesse avere una visione più completa del processo che avviene in cartiera, è disponibile sulla piattaforma "Progettare Riciclo" di CONAI ([www.progettarericiclo.com](http://www.progettarericiclo.com)) il documento relativo alle linee guida progettuali per facilitare il riciclo di imballaggi in carta e cartone (39).

### 1.8.1 INTERVISTE A REALTÀ INDUSTRIALI

In aggiunta alle linee guida appena citate, per la stesura di questa parte del documento ci si è basati sui contenuti discussi nelle interviste a:

- **Innovhub, grazie alla disponibilità del dott. Graziano Elegir, Responsabile Area Carta/Tessile, e del dott. Daniele Bussini, responsabile del laboratorio processi cartari e testing**
- **Lucart, grazie alla disponibilità del dott. Giovanni Pelis, Head of Purchasing Paper for Recycling, e del dott. Maurizio Giordano, Waste and Water Treatment R&D**

## 1.8.2 SPAPPOLAMENTO E SCREENING

Un impianto industriale procede alla separazione del contenuto non celluloso – o, più in generale, dello scarto – per step partendo da frazioni a dimensione maggiore e procedendo in seguito verso scarto fine, come evidenziato nell'intervista al dott. Pelis e dott. Giordano. La prima e (forse) più importante fase che impatta su tutto il processo di riciclo è lo spappolamento. Qui, il materiale che dovrà diventare Materia Prima Seconda (MPS) viene inserito all'interno di uno spappolatore (*pulper*) assieme ad acqua e altri additivi di processo la cui natura e quantità dipende da diversi fattori qui non trattati. Il macchinario è dotato di un rotore che mette in agitazione l'impasto il quale, grazie a sforzi di taglio e attrito tende a liberare le fibre (8). Le criticità che insorgono con materiali con rivestimenti barriera polimerici o, più in generale, con rivestimenti impermeabilizzanti dipendono da questi strati, i quali impediscono all'acqua di raggiungere le fibre. Se lo strato è presente su una sola faccia del substrato celluloso, l'acqua risulta comunque in grado di raggiungere la fibra dall'altro lato e quindi l'impatto è relativamente limitato; il discorso diventa più problematico quando si considerano rivestimenti su ambo i lati, come avviene, a titolo d'esempio, per i contenitori per liquidi, in cui l'acqua può raggiungere la fibra solo attraverso

lo spessore del substrato. In questo ultimo caso, infatti, sono solitamente richieste tempistiche e temperature di processo più elevate per favorire la separazione (39). Terminato il tempo di spappolamento, l'impasto viene fatto passare attraverso griglie e tutto il quantitativo di fibra che non è stato liberato diventa scarto.

Un secondo possibile problema è emerso dall'intervista al dott. Bussini, il quale si occupa in prima persona di effettuare le prove di riciclo secondo la normativa UNI 11743:2019 (32). Il riferimento è alla possibile frammentazione dei rivestimenti in parti di dimensione che può variare da decimi di millimetro a qualche millimetro. Le frazioni a dimensioni più ridotta, riporta il dott. Bussini, possono eludere i sistemi di filtrazione meccanica e, conseguentemente, terminare nell'accettato – ovvero nel materiale che diventa MPS. Ovviamente, il comportamento evidenziato non appartiene a tutti i tipi di rivestimento, ma è più frequente ritrovarlo nei coating da dispersioni polimeriche. Questi, avendo elevata adesione alle fibre ed essendo applicati con grammature molto ridotte, non riescono a mantenere la coesione del film a causa degli sforzi nel pulper, frammentandosi. Maggiori informazioni sugli impatti dei frammenti che oltrepassano i sistemi di filtraggio meccanico sono fornite nelle seguenti sezioni (*1.8.3 Formazione e asciugatura del foglio e 1.8.4 Acque reflue di cartiera*).

Relativamente ai laminati, il problema risulta generalmente più limitato in quanto gli adesivi sono spesso idrosolubili – facilitando la liberazione delle fibre – e le maggiori grammature riducono la possibilità di frammentazione del film polimerico a dimensioni ridotte. In aggiunta, come riportato dal dott. Pelis e dott. Giordano, la frammentazione è in generale inversamente proporzionale allo spessore del film barriera: riportando a titolo d'esempio i poliaccoppiati polietilene-alluminio, la lamina di alluminio ha uno spessore nell'ordine dei 2–3  $\mu\text{m}$ , che la rende facilmente frammentabile.

Lato industria, il dott. Pelis e il dott. Giordano evidenziano due ulteriori fattori alla dimensione dei frammenti. Il primo è rappresenta-

to dall'uso di coadiuvanti (*internal sizing*), i quali limitano in generale la spappolabilità dell'imballaggio a prevalenza cellulosica, riducendo il rendimento produttivo della cartiera. Il secondo fattore che risulta importante per una effettiva separazione in cartiera è rappresentato dalla densità. Sebbene i polimeri in generale abbiano densità paragonabile a quella dell'acqua, per le cariche minerali<sup>7</sup> la densità si attesta generalmente tra 2,5 e 3 g/cm<sup>3</sup>. Pertanto, per favorirne la rimozione dall'acqua e ridurne il trasporto nella MPS, si impiegano tecnologie di centrifugazione.

### 1.8.3 FORMAZIONE E ASCIUGATURA DEL FOGLIO

Una volta spappolata, centrifugata, raffinata e diluita, la dispersione di fibre viene distribuita sulla tela formatrice dalla cassa di afflusso; è qui che si forma il foglio di carta, che viene in seguito drenato e asciugato.

La principale criticità, riportata dal dott. Bussini, che influenza i risultati della metodologia di valutazione del riciclo è la possibilità che i frammenti non intercettati di coating diventino *macrostickies* in fase di asciugatura. Infatti, le elevate temperature di asciugatura (nell'ordine dei 100 °C), possono far rinvenire i materiali pensati per imballaggi saldabili a caldo (*heat-sealable*), provocando in un impianto industriale l'accumulo sui cilindri di asciugatura con possibili strappi del foglio di carta e tempi di fermo macchina.

Una ulteriore criticità emersa nell'intervista con il dott. Pelis e il dott. Giordano è rappresentata dalle inomogeneità ottiche, oggetto di valutazione nel Sistema di Valutazione Aticelca 501:2019 (33). Dovute a frazioni non cellulosiche o cellulosiche colorate con dimensione

<sup>7</sup> Le cariche minerali sono principalmente utilizzate nella patinatura del substrato. Come si vedrà nel *Capitolo 3 – Analisi di mercato* e nel *Capitolo 4 – Ricerca attiva*, le cariche minerali possono essere usate nella formulazione del trattamento per migliorare le proprietà barriera.

nell'ordine di 0,1-0,2 mm, possono essere gestite in cartiera mediante l'uso di dispersori, che frammentano in maniera più fine (nell'ordine dei centesimi di millimetro) queste impurità, riducendo l'impatto ottico nella MPS.

#### 1.8.4 ACQUE REFLUE DI CARTIERA

Un ultimo problema che può sorgere in fase di riciclo è stato evidenziato nell'intervista al dott. Elegir: la presenza e l'accumulo di particelle e frammenti di dimensione micrometrica di coating nelle acque reflue di cartiera.

Sebbene, come riportato dal dott. Pelis e dal dott. Giordano, si usino chiarificatori per separare il contenuto solido (sia esso fibra corta o fango di cartiera), come sottolinea il dott. Elegir una criticità del genere potrebbe essere strettamente collegata al tema delle microplastiche, che risulta oggi più che mai attuale. Come riportato dal dott. Elegir, sono attualmente in corso studi per verificare la presenza di microplastiche nelle acque reflue e, qualora dovesse essere verificata la loro presenza, si dovrà passare a valutare possibili implementazioni di impianto per le cartiere al fine di poter intercettare efficacemente questa frazione ed evitare che permanga nel sistema o che - situazione peggiore - possa terminare nell'ambiente. In parallelo, probabilmente, anche il metodo definito nella UNI 11743 (32) o la reciproca armonizzazione a livello europeo (22) subiranno aggiornamenti.

# 2



**Imballaggi:  
strutture,  
definizioni  
e macrocategorie**



2.1	<b>Strutture e definizioni: lo stato dell'arte</b>	<b>49</b>
2.2	<b>Macrocategorie</b>	<b>51</b>
2.3	<b>Una nuova metodologia di definizione</b>	<b>54</b>



**Il capitolo riporta la metodologia e i risultati ottenuti dall'analisi di mercato finalizzata ad esplorare le soluzioni di imballaggio caratterizzate da proprietà barriera. Si procederà, dunque, ad identificare le fonti grazie alle quali sono state definite le basi per la strutturazione di un database. Successivamente, si passerà ai criteri implementati per la fase di selezione e il popolamento del database stesso. Infine, verranno presentati i principali risultati anche per mezzo di visualizzazioni grafiche, fornendo osservazioni ed *insight*.**

## 2.1 Strutture e definizioni: lo stato dell'arte

**C**ONAI e i consorzi ad esso associati – in questo contesto Comieco – mettono a disposizione sul loro sito una sezione dedicata al glossario (40,41), in cui vengono definiti i termini associati agli attori della filiera, ai processi, ma anche ai materiali e ai substrati cellulosici. In aggiunta, sono definite alcune delle strutture di imballaggio trattate in questa ricerca. Sebbene strutture differenti corrispondano ad usi generalmente differenti – la diversità tra le strutture implica di conseguenza una variabilità di definizione –, si pensa che possa essere utile identificare un set di caratteristiche più comuni, lasciando spazio nelle definizioni ad eventuali specificità a seconda del caso in esame.

Riportando un esempio pratico, la Tabella 3 riprende quattro definizioni dal glossario Comieco (41). Come è possibile notare, esistono caratteristiche che vengono riprese spesso (ad esempio la natura rigida o flessibile dell'imballaggio o la forma dell'imballaggio), mentre altre che sono specifiche (ad esempio la presentazione del sacco).

**Tabella 3. Definizione di tre strutture di imballaggio.**  
**Fonte: Glossario Comieco (41).**

Struttura	Definizione
Contenitore a blister	Imballaggio preformato con cavità, destinato a essere chiuso con materiale termosaldante (è utilizzato, per esempio, nella confezione di pastiglie medicinali).
Fusto	Imballaggio rigido costituito generalmente da un corpo cilindrico purché di estremità piane e aventi un'apertura.
Sacco	Imballaggio preformato, fatto in materiale flessibile, presentato piatto.
Scatola	Imballaggio rigido di piccola o media capacità, dalle forme più svariate.

Nonostante le strutture presenti nei glossari siano attualmente limitate ad esempi esplicativi, vi è una pubblicazione in letteratura che ha cercato di mappare e definire innumerevoli strutture. Il riferimento è il libro “Le parole del packaging” (9), in cui gli autori approfondiscono le caratteristiche dell’imballaggio (il volume considera tutti i materiali, non solamente quelli a prevalenza cellulosica) sia in termini funzioni, strutture e proprietà, ma anche in termini di processo produttivo, logistica e attori coinvolti. Il tutto impostando il libro come una sequenza di definizioni pensate per aiutare, appunto, chi si avvicina alla materia e vuole avere un dizionario a portata di mano.

Il libro (9) riporta più di cento strutture; facendo specifico riferimento agli imballaggi a prevalenza cellulosica, ve ne sono alcune cadute oramai in disuso (ad esempio il digipack), mentre altri – a causa dell’evoluzione tecnologica – non sono inclusi: è il caso, a mero titolo d’esempio, di bottiglie e fiale. Anche in questo caso, le definizioni risultano frammentarie e con gradi di approfondimento variabile.

## 2.2 Macrocategorie

**D**al momento in cui le strutture sono in continua evoluzione in termini di numero e novità nel mercato degli imballaggi a prevalenza cellulosica, è stato svolto un ulteriore passaggio, identificando delle macrocategorie per le strutture degli imballaggi dalle quali potenzialmente trarre informazioni a valle dell'analisi di mercato. In particolare, le macrocategorie definite in questo contesto si basano su due parametri principali: la natura rigida/flessibile dell'imballaggio, e l'eventuale presenza/assenza di una apertura<sup>8</sup>.

Dagli incroci effettuabili, le possibilità in termini di macrocategorie sono quattro:

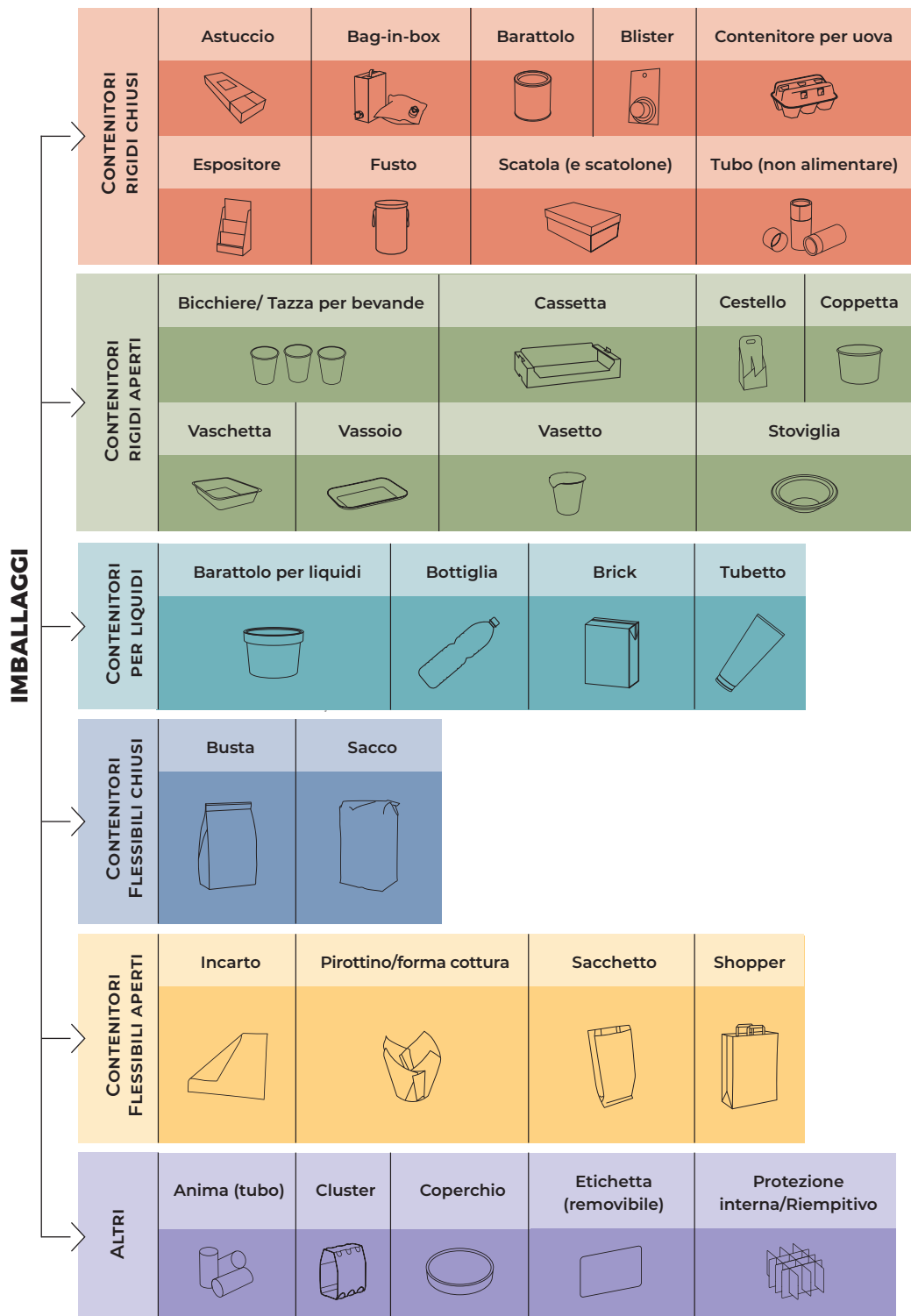
- > **Imballaggi rigidi chiusi**
- > **Imballaggi rigidi aperti**
- > **Imballaggi flessibili chiusi**
- > **Imballaggi flessibili aperti**

<sup>8</sup> Per apertura si intende l'assenza di almeno una faccia dell'imballaggio che ne impedisce l'ottenimento di una geometria solida chiusa. A titolo esemplificativo, una vaschetta per alimenti, un bicchiere e un cestello per bottiglie di birra sono strutture aperte, mentre una scatola, un sacco e un blister sono strutture chiuse.

In aggiunta a queste, sono stati identificati i contenitori per liquidi (in funzione della valenza per il CAC) e la categoria genericamente definita come “Altro”; in questa rientrano le strutture quali coperchi, anime, etichette e riempitivi, che non sarebbero state altresì identificabili nelle quattro macrocategorie riportate precedentemente.

In Figura 7 è possibile osservare le macrocategorie con le relative strutture identificare e oggetto dell’analisi di mercato.

Figura 7. Diagramma ad albero per le macrocategorie identificate.



## 2.3 Una nuova metodologia di definizione

**D**a quanto riportato fino ad ora, è risultato utile elaborare e proporre una metodologia di formulazione di definizioni che possa essere facilmente strutturabile, leggibile, aggiornabile e che proponga una chiara sequenza di caratteristiche. Si noti che, per come descritto più avanti, le definizioni delle strutture non considerano quelle che sono le specifiche differenze in termini di forma – come nel caso, ad esempio, delle bottiglie.

Dall'analisi delle definizioni del glossario (40,41) e del libro (9), sono state evidenziate le seguenti domande chiave, che possono fornire informazioni importanti per la definizione delle strutture degli imballaggi:

- **La struttura può essere usata come imballaggio primario, secondario e/o terziario?**
- **La struttura risulta flessibile o rigida?<sup>9</sup>**
- **La struttura è assimilabile ad una geometria**

<sup>9</sup> A tal proposito, una struttura viene qui definita come flessibile se facilmente piegabile e/o di spessore limitato (25–125 µm).



**piana, parallelepipedo-prismatica o cilindrica?**<sup>10</sup>

- **Di che materiale (prevalente) è costituita la struttura? (Carta, Cartoncino teso, Cartone, Cartone ondulato, Polpa, Carta speciale)**<sup>11</sup>
- **Come viene presentata la struttura all'utilizzatore? (Messa/Non messa a volume, Pre-formata, Pre-incollata)**<sup>12</sup>

L'adozione di questa metodologia di definizione può risultare, di conseguenza, facilmente applicabile alla maggior parte delle strutture, avendo un potenziale che può includere anche strutture che ad ora non esistono per gli imballaggi a prevalenza cellulosica. Come già affermato, il valore aggiunto della proposta risiede nel metodo, che ne permette un facile aggiornamento – sia in termini di integrazione che di sostituzione – di informazioni.

Si riporta in Figura 8 la visualizzazione grafica della metodologia appena descritta. Dalla figura è possibile dedurre le definizioni per le strutture considerate in questa ricerca: bisogna semplicemente

10 Una struttura è:

- Piana: quando una delle tre dimensioni risulta trascurabile rispetto alle altre due
- Parallelepipedo-Prismatica: quando si articola generalmente nelle tre dimensioni mostrando superfici planari
- Cilindrica: quando si articola nelle tre dimensioni e almeno una delle superfici è curva

11 La distinzione avviene principalmente in funzione della grammatura (carta, cartone e cartoncino):

- Carta: grammatura inferiore a 150 g/m<sup>2</sup>
- Cartoncino teso: grammatura compresa tra 250 e 450 g/m<sup>2</sup>
- Cartone: grammatura superiore a 600 g/m<sup>2</sup>

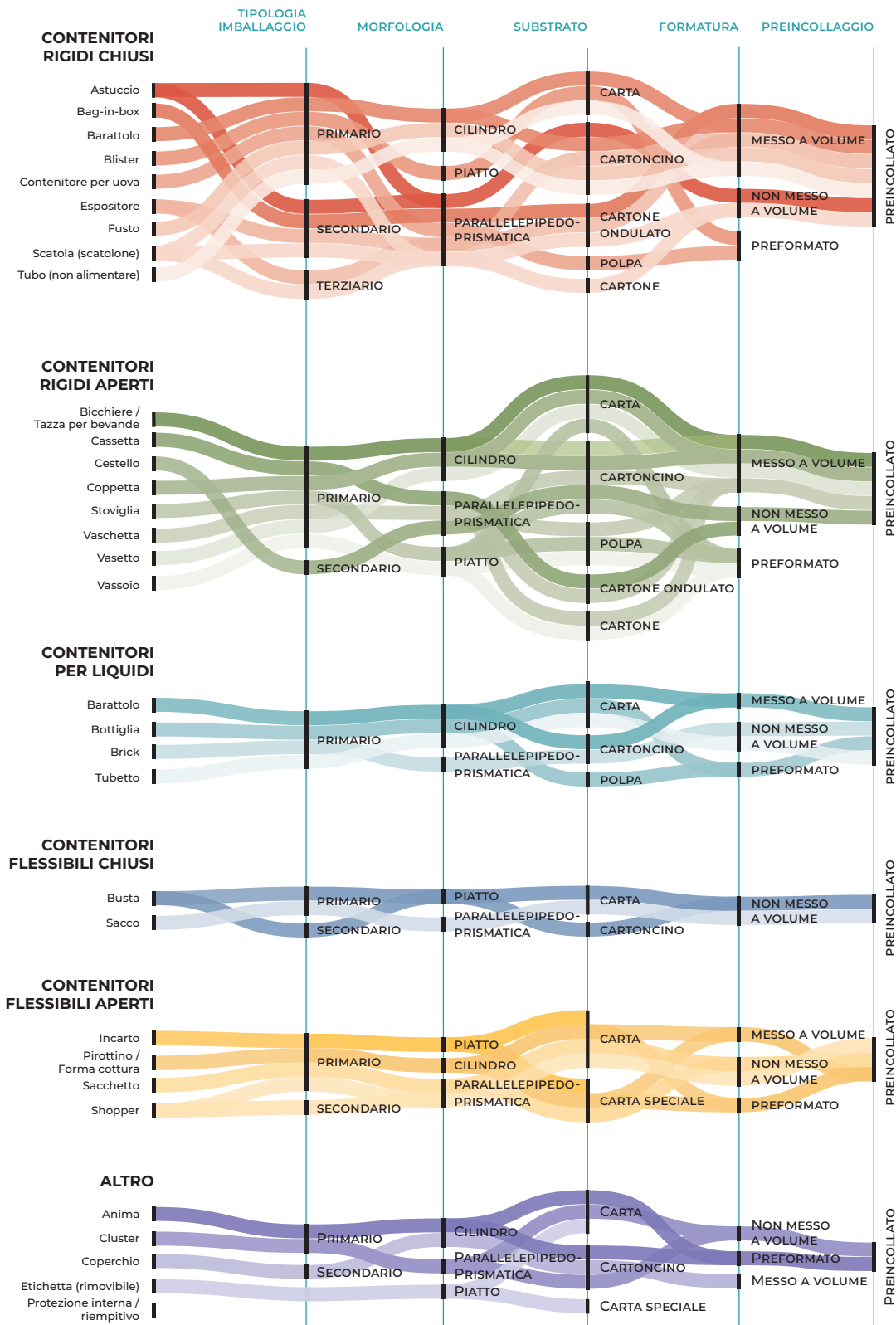
Le carte speciali, invece, sono quelle convenzionalmente riportate come antiaderenti, siliconate, cerate, bitumate, ecc.

12 Questa domanda si riferisce alle strutture che non vengono prodotte, formate e riempite nello stesso stabilimento, ovvero che effettuano un passaggio intermedio tra il produttore e il riempitore (l'utilizzatore). In questo contesto viene definita "pre-formata" una struttura che si articola nelle tre dimensioni come conseguenza del processo produttivo senza prevedere incollature (ad esempio il contenitore delle uova), mentre con il termine "pre-incollatura" si intende il processo grazie al quale alcune estremità o lembi della struttura risultano già incollate quando presentate all'utilizzatore (come succede ad esempio alle scatole americane o ai bicchieri).

seguire la banda colorata di interesse, muovendosi da sinistra verso destra. Conseguentemente, un astuccio verrà definito come un “imballaggio solitamente primario o secondario di forma parallelepipedo-prismatica, realizzato in cartoncino teso e presentato all’utente come non messo a volume e pre-incollato”<sup>13</sup>.

**Figura 8. Visualizzazione per la determinazione delle definizioni delle strutture di packaging a prevalenza cellulosica.**

<sup>13</sup> Altre definizioni risultano dall'accorpamento di più strutture che nel mercato possono risultare differenti. A titolo di esempio, si sottolinea come la distinzione tra “vaschetta” e “vassoio” non sia netta (9): in questo luogo la distinzione è stata effettuata in funzione del rapporto tra l'altezza dell'imballaggio (messo a volume) rispetto alla dimensione maggiore di base; altezze trascurabili rispetto alla base definiscono il packaging come vassoio, in caso contrario si parla di vaschette. Un secondo esempio possibile è quello delle buste rispetto ai sacchetti. È linguaggio comune fare riferimento, ad esempio, all'imballaggio dei biscotti come “sacchetto”. Stando alle definizioni riportate da (9) – il sacchetto è una struttura che resta aperta su un lato. La busta, invece, è un imballaggio che risulta chiuso lungo la costa e sulle due estremità (similmente a flow-pack e pillow-pack per citare due strutture simili). Pertanto, in questo documenti si farà eventualmente riferimento alla “busta dei biscotti”.



# 3



**Analisi di mercato**

<b>3.1 Metodologia</b>	<b>61</b>
<b>3.2 Struttura database</b>	<b>64</b>
<b>3.3 Risultati e discussione</b>	<b>70</b>
<b>3.4 Considerazioni finali</b>	<b>93</b>



**Chiarite le definizioni adottate in questa ricerca, nel capitolo verrà discussa l'impostazione del database di raccolta dati, così come la metodologia di indagine e i risultati della fase di analisi di mercato. Infine, verranno presentati i principali risultati anche grazie a visualizzazioni grafiche, fornendo osservazioni ed *insight* dove necessario.**



## 3.1 Metodologia

**L'**analisi di mercato è stata condotta per mezzo di *desk research* e interviste a realtà industriali. L'interesse è stato duplice: osservare cosa sia presente oggi sul mercato e capire quali possano essere le linee di ricerca comuni che definiranno gli imballaggi a prevalenza cellulosica del futuro. Così facendo, lo sguardo riuscirà a comprendere soluzioni del passato che trovano interesse applicativo nel presente, soluzioni immesse recentemente sul mercato e quelle che lo saranno a breve o in ottica di medio-lungo periodo.

### 3.1.1 DESK RESEARCH

La ricerca è stata condotta attraverso lo *scouting* di soluzioni presenti online. Le principali fonti da cui si sono rilevati i casi studio sono state le seguenti:

**Best Pack di Comieco (42):** la pagina internet è stata visitata applicando come filtri per la ricerca il materiale “Poliaccoppiato a prevalenza carta”, lasciando tutte le strutture possibili così come i premi ricevuti. Sono stati preferiti i casi studio più recenti (soluzioni premiate dal 2015 in poi).

**Lista delle concessioni rilasciate da Aticelca (43):** gli elementi della lista (certificazioni concesse) sono stati filtrati escludendo in primo luogo tutte le certificazioni di cui non era presente una descrizione del prodotto o la descrizione dell'articolo<sup>14</sup>. Successivamente, sono stati esclusi dall'analisi tutti gli elementi la cui descrizione non fosse chiaramente riconducibile ad una struttura, ad un nome commerciale e che in aggiunta non avesse alcun dato sulla composizione (grammatura del substrato e/o grammatura e materiale del rivestimento). I prodotti che invece riportavano nomi commerciali sono stati approfonditi al fine di reperire maggiori informazioni.

**Conoscenze pregresse degli autori e ricerca online:** sono stati investigati i siti delle aziende produttrici di imballaggi e/o semilavorati già conosciute dagli autori, nonché altre aziende operanti nel settore comparse sui motori di ricerca durante la fase di scouting. Qualora si incontrassero (a parità di azienda, materiale e struttura) più soluzioni che differiscono esclusivamente per colore o formato, ne verrà inserito uno solo. L'obiettivo è, infatti, quello di reperire e mappare soluzioni non ridondanti, evento in cui si rischierebbe di incorrere indagando aziende che hanno nel portfolio prodotti con una molteplicità di formati e grafiche.

### 3.1.2 INTERVISTE A REALTÀ INDUSTRIALI

Nel corso dell'indagine è stato possibile intervistare alcune delle aziende leader nell'ambito del packaging. L'intervista è stata strutturata mirando ad evincere come sia cambiato il mercato, come si inserisce l'azienda nel panorama e quali le leve di maggior rilievo nello sviluppo di nuove soluzioni e/o imballaggi.

<sup>14</sup> Nella lista gli elementi dei quali le voci sono oscurate su richiesta del soggetto che ha richiesto il test appaiono con un asterisco tra parentesi "(\*)"



Nello specifico, tra dicembre 2021 e marzo 2022 sono state intervistate (in ordine alfabetico):

- **Sacchital Group<sup>15</sup>, grazie alla disponibilità del dott. Felice Ursino, Innovation Director**
- **Seda International Packaging Group<sup>16</sup>, grazie alla disponibilità del dott. Armando Mariano, R&D Director**
- **Stora Enso<sup>17</sup>, grazie alla disponibilità del dott. Renato Somekh, Regional Director Region South**

15 <https://www.sacchital.it/>

16 <https://www.sedagroup.com/>

17 <https://www.storaenso.com/>

## 3.2 Struttura database

**G**li imballaggi – e, più in generale, i prodotti – reperiti sono stati schedati seguendo uno schema specifico di informazioni da rilevare:

- › **Informazioni di riferimento sul prodotto e sul produttore**
- › **Tipologia**
- › **Composizione**
- › **Certificazioni**

Le quattro categorie di informazioni comprendono al loro interno una serie di altre informazioni più specifiche, così come descritto di seguito.

### 3.2.1 INFORMAZIONI DI RIFERIMENTO SUL PRODOTTO E SUL PRODUTTORE

Di seguito le informazioni mappate, relative alle generalità del prodotto e alle fonti per poter risalire agli specifici casi.

- › **Nome commerciale**
- › **Azienda produttrice**

- **Sito internet:** riferimento (collegamento) alla pagina internet di presentazione del prodotto
- **Brochure/datasheet:** riferimento (collegamento) all'opuscolo di presentazione del prodotto – o di una famiglia di prodotti che lo comprende – o scheda tecnica (quest'ultima rappresenta la soluzione preferibile)
- **Immagine:** foto di riferimento del prodotto inserito nel database
- **Grado di maturità:** una soluzione viene definita:
  - **Consolidata:** quando è presente sul mercato da molto tempo (>5 anni)
  - **Nuova adozione:** soluzione immessa sul mercato solo recentemente (<5 anni)
  - **Sviluppo:** quando non è ancora sul mercato o è in fase di industrializzazione

### 3.2.2 TIPOLOGIA

La sezione “Tipologia” mira, da un lato, a identificare se l'elemento schedato è un semilavorato o una struttura (e, conseguentemente la macrocategoria di riferimento), così come gli ambiti applicativi in cui si può trovare.

- **Semilavorato**
- **Macrocategoria:** fare riferimento a quanto definito in 2.2 Macrocategorie
- **Struttura:** fare riferimento a quanto discusso in 2.3 Una nuova metodologia di definizione.
- **Applicazione:** se riportata, è l'insieme delle applicazioni per le quali è stato pensato il prodotto oggetto di schedatura

A queste voci ne è stata aggiunta una relativa a **dispersioni polimeriche** (si specifica nel database se il prodotto è una dispersione).

La motivazione risiede nel fatto che, come verrà descritto in particolare modo nei risultati delle interviste, risulta essere un tema di forte interesse per le aziende.

Infine, per le soluzioni che non appartengono alla categoria delle dispersioni polimeriche – intese come prodotto industriale – è stata inserita la colonna **Tecnologia**, in cui specificare, dove possibile, la tipologia di tecnologia usata per fornire proprietà barriera al substrato cellulosico (si faccia riferimento alla Figura 1).

### 3.2.3 COMPOSIZIONE

Viste le generalità e la categorizzazione della tipologia di prodotto, si definiscono successivamente le caratteristiche legate al materiale. Queste fanno riferimento sia al substrato che al materiale di rivestimento o laminazione.

- **Substrato cellulosico:** oltre a quanto già riportato nelle note di questo documento, si invita a fare riferimento al paragrafo *2c - Materiali per il packaging delle Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi a prevalenza cellulosica (39)* (riportato in *Appendice*)
  - **Carta**
  - **Cartoncino teso**
  - **Cartone**
  - **Cartone ondulato**
  - **Carta/Cartoncino speciale**
  - **Polpa di cellulosa**
- **Materiale di rivestimento o laminazione:** il materiale (i materiali) che compongono lo strato (gli strati) barriera e che viene applicato (vengono applicati) sul substrato
- **Proprietà barriera:** la proprietà barriera che fornisce il rivestimento/la laminazione; possono essere generali (es. nel caso

di semilavorati) o specifiche (nel caso di una applicazione ben definita e limitata).

- › **Grammatura substrato:** riportata in g/m<sup>2</sup>
- › **Grammatura rivestimento o laminato:** riportata in g/m<sup>2</sup>
- › **Origine:** si riferisce alla natura del rivestimento o del laminato.

Può essere:

- **Biobased:** la derivazione è da biomassa. È il caso, ad esempio, dell'acido polilattico (PLA), o del bio-polietilene (bio-PE)
  - **Fossile:** il materiale (polimerico) deriva da fonti petrolchimiche, ad es. il polipropilene (PP) o il polietilene (PE)
  - **Mista:** se la derivazione risulta parzialmente da fonti di biomassa e parzialmente da fonti petrolchimiche
- › **Note:** eventuali altre informazioni reputate di interesse e che non rientrano nelle precedenti voci

### 3.2.4 CERTIFICAZIONI

Infine, l'attenzione si è spostata su quello che è il fine vita del prodotto e le eventuali certificazioni comunicate dall'azienda produttrice o trasformatrice nella scheda tecnica, nell'opuscolo o nel sito internet. Le certificazioni sono considerate se il marchio risulta riconosciuto a livello nazionale ed internazionale.

- › **Filiera di fine vita:** riguarda la filiera di fine vita (nel caso specifico della filiera di fine vita, non si è basati su una effettiva certificazione, ma sulle dichiarazioni del produttore). Differisce dalle voci successive in quanto possono esserci casi in cui viene dichiarato riciclabile e/o compostabile, ma non vengono fornite certificazioni in merito (sui canali comunicativi in rete, perlomeno).

- **Riciclo carta e cartone**
- **Compostaggio**

- **Riciclo/Compostaggio:** il prodotto è comunicato essere sia riciclabile che compostabile
  - **Non riciclabile:** riguarda la destinazione nella filiera indifferenziata.
- **Aticelca:** il livello di riciclabilità secondo il sistema di valutazione Aticelca 501 (33), certificante la qualità del riciclo nella filiera della carta e del cartone
  - **FSC<sup>18</sup>:** certificazione relativa standard di prestazione in merito alla gestione delle foreste o piantagioni secondo standard ambientali, economici e sociali
  - **PEFC<sup>19</sup>:** certificazione relativa a standard di sistema che approva e riconosce schemi adottati dalle organizzazioni per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità
  - **Contenuto biobased:** certificato attraverso normative quali la EN 16785-1 (44), riporta il contenuto (espresso come percentuale) nel campione testato.
  - **Compostabile:** tra i marchi riconosciuti a livello europeo riportiamo, a titolo d'esempio, DIN CERTCO<sup>20</sup> (Germania) e TÜV Austria<sup>21</sup> (ex Vinçotte), mentre a livello nazionale CIC<sup>22</sup>. Per un articolo certificato come compostabile deve essere specificata la tipologia di compostabilità:
    - **Home:** è possibile compostare il prodotto in una compostiera casalinga
    - **Industrial:** per essere opportunamente compostato, il prodotto deve essere trasferito ad un apposito impianto industriale, che monitora e mantiene specifiche condizioni ambientali per garantire il processo

18 [hiips://it.fsc.org/it-it](https://it.fsc.org/it-it)

19 [hiips://www.pefc.it/](https://www.pefc.it/)

20 [hiips://www.dincertco.de/](https://www.dincertco.de/)

21 [hiips://en.tuv.at/en/](https://en.tuv.at/en/)

22 [hiip://www.compostabile.com/](https://www.compostabile.com/)

- **Home/Industrial:** il prodotto è certificato come compostabile in impianti sia domestici che industriali
- **MOCA:** il produttore riporta che è adatto al contatto alimentare e riporta, eventualmente, la normativa o il regolamento che rispetta (es. il Regolamento 10/2011 (21) per l'Unione Europea e FDA<sup>23</sup> per il territorio americano)

<sup>23</sup> Più informazioni sono presenti al seguente link: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/packaging-food-contact-substances-fcs>

### 3.3 Risultati e discussione

**L'**analisi di mercato ha permesso l'inserimento a database di 182 prodotti provenienti da 72 aziende che operano nel panorama italiano ed internazionale, con una media di circa 2,5 prodotti per ogni azienda. Delle soluzioni mappate, 142 sono imballaggi, 22 i semilavorati e 21 le dispersioni polimeriche. Sebbene non direttamente coinvolte, queste ultime sono state incluse a testimonianza del crescente interesse industriale nella tecnologia, come riportato anche dagli intervistati e riassunto nell'apposito specchietto *Industria e dispersioni polimeriche*.

#### **Industria e dispersioni polimeriche**

Quella dell'uso di dispersioni polimeriche è una tendenza in forte crescita nel mercato. Come già anticipato in *1.1 Composito, (poli)accoppiato, laminato, (co)estruso e rivestito*: facciamo chiarezza, le dispersioni polimeriche permettono, allo stato attuale, di poter ridurre le grammature del materiale non cellulosico, specie in applicazioni in cui la funzione di contenimento è limitata nel tempo e non richiede performance in termini di barriera a gas elevata. Questo porta ad un incremento della frazione





cellulosica potenzialmente recuperata in fase di riciclo, anche grazie alla disintegrazione della barriera nel processo.

Le dispersioni polimeriche trovano attualmente applicazione in alcune nicchie, come ad esempio quella dei bicchieri e delle tazze per bevande calde e/o fredde. Il dott. Somekh di Stora Enso fa notare come esistano per l'appunto applicazioni, ma anche come la fase di transizione e cambiamento che stiamo vivendo abbia generato elevate aspettative nelle aziende rispetto alle dispersioni polimeriche. La ricerca è molto attiva e le possibilità presenti sul mercato sono molteplici, nonostante la tecnologia non sia ancora pienamente matura, come sottolineato dal dott. Mariano di Seda.

Resta comunque il fatto che le performance mostrate fino ad ora sono, in termini di proprietà barriera e saldabilità a caldo tra le altre, molto promettenti. In ottica di medio e lungo termine le dispersioni polimeriche dovranno fare chiarezza sugli effettivi impatti in fasi di riciclo – come affrontato in *1.8 Compositi a prevalenza carta e riciclo in cartiera* e sottolineato dagli intervistati; inoltre, dovranno probabilmente evolvere per allontanarsi dalla natura “chimica” includendo ad esempio soluzioni di origine biobased, come sottolineato dal dott. Somekh e dal dott. Ursino. Conseguentemente, risulta e risulterà necessario il costante aggiornamento sulle implementazioni di prodotto e tecnologiche sviluppate dai produttori di dispersioni. Dati alla mano, una buona pratica aziendale impone la valutazione delle performance a riciclo, nonché l'impatto lungo l'intero ciclo vita dei prodotti a confronto: fondamentale, quindi, l'esistenza di certificazioni quali la riciclabilità secondo lo schema UNI 11743 (32) e il Sistema di Valutazione Aticelca 501 (33), ma anche la presenza di analisi LCA che forniscano elementi oggettivi sugli impatti lungo l'intero ciclo vita (eventualmente validando la scelta di prodotti da origine biobased); qualora non fossero presenti dati o si volesse verificare per una specifica applicazione, risulta essenziale prevedere test e prove di laboratorio o in impianti pilota.

Infine, le aziende che decidono di utilizzare dispersioni sono invitate a valutare l'effettiva efficacia di tale soluzione in merito a questioni legate alla *shelf-life* del contenuto dell'imballaggio e, non da ultimo, all'eventuale *food spoilage*. —

Una prima nota di carattere generale, che verrà ripresa anche più avanti nel documento e che è necessario tenere sempre in considerazione, è che i risultati presentati rispecchiano un numero limitato di casi ed aziende mappati – se paragonato all'intero panorama di mercato. Inoltre, non è possibile conoscere i volumi di mercato per ogni imballaggio analizzato; pertanto, non sarà possibile esprimere considerazioni di natura quantitativa in relazione al mercato nel suo insieme.

I casi analizzati appartengono prevalentemente al settore del *food packaging*; è stato possibile osservare come generalmente non siano riportate informazioni relative alla composizione e, ad esempio, alle grammature del substrato o del rivestimento/laminato. La carenza di informazioni a disposizione nei canali accessibili ha svolto pertanto un ruolo cruciale, facendo escludere differenti soluzioni<sup>24</sup>.

In particolare, durante l'analisi non è stato possibile rilevare il grado di maturità, dal momento che per le soluzioni industrializzate non viene esplicitato l'anno di immissione sul mercato; per le soluzioni in via di sviluppo o innovative, di contro, le informazioni riportate – se presenti – risultavano solamente di carattere generico. Sebbene l'uso del buon senso permettesse generalmente il discernimento delle soluzioni consolidate, è stato scelto di non adottare un approccio deduttivo in quanto soggetto a interpretazione personale.

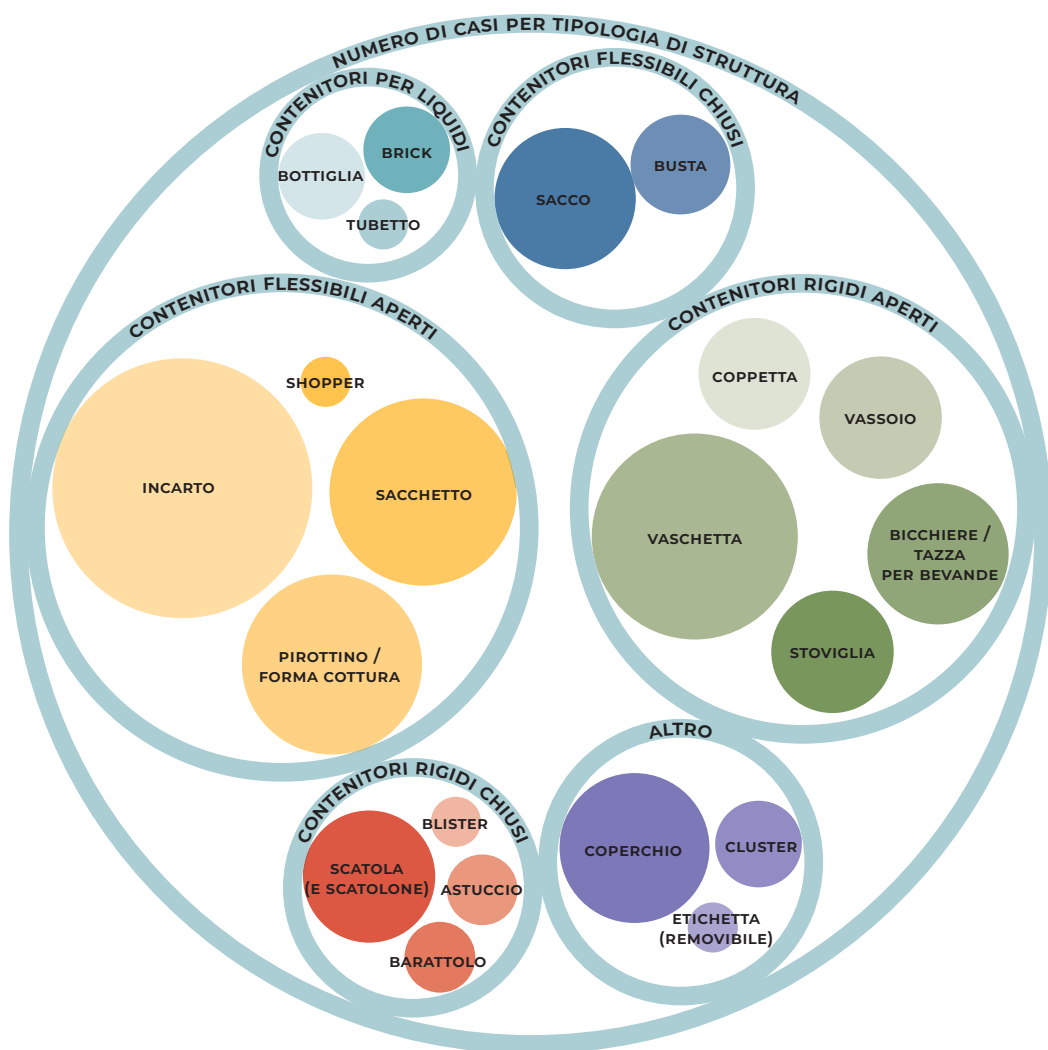
L'analisi ha permesso la copertura della maggior parte delle strutture definite, sebbene si siano osservate significative differenze nel numero dei casi reperiti, come mostrato in Figura 9. Questo si può ricondurre principalmente a due fattori:

- Non tutte le tipologie di strutture analizzate vengono tradizionalmente prodotte con materiali barrierati (es. Shopper) o a prevalenza cellulosica (es. Tubetto, Blister, Bottiglia)
- Molti imballaggi sono relativi ad articoli appartenenti ad es.

<sup>24</sup> Sono state escluse soluzioni per le quali erano maggiori le voci risultanti "non specificate". L'elenco di voci analizzate è disponibile nella sezione *3.2 Struttura database*.

alla GDO. Il materiale di cui si costituisce il packaging è gestito a livello B2B tra il produttore/trasformatore e chi confeziona, progettando soluzioni generalmente personalizzate in funzione delle specifiche fornite dal cliente, esulando da una comunicazione specifica sui relativi siti.

Figura 9. Numero di casi rilevati per tipologia di struttura. Raggruppamento in macrocategorie.



Nello specifico, le strutture che sono state analizzate ed inserite nel database in maggior numero (> 10 inserimenti per ciascuna struttura) sono: incarti, vaschette, sacchetti e pirottini/forme cottura. Tra quelle popolate da un solo prodotto troviamo invece le etichette rimovibili, gli shopper, i tubetti e i blister.

È interessante osservare come, per le strutture di cui si sono trovate più informazioni, vi sia un'elevata ripetitività di materiale utilizzato come barriera. Questo può essere spiegato con il consolidamento delle soluzioni nel mercato, che implicano un adeguato e diffuso parco macchine in grado di processare i substrati a prevalenza cellulosica. Il tema della macchinabilità è infatti al contempo delicato e cruciale, come riportato durante le interviste con il dott. Ursino e dott. Somekh; a tal proposito, alla tematica è stato dedicato un apposito specchio (*Materiali e macchinabilità*).

## Materiali e macchinabilità

Quando si parla di imballaggio a prevalenza cellulosica e, in particolare, di transizione da imballaggi polimerici verso imballaggi a prevalenza cellulosica, si devono considerare i potenziali limiti (ad esempio in termini di proprietà meccaniche) che questi ultimi hanno rispetto alle controparti polimeriche, escludendo talvolta un uso diretto su impianti esistenti – e, conseguentemente, fungendo da barriera all'introduzione di nuove soluzioni. Questo perché gli impianti industriali hanno costi notevoli che vengono ammortizzati negli anni e solo grazie ad importanti volumi produttivi. Pertanto, come sottolinea il dott. Ursino, le aziende sono generalmente poco propense a smantellare linee produttive esistenti per acquisirne di nuove, spingendo la ricerca e sviluppo di semilavorati verso soluzioni che risultino processabili negli impianti in essere o che richiedano minime modifiche nel parco macchine esistente. Tali richieste, però, comportano una peggiore performance in termini di riciclabilità – generalmente la macchinabilità implica un maggiore contenuto non cellulosico.

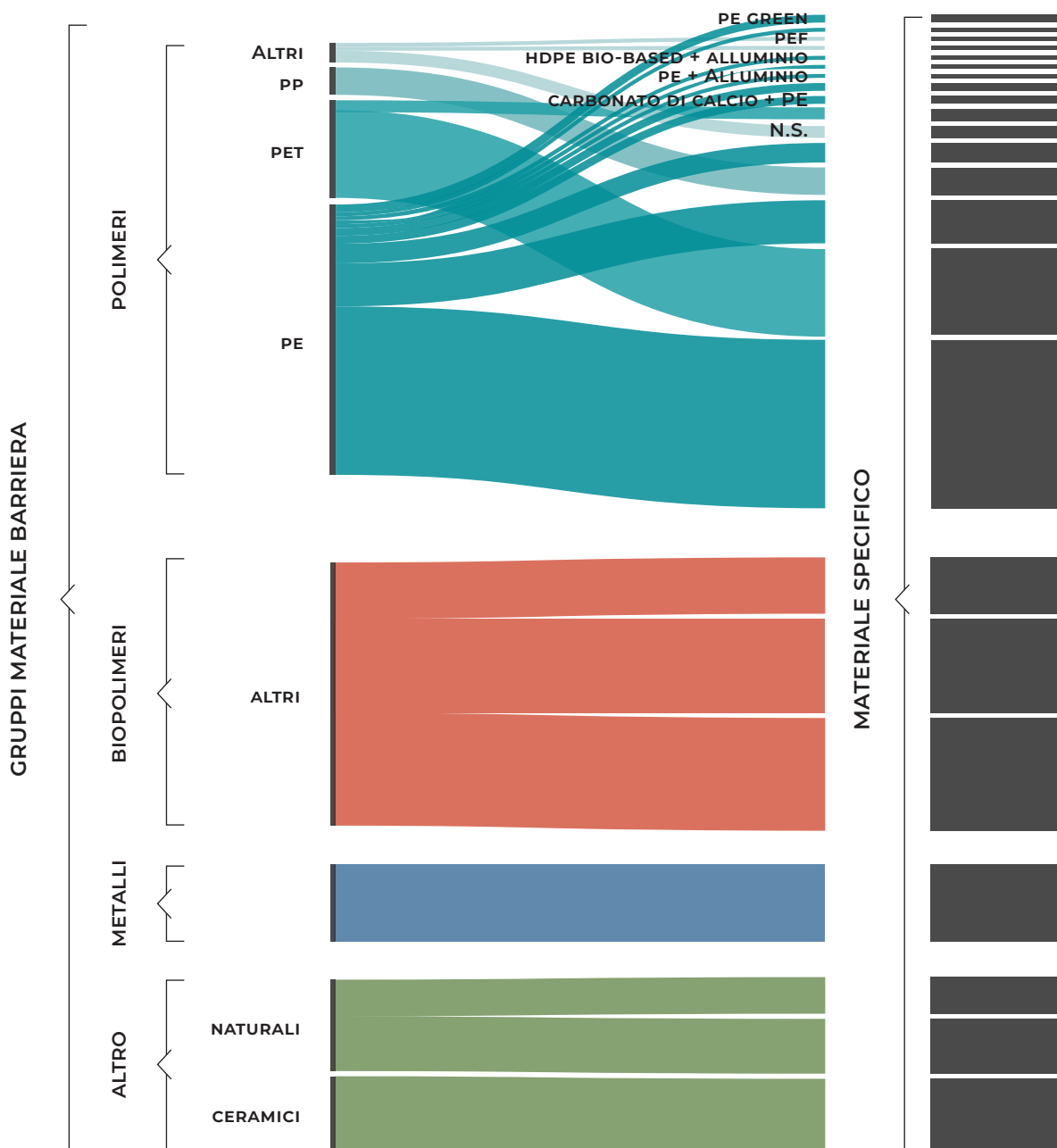


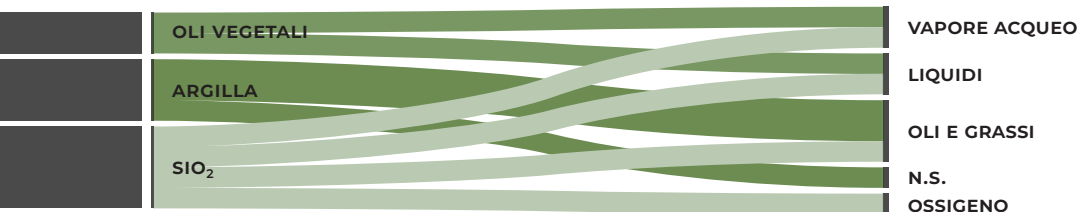
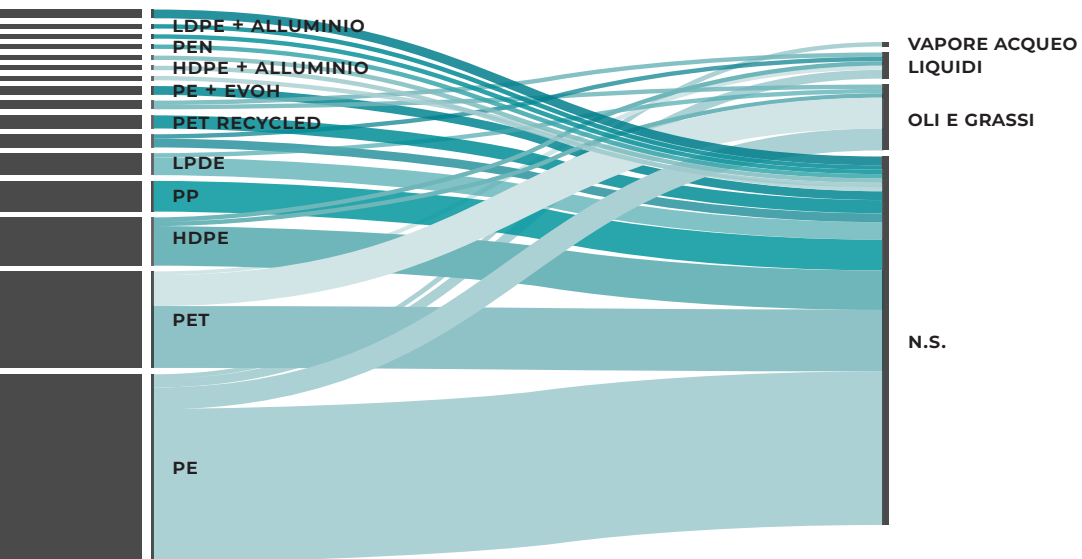
Si potrebbe poi ulteriormente approfondire il discorso, argomentando come aziende di maggiori dimensioni siano tendenzialmente più restie agli investimenti rispetto ad aziende più piccole, che hanno la necessità di differenziarsi puntando allo sviluppo di prodotti con un maggiore livello di innovazione. In particolare, riporta sempre il dott. Ursino, è possibile osservare una propensione all'acquisto di macchinari specifici per materiali a prevalenza cellulosica nel caso di linee di prodotti a maggior valore aggiunto quali, ad esempio, quelle biologiche.

In aggiunta, come suggerisce il dott. Somekh, bisogna considerare che la macchinabilità risulta essenziale per tutte le questioni che sono legate alla sicurezza alimentare. Infatti, se il materiale non risulta correttamente processato, possono insorgere criticità legate allo sviluppo di batteri o al prematuro deperimento degli alimenti. Pertanto, la scelta di materiali compatibili con i parametri di processo che siano in grado di fornire adeguate proprietà barriera risulta un *imperat*.

Ed è proprio da questa serie di fatti brevemente riportati che si giustifica (come riportato sia dal dott. Ursino che dal dott. Somekh) la necessità di una rete di contatti tra aziende volte alla collaborazione per lo sviluppo di soluzioni che ottimizzino i vincoli di macchina, barriera e riciclabilità. Si ritiene infatti che la messa a sistema di competenze differenti (ovvero: da diversi attori operanti all'interno della filiera) sia una buona pratica da adottare al fine di ottenere mutui benefici in termini di vantaggi competitivi sul mercato e di partnership durature nel tempo. Non a caso, infine, le collaborazioni tra aziende dotate di diverse *expertise* siano di notevole importanza all'interno dei bandi finanziati (si consiglia, a tal proposito, l'approfondimento dei casi riportati nello specchio *Progetti finanziati*). —

Figura 10. Occorrenza dei principali materiali di rivestimento/laminazione e relative proprietà barriera. Nella parte centrale in risalto eventuali composizioni in concomitanza con altri materiali e sostanze.





PROPRIETÀ BARRIERA

Relativamente ai materiali, si osserva in Figura 10 come la maggior parte delle soluzioni mappate utilizzi polimeri e biopolimeri (le dimensioni delle bande sono direttamente proporzionali alla ricorrenza nei casi oggetto di analisi). Inoltre, si sottolinea come i casi analizzati siano stati talvolta frutto di una selezione tra quelli presenti sul sito dell'azienda investigata – evitando di riportare tutti quelli disponibili – come definito in *3.1.1 Desk research*. Inoltre, l'assenza del dato relativo ai volumi nel mercato fa sì che ogni inserimento abbia un peso equivalente agli altri.

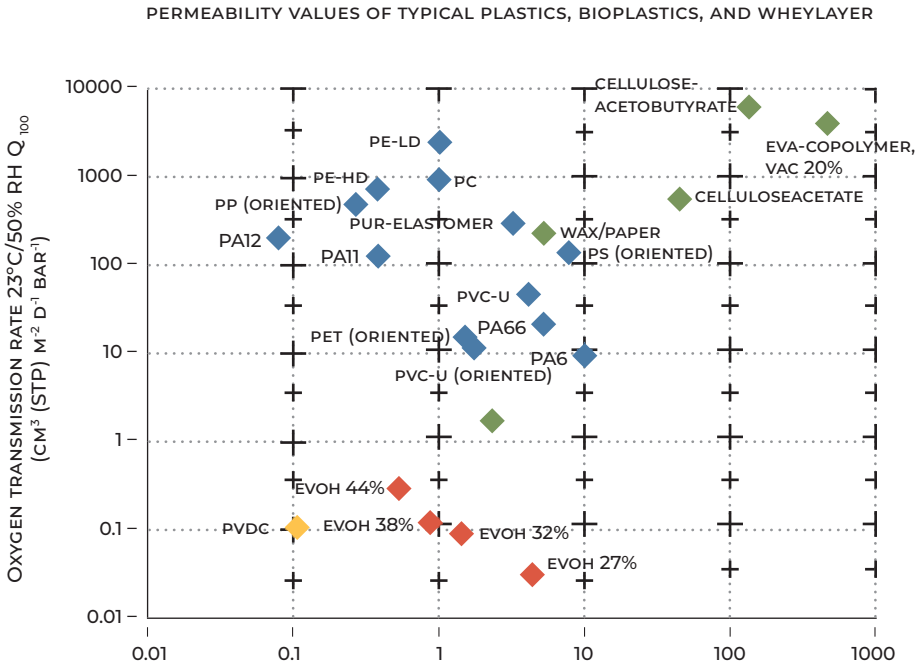
In particolare, dalla Figura 10 si evince come i polimeri più ricorrenti siano PE, PP e polietilene tereftalato (PET). Tra i biopolimeri (in questa sede intesi come polimeri biobased e biodegradabili e/o compostabili), invece, quelli trovati con maggiore frequenza sono stati PLA e Mater-Bi<sup>25</sup>.

Dall'analisi risulta come esistano materiali usati in concomitanza con i sopracitati (PP, PE, PET, etc.), in multistrato o come carica interna al film: è il caso, ad esempio, dell'alluminio e dell'etilene-alcol vinilico (EVOH) per i multistrato e del carbonato di calcio come carica. In particolare, questi sono impiegati quando l'imballaggio deve essere altamente performante in termini di barriera ai gas o al fine di implementare barriere ad esempio agli aromi, alla radiazione UV o all'ossigeno. Per avere una panoramica più ampia sulle proprietà di permeabilità dei vari polimeri, si riporta in Figura 11 un grafico reperito in letteratura (45).

25 Il prodotto è a base di amido di mais e oli vegetali. Mater-Bi è un marchio registrato di Novamont. Per maggiori informazioni: <https://materbi.com/>



Figura 11. Permeabilità all'ossigeno e al vapore acqueo di film polimerici (25 µm) per alcuni polimeri e biopolimeri (45).



Si osserva come dalla Figura 10 gran parte delle soluzioni implichi proprietà barriera indicate come non specificate (“n.s.”). La differenza rispetto a quanto riportato in Figura 12 e la Figura 13 è marcata e la motivazione risiede nella natura delle soluzioni. Infatti, nei secondi casi si tratta di trattamenti barriera e semilavorati speciali, in cui il materiale è strettamente vincolato alla specifica applicazione.

I materiali appartenenti alla categoria dei “Biopolimeri” sono generalmente accompagnati da una certificazione di compostabilità industriale, mentre risultano una frazione ridotta quelli certificati anche *Home Composting* (rappresentano circa il 20 % dei casi provvisti di certificazione) o dei quali non è riportata la certificazione di compostabilità. In merito alla questione compostaggio, è bene sottolineare, che dovrebbe essere un’opzione da considerare e implementare solamente nei casi in cui non sia possibile o non risulti vantaggioso il riciclo (39): è

il caso, ad esempio, di imballaggi fortemente macchiati da olii e grassi o con residui alimentari non facilmente rimovibili dal packaging. Oltre alle problematiche legate alla contaminazione della filiera del riciclo, il compostaggio – sebbene competa a fornire sostanze nutrienti per le piante – implica una perdita di fibra cellulosica che può essere nuovamente generata ed immessa nella filiera nel tempo e attraverso ulteriori processi industriali.

Nonostante il tema dei polimeri riciclati sia di forte attualità (si parla spesso di PET riciclato – rPET – ad esempio nelle bottiglie di plastica), è stato ritrovato un solo caso che utilizza materiale polimerico da riciclo (rPET); questo risulta ancora più singolare perché riguarda appunto una bottiglia a prevalenza cellulosica, struttura sulla quale molte aziende stanno concentrando gli sforzi<sup>26</sup>. Ciononostante, è bene considerare che l'uso di polimeri da riciclo per il contatto alimentare non è un processo semplice e diretto, ma prevede un'apposita certificazione da parte dell'EFSA (46).

Come affrontato in *1.8 Compositi a prevalenza carta e riciclo in cartiera*, le soluzioni con barriera competono alla generazione di scarto, specie quello pulper, che trattiene le frazioni a pezzatura maggiore. In ottica di recupero e riciclo degli scarti pulper, risulta interessante l'approccio riportato dal dott. Mariano, per il quale Seda si sta muo-

26 Tra le aziende che è possibile citare si riporta a titolo d'esempio PaBoCo (<https://www.paboco.com/>), Pulpex (<https://www.pulpex.com/>), le quali collaborano con importanti multinazionali. Le bottiglie a prevalenza cellulosica, per natura del contenuto, devono presentare elevate proprietà barriera all'acqua, ai gas e devono anche mantenere l'aroma del contenuto. Segue che tali imballaggi necessitano di una importante barriera sul lato interno. Sebbene le suddette compagnie riportino come la frazione polimerica risulti separabile dalle fibre cellulosiche nel processo di riciclo e come si stia lavorando per utilizzare polimeri *biobased*, le bottiglie a prevalenza cellulosica presentano – allo stato attuale – diverse problematiche, quali la non trasparenza, l'elevato *premium* in termini di prezzo e, infine, il maggior peso rispetto alle controparti realizzate integralmente in materiali polimerici. Ciononostante, questa struttura innovativa per il mondo degli imballaggi a base carta risulta interessante per il lato comunicativo e di distinzione sullo scaffale, lasciando considerazioni sulla sostenibilità a dati oggettivi derivanti da metodologie di valutazione degli impatti una volta che la tecnologia di produzione sarà sufficientemente matura.

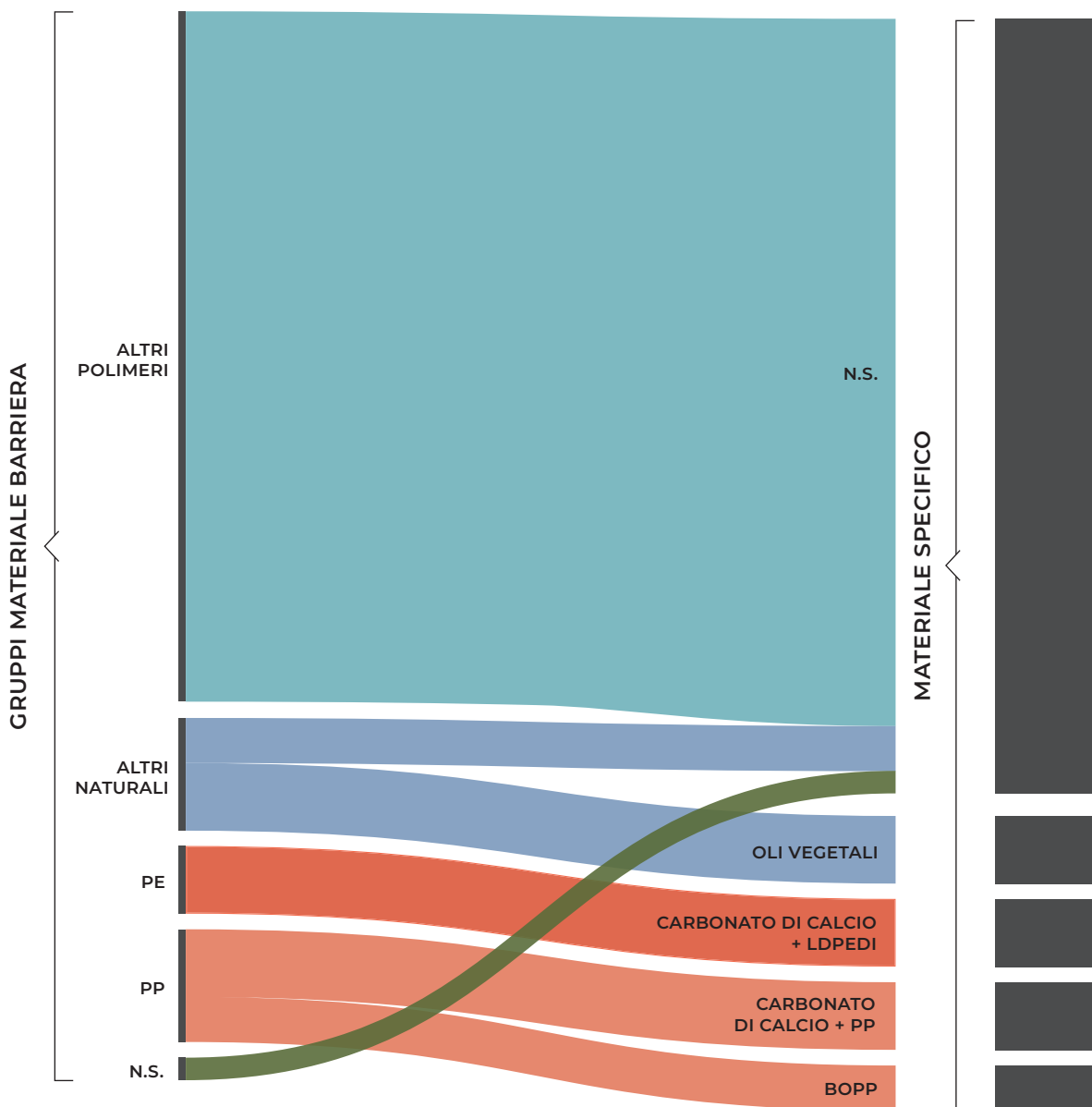
vendo, ove possibile, l'uso di solo LDPE come materiale barriera. Una pratica del genere, adottata su larga scala dalle aziende potrebbe risultare virtuosa per la filiera del riciclo, in particolare per le cartiere. Il polietilene (e, quindi, il LDPE) è il materiale più comunemente usato per la sua facile macchinabilità oltre al vantaggioso rapporto tra costo e proprietà barriera garantite; pertanto, una più larga adozione potrebbe garantire una maggiore uniformità dello scarto di pulper favorendone la richiesta ed elevandolo alla qualifica di sottoprodotto<sup>27</sup> – con gli annessi vantaggi economico-ambientali.

Quanto è risultato infatti dalla ricerca di mercato è che esistono innumerevoli soluzioni sul mercato per permettere all'imballaggio di essere performante e assolvere alle sue funzioni (47). È infatti imprescindibile la garanzia che l'imballaggio protegga e conservi il contenuto fino all'utilizzo da parte del consumatore finale; essendo poi le applicazioni differenti, è naturale che siano richieste prestazioni – e, in generale, materiali – differenti. Ciò che si vuole evidenziare è che nel percorso di selezione dei materiali si auspica vengano integrate considerazioni atte alla riduzione del numero di polimeri usati in portfolio, cercando compromessi che possano coadiuvare una omogeneizzazione di scarto che potrebbe trasformarsi in nuove opportunità e virtuosità per la filiera.

Passando invece alle dispersioni polimeriche (come prodotto disponibile in commercio), in Figura 12 si osserva come la maggior parte migliori le proprietà barriera del substrato a liquidi, olii, grassi e vapore acqueo, che risultano le barriere più comunemente richieste. Al contrario della Figura 10, per le dispersioni polimeriche non è stato possibile generalmente ritrovare la composizione; questo perché in generale le formulazioni risultano protette dalle aziende produttrici per essere competitivi nel mercato.

<sup>27</sup> Un residuo può essere, a livello normativo, rifiuto o sottoprodotto: il rifiuto è un oggetto di cui il detentore deve disfarsi, mentre per avere lo status di sottoprodotto un residuo deve verificare specifiche condizioni definite nell'art. 184-bis del D.Lgs. 152/06 (77). Si veda, a tal proposito, la voce "Sottoprodotto" nel Glossario.

Figura 12. **Dispersioni polimeriche e proprietà barriera che possono implementare.**



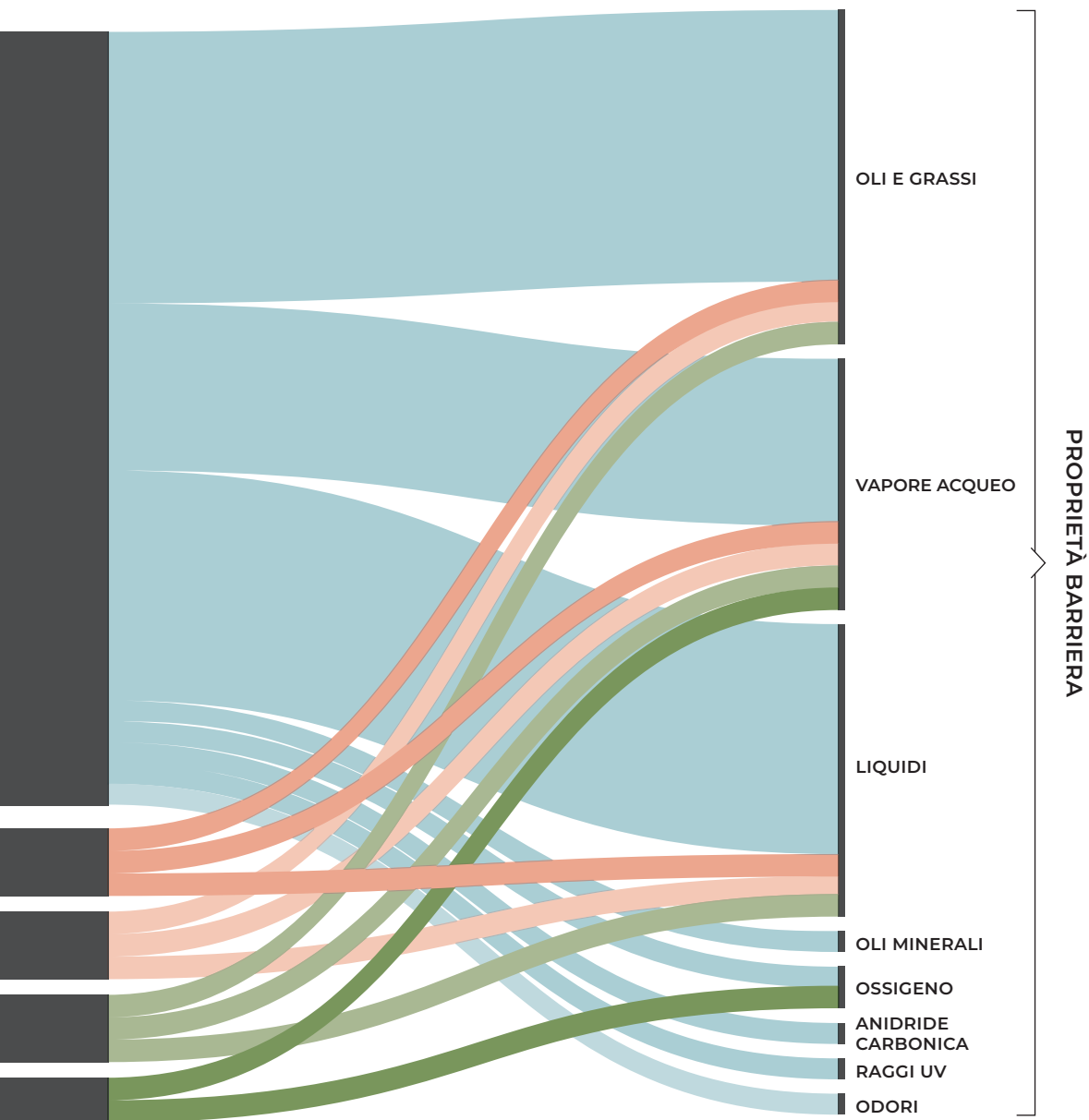
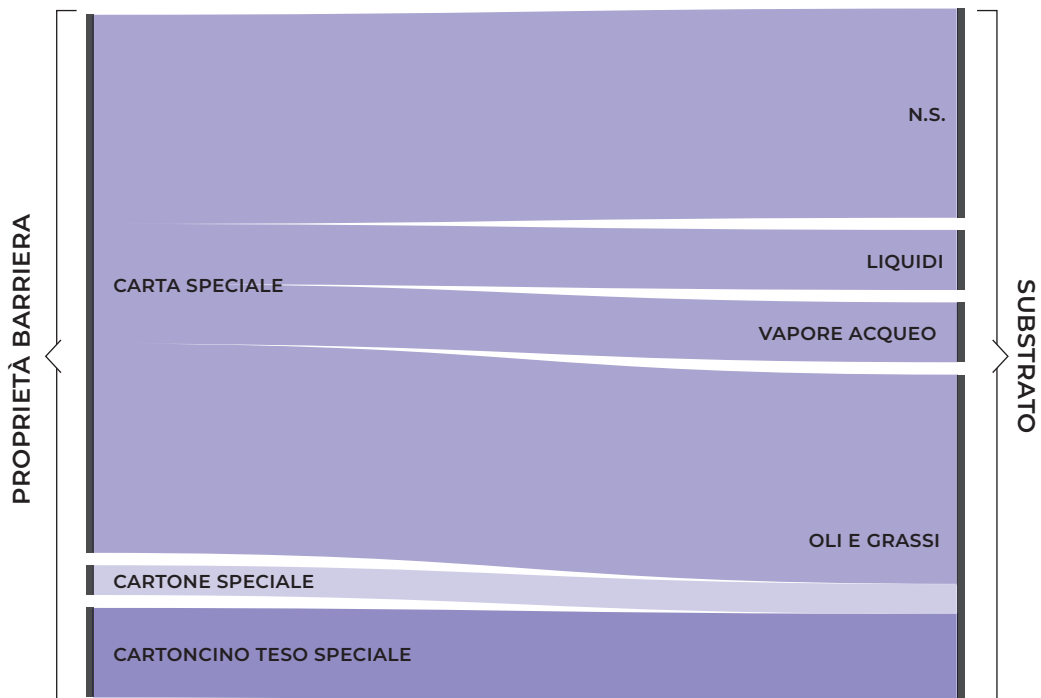


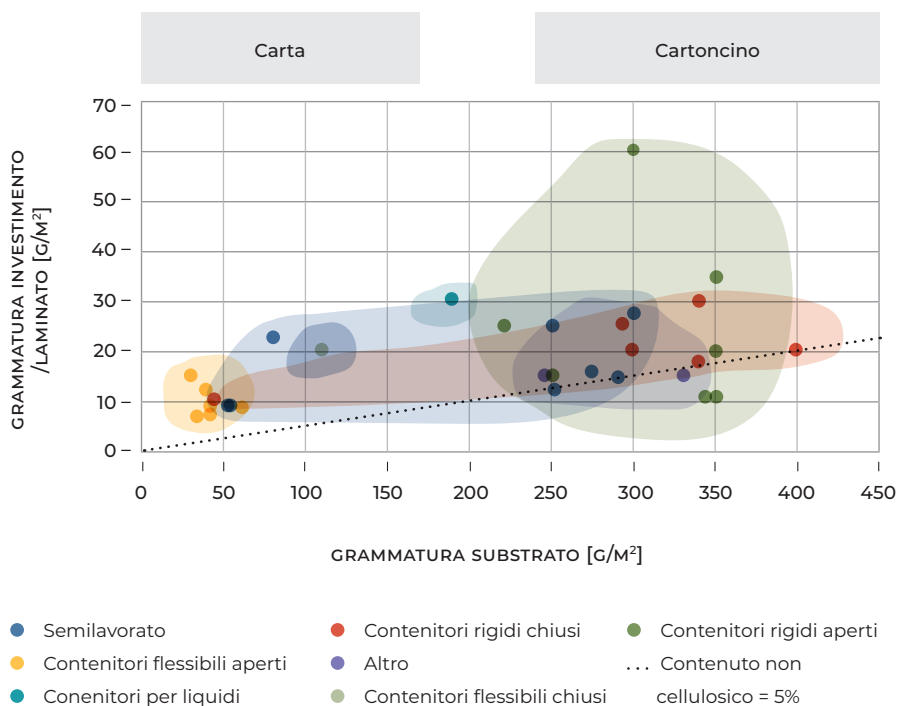
Figura 13. **Proprietà barriera riportate per Carte, Cartoncini e Cartoni speciali.**



Similarmente alle dispersioni polimeriche, per le carte speciali viene specificata la proprietà barriera di riferimento, che in generale risulta essere ai liquidi, olii, grassi e vapore acqueo. Dalla ricerca è emerso come la maggior parte dei substrati speciali sia carta (con grammatura  $< 60 \text{ g/m}^2$ ), con qualche caso sporadico in cartoncino teso e cartone; questi ultimi in generale è risultato abbiano proprietà barriera ad olii e grassi, nonostante non si possano escludere a priori le altre opzioni.

Non tutti i casi analizzati riportano le grammature del substrato e del rivestimento/laminato. Applicando un filtro al database selezionando tutte le soluzioni per le quali sono esplicitate le grammature, restano 38 casi a partire da 160, ovvero circa il 25% del totale – sono esclusi dal conteggio le dispersioni polimeriche, in quanto è intrinsecamente impossibile conoscerne le grammature specifiche e del substrato. Alcuni casi studio presenti nel database riportavano dei range per le grammature; ai fini di una rielaborazione grafica, il cui scopo è fornire in maniera qualitativa la distribuzione dei casi, si è deciso di considerare per queste voci il valore medio. In Figura 14 è possibile osservare la distribuzione dei casi mappati in relazione alla grammatura del substrato e del rivestimento/laminato. In esso, gli elementi che popolano il grafico sono differenziati cromaticamente in funzione della macrocategoria di riferimento. Dal grafico si può osservare come generalmente la grammatura del film barriera risulta essere compresa tra circa  $10\text{--}40 \text{ g/m}^2$ , mentre le grammature del substrato si concentrano nelle fasce  $0\text{--}100 \text{ g/m}^2$  e  $250\text{--}350 \text{ g/m}^2$ , ricalcando in buona parte le fasce riportate per carta e cartoncino teso (39).

Figura 14. **Grammatura substrato vs grammatura rivestimento/laminato.**

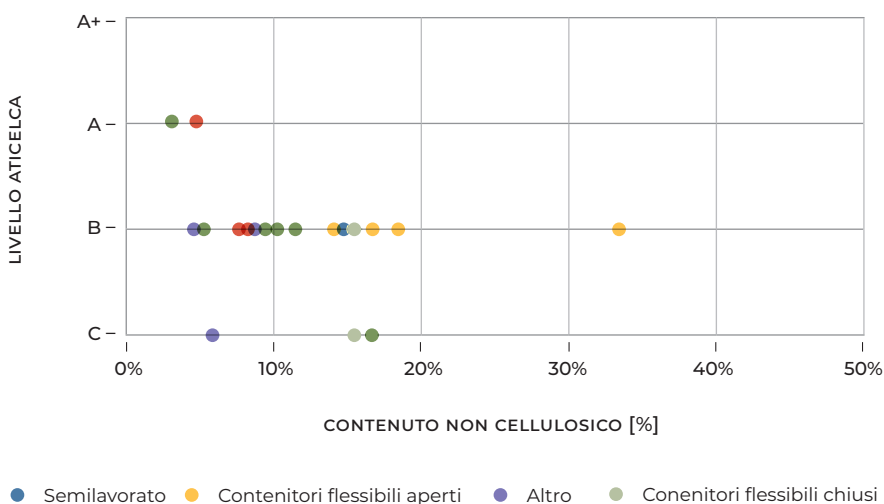


Inoltre, sempre in Figura 14, è stata riportata una retta che rappresenta il rapporto tra contenuto cellulosico e non cellulosico equivalente al 5%. Al di sopra di tale retta ci sono i prodotti composti (ovvero quelli caratterizzati da un rapporto in peso del contenuto non cellulosico rispetto a quello cellulosico  $>5\%$ ), per quanto definito nel *Capitolo 1 - Con-testo*; al di sotto, invece, i monomateriali. Per i casi le cui grammature sono note, sono stati rilevati principalmente casi di materiali composti; al contempo, è visibile un numero non trascurabile di casi studio monomateriale. Questi sono principalmente cartoncini tesi, in quanto grammature elevate – si consideri come riferimento grammature del substrato  $>250\text{ g/m}^2$  – permettono una frazione di materiale non cellulosico che in valore assoluto equivale a  $>10\text{ g/m}^2$ , ovvero grammature in linea con tecnologie di rivestimento di estrusione.



Volendo ulteriormente specificare l'analisi, è possibile filtrare i risultati precedenti anche in funzione del livello di riciclabilità Aticelca ottenuto. Selezionando, pertanto, gli inserimenti in cui venivano specificate le grammature e il livello di riciclabilità, otteniamo un bacino di analisi di 23 casi. Per visualizzare i dati in forma facilmente comprensibile, si è deciso di rappresentare i dati riportando in ascissa il rapporto in peso del materiale non celluloso rispetto a quello del substrato, mentre in ordinata il livello di riciclabilità (Figura 15). La Figura 15 mostra come la maggior parte dei casi ricada nel livello di riciclabilità B, senza una particolare distribuzione in termini di macrocategoria. Va comunque considerato che una rappresentazione come quella in Figura 15 correla solamente uno dei fattori che competono ai parametri valutati dal metodo di valutazione di riciclabilità, non avendo traccia della performance, ad esempio, in termini di adesività e omogeneità ottica.

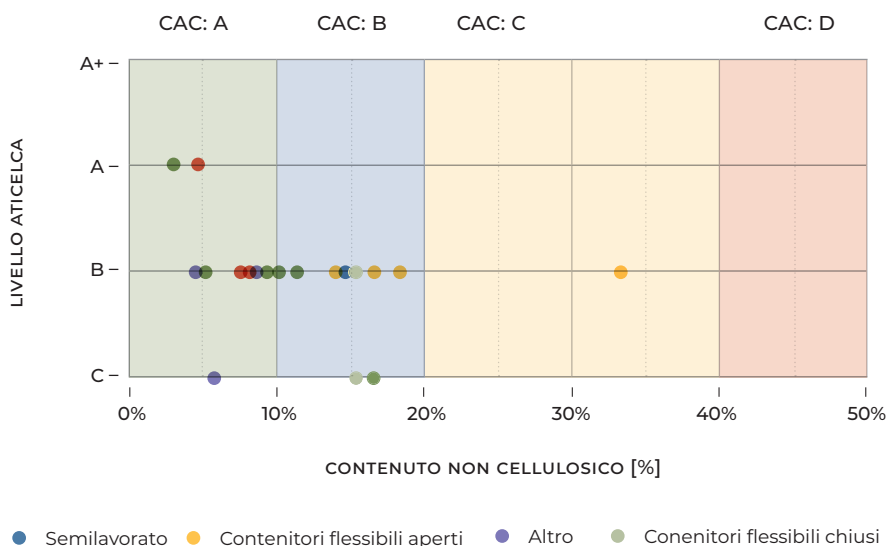
Figura 15. **Livello di riciclabilità Aticelca vs Contenuto non celluloso**



Volendo dettagliare maggiormente, nel grafico (Figura 15) è possibile inserire la suddivisione nelle fasce contributive CAC diversificato per imballaggi in carta e cartone (Figura 16). Dalla Figura 16 è quindi

possibile osservare come non vi sia una corrispondenza univoca tra fascia CAC diversificato e livello di riciclabilità, in particolar modo per la fascia A. Questo è dovuto, come già evidenziato nel secondo capitolo (si veda *1.5 Contributo Ambientale CONAI (CAC) diversificato*), al fatto che il CAC diversificato attualmente non considera l'esito del metodo e del sistema di valutazione della riciclabilità, basandosi bensì sul quantitativo di contenuto non celluloso.

**Figura 16. Livello di riciclabilità Aticelca vs Contenuto non celluloso. Evidenza delle fasce contributive CAC diversificato**

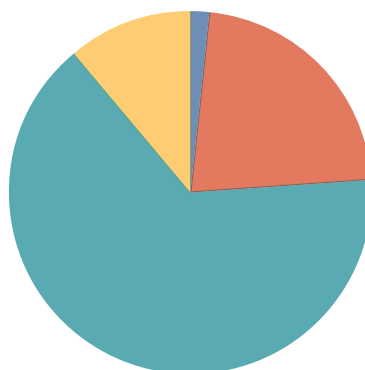
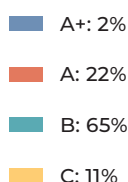


A fronte dei risultati, il carattere di temporaneità dell'attuale suddivisione in fasce risulta accettabile, specie considerando un necessario periodo di transizione da garantire alle aziende. In ottica di medio e lungo termine, però, mantenere una soluzione come questa potrebbe risultare discriminante per alcuni imballaggi: packaging entro la fascia contributiva A che è certificato con livello di riciclabilità C sosterebbe la filiera con un gettito inferiore a quanto farebbe uno che attualmente risulta in fascia CAC diversificato C e livello di riciclabilità B. In termini più generali, una stretta correlazione tra fascia contributiva e risultati

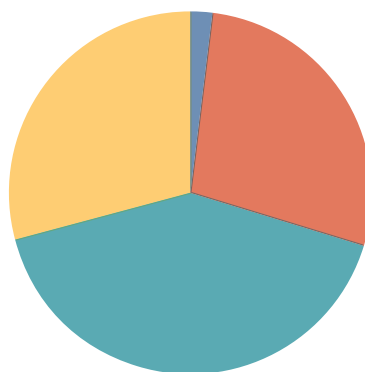
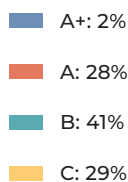
dei test di riciclabilità potrebbe risultare notevolmente più flessibile rispetto a degli inevitabili aggiornamenti del metodo e/o sistema di valutazione della riciclabilità degli imballaggi a prevalenza cellulosica.

Mantenendo l'attenzione sul livello di riciclabilità ed estendendo l'analisi rimuovendo i filtri legati alla grammatura, è possibile ottenere una ripartizione dei livelli di riciclabilità per i prodotti mappati. Dei 54 casi totali, come mostrato in Figura 17, quasi due terzi (65 %) rientra nel livello B, lasciando alle altre certificazioni concesse uno spazio residuale.

**Figura 17. Livelli di riciclabilità Aticelca per i prodotti mappati in questa ricerca.**



**Figura 18. Livelli di riciclabilità Aticelca per l'elenco completo di certificazioni rilasciato da Aticelca (43).**



Esistendo però l'elenco completo delle certificazioni rilasciate da Aticelca (43), è possibile confrontare la distribuzione del livello di riciclabilità con quella ottenuta in questa ricerca. Dalla Figura 18 si nota

come vi sia una componente importante certificata di livello C (39%). Questo dato risulta discordante con quanto riportato in Figura 17. Una spiegazione può essere trovata nella metodologia di indagine, che si è basata sulle informazioni liberamente accessibili; infatti, seppur non validati, si potrebbero ipotizzare differenti scenari:

- Le aziende utilizzano tali certificazioni in una logica di relazioni commerciali B2B
- Le aziende ottengono la certificazione senza poi effettivamente applicarla o mostrarla al consumatore finale (in logiche ad esempio B2C)<sup>28</sup>
- Le certificazioni sono per prodotti che non hanno poi avuto seguito industriale

## Vaschette e sacchetti

Tra le strutture di imballaggio trovate più frequentemente è possibile annoverare vaschette e sacchetti.

Definiamo la vaschetta come un imballaggio rigido aperto primario, generalmente di forma parallelepipedica, realizzata in cartoncino teso o cartone, può essere presentato all'utilizzatore messo a volume preincollato e che può essere sigillato superiormente ad esempio da un film polimerico. Dai dati reperiti risulta come le vaschette mappate siano prevalentemente realizzate in cartoncino teso con una grammatura media di circa 300 g/m<sup>2</sup>. Il materiale prevalente del rivestimento/accoppiamento risulta essere il PET, seguito da PP, PLA e PE. In generale, la grammatura media del film polimerico risulta pari a 30 g/m<sup>2</sup>. Sebbene la base dati si limiti a 18 casi studio, materiali come il PET e il PP sono associati ad imballaggi per il contenimento di pasti pronti che possono essere scaldati rispettivamente in forni tradizionali o microonde, come evidenziato anche dal dott. Mariano di Seda.

28 Si ricorda che ottenere la concessione del marchio Aticelca e – una volta ottenuta – la sua applicazione sull'imballaggio sono di carattere volontario e non coercitivo.



Quello dell'imballaggio per prodotti di gastronomia è infatti una tendenza che sembra essere stata cavalcata da molte aziende negli ultimi anni.

In termini di riciclabilità, invece, circa due terzi dei casi analizzati si colloca nel livello di riciclabilità B, mentre circa un terzo risulta di livello A. Questo risultato mostra come le aziende interessate abbiano dedicato molta attenzione allo sviluppo di soluzioni non critiche in fase di riciclo, collocandosi in fasce contributive che non prevedono – attualmente – contributi extra per il CAC diversificato carta e cartone.

Si evidenzia, infine, una seconda tendenza per le vaschette, che risulta essere quella di imballaggi pelabili; è infatti in questo contesto che assume maggiore valenza una soluzione pelabile, in quanto la separazione del film polimerico – se effettivamente effettuata dal consumatore finale – riduce lo scarto in cartiera ed evita la contaminazione della filiera da parte di residui alimentari.

Cambiando struttura, definiamo sacchetto un imballaggio primario flessibile aperto di forma parallelepipedo-prismatica, realizzato in carta o carta speciale, presentato all'utilizzatore non messo a volume e preincollato. Dai casi studio analizzati emerge come i sacchetti siano prevalentemente realizzati in carta (in qualche caso anche carta speciale), con grammatura media di circa 40 g/m<sup>2</sup> e grammatura del materiale barriera di circa 10 g/m<sup>2</sup>. Tali valori, così come per le vaschette, fanno sì che mediamente sacchetti e vaschette risultino imballaggi compositi.

La quasi totalità dei sacchetti mappati utilizza PE come materiale barriera al fine di implementare proprietà di anti-umidità.

Relativamente al fine vita, e a differenza dalle vaschette, i sacchetti risultano generalmente come conferibili nella raccolta della carta o, in alcuni casi, come compostabili. Per le soluzioni indicate come riciclabili, il livello di riciclabilità medio si attesta tra i livelli B e C, risultando in generale meno riciclabili rispetto alle vaschette. Questo è riconducibile sia a questioni di rapporto tra contenuto non celluloso e contenuto celluloso (mediamente il 25 % per i sacchetti contro il 10 % delle vaschette), sia all'assenza di soluzioni pelabili<sup>29</sup>. —

<sup>29</sup> Le soluzioni mappate, per la metodologia definita e gli scopi del lavoro svolto, non hanno considerato sacchetti realizzati in carta la cui componente cellulosa era attribuita solamente alla finestratura. Infatti, per soluzioni finestate, è noto esista una comunicazione che invita l'utente a separare manualmente la componente polimerica da quella fibrosa.

## 3.4 Considerazioni finali

### 3.4.1 MATERIALI

- È possibile osservare una ricorrenza in termini di materiali impiegati (es. PE, PP, PET, PLA); dall'analisi di mercato non si può evincere il prevalente, mentre dalle interviste è risultato essere il PE grazie alle sue proprietà di processo.
- Il PLA (e, più in generale, i polimeri biodegradabili/compostabili) rappresentino una nicchia produttiva, come riportato dagli intervistati.
- L'omogeneizzazione in termini di uso di un numero limitato (virtualmente unico) di materiali barriera da un lato porterebbe ad una maggiore qualità degli scarti pulper; d'altro canto, non si avrebbero performance adeguate a ogni applicazione. Pertanto, la soluzione pare essere il raggiungimento di un compromesso tra la funzionalità (che deve risultare l'obiettivo primario, in quanto la perdita del contenuto può generare impatti maggiori di quelli del ciclo vita dell'imballaggio), la macchinabilità dei materiali e la facilità di riciclo e recupero degli scarti.

### 3.4.2 FINE VITA - COMPOSTABILITÀ

- Il fine vita in impianti di compostaggio deve essere favorito solamente negli specifici ambiti applicativi in cui il riciclo delle fibre non risulta un'opzione praticabile o in cui gli impatti (contaminazione) nel flusso materico superano i benefici derivanti dal riciclo dell'imballaggio.

### 3.4.3 PELABILITÀ

- La pelabilità degli imballaggi risulta una tendenza in crescita in termini di implementazione nel mercato e di metodologia di valutazione. La preventiva separazione da parte del consumatore – opportunamente comunicata e messa in pratica – risulterebbe in una filiera di riciclo di carta e cartone meno contaminata da materiali non cellulosici.

# 4



**Ricerca attiva**



<b>4.1 Metodologia</b>	<b>97</b>
<b>4.2 Risultati e discussione</b>	<b>99</b>
<b>4.3 Una visione più ampia</b>	<b>105</b>
<b>4.4 Considerazioni finali</b>	<b>108</b>



**Quanto visto nel precedente capitolo ha messo in risalto le soluzioni ad oggi presenti sul mercato, mostrando quelle sviluppate, industrializzate e (in gran parte dei casi) consolidate. In aggiunta a quanto emerso dalle interviste realizzate con esperti del settore, per evidenziare quello che sarà probabilmente il futuro occorre guardare alle soluzioni che non sono attualmente disponibili in commercio, o che lo saranno a breve. Conseguentemente, l'attenzione verterà sulla letteratura scientifica – e alle principali famiglie di soluzioni ivi discusse e sperimentate – nonché ad eventuali studi in collaborazione con realtà aziendali o progetti finanziati ad esempio dall'Unione Europea.**

**Come per i precedenti capitoli, ci si avvarrà del contributo di ricercatori e aziende attive nello sviluppo di nuove soluzioni tramite interviste. Lo scopo sarà quello di intercettare quelle che – secondo gli attori impegnati nella ricerca attiva – rappresentano le tendenze più promettenti per il settore dell'imballaggio a prevalenza cellulosica.**

## 4.1 Metodologia

**C**ome già anticipato, per questo capitolo ci si è prevalentemente avvalsi di ricerca in letteratura affiancata da interviste ad esperti del settore. Di seguito è definita la metodologia di indagine per il reperimento di articoli scientifici e gli obiettivi delle interviste.

### 4.1.1 RICERCA IN LETTERATURA SCIENTIFICA

Per la ricerca di documenti in letteratura scientifica che trattassero di materiali funzionalizzanti per il substrato cellulosico ci si è affidati in generale a Scopus<sup>30</sup> e Web of Science<sup>31</sup>, che rappresentano i principali canali di indicizzazione per le pubblicazioni accademiche. In particolare, l'attenzione è stata volta principalmente a libri e articoli di revisione della letteratura; questa scelta è stata effettuata per motivi legati all'obiettivo del lavoro di ricerca: dare una visione il più ampia possibile del pano-

30 <https://www.scopus.com/>

31 <https://www.webofscience.com/>

rama di soluzioni studiate piuttosto che una serie di approfondimenti la cui trattazione risulterebbe eccessivamente specifica e settoriale.

#### **4.1.2 INTERVISTE A RICERCATORI IMPEGNATI ATTIVAMENTE**

Nel corso dell'indagine è stato possibile intervistare alcuni dei ricercatori impegnati attivamente nella ricerca e sviluppo nell'ambito del packaging a prevalenza cellulosica con proprietà barriera. L'intervista è stata strutturata in maniera simile per tutti gli intervistati, approfondendo tematiche più specifiche a seconda del settore di competenza di ciascuno. Obiettivo dell'intervista è stato l'evincere le potenzialità e i limiti delle nuove soluzioni, così come una visione di medio e lungo periodo per il settore.

Nello specifico, tra febbraio e marzo 2022 sono stati intervistati (in ordine alfabetico, per cognome):

- **Dott. Graziano Elegir (Innovhub),  
responsabile area seta e responsabile ricerca  
e sviluppo area carta**
- **Dott. Davide Ghirardello (Mare S.p.A.),  
responsabile di laboratorio R&D e Controllo  
Qualità e dott. Emanuele Viganò (Mare S.p.A.),  
Sales manager**
- **Prof.ssa Sara Limbo (Università  
degli Studi di Milano)**
- **Prof. Carlo Punta (Politecnico di Milano)**

## 4.2 Risultati e discussione

La ricerca in letteratura ha evidenziato due ambiti di ricerca e innovazione principali, i quali differiscono principalmente per un maggiore accento sulla natura del trattamento e sulla sua scala dimensionale. In particolare, si vuole fare riferimento ai polimeri derivanti da biomassa e ai materiali su scale nanometriche o micrometriche. I materiali a scala nanometrica e micrometrica possono essere ulteriormente suddivisi in cariche minerali e ossidi, e cellulosa – ovvero materiali di cui almeno una delle dimensioni risulta nell'ordine di  $10^{-6}$ - $10^{-9}$  m.

Procederemo pertanto ad approfondire gli ambiti individuati di seguito. Al fine di fornire una idea di come si posizionano i polimeri barriera tradizionalmente utilizzati negli imballaggi a prevalenza cellulosica, risulta utile riprendere il grafico in Figura 11, riportante due delle proprietà di interesse: la velocità di trasmissione del vapor d'acqua (WVTR) e la permeabilità all'ossigeno (OP)<sup>32</sup>. Si sottolinea come il grafico sia illustrativo per le specifiche condizioni evidenziate nel titolo degli assi, in quanto una

<sup>32</sup> Per come definite in letteratura, la permeabilità e la velocità di trasmissione sono due proprietà differenti, che fanno riferimento al passaggio di uno specifico gas (ossigeno, vapor d'acqua, anidride carbonica, ecc.). La differenza principale consiste nella formula, in quanto la permeabilità riprende la velocità di trasmissione ed esplicita lo spessore del film testato.

variazione di spessore, tempo, temperatura, pressione e/o umidità relativa implica una variazione delle proprietà barriera del materiale.

#### 4.2.1 POLIMERI BIOBASED

È necessario premettere che i polimeri di derivazione da biomassa, se utilizzati tal quali, presentano maggior difficoltà sia in termini di processabilità che prestazionali rispetto alle controparti di derivazione sintetica (48). Per ovviare a queste problematiche, che – se si parla ad esempio di processabilità – sono legate principalmente a proprietà meccanico-termiche, vengono miscelati con altri polimeri biobased o impiegati altri materiali e sostanze come plasticizzanti e cariche minerali, la cui funzione specifica è descritta nel relativo paragrafo.

In generale, sono state investigate numerose materie prime in letteratura, raggruppabili nelle famiglie di polisaccaridi, proteine e lipidi. È possibile osservare un utilizzo di tali materiali al fine di implementare proprietà barriera a vapore d'acqua e/o all'ossigeno (49), sebbene le proprietà siano influenzate dai parametri di test e della effettiva composizione dei film (48).

Più nello specifico, tra i polisaccaridi investigati è possibile riportare chitina<sup>33</sup> e chitosano<sup>34</sup>, pectina<sup>35</sup>, alginato<sup>36</sup> e amido (48–55); tra le proteine, invece, risalta l'uso di caseina<sup>37</sup>, glutine<sup>38</sup>, proteine del-

33 La chitina rappresenta il secondo materiale più abbondante sulla terra, dopo la cellulosa. Può essere estratta a partire da – ad esempio – insetti, crostacei e funghi.

34 Il chitosano si ottiene a partire dalla deacetilazione della chitina.

35 La pectina è una sostanza che si trova nelle pareti cellulari di piante e frutti. Esistono diversi studi in cui si riporta come la pectina possa essere estratta dallo scarto dei processi di lavorazione di prodotti alimentari (53).

36 Gli alginati sono polisaccaridi estratti principalmente dalle alghe brune.

37 La caseina è una famiglia di proteine che si trova principalmente nel latte fresco.

38 Il glutine è un complesso alimentare proteico contenuto nei cereali, ad esempio grano, farro e orzo.

la soia, zeina<sup>39</sup> di mais e altre emergenti (derivanti dagli animali, come la cheratina<sup>40</sup>) (48,49,55,56); infine, tra i lipidi figurano la cera d'api e acidi grassi (48,55,57,58).

In generale, i polimeri biobased possiedono buone proprietà barriera all'ossigeno e all'aroma, mentre la barriera al vapore d'acqua risulta notevolmente più limitata, talvolta peggiorativi di due ordini di grandezza rispetto alle controparti sintetiche (52,56). Ciononostante, come si accennava in precedenza, opzioni di miscelazione con altri polimeri, l'uso di plasticizzanti, additivi o cariche possono migliorare le proprietà, divenendo competitivi con i polimeri tradizionali.

Avendo potuto osservare l'evoluzione degli imballaggi polimerici – dall'uso e ottimizzazione di materiali sintetici allo sviluppo e adozione di polimeri biobased e/o compostabili – non dovrebbe stupire una tendenza analoga nell'innovazione dei materiali barriera applicati a substrati a prevalenza cellulosa. Bisogna, però, considerare anche aspetti di carattere etico se si vuole intraprendere una scelta verso questi materiali: come specificato nelle note a fondo pagina, si evince come molte delle fonti delle sostanze provengano da animali o vegetali che fanno parte della catena alimentare. La primaria preoccupazione deve essere quella di approvvigionarsi da fonti che rappresentino scarto o rifiuto uscente della filiera alimentare. Ciò, d'altro canto, implica trovare e consolidare filiere che forniscano costantemente materiali quantitativamente e qualitativamente stabili nel tempo.

## 4.2.2 CARICHE MINERALI

L'uso di minerali, sebbene comunemente impiegato nella pati-

39 La zeina è una proteina insolubile in acqua che si trova principalmente nell'endosperma del mais.

40 La cheratina è una proteina che si trova in tessuti specifici dei mammiferi, uccelli, pesci, rettili e anfibi. Le proprietà meccaniche (tenacità) sono simili a quelle della chitina.

natura dei substrati per migliorarne le proprietà di stampabilità, può essere anche utilizzato nella formulazione di rivestimenti – si trovano facilmente all'interno delle dispersioni polimeriche. Questo perché le cariche minerali, grazie alla loro morfologia, aumentano in particolar modo le proprietà barriera ai gas (59). Sebbene la performance dipenda da differenti fattori, un contenuto di cariche minerali impone un percorso meno lineare ai gas che cercano di attraversare la barriera (60), specie per cariche lamellari e di sufficiente dimensione. Tra i materiali più comunemente utilizzati figurano il talco, il caolino e il carbonato di calcio (60,61), sebbene più recentemente la ricerca ci sia concentrata su nanoargille come la montmorillonite o su ossidi metallici (62,63).

In ottica di riduzione del contenuto non cellulosico, una aggiunta di minerali a dimensione micro- o nano-metrica sicuramente può aiutare, ma bisognerà comunque valutare – anche in funzione di una più o meno ampia diffusione – quali saranno gli impatti durante la fase di riciclo in cartiera, in quanto un loro accumulo nelle acque è da evitare.

### 4.2.3 NANO- E MICRO-CELLULOSA

Il settore che però sta riscuotendo maggiore interesse da parte della ricerca e delle aziende è rappresentato da quello della nano- e micro-cellulosa. Il motivo principale risiede nella possibilità di ambire ad un imballaggio integralmente cellulosico dotato di migliori proprietà barriera, specie all'ossigeno (64–67), rispetto al materiale non trattato. Inoltre, sono in grado di implementare anche le proprietà meccaniche, riducendo potenzialmente i costi associati al materiale<sup>41</sup>, come riportato anche dal prof. Punta. Parlando di nanoderivati cellulosici, il dott. Elegir

<sup>41</sup> A parità di proprietà meccaniche, un materiale con nanoderivati presenta in generale una grammatura inferiore, permettendo un alleggerimento dell'imballaggio, che impatta sul quantitativo di materia prima acquistata così come sull'impatto legato al trasporto.



rimarca come generalmente si possa parlare di cristalli di nanocellulosa e di cellulosa microfibrillata, sebbene la prima riscuota maggiore interesse per il packaging.

I nanoderivati cellulósici possono essere impiegati in superficie, ma anche usati come additivi di cartiera che risultano dispersi nella matrice fibrosa. Inoltre, è interessante sottolineare come la ricerca si stia concentrando sulla fonte da cui ottenere i nanoderivati, come riportato dal dott. Ghirardello e dal dott. Viganò: per la loro realtà l'attenzione è verso ciò che per altre aziende rappresenta scarto o rifiuto, caratterizzato solitamente da fibre corte, così da non intaccare la destinazione d'uso (ovvero: il riciclo) di cellulosa a fibra lunga.

Sebbene abbiano notevoli potenzialità applicative, la micro- e nano-cellulosa hanno degli inconvenienti a cui far fronte. Il principale, come ricordato dalla prof.ssa Limbo e dal dott. Elegir, è legato all'ambito applicativo<sup>42</sup>: la legislazione sul contatto alimentare – nella fattispecie il regolamento quadro 1935/2004 (68) – non ammette la presenza di nanomateriali, nemmeno dietro ad una barriera funzionale<sup>43</sup>. Questo ha generato e sta tutt'ora generando forte dibattito nella comunità, come evidenziato nelle interviste. Un possibile approccio alla soluzione della problematica legata alla migrazione di nanomateriali è stato sottolineato dal prof. Punta: sviluppare soluzioni atte alla transizione dalla nano-dimensione alla nano-strutturazione, implicando la formazione di legami – attraverso l'additivazione di specifiche sostanze chimiche – tra il nanoderivato cellulósico e il *medium* in cui è disperso.

Inoltre, come riportato dal dott. Viganò e dal dott. Ghirardello, la tecnologia attuale non riesce a garantire sufficienti proprietà barriera ad olii e grassi: proprietà che potrebbero aprire a più ambiti applicativi. Anche raggiungendo proprietà ottimali, le aziende che trattano nanode-

42 Il problema non sussiste, ovviamente, per tutte le applicazioni che non prevedano contatto alimentare.

43 L'EFSA ha aperto un tavolo di lavoro relativo alla valutazione del rischio della nanocellulosa (81).

rivati cellulosici dovranno verificare la domanda del mercato, affinché si attui un effettivo e reale passaggio a produzione di scala.

Nell'intervista al dott. Elegir è stato evidenziato, infine, come per questi nuovi materiali con nano- e micro-cellulosa sia necessario garantire sia l'applicabilità industriale sia la riciclabilità in cartiera. Cartiera in cui, sarà fondamentale capire l'impatto dei nanomateriali in relazione al percorso che seguono, sia esso l'inglobamento nella materia prima seconda o l'accumulo nelle acque di cartiera.

## 4.3 Una visione più ampia

**Q**uando si fa riferimento alla ricerca attiva non si può negare come le interazioni tra gli attori siano essenziali. Le collaborazioni tra aziende, tra aziende ed enti di ricerca – siano essi università o centri di ricerca privati – e la creazione di *network e partnership* estese è ciò che ha permesso e permetterà di innovare processi e prodotti. Questo è quanto emerso da molte delle interviste condotte per la stesura di questo documento.

In merito alle collaborazioni, sono presenti a livello italiano ed europeo diversi progetti finanziati riconducibili alle tematiche affrontate. Per maggiori informazioni, fare riferimento al relativo specchio (*Progetti finanziati*).

Come per l'analisi di mercato, anche nell'analisi relativa alla ricerca attiva è stata riscontrata una carenza di soluzioni sviluppate da materiale riciclato. Questo perché, come evidenziato nell'intervista con la prof.ssa Limbo, il rischio chimico è elevato e non risulta semplice garantire standard qualitativi in merito alla migrazione dei contaminanti agli alimenti. L'innovazione, per essere tale, deve partire da questioni legate alla formulazione, passando poi all'applicazione industriale che, come già riportato anche da altri intervistati, deve garantire la macchinabilità dei nuovi materiali barriera.

## Progetti finanziati

Sono diversi i progetti finanziati da bandi regionali, nazionali o europei. In questo specchio verranno brevemente descritti alcuni di questi. Lo scopo è informativo, ma anche di incentivare le collaborazioni ed estendere la rete di contatti fornendo prove di progetti portati a termine.

### **Bi-rex**

Il progetto, che ha portato alla fondazione di una start-up, nasce all'interno del Dipartimento di Chimica, Materiale e Ingegneria Chimica "Giulio Natta" del Politecnico di Milano (69,70). Al progetto, che consiste nella valorizzazione di biomasse dalle quali estrarre – attraverso una innovativa classe di solventi atossici – cellulosa e chitina, ha ottenuto importanti riconoscimenti e finanziamenti. L'obiettivo finale consiste nella reimmissione della cellulosa estratta da fonti considerate scarto all'interno della filiera di carta e cartone, competendo alla produzione di imballaggi cellulosici e riducendo l'approvvigionamento di fibra da abbattimento di alberi.

### **Bio-Board**

Progetto finanziato nell'ambito del programma "FP7-SME - Specific Programme "Capacities": Research for the benefit of SMEs" dell'Unione Europea (71) tra il 2012 e il 2015. L'obiettivo è consistito nello sviluppo di un rivestimento a base di proteine dal siero del latte e amido per fornire proprietà barriera ad acqua e umidità agli imballaggi a prevalenza cellulosica, in sostituzione del PE. In particolare, il materiale è stato derivato da scarti del settore agroalimentare e applicato mediante estrusione.

### **CelluWiz**

Il progetto<sup>44</sup>, rientrante tra quelli finanziati nell'ambito dell'Horizon 2020, terminerà a fine 2022. CelluWiz si pone come obiettivo il trattamento superficiale di substrati cellulosici con cellulosa microfibrillata al fine di implementare le proprietà di idrorepellenza. Il processo utilizza una tecnologia innovativa di grafting del rivestimento sul substrato che non impiega l'uso di solventi.

### **Ecofunco**

Il progetto<sup>45</sup>, finanziato all'interno dell'Horizon 2020, si è concluso nella

44 <http://www.celluwiz.eu/>

45 <http://www.ecofunco.eu/>



prima metà del 2022 (72). Coordinato da INSTM<sup>46</sup>, l'obiettivo è stato quello di estrarre da scarti agroalimentari proteine, polisaccaridi e lipidi da impiegare nella formulazione di innovative formulazioni che fornissero proprietà antibatteriche, di barriera all'acqua e/o al vapore per imballaggi a prevalenza cellulosica, prodotti per la cura della persona e stoviglie.

### **Fedkito**

Inserito nell'ambito del programma PRIMA – Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area, il progetto<sup>47</sup> mira allo sviluppo di imballaggio intelligente a base di chitosano e olii essenziali al fine di ridurre gli sprechi di cibo associato a contaminanti organici negli alimenti freschi, permettendo una maggiore shelf-life. Inoltre, verranno utilizzati biosensori per monitorare, ad esempio, i livelli di micotossine e pesticidi. Coordinato dall'Università di Pisa, il progetto è iniziato nel 2020 e proseguirà fino la seconda metà del 2023.

### **InnoCartoPack**

Il progetto, finanziato dalla Cassa di Risparmio di Lucca e conclusosi nel 2018 (73), ha visto INSTM, Università di Pisa e Lucense collaborare per l'applicazione di nanofibrille di chitina o chitosano a substrati cellulosici al fine di ottenere imballaggi con proprietà antibatteriche.

### **PON “Ricerca e Innovazione” 2014-2020**

All'interno dei Programmi Operativi Nazionali (PON), finanziati dall'Unione Europea, sono stati resi disponibili finanziamenti per dottorati di ricerca. In particolare, si segnala l'assegnazione di una posizione<sup>48</sup> focalizzata sullo sviluppo di percorsi sostenibili di estrazione e produzione di nanocellulosa e la seguente modifica per la sintesi di additivi che possano – tra gli altri – implementare le proprietà a secco e a umido di imballaggi a prevalenza cellulosica.

### **SunPAP**

Il progetto, finanziato nel 2009, ha visto InnovHub coinvolto nel partenariato (74). L'obiettivo della ricerca è stato la produzione di nanofibre di cellulosa da utilizzare come additivi nella produzione in cartiera per funzionalizzare il substrato cellulosico. —

46 Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali.  
<https://www.instm.it/>

47 <https://fedkito.agr.unipi.it/>

48 <https://old.dottorato.polimi.it/en/looking-for-a-phd/call-for-positions-and-scholarships/calls/pon-calls/>

## 4.4 Considerazioni finali

- I polimeri biobased rappresentano una tendenza in crescita, nonostante sia opportuna una valutazione etica atta a garantire che le scelte non entrino in competizione con la catena alimentare.
- Le cariche minerali sono da tempo note al settore. Il loro utilizzo migliora le proprietà barriera, ma bisogna valutare gli impatti a riciclo.
- La nanocellulosa e la microcellulosa rappresentano, però, il trend di maggior interesse. Nonostante alcune limitazioni tecnologico-applicative, è opinione comune che se ne sentirà parlare sempre di più e sarà di primaria importanza assistere all'evoluzione della legislazione a riguardo.



## Conclusioni

La ricerca ha adottato un approccio multidimensionale indagando il mercato, intervistando realtà appartenenti alla filiera di produzione e riciclo di imballaggi a prevalenza cellulosica, e analizzando la ricerca scientifica.

Il panorama normativo ha assistito negli ultimi anni ad importanti progressi, facendo precludere ad ulteriori aggiornamenti in funzione dell'avanzamento dello stato dell'arte tecnologico e di processo; in particolare, risulterà interessante osservare come evolveranno le questioni legate al recepimento SUP e al metodo di valutazione della riciclabilità Aticelca.

La ricerca ha proposto una nuova metodologia di definizione delle strutture di imballaggio che possa essere al contempo facilmente visualizzabile, aggiornabile e che presenti un set di caratteristiche omogenee per le differenti strutture, lasciando la libertà di specificare eventuali peculiarità delle strutture di imballaggio.

I risultati, nei limiti della metodologia di indagine presentata, hanno mostrato come il mercato sia molto variegato in termini di soluzioni adottate. Al fine di migliorare il recupero dello scarto di pulper, le aziende dovrebbero essere incentivate a limitare il numero di materiali utilizzabili, senza precludere le performance dell'imballaggio. Al contempo, in previsione dell'allineamento della metodologia di attribuzione del CAC diversificato al Sistema di valutazione Aticelca, le aziende dovrebbero approcciare per tempo gli aspetti legati alla riciclabilità dei loro imballaggi, sebbene sia prevista un'evoluzione dell'attuale metodologia anche a livello europeo.

Nonostante al presente le soluzioni principali che forniscono proprietà barriera agli imballaggi a prevalenza cellulosica siano rappresentate da laminazioni ed estrusioni, è possibile testimoniare un



crescente interesse in primis verso dispersioni polimeriche, ma anche verso derivati cellulósici su scala micro- e nano-metrica, cariche minerali e polimeri biobased. Nonostante diversi vantaggi, queste soluzioni devono ancora risolvere delle limitazioni prima di poter ambire ad una reale industrializzazione e applicazione su grande scala. Sebbene siano applicate in quantità minime e venga riportato che non competono alla (maggior) generazione di scarto grossolano rispetto a soluzioni laminate o estruse, si dovrà valutare il comportamento nel processo di riciclo (es. in termini di microplastiche, accumulo nella MPS o nei fanghi di cartiera), paragonando gli impatti economico-ambientale-prestazionali rispetto a controparti laminate o estruse che generano sì più scarto, ma che può essere più facilmente separato post-spappolamento (divenendo potenzialmente sottoprodotto). Conseguentemente, i parametri e la metodologia per la valutazione della riciclabilità dovranno essere aggiornati per includere gli impatti di soluzioni alternative a quelle tradizionali, in un processo di costante evoluzione che permetta alle aziende e ai consumatori di effettuare scelte consapevoli.

In ottica futura, potrebbe essere utile superare le definizioni di materiale composito e monomateriale, applicando regole in funzione di parametri forniti ad esempio da metodologie di valutazione LCA e della riciclabilità degli imballaggi.

Sicuramente il consumatore continuerà a ricoprire un ruolo fondamentale nella fase di acquisto e conferimento dell'imballaggio nella raccolta differenziata; ciononostante, risulta parimenti essenziale il ruolo ricoperto dagli attori lungo tutta la filiera, fornendo supporto attraverso una opportuna comunicazione, sensibilizzazione e divulgazione.

# Riferimenti

1. Cepi. Key Statistics 2020 - European Pulp and Paper Industry [Internet]. 2021. Available from: <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/07/Key-Stats-2020-FINAL.pdf>
2. Nomisma. Il mondo del packaging dopo il Covid-19: i risultati del secondo Osservatorio Out-of-the-box [Internet]. 2021. Available from: <https://www.nomisma.it/packaging-sostenibile-e-innovativo-dopo-il-covid-19/>
3. European Commission. Screening of websites for 'greenwashing': half of green claims lack evidence' [Internet]. 2021. Available from: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_269](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_269)
4. Gazzetta Ufficiale. Art. 218 D.Lgs 116/2020 [Internet]. 2020. Available from: [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaArticolo?art.versione=4&art.idGruppo=39&art.flagTipoArticolo=0&art.codiceRedazionale=006G0171&art.idArticolo=218&art.idSottoArticolo=1&art.idSottoArticolo1=10&art.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaArticolo?art.versione=4&art.idGruppo=39&art.flagTipoArticolo=0&art.codiceRedazionale=006G0171&art.idArticolo=218&art.idSottoArticolo=1&art.idSottoArticolo1=10&art.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04)
5. European Commission. Commission Decision 97/129/EC [Internet]. 1997. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31997D0129>
6. European Commission. Commission Implementing Decision (EU) 2019/665 [Internet]. 2019. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019D0665>
7. Ashby M, Shercliff H, Cebon D. Materials: Engineering, Science, Processing and Design 4th Edition. 4th ed. Elsevier Ltd. Butterworth-Heinemann; 2018.
8. Holik H. Handbook of Paper and Board. Handbook of Paper and Board. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2013.
9. Bucchetti V, Ciravegna E. Le parole del Packaging. Glossario ragionato per il sistema imballaggio. 1st ed. Dativo, editor. 2009.
10. European Parliament and Council. Directive 94/62/EC [Internet]. 1994. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31994L0062>
11. Gazzetta Ufficiale. D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 [Internet]. 2006. Available from: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2006/04/14/006G0171/sg>
12. European Parliament and Council. Commission Decision 2005/270/EC [Internet]. 2005. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32005D0270>

## Riferimenti

13. European Parliament and Council. Directive 2008/98/EC [Internet]. 2008. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
14. European Parliament and Council. Directive (EU) 2018/851 [Internet]. 2018. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851>
15. European Parliament and Council. Directive (EU) 2018/852 [Internet]. 2018. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32018L0852>
16. Comieco. Comieco sostenibile 2021 - Il ciclo del riciclo di carta e cartone: un valore per l'ambiente, un valore per l'Italia [Internet]. 2021. Available from: [https://www.comieco.org/downloads/15368/8679/COMIECO\\_ComSostenibile-2021\\_21x21cm\\_web.pdf](https://www.comieco.org/downloads/15368/8679/COMIECO_ComSostenibile-2021_21x21cm_web.pdf)
17. UNI. EN 643:2014 [Internet]. Available from: <http://store.uni.com/catalogo/en-643-2014/>
18. Decreto Ministeriale 21 marzo 1973 [Internet]. 1973. Available from: <https://www.confindustriabergamo.it/aree-di-interesse/certificazioni-e-conformita/prodotto/materiali-e-sostanze-a-contatto-con-gli-alimenti/decreto-ministeriale-21-marzo-1973-disciplina-igienica-degli-imballaggi-recipienti-utensili-destinati-a-venire-in-c>
19. European Parliament and Council. Regulation (EC) No 1935/2004 [Internet]. 2004. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32004R1935>
20. European Commission. Commission Regulation (EC) No 2023/2006 [Internet]. 2006. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32006R2023>
21. European Commission. Commission Regulation (EU) No 10/2011 [Internet]. 2011. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32011R0010>
22. Cepi. Harmonised European laboratory test method to produce parameters enabling the assessment of the recyclability of paper and board products in standard paper and board recycling mills [Internet]. 2020. Available from: <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/02/REC-21-002.pdf>
23. Gazzetta Ufficiale. D.Lgs. 3 settembre 2020, n. 116 [Internet]. 2020. Available from: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/09/11/20G00135/sg>
24. UNI. UNI 7706. Carta e cartone. Termini e definizioni [Internet]. 1989. Available from: [https://store.uni.com/p/UNI770600/uni-77061989-26050/UNI770600\\_EIT](https://store.uni.com/p/UNI770600/uni-77061989-26050/UNI770600_EIT)
25. European Parliament. Directive (EU) 2019/904 [Internet]. 2019. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0904>

26. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) 2020/2151 [Internet]. 2020. Available from: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2020.428.01.0057.01.ITA&toc=OJ%3AL%3A2020%3A428%3ATOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2020.428.01.0057.01.ITA&toc=OJ%3AL%3A2020%3A428%3ATOC)
27. CONAI. Contributo ambientale [Internet]. Available from: <https://www.conai.org/imprese/contributo-ambientale/>
28. Eurostat. File:Price indicator and trade volume for paper and paperboard waste, EU-27, 2004 to December 2019.png [Internet]. Available from: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Price\\_indicator\\_and\\_trade\\_volume\\_for\\_paper\\_and\\_paperboard\\_waste,\\_EU-27,\\_2004\\_to\\_December\\_2019.png&oldid=486134](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Price_indicator_and_trade_volume_for_paper_and_paperboard_waste,_EU-27,_2004_to_December_2019.png&oldid=486134)
29. CONAI. Contributo ambientale CONAI 1998-2022 [Internet]. 2022. Available from: [https://www.conai.org/wp-content/uploads/2022/01/Variazioni\\_CAC\\_1998\\_2022.pdf](https://www.conai.org/wp-content/uploads/2022/01/Variazioni_CAC_1998_2022.pdf)
30. CONAI. Documento di sintesi della Diversificazione contributiva per gli imballaggi in carta [Internet]. 2018. Available from: [https://www.conai.org/wp-content/uploads/2018/11/Documento\\_sintesi\\_CAC\\_diversificato\\_CARTA.pdf](https://www.conai.org/wp-content/uploads/2018/11/Documento_sintesi_CAC_diversificato_CARTA.pdf)
31. CONAI. Contributo diversificato carta [Internet]. Available from: <https://www.conai.org/imprese/contributo-ambientale/contributo-diversificato-carta/>
32. UNI. UNI 11743:2019 [Internet]. 2019. Available from: [http://store.uni.com/catalogo/uni-11743-2019?josso\\_back\\_to=hiip://store.uni.com/josso-security-check.php&josso\\_cmd=login\\_optional&josso\\_partnerapp\\_host=store.uni.com](http://store.uni.com/catalogo/uni-11743-2019?josso_back_to=hiip://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com)
33. Aticelca. Sistema di valutazione 501:2019 [Internet]. 2019. Available from: [https://aticelca.it/1/wp-content/uploads/2019/08/sistema\\_di\\_valutazione\\_501\\_2019.pdf](https://aticelca.it/1/wp-content/uploads/2019/08/sistema_di_valutazione_501_2019.pdf)
34. Comieco. CAC per imballaggi poliaccoppiati [Internet]. Available from: <https://www.comieco.org/comieco/contributo-ambientale-conai/cac-per-poliaccoppiati/>
35. Gazzetta Ufficiale. D.Lgs. 8 novembre 2021, n. 196 [Internet]. 2021. Available from: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/11/30/21G00210/sg>
36. Zero Waste Europe, Surfrider Foundation Europe, Seas at Risk, Rethink Plastic, Break Free from Plastic. Moving on from Single-Use Plastics: how is Europe doing? Assessment of European countries' transposition of the Single Use Plastics Directive [Internet]. 2021. Available from: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-37813-rapport-mise-en-oeuvre-directive-sup.pdf>
37. Zero Waste Europe. Recycling of multilayer composite packaging: the beverage carton - A report on the recycling rates of beverage cartons in

## Riferimenti

- Germany, Spain, Sweden and the UK [Internet]. 2020. Available from: [https://zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2020/12/zero\\_waste\\_europe\\_report\\_-beverage-carton\\_en.pdf](https://zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2020/12/zero_waste_europe_report_-beverage-carton_en.pdf)
38. Bettin L. How to separate waste correctly in Germany [Internet]. 2021. Available from: <https://www.ecosistant.eu/en/separate-waste/>
39. CONAI. Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi a prevalenza cellulosica [Internet]. 2020. Available from: <http://www.progettarericiclo.com/docs/linee-guida-la-facilitazione-delle-attività-di-riciclo-degli-imballaggi-prevalenza-cellulosica>
40. CONAI. Glossario [Internet]. Available from: <https://www.conai.org/glossario/>
41. Comieco. Glossario [Internet]. Available from: <https://www.comieco.org/glossario/>
42. Comieco. Best Pack [Internet]. Available from: <https://www.comieco.org/innovazione/best-pack/>
43. Aticelca. Le concessioni rilasciate [Internet]. Available from: <https://aticelca.it/1/riciclabilita-della-carta/le-concessioni-rilasciate/>
44. UNI. EN 16785-1:2015 [Internet]. Available from: [http://store.uni.com/catalogo/en-16785-1-2015?josso\\_back\\_to=https://store.uni.com/josso-security-check.php&josso\\_cmd=login\\_optional&josso\\_partnerapp\\_host=store.uni.com](http://store.uni.com/catalogo/en-16785-1-2015?josso_back_to=https://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com)
45. Bugnicourt E, Schmid M, Nerney OM, Wildner J, Smykala L, Lazzeri A, et al. Processing and validation of whey-protein-coated films and laminates at semi-industrial scale as novel recyclable food packaging materials with excellent barrier properties. *Adv Mater Sci Eng*. 2013;2013.
46. EFSA. Plastics and plastic recycling [Internet]. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/plastics-and-plastic-recycling>
47. Del Curto B. Packaging naturalmente tecnologico. Innovazioni sostenibili per il food packaging a base di carta e cartone. Edizioni Dativo, editor. 2016.
48. Rastogi VK, Samyn P. Bio-Based Coatings for Paper Applications. *Coatings*. 2015;5:887–930.
49. Ruggeri E, Far  S, De Nardo L, Marelli B. Edible Biopolymers for Food Preservation. In: Athanassiou A, editor. *Sustainable Food Packaging Technology*. Wiley; 2021.
50. Wang H, Qian J, Ding F. Emerging Chitosan-Based Films for Food Packaging Applications. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2018;66(2):395–413. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.7b04528>
51. Caz n P, Vázquez M. Applications of Chitosan as Food Packaging Materials. In: Crini G, Lichtfouse E, editors. *Sustainable Agriculture Reviews* 36

- [Internet]. Springer, Cham; 2019. p. 81–123. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16581-9\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16581-9_3)
52. Cazón P, Velazquez G, Ramírez JA, Vázquez M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocoll.* 2017;68:136–48.
  53. Lazaridou A, Biliaderis CG. Edible Films and Coatings with Pectin. *Pectin Technol Physiol Prop* [Internet]. 2020;99–123. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-53421-9\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-53421-9_6)
  54. Parreidt TS, Müller K, Schmid M. Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods* 2018, Vol 7, Page 170 [Internet]. 2018;7(10):170. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/7/10/170/html>
  55. Hassan B, Chatha SAS, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int J Biol Macromol.* 2018;109:1095–107.
  56. Coltelli MB, Wild F, Bugnicourt E, Cinelli P, Lindner M, Schmid M, et al. State of the Art in the Development and Properties of Protein-Based Films and Coatings and Their Applicability to Cellulose Based Products: An Extensive Review. *Coatings* 2016, Vol 6, Page 1 [Internet]. 2015;6(1):1. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6412/6/1/1/html>
  57. Mohamed SAA, El-Sakhawy M, El-Sakhawy MAM. Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydr Polym.* 2020;238:116178.
  58. Zubair M, Pradhan RA, Arshad M, Ullah A. Recent Advances in Lipid Derived Bio-Based Materials for Food Packaging Applications. *Macromol Mater Eng* [Internet]. 2021;306(7):2000799. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mame.202000799>
  59. Wu F, Misra M, Mohanty AK. Challenges and new opportunities on barrier performance of biodegradable polymers for sustainable packaging. *Prog Polym Sci.* 2021;117:101395.
  60. Lyons A, Reed G. Pigmented aqueous barrier coatings. *TAPPI J* [Internet]. 2020;19(11). Available from: <https://imrise.tappi.org/TAPPI/Products/20/NOV/20NOV551.aspx>
  61. Thitsartarn W, Jinkarn T. Water resistance improvement of paperboard by coating formulations based on nanoscale pigments. *J Coatings Technol Res* [Internet]. 2020;17(6):1609–17. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11998-020-00386-5>
  62. Breen C, Clegg F, Thompson S, Jarnstrom L, Johansson C. Exploring the interactions between starches, bentonites and plasticizers in sustainable barrier coatings for paper and board. *Appl Clay Sci.* 2019;183:105272.

## Riferimenti

63. Youssef AM, El-Sayed SM. Bionanocomposites materials for food packaging applications: Concepts and future outlook. *Carbohydr Polym.* 2018;193:19–27.
64. Chaturvedi S, Afrin S, Ansari MS, Karim Z. Nanocellulose-Based Multidimensional Structures for Food Packaging Technology. In: Athanassiou A, editor. *Sustainable food packaging technology.* Wiley; 2021.
65. Hubbe MA, Ferrer A, Tyagi P, Yin Y, Salas C, Pal L, et al. Nanocellulose in Thin Films, Coatings, and Plies for Packaging Applications: A Review. *BioResources* [Internet]. 2017;12(1):2143–233. Available from: [https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes\\_12\\_1\\_2143\\_Hubbe\\_Review\\_Nanocellulose\\_Thin\\_Films\\_Coatings\\_Plies](https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_12_1_2143_Hubbe_Review_Nanocellulose_Thin_Films_Coatings_Plies)
66. Ahankari SS, Subhedar AR, Bhadauria SS, Dufresne A. Nanocellulose in food packaging: A review. *Carbohydr Polym.* 2021;255:117479.
67. Stark NM. Opportunities for cellulose nanomaterials in packaging films: A review and future trends. *J Renew Mater.* 2016;4(5):313–26.
68. Tavakolian S, Ahari H, Givianrad MH, Hosseini H. Improving the Barrier Properties of Food Packaging by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@TiO<sub>2</sub> & Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> Nanoparticles. *Food Bioprocess Technol* 2021 147. 2021;14(7):1287–300.
69. Open Innovation - Bi-rex: così due ricercatrici PoliMi ricavano cellulosa da scarti alimentari [Internet]. 2021. Available from: <https://www.openinnovation.regione.lombardia.it/it/b/633/bi-rex-cos-due-ricercatrici-polimi-ricavano-cellulosa-da-scarti-alimen>
70. Bi-Rex: finanziamento pre-seed da Poli360 [Internet]. 2020. Available from: <https://www.cmic.polimi.it/magazine/molecular-sciences/grant-poli360-al-progetto-bi-rex/>
71. Development of sustainable protein-based paper and paperboard coating systems to increase the recyclability of food and beverage packaging materials [Internet]. Cordis. Available from: <https://cordis.europa.eu/project/id/315313/it>
72. ECO sustainable multi FUNctional biobased COATings with enhanced performance and end of life options [Internet]. Cordis. Available from: <https://cordis.europa.eu/project/id/837863/it>
73. Coltelli M-B, Panariello L, Buchignani M, Lazzeri A. Innocartopack- Innovative nano-structured treatments for biodegradable cardboard packaging. In: 4th International Conference and Exhibition on Natural Products Medicinal Plants & Marine Drugs [Internet]. Longdom Publishing SL; 2018. Available from: <https://www.iomcworld.com/proceedings/innocartopack-innovative-nanostructured-treatments-for-biodegradable-cardboard-packaging-42327.html>

74. Scale-Up Nanoparticles in Modern Papermaking [Internet]. Cordis.. Available from: <https://cordis.europa.eu/project/id/228802>
75. Bioplastics E. What are bioplastics? [Internet]. Available from: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
76. Assocarta. Natura, caratteristiche ed utilizzi dello scarto di pulper di cartiera [Internet]. 2017. Available from: <http://www.assocarta.it/it/position-paper/982-position-paper-natura-caratteristiche-e-utilizzi-dello-scarto-di-pulper-di-cartiera.html>
77. Gazzetta Ufficiale. Art. 184-bis del D.Lgs. 152/06 [Internet]. 2006. Available from: [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaArticolo?art.progressivo=0&art.idArticolo=12&art.versione=1&art.codiceRedazionale=010G0235&art.dataPubblicazioneGazzetta=2010-12-10&art.idGruppo=0&art.idSottoArticolo1=10&art.idSottoArticolo=1&art](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaArticolo?art.progressivo=0&art.idArticolo=12&art.versione=1&art.codiceRedazionale=010G0235&art.dataPubblicazioneGazzetta=2010-12-10&art.idGruppo=0&art.idSottoArticolo1=10&art.idSottoArticolo=1&art)
78. CONAI. Prorogato l'obbligo di etichettatura ambientale per tutti gli imballaggi al 1° gennaio 2022 [Internet]. 2021. Available from: <https://www.conai.org/notizie/prorogato-lobbliigo-di-etichettatura-ambientale-per-tutti-gli-imbballaggi-al-1-gennaio-2022/#:~:text=Pertanto%2C per tutti gli imballaggi, fino al 31 dicembre 2021.>
79. CONAI. DL Milleproroghe, sospeso obbligo di etichettatura ambientale imballaggi fino al 30 giugno 2022 [Internet]. 2021. Available from: <https://www.conai.org/notizie/dl-milleproroghe-sospeso-obbligo-etichettatura-ambientale-imbballaggi-fino-al-30-giugno-2022/>
80. Gazzetta Ufficiale. D.L. 30 dicembre 2021, n. 228 [Internet]. 2022. Available from: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/02/28/22A01375/sg>
81. EFSA. Scientific committee and emerging risks unit - Minutes on the workshop on the NAMs nanofibers/nanocellulose case study [Internet]. 2020. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/article36/gpefsascer202003/Annex9-Minutes-of-the-EFSA-workshop-on-the-nanofibers-case-study.pdf>



## Lista delle abbreviazioni

<b>B2C</b>	Business to Consumer
<b>BOPP</b>	Polipropilene bi-orientato
<b>CAC</b>	Contributo Ambientale Conai
<b>CpL</b>	Contenitore per Liquidi
<b>D.M.</b>	Decreto Ministeriale
<b>EPR</b>	Extended Producer Responsibility (Responsabilità Estesa del Produttore)
<b>EVOH</b>	Etilene-alcol vinilico
<b>HDPE</b>	Polietilene ad alta densità
<b>HoReCa</b>	Hotellerie-Restaurant-Café (industria alberghiera)
<b>LDPE</b>	Polietilene a bassa densità
<b>MOCA</b>	Materiali e Oggetti a Contatto con Alimenti
<b>MPS</b>	Materia Prima Seconda
<b>OP</b>	Oxygen Permeability (Permeabilità all'ossigeno)
<b>PE</b>	Polietilene
<b>PET</b>	Polietilene tereftalato
<b>PLA</b>	Acido polilattico
<b>PON</b>	Programmi Operativi Nazionali
<b>PP</b>	Polipropilene
<b>PPC</b>	Poliaccoppiati a Prevalenza Cellulosica
<b>rPET</b>	Polietilene tereftalato da riciclo
<b>SUP</b>	Single-Use Plastic (plastica monouso)
<b>WVTR</b>	Water Vapour Transmission Rate (velocità di trasmissione del vapor d'acqua)



# Glossario

## BIOPOLIMERO

Secondo la definizione di European Bioplastics (75), si definisce biopolimero un polimero che deriva da biomassa e/o è biodegradabile. Nel primo caso viene enfatizzata l'origine da risorse rinnovabili del polimero, mentre nel secondo caso il riferimento è al comportamento a fine vita.

## DISPERSIONE POLIMERICA

Una dispersione polimerica è una soluzione generalmente a base acqua in cui sono dispersi uno o più polimeri, cariche minerali e/o altri additivi. Applicata con grammature ridotte rispetto ai laminati ed estrusi, fornisce proprietà barriera al substrato, in particolar modo all'acqua e ad olii e grassi.

## GRAMMATURA

Il termine si riferisce al peso (in grammi) di 1 m<sup>2</sup> di substrato cellulosico (carta, cartoncino teso, cartone, ecc.)

## CARTA E CARTONE DA RICICLARE

Precedentemente identificato con il termine “carta e cartone da macero”, è stata sostituita la dicitura con l'aggiornamento della EN 643 (17) del 2014.

Con il termine “carta e cartone da riciclare” si intendono i prodotti in carta e cartone che risultano idonei per il riciclaggio. Nella definizione rientrano anche i prodotti a prevalenza cellulosica con costituenti non cellulosici quali rivestimenti, laminazioni e altri accessori che non possono essere separati a secco.

## MACROSTICKIES

I macrostickies sono particelle adesive che, come riportato nel Sistema di Valutazione Aticelca 501:2019 (33), sono separate meccanicamente dal primo accettato e possiedono una dimensione compresa tra 100 µm e 2000 µm; tale dimensione permette loro di essere identificate attraverso sistemi di misurazione ottici.

## PULPER

Come definito nel position paper di Assocarta (76), il pulper è il macchinario in cui:

*“[...] attraverso l'azione meccanica di pale in rotazione e la presenza di acqua porta in sospensione le fibre di cellulosa. Nel pulper entra quindi la carta da riciclare e l'acqua ed esce l'impasto fibroso, che viene poi avviato alla macchina continua per la produzione di nuova carta. L'azione meccanica consente, oltre alla separazione delle fibre tra esse, anche la separazione delle fibre dai materiali impropri che rappresentano lo scarto di pulper.”*

## PRODOTTO DI PLASTICA MONOUSO (SINGLE USE PLASTIC - SUP)

Riprendendo la Direttiva EU 2019/904 (25), un prodotto di plastica monouso è definito come:

*“[...] il prodotto fatto di plastica in tutto o in parte, non concepito, progettato o immesso sul mercato per compiere più spostamenti o rotazioni durante la sua vita essendo rinviato a un produttore per la ricarica o riutilizzato per lo stesso scopo per il quale è stato concepito”*

## SEMILAVORATO

*Prodotto che ha subito una lavorazione e costituisce lo stadio intermedio per ulteriori lavorazioni.*<sup>49</sup>

In aggiunta, in questo documento il termine farà riferimento ad un substrato cellulosico che ha subito anche un processo di trattamento che ne fornisce proprietà barriera.

## SOTTOPRODOTTO

Secondo l'Art. 184-bis del D.Lgs. 152/06 (77) si definisce sottoprodotto:

*"[...] qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:*

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;*
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana."*

<sup>49</sup> Definizione tratta da Dizionario Treccani. Disponibile presso: <https://www.treccani.it/vocabolario/semilavorato/>



# Appendice

**Di seguito viene riportato un estratto dal documento “Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi a prevalenza cellulosica”, disponibile presso il sito “Progettare Riciclo” (39). L’estratto riporta le caratteristiche di carta, cartoncino teso, cartone, cartone ondulato, materiali compositi a prevalenza cellulosica, carte speciali e polpa di cellulosa.**

## 2.C Materiali per il packaging

**A**vendo quindi definito cosa si intende per prevalenza cellulosica e descritto le varie tipologie di carta in base alla grammatura, ciò che sarà affrontato di seguito riguarda la descrizione dei differenti materiali utilizzati negli imballaggi a prevalenza carta e cartone. Questi sono stati identificati innanzitutto a partire dalla natura monomaterica o composta, e successivamente - per i materiali monomaterici - in funzione della grammatura.

Verranno pertanto definite le seguenti tipologie di materiale:

- > **Carta**
- > **Cartoncino teso**
- > **Cartone**
- > **Cartone ondulato**
- > **Compositi**
- > **Carta speciale**
- > **Polpa di cellulosa**

Siccome le tipologie appena citate hanno differenti proprietà che assolvono alle funzionalità del packaging, risulta naturale conseguenza



che diversi imballaggi ne presenteranno un uso più o meno differenziato.

A seguire (Tabella 4) è riportata una tabella riassuntiva dei più comuni abbinamenti tipologie-imballaggi a prevalenza cellulosica. Risulta inoltre necessario evidenziare come le varietà di imballaggi che si possono trovare in Tabella 4 non pretendono di fornire una completa rappresentazione del packaging immesso a consumo.

**Tabella 4. Imballaggi e tipologie di materiali a prevalenza cellulosica**

	Carta	Cartoncino	Cartone	Cartone ondulato	Composito a prevalenza cellulosica	Carta speciale	Polpa cellulosa
Busta e-commerce	●	●			●		
Cassetta		●	●	●			
Cartone per bevande					●		
Etichetta	●				●	●	
Shelf-ready packaging		●	●	●			
Protezione interna	●	●	●	●			●
Release liner						●	
Sacchetto e sacco	●				●		
Scatola e astuccio		●	●	●	●		
Shopper	●				●		
Bicchieri / tazza	●	●			●		●
Piatto	●	●			●		●
Pirottino e carta da forno						●	
Vaschetta e Vassoio		●	●		●		●
Tubi e rotolo		●	●		●		

## CARTA

La carta è generalmente definita da spessori molto ridotti che permettono la traspirabilità del packaging, ridotte prestazioni meccaniche in termini di resistenza allo strappo e alla perforazione, ma ottima flessibilità e leggerezza del prodotto finale. Naturalmente, queste prestazioni possono essere modulate in funzione della lunghezza media della fibra o anche dallo spessore del foglio di carta utilizzato.

In generale, packaging realizzato in carta risulta principalmente monomateriale, con eventualmente componenti in materiale differente quali finestrate (si pensi al sacchetto del pane) in materiale plastico per rendere più funzionale l'imballaggio, ad esempio permettendo la visione del contenuto. La monomatericità impone anche una ridotta resistenza meccanica nel caso in cui l'imballo si inumidisca o bagni.

I principali imballi realizzati a partire da carta sono differenti per formato e tipologia, spaziando dai sacchetti (per prodotti freschi, ad esempio prodotti da forno o per articoli ortofrutticoli) e dai sacchi (a titolo esemplificativo per semilavorati industriali) agli shopper, alle etichette autoadesive fino alle protezioni interne (carta da riempimento, fodere interne e imbottiture).

Nel caso di sacchi, sacchetti e shopper sono solitamente impiegate fibre dotate di elevata lunghezza e prestazioni meccaniche (carta kraft), mentre nel caso di carta riempitiva, si utilizza materiale generalmente da riciclo con grammatura da 50 a 70 g/m<sup>2</sup>.

## CARTONCINO

Rispetto alla carta, il cartoncino teso è caratterizzato da maggiori spessori, è in grado di sottostare a maggiori sforzi meccanici e presenta una più ridotta flessibilità.

Queste caratteristiche intrinseche permettono la realizzazione di prodotti che si autosostengono se sottoposte a carichi di compressione moderati, come avviene nel caso in cui si impilano più unità dello stesso prodotto una sopra all'altra. Imballaggi realizzati in cartoncino teso sono tendenzialmente monomateriali, prevedendo al più qualche accessorio in materiale non cartaceo, come ad esempio una finestra in plastica.

Parlando di prodotti destinati a uso packaging realizzati in cartoncino ci si può riferire a scatole (per prodotti alimentari secchi, con o senza presenza di altri eventuali accessori in materiale non a prevalenza cellulosa), astucci (ad esempio per il settore farmaceutico, per prodotti industriali o di cosmesi), buste monomateriali per l'e-commerce (dotate di striscia adesiva per garantirne la chiusura), articoli per la protezione interna quali angolari (più fogli di cartoncino possono essere accoppiati tra di loro per incrementare spessore e resistenza meccanica dell'articolo) e infine bobine, rotoli, tubi e cilindri (per prodotti alimentari o sui quali è avvolto materiale flessibile non destinato all'esclusivo uso domestico), vassoi e guantiere (eventualmente anche accoppiati con uno strato plastico).

## CARTONE

Il cartone rappresenta il materiale che rispetto a carta e cartoncino risulta più performante a livello meccanico a scapito di maggiori spessori e limitate flessibilità. Inoltre, le prestazioni strutturali avvengono a scapito della leggerezza del prodotto finito.

Come per carta e cartoncino, la soluzione spesso adottata - che risulta anche ottimale per i processi di riciclo - è relativa alla produzione di imballaggi monomateriali.

Le tipologie di prodotti applicativi per il cartone risultano molto simili a quelli del cartoncino, ovvero: scatole e scatoloni (ad esempio per

il trasporto di articoli fragili), articoli per la protezione interna quali angolari e infine bobine, rotoli, tubi e cilindri (sui quali è avvolto materiale flessibile non destinato all'esclusivo uso domestico).

## CARTONE ONDULATO

Il cartone ondulato spicca per la varietà di applicazioni in cui può essere applicato. Infatti, durante il processo manifatturiero del semilavorato, è possibile, tra gli altri parametri - quali ad esempio la tipologia di carta adoperata -, gestire il numero di onde nonché la loro altezza, definendo intrinsecamente spessore finale e proprietà meccaniche: resistenza a perforazione, stampabilità, rigidità, ecc. Solitamente è venduto in fogli, ma è possibile trovarlo avvolto in bobine a patto che sia a onda singola e senza una copertina.

In generale, il packaging realizzato in cartone ondulato risulta leggero e autoportante, sovente anche voluminoso. Gli imballaggi in cartone ondulato sono generalmente pensati per essere impilati l'uno sull'altro e poter resistere ai carichi di peso sia del contenuto sia delle unità sovrastanti, spesso non trascurabili.

Le principali tipologie di imballaggi realizzati con cartone ondulato sono le cassette (dedicate solitamente ai prodotti ortofrutticoli), scatole e scatoloni (packaging secondario/terziario pensato sia per i servizi di stoccaggio e logistici della catena distributiva sia per l'e-commerce), imballaggi da trasporto ed esposizione (Shelf Ready Packaging, ovvero imballaggi che svolgono funzione di protezione e contenimento nella fase distributiva, e che fungono anche da espositori nei punti vendita assolvendo a esigenze comunicative) e componenti di protezione interna (separatori, divisori e alveolari).

## IMBALLAGGI COMPOSITI A PREVALENZA CELLULOSICA

Per permettere al packaging cellulosico di resistere ad agenti liquidi, ma anche per poter migliorare le proprietà barriera a sostanze gassose, la componente cellulosica è talvolta accoppiata ad altri materiali di natura plastica o metallica. Gli imballaggi compositi sono particolarmente utili per il contenimento di beni che richiedono specifiche condizioni atmosferiche interne per la corretta conservazione, siano essi prodotti alimentari solidi come ad esempio biscotti, affettati o patatine, o liquidi come bevande calde o gassate (si pensi ad esempio a bicchieri per il caffè o per bibite).

L'accoppiamento è appositamente progettato per conferire al packaging una maggiore proprietà barriera, soprattutto nel caso di imballaggi a contatto con gli alimenti ai quali sono richiesti, a livello normativo, requisiti di purezza e composizione. Queste caratteristiche influenzano di contro la facilità di riciclo del packaging post-consumo.

I substrati cellulosici possono essere accoppiati su uno o entrambi i lati con uno o più strati plastici (solitamente polietilene - PE -, polipropilene - PP - o acido polilattico - PLA), oppure con strati plastici più uno in alluminio, ma anche da strati plastici metallizzati. Dal momento in cui ogni applicazione esige di differenti prestazioni, viene da sé come il numero di strati da sovrapporre e il materiale di ciascuno di questi layer siano da valutare per ogni singolo caso.

Esempi di imballaggi compositi sono i cartoni per bevande (confezioni per beni quali succhi, latte, vini, ecc.), sacchi e sacchetti (per biscotti, affettati e materiale industriale), stoviglie monouso (piatti, bicchieri, tazzine, vaschette e vassoi), tubi (per prodotti come ad es. patatine), ma anche etichette e buste imbottite per l'e-commerce (buste con strato interno in pluribolle o con strato esterno impermeabile).

## CARTE SPECIALI

Le carte speciali sono composte da uno strato prevalente cellulosico, a cui sono applicate, altre sostanze e/o materiali o all'interno del materiale stesso o come rivestimento al fine di aumentare le proprietà del substrato.

Più nel dettaglio, è possibile identificare:

- **Carte siliconate:** durante la produzione di questa tipologia di carta viene aggiunta una ridotta percentuale di silicone (solitamente circa il 3 %) che permette all'imballaggio di resistere fino a temperature di circa 200 °C oltre a fornire proprietà di antiaderenza - ideali per la cottura di pietanze - e antiadesività;
- **Carte paraffinate:** carte rivestite con paraffina, spesso su entrambi i lati. La paraffina rende il packaging idrofobo e oleofobico, e ne aumenta la proprietà barriera al vapore acqueo. Ideale sia per prodotti alimentari sia per l'industria meccanica in cui si maneggiano componenti e prodotti spesso ingrassati o lubrificati;
- **Carte catramate:** carte rivestite con uno strato di catrame, che le rende impermeabili. Solitamente sono utilizzate come rivestimento interno di casse in legno per spedizioni via acqua.

Generalmente questi imballaggi sono venduti sotto forma di fogli o avvolti in rulli o bobine e presentano problematiche in fase di riciclo dovute all'uso di materiali non a prevalenza cellulosica. Nel caso specifico della carta siliconata, è possibile trovare artefatti realizzati in preforme (pirottini) destinati alla cottura di prodotti alimentari, ma anche bobine di supporto per etichette autoadesive (release liner), che devono resistere ad elevati sforzi meccanici dovuti al passaggio nell'etichettatrice.

## POLPA DI CELLULOSA

La polpa di cellulosa è la materia prima con cui si produce il foglio di carta ed è un materiale di origine vegetale ricavato a partire dal tronco di legno o dai chip, sottoprodotti della lavorazione del legname. Al fine di ottenere un prodotto otticamente bianco, la polpa viene sottoposta a trattamento chimico con ossigeno e catalizzatori.

Essendo la cellulosa di natura idrofilica, per impermeabilizzare la polpa di cellulosa si può procedere al rivestimento con film plastici che possono essere indifferentemente ottenuti da fonte rinnovabile o meno e possono eventualmente essere biodegradabili e compostabili.

La polpa di cellulosa può essere impiegata anche per produrre prodotti cellulosici non ottenuti a partire da un foglio, ma ottenuti direttamente dalla polpa di cellulosa tramite pressatura o termoformatura. Il packaging realizzato in polpa di cellulosa solitamente resiste ad alte temperature (fino a 200 °C), pertanto è solitamente utilizzato per il settore alimentare.

Inoltre, non essendo prodotto sotto forma di fogli o bobine, ma in balle, i processi di produzione degli imballaggi finali sono tendenzialmente differenti rispetto a quelli di taglio, piega e incollaggio solitamente adottati per altri semilavorati cellulosici. Infatti, tecnologie come stampaggio e termoformatura rendono il packaging realizzato in polpa di cellulosa morfologicamente più complesso delle altre tipologie nominate finora.

La polpa è utilizzata per realizzare vaschette (per prodotti come uova), riempitivi (a titolo esemplificativo nel settore dell'elettronica per televisori, portatili e rasoi), ma anche per stoviglie monouso (come piatti, vaschette d'asporto, coppette, bicchieri e tazzine).





## Ringraziamenti

Si vogliono ringraziare tutte le persone che hanno contribuito alla creazione di questa ricerca, primo tra tutti il gruppo di Comieco composto da Lorenzo Bono, Barbara Bonori e Federica Brumen. Un ringraziamento speciale ai ricercatori e ai professionisti che hanno fornito, attraverso le interviste, preziose informazioni utili per delineare un quadro più chiaro sul tema dei poliaccoppiati:

- Dott. Daniele Bussini, responsabile del laboratorio processi cartari e testing presso Innovhub
- Dott. Graziano Elegir, responsabile area seta e responsabile ricerca e sviluppo area carta presso Innovhub
- Dott. Davide Ghirardello, responsabile di laboratorio R&D e Controllo Qualità presso Mare S.p.A.
- Dott. Maurizio Giordano, Waste and Water Treatment R&D presso Lucart
- Prof.ssa Sara Limbo, Università degli Studi di Milano
- Dott. Armando Mariano, R&D Director presso Seda International Packaging Group
- Dott. Giovanni Pelis, Head of Purchasing Paper for Recycling presso Lucart
- Prof. Carlo Punta, Politecnico di Milano
- Dott. Renato Somekh, Regional Director Region South presso Stora Enso
- Dott. Felice Ursino, Innovation Director presso Sacchital Group
- Dott. Emanuele Viganò, Sales manager presso Mare S.p.A.

**Finito di stampare nel mese di dicembre 2022**  
**presso Ancora S.r.l.**  
via Benigno Crespi 30 - 20159 Milano  
Stampato in Italia - Printed in Italy



Le aziende italiane che decidono di investire in tecnologie e prodotti sostenibili sono sempre di più, e gli imballaggi cellulosici rappresentano una componente importante di questo nuovo approccio strategico.

Leggeri, maneggevoli, ma soprattutto rinnovabili e riciclabili, gli imballaggi compositi a prevalenza carta sono in grado di contribuire alla circolarità della nostra economia.

Questa pubblicazione nasce dalla collaborazione tra il Politecnico di Milano e Comieco che, attraverso le loro attività di ricerca ed innovazione, offrono una visione più chiara sugli imballaggi compositi dal punto di vista normativo, tecnico e tecnologico.

€ 24,00

