



POLITECNICO DI MILANO

Scuola del Design

Laurea specialistica in
progetto e ingegnerizzazione del prodotto industriale
(*design & engineering*)

BIO-PLASTICHE: performance e sostenibilità.

Relatore

Prof. Francesco Trabucco

Correlatore

Prof.ssa Barbara Del Curto

Tesi di Laurea di
Giorgia Garrone
matr. 750468

Anno Accademico 2011/2012



BIO-PLASTICHE: performance e sostenibilità.

Tesi di Giorgia Garrone | A.A. 2011-2012



*"Se fai le cose bene,
falle meglio.*

*Sii il primo,
fai la differenza,
accetta le sfide,
sii e basta."*

| Anita Roddick |

abstract

La presente ricerca è nata dalla volontà di aumentare la consapevolezza ambientale durante le fasi di progettazione, in quanto la necessità di legare i criteri ed i requisiti di progetto considerando i fragili equilibri dell'ecosistema, è un tema che negli ultimi anni si è posto come prioritario nella cultura del progetto. Di conseguenza, sia a livello di ricerca dei materiali e delle tecnologie che a livello di studio del fine vita, molti sono ancora gli aspetti da approfondire.

Condividendo questa finalità, obiettivo generale di questo lavoro di ricerca è stato quello di analizzare e sperimentare nuovi materiali considerando i principi di Ecodesign e sostenibilità ambientale, con lo scopo di individuare nuovi orizzonti e futuri settori di utilizzo, partendo dalle conoscenze acquisite nel campo delle materie plastiche tradizionali e trasferendo i concetti ad un nuovo campo: quello delle plastiche biodegradabili.

Il mondo industriale, e di conseguenza anche quello del disegno industriale, è stato uno dei primi settori in cui è stata affrontata la questione ambientale. Anche se spesso limitati da motivi economici, nel mondo dell'industria da alcuni anni si cerca di perseguire una maggiore ecoefficienza nei processi di produzione e di realizzare prodotti maggiormente ecocompatibili.

Questo argomento è molto dibattuto e ricco di sfaccettature, spesso dipendente dalla mentalità del singolo rispetto all'orientamento globale. Per orientarsi verso percorsi alternativi, durante lo studio è stato adottato un approccio in divenire, un atteggiamento di ricerca e analisi aperto alla possibilità di essere rimesso continuamente in discussione. Proprio per questo motivo riconoscere i contro e presentare, invece, i vantaggi di questo lavoro sarà indispensabile per avere un panorama completo, aggiornato ad oggi.

E' un tema recente e in quanto tale la documentazione esistente è ancora in fase di verifica. Ai fini di questo progetto di ricerca è stato utile confrontarsi con le aziende più importanti presenti sul mercato che stanno investendo in questo campo (europee ed extra-europee) e partecipare ad una serie di convegni e conferenze dove sono state presentate le ricerche ed esposti i diversi avanzamenti, ipotizzando i futuri impegni in questo settore.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività di ricerca descritta in questo testo è articolata in quattro parti.

01 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO

Sono state approfondite le tematiche legate al concetto di sostenibilità, evidenziando come ne sia stato influenzato il Design, imponendo un cambiamento all'approccio progettuale di un prodotto o sistema durante il suo intero ciclo di vita. Si sono analizzate le relazioni tra il rinnovato interesse verso la ricerca di nuovi materiali sostenibili e le richieste del mercato, evidenziando i fattori che spingono verso l'innovazione e sottolineando gli aspetti più critici di questo cambiamento.

02 ANALISI NUOVI MATERIALI

Partendo dalla definizione di biopolimero (fornita dalla European Bioplastics) sono presentate le principali categorie. In approfondimento è stato sviluppato un catalogo di materiali, da intendersi come strumento utile ai fini della progettazione sostenibile, che consiste in una serie di schede (una per ogni materiale analizzato) riportando informazioni quali: la materia prima di partenza, i requisiti principali, le relative applicazioni e le informazioni delle aziende produttrici.

03 NUOVI OBIETTIVI

Nella terza parte l'attenzione si è focalizzata sui motivi che stanno alla base dell'utilizzo di questi materiali. Sono presentati i vantaggi e i limiti dei biopolimeri, le scelte fatte su questo aspetto a livello globale e le richieste del mercato finalizzate allo sviluppo di nuove applicazioni.

04 PROPOSTA NUOVO PRODOTTO

Nell'ultima parte sono riportate le considerazioni conclusive frutto dall'analisi svolta. Viene presentato un esempio di un materiale innovativo inserito in un nuovo settore di utilizzo. I vantaggi derivanti non riguardano esclusivamente la tipologia di prodotto ma la creazione di un oggetto nuovo, orientato verso lo sviluppo sostenibile.

Lo scopo finale di questa ricerca non si è concentrato principalmente sullo sviluppo di un prodotto innovativo, quanto piuttosto, vista la moltitudine di materiali e applicazioni già presenti sul mercato, sul fornire una "bussola" al progettista, che gli indichi in che modo i biopolimeri possono essere sfruttati, i vantaggi che possono apportare e quale potrà essere il futuro per questa nuova classe di materiali.

abstract

traduzione

This research was inspired by the will to increase environmental awareness during the planning stages. In recent years, it has arisen the need to take full account of the fragile ecosystem balance while defining project requirements and criteria in the design world. As a consequence, many aspects in materials and technology research, as well as in end-of-life studies are still to be explored.

Sharing this purpose, the general aim of this research was to analyze and test new materials, in the light of the principles of eco-design and environmental sustainability. The target is to find new horizons and future fields of use, starting from the knowledge gained on traditional plastics and applying the notions to a new field: the biodegradable plastics.

Industrial world, and then also industrial design, were among the first fields in which the environmental issue has been tackled. In spite of the limits set by economic reasons, industry has been seeking to achieve greater eco-efficiency in production processes and to make products more environmentally friendly.

This topic has been widely discussed and it has revealed its multi-faceted nature, often depending on the individual point of view as opposed to global orientation. The overall approach was left open to alternative patterns, and –similarly– the research and analysis attitude was constantly open to reformulations. For this reason, it is essential to weight up the pros and cons of this issue, in order to have a complete and updated overview.

Being this topic so fresh, the extant documentation is still being checked. For the purposes of this research project, it was useful to be related to those leader companies who are investing in this field, both in European and extra-European market areas, and to attend meetings and conferences about this topic. It was a great occasion to be informed about the different research developments and the eventual future commitments in this area.

SYNTHETIC RESEARCH DESCRIPTION

The work is structured as a four-part research paper.

01 CONTEXT DEFINITION

The sustainability issues are examined, highlighting how Design was influenced and how a change was induced in the product design system, throughout its lifecycle. Then, it is analyzed the relationship between the renewed interest towards new sustainable materials and the market demand, with a special highlight on the innovative factors of this change, and on its most critical aspects, too.

02 NEW MATERIALS RESEARCH

Starting from the definition of biopolymer (provided by European Bioplastics), the main material categories are listed. A new materials catalog is developed and analysed as a useful tool of sustainable design. It consist of a series of cards (one for each material), followed by information about the starting raw material, the main requirements, the related applications and the descriptions given by the manufacturers.

03 NEW TARGETS

In the third part, the attention is focused on the use of these materials. The pros and cons of biopolymers are shown, together with the choices made on a global level and the market demand for the developing of new application.

04 A PROPOSAL FOR A NEW PRODUCT

In the last part the final remarks are shown, in the light of the analysis made. It is given the example of an innovative material incorporated into a new area of use. The benefits will involve not only the product itself, but also the creation of a new product oriented towards sustainable development.

The ultimate aim of this research is not the development of an innovative product: it is, rather, the provision of bearings for the designer, in order to show him the possible exploitation of biopolymers, the benefits they can bring and the future potentialities of this new class of materials.

indice delle immagini

PARTE 1

Fig.1: consapevolezza del problema ambientale: percorso da valle a monte.	pag. 3
Fig.2: il picco di Hubert.	pag. 9
Fig.3: previsioni sulla produzione di petrolio (anno 1956).	pag. 9
Fig.4: global production capacity of bioplastics.	pag. 16
Fig.5: biopolymers production capacity – 2015.	pag. 16
Fig.6-7: production capacity of biopolymers in 2010 – 2015 by region.	pag. 17
Fig.8: projection of worldwide production capacity of bio-based plastics until 2020.	pag. 18
Fig.9: source: M.K. Patel et al PRO-BIP 2009.	pag. 19
Fig.10: la filosofia delle 6 “R”.	pag. 22

PARTE 2

Fig.11: classificazione biopolimeri.	pag. 28
Fig.12: carbon foot print (R.Narayan 1°PLA World Congress).	pag. 29
Fig.13: loghi che certificano se un materiale è biodegradabile - compostabile.	pag. 32
Fig.14: schema riassuntivo problematiche legate al recupero.	pag. 33
Fig.15: norme per la biodegradazione.	pag. 34
Fig.16: sintesi normative.	pag. 35
Fig.17: molecola di amilosio.	pag. 37
Fig.18: molecola di amilopectina.	pag. 37
Fig.19: Tabella. Caratteristiche polimero da amido (estrusione e stampaggio).	pag. 39
Fig.20: molecola PLA.	pag. 41
Fig.21: Tabella. Esempio caratteristiche PLA per estrusione e stampaggio.	pag. 44
Fig.22: principali PLA rinforzati.	pag. 47
Fig.23: PLA + fibra legno - Fibrolon F 8530.	pag. 48
Fig.24: PLA + 50% fibra legno - Kareline PLMS 6040.	pag. 48
Fig.25: molecola PHA.	pag. 49
Fig.26: Tabella. Struttura PHA presenti sul mercato o di interesse commerciale.	pag. 50
Fig.27: Tabella. Confronto proprietà PHB e PHBV.	pag. 51
Fig.28: molecola cellulosa.	pag. 54
Fig.29: cellulosa e amido a confronto.	pag. 56
Fig.30: molecola lignina.	pag. 57
Fig.31: Tabella. Altri poliesteri presenti sul mercato.	pag. 59
Fig.32: molecola PTT.	pag. 60
Fig.33: molecola PBT.	pag. 61
Fig.34: molecola PBS.	pag. 61

Fig.35: molecola copoliestere alifatico-aromatico.	pag. 62
Fig.36: Tabella. Confronto proprietà Ecoflex e Polietilene bassa densità.	pag. 63

PARTE 3

Fig.37: concetto generico di una BIORAFFINERIA.	pag. 72
Fig.38: raffineria e bioraffineria. Confronto.	pag. 73
Fig.39: disponibilità biomasse. Fonte: Plastic Europe Italia.	pag. 80
Fig.40: trasformazione: dalle biomasse ai biopolimeri.	pag. 82
Fig.41: alcuni esempi di ricerca.	pag. 83
Fig.42: proprietà comparative di fibre naturali e fibre sintetiche.	pag. 86
Fig.43: proprietà PLA rinforzato con Kenaf.	pag. 87
Fig.44: schema impianto per la produzione di WPC e Natural Fibre Plastics.	pag. 88
Fig.45: cellulare sviluppato da Nec e Unitika.	pag. 92
Fig.46: Tabella. Principali produttori di biofibre e biocompositi.	pag. 94
Fig.47: polyacrylate impact modifier.	pag. 98
Fig.48: alcuni esempi di biopolimeri basati su fonti rinnovabili.	pag. 100
Fig.49: biopolimeri today and tomorrow.	pag. 101
Fig.50: Green Project di Tecnica.	pag. 103
Fig.51: Biograde® C 7500.	pag. 103
Fig.52: Garden&Home, Proganic, linea pilota.	pag. 104

PARTE 4

Fig.53: snifty® pen.	pag. 109
Fig.54: HSN's Joy Mangano.	pag. 109
Fig.55: Anisa International.	pag. 109
Fig.56: LG SV590.	pag. 109
Fig.57: una risorsa rinnovabile.	pag. 111
Fig.58: processo di trasformazione della cellulosa.	pag. 113
Fig.59: struttura estere.	pag. 114
Fig.60: esempio di prodotto.	pag. 116
Fig.61: descrizione Naturacell.	pag. 117
Fig.62: Biopolymer Competitive Review.	pag. 118
Fig.63: Sustainability vs. Price Comparison.	pag. 118
Fig.64: scented pebbles.	pag. 119
Fig.65: eyewear (Tenite cellulotics).	pag. 121
Fig.66: tool handles (Tenite cellulotics).	pag. 122
Fig.67: sport goods (Tenite cellulotics).	pag. 122
Fig.68: filosofia della Eastman Chemical.	pag. 124
Fig.69: Tabella di confronto delle proprietà.	pag. 126
Fig.70: screenshot sito. Elenco delle profumazioni.	pag. 128
Fig.71-72: esempi di prodotti (Arbre Magique).	pag. 128
Fig.73: esempio di packaging (Arbre Magique).	pag. 129
Fig.74: cenere magica (Arbre Magique).	pag. 129
Fig.75-76-77: Ambi Pur.	pag. 129

Fig.78: prodotti Ambi Pur.	pag. 130
Fig.79: collezione “appendibili” Ambi Pur.	pag. 130
Fig.80: collezione “2 motion” Ambi Pur.	pag. 130
Fig.81: deodorante auto, profumatore da bocchetta.	pag. 131
Fig.82: il nuovo deodorante per auto Airtech (design Pininfarina).	pag. 131
Fig.83: cartoncino per specchietto retrovisore.	pag. 132
Fig.84-85: liquidi per specchietto retrovisore.	pag. 132
Fig.86: granuli per posacenere	pag. 132
Fig.87: zen essence.	pag. 132
Fig.88: collezione Air design.	pag. 133
Fig.89: Car Air Freshener Cuori & Fiori.	pag. 133
Fig.90: nuovo profumatore per auto. Millefiori	pag. 133
Fig.91: esempio applicazione.	pag. 134
Fig.92: DA1000: Deodorante serie 1000. “racing”.	pag. 134
Fig.93-94-95: altri esempi linea “Racing”.	pag. 134
Fig.96: deodorante Sparkling.	pag. 135
Fig.97: deodorante Crystal.	pag. 135
Fig.98-99-100: deodorante per presa accendisigari.	pag. 135
Fig.101-102: White Musk SAI Air Bianco Argentato.	pag. 135
Fig.103-104-105-106-107: clip profumate da inserire nella bocchetta dell’aria.	pag. 136
Fig.108: deodorante in plastica rigida per il fissaggio a ventosa.	pag. 136
Fig.109-110-111: profumatori da appendere allo specchietto retrovisore.	pag. 136
Fig.112-113-114: viste aggancio.	pag. 139
Fig.115-116-117: vista foglie.	pag. 139
Fig.118-119-120: viste petali.	pag. 140
Fig.121-122-123: viste pistillo.	pag. 141
Fig.124: parametri scale durezza Rockwell.	pag. 143
Fig.125: comparison of Shore Hardness Scales. Data from Matweb.com.	pag. 144
Fig.126: esempio cartolina. Fronte e Retro.	pag. 145
Fig.127: esploso.	pag. 146
Fig.128: incastro tra petali e pistillo.	pag. 146
Fig.129: incastro tra petali e foglie.	pag. 147
Fig.130: incastro tra foglie ed aggancio.	pag. 147
Fig.131: 3D profumatore.	pag. 147
Fig.132: sezione.	pag. 147
Fig.133: viste packaging.	pag. 148
Fig.134: EOSINT P 700.	pag. 151
Fig. 135-136-137: Visita alla Partec S.r.l.	pag. 157
Fig.138: prototipo del profumatore d’auto.	pag. 158
Fig. 139: dimensioni del prodotto realizzato.	pag. 159
Fig. 140-141: Viste del prototipo.	pag. 159
Fig. 142-143-144-145: realizzazione componenti.	pag. 160
Fig. 146: prima ambientazione. Posizione centrale.	pag. 160
Fig. 147-148: viste posizione centrale.	pag. 161
Fig. 149-150: seconda ambientazione. Posizione laterale.	pag. 161
Fig. 151 - 152 - 153: benchmarking.	pag. 161

indice



01 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO

1.1. La questione ambientale	_____	pag. 002
1.1.1. Definizione di sostenibilità ambientale	_____	pag. 004
1.2. Panorama attuale	_____	pag. 008
1.3. Innovazione nel settore dei materiali polimerici	_____	pag. 013
1.4. Il mercato dei Biopolimeri	_____	pag. 015
1.5. Eco-design	_____	pag. 021

02 ANALISI NUOVI MATERIALI

2.1. Definizione	_____	pag. 027
2.2. Normative	_____	pag. 030
2.3. Classificazione	_____	pag. 036
2.3.1. Polimeri da Amido (starch)	_____	pag. 037
2.3.1.1. caratteristiche meccaniche	_____	pag. 038
2.3.1.2. applicazioni	_____	pag. 039
2.3.1.3. produttori	_____	pag. 040

2.3.2. PLA (acido poli-lattico)	pag. 041
2.3.2.1. come si ottiene il PLA	pag. 042
2.3.2.2. caratteristiche meccaniche	pag. 043
2.3.2.3. proprietà termiche	pag. 044
2.3.2.4. applicazioni	pag. 045
2.3.2.5. produttori	pag. 046
2.3.2.6. approfondimenti	pag. 047
2.3.3. PHA (poli (-idrossi (-alcanoati))	pag. 049
2.3.3.1. come si ottengono i PHA	pag. 050
2.3.3.2. proprietà meccaniche e termiche	pag. 051
2.3.3.3. altre proprietà	pag. 051
2.3.3.4. applicazioni	pag. 052
2.3.3.5. produttori	pag. 053
2.3.4. Polimeri cellulósici	pag. 054
2.3.4.1. lignina	pag. 057
2.3.5. altri poliesteri da monomeri (da fonte rinnovabile)	pag. 059
2.3.5.1. PTT	pag. 060
2.3.5.2. PBT	pag. 061
2.3.5.3. PBS	pag. 061
2.3.5.4. co-poliestere alifatico-aromatico	pag. 062
2.3.5.5. produttori	pag. 063
2.4. Tecnologie di produzione	pag. 064
2.4.1. Processabilità polimeri da amido	pag. 064
2.4.2. Processabilità PLA	pag. 065
2.4.3. Processabilità PHA	pag. 069

03 NUOVI OBIETTIVI

3.1. Vantaggi e limiti	pag. 071
3.1.1. Costi	pag. 071
3.1.2. Disponibilità materia prima	pag. 078
3.2. Sviluppo nuove applicazioni	pag. 085
3.3. Linee di ricerca	pag. 095
3.3.1. Bioadditivi e biofibre	pag. 095
3.3.1.1. produttori	pag. 098
3.3.2. Biomonomeri per la realizzazione di polimeri tradizionali, non biodegradabili, da fonte rinnovabile	pag. 099
3.3.3. Studio processabilità e finitura superficiale	pag. 100
3.3.4. Studio della durabilità	pag. 101
3.3.5. Studio del fine vita	pag. 104

04 PROPOSTA NUOVO PRODOTTO

4.1. Analisi	pag. 107
4.2. Scelta materiale	pag. 108
4.2.1. Auracell™	pag. 108
4.2.1.1. produzione polpa di cellulosa	pag. 111
4.2.2. Naturacell™	pag. 116
4.2.2.1. azienda produttrice	pag. 119
4.2.3. Tenite™ cellulosics	pag. 121

4.2.3.1. azienda produttrice	pag. 123
4.3. Settore di utilizzo	pag. 125
4.3.1. Scelta	pag. 126
4.3.1. Benchmarking	pag. 127
4.4. Sviluppo	pag. 136
4.4.1. Componenti	pag. 136
4.4.2. Assieme	pag. 145
4.4.2.1. montaggio	pag. 146
4.4.3. Packaging	pag. 148
4.4.4. Prototipo	pag. 150
4.4.4.1. sinterizzazione Nylon	pag. 150
4.4.4.2. verniciatura	pag. 152
4.4.4.3. realizzazione	pag. 157
4.4.5. Valutazione dei costi	pag. 162

Conclusioni

Allegati

Bibliografia

Sitografia

Ringraziamenti

PARTE

1

*Definizione
dello scenario*





01 DEFINIZIONE DELLO SCENARIO

1.1. La questione ambientale

"Il mondo non uscirà dal presente stato di crisi se non abbandonerà il modo di pensare che lo ha generato." (Albert Einstein)

La sostenibilità non è sicuramente una tematica nuova, ma semplicemente un aspetto del progetto che frequentemente viene trascurato. E' una doverosa e importante responsabilità di ogni progettista recuperare l'attenzione per questi temi che devono essere considerati in funzione del progetto, che se avulso dal contesto ambientale, diventa una pura esercitazione formale.

E' doveroso, nell'ambito di questa ricerca, ricordare attraverso una ampia panoramica, la questione ambientale e i problemi inerenti la sostenibilità, tuttavia si vuole qui solo proporre un'introduzione contestuale per poter presentare nelle prossime pagine una delle risposte più importanti alla domanda di "sostenibilità", ovvero le "ecoplastiche".

La consapevolezza della problematica ambientale, e le attività che ne derivano coinvolgono questioni come la cura dell'inquinamento (le politiche *end-of-pipe* tese a neutralizzare a valle gli effetti ambientali negativi delle attività produttive), l'intervento sui processi produttivi che generano tale inquinamento (tecnologie pulite), la riprogettazione dei prodotti e/o servizi che rendono necessari tali processi (prodotti a basso impatto ambientale). Infine, la consapevolezza del problema ambientale ha portato, alla discussione e al ri-orientamento dei comportamenti sociali (domanda di prodotti e/o servizi) che motivano l'esistenza di tali processi e di tali prodotti. Questa progressiva consapevolezza ha comportato una trasformazione nella natura delle variabili in gioco: i primi due gradini coincidono con questioni principalmente tecniche, i successivi implicano

un coinvolgimento progressivo del progettista all'interno della dimensione progettuale e delle questioni sociali e culturali.

Similmente e in modo ancora più marcato, promuovere consumi e comportamenti puliti può richiedere nuovi prodotti, ma può anche comportare scelte che prevedono un nuovo mix di prodotti e servizi che, per essere accettati, richiedono un cambiamento nella cultura e nei comportamenti degli utilizzatori. Sviluppare il design per la sostenibilità significa promuovere la capacità del sistema produttivo di rispondere alla domanda sociale di benessere utilizzando una quantità di risorse ambientali drasticamente inferiore rispetto a quella attualmente necessaria. Questo richiede la gestione, in modo coordinato, di tutti gli strumenti di cui si dispone (prodotti, servizi e comunicazione) e di offrire unitarietà e visibilità alle proprie proposte.



Fig. 1: Consapevolezza del problema ambientale.

1.1.1. Definizione di Sostenibilità ambientale

La nostra società, e quindi la nostra vita e quella delle future generazioni, dipende dal funzionamento a lungo termine di quell'insieme di ecosistemi che, per semplicità, chiamiamo natura.

A partire da questa semplice ma importante considerazione, la definizione di sostenibilità ambientale fu introdotta nel rapporto della Commissione Mondiale per lo Sviluppo e l'Ambiente istituita dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (UNCED – United Conference on Environmental and Development), denominato “Our Common Future” 1987 e firmato dalla sua presidente Gro Harlem Brundtland, dove con l'espressione **sostenibilità ambientale** ci si riferisce “alle condizioni sistemiche per cui, a livello planetario e a livello regionale, le attività umane non disturbino i cicli naturali su cui si basano più di quanto la **resilienza**¹ del pianeta lo permetta, e allo stesso tempo, non impoveriscano il **capitale naturale**² che verrà trasmesso alle generazioni future.”

A queste due prescrizioni fondate su considerazioni di carattere prevalentemente fisico se ne aggiunge una terza di carattere etico: il principio di equità, per cui si afferma che, “nel quadro della sostenibilità, ogni persona (comprese le future generazioni) ha diritto allo stesso spazio ambientale³, cioè alla stessa disponibilità di risorse naturali globali.”

1 La Resilienza di un ecosistema è la sua capacità di subire un'azione di disturbo senza uscire irreversibilmente dalla condizione di equilibrio. Lo stesso concetto esteso al Pianeta conduce all'idea che il sistema naturale sul quale si fonda l'attività umana abbia dei limiti di resilienza, oltre i quali iniziano degli irreversibili fenomeni di degrado.

2 Per capitale naturale si intende l'insieme delle risorse non rinnovabili e delle capacità sistemiche dell'ambiente di riprodurre le risorse rinnovabili, comprendendo anche la varietà delle specie viventi sul Pianeta.

3 Lo spazio ambientale è il quantitativo di energia, acqua, territorio e materie prime che può essere usato in modo sostenibile, spesso indicato anche con l'espressione ecological footprint.

Partendo da quanto riportato, il nostro sistema di produzione e consumo è stato messo in discussione, sottolineando l'importanza di un cambiamento radicale delle nostre abitudini. Cambiamento che coinvolge, oltre alle tematiche legate all'esaurimento delle risorse e alla sopravvivenza di interi ecosistemi, anche altre questioni quali: la crescita demografica, la presenza e coltivazione di cibo, il debito delle nazioni in via di sviluppo, il mercato globalizzato, lo sviluppo industriale, l'ineguaglianza economica e geografica nella distribuzione e nella disponibilità dei beni e delle risorse. Ragionare e muoversi in ottica di uno sviluppo sostenibile significa andare molto al di là dello specifico campo di azione delle attività progettuali. È un dovere considerare gli aspetti socio-economici della nostra società e del nostro modo di vivere.

Tale concetto fu così recepito nel 1992 dalla Conferenza delle Nazioni Unite tenutasi a Rio de Janeiro, dove si riconobbe che le problematiche ambientali dovevano essere affrontate coinvolgendo tutti i paesi.⁴ Durante questa conferenza per la prima volta vennero dibattuti su scala internazionale questioni ambientali che interessavano tutto il pianeta, quali: l'effetto serra, il degrado degli habitat naturali, il deficit idrico, l'aggravamento degli squilibri abitanti/risorse, il rischio di estinzione di molte specie viventi, l'eccessiva produzione di rifiuti e le problematiche connesse al loro smaltimento. Ed è in seguito all'attenzione posta in questa conferenza sulle questioni ambientali, che si cominciarono così a delineare programmi e politiche ambientali congiunte a livello mondiale. Come il noto protocollo di Kyoto⁵, che stabilisce orientamenti comuni per le strategie industriali e richiede una revisione dei piani di sviluppo e consumo energetico dei diversi paesi industrializzati o l'Agenda 21⁶, cioè il programma d'azione del XXI secolo.

4 Sviluppo e sostenibilità: le tappe. <http://www.sos-sostenibilita.it>

5 Il protocollo di Kyoto è uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a combattere i cambiamenti climatici. Esso contiene gli impegni dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta. Le emissioni totali dei paesi sviluppati devono essere ridotte almeno del 5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990.

6 Consiste in una pianificazione completa delle azioni da intraprendere, a livello mondiale, nazionale e locale dalle organizzazioni delle Nazioni Unite, dai governi e dalle amministrazioni in ogni area in cui la presenza umana ha impatti sull'ambiente. La cifra 21 che fa da attributo alla parola Agenda si riferisce al XXI secolo, in quanto temi prioritari di questo programma sono le emergenze climatico-ambientali e socio-economiche che l'inizio del Terzo Millennio pone inderogabilmente dinanzi all'intera Umanità.

Tuttavia ad oggi, sebbene ormai la questione ambientale sia un'urgenza riconosciuta da tutti, restano ancora molte le azioni da intraprendere per fronteggiare realmente la questione.

A questo scopo, negli ultimi anni, si sono fissati obiettivi di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni e si è affermato il ricorso alle Politiche Integrate di Prodotto, IPP (Integrated Product Policy), come strumento per influenzare l'offerta e la domanda di prodotti maggiormente ecologici. Quest'approccio è mirato allo sviluppo di un sistema economico sostenibile, ovvero capace di offrire maggiore coesione sociale e soprattutto un ambiente migliore, attraverso la ricerca e la conoscenza da un lato, e il cambiamento dei modelli di consumo e produzione dall'altro. L'obiettivo principale è la riduzione degli impatti ambientali lungo il ciclo di vita di un prodotto.

Tramite l'integrazione delle questioni ambientali nelle politiche industriali, la collaborazione dalle diverse figure coinvolte dentro e fuori la filiera produttiva e lo sviluppo di un mercato "verde", introducendo concretamente sul lato dell'offerta una serie di incentivi e strumenti per incoraggiare l'innovazione dei prodotti in chiave energetico - ambientale, e sul lato della domanda offrendo ai consumatori adeguati strumenti informativi che li spingano verso l'acquisto di prodotti più ecologici. Le politiche di IPP si presentano come un approccio integrato e orientato per l'azienda, che combina sia strumenti di mercato che ambientali.

Il 23 gennaio 2008 l'Unione Europea ha dato il via libera al pacchetto legislativo per ridurre le emissioni di CO₂ e aumentare le fonti e l'approvvigionamento di energie rinnovabili. Il traguardo da raggiungere? Entro il 2020 bisogna ridurre di almeno il 20% le emissioni di gas a effetto serra e, nello stesso tempo, aumentare l'utilizzo di fonti rinnovabili fino al 20% del consumo totale dell'Ue. Inoltre, l'utilizzo di biocarburanti nel settore dei trasporti dovrà salire del 10%. Il pacchetto stabilisce per ogni Stato membro obiettivi vincolanti. L'Italia deve tagliare del 13% la produzione di gas nocivi e aumentare del 17% l'uso di fonti rinnovabili. Questi obiettivi fanno parte della strategia europa 20 20 20 (*allegato 1*).

Alla luce di questo breve quadro è chiaro come la sostenibilità, sia un obiettivo da perseguire in maniera congiunta dai diversi paesi e settori produttivi, comprese quindi, anche le attività progettuali che interagiscono con l'ambiente, perché è solo apportando dei cambiamenti a monte, nell'area delle strategie e scelte iniziali, che è possibile impostare delle corrette direzioni di sviluppo compatibili con l'ambiente.

Progettare per la sostenibilità ambientale si può riassumere con 4 livelli di intervento:

- materiali/energie a basso impatto ambientale (atossicità, riciclabilità, rinnovabilità, biodegradabilità ...).
- life cycle design (eco-design) di prodotto (introduzione del concetto di stile di vita).
- design di sistemi-prodotti e servizi eco-efficienti (insieme di prodotti e servizi che nel loro complesso sono necessari al soddisfacimento di una determinata domanda. Innovazione di sistema, modelli di consumo sostenibili.
- design per la sostenibilità socio-etica (principio di equità nella disponibilità e distribuzione delle risorse").

1.2. Panorama attuale

Prendendo in considerazione i requisiti accennati nel paragrafo precedente appare con chiarezza come e quanto il sistema produttivo e di consumo delle società industriali contemporanee ne sia lontano. Segnali di questa lontananza sono l'uso dissennato delle risorse rinnovabili, il consumo altrettanto dissennato di quelle non rinnovabili, l'immissione nell'ambiente di un numero crescente di nuove sostanze di sintesi, potenzialmente nocive.

L'uso del petrolio ha mutato in tutto il mondo sia l'economia che le strutture politiche e sociali che gli stili di vita delle persone producendo effetti che l'uso di nessuna sostanza ha mai ottenuto in così poco tempo. Le risorse di petrolio sono limitate. Il picco di produzione mondiale è imminente come pure il conseguente ed irreversibile declino di disponibilità di tale prodotto.

Gli aumenti dei prezzi segnalano un problema.

Questa situazione era già stata ben delineata nel 1956 dal geofisico americano M.K. Hubbert, il quale aveva allertato tutti dicendo che nel 1970 negli Stati Uniti l'estrazione del petrolio avrebbe raggiunto il massimo e difatti questo accadde nel 1971⁷. Il picco di petrolio, sul quale incidono diversi fattori, corrisponde al momento in cui l'estrazione di tale energia è massima, successivamente al punto massimo si ha una decrescita progressiva fino ad arrivare all'esaurimento. Il grafico di Hubert rappresenta tale situazione: alla curva della crescita iniziale, molto ripida e limitata in un arco di tempo ristretto, ne segue una di decrescita altrettanto ripida.

⁷ ASPO (Association for the Study of Peak Oil) il cui scopo principale è lo studio del Picco del Petrolio, delle sue gravi conseguenze sui sistemi ecologici, economici e sociali, e della mitigazione di questi effetti. Si occupa inoltre dell'esaurimento delle risorse non rinnovabili, dell'inquinamento, dei cambiamenti climatici, e più in generale dei limiti alla crescita economica. Ugo Bardi. (<http://www.aspoitalia.it>)

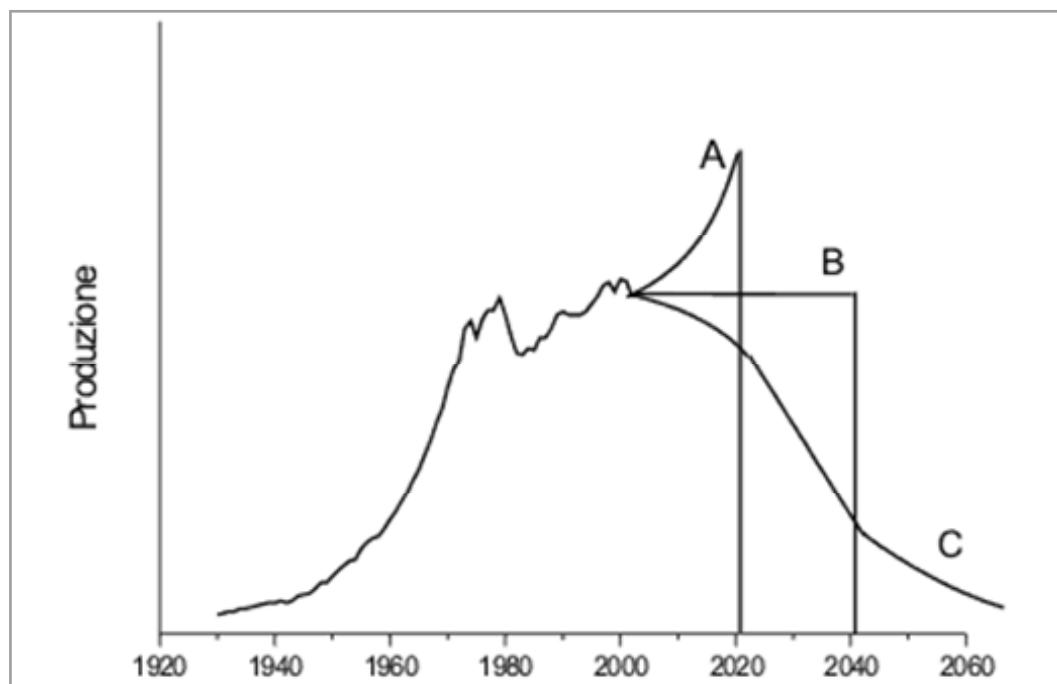


Fig. 2: il picco di Hubert

A: Crescita rapida seguita da collasso

B: Produzione costante, seguita da collasso

C: La produzione passa per un massimo, poi cala gradualmente.

Secondo il "modello di Hubbert", il caso "C" è quello giusto.

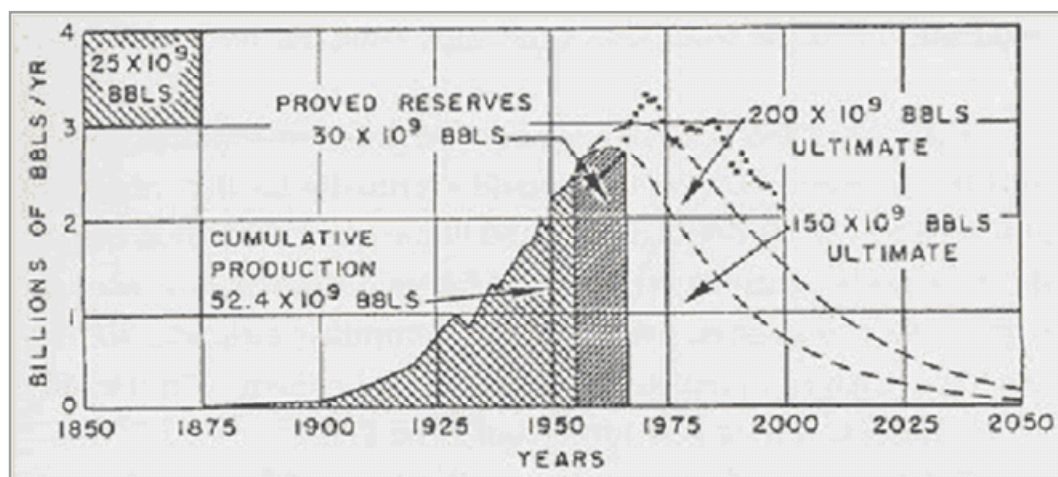


Fig.3: questo è il grafico originale che il geologo M. King Hubbert pubblicò nel 1956. Hubbert prevedeva che la produzione di petrolio dai pozzi petroliferi americani avrebbe seguito una "curva a campana" (o gaussiana), passando per un massimo verso il 1971. A quel tempo, nessuno ci credette.

In definitiva, il petrolio scarseggia e i prezzi hanno toccato livelli paradossali e soprattutto la domanda di prodotti a basso impatto ambientale cresce. Il contesto sembra dunque sempre più favorevole allo sviluppo delle bioplastiche.

Nonostante tutto questo, quali condizioni sono necessarie perché i biopolimeri si possano introdurre su larga scala in Europa?

La Commissione europea ha elaborato una serie di raccomandazioni politiche, congiuntamente alle parti interessate dell'industria, nell'ambito dell'iniziativa «*Mercati guida*». Su questa base, sei mercati – **sanità online, tessili di protezione, costruzione sostenibile, riciclaggio, bioprodotto, energie rinnovabili** – sono stati identificati per la fase iniziale dell'iniziativa. Si tratta di mercati molto innovativi che rispondono ai bisogni dei clienti, dispongono di una solida base tecnologica e industriale in Europa e dipendono, più di altri mercati, dalla creazione di condizioni favorevoli mediante interventi pubblici⁸.

Hasso von Pogrell, direttore di European Bioplastics, sostiene che “il rispetto di almeno una parte di queste condizioni quadro darebbe un forte impulso al nostro settore”:

- detrarre il carbonio biologico dall'impronta di carbonio complessiva dei prodotti;
- considerare obiettivi indicativi o vincolanti per alcuni prodotti a base biologica, come i biocarburanti;
- consentire agli Stati membri di ridurre la tassazione sui prodotti sostenibili a base biologica;
- consentire alle plastiche a base biologica l'accesso a qualsiasi sistema di raccolta e recupero dei rifiuti;
- incoraggiare gli enti pubblici a preferire i prodotti a base biologica negli appalti;
- avviare una riflessione con le parti interessate riguardo alle etichette dei prodotti e alle informazioni per il consumatore.

La plastica tradizionale, o sintetica, è prodotta da derivati del petrolio come sottoprodotto della filiera del greggio. La sua caratteristica è quella di essere costituita da monomeri – l'unità strutturale ripetitiva che forma un polimero – con una notevole resistenza meccanica e al calore.

⁸ http://ec.europa.eu/environment/etap/inaction/interviews/671_it.html
<http://notes9.senato.it>

I numerosi campi di applicazione del materiale plastico, non devono però far sottovalutare i problemi legati al forte impatto ambientale che deriva dalla produzione e dal successivo smaltimento. Gli oggetti in plastica tradizionale, infatti, oltre a essere realizzati sfruttando energie non rinnovabili, vengono riassorbiti dall'ambiente solo dopo lunghi periodi di tempo: una bottiglia di plastica necessita – ad esempio – più di 400 anni per decomorsi.

Questo contesto ha stimolato la domanda di prodotti a basso impatto ambientale come *le bioplastiche, considerate l'alternativa verde all'oro nero*⁹.

Secondo un calcolo effettuato dall'European Climate Change Program (ECCP) per ogni tonnellata di bioplastica prodotta si potrebbero introdurre nell'ambiente circa **4 milioni di tonnellate di anidride carbonica in meno**.

Le plastiche biodegradabili dunque, possono rappresentare una valida soluzione ai problemi di smaltimento post consumo, sempre più onerosi sia in termini economici che ambientali. Tuttavia gli enormi vantaggi derivanti dall'impiego delle bioplastiche non sono, purtroppo, un dato sufficiente alla loro adozione su larga scala. In primo luogo **pesa il fattore economico**: sono necessarie condizioni di mercato che scoraggino la produzione di plastica tradizionale, che rimane attualmente un prodotto più conveniente (rispetto ai cinque centesimi di quello in plastica tradizionale, i sacchetti in materiale biodegradabile costano 3-4 centesimi in più¹⁰). Le bioplastiche, inoltre, non sempre offrono le stesse garanzie qualitative di quelle tradizionali. C'è un bisogno costante di investimenti che si traducano in maggiore attenzione alla ricerca: la competitività economica delle bioplastiche, infatti, è minata dai costi elevati per lo sviluppo di nuove tecnologie. Ciò che fa ben sperare verso l'introduzione su larga scala di questi nuovi materiali, è la crescente sensibilizzazione alle tematiche ambientali, che potrebbe rappresentare uno stimolo decisivo verso la promozione di iniziative legislative a favore della ricerca.

La consapevolezza sociale del problema ambientale e la necessità imprescindibile di preservare l'ecosistema, portano a soluzioni costruttive, tecniche e materiali diverse da quelle tradizionali e all'adozione di modelli

⁹ green.liquida.it Green magazine online, ecoprogetto IBM powered by Liquida.

¹⁰ www.guidaconsumatore.com

di produzione e di consumo di minore impatto sulle risorse esauribili del pianeta. Sempre di più il mondo del progetto sarà chiamato ad identificare soluzioni all'altezza del problema e capaci di operare nel campo del tradizionale prodotto industriale.

Quindi “costruire sostenibile” per ridurre drasticamente le emissioni inquinanti e i consumi di risorse non rinnovabili determinati dalla produzione, dall'esercizio e dalla dismissione finale delle costruzioni. Ma costruire sostenibile non può significare rinunciare ai livelli di qualità e fruizione estetica che l'utente dello spazio (sia esso abitativo o a fini di servizio) ritiene compatibile con i propri standard di comfort e di cultura d'uso.

“I beni materiali del futuro dovranno essere sostenibili: non più merci “usa e getta”, bensì prodotti belli, qualitativamente buoni e di lunga durata, realizzati nella consapevolezza della nostra responsabilità ambientale. Il design ecologico considera tutto il ciclo di vita di un prodotto, dalle materie prime al riuso o allo smaltimento. L'estetica degli oggetti del futuro sarà imperniata su fattori quali il consumo ridotto di risorse, l'utilità e la funzionalità, la discrezione e la responsabilità sociale. L'uso sostituirà sempre di più il possesso dei beni. I prodotti ecologici richiedono, non solo da parte di chi li compra e li usa, ma anche di chi li produce, una mentalità nuova che ponga fine al rincorrersi di articoli “ultimo grido” imposti dalla moda del momento. I beni ecologici del futuro rispondono ad un'estetica nuova alla quale il design è chiamato a dare un contributo importante e responsabile”¹¹.

Per le bioplastiche non si parla più di vaghe opportunità, ma di prospettive, investimenti e innovazione, segno che il mercato si è messo in moto. La domanda sta crescendo in modo vorticoso e si moltiplicano gli annunci di nuove capacità produttive, anche grazie all'ingresso di grandi gruppi chimici e la messa a punto di materiali sempre più tecnici e performanti, non solo sotto l'aspetto ambientale.

11 TESI DI DOBBIACO 1998. LA BELLEZZA per una vita sostenibile.

1.3. Innovazione nel settore dei materiali polimerici

Per quanto riguarda l'innovazione nel settore dei materiali polimerici, l'interesse dichiarato dalle aziende è il seguente: l'ottimizzazione nella produzione di un manufatto e la ricerca di nuovi materiali (es. biopolimeri e nanocompositi).

Queste richieste sono in linea con lo sviluppo del settore. Negli anni '80, dopo l'introduzione e lo sviluppo dei tecnopolimeri, gli HPP (high performance polymers) sembravano una grande opportunità e molte grandi società avevano investito su produzione e ricerca. Negli anni '90, la crisi economica aveva forzato le aziende a rivedere i loro progetti, per gli alti costi connessi. Oggi gli HPP rappresentano circa lo 0,10-0,14% del totale. Alla fine del 2007, la DSM ha annunciato di avere introdotto sul mercato il primo nuovo polimero del millennio (identificato dalla sigla PA4T, è stato sviluppato per rispondere alle esigenze di miniaturizzazione dei componenti per l'industria elettronica e automotive).

L'interesse delle aziende si è spostato verso l'ottimizzazione delle caratteristiche dei polimeri "tradizionali":

- Additivazioni, compounding, copolimerizzazione, ecc...
- Sulla base delle prestazioni richieste
 - dall'utilizzo finale
 - dalle tecnologie di trasformazione

Per rispondere alle esigenze delle nuove applicazioni le maggiori richieste riguardano:

- La scelta dei materiali dal punto di vista delle caratteristiche fisiche, sensoriali e di trasformabilità
- L'ottimizzazione della progettazione con l'obiettivo di:
 - tener conto dei processi di trasformazione e delle modifiche

strutturali / morfologiche

- ridurre gli spessori al minimo

- **riciclabilità**

I biopolimeri rappresentano un'area con grande possibilità di sviluppo perché uniscono elevate potenzialità tecniche, eco sostenibilità sia dal punto di vista delle materie prime e/o del loro recupero a fine vita.

E' interessante notare che i biopolimeri sono presenti sul mercato da molto tempo, alcuni risalgono alle origini dello sviluppo di questo settore. I primi polimeri sintetici erano basati su risorse naturali. Tra i biopolimeri da risorse rinnovabili "storici" possiamo citare i cellulosici, il Nylon 11 (PA 11) e le gomme naturali. Invece, tra i polimeri biodegradabili sono stati sviluppati da molti anni i policaprolattone e l' EVOH.

Con lo sviluppo delle più economiche tecnologie basate su risorse fossili i biopolimeri avevano progressivamente perso d'importanza. Negli anni '70, dopo la prima crisi petrolifera, era partita una nuova intensa attività di R&D allo scopo di sviluppare nuove classi di biopolimeri, principalmente per il settore packaging. Dagli anni '80 numerosi grossi gruppi (ICI, Monsanto, P&G, Montedison, Dow, Bayer, Basf...) si erano impegnati nel settore dei biopolimeri. Col cessare della crisi petrolifera e la conseguente antieconomicità dei biopolimeri, questi gruppi avevano cessato l'attività o l'avevano ceduta a piccole società specializzate nel biochimico. Negli ultimi anni si sta assistendo ad un nuovo progressivo impegno dei grandi gruppi particolarmente per quanto riguarda l'**uso di biomonomeri per produrre polimeri "tradizionali"**.

In sintesi, il rinnovato interesse nei biopolimeri è dettato:

- dal crescente impegno nelle problematiche ambientali
- dal timore di possibili crisi legate ai prodotti petroliferi

1.4. Il mercato dei Biopolimeri

Oggi il mercato dei biopolimeri¹² è ancora un mercato di nicchia principalmente ristretto al mercato del packaging e dell'agricoltura. Può essere valutato attorno allo 0,4-0,5% del consumo totale delle materie plastiche, con un tasso di sviluppo elevato (13% / anno fino al 2013). In alcune applicazioni per agricoltura e imballaggio, l'utilizzo di biopolimeri consente anche vantaggi economici (film pacciamatura, waste collection, food packaging, ecc.). Recentemente si è registrato un notevole cambiamento nelle linee di sviluppo dei biopolimeri. I tradizionali fattori che erano stati alla base della ricerca e dell'innovazione negli scorsi anni, cioè :

- Prezzi più competitivi
- Supporto politico e legislativo
- Norme su degradabilità/compostabilità
- Disponibilità ed ottimizzazione dei processi di compostaggio

Pur rimanendo sempre validi, non sono più sufficienti per garantire uno sviluppo sostenuto. E' necessario ampliare le applicazioni, estendendone l'uso ad applicazioni più "critiche" ed anche alla realizzazione di:

- beni durevoli
- applicazioni ingegneristiche (settori trasporto, costruzioni, elettro / elettronico / elettrodomestici, tempo libero, ecc...) in molti casi, applicazioni in questi settori sono già in una fase di sviluppo avanzato
- settore tessile e delle fibre sta guadagnando importanza con la messa a punto di fibre ad alta resistenza termica

¹² Proplast (plastic innovation pole) di Rivalta Scrivia (Tortona - AL) è un polo tecnologico di livello europeo, capace di offrire al mondo industriale eccellenti servizi di R&D e formazione nell'area della trasformazione dei materiali plastici, dell'ingegneria dei materiali, dell'ingegneria di prodotto. Laura Fusani e Davide Pollon mi hanno supportato durante tutto il lavoro di ricerca. (www.proplast.it/)

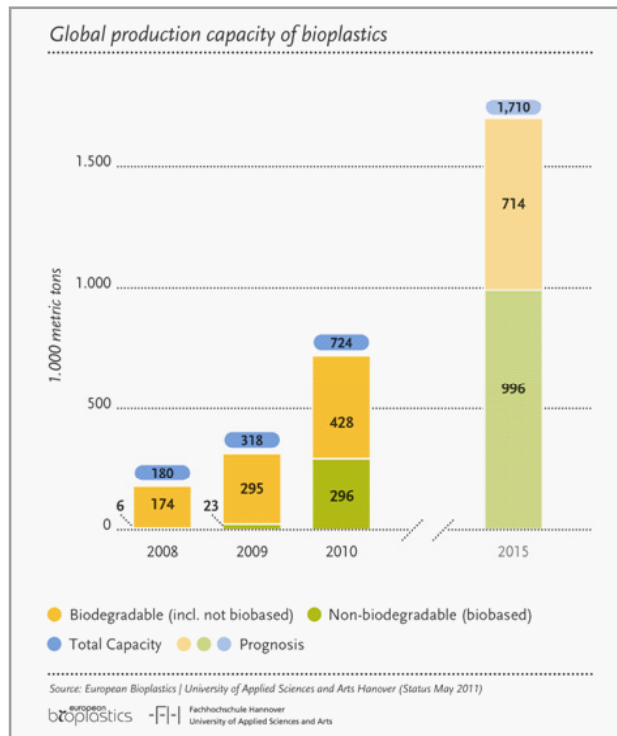


Fig. 4: Global production capacity of bioplastics (European Bioplastics)

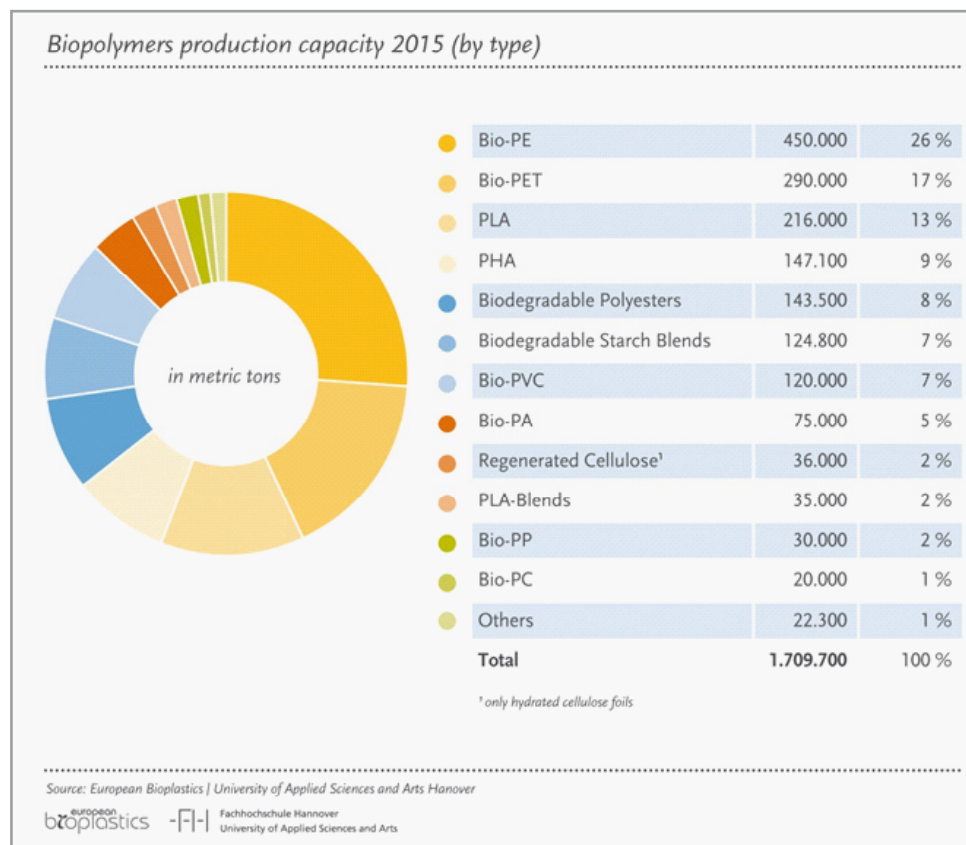


Fig. 5: Biopolymers production capacity - 2015

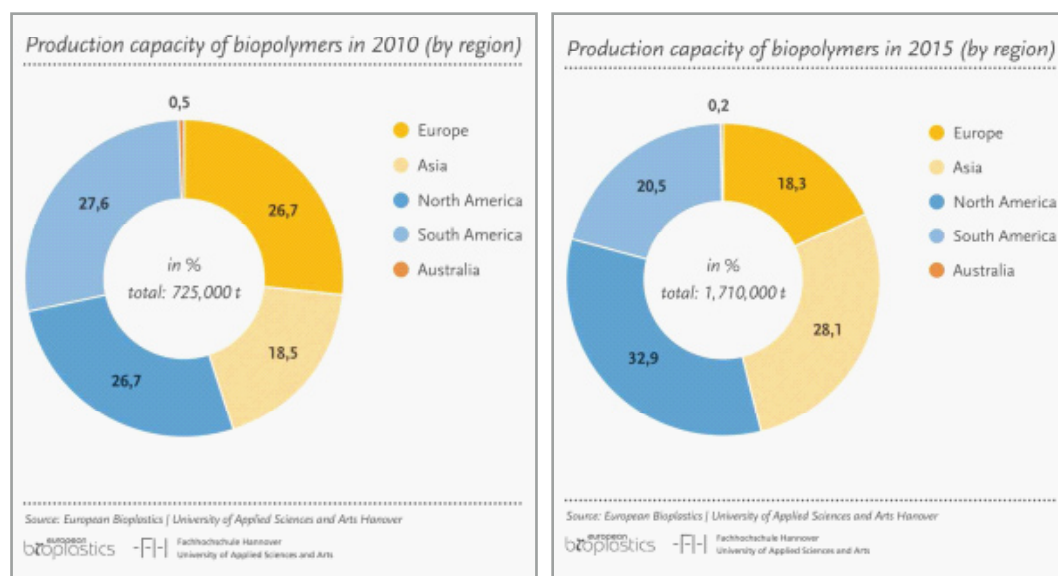


Fig. 6 - 7: Production capacity of biopolymers in 2010 – 2015 by region (differences).

Il mercato dei biopolimeri è in crescita, infatti le capacità produttive, a livello globale, sono passate dalle 500 - 600 kton/anno alle 950 kton/anno nel 2011 fino ad arrivare a poco più di 1.400 kton/anno nel 2012/2013.

Secondo le statistiche di European Bioplastics¹³ si può notare che l'attenzione dei mercati dei biopolimeri si sta spostando dalla biodegradabilità verso un maggiore impiego di materie prime rinnovabili (ovvero verso le plastiche di origine biologica). Gli argomenti a favore della sostenibilità, cioè la necessità di tutelare il clima e la riduzione delle riserve di combustibili fossili, premono per la sostituzione delle plastiche basate sui combustibili fossili con polimeri basati su materie prime rinnovabili, che troveranno presto **applicazioni più durevoli sul mercato**, con un' enfasi sul riutilizzo e sulla riciclabilità.

Ci si può attendere che i materiali biodegradabili si diffonderanno e miglioreranno il proprio rendimento in aree in cui la biodegradabilità offre un vantaggio tangibile e significativo (ad esempio, i bioteli per pacciamatura). L'obiettivo dell'applicazione è realizzare prodotti adeguati alle specifiche esigenze dell'acquirente. Ad esempio: miscele di bioplastiche, plastiche

13 European Bioplastics, fondata in Germania nel 1993 come IBAW, oggi rappresenta gli interessi di oltre 75 aziende associate in tutta l'Unione europea. Ne fanno parte società produttrici di materie prime agricole, aziende chimiche e plastiche così come utenti industriali e aziende di riciclaggio. Essa serve come piattaforma di contatto per promuovere gli obiettivi della crescente richiesta di bioplastiche. (en.european-bioplastics.org)

tradizionali e vari materiali filler per applicazioni resistenti al calore nel settore dell'automotive.

Oggi la tendenza è quindi di cercare di sintetizzare polimeri tradizionali come il PE (Polietilene), il PUR (Poliuretano), le PA (Poliammidi), o il PMMA (Polimetilmetacrilato) sviluppando monomeri da fonte rinnovabile.

L'Università di Utrecht nel 2009 ha effettuato uno studio per l'European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE) e l' European Bioplastics Association (PRO-BIP 2009) dove ha analizzato lo sviluppo del mercato dei biopolimeri considerando tre possibili scenari di mercato:

- Business-as-usual
- Alta crescita
- Bassa crescita

Nel 2020, nello scenario in cui il trend prosegue senza azioni di cambiamento la capacità produttiva dovrebbe attestarsi attorno a 3.000 Kton/anno; in presenza di un'elevata crescita il mercato si aggirerebbe attorno a 4.400 Kton/anno, mentre nel caso di una bassa crescita il mercato si attesterebbe su 1.500 Kton/anno¹⁴.

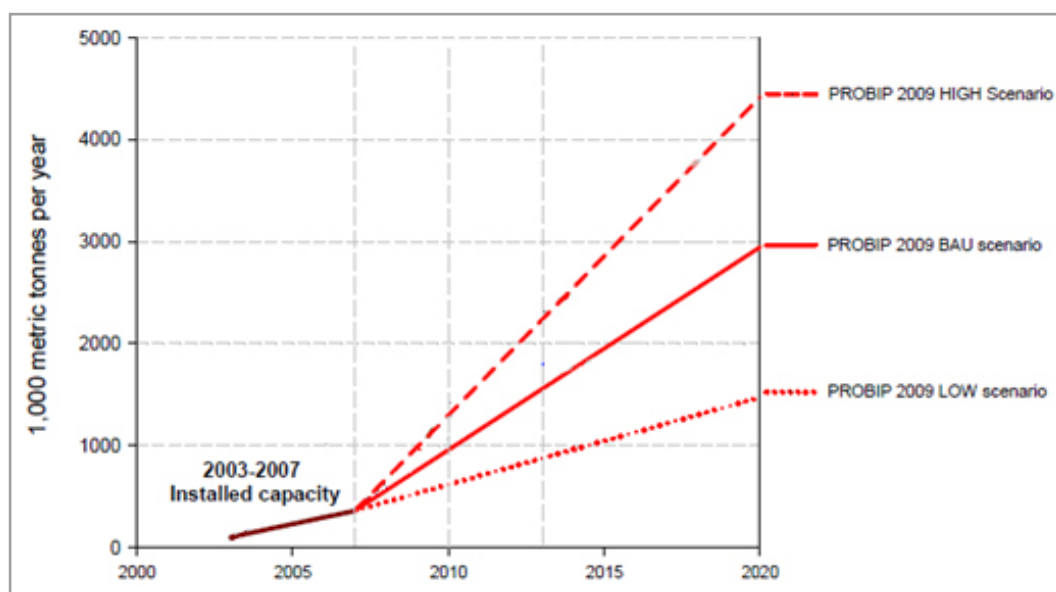


Fig. 8: projection of worldwide production capacity of bio-based plastics until 2020

¹⁴ Plastica Verde nasce da un progetto della casa editrice milanese Cronoart, in collaborazione con IPPR e Consorzio Proplast all'interno del progetto dell'Ecodesign Center di Rivalta Scrivia, nell'ambito del programma europeo Interplast 2. (www.plasticaverde.eu)

Sempre in questo studio è emerso che tecnicamente i biopolimeri potrebbero sostituire ben l'84% delle materie plastiche da fonte petrolifera. Riportiamo di seguito una tabella delle possibili sostituzioni dei materiali tradizionali con materiali bio per alcune applicazioni:

	LDPE	HDPE	PP	PVC	PS	PET	PUR	PA	ABS/SAN	PC	PMMA	PBT
Polimeri da Amido	8	8	8		8		8				4	
PLA		10	10		10	20		10			5	
PHA	20	20	10	10	20	10	10		10		5	
Cellulose films			10	10	10	15						
Bio-based PE	72	62										
Bio-based PP			57									
Bio-based PVC				80								
Bio-based PET						35						
Bio-based PTT			5			20		30		20	5	100
PUR da fonte bio							80					
PA da fonte bio								30				
Bio-based ABS									90			
Totale	100	100	100	100	48	100	98	70	100	20	19	100

Tutti i valori sono in %

Fig. 9: Source: M.K. Patel et al PRO-BIP 2009

La promozione dei biomateriali potrebbe avvenire attraverso un supporto politico/legislativo come ad esempio una tassazione maggiore per i prodotti ad alto impatto ambientale o una tassazione ridotta per i materiali con un impatto ambientale più favorevole. Ad oggi alcuni paesi hanno già emesso alcune leggi che riguardano principalmente gli imballaggi. Molti paesi sia europei (Francia, Italia, Irlanda, Germania, Belgio, Lussemburgo) che extraeuropei (USA, Cina, ecc.) stanno seguendo questa linea. Significativa è la legge varata dal Giappone la "Biomass Nippon Strategy" che ha l'obiettivo di sostituire entro il 2020 il 20% delle materie plastiche tradizionali con i polimeri da risorse rinnovabili. Grazie a questo regolamento la maggior parte delle aziende giapponesi stanno investendo in attività di ricerca con sui materiali biodegradabili per poter sostituire i materiali da origine petrolchimica usati fino ad oggi. Particolarmente attive sono l'industria dei trasporti e quella elettrica/elettronica. Entrambi i settori richiedono materiali con caratteristiche elevate. In Europa l'European Commission Lead Market Initiative ha creato l'Ad-hoc Advisory Group for Bio-based products per lo sviluppo dei materiali bio-based compresi i biopolimeri. Lo scopo di questo gruppo è suggerire iniziative per promuovere l'introduzione sul mercato (ad esempio tramite leggi specifiche, il Green Public Procurement – GPP,

definizione certificazioni, etichette e standard, finanziamenti, ricerca) dei materiali bio-based. Negli USA esiste la Green Federal Procurement: il governo federale ha annunciato una direttiva politica importante che designa i prodotti ottenuti da materie plastiche bio-based come elemento di acquisto preferito. Una via per migliorare le caratteristiche è quella di sviluppare biocompositi (o biopolimeri rinforzati) impiegando fibre di origine naturale (wood fibers, kenaf, sisal, canapa, ecc...); un'altra via è quella di utilizzare additivi di origine naturale, in entrambi i casi si mantiene la biodegradabilità /compostabilità (necessaria per il settore packaging ad esempio).

1.5. Eco-Design

L'incontro tra la progettazione e l'ambiente è stato spesso definito con il termine ecodesign. Cosa si è inteso con il termine ecodesign? Questa parola è dotata di una buona capacità autoesplicativa, poiché il suo più generale significato emerge in modo molto immediato dai due termini che la compongono: ecodesign è una progettazione (design) orientata da criteri ecologici. L'ecodesign o eco-progettazione è la considerazione dei fattori ambientali nella progettazione e nello sviluppo di prodotti e/o servizi.

“L'ambiente concorre alla definizione del design, divenendone un fattore di indirizzo nello sviluppo del prodotto. In questo processo, l'ambiente assume il medesimo status dei più tradizionali valori industriali, quali il profitto, la funzionalità, l'estetica, l'ergonomia, l'immagine e la qualità generale.”¹⁵

L'idea di base dell'Ecodesign¹⁶ è la riduzione degli impatti ambientali dell'intero ciclo di vita del prodotto grazie al miglioramento delle attività di progettazione al fine di:

- Proteggere l'ambiente;
- Ottenere benefici economici;
- Adempiere agli obblighi normativi;

Attraverso l'Ecodesign è possibile ottenere risparmi sui costi grazie a processi di produzione ottimizzati, prodotti con meno materiali, meno trasporti, meno sostanze tossiche potenziali, imballaggi con pesi e volumi ridotti, logistica ottimizzata, meno sostanze dannose per l'ambiente, risparmi sullo smaltimento, minor tempo di smontaggio, minor costo di assemblaggio ed uso di materiale riciclato. Una sorta di guida per la progettazione eco-sostenibile è la filosofia delle 6R (rif. UNEP Guide to LCM).

¹⁵ Rathenau Institute, 1997

¹⁶ Introduzione all'eco-design di Francesca Cappellaro di ENEA, agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

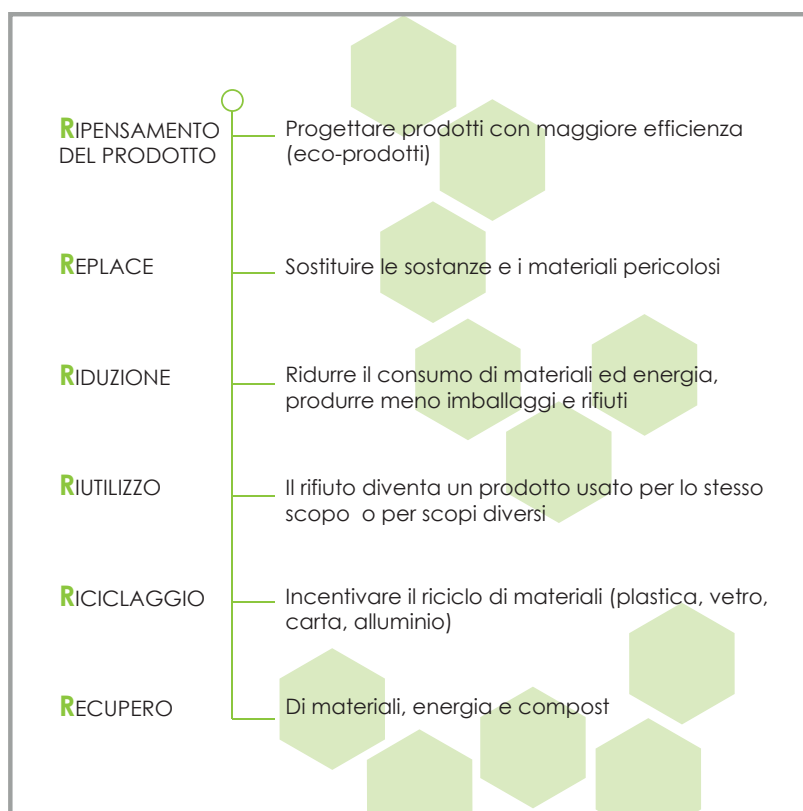


Fig. 10: La filosofia delle 6 "R"

1) Materiali a basso impatto ambientale

- Impiegare materiali e/o sostanze non tossiche (Es. evitare l'uso di metalli pesanti come il piombo, il mercurio, il cadmio, estremamente dannosi per l'uomo e per gli ecosistemi).
- Minimizzare l'uso di materie prime ad alta intensità energetica. Ridurre l'uso, per quanto possibile, di quei materiali che richiedono consistenti quantitativi di energia per l'estrazione e la lavorazione (es. per produrre 1 ton di alluminio servono 15.000 kWh di energia elettrica).
- Minimizzare l'uso di materie prime non rinnovabili
 - risorse naturali non rinnovabili, (i minerali metallici e non metallici, i combustibili fossili, ecc.) si esauriscono con l'uso e comunque si consumano in tempi più brevi di quelli necessari per la loro formazione (questo vale anche per le risorse rinnovabili).
 - non sempre la scelta di materie prime rinnovabili è preferibile da un punto di vista ambientale a quella di risorse non rinnovabili. La scelta va sempre valutata in un'ottica estesa all'intero ciclo di vita (es. un prodotto in plastica potrebbe essere più durevole di un prodotto di carta e pertanto potrebbe

consentire un maggior numero di utilizzi)

- Aumentare l'impiego di materiali riciclati così si ha minor sfruttamento delle materie prime vergini (in certi casi i processi di riciclaggio potrebbero essere più inquinanti dei tradizionali processi di produzione).
- Aumentare la riciclabilità del prodotto e delle sue componenti. Si ottiene recupero di materia ed energia dallo stesso. Per riciclare un prodotto occorre la fattibilità tecnica, la convenienza economica, l'esistenza di un mercato delle materie seconde (derivanti dal riciclaggio).

2) riduzione dell'uso di materiali

- Riduzione del peso dei prodotti
- Riduzione del volume dei prodotti

Es. nella realizzazione di una vettura fare una scelta mirata dei materiali, per ridurre il numero dei pezzi e dei giunti in sovrapposizione, con conseguente riduzione notevole del peso dell'autoveicolo.

3) ottimizzazione della produzione

- Riduzione del numero delle fasi di produzione aiuta a diminuire il consumo di energia e materiali. (es. riducendo il numero di materiali o componenti differenti inclusi nella produzione o evitando l'uso di materiali che richiedono trattamenti superficiali).
- Riduzione dei rifiuti di produzione
 - Scegliere materiali e processi in modo tale che i rifiuti di produzione possano essere reintegrati nella catena di produzione (ad esempio prodotti difettati, test di produzione, sfridi)
- Optare per processi di produzione puliti, per esempio:
 - uso efficiente di acqua ed energia
 - basso consumo di energia
 - ridotta produzione di rifiuti
 - uso di energia rinnovabile
 - riciclaggio diretto dei rifiuti prodotti
 - evitare di cambiare le proprietà qualitative dei materiali in modo tale che diventino difficilmente riciclabile

4) ottimizzazione della distribuzione

La fase distribuzione dei prodotti comprende:

■ IMBALLAGGIO

- evitare l'uso di imballaggi tutte le volte che è possibile
- progettare imballaggi riutilizzabili
- prodotti facilmente trasportabili
- ridurre il quantitativo di materiale usato
- prevedere nuove funzioni per l'imballaggio

■ TRASPORTI

- massimizzare il quantitativo di prodotto trasportato per unità di volume

Per esempio si può trasportare il prodotto prima che venga assemblato o stoccato per ridurre lo spazio occupato.

- ridurre il peso del prodotto e dell'imballaggio

La riduzione è utile per ridurre il consumo energetico (specialmente combustibili fossili) durante il trasporto.

5) riduzione impatti durante l'uso

- ridurre il consumo di energia per unità di prodotto o servizio
- inserire l'uso di energia rinnovabile
- ridurre l'uso di acqua per unità di prodotto
- riduzione dell'uso e della tossicità dei prodotti di consumo

6) ottimizzazione della vita economica

VITA ECONOMICA = Tempo che va dal momento in cui il prodotto viene acquistato al momento in cui esce dal sistema economico (non è più in grado di soddisfare i bisogni di alcun consumatore)

- aumento della durata e dell'affidabilità del bene = prodotto di qualità

- permettere e promuovere il riuso del prodotto
- cercare di eliminare i punti deboli del prodotto
- buona resistenza dei materiali all'uso continuo

- facilità di manutenzione e riparazione

- prodotti facilmente smontabili
- fornire al consumatore i pezzi di ricambio

- facilità di upgrading tecnico dei prodotti

- sostituzione delle componenti obsolete (progettazione modulare)

7) ottimizzazione del fine vita

- usare materiali riciclabili o biodegradabili
- riduzione della quantità e della diversità dei materiali
- aumentare la riciclabilità del prodotto e delle sue componenti
- rendere più facile il disassemblaggio del bene

8) sviluppo di un nuovo concetto di prodotto

Ripensare il nostro prodotto in modo che sia maggiormente compatibile con l'ambiente.

- smaterializzazione
- uso condiviso di beni
- prodotti multifunzione

PARTE

Analisi nuovi materiali





02 ANALISI NUOVI MATERIALI

2.1. Definizione

Nonostante il crescente interesse del mercato per i biopolimeri, esiste ancora una certa confusione per quanto riguarda la definizione di "biopolimero". E' perciò opportuno dare alcune definizioni.

Secondo l'"European Bioplastics Association"¹⁷ il termine biopolimero comprende:

- **Materie plastiche basate su fonti rinnovabili.**

Il focus è nell'origine della materia prima di partenza e le materie plastiche così ottenute possono essere più o meno biodegradabili.

- **Materie plastiche compostabili secondo normative EN 13432 (allegato 2) o ASTM D 6400.**

Il focus è la compostabilità del prodotto finale, quale che sia la loro origine (da fonti rinnovabili, dette plastiche "bio-based", o da fonti non rinnovabili, fossili, come il petrolio).

All'interno della classe generale dei biopolimeri è possibile identificare due specificità:

- **Polimeri bioassorbibili:** polimeri che possono essere assorbiti da un sistema biologico senza alcun effetto secondario. Sono utilizzati per uso medicale.

- **Biocompositi basati su:**

- fibre naturali
- nano compositi

¹⁷ European Bioplastics, fondata in Germania nel 1993 come IBAW, oggi rappresenta gli interessi di oltre 75 aziende associate in tutta l'Unione europea. Ne fanno parte società produttrici di materie prime agricole, aziende chimiche e plastiche così come utenti industriali e aziende di riciclaggio. Essa serve come piattaforma di contatto per promuovere gli obiettivi della crescente richiesta di bioplastiche. (en.european-bioplastics.org)

Tutt'altra questione riguarda i polimeri oxo-degradabili. Attualmente c'è una spinta per lo sviluppo e l'utilizzo di additivi che possano rendere i polimeri fossili oxodegradabili o UV-degradabili. I tempi necessari per la biodegradazione di questi materiali, tuttavia, non sono attualmente compatibili con i tempi previsti dalle norme vigenti (per l'imballaggio EN 13432). Essi, quindi, non possono essere definiti biopolimeri e proprio per questo motivo non li tratterò in questa ricerca.

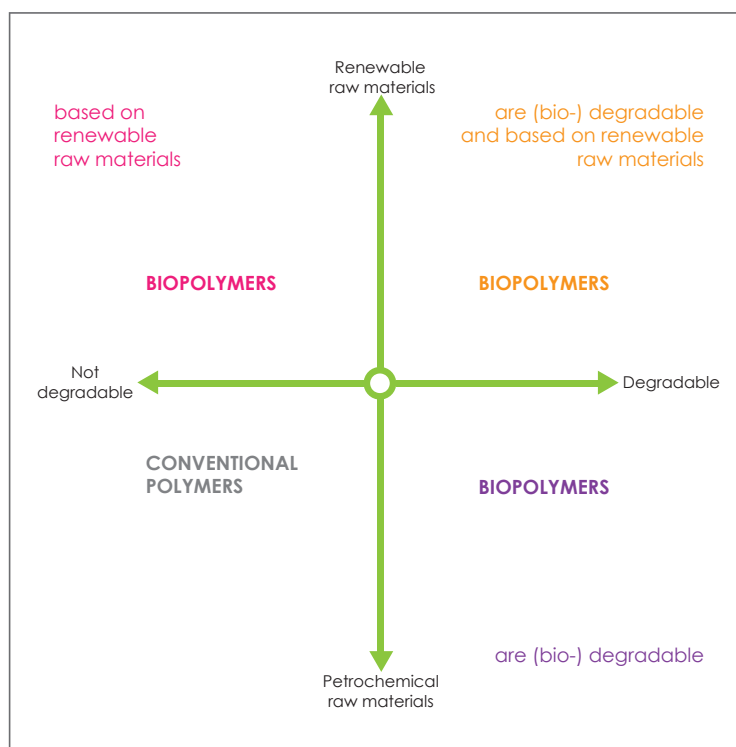


Fig. 11: classificazione biopolimeri

I polimeri provenienti da fonti rinnovabili si suddividono in:

- utilizzo di **polimeri naturali** che possono essere modificati, ma rimangono sostanzialmente immutati (come quelli derivanti dall'amido). Polimeri estratti direttamente da biomassa.
- produzione di biomonomeri per **fermentazione** e successiva polimerizzazione (ad esempio il PLA: è un poliestere termoplastico ottenuto polimerizzando acido lattico. L'acido lattico viene prodotto via fermentazione e distillazione partendo da amido, principalmente di mais.). Si tratta di polimeri prodotti con una classica sintesi chimica usando

monomeri da fonti rinnovabili.

- produzione di biopolimeri direttamente da **microrganismi o da batteri** e prodotti agricoli geneticamente modificati (ad esempio PHA o PHB: poliesteri prodotti naturalmente dalla fermentazione batterica di zuccheri). Polimeri prodotti per fermentazione batterica.
- produzione di polimeri da bio-monomeri e **monomeri fossili**.

Sia i polimeri biodegradabili che quelli provenienti da risorse naturali presentano elevati vantaggi ambientali: i primi consentono lo smaltimento dei manufatti, in particolare negli impianti di compostaggio, senza lasciare residui e frammenti. I secondi sono a "zero Carbon foot print". Tutta la CO₂ rilasciata al termine del ciclo di vita viene "catturata" dalle nuove culture nella stagione successiva.

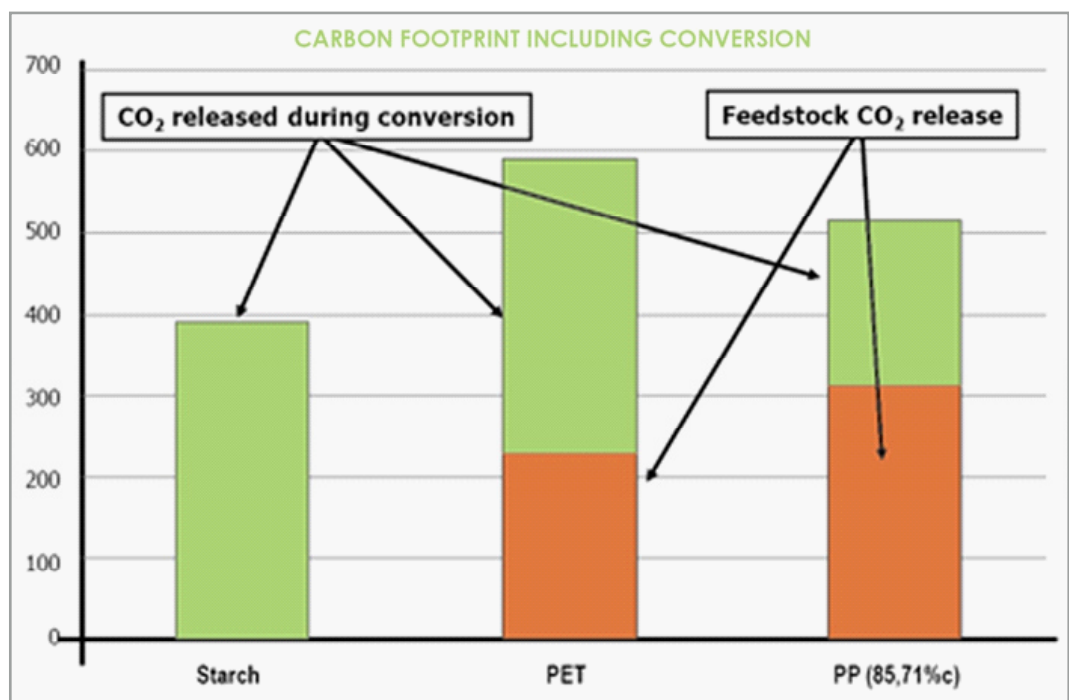


Fig. 12: Carbon foot print: kg CO₂ per 100 kg di plastic (R.Narayan 1°PLA World Congress)

E' importante, tuttavia, ricordare che la biodegradabilità non può essere considerata una soluzione generalizzata ai problemi dei rifiuti e delle discariche poiché la degradazione biologica senza le richieste condizioni ambientali (presenza di microorganismi, temperatura, umidità) è molto lenta e può richiedere periodi molto lunghi. Per molte applicazioni può essere più conveniente adottare le classiche tecniche di riciclo (meccanico, chimico o recupero energetico).

2.2. Normative

Concetti di biodegradabilità e compostabilità

A questo punto è utile dare ancora qualche definizione per rendere il tema ancora più chiaro.

■ “Biodegradabile”

Secondo normativa ISO “Polimero progettato per andare incontro a cambiamenti di struttura chimica, ad opera di organismi viventi come batteri, funghi, alghe, che hanno come risultato la perdita di alcune proprietà”.

■ “Compostabile”

Secondo il CEN (Committee of Standardization) “Il compostaggio è definito come riciclaggio organico; deve avvenire in determinate condizioni e non in discarica”. Per definire un imballaggio compostabile è necessario dimostrare che questo è biodegradabile e disintegrabile in un sistema di compostaggio (vedi anche *allegato 3*: marchio compostabile CIC).

Inoltre il CEN definisce gli standard qualitativi del compost, come ad esempio la massima percentuale di metalli pesanti, nessuna ecotossicità, nessun residuo ancora distinguibile.

Lo standard **UNI EN 13432** definisce il significato di compostabilità: “Un materiale plastico è compostabile se è costituito da componenti qualificati individualmente come compostabili”.

Siccome questi materiali sono principalmente utilizzati nel settore degli imballaggi lo standard UNI EN 13432 “Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione – Schema di prova e criteri di valutazione per l'accettazione finale degli imballaggi” stabilisce le caratteristiche che un materiale compostabile deve avere:

■ **Biodegradabilità** (UNI EN 14046 o anche come ISO 14855).

Perché un materiale possa essere definito come biodegradabile è necessario che si degradi minimo per il 90% in meno di 6 mesi.

■ **Disintegrabilità** (UNI EN 14045 la frammentazione e perdita di visibilità nel compost finale).

Campioni del materiale di prova sono compostati insieme con rifiuti organici per tre mesi. La massa dei residui del materiale di prova con dimensioni > 2mm deve essere inferiore al 10% della massa iniziale.

■ **Assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio.** Requisito verificato con una prova di compostaggio su scala reale o pilota.

■ **Bassi livelli di contaminazione:** livello in metalli pesanti (al di sotto di valori massimi predefiniti) e assenza di effetti negativi sulla qualità del compost (esempio: riduzione del valore agronomico e presenza di effetti eco tossicologici sulla crescita delle piante). Una prova di crescita di piante (test OECD 208 modificato) è eseguita su campioni di compost dove è avvenuta la degradazione del materiale di prova. Non si deve evidenziare nessuna differenza con un compost di controllo.

■ **Altri parametri** chimico-fisici possono essere valutati, che non devono differire dal compost di controllo dopo la biodegradazione sono: pH; contenuto salino; solidi volatili; N; P; Mg; K. Ciascuno di questi punti è necessario per la definizione della compostabilità, ma preso singolarmente non è sufficiente. Ad esempio, un materiale biodegradabile non è necessariamente compostabile perché deve anche disintegrarsi durante un ciclo di compostaggio. D'altra parte, un materiale che si frantuma durante un ciclo di compostaggio in pezzi microscopici che non sono però poi totalmente biodegradabili non è compostabile.

Esistono inoltre vari enti che certificano se un materiale è biodegradabile/compostabile, e ciascuno rilascia un proprio logo¹⁸:

¹⁸ Massimo Centemero. (www.compost.it - www.compostabile.com)

Associazione	European Bioplastics	BPI	Vinçotte, Belgium	FSWA	NRF	JBPA	BMG
Paesi	Germania, Svizzera, Netherlands...	USA, Canada	Belgio, Francia	Finlandia	Norvegia	Giappone	CINA
Logo							
Norma & Standard	EN 13432, ASTM D 6400, ISO 17088	ASTM D 6400, ASTM D 6868	EN 13432	EN 13432	EN 13432	Standard giapponesi e ISO 14851, 14852, 14855	Vari

Fig. 13: schema dei logo, a livello internazionale, che certificano se un materiale è biodegradabile/compostabile

Negli USA vengono utilizzati come metodi di riferimento a questa questione gli ASTM D5338, D6400, D6868, D5526 in Europa UNI 13432, UNI 14855, UNI 14995, UNI 11183 ma in buona sostanza i giudizi finali sono molto simili: sia in USA che in Europa si considera in genere accettabile solo una **biodegradabilità misurabile > del 90 % ottenuta in un tempo inferiore a sei mesi.**

Sono stati elencati diversi metodi per la valutazione della biodegradabilità di sostanze/prodotti con diverse finalità e applicazioni. Più precisamente abbiamo :

- la ISO 14855 è Il metodo per la determinazione della biodegradabilità dei materiali plastici sotto condizioni controllate di compostaggio
- l'ASTM D 5338 è il Metodo di prova standard per la determinazione della biodegradabilità aerobica dei materiali plastici sotto condizioni controllate di compostaggio
- l'UNI 13432 requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione
- l'UNI 11183 requisiti per la biodegradabilità delle materie plastiche a temperatura ambiente
- l'UNI 14995 requisiti per la compostabilità delle materie plastiche
- l'ISO 14851/14853 sono Metodi per valutare la biodegradabilità di materiali polimerici in ambiente anaerobico
- l'ISO 17556 è il Metodo per determinare la biodegradabilità finale nel suolo

Problematiche legate al recupero:

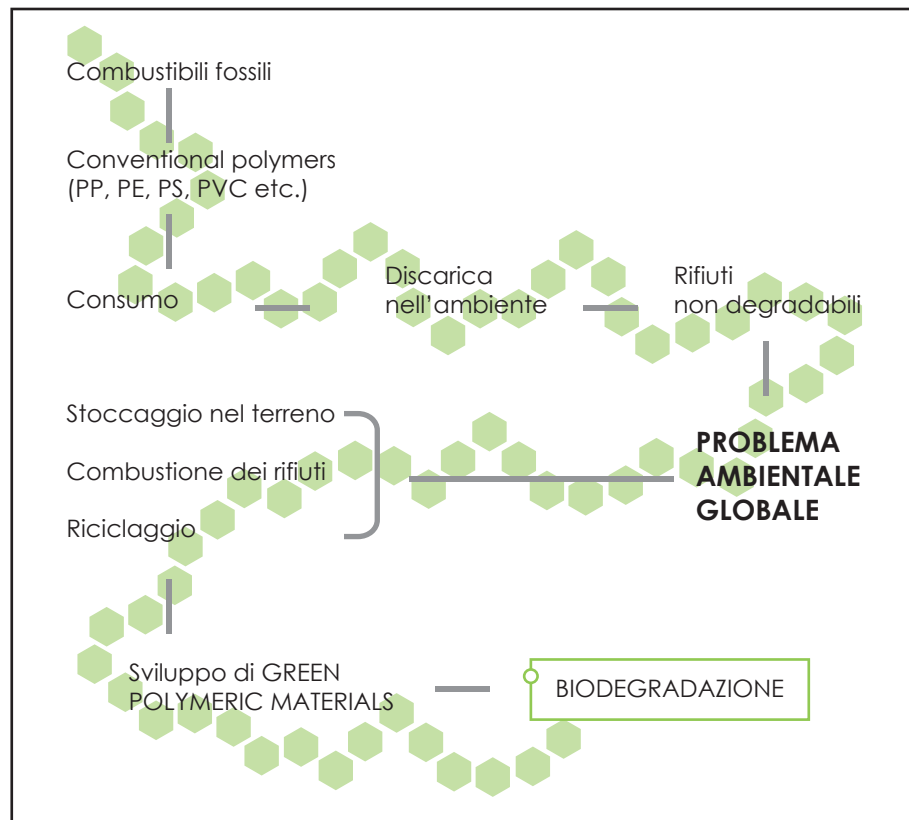


Fig.14: schema riassuntivo

La velocità ed il livello di biodegradazione dipende fortemente dall'ambiente in cui il materiale viene deposto:

- Contenuto di umidità (da acqua ad alto contenuto di solidi)
- Presenza ossigeno (ambiente aerobico o anaerobico)
- Temperatura (alta nel compost, bassa nel terreno o in acqua)
- Concentrazione di microorganismi (alta in impianti di trattamento reflui, bassa in mare)
- Concentrazione di Sali

Sono state redatte norme, fissate dai più importanti Enti Internazionali, per le diverse applicazioni e sistemi di fine vita che prevedono tutti questi casi.

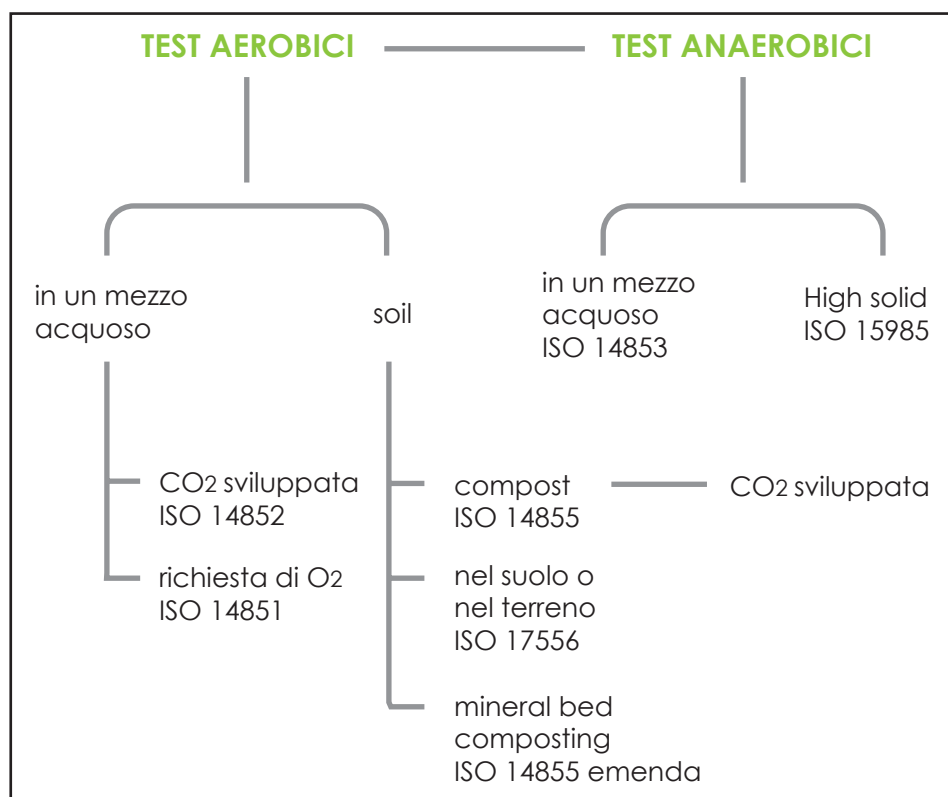


Fig. 15 : norme per la biodegradazione

E' importante notare che le norme si possono suddividere tra:

- norme per la determinazione dei requisiti che debbono avere i materiali ed i metodi di prova che debbono essere utilizzati per poter dichiarare un prodotto biodegradabile/compostabile;
- norme che descrivono i metodi di prova stessi (ad esempio biodegradazione in diverse condizioni ambientali, disintegrazione, ecc.);

I requisiti posti dalle norme dei diversi paesi sono diversi tra loro (DIN, ISO, EN, ASTM, JIS). E' necessario porre attenzione se si vuole vendere prodotti/manufatti biodegradabili in diversi paesi. La tendenza alla globalizzazione sta spingendo verso l'accettazione delle norme ISO.

Per valutare la compostabilità di un materiale è necessario controllare i seguenti parametri:

- Caratteristiche del materiale
- Biodegradabilità
- Disintegrabilità fisica
- Qualità del compost (effetti di ecotossicità)
- Assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio, verificata con una prova di ecotossicità sul compostaggio in scala pilota.

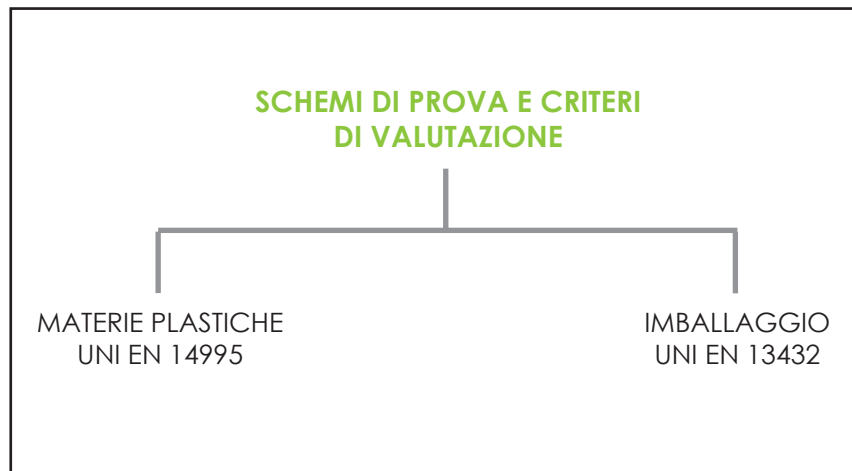


Fig. 16: sintesi normative

2.3. Classificazione

Come delineato nelle pagine precedenti e come mostra il catalogo allegato a questa tesi di laurea, i biopolimeri possono essere suddivisi nelle seguenti 3 categorie:

- materie plastiche derivate, interamente o parzialmente, da fonti rinnovabili, e che sono compostabili o biodegradabili
- materie plastiche derivate, interamente o parzialmente, da fonti rinnovabili, ma durevoli
- materie plastiche derivate da fonti fossili ma compostabili

Abbiamo spiegato il significato di biodegradabilità e compostabilità, ora l'obiettivo di questo paragrafo è chiarire e specificare quali sono le classi di polimeri da fonte rinnovabile. Esse si suddividono in¹⁹:

- Polimeri da amido (Starch)
- Acido Polilattico (PLA)
- Poli-idrossialcanoati (PHA)
- Polimeri cellulosici

¹⁹ Per sviluppare questa parte strettamente legata al mondo della chimica mi hanno supportato nella ricerca Micol Costi e i colleghi di Material ConneXion Italia, Davide Pollon di Proplast (Plastic Innovation Pole) dandomi anche la possibilità di partecipare alla Bioplastic Conference di Torino tenutasi il 21 settembre 2011, in collaborazione con: il Polo Regionale di Innovazione Agroalimentare, il Polo Regionale di Innovazione per la Chimica Sostenibile, Plastica Verde, Polimerica, la Camera di Commercio di Torino ed European Bioplastics.

2.3.1. Polimeri da Amido (Starch)

L'amido è il principale immagazzinatore di carboidrati (polisaccaride) ed è disponibile in abbondanza. Si compone di una miscela di due polimeri, un polisaccaride lineare – l'amilosio (figura sotto) e un polisaccaride altamente ramificato - amilopectina (figura sotto). Il blocco di costruzione per entrambi i costituenti dei polimeri da amido è il monomero di glucosio. Una catena di amido è composta tipicamente fra le 500 e le 2000 unità di glucosio collegate nelle posizioni 1-4 del carbonio. Il livello di amilopectina (in genere il 70%) varia fra i tipi differenti di amido, come conseguenza varia il livello di amilosio.

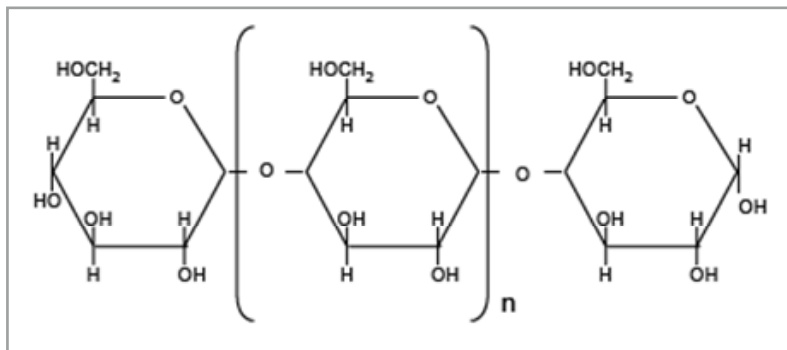


Fig. 17: Molecola di amilosio

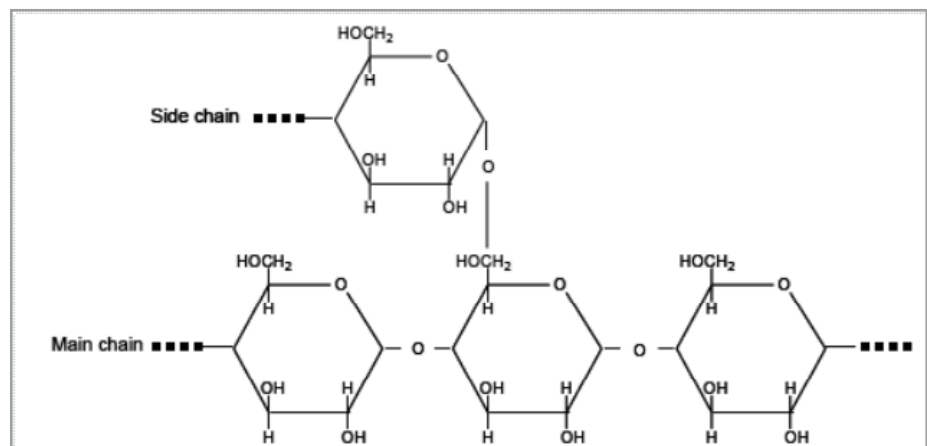


Fig.18: Molecola di amilopectina

I polimeri da amido sono i biopolimeri più diffusi oggi presenti sul mercato, anche per il loro costo relativamente basso. Si tratta di polimeri ottenuti dall'amido naturale per trattamenti chimici, termici e meccanici. L'amido attualmente viene ricavato dal mais, dal frumento, dalla patata, dalla tapioca e dal riso; ad oggi le materie prime più utilizzate sono il mais e il frumento.

2.3.1.1. Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche meccaniche dei polimeri da amido sono, in generale, inferiori rispetto a quelle dei polimeri da fonte petrolchimica. La gamma di questi prodotti varia da materiali flessibili e tenaci a materiali rigidi e non presentano significativi segni di invecchiamento dopo un anno di stoccaggio. I polimeri da amido sono abbastanza facili da processare, ma sono sensibili a degradazione termica e tendono ad assorbire umidità.

La densità dei polimeri da amido è più alta rispetto a quella della maggior parte dei polimeri convenzionali ed è anche più alta di quella della maggior parte degli altri biopolimeri. Ciò riduce la competitività economica dei polimeri da amido sulla base dei volumi.

La biodegradabilità dell'amido risiede principalmente nell'atomo di ossigeno che connette strutture ad anello successive, l'amido interagisce fortemente con l'acqua e degrada per idrolisi.

L'amido è un materiale termoplastico, può essere rammollito se riscaldato, stampato e estruso, può quindi essere lavorato con le tecniche classiche dell'industria della plastica. Uno svantaggio importante consiste nel fatto che le sue proprietà fisiche, fortemente dipendenti dall'umidità, non lo rendono adatto a molte applicazioni. Il metodo utilizzato per sviluppare applicazioni pratiche per polimeri basati sull'amido, è quello di combinarlo con un altro polimero compatibile e biodegradabile (di origine petrolchimica o naturale) per migliorarne le proprietà. Un esempio è il Mater-Bi che è un ibrido, nel senso che è formato sia da un componente rinnovabile e naturale (amido)

e uno non rinnovabile e sintetico basato sul petrolio (PCL).

I film da termoplastici da amido e le miscele hanno una buona trasparenza. I polimeri da amido hanno bassa resistenza ai solventi ed agli oli; questa caratteristica può essere considerevolmente migliorata attraverso la miscelazione con altri biopolimeri. La possibilità di impiego di questi polimeri è limitata dalla loro sensibilità all'umidità ed al contatto con l'acqua e dall'elevata permeabilità al vapor d'acqua (secondo Novamont da 250 a 1400 g 30m μ /m²/24hr). Le altre proprietà barriera (ossigeno ed anidride carbonica) sono da moderate a buone.

	Materiale da estrusione	Materiale da iniezione
Proprietà Meccaniche		
Resistenza a trazione (MPa)	20 - 35	15 - 35
Allungamento a trazione (%)	500 - 600	50 - 150
Modulo E (MPa)	800 - 1000	2000
Proprietà Termiche		
Punto di fusione (°C)	100 - 110	100 - 110
Temperatura di rammollimento Vicat (°C)	55 - 65	50 - 55
Proprietà fisico - chimiche		
Densità	1,2 - 1,3	1,2 - 1,3

Fig. 19: Tabella. Esempio caratteristiche polimero da amido per estrusione e stampaggio.

2.3.1.2. Applicazioni

La principale applicazione dei polimeri da amido non modificati è nell'uso di schiume: viene usato in alternativa al polistirene (PS) espanso (densità pari a 4-4,8 Kg/m³) per la produzione di contenitori per l'imballaggio. Rispetto al PS espanso, ad esempio, il Mater-Bi (tipo espanso) ha una densità di 5-13 kg/m³. Questo tipo di Mater-Bi ha un contenuto di amido superiore all'85%. Viene addizionato con uno o più polimeri termoplastici per dare alla massa fusa una maggior melt strength. La formulazione comprende anche nucleanti, lubrificanti, plastificanti, ritardanti di fiamma. Per produrre la schiuma tutti i componenti vengono miscelati in un estrusore in presenza di acqua (contenuto acqua nei granuli da 5 a 20%); i granuli vengono

quindi estrusi con formazione di schiuma. L'imballaggio è l'applicazione dominante, rappresenta circa il 70% del totale. I blend con i polimeri da amido sono usati per le borse della spesa (shoppers), film per imballaggio, ecc... Altre applicazioni sono: corde/cordini, cannucce, stoviglie, nastri, vassoi, film per pacciamatura, rinforzo nei pneumatici.

2.3.1.3. Produttori

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale del prodotto) di polimeri da amido sono: Novamont (Mater-Bi), Biotec (Bioplast), Rodenburg (Solanyl), BIOP (Biopar), Ventura (Floralat), MGP Ingredient (Polytriticum), Supol (Supol), Végéplast (Végémat), Japan Corn Starch (Cornpol), GreenPol (Greenpol), Groengranulate (Ecoplast), IGV (Getrex TP), Plantic (Plantic). E' complicato fare un confronto tra i vari tipi di polimeri da amido in quanto si tratta di materiali ottenuti per miscelazione di amidi diversamente trattati oppure miscelati con altri polimeri in proporzioni diverse (PLA, Acetato di cellulosa, poliesteri, ecc...). E' molto difficile fare un confronto tra i vari materiali in quanto ognuno li caratterizza usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard); si può comunque dire che i vari prodotti da amido presenti sul mercato hanno una densità che va da 1,2 a 1,5 g/cm³, in generale un modulo elastico da circa 1000 a 3500 MPa (esistono anche materiali con 120/160 MPa di modulo), un punto di fusione intorno ai 100°C (alcuni anche intorno i 65°C altri circa 150°C).

2.3.2. PLA (Acido Poli-lattico)

Il PLA è stato il secondo biopolimero (2002) commercializzato e venduto su larga scala.

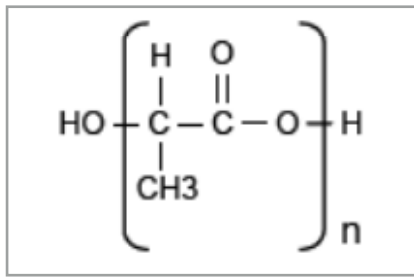


Fig. 20: Molecola PLA

Questo materiale ha eccellenti proprietà fisiche e meccaniche, che lo rendono il miglior candidato per la sostituzione di polimeri termoplastici da fonte petrolchimica (per alcune applicazioni). Il prezzo elevato ha lungamente limitato l'uso di questo materiale ad applicazioni di nicchia o medicali, mentre le innovazioni recenti nella tecnologia di fermentazione dell'acido lattico hanno aperto le possibilità per la produzione del PLA a grossi volumi. Importante notare che questo materiale non è biodegradabile come gli altri biopolimeri, ma è necessario che la biodegradazione venga innescata attraverso il fenomeno dell'idrolisi. Il peso molecolare, la struttura macromolecolare ed il grado di cristallizzazione del PLA variano sostanzialmente secondo i termini di reazione nel processo di polimerizzazione.

Delle tre forme isomeriche possibili, il poli(acido L-lattico) e il poli (acido D-lattico) sono entrambi semi-cristallini in natura, invece il poli (acido D,L-lattico) è amorfo.

I gradi amorfi del PLA sono trasparenti. Il peso molecolare del PLA varia da 100.000 - 300.000; questa gamma è simile a quella del polietilentereftalato - PET (170.000 - 350.000). Con l'aumento del peso molecolare del PLA

(vale per i polimeri in generale), si ha un aumento della resistenza dovuta alla diminuzione del movimento relativo delle catene che diventano più lunghe. In più, aumenta la resistenza ai solventi, il punto della fusione (T_m) e la temperatura di transizione vetrosa (T_g). La viscosità del fuso aumenta, di conseguenza diminuisce la facilità di lavorazione (stampaggio, estrusione, ecc...).

La densità del PLA ($1,25 \text{ g/cm}^3$) è più bassa di quella del PET ($1,34 \text{ g/cm}^3$), ma superiore a quella del polistirene ad alto urto - HIPS ($1,05 \text{ g/cm}^3$) e ad altri polimeri convenzionali che hanno densità tra 0,8 - 1,1 (es. polipropilene - PP $0,9 \text{ g/cm}^3$ o polietilene - PE $0,93 \text{ g/cm}^3$). Il PLA è abbastanza trasparente, ha elevata lucentezza e bassa opacità. Le proprietà ottiche del PLA sono sensibili agli additivi aggiunti ed agli effetti della lavorazione.

Film e contenitori rigidi termoformati sono le applicazioni di grosso volume più promettenti. Una parte viene anche utilizzata nel settore del tessile.

2.3.2.1. Come si ottiene il PLA

Il primo passo nel processo è l'estrazione dell'amido dalla biomassa. Questo viene tipicamente ottenuto dalla macinazione del mais; l'amido viene quindi convertito in zucchero tramite idrolisi enzimatica o acida. Dopo aver ottenuto lo zucchero, questo viene fatto fermentare attraverso batteri. La fermentazione può essere effettuata attraverso un processo continuo o discontinuo. L'acido lattico deve essere separato dalla miscela che si è formata durante la fermentazione e nella maggior parte dei casi essere purificato prima di essere polimerizzato.

Due strade possono essere seguite per convertire l'acido lattico in polimero ad alto peso molecolare: la prima passando per il lattide (il prodotto che si ottiene è il polilattide), la seconda è la polimerizzazione diretta attraverso un processo di policondensazione, producendo acido polilattico. Con entrambe le strade è possibile produrre PLA. La prima via, passando per il lattide, viene impiegata da NatureWorks, si utilizza un processo privo di solventi e un innovativo metodo di distillazione per produrre un'ampia

gamma di polimeri. L'amido viene estratto dal granturco, dove è presente in concentrazione dell'ordine del 60-65%. Successivamente viene convertito in zucchero (destrosio) tramite un processo di idrolisi enzimatica. Nella fase successiva intervengono i batteri che fermentano il destrosio in acido lattico. La distillazione serve a separare l'acido lattico dai sottoprodotti di fermentazione. La novità essenziale di questo processo sta nell'abilità di andare dall'acido lattico ad un acido polilattico a basso peso molecolare, seguito da una depolimerizzazione controllata per produrre il lattide, che viene mantenuto in forma liquida e purificato per distillazione. La polimerizzazione catalitica per apertura dell'anello dell'intermedio (lattide) porta alla produzione di PLA con peso molecolare desiderato, il processo è continuo senza la necessità di separare l'intermedio. La seconda strada, viene impiegata dalla Mitsui Chemical, l'acido lattico è convertito direttamente in PLA ad alto peso molecolare tramite un processo basato su solventi organici con la rimozione azeotropica di acqua tramite distillazione.

2.3.2.2. Caratteristiche Meccaniche

Il PLA ha buone proprietà meccaniche se comparate a quelle dei materiali termoplastici standard. Ha bassa resistenza all'urto, paragonabile al policloruro di vinile - PVC non-plastificato. Durezza, rigidità, resistenza all'urto ed elasticità del PLA, importanti per le applicazioni quali i contenitori per bevande, sono simili a quelli del PET. Il film orientato in PLA può essere piegato o ripiegato, ha buona resistenza a torsione, proprietà tipiche della carta e alla stagnola e che solitamente nei film in materiale plastico non si trovano. Queste proprietà, l'alto modulo a flessione e l'elevata trasparenza, fanno del film in PLA un materiale paragonabile al film cellophane.

	Materiale da estrusione	Materiale da iniezione
Proprietà Meccaniche		
Resistenza a trazione, snervamento (MPa)	53 - 54	48 - 50
Allungamento a trazione, snervamento (%)	6	2 - 3
Modulo E (MPa)	3400 - 3500	3800
Proprietà Termiche		
Punto di fusione (°C)	160 - 170	160 - 170
Temperatura di rammollimento Vicat (°C)	-	55
Proprietà fisico - chimiche		
Densità	1,2 - 1,3	1,2 - 1,3

Fig. 21: Tabella. Esempio caratteristiche PLA per estrusione e stampaggio.

2.3.2.3. Proprietà Termiche

Il PLA ha una temperatura di transizione vetrosa relativamente bassa (circa 60 °C) e degrada rapidamente sopra questa temperatura in condizioni di umidità elevata. A causa della bassa temperatura di rammollimento Vicat²⁰, il PLA, a differenza del PET, non è adatto a contenere liquidi (o altro) caldi. La bassa temperatura di rammollimento del PLA inoltre, crea problemi per l'immagazzinamento dei prodotti e nella produzione di applicazioni per il settore dell'automobile. D'altra parte, la bassa temperatura di inflessione sotto carico (HDT) del PLA e la buona resistenza alla saldatura a caldo forniscono buone prestazioni per la giunzione tra pellicola e vaschetta.

²⁰ Il punto di rammollimento è un particolare stato termodinamico (rappresentato da determinate condizioni di temperatura e pressione) in corrispondenza del quale un materiale che non abbia un punto di fusione definito comincia a modificare il proprio stato di aggregazione da solido a fluido. Il punto di rammollimento può essere misurato attraverso le seguenti norme: ASTM-D1525 o ISO 306 (prova di Vicat), ASTM D6493 - 11 (ring and ball) e ASTM-D648 (Heat Deflection Test).

2.3.2.4. Applicazioni

Anche nel caso del PLA oggi il 70% viene utilizzato nel settore dell'imballaggio.

- Cibi e pane: molte possibilità per l'imballaggio di cibi e pane grazie alla sua trasparenza e alle buone proprietà meccaniche.
- Succhi o latte: non è idoneo per la bassa barriera all'umidità, anche se si sta cercando di migliorare questa proprietà con processi di deposizione di ossido di alluminio (con conseguente aumento dei costi).
- Acqua: adatto per le bottiglie contenenti acqua non gassata.
- Grassi ed oli: idoneo per le sue proprietà di resistenza chimica a questi prodotti.
- Imballaggio no-food: la Panasonic ha usato questo materiale per l'imballaggio rigido di batterie.
- Profumi: questa applicazione potrebbe essere sviluppata per la resistenza del PLA all'alcool.
- Detergenti: si dovrebbe superare il problema della bassa fessurazione sotto sforzo attraverso l'uso di PLA modificati con agenti antiurto.
 - Costruzioni: l'opportunità di sviluppare applicazioni in questo settore dipende dalla possibilità di garantire adeguate prestazioni per un periodo di 20 anni e dal prezzo competitivo.
- Agricoltura: le potenziali applicazioni riguardano l'uso di foglie o parti stampate per fertilizzanti a lento rilascio. Il PLA è considerato troppo caro per film per pacciamatura. Inoltre dal punto di vista tecnico i film per pacciamatura dovrebbero degradare a 25°C, mentre il PLA richiede una temperatura di compostaggio di 60°C.
- Trasporti: Toyota sta sviluppando delle miscele di PLA con fibre per interno auto (rivestimenti interni, guarnizioni) e sta anche usando rinforzati con kenaf per manufatti stampati. Il PLA dovrebbe essere adatto per tappeti e moquette, mentre per ora non si vedono possibilità per parti esterne.
- Elettronica: Sony ha prodotto un walkman stampato ad iniezione con l'85% di PLA e il 15% di alifatici.

Applicazioni in PLA vengono sviluppate molto lentamente poiché l'elettronica è un settore molto regolamentato, specialmente per particolari sottoposti ad alto voltaggio (ci sono differenti prove richieste per infiammabilità, corto circuito, ecc...).

Un'altra interessante applicazione, sviluppata recentemente da una filiale della Sanyo Electric Co. Ltd in Giappone, è il primo compact disc prodotto in PLA. Un singolo disco richiede intorno agli 85 grani di mais; in teoria, una pannocchia potrebbe essere usata per produrre 10 cd. La società che li ha progettati ha iniziato ad accettare gli ordini nel mese di dicembre del 2003 e aveva intenzione di produrre 5 milioni di cd nel 2005. Le custodie in plastica e gli involucri per il cd inoltre saranno prodotti in materiali naturali; il prezzo è circa 3 volte quello di un disco in policarbonato normale, ma si prevede una riduzione di 1,2 volte con l'espansione di questo mercato.

Il cd è uscito con il nome di MildDisk, prodotto in collaborazione con Mitsui Chemicals Inc. e Cargill Dow LLC. (<http://jp.sanyo.com>).

2.3.2.5. Produttori

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale dei rispettivi prodotti) di PLA sono: NatureWorks LLC (NatureWork), Biomer (Biomer L), FKUR (Bio-Flex), Hycail (Hycail), Mitsui Chemical (Lacéa), Innomarque (Templa PLA), Unitika (Terramac).

E' molto difficile fare un confronto tra le proprietà dei materiali in quanto ogni produttore le fornisce usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard); è comunque possibile affermare che il PLA presente sul mercato ha una densità (in generale) che va da 1,24 a 1,57 g/cm³, un modulo elastico da circa 3400 a 4000 MPa (è possibile avere moduli minori o maggiori anche fino a 9500 MPa aggiungendo cariche/additivi), un punto di fusione intorno ai 150°C – 170°C.

Il Bio-Flex della FKUR non è composto solo da acido polilattico, ma viene miscelato con co-poliesteri, infatti ha un modulo che varia da 330 MPa a 2675 MPa.

2.3.2.6. Approfondimenti

Esistono attualmente anche PLA rinforzati. Sono presenti, ad oggi, diversi produttori di PLA rinforzati o caricati con diversi agenti:

- Unitika con la NEC ha sviluppato un materiale rinforzato con Kenaf, che viene può essere utilizzato per lo stampaggio di case di cellulari. Ha sviluppato anche caricati con talco che permettono un miglioramento delle caratteristiche termiche
- La FKUR vende il Fibrolon F 8530 composto da PLA e fibre di legno.
 - Il materiale deve essere essiccato a 60 C per 4 ore.
 - Il livello di umidità relativa deve essere inferiore allo 0,2%

Produttore	Marchio	Tipo di rinforzo	%	
Unitika	Terramac	Talco	35	E 7500-9500Mpa HDT B 120-140°C
Samsung Cheil	GL-0505G, GL 0755G	Fibra di vetro lunga	20-40	E 6070-11190 MPa HDT A 150°C
Transmare Compounding	Transmare Bio 35LANF	Fibra bamboo	10-30	E 4300-5150 MPa HDT B 5254°C
Kareline	Kareline PLMS	Fibra legno	10-50	E 5100-7400 MPa
FKUR	Fibrolon	Fibra legno	nd	E 3800 MPa Vicat 72°C
Polykemi	Naturcomp	Fibra legno	25	E 4700 MPa
RTP		talco, CaCo3, fibra vetro chopped, lunga	10-60	E da 3000 a 19600 MPa

Fig.22: principali PLA rinforzati.

HDT (Heat deflection temperature): Is the temperature at which a polymer or plastic sample deforms under a specified load.

HDT A: E' la temperatura alla quale un provino del materiale in esame, di dimensioni date dalle specifiche normative, sollecitato nel punto centrale con un carico prefissato (nel caso di HDT A è di 0,45 MPa) in modo graduale e costante subisce un'inflexione di 0,25 mm.

I provini utilizzabili hanno dimensioni 127x13x3-13 mm. Questo tipo di prova viene realizzata con un'apparecchiatura specifica per test HDT : i risultati ottenuti sono indicativi per quanto riguarda la capacità di un materiale plastico di conservare per brevi periodi di tempo le proprie caratteristiche meccaniche sotto carico ad una temperatura elevata.

Alcuni materiali visti nel dettaglio:

Proprietà meccaniche	Valore	Unità	Standard
Modulo a trazione	3800	MPa	ISO 527
Resistenza a rottura	34	MPa	ISO 527
Allungamento a rottura	3,8	%	ISO 527
Resistenza all'urto Charpy (23°C)	11,7	KJ/m2	ISO 179 eU
Resistenza all'urto Charpy (23°C)	4,8	KJ/m2	ISO 179 eU
Proprietà termiche			
Viscosità (MFI)	9-11	g/10 min	ISO 1133
Vicat	72	°C	ISO 75 VSTA
Punto di fusione	150-160	°C	ISO 3145 C
Proprietà fisiche			
Densità	1,10	g/cm3	ISO 1183

Fig.23: PLA + fibra legno - Fibrolon F 8530

Proprietà meccaniche	Valore	Unità	Standard
Modulo a flessione	7400	MPa	ISO 178
Resistenza a flessione	98,6	MPa	ISO 178
Deformazione a flessione	1,3	%	ISO 178
Resistenza a trazione (snervamento)	75	MPa	ISO 527
Allungamento a rottura	7,3	%	ISO 527
Resistenza all'urto Charpy (23°C)	3,7	KJ/m2	ISO 179 eA
Proprietà termiche			
Temperatura di uso continuo	-25/+90	°C	
Proprietà fisiche			
Densità	1,36	Kg/m3	ISO 1183
Durezza Rockwell	122	scala R	ISO 2039-2

Fig.24: PLA + 50% fibra legno - Kareline PLMS 6040

2.3.3. PHA (Poli-Idrossialcanoati)

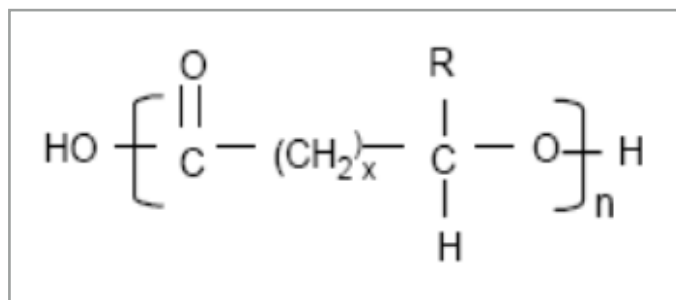


Fig.25: Molecola PHA

I poli-idrossialcanoati costituiscono una classe di poliesteri da fonte rinnovabile, con qualità elevate, potenzialmente utilizzabili per diverse applicazioni, ma purtroppo venduti sul mercato in quantità ridotta a causa degli alti costi di produzione.

Esistono differenti PHA, omopolimero e copolimero, anche se ne vengono prodotti solo un minima parte. I polimeri ad oggi prodotti, almeno su scala pilota, sono l'omopolimero poli(3-idrossibutirrato), P(3HB) R= metile, x=1 e il poli(3-idrossivalerato), P(3HV), R=etile, x=2.

Importante notare che quando R=metile ed x=0 (vedi immagine molecola PHA, in alto) si ha l'acido lattico.

Il P(3HB) (normalmente la sigla utilizzata è PHB) possiede caratteristiche simili a quelle del polipropilene, ma è piuttosto fragile e termicamente instabile a causa della formazione di larghe aree cristalline. Si può avere un significativo miglioramento delle proprietà ricorrendo a copolimeri, ottenibili selezionando i tipi di microrganismi (il PHA viene sintetizzato direttamente da numerosi microrganismi (batteri) o sorgenti di carbonio, per fermentazione del substrato di carbonio di sostanze naturali, come materiale di riserva sotto forma di granuli intercellulari).

PHA	3-idrossiacido con catena laterale R
PHB	-CH ₃
P (3HV)	-CH ₂ CH ₃
P (3HB-co-3HV) o PHBV	-CH ₃ e -CH ₂ CH ₂ CH ₃
P (3HB-co-3HHx)	-CH ₃ e -(CH ₂) ₂ CH ₃
P (3HB-co-3HO)	-CH ₃ e -(CH ₂) ₄ CH ₃
P (3HB-co-3HOa)	-CH ₃ e -(CH ₂) ₁₄ CH ₃

Fig.26: Tabella. Struttura vari PHA presenti sul mercato o di interesse commerciale.

2.3.3.1. Come si ottengono i PHA

Un generico processo per la produzione di PHA tramite fermentazione batterica (o come già detto di fonti di carbonio) consiste di tre punti di base: fermentazione, isolamento e purificazione, miscelazione e trasformazione in granulo. Per la fermentazione totale occorrono tipicamente 38 - 48 ore. Per isolare e purificare i PHA, le cellule vengono concentrate, asciugate ed estratte con solvente a caldo. I residui delle cellule vengono rimossi dal solvente che contiene PHA disciolto attraverso il processo di separazione solido-liquido. Il PHA viene poi fatto precipitare tramite l'aggiunta di un non-solvente e viene quindi recuperato attraverso il processo di separazione solido-liquido. Il PHA viene poi lavato con il solvente per migliorare la qualità ed in seguito asciugato sotto vuoto a temperature abbastanza elevate. Il polimero così ottenuto è impaccato per trasporto. Separatamente i solventi vengono distillati e riciclati. Il polimero viene poi trasformato in granuli con o senza altri composti polimerici (dipende dalle successive applicazioni).

2.3.3.2. Proprietà meccaniche e termiche

Il PHB ha buone proprietà termiche (punto di fusione 180°C) e può essere processato come i classici termoplastici. Può essere utilizzato per applicazioni sia a basse che ad elevate temperature (i pezzi mantengono la loro forma senza deformarsi) da -30°C a +120°C. Le merci deperibili possono essere imballate in involucri prodotti con PHB e conservate mediante sterilizzazione con vapore. I manufatti in PHB possono essere sterilizzati in autoclave. Tuttavia, il PHB è abbastanza rigido e fragile, e questo ne limita le applicazioni. Il PHB ha tendenza allo scorrimento viscoso ed esibisce un ritiro pari all'1.3%.

Il copolimero PHBV (poli-idrossibutirrato-valerato) ha cristallinità più bassa e proprietà meccaniche differenti (dipende dall'applicazione) confrontate a quelle del PHB, restando comunque biodegradabile. Ha, inoltre, una più elevata viscosità del fuso (sempre rispetto al PHB), proprietà desiderabile per il processo di estrusione-soffiaggio.

Proprietà	PHB	PHBV (10% HV)	PHBV (20%HV)
Punto di fusione °C	180	140	130
Resistenza a trazione MPa	40	25	20
Modulo flessione MPa	3500	1200	800
Allungamento rottura %	8	20	50

Fig. 27: Tabella. Confronto proprietà PHB e PHBV.

2.3.3.3. Altre proprietà

Il PHB è insolubile in acqua e abbastanza resistente alla degradazione idrolitica. Questo lo differenzia dalla maggior parte delle altre bio-plastiche attualmente disponibile che sono molto sensibili all'umidità e solubili in acqua. Grazie all'elevata cristallinità (60 - 70%) il PHB ha un'eccellente resistenza ai solventi. La resistenza ai grassi ed agli oli è discreta, ha buona

resistenza agli UV, ma bassa resistenza ad acidi e basi. La permeabilità all'ossigeno è molto bassa (2 volte più basso del PET, 40 volte più basso del PE), per cui è un materiale adatto per l'imballaggio dei prodotti sensibili all'ossigeno. Il PHB ha bassa permeabilità al vapore acqueo a confronto di altri biopolimeri, ma superiore alla maggior parte delle poliolefine standard e dei poliesteri sintetici.

Il PHB è esente da tracce di catalizzatori ed è tossicologicamente sicuro. Il monomero ed il polimero sono componenti naturali e metaboliti delle cellule umane; grazie a questa caratteristica il PHB può essere usato per articoli che entrano in contatto con la pelle, con l'alimentazione o gli alimenti.

I PHA sono completamente biodegradabili sia in condizioni anaerobiche che aerobiche. Senza le condizioni del compostaggio rimangono "intatti" per anni.

2.3.3.4. Applicazioni

Le applicazioni disponibili fino ad oggi sono:

- Prodotti per l'igiene: prodotti per l'igiene usa e getta (per esempio tamponi) in PHA forniscono alcuni benefici al consumatore sotto forma di convenienza, discrezione e igiene. Inoltre, è possibile eliminare tutti i passaggi collegati con l'eliminazione dei prodotti usati.

- Imballaggio: è possibile aggiungere uno strato di PHA ad una struttura o ad un film per alimenti freschi costituita da altri biopolimeri, ad esempio l'amido termoplastico. Lo strato di PHA fornisce una barriera all'umidità e al calore, e una superficie stampabile. Il PHA ha buona compatibilità con l'amido, infatti, lo strato aderisce senza problemi.

Le etichette e le chiusure per le bottiglie di detersivi sono attualmente fabbricate in PP ma potrebbero essere prodotte in PHA.

- Agricoltura: un possibile utilizzo è nei film per pacciamatura in una miscela PHA/amido, per andare a sostituire la miscela PE/amido, oppure per alcune applicazioni di nicchia (il 70% dovrebbe venir utilizzato per gli imballaggi, il restante 30% per agricoltura, prodotti vari o fibre).

2.3.3.5. Produttori

I principali produttori (tra parentesi il nome commerciale dei prodotti) di PHA (sono stati trovati solo produttori di PHB e relativi copolimeri) sono: Telles (Mirel - PHB), Biomer (Biomer P - PHB), PHB Industries (Biocycle - PHB).

E' molto difficile fare un confronto tra le proprietà dei materiali in quanto ogni produttore le fornisce usando uno standard differente (ISO, ASTM, DIN, proprio standard), è comunque possibile affermare che i PHB presenti sul mercato hanno una densità (in generale) che va da 1,17 a 1,24 g/cm³, un modulo elastico da circa 1000 a 3000 MPa (alcuni tipi hanno modulo superiore, dipende da quali cariche sono presenti), un punto di fusione intorno ai 150°C – 170°C .

2.3.4. Polimeri Cellulosici

I Polimeri cellulosici sono prodotti tramite modificazione chimica della cellulosa naturale. I principali tipi sono il cellophane, un tipo di cellulosa rigenerata usata per film, l'acetato di cellulosa (un derivato dell'estere adatto a stampaggio, ed estrusione); e una cellulosa rigenerata per le fibre (comprese viscose/rayon e Lyocell). Le fibre del cotone ed il legno sono le materie prime utilizzate per la produzione di cellulosa su scala industriale.

La cellulosa è un polisaccaride naturale. È costituita da un gran numero di molecole di glucosio (da circa 300 a 3.000 unità) unite tra loro da un legame $-1 \rightarrow 4$ glicosidico. La catena polimerica non è ramificata. Le catene sono disposte parallelamente le une alle altre e si legano fra loro per mezzo di legami ad idrogeno molto forti, formando fibrille, catene molto lunghe, difficili da dissolvere. Queste fibrille localmente sono molto ordinate al punto da raggiungere una struttura cristallina (parte idrofoba). La cellulosa gioca un ruolo importante nella storia dei polimeri in quanto è stata usata per realizzare alcuni dei primi polimeri sintetici, come il nitrato di cellulosa, l'acetato di cellulosa ed il rayon.

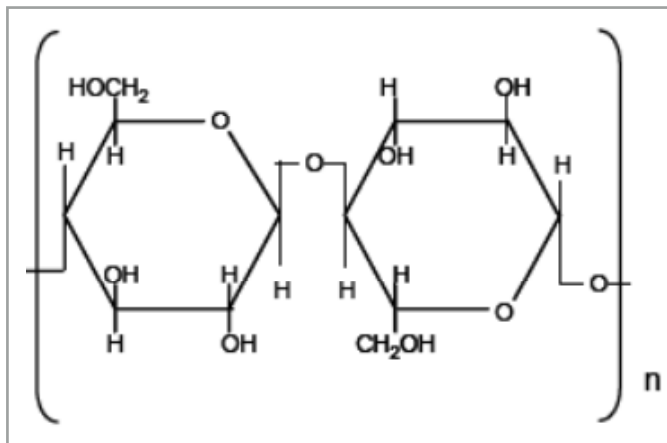


Fig. 28: Molecola cellulosa

La struttura è molto stabile a causa degli anelli a sei atomi di carbonio, dell'assenza di doppi legami e della presenza di un sistema di ponti ad idrogeno interpolimerici. I ponti ad idrogeno sono formati da un atomo di H di un gruppo alcolico parzialmente legato ad un secondo atomo di ossigeno appartenente ad un polimero di una fibra parallela. Queste proprietà rendono il polimero cellulosa più resistente agli attacchi chimici e termici e fa sì che si sviluppi in maniera più lineare, rendendolo così oltre che resistente, anche filabile. Per questo motivo la cellulosa risulta essere la materia prima fondamentale per le fibre naturali.

La cellulosa e l'amido sono due polimeri molto simili. Infatti entrambi sono sintetizzati dallo stesso monomero, il glucosio, ed hanno le stesse unità ripetitive di base. C'è solo una differenza; nell'amido, tutte le molecole di glucosio sono orientate nella stessa direzione. Nella cellulosa, invece, ogni unità di glucosio successiva è ruotata di 180 gradi attorno all'asse della catena principale del polimero rispetto all'unità monomerica che lo precede.

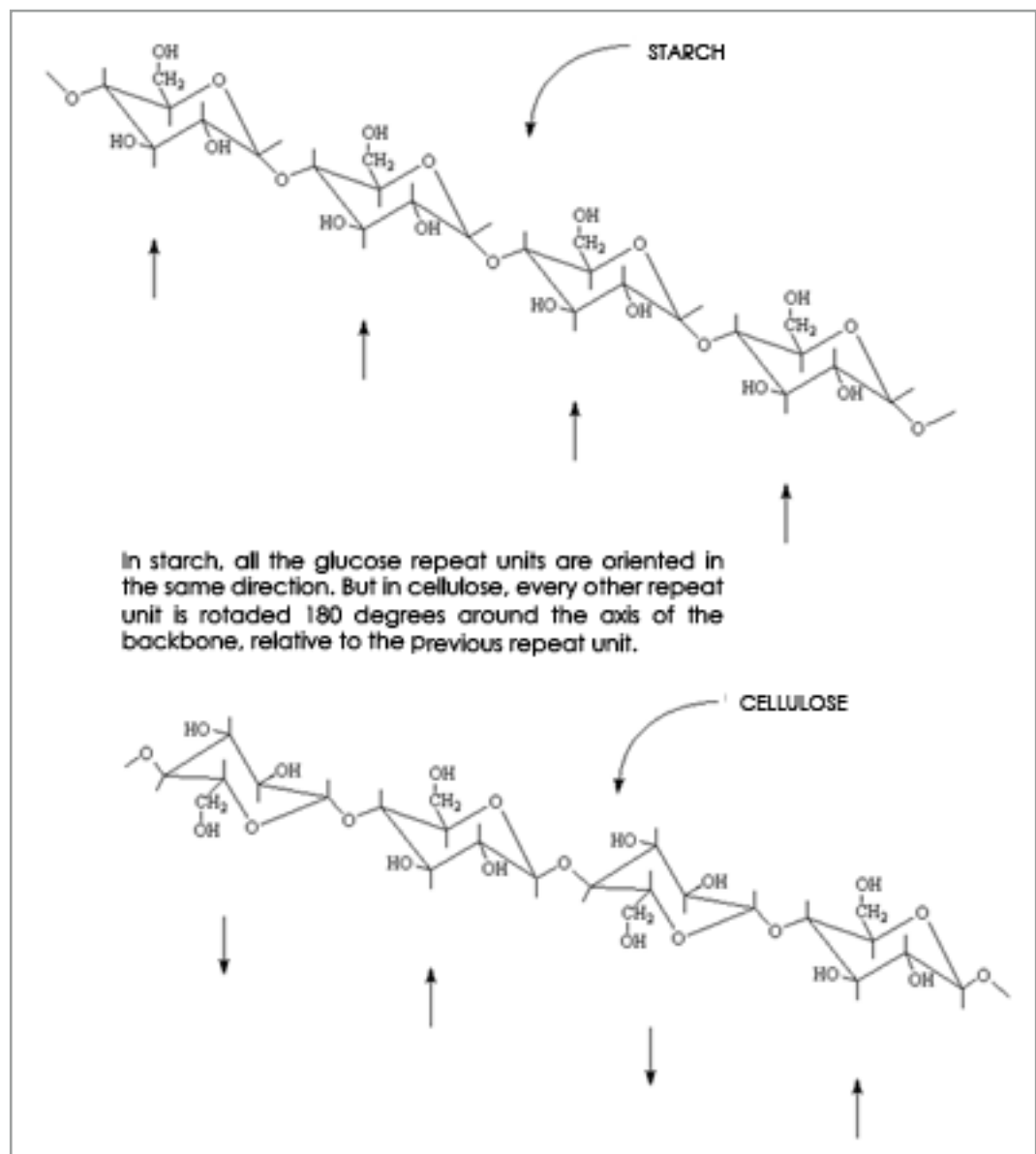


Fig.29: Cellulosa e amido a confronto.

I polimeri cellulosici sono nati nella seconda metà del diciannovesimo secolo e oggi il loro mercato si è ristretto ad applicazioni di nicchia, infatti a seguito dell'introduzione dei film da polimeri sintetici negli anni '50 (grazie alla loro facile processabilità, elevata durata e buone proprietà meccaniche), i film da polimeri cellulosici hanno perso la loro importanza nel mercato. I polimeri cellulosici, con il loro prezzo relativamente elevato confrontato ai polimeri petrolchimici, sono stati relegati ad applicazioni di nicchia o a volumi relativamente bassi.

2.3.4.1. Lignina

La lignina è una molecola naturale complessa costituita da diverse unità di fenilpropano. Dopo i polisaccaridi rappresenta la struttura organica più presente nei vegetali. La presenza relativa della lignina, se da una parte si può ritenere circa costante all'interno di una stessa specie, è considerevolmente variabile tra le diverse specie. Per esempio il legno delle gimnosperme (conifere) ha un contenuto di lignina che può passare dal 27% al 37%, mentre il legno delle angiosperme, mostra mediamente un contenuto che varia dal 16% al 29%. La lignina svolge diverse funzioni fondamentali per la vita del vegetale. Il principale compito svolto dalla lignina è quello di ridurre la permeabilità all'acqua intervenendo in tutti i processi di scambio di minerali, nutrienti e metabolici. Inoltre, se la cellulosa fornisce la vera e propria resistenza meccanica caratteristica del legno, la lignina opera da riempitivo e da collante tra le cellule vegetali, fornendo resistenza alla compressione e agli urti. La lignina può considerarsi la molecola più complessa per quel che riguarda la struttura della biomassa. Non è infatti possibile dare una composizione precisa, anche se esistono diversi tentativi di fornire un modello di struttura media.

Osservando la struttura delle lignine, è possibile notare la predominanza del legame arilglicerolo- β -aril-etere detto anche β -O-4.

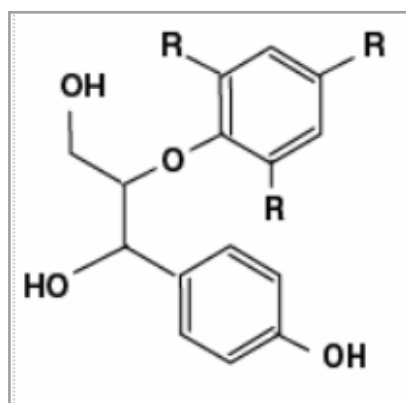


Fig.30: molecola lignina

Un esempio di plastica creata a partire dalla trasformazione della lignina è Arboform. Non è altro che legno liquido ottenuto dalla lignina estratta dalla polpa di legno. Per ottenerlo, tuttavia, non è necessario tagliare nemmeno un albero, dal momento che si tratta di un sottoprodotto della lavorazione della carta. In queste industrie il legno viene separato nei suoi 3 componenti principali: lignina, cellulosa ed emicellulosa. La lignina, che dà alla carta un colorito bruno, può essere usata per carte di bassa qualità, ma più spesso è separata durante il processo chimico mediante cui si ottiene la polpa, ovvero la miscela di fibre originaria da cui si ottiene la carta vera e propria.

Mescolando la lignina separata dalla polpa con cera e fibre, la Tecnar, un'azienda tedesca, ha perfezionato una tecnica per ottenere un materiale simile alla plastica. A pressioni elevate, questo composto si comporta come la plastica fusa, e lo si può quindi iniettare all'interno di stampi per dargli la forma desiderata.

2.3.5. Altri poliesteri da monomeri (ottenuti da fonte rinnovabile)

Oltre al PLA e ai PHA, altri poliesteri possono potenzialmente essere prodotti da monomeri ottenuti da risorse rinnovabili.

I più importanti sono indicati in figura 31, assieme al nome commerciale e al monomero.

Polimero		Monomero			Monomero
Nome Chimico	Nome	A base bio			Petrochimico
Poli(trimetilen tereftalato) PTT	Sorona™ (DuPont)Corterra®	PDO			PTA/DMT
Poli(butilen tereftalato) PBT	vari	BDO			PTA/DMT
Poli(butilen succinato) PBS	Bionolle 1000® (Showa Denko)	BDO	Acido Succinico		
Poli(butilen succinato adipato) PBSA	Bionolle 3000® (Showa Denko)	BDO	Acido Succinico	Acido Adipico	
Poli(butilen succinato tereftalato) PBST	Biomax® (DuPont)	BDO	Acido Succinico		PTA/DMT
Poli(butilen adipato tereftalato) PBAT	Ecoflex® (BASF)	BDO		Acido Adipico	PTA/DMT

Fig. 31: Tabella. Altri poliesteri presenti sul mercato.

PDO: 1,3- propandiolo

BDO: 1,3-butandiolo

PTA: acido terftalico

DMT: dimetil-tereftalato

2.3.5.1. PTT (Poli(trimetilen tereftalato))

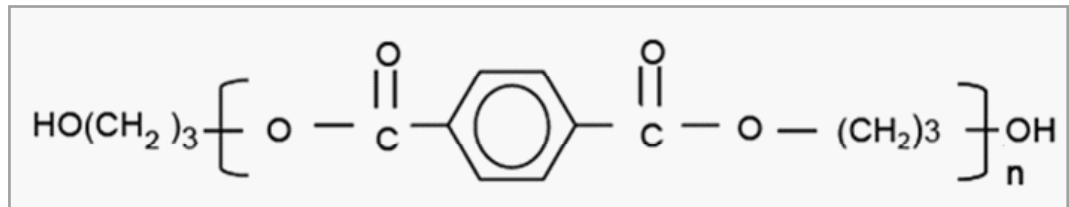


Fig.32: Molecola PTT

Il PTT²¹ è un poliestere aromatico lineare prodotto tramite la policondensazione di 1,3-propandiolo (PDO) o dell'acido tereftalico (PTA) o del dimetil tereftalato (DMT). Importante dire che l'azienda DuPont in joint-venture con la Tate & Lyle Bio Products ha avviato una bioraffineria per la produzione dell' 1,3-propandiolo ottenuto da risorse rinnovabili (attualmente mais).

Il PTT ha le caratteristiche di un tecnopolimero, unisce la rigidità e la resistenza al calore del PET alla buona processabilità del PBT; può essere usato per produrre fibre per tappeti e tessuti industriali perché unisce la buona tenacità e resistenza all'abrasione del nylon con la buona affinità per i coloranti e resistenza chimica del PET. Miscelato con altri polimeri può migliorare la resistenza, la flessibilità e le proprietà barriera in applicazioni per stampaggio ed estrusione.

Come altri poliesteri lineari è un polimero cristallino, rigido, resistente e tenace. La sua densità è intermedia tra quelle del PET e del PBT. Anche la resistenza a trazione ed il modulo a flessione sono intermedi tra quelli del PET e del PBT. Le fibre hanno un allungamento a rottura sensibilmente superiore a quello di PET e PA. Poiché ha un punto di fusione ed una Tg più bassi (rispettivamente di 37°C e 25 °C) di quelle del PET richiede temperature di lavorazione inferiori al PET.

I film in PTT hanno bassa permeabilità al vapore. Ha un'ottima resistenza UV e una bassa generazione di cariche statiche; è quindi un materiale idoneo per la produzione di tappeti. Inoltre il PTT può essere filato e stirato ad alte velocità, le fibre sono perciò adatte ad applicazioni tessili come abiti sportivi o speciali.

21 www.technica.net/NF/NF1/fibreptt.htm

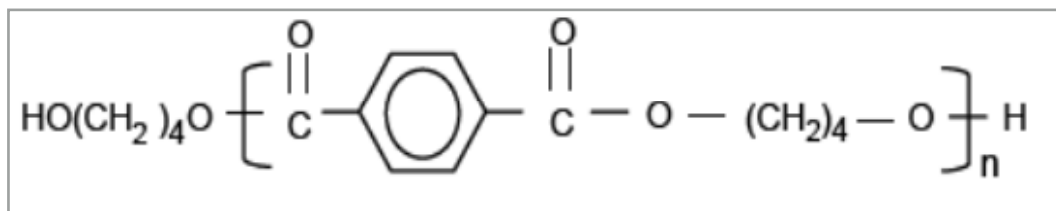
2.3.5.2. PBT (Poli(butilen tereftalato))

Fig. 33: Molecola PBT

Il PBT²² è un poliestere aromatico lineare con proprietà simili al PET, prodotto attraverso la transesterificazione e la policondensazione di dimetil-tereftalato (DMT) con 1,4-butandiolo (BDO); può anche essere prodotto da acido tereftalico (PTA) e da BDO.

Il PBT è un poliestere semi-cristallino, bianco o grigiastro simile sia per composizione che per proprietà al PET e al PTT. Comparato al PET, il PBT ha minor resistenza e rigidezza, un'alta resistenza all'urto e resistenza chimica molto simile. La temperatura di cristallizzazione del PBT è nella gamma di 80-120°C (come il PTT). Cristallizza più velocemente rispetto al PET; viene impiegato per lo stampaggio di componenti elettrici ed automobilistici. Il PBT ha eccellenti proprietà elettriche, inoltre può essere reso facilmente ignifugo (mediante ritardanti di fiamma); ha un'ottima stabilità dimensionale e buona resistenza chimica, specialmente a solventi organici ed agli oli.

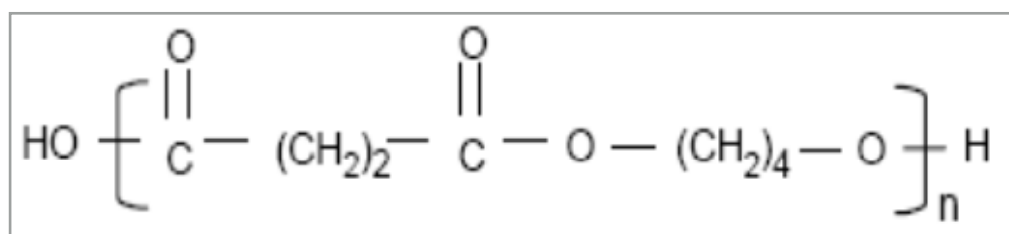
2.3.5.3. PBS (Poli(butilen succinato))

Fig. 34: Molecola PBS

Il PBS è un poliestere alifatico sintetico biodegradabile con proprietà simili al PET; ha proprietà meccaniche accettabili e può essere utilizzato in varie applicazioni attraverso i tradizionali processi di trasformazione.

Tra le principali applicazioni ci sono film per pacciamatura, film per imballaggio, sacchetti e borse, prodotti usa e getta per l'igiene [8]. Il PBS è miscelato generalmente con altri materiali, quali l'amido termoplastico o i copolimeri dell'adipato (PBSA) per rendere il relativo uso più economico. Il PBS è un termoplastico cristallino bianco con densità (come il PLA) di 1,25 g/cm³, il punto di fusione superiore a quello del PLA ma più basso del PHBV e una temperatura di transizione vetrosa molto bassa. Come per gli altri poliesteri alifatici, ha una buona stabilità fino a circa 200°C (bassa rispetto ai poliesteri aromatici).

Il PBS può essere processato per mezzo di apparecchiature convenzionali per le poliolefine nella gamma di temperature 160-200°C per iniezione, estrusione o per soffiaggio.

2.3.5.4. Copoliestere alifatico-aromatico da butandiolo, acido adipico, acido tereftalico

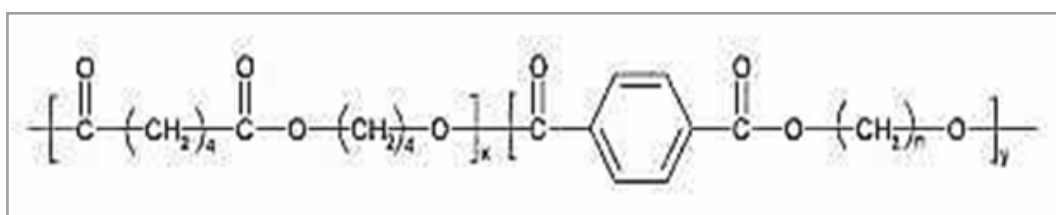


Fig. 35: Molecola copoliestere alifatico-aromatico

Il più importante copoliestere alifatico-aromatico è l'Ecoflex prodotto da Basf, un copolimero da acido tereftalico, acido adipico e 1-4 butandiolo. Il materiale viene venduto da solo e può successivamente essere miscelato con altri polimeri biodegradabili (come ad esempio i prodotti da amido), essenzialmente per la produzione di film per agricoltura. La sua compatibilità con PLA, altri poliesteri e prodotti da amido è eccellente (secondo bollettino tecnico Basf). Sempre secondo l'azienda è possibile scendere a spessori

del film fino a 10 μ . Ha caratteristiche simili a quelle del LDPE e si trasforma in linee convenzionali.

Proprietà	Unità	Test	Ecoflex	LDPE ¹
Densità	g/cm	ISO 1183	1,25-1,27	0,922-0,925
Temp fusione	°C	DSC	110-120	111
T _g	°C	DSC	-30	
MFR 190°C	g/10 min	ISO 1133	2,7-4,9	0,6-0,9
Durezza Shore D	-	ISO 868	32	48
Vicat	°C	ISO 306	80	96

Fig. 36: Tabella. Confronto proprietà Ecoflex e Polietilene bassa densità.

Per i film l'Ecoflex viene utilizzato per sacchi per composta, film per pacciamatura, rivestimento o laminazione della carta quando serve un'alta resistenza all'umidità e resistenza ai grassi, film orientato.

2.3.5.5. Produttori

I principali produttori (tra parentesi viene indicato il nome commerciale del prodotto) di poliesteri sono: DuPont (Biomax), Basf (Ecoflex), Eastman (Easter), Showa Denko (Bionolle), SK Chemicals (Skygreen), Nippon Shokubai (Lunare SE).

Non è possibile dare caratteristiche generali, in quanto si tratta di poliesteri molto differenti tra di loro.

2.4. Tecnologie di produzione

2.4.1. Processabilità polimeri da amido

I polimeri da amido sono materiali fortemente cristallini e possono essere utilizzati tal quali (ad esempio come rinforzo nei pneumatici), oppure, dopo essere stati opportunamente trattati per renderli più processabili con le tecnologie tipiche dei termoplastici, miscelati con altri biopolimeri come il PLA, o altri poliesteri.

I polimeri da amido possono essere trasformati (ad esempio in film) con le tecnologie esistenti, ed essere complessati con altri copolimeri dando luogo a materiali flessibili come il polietilene o rigidi come il polistirene.

Nel 2002 sono state vendute circa 30.000 ton di polimeri da amido, con una quota sui biopolimeri del 75-80%. I maggiori produttori di questo sono Novamont (Mater-bi), Biotec/Sphere (Bioplast) e Rodenburg (Solanyl).

L'amido può essere estruso con un plastificante per produrre un materiale termoplastico con una processabilità molto superiore a quella dell'amido granulare. L'aggiunta di plastificanti come il glicerolo, poliesteri, urea permette di ridurre i legami di idrogeno intermolecolari e di stabilizzare le proprietà del prodotto. Attraverso la miscelazione possono essere aggiunte cariche ed additivi per ottenere prodotti finiti con le volute proprietà. Durante l'estrusione è possibile aggiungere altri polimeri all'amido termoplastico (miscelato).

I polimeri da amido possono essere trasformati in manufatti utilizzando macchine standard in uso per i polimeri termoplastici, solo con piccole modifiche (dipende da materiale a materiale). Le tecnologie di

trasformazione in uso comprendono il soffiaggio di film, l'estrusione, la termoformatura, lo stampaggio ad iniezione ed espansi.

POLIMERI DA AMIDO IN BLEND.

Preessiccamento: non necessario se il materiale è conservato in sacchi originali. Nel caso di necessità di essiccamento usare 4 ore a 70°C. Sono consigliabili sistemi di degasaggio efficienti. I polimeri da amido in blend (TPS) possono essere processati in macchine standard. Materiale sensibile alla degradazione termica (N.B. in funzione del tipo). E' quindi consigliabile adottare condizioni che riducano questo fenomeno:

- un profilo di temperature della vite il più basso possibile
- tempi di stazionamento bassi (max 5 stampate)
- giri vite: bassi

Per quanto riguarda gli stampi sono consigliati agenti distaccanti o di protezione stampo e la presenza di sfati per favorire lo sgaso. E', inoltre, possibile l' uso di canali caldi.

Gli altri parametri di processo (pressione e velocità iniezione, pressione mantenimento etc.) sono fortemente legati al tipo di polimero e al manufatto, è quindi opportuno chiedere ai fornitori.

2.4.2. Processabilità PLA

Il PLA²³ può essere trasformato a prodotto finale per mezzo di macchinari per materiali termoplastici standard apportando leggere modifiche (che variano da prodotto a prodotto) mediante termoformatura, stampaggio ad iniezione, soffiaggio, estrusione film. Poiché a temperature maggiori di 100 °C e allo stato fuso il PLA viene degradato dall'umidità con caduta del peso molecolare, è necessario usare tramogge con deumidificatore per

23 www.inter-plast.info/LinkClick.aspx?fileticket=WZNy2-XklUM%3D&tabid=74&language=it-IT

prevenire l'assorbimento di umidità durante lo stampaggio.

STAMPAGGIO AD INIEZIONE

- I tipi standard richiedono
 - temperature di stampaggio di 180 - 200 °C (T max 240 °C)
 - temperature dello stampo di 10 - 30 °C
- I tipi resistenti al calore, rispettivamente
 - temperature di stampaggio di 190 -210 °C
 - temperature dello stampo di 100 - 110 °C.
 - buona processabilità,
 - temperature leggermente più alte (10 °C rispetto al data sheet) per stampare pezzi sottili
 - ritiri contenuti
 - la temperatura dello stampo è in funzione dello spessore del pezzo.
 - nei PLA tradizionali i cicli di stampaggio sono simili ai materiali tradizionali. Sui gradi modificati aumenta la temperatura dello stampo.
- Gestione degli sfridi

La gestione degli sfridi deve essere accuratamente gestita. Il PLA è molto igroscopico, conseguentemente si può avere degradazione del materiale in caso di utilizzo di sfridi non adeguatamente essiccati. Caratteristiche:

 - tempi di essiccamento sono lunghi
 - difficoltà di alimentazione nell'estrusore

FILM IN PLA

Il PLA è particolarmente interessante per l'applicazione nel settore film per la sua rigidità, trasparenza e brillantezza paragonabili a quelle del PET e del PS. Ha un alto peso specifico nei confronti del polipropilene Molto polare: senza strato saldante (tie layer) non aderisce a film di PE o PP. Utilizzabile a contatto con cibi. Haze 4,2; gloss 125.

Un fattore limitante attuale è la scarsa resistenza termica che pone problemi per lo stoccaggio ed il trasporto e limita il numero delle applicazioni. I problemi di resistenza alla fessurazione, che possono presentarsi in alcune applicazioni, possono essere ridotti con l'utilizzo di modificanti all'impatto.

I film vengono solitamente ottenuti con processo a testa piana. Nel caso dei film in bolla ci possono essere dei problemi (quali difficoltà collassamento bolla, formazione di grinze) per la bassa *melt strength*. Per la fragilità del PLA, che può essere causa di rotture nel taglio, è necessario avere un sistema di taglio efficace (Rotary shear). Per quanto riguarda le proprietà barriera, i gas utilizzati per determinare la permeabilità dei film PLA²⁴ sono ossigeno, anidride carbonica e vapor d'acqua (indicati alle diverse temperature):

T	CO₂	CO₂	O₂	O₂
[°C]	[cm ² /s]	[(cm ³ (STP)*cm)/(cm ² *s*atm)]	[cm ² /s]	[(cm ³ (STP)*cm)/(cm ² *s*atm)]
33	7.3100e-09	1.0824e-08	5.1000e-08	2.7132e-09
36	8.6200e-09	1.2270e-08	5.5200e-08	2.9938e-09
40	1.0960e-08	1.3536e-08	7.8900e-08	3.4906e-09
44	1.4440e-08	1.6026e-08	9.9100e-08	4.0783e-09
48	2.0120e-08	1.8161e-08	1.2300e-07	4.6438e-09

Le proprietà barriera sono vantaggiose in qualche caso (ad es. sacchetti per insalata pronta all'uso), idonee per prodotti di consumo veloce (ad es. yoghurt, gastronomia), svantaggiose nel caso di prodotti a lunga conservazione (ad es. carne, pesce, margarina) e irrilevanti per applicazioni senza coperchio (ad es. confezioni per uova, imballaggio per pomodori, ecc.) Vengono utilizzati sia per l'imballaggio alimentare che per beni durevoli, come top di vaschette espanse e finestre per buste.

La barriera può essere molto migliorata ricorrendo al:

- rivestimento al plasma con ossidi di Si o Al
- per metallizzazione con Al
- possono, anche, essere facilmente accoppiati anche con altri materiali

TERMOFORMATURA

Uno dei maggiori settori applicativi del PLA è rappresentato da confezioni termoformate per prodotti alimentari per:

- la facile processabilità che rende possibile effettuare la termoformatura sia in-line che off-line
- le proprietà che sono molto simili a quelle del PET e del PS
- il PLA si termoforma bene sulle linee di termoformatura esistenti per PET e PS e, anche se con alcune limitazioni, PP (il ritiro è simile

24 www.fedoa.unina.it/3302/1/sansone_lucia_ingegneria_dei_materiali_xxi.pdf

a quello del PS e del PET) a velocità paragonabili a quelle del PET, un po' inferiori rispetto a quelle del PS

PROCESSO DI INIEZIONE - STIRO - SOFFIAGGIO (ISBM)

Può essere effettuato con macchinari per PET alle condizioni termiche già indicate.

- processo monostadio : non presenta particolari problemi. Lo stiro biassiale è simile a quello del PET.
- processo bistadio :
 - stampaggio delle preforme: senza particolari problemi
 - processo di soffiaggio: finestra inferiore a quella del PET e necessità di modificare gli stampi del PET per ottimizzare il risultato

Caratteristiche delle bottiglie:

- eccellente trasparenza e brillantezza
- caratteristiche meccaniche abbastanza vicine al PET, salvo maggior creep

Caratteristiche barriera:

- buona agli aromi
- bassa al vapor d' acqua (simile al Nylon)
- a O₂ e CO₂ migliore di quella del PP ma inferiore a quella del PET

Riciclo

- identificabile dai lettori automatici
- compostabile o riciclabile mediante riciclo meccanico

In sintesi le prestazioni del PLA vs. PET

- Costo della resina maggiore (3x)
- Minori proprietà meccaniche
- Minori proprietà barriera
- Bottiglie in PLA hanno peso maggiore (20%)
- Finestra di soffiaggio più complessa
- Rapporti di stiro leggermente inferiori
- Stampi PET: da modificare per ottimizzare il risultato
- Condizionamento stampo preforme non sempre possibile (>25°C)
- Possibilità di inquinamento (PLA e PET riciclo comune)
- Consigliati additivi Anti-yellow e plastificanti

2.4.3. Processabilità PHA

I PHA vengono processati a seconda delle proprietà, ma soprattutto secondo la composizione chimica e il peso molecolare possono essere trasformati in svariati prodotti finiti compresi film, foglie, prodotti stampati, fibre, elastici, articoli verniciati, tessuti non tessuti.

In generale:

- A basso contenuto di comonomero e a basso peso molecolare, i PHA sono adatti per lo stampaggio ad iniezione.
- A peso molecolare medio, il materiale è adatto per la filatura di fibre.
- Con l'aumentare della percentuale di comonomero e a peso molecolare medio (600.000), le applicazioni includono *melt resins* e pellicole.
- I film e il soffiaggio richiedono almeno una percentuale di comonomero del 10% e un alto peso molecolare (700.000). Con contenuti di comonomero superiore al 15% i PHA sono morbidi ed elastici, trovando applicazione in adesivi e film estensibili.

FILM DI PHA

Per quanto riguarda le proprietà di permeabilità²⁵, i livelli dei film di PHA (non orientato) sono così stimati da Mirel²⁶: il valore di permeabilità al vapore acqueo si aggira intorno a 3,5 (paragonabile alla permeabilità del LDPE); la permeabilità all'ossigeno è pari a 4,5 circa; permeabilità agli aromi bassa.

STAMPAGGIO AD INIEZIONE

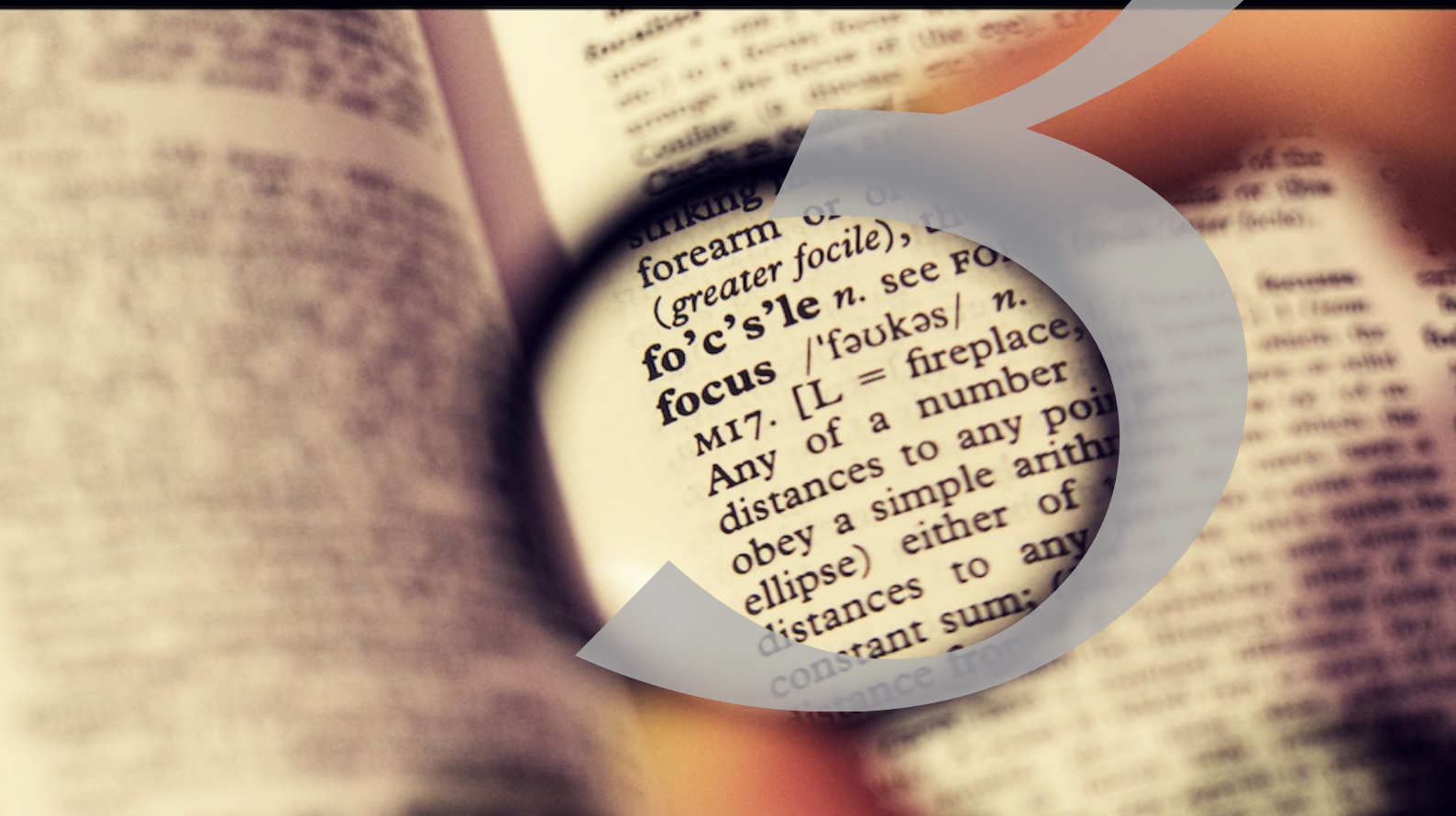
- è consigliata una vite per PE con D/L di 20:1
- i granuli debbono contenere lo 0,1% di umidità
- la temperatura di degradazione è vicina a quella di fusione
- evitare pressioni di iniezioni e velocità della vite troppo elevate
- evitare tempi di stazionamento elevati
- la temperatura dello stampo può arrivare fino a 60°C
- per estrusione di Cast Film si possono usare linee convenzionali. Sono consigliate temperature rulli intorno 80°C per favorire cristallizzazione.

²⁵ Piergiovanni L., Limbo S., *Food packaging. Materiali, tecnologie e qualità degli alimenti*, Springer, 2010, Milano.

²⁶ www.mirelplastics.com/; www.metabolix.com/

Nuovi obiettivi

PARTE





03 NUOVI OBIETTIVI

3.1. Vantaggi e limiti

I biopolimeri rimarranno in un mercato di nicchia o potrebbero diventare un mercato di massa?

Per tentare di dare una risposta a questa domanda è necessario valutare alcuni punti critici, quali:

- Costi
- Disponibilità materia prima da aree agricole o da Biomasse
- Supporto legislativo

3.1.1. Costi

Uno dei maggiori problemi che condizionano le possibilità di sviluppo dei biopolimeri è il costo. Recentemente, per cercare di superare questo problema, oltre agli studi per migliorare impianti e processi, è sorta la tendenza a stringere accordi tra industrie produttrici di polimeri ed industrie agricole per la produzione di biopolimeri o biomonomeri a prezzi competitivi (**bioraffinerie**).

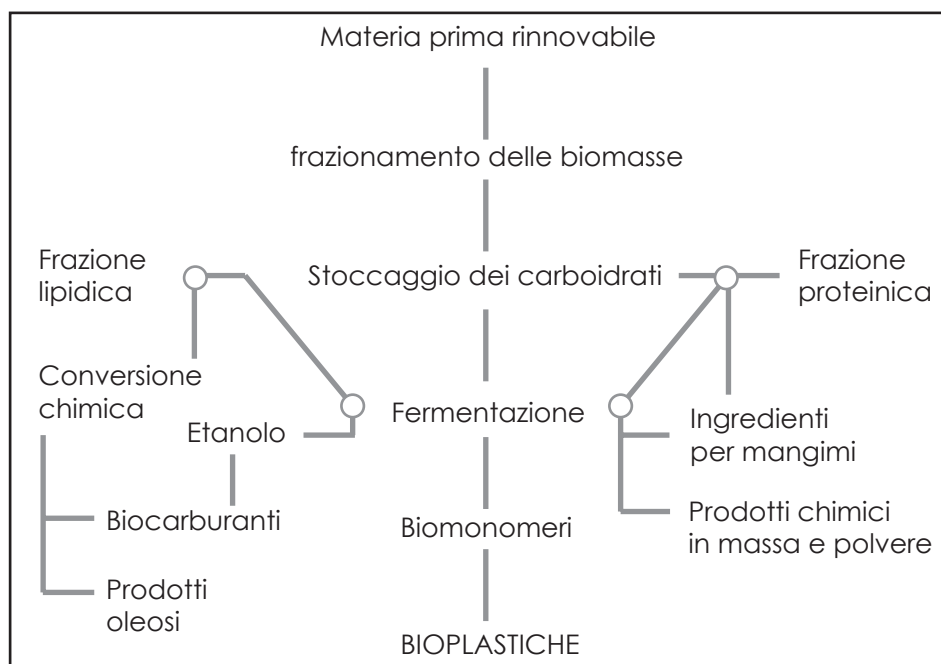


Fig. 37: Concetto generico di una BIORAFFINERIA.

The transition from a fossil-based to a bio-based economy – Prof. W.Soetaert, Un. Gent.

INTRODUZIONE AL CONCETTO DI BIORAFFINERIA.

In questi ultimi anni si sta affermando sempre più il concetto di un'agricoltura per usi non alimentari, volta cioè alla produzione di materie prime e ausiliari per usi a livello industriale (alternativa ecologica ai prodotti di derivazione petrolchimica). Dai prodotti energetici ai biolubrificanti, dai colori naturali ai solventi, dalle plastiche biodegradabili ai compositi e alle fibre vegetali. Tutto questo incontrando numerose difficoltà nella fase d'avvio delle filiere produttive, oggi è diventato una novità potenzialmente in grado di trasformare il comparto primario da settore arretrato in motore di innovazione. L'interesse per gli usi non alimentari dei prodotti agricoli ha acquisito interesse in seguito alla riforma della PAC, 12/10/2011 (*allegato 4*), all'entrata in vigore del Regolamento Comunitario "Reach" (*allegato 5*) sulla chimica e alle nuove misure per fronteggiare i cambiamenti climatici e la dipendenza dalle fonti fossili di energia assunte recentemente dalla Commissione Europea. Tuttavia questa nuova attenzione del mondo politico, agricolo e imprenditoriale si è concentrata finora quasi esclusivamente all'uso energetico soprattutto per la produzione di energia elettrica,

alimentando grandi attese. Il decollo, invece, di materiali provenienti da fonti rinnovabili e/o biodegradabili si scontra invece con una struttura del territorio agricolo italiano e con una struttura di costi di produzione che non consentono competitività con i prezzi vigenti sul mercato internazionale. Il concetto di bioraffineria²⁷, che si è andato affermando in questi ultimi anni, tende proprio a superare il limite di una destinazione puramente energetica delle culture non alimentari, proponendo un impiego potenzialmente integrale della biomassa come base per la produzione di molecole chimiche a ridotto impatto ambientale. Questo approccio è in grado di consentire un deciso incremento del valore aggiunto dell'intera filiera agroindustriale sia in termini economici che ambientali. Le bioraffinerie sono sistemi che integrando processi di conversione della biomassa di natura chimica, fisica o microbiologica consentono di ottenere non solo prodotti energetici ma soprattutto materiali e composti chimici ad alto valore aggiunto. Tale concetto presenta numerose analogie con il tradizionale concetto di raffineria petrolchimica, confermando una certa convergenza di base tra le potenzialità della chimica del petrolio e di quella rinnovabile da biomasse.

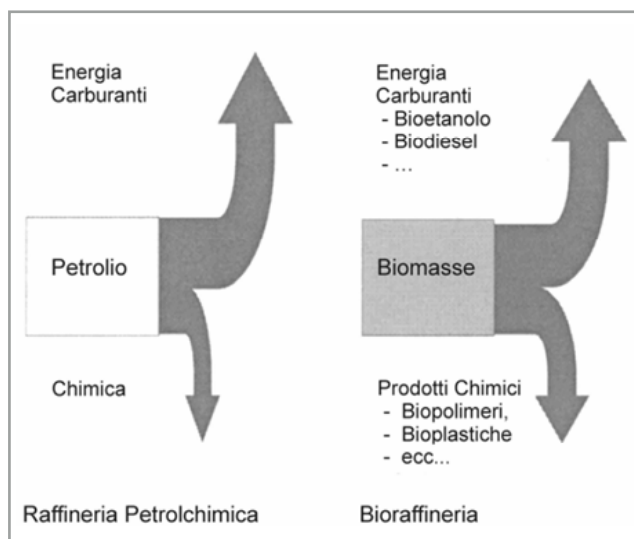


Fig. 38: Raffineria e Bioraffineria. Confronto.

Le bioraffinerie sono state identificate come la via più completa e promettente per la creazione di un'industria basata su prodotti derivati da materiali di origine biologica in grado di valorizzare le diverse componenti chimiche della biomassa.

27 Biorefineries – Industrial Processes and Products. Status quo and Future Directions.

L'obiettivo è di utilizzare la parte più nobile della biomassa (amido, olio, cellulosa, proteine e componenti minori) per la produzione di composti chimici ad elevato valore aggiunto per l'industria o di molecole chimiche (glicerina, acido lattico, acido sebacico, acido propionico etc.) per successive trasformazioni chimico fisiche ed enzimatiche e/o successive sintesi organiche.

La biomassa residua da questi processi, oscillante orientativamente tra il 10% e il 40% della biomassa iniziale, può essere utilizzata per la produzione energetica necessaria per il funzionamento dell'impianto stesso e se in eccedenza può essere immessa sul mercato sotto forma di energia elettrica o calore.

Le possibili evoluzioni della tematica non sono definibili con chiarezza sia in termini chimici che economici ma esiste una classificazione di bioraffineria in 3 gruppi a diverso livello di tecnologia²⁸:

- Bioraffinerie di prima generazione. Sistemi con capacità di processo fissa e privi di flessibilità di processo al di là di una filiera di produzione di un prodotto principale (ad es. etanolo) ed un sottoprodotto.
- Bioraffinerie di seconda generazione. Sistemi che possono produrre a partire da un prodotto base (ad es. amido) diversi materiali per differenti applicazioni come ad esempio nella produzione di bioplastiche.
- Bioraffinerie di terza generazione. Sistemi che consentono la produzione di molecole base (building blocks) per successivi processi chimici di sintesi a partire da biomassa agricola o forestale.

Senza ulteriori particolari è comunque da evidenziare come in tutti i casi le diverse tecnologie di raffinazione, separazione e trasformazione industriali sull'intero flusso di materia vegetale in ingresso rivestono un'importanza primaria nello sfruttamento ad elevato valore aggiunto del maggior numero possibile di componenti delle biomasse stesse.

Il collegamento agricoltura-industria sul territorio rappresenta una condizione in grado di massimizzare i benefici sul territorio stesso sia in termini economici che ambientali.

²⁸ Luca Lazzeri, Lorenzo D'Avino, Beppe Croce, Fabrizio Merlo, Luciana Angelini dell'Associazione Chimica verde bionet

Alcuni recenti esempi sono:

■ *DuPont*²⁹ ha creato una joint venture con *Tate&Lyle*, il maggiore produttore di prodotti a base mais con esperienze nei processi di fermentazione, per produrre 1,3 Propandiolo, principale componente per biopoliestere e polioli liquidi (2006);

■ Un impianto da 45.000 tonnellate di capacità è in costruzione da parte di *Novamont*³⁰ che ha costituito una NewCo 50/50 (chiamata S.I.N.C.R.O.) con 500 agricoltori umbri (2010);

■ *Polimeri Europa* (prima azienda chimica italiana, controllata da Eni) e *Novamont* (società leader mondiale nel mercato delle plastiche biodegradabili) hanno firmato il 26 maggio 2011 l'atto costitutivo della nuova società *Matrica* che realizzerà un innovativo complesso di Chimica Verde a Porto Torres (Sardegna). L'intesa prevede che, utilizzando tecnologie *Novamont* e materie prime rinnovabili, vengano realizzati nuovi impianti produttivi di bio-monomeri, bio-lubrificanti, bio-fillers, bio-additivi per elastomeri e bioplastiche. Il progetto, per un investimento complessivo di 500 milioni di euro, si compone di sette nuovi impianti e una catena di produzione integrata a monte con le materie prime vegetali e sarà completato nei prossimi sei anni.

■ Dopo *Novamont*, la californiana *Cereplast* e il gruppo olandese *DSM*, insieme alla francese *Roquette Frères*, hanno deciso di puntare sul nostro paese per produrre biopolimeri. Il nuovo progetto nella chimica verde vede alleati *DSM* e *Roquette*, che attraverso una joint-venture di nuova costituzione (*Reverdia*) intendono costruire a Cassano Spinola, in provincia di Alessandria un nuovo impianto commerciale per la produzione di acido succinico da risorse rinnovabili, mediante fermentazione di derivati amidacei e, in futuro, anche di biomasse cellulosiche, non concorrenti con il consumo umano o animale. La nuova bioraffineria avrà una capacità produttiva di circa 10mila tonnellate ed entrerà in attività, nei piani delle due società, entro il secondo trimestre del 2012.

■ *Metabolix* sta costruendo un impianto per PHA da 50000 tonnellate/anno in joint venture (chiamata *Telles*) con *Archer Daniels Midland*; (USA)

■ La compagnia americana *Ceres* e la *Rohm and Haas* hanno annunciato una collaborazione in materia di ricerca riguardo la produzione del

²⁹ www.ilb2b.it/node/7354

³⁰ www.federchimica.it/Libraries/Eventi_1108_Unesco/Andrea_Distefano_-_Novamont.sflb.ashx

monomero di metacrilato da cellulosic ethanol, principale materia prima per la produzione di numerosi prodotti (vernici, coating, foglie e resine acriliche);

■ In Brasile, è stata creata una NewCo (new company) tra *Pedra Sugar Mill*, *Biagi Group* e *Balbo Group* per la costruzione di un impianto da 10.000 tonnellate/anno di PHB.

■ La *Mossi&Ghisolfi*, azienda leader nel mondo per la produzione di PET ha investito negli ultimi cinque anni 120 milioni di euro per la ricerca sulla produzione di etanolo da una combinazione di canna di fosso e scarti di agricoltura (soprattutto paglia) o della coltivazione di pioppi. La raffineria costerà altri 120 milioni di euro e produrrà 40.000 tonnellate di etanolo l'anno con canna palustre, la famosa *Arundo Donax*, che sarà coltivata nel raggio di 30 chilometri, con poca acqua, senza l'uso di fertilizzanti e su terreni comunque marginali.

■ A luglio 2011, *Dow* e *Mitsui* hanno costituito in Brasile la joint-venture paritetica per la produzione di bioetanolo da canna da zucchero, per arrivare a sintetizzare intermedi e polimeri per la chimica verde. Nell'ambito dell'accordo, il gruppo giapponese ha rilevato il 50% delle attività Dow a Santa Vitória (Minas Gerais, Brasile). L'obiettivo è trasformare questo complesso chimico nel più grande polo integrato a livello mondiale per la produzione di materie plastiche bio-based ottenute da bioetanolo, destinate ad applicazioni di imballaggio, igiene e medicale.

Secondo quanto riportato in una nota, le fasi di engineering e costruzione degli impianti hanno subito un'accelerazione nel terzo trimestre e stanno procedendo secondo programma, con l'obiettivo di avviare la produzione nel secondo trimestre del 2013.

■ 21 Gennaio 2012. A pochi giorni dall'acquisizione da parte di *Novamont* dell'impianto ex *Biotalia* di *Adria Rovigo*, arriva la firma dell'accordo di joint-venture con *Genomatica* per la produzione di 1,4-butandiolo (BDO) da risorse rinnovabili. Sarà infatti lo stabilimento rodigino, in passato dedicato alla sintesi della lisina, ad ospitare il primo impianto in Europa dedicato al bio-BDO, che entrerà in funzione nel corso del 2013 con una capacità intorno alle 20mila tonnellate annue, utilizzando il processo messo a punto da *Genomatica*.

“La ricerca di modelli di sviluppo in grado di conservare le risorse del pianeta preservando e aumentando la qualità della vita dei suoi abitanti

rappresenta la vera sfida per il futuro. Si tratta di favorire una transizione da un'economia di prodotto a un'economia di sistema, questo rappresenta un grande salto culturale verso una sostenibilità economica e ambientale che deve coinvolgere l'intera società, a partire dalla valorizzazione del territorio e dalla attitudine collaborativa tra i diversi interlocutori in gioco. La ricerca scientifica e l'innovazione, rivolte a ottenere prodotti e processi produttivi indirizzati ad un sistema di sviluppo più consapevole e meno dissipativo sono i drivers che consentiranno una crescita reale e di lungo periodo del nostro mondo e che ci permetteranno di evolvere in modo competitivo e sostenibile dal punto di vista ambientale. A patto di non rinviare la conversione assumendo al più presto decisioni chiare e soprattutto lungimiranti, che mettano al centro i cittadini e il loro ambiente. La politica per la sostenibilità ambientale ha bisogno di una strategia di innovazione ambiziosa che sia caratterizzata da innovazione sostanziale: miglioramenti ambientali assoluti al di là di effetti di rimbalzo. Questo include miglioramenti incrementali dinamici, diffusione globale (effetti ambientali globali), ampia penetrazione del mercato, alta velocità del ciclo di innovazione, accelerazione delle politiche in grado di stimolare le innovazioni secondarie che riducono i costi e migliorano l'eco-efficienza dei prodotti e dei servizi. Gli strumenti che come sistema abbiamo a disposizione per supportare questa strategia di innovazione dovrebbero essere volti a individuare ed incentivare i soggetti che hanno un ruolo di drivers dedicandosi ai progetti più rischiosi ed avanzati delle bioraffinerie integrate di terza generazione, partecipando ai piani di reindustrializzazione ad alto contenuto di innovazione dei siti chimici nazionali, facilitando la creazione di casi studio e la definizione di standard di sistema correlati, supportando la formazione e la creazione di nuove competenze a diversi livelli attraverso i casi studio.”³¹

Le biomasse e le bioraffinerie in futuro offriranno una soluzione per ridurre in modo significativo le emissioni di CO₂, con notevoli benefici in termini economici. Ciò è quanto emerge dal rapporto del World economic forum (Wef) dal titolo “*Il futuro delle bioraffinerie industriali*”. Il Wef sostiene che “le bioraffinerie ricoprono un ruolo importante nel contrasto ai cambiamenti

31 13 ottobre 2011. Le bioraffinerie di terza generazione integrate nel territorio per il rilancio della chimica italiana. Catia Bastioli, Novamont Spa, Novara.

climatici” mentre “le biomasse possono generare un potenziale di ritorno economico”. Al 2030, infatti, le stime sono di 15 miliardi dollari per l'agricoltura, 89 miliardi per la produzione di biomasse e 30 miliardi per il commercio delle biomasse. Sempre le biomasse, poi, sarebbero in grado di generare “un ritorno di 80 miliardi per la bioraffinazione dei combustibili, di 6 miliardi per le bioplastiche e di 65 miliardi per elettricità e riscaldamento”. Come ribadito dall'autore del rapporto David King, direttore della Smith School per le imprese e l'ambiente all'università di Oxford, le bioenergie “creeranno significative opportunità di business, ma ovviamente bisogna dare vita a una transizione che dai combustibili fossili che liberano carbonio conduca ad un modello di produzione industriale più sostenibile”.

3.1.2. Disponibilità materia prima (da aree agricole o da biomasse)

In contrasto con un clima favorevole allo sviluppo di materiali sensibili alle problematiche ambientali e in concomitanza con un elevato aumento dei prezzi dei prodotti alimentari, si sono accese polemiche, sull'utilizzo di aree agricole o di prodotti alimentari (mais, zuccheri, alcool, farine) per produrre biocarburanti ed altri prodotti industriali.

Questa politica è stata accusata di essere la causa dell'aumento dei prezzi e della fame nel mondo.

Anche se è noto che solo una piccola percentuale di petrolio è utilizzata per la produzione di materie plastiche, il problema della disponibilità di materie prime per la produzione di biopolimeri è strettamente correlata con il problema della produzione di biocarburanti. In diversi paesi sono stati fissati obiettivi di utilizzo di biocarburanti molto importanti³². Per quanto riguarda l'Europa le direttive prevedono:

■ La Direttiva 2003/30/CE, maggio 2003 (*allegato 6*), integrata dalla Direttiva

³² (<http://www.inter-plast.info/>). A network for a competitive and sustainable plastic products design. Il progetto Inter-plast2 viene concepito nell'ambito di una consolidata collaborazione di alcuni enti pubblici e privati che operano nei rispettivi paesi a supporto del mondo industriale nel settore dei materiali polimerici.

2003/96/CE (ottobre 2003) ha indicato due obiettivi per i bio-carburanti (biofuels):

- 2% dal dicembre 2005
- 5,75% dal dicembre 2010

■ La commissione ha discusso nel settembre 2008 nuovi livelli (da omologare):

- 5% dal 2015
- 10% nel 2020 (da ridiscutere entro il 2014)

Per quanto riguarda la produzione di biocarburanti da fonti rinnovabili, gli Stati Uniti avrebbero bisogno del 43% e la UE del 38% di superficie agricola complessiva per sostituire il 10% di combustibile fossile utilizzato per il trasporto. Il consumo di combustibili fossili per il trasporto in Germania è attualmente di 67 milioni di tonnellate. Per produrlo come biocarburante sarebbero necessari circa 30 milioni di ettari di terreni agricoli (in totale in Germania: 36 milioni di ettari). Attualmente usufruendo della superficie agricola non utilizzata in Germania (1,5 milioni ettari) circa il 5 % di combustibili fossili (3 milioni di tonnellate) potrebbero essere sostituiti.

La situazione è diversa nei paesi in via di sviluppo: ad esempio, l'India ha una superficie agricola di 173 milioni di ettari. Circa 40 milioni di ettari non vengono utilizzati. Questi terreni potrebbero produrre 80 milioni di tonnellate di etanolo.

Il Brasile produce attualmente 17 milioni di tonnellate di etanolo. Secondo uno studio pubblicato dalla Comunità europea, tuttavia, molto presto il 25% della superficie agricola in Europa non sarà più coltivata per produzioni alimentari, in quanto la Comunità ha deciso di modificare la politica in sostegno economico al settore agricolo. In questo caso lo sviluppo il biopolimeri, anche se non risolverebbe il problema di materie prime, potrebbe rappresentare una fonte di guadagno non trascurabile per il settore.

Si stima che oggi in Europa circa 20 milioni di ettari siano disponibili per produzioni non alimentari. Basandosi su una resa media di circa 2-2,5 tonnellate di biopolimeri / ettaro, il terreno agricolo disponibile potrebbe essere sufficiente per la produzione di 40 - 50 milioni di tonnellate/anno di biopolimeri (cioè il 17-20% della produzione totale annua globale di materie plastiche).

L'uso di biomasse come fonte per materie prime rinnovabili, potrebbe risolvere il problema sia per i biocarburanti che per i biopolimeri. È importante sottolineare che le biomasse sono disponibili in gran quantità, anche se, oggi, le tecnologie per il loro totale utilizzo non sono ancora pienamente disponibili. Diversi studi su questo argomento sono in corso, con la partecipazione di Università ed Imprese.

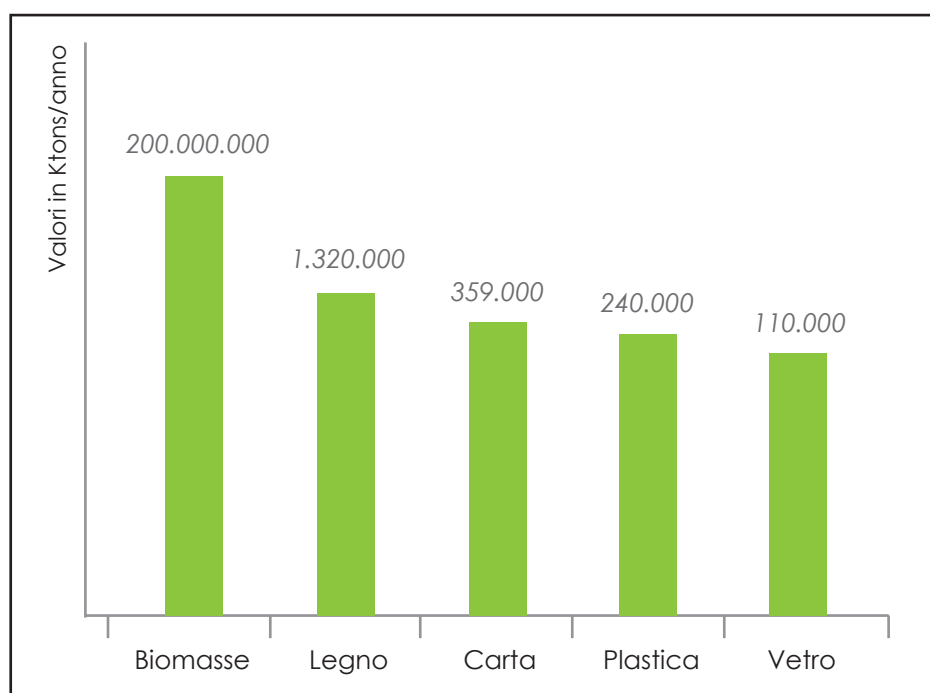


Fig. 39: Disponibilità biomasse. Fonte: Plastic Europe Italia.

Questo punto, comunque, è stato toccato da molti relatori all'European Bioplastic Conference 2011³³ (WWF, CleverConsult, NNFCC, Gaielene). Sono stati presentati dati provenienti da varie fonti, inclusa la FAO³⁴. NNFCC stima per esempio la disponibilità, in Europa, dai 250 agli 800 milioni di ettari per la bioeconomia. L'utilizzo di terreni per 'coltivare' biopolimeri, anche prevedendo un grande sviluppo, avrebbe un impatto molto basso sulle risorse alimentari.

33 European Bioplastics Conference 2011. La conferenza internazionale sui biopolimeri si è tenuta il 22 e 23 novembre 2011 presso il Maritim proArte Hotel di Berlino. Gli interventi hanno riguardato il mercato, i nuovi sviluppi nei materiali e nelle applicazioni, offrendo l'occasione per fare il punto su un settore in rapido sviluppo tecnologico ed economico. La conferenza viene organizzata ogni anno in Germania.

34 Food and Agriculture Organization of the United Nations. La FAO fornisce assistenza tecnica ai paesi che chiedono di essere assistiti nello sviluppo del proprio settore rurale e nella formulazione di programmi e politiche per la riduzione della fame. Assiste i paesi anche nella pianificazione economica e nella stesura di bozze di legge e di strategie nazionali di sviluppo rurale. La FAO mobilita e gestisce fondi stanziati dai paesi industrializzati, da banche per lo sviluppo e da altre fonti garantendo che i progetti raggiungano i loro obiettivi.

Il problema diventerebbe invece molto critico se si volesse trasformare tutta la benzina oggi utilizzata in biocarburante. Gialene ha citato uno studio commissionato del governo francese ("Analyse-Availability of arable land for the security of the mankind") che sostiene che la terra arabile disponibile nel mondo è molto superiore a quella necessaria per assicurare sicurezza di cibo all'intera umanità.

E' stato anche ricordato (NNFCC e WWF) che il problema potrebbe essere risolto ricorrendo alle biomasse come fonte di materia prima rinnovabile (225-270 milioni di tonnellate in Europa secondo DSM). E' noto che già oggi numerose aziende stanno cercando di sostituire la materia prima alimentare (zuccheri, mais, ecc) con biomasse di altro tipo. Come già ricordato, lo sviluppo di biopolimeri da risorse rinnovabili favorirebbe la creazione di posti di lavoro e nuove opportunità di mercato per il settore agricolo.

IL CONCETTO DI BIOMASSA

Le biotecnologie industriali rappresentano una grande opportunità di innovazione per l'industria chimica ed energetica grazie al contributo che esse sono in grado di offrire alla realizzazione di un nuovo modello industriale, un modello rispondente a criteri di sostenibilità basato sulla possibilità di produrre a partire da materie prime rinnovabili in alternativa a quelle fossili attualmente utilizzate. Lo sviluppo dei processi biotecnologici, facendo leva su continui progressi tecnologici, sta infatti aprendo la possibilità di produrre importanti chemicals per vie alternative, a costi gradualmente più competitivi rispetto agli attuali processi petrolchimici³⁵.

Tra i miglioramenti tecnologici più significativi sono in particolare:

- I miglioramenti di produttività delle colture agricole, ottenuti anche grazie ai contributi dell'ingegneria genetica.
- Lo sviluppo di sistemi enzimatici innovativi, a costi decrescenti
- Le miglorie delle tecnologie di fermentazione
- Lo sviluppo di processi microbici innovativi per la conversione diretta di carboidrati a intermedi e/o prodotti finali

L'insieme delle evoluzioni di cui sopra, rende possibile la riduzione dei costi dei derivati da materie prime rinnovabili, a fronte di un prevedibile

35 Technology Vision srl. Peter R. Schwarz, Prodotti chimici da Biomasse.

aumento tendenziale dei prezzi delle risorse fossili. E' quindi attesa una crescita progressiva dell'impiego di biomasse e specificatamente di carboidrati quali materie prime di partenza per la chimica. In questo modo sarà anche possibile venire incontro alla crescente domanda a livello mondiale di prodotti energetici e di chemicals di base, specialmente nelle aree geografiche a più elevato tasso di crescita, quali Cina, India, Brasile. In quest'ottica, grandi gruppi chimici quali DuPont, Dow Chemical, BASF, DSM, in collaborazione con le industrie del comparto agro-alimentare, sono impegnati nello sviluppo di nuove piattaforme tecnologiche finalizzate alla produzione per via biologica di building blocks chimici. In conclusione, sulla base di fattori ambientali, tecnologici ed economici, si va configurando una chimica articolata come dalla figura seguente:

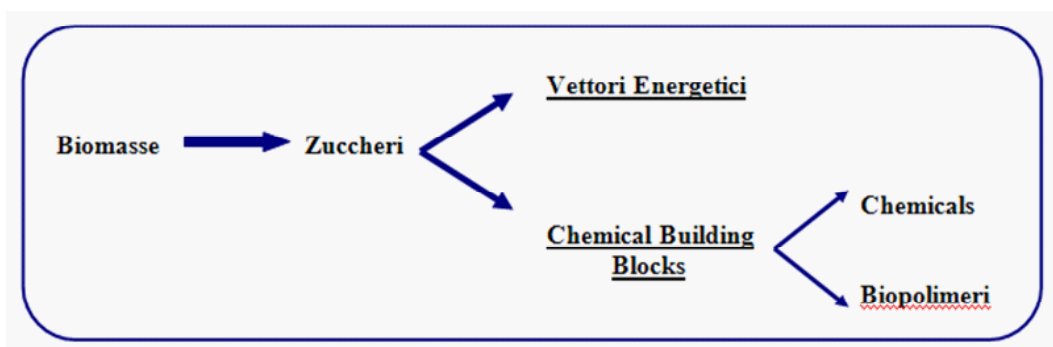


Fig. 40: Trasformazione: dalle biomasse ai biopolimeri.

Con il termine biomassa si intendono tutte le sostanze di matrice organica non fossile, ossia i sottoprodotti agricoli e forestali, i residui agro-industriali, i residui della depurazione delle acque, particolari colture arboricole e di canna da zucchero. Esse possono essere considerate risorse rinnovabili purché, nel caso delle colture, vengano impiegate ad un ritmo inferiore alla capacità di rinnovamento biologico, consentendone una naturale ricrescita. La biomassa è la forma più complessa di accumulo di energia solare, la quale consente alle piante, mediante il processo della fotosintesi, di convertire la CO₂ presente nell'aria in nuova materia cellulare. Pertanto, al momento dell'utilizzo della biomassa a fini energetici, la quantità di anidride carbonica rilasciata è quasi pari a quella assorbita dalla biomassa durante la crescita. Non vi è, quindi, alcun contributo all'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera.

Anche nel settore biopolimeri si stanno effettuando molte ricerche per cercare fonti alternative di materia prima:

SOCIETA'	PRODOTTO	FONTI ALTERNATIVE
Rodenburg	amido	scarti di lavorazione delle "french fries"
Potatopak	amido	dall'acqua di scarto nel processo di produzione delle patate fritte
DuPont Cereplast Vegeplast	amido	dai fusti e dalle foglie del mais

Fig.41 : Alcuni esempi di ricerca.

L'amido ed il destrosio finora utilizzati per la produzione delle maggiori quantità di BP provengono da mais alimentare e sono reperiti secondo le disponibilità e i prezzi del mercato internazionale. L'amido, con rese leggermente inferiori rispetto al mais (9,1 t ha⁻¹), potrebbe anche essere derivato da patata (8,2), frumento tenero (5,5), orzo (5,3) riso o sorgo. Il destrosio utilizzato da Natureworks LLC è oggi estratto da mais prodotto nei dintorni (400.000 t di mais per 140.000 t di PLA), ma da un punto di vista tecnologico si potrebbe prevedere di utilizzare anche altri materiali, quali barbabietola da zucchero o patate. Di estremo interesse ambientale (ma di minor interesse per il settore agricolo) sono le sperimentazioni per produrre BP da materiali di scarto, come ad esempio quelli derivanti dall'industria agroalimentare (conserviera, casearia e della lavorazione del pomodoro), ma anche da alghe, stoppie di mais o da raccolta differenziata della frazione organica dei rifiuti urbani.

Lo sviluppo dei biopolimeri potrebbe essere agevolato da una tassazione maggiore per i prodotti ad alto impatto ambientale o da una tassazione ridotta per i materiali con un impatto ambientale più favorevole. Riguardo ai costi il problema basilare risiede principalmente nella mancanza di un'economia di scala di cui beneficia la produzione di massa, ciò rende poco competitivi i biopolimeri dal punto di vista economico. Per far fronte a ciò, accanto alle continue ricerche per migliorare i processi e ridurre i costi, si sta sviluppando la tendenza a stringere accordi tra industrie produttrici di polimeri e industrie agricole, per produrre biopolimeri o biomonomeri a prezzi competitivi. In questo modo potrebbe risolversi, almeno in parte, il problema della disponibilità di materia prima. Ad oggi non esistono colture

dedicate alla produzione dei biopolimeri, così la materia prima viene reperita in base al prezzo più basso e non sulla base di pluriennali accordi di una filiera agro-industriale.

Il mercato dei biopolimeri dipenderà quindi sia dalle politiche di sviluppo che verranno attuate, sia dall'importanza che i consumatori daranno ai prodotti "ambientalmente sostenibili".

3.2. Sviluppo nuove applicazioni

Questo argomento richiede uno sforzo molto elevato da parte della ricerca per lo sviluppo di formulazioni che possano permettere di adattare i biopolimeri ad applicazioni specifiche.

Come è noto, lo sviluppo di compound è stato il principale punto di forza per l'espansione delle materie plastiche. Un punto specifico riguarda la ricerca e la creazione di biocompositi a base di fibre naturali. Nei più ottimistici degli scenari proposti sono previsti fino a 40 milioni di ettari destinati nel 2020 alle colture non alimentari, comprese quelle per energia. In questa prospettiva è prevedibile che anche le colture da fibra possano avere un notevole sviluppo. Si presentano diversi aspetti favorevoli³⁶.

■ Rivalutazione dei prodotti di origine vegetale, in particolare delle fibre in contrapposizione a quelle sintetiche. Ciò soprattutto per la destinazione tessile nell'ambito della quale si inserisce prepotentemente il fattore moda, con eccezionali effetti moltiplicativi del valore aggiunto nel corso dei successivi passaggi. Anche il settore dell'arredo sembra seguire il trend di quello del vestiario, aprendo una nuova destinazione d'uso finora praticamente sconosciuta.

■ Le nuove conoscenze tecniche che ora permettono un più vantaggioso impiego di fibre naturali in sostituzione o in miscela con quelle sintetiche. È il caso dei biocompositi e dei tessuti non tessuti che hanno, e avranno, un mercato in espansione con una vasta gamma di destinazioni d'uso. Di conseguenza, si ritiene che, nel settore delle fibre, così come in quello degli oli, sia elevatissima la potenzialità di sostituzione di materie prime derivate dalla petrolchimica con altre rinnovabili di origine vegetale.

■ La richiesta e la produzione di paste di cellulosa derivate da fibre non legnose sembrano in aumento a livello mondiale. L'incremento sarà favorito

36 (<http://www.chimicaverde.net>). Giampietro Venturi Università di Bologna.

dalla necessità di limitare il taglio di foreste e dalla possibilità di usare le promettenti tecnologie che si stanno rendendo disponibili.

- Lo sviluppo di nuove destinazioni (suggestive per la possibilità di catturare l'interesse del consumatore e dei mass media) quali la bioedilizia e l'industria automobilistica.
- La prospettiva di altre destinazioni minori, quali substrato per le colture dei funghi, lettiera per allevamenti, pacciamatura per colture ortive, protezione antierosiva delle scarpate, ecc..
- La possibilità di impiegare, quali coprodotti, componenti minori derivate da alcune piante da fibre nei settori della cosmetica, della medicina e della chimica fine, aumentando così la redditività delle colture.

In un contesto socio-economico nel quale le nuove normative europee ed internazionali richiedono l'impiego di materiali polimerici dotati di un'elevata sostenibilità ambientale e ciclo di vita controllato, sistemi compositi costituiti da matrici polimeriche biodegradabili e fibre vegetali presenti come fase dispersa, offrono l'opportunità di sviluppare materiali ecocompatibili ed economicamente vantaggiosi, con ampie potenzialità di impiego in svariati settori (imballaggio, trasporti, edilizia, biomedicale, beni culturali)³⁷.

Fibra	Densità g/cm ³	Diametro µm	Resistenza a trazione Mpa	Modulo di Young Gpa	Allungamento a Rottura %
Cotone	1.5-1.6	-	287-800	5.5-12.6	7.0-8.0
Iuta	1.45	25-200	393-773	13-26.5	1.16-1.5
Lino	1.50	-	345-1100	27.6	2.7-3.2
Canapa	-	-	690	-	1.6
Ramiè	1.50	-	400-938	61.4-128	1.2-3.8
Sisal	1.45	50-200	468-640	9.4-22.0	3.7
Cocco	1.15	100-450	131-175	4-6	15-40
Fibra vetro	2.5	-	2000-3500	70	2.5
Fibra aramidica	1.4	-	3000-3150	63-67	3.3-3.7
Fibra carbonio	1.7	-	4000	230-240	1.4-1.8

Fig. 42: proprietà comparative di alcune fibre naturali con tradizionali fibre sintetiche

Alcuni esempi:

- L'aggiunta di kenaf all'interno di una matrice in PLA consente di raddoppiare proprietà meccaniche e termiche. Questo ultimo punto, che è tipico dei polimeri semicristallini è veramente importante, considerando

³⁷ Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-Roma).

che il PLA ha una temperatura di transizione vetrosa (T_g) molto bassa³⁸.

Kenaf %	0	5	10	15	20
Deflection temp. under load °C	62	65	70	110	120
Modulus of elasticity, MPa	4000	4500	5500	6500	8000

Fig. 43: Proprietà PLA rinforzato con Kenaf

■ Porcher Greenlite sono fibre biodegradabili e compatibili con una matrice di resina bio-based. Questo permette a Greenlite di essere scelto su larga scala per la produzione di Bio-compositi. Tramite questo nuovo materiale PORCHER Industries si impegna a sviluppare un materiale innovativo e basato su risorse rinnovabili utilizzando processi a basso impatto ambientale ed ecofriendly.

■ BioVerbundwerkstoff: materiale biocomposito prodotto in Germania per abbigliamento e parti strutturali formato quasi al 100% da risorse rinnovabili. Le fibre rinforzanti sono derivate da lino, canapa, iuta, ramia, chenaf e sisal e sono inserite in matrici biopolimeriche (materiali termoinduriti a base vegetale e termoplastiche a base di cellulosa, amido e acido lattico). Le proprietà di questo materiale si avvicinano a quelle dei compositi in fibra di vetro ma hanno una densità significativamente più bassa.

In questo ambito si inserisce un'altra categoria di materiali che possono essere definiti ugualmente biopolimeri. Si tratta del WPC (Wood Plastic Composite) è un prodotto composto di due elementi: un materiale termoplastico ed un materiale vegetale con caratteristiche per lo più inerti alla temperatura e pressione. La composizione del WPC lo rende completamente ecologico, riciclabile ed ecocompatibile. I materiali impiegati infatti sono: il 30% di HDPE (Polietilene ad alta densità Riciclato Grado A); il 60% di bamboo e fibra di legno opportunamente essiccati e trattati e il 10% di additivi chimici (Anti-UV, Anti-ossidanti stabilizzanti, coloranti, anti fungo, aggreganti, rinforzanti, lubrificanti). Il Wood Plastic Composite³⁹ è pensato per preservare le riserve forestali ed è realizzato con procedimenti rispettosi dell'ambiente. Il Wpc

38 $T_g = 60^\circ\text{C}$. Luciano Piergiovanni, Sara Limbo, Food packaging, materiali, tecnologie e qualità degli alimenti. Springer-Verlag Italia s.r.l., Milano.

39 <http://www.deckingwpc.com>; www.infobuild.it.

presenta specifiche caratteristiche tecniche, come la completa riciclabilità, è 100% ecologico ed eco-compatibile. Esteticamente è simile al legno ma è esente dai problemi ad esso legati. Altamente resistente all'umidità e all'acqua, quindi particolarmente adatto anche in ambienti marini (resistente alle intemperie e ad escursioni termiche comprese tra i -40°C e i +60°C).

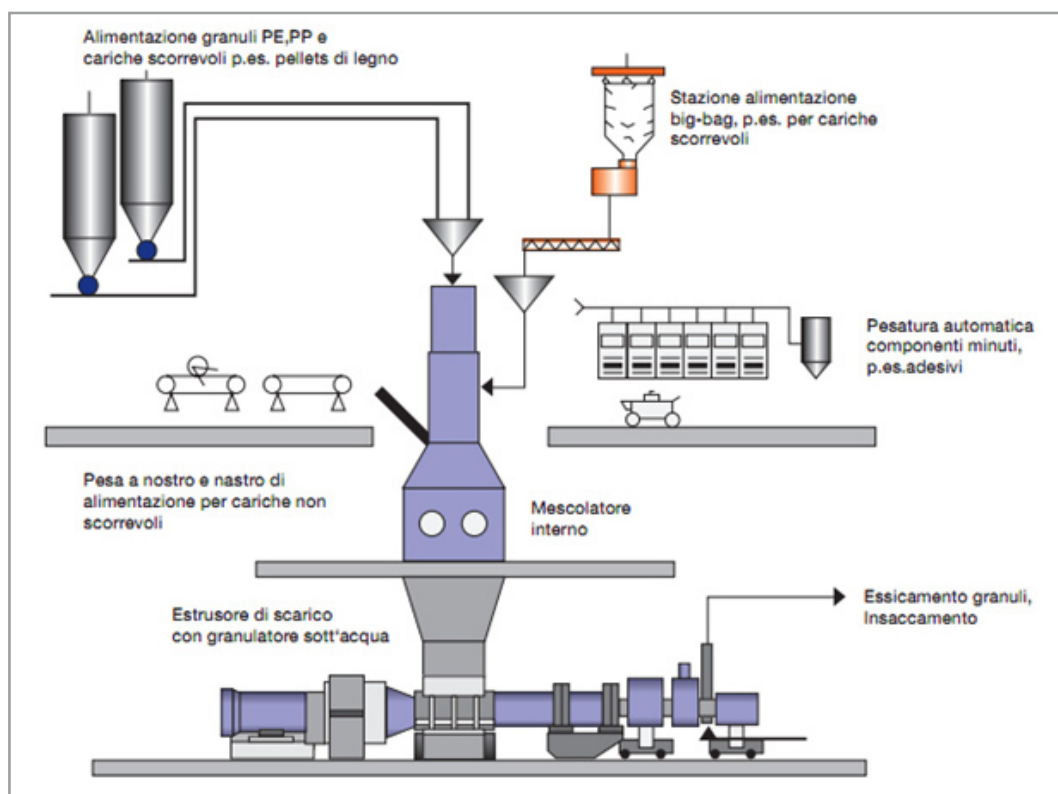


Fig. 44: Schema impianto per la produzione di WPC e Natural Fibre Plastics

Storicamente questo materiale nasce nei paesi Scandinavi nella seconda metà degli anni ottanta; tuttavia, ha il suo sviluppo maggiore negli Stati Uniti dove il mercato nella seconda metà degli anni '90 ne ha registrato una rapida crescita. I materiali ottenuti sono uguali o simili al legno, ma con maggiori prestazioni; infatti sono utilizzati principalmente per rimpiazzare i prodotti in legno. Come la maggior parte dei polimeri plastici, e di conseguenza sui materiali compositi prodotti a matrice termoplastica, i prodotti offerti risultano avere:

- una maggiore durabilità nel tempo contro agenti atmosferici
- una maggiore resistenza verso corrosione salina, fungicida o muffe.
- una maggiore resistenza verso perdita di proprietà meccaniche a seguito di esposizione esterna.
- un limitato valore di assorbimento acqua.

- un'estetica finale comparabile a quella del tipico legno da esterno.
- una molteplicità di colori ottenibili grazie alla matrice termoplastica di base.
- una maggiore flessibilità di produzione per abbattere la percentuale di scarto (taglio a misura in base alle esigenze dei clienti).

I biocompositi, al contrario dei compositi tradizionali anche i più avanzati, sono più leggeri, hanno minore impatto ambientale e caratteristiche funzionali paragonabili⁴⁰.

Va ricordato che le colture da fibra, e in particolare la canapa, sono colture multiuso. Questa caratteristica può e deve essere sfruttata valorizzando scarti e sottoprodotti che in diversi casi possono divenire addirittura coprodotti. Le fibre vegetali presentano in modo variabile caratteristiche che hanno interesse differente per l'uomo a seconda degli obiettivi perseguiti. Caratteristiche positive sono: la biodegradabilità; la resistenza soprattutto alla trazione; la reattività a modifiche chimiche. Caratteristiche negative sono: la incostanza dimensionale, l'igroscopicità può far cambiare il volume in funzione dell'assorbimento di umidità peraltro controllabile con trattamenti già noti; la combustibilità, anch'essa controllabile con trattamenti, che al contrario può essere considerata un vantaggio qualora si volesse ricavare energia a fine ciclo del prodotto. I biocompositi sono prodotti con una vastissima gamma di impieghi, nei quali fibre lignocellulosiche sono mescolate ad altri materiali. Le matrici rinforzate delle fibre possono essere a base di plastica, particelle legnose, metalli, polimeri, ceramiche etc. Nei compositi l'efficienza del rinforzo di fibra dipende dalla capacità di trasferire lo sforzo dalla matrice alla fibra. Ciò è ostacolato dalla scarsa adesione tra superficie idrofila della fibra e polimeri idrofobi normalmente usati come matrici: trattamenti chimici possono migliorare tale adesione e perciò le proprietà meccaniche preservando la biodegradabilità⁴¹.

INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA

Attualmente l'industria automobilistica sembra dare importanza al minor peso e alla resistenza che, se le fibre sono posizionate in modo da essere parallele alla direzione delle forze applicate, può essere paragonabile a

⁴⁰ Progetto di Ing. Gianluca de Majo: "Sviluppo di biocompositi a fibre lunghe per applicazioni ad elevata resistenza meccanica ed ambientale".

⁴¹ www.chimicaverde.net

quella dei polimeri rinforzati o delle fibre di vetro.

In realtà, se in un primo tempo (anni ottanta e inizio anni novanta) l'impiego nell'industria automobilistica di fibre naturali non legnose in sostituzione di quelle legnose o derivate da residui del tessile, successivamente ci si è resi conto dell'importanza di altri aspetti quali:

- bassa densità con possibile riduzione dal 10 al 30% del peso;
- interessanti proprietà meccaniche ed acustiche;
- favorevoli proprietà durante la lavorazione (minore usura degli utensili);
- possibilità di costruire in un solo passaggio anche elementi complessi;
- favorevole comportamento in caso di incidente (alta stabilità, assenza di schegge);
- favorevole ecobilancio sia nella fase produttiva che in quella di utilizzo (il minor peso consente risparmio di carburante);
- benefici per la salute in confronto alle fibre di vetro;
- assenza di componenti gassosi tossici (in confronto a resine fenoliche legate al legno e a fibre di cotone riciclato);
- prezzi vantaggiosi in confronto alle tecnologie usate in precedenza e alle fibre sintetiche (il cui costo è legato al petrolio).

Questi aspetti hanno evidentemente importanza se una ventina delle principali case automobilistiche (Audi, BMW, Citroen, Daimler Chrysler, FIAT, Ford, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Rover, Saab, SEAT, Toyota, Volkswagen, Volvo) usa, in diverse parti della vettura di diversi modelli, fibre vegetali, che presentano inoltre un ottimo isolamento dal calore, permettono di risparmiare energia termica nelle operazioni di riciclo ed hanno anche una buona e riproducibile qualità. Con le tecnologie attuali possono essere usati da 5 a 10kg di fibre naturali per auto (escluse le imbottiture dei sedili). Per i 15-20 milioni di autovetture prodotte annualmente in Europa si può avere una richiesta da 75000 a 200000t di fibre vegetali per anno. Poiché la produzione di un ettaro può variare da 2 a 4 t, ciò significa da un minimo di 20000 ad un massimo di 100000 ettari. Il mercato può diventare ancora più ampio qualora si possa disporre di nuove tecnologie che abbassino i costi e migliorino le prestazioni dei prodotti. In effetti, valide tecnologie per ottenere biocompositi sono già disponibili e diverse altre paiono promettenti. Le fibre vengono confrontate con i materiali tradizionali anche per aspetti particolari come ad esempio gli "odori". Per utilizzare i materiali da fibre anche in parti esterne delle vetture è necessario ridurre il maggiore assorbimento di acqua.

BIOEDILIZIA

L'impiego di fibre naturali nel settore delle biocostruzioni è di crescente interesse, sia per gli effetti isolanti che con funzione di alleggerimento o per rinforzare strutture portanti. Per l'isolamento acustico o termico vengono tradizionalmente impiegate fibre di vetro o polistirolo: entrambi possono essere sostituiti da fibre naturali che forniscono risultati equivalenti o migliori, richiedono meno energia per la produzione e sono meno soggette ad attacchi di muffa se all'esterno. Di grande interesse l'uso di fibre vegetali (canapa in particolare) per rinforzare materiali cementizi e aumentarne resistenza e durata nel tempo, soprattutto in condizioni di elevata variabilità climatica.

ALTRI IMPIEGHI

Fra gli impieghi inusuali di biocompositi sono ricordati ad esempio i giubbotti protettivi antimine per gli artificieri. Le fibre vegetali, mescolate in varie percentuali con fibre sintetiche, vengono usate per formare materiale tessile permeabile, tessuti non-tessuti usati con funzioni di rinforzo, drenaggio, separazione, protezione etc. Trovano un impiego crescente nelle autostrade, in aree costiere etc. per evitare frane ed erosioni e sempre più in campo agricolo come pacciamatura e per conservazione del suolo, in particolare in orticoltura. Materiali a fibre vegetali hanno anche il vantaggio di essere degradati in tempi più brevi in confronto ad esempio ai poliesteri. Va ricordato infine un ulteriore aspetto: quello sull'ambiente. L'impiego di fibre vegetali nei biocompositi può avere anche un notevole impatto sull'ambiente. Ad esempio per ogni kg di fibra di canapa che sostituisce fibra di vetro nei compositi vengono risparmiati 1,4kg di CO₂ per l'intero ciclo di vita, dalle fasi di produzione agricola fino al riciclo del prodotto finale. L'impatto sull'ambiente dell'impiego di fibre vegetali per destinazioni di uso diverso deve essere sempre valutato considerando l'intera catena e applicando le tecniche della LCA che utilizzano appositi indicatori. Questi ultimi assumono significato e peso diverso a seconda delle situazioni e degli obiettivi che si intende perseguire. I coprodotti possono quindi essere un fattore importante di vantaggio o svantaggio. Va anche ricordato che, con il rapidissimo sviluppo di nuove tecnologie, le condizioni

del processo possono cambiare e mutare gli effetti sull'ambiente. Ne deriva l'inopportunità di generalizzare acriticamente i risultati delle ricerche senza tener conto delle specifiche situazioni in cui si opera.

Rispetto alle fibre tradizionali, le biofibre presentano⁴²:

■ Vantaggi

- Costi sensibilmente inferiori
- Alta disponibilità e rinnovabili
- Bassa densità
- Minor abrasività nella lavorazione
- Biodegradabilità
- Minori problemi di riciclo (in impianti di recupero energetico possono essere bruciate)
- Caratteristiche di isolamento termico ed acustico per la loro struttura.

■ Svantaggi

- Incompatibili con matrici polimeriche idrofobiche
- Scarsa resistenza all'umidità
- Assorbimento di umidità (circa 10-20%) che può causare rigonfiamenti
- Tendenza a formare aggregati durante il processing
- Bassa resistenza alle temperature di lavorazione. Sopra i 200/220 C si possono avere fenomeni irreversibili di degradazione
- Bassa stabilità dimensionale
- Variabilità sia da siti di produzione che stagionali

Vi è, ancora, la necessità di effettuare molte ricerche, al fine di consentire l'uso di fibre naturali per oggetti stampati ad iniezione (un esempio ben noto di pezzo stampato ad iniezione è la carcassa di un cellulare recentemente sviluppato da NEC e Unitika).



Fig. 45: cellulare sviluppato da
NEC e Unitika

⁴² Proplast: plastic innovation pole.

In questo caso vi è la necessità di una modifica superficiale in modo da migliorare la bagnabilità e l'adesione tra le biofibre e la matrice polimerica (soprattutto quelli apolari), la resistenza e l'invecchiamento del biocomposito.

Nel compounding, per favorire l'adesione, è, inoltre, opportuno impiegare agenti compatibilizzanti (ad esempio poliolefine maleate) o utilizzare matrici innestate con gruppi funzionali. Le fibre naturali vengono molto utilizzate con i polimeri petrolchimici perché consentono una significativa riduzione di peso (nel settore automobilistico è importante perché si ha una conseguente riduzione di combustibile) e semplifica il recupero dei prodotti. Oggi vengono principalmente trasformate per stampaggio a compressione e termoformatura.

Il consorzio Proplast, che ha collaborato allo sviluppo di questa fase di ricerca, esegue diversi studi sull'uso di fibre naturali per la produzione di oggetti stampati ad iniezione. Ciò ha contribuito a individuare molti problemi, che richiedono ancora molti studi, al fine di trovare una soluzione:

- i prodotti naturali hanno una elevata variabilità da lotto a lotto (composizione, proprietà, qualità), anche in relazione al livello di pulizia;
- necessità di modifiche superficiali per migliorare bagnabilità, adesione, resistenza, impatto, durabilità;
- formazione di polveri durante la macinatura delle fibre e successiva miscelazione. Ciò determina una variabilità di dimensioni delle particelle della fibra e la conseguente difficoltà di misurazione nel compounding e l'intasamento dei fori della filiera con aumento di pressione e degradazione
- durante il compounding e la trasformazione appaiono evidenti i segni della degradazione termica e l'ingiallimento delle fibre. Per ridurre questi problemi, per quanto possibile, possono essere richiesti bassi shear e bassi tempi di permanenza;
- la presenza di acqua e di materiali volatili richiede una ventilazione molto efficiente per la loro eliminazione;
- i compound devono essere attentamente essiccati prima di essere trasformati a causa del rapido assorbimento di umidità;

PRINCIPALI PRODUTTORI DI BIOFIBRE E BIOCOMPOSITI

Sia per i polimeri petrolchimici che per i biopolimeri l'aggiunta di rinforzi fibrosi consente di migliorare le proprietà termiche, meccaniche e strutturali. Il controllo dell'orientamento delle fibre stesse, permette di "ottimizzare" le proprietà. Di seguito una tabella dei principali produttori.

Producer	Count	Hemp	Flex	Jute	Sisal	Kenaf	Applications
Agro-Dienst	DE	yes	-	-	yes	-	costruzioni/orticoltura
Agro fibra	ES	yes	-	-	-	-	automobile/textile
August Beyer GmbH&co.	DE	yes	yes	yes	yes	-	automobile/textile
BaFa	DE	yes	-	-	-	-	-
La Centrale Liniere Cauchoise	FR	-	yes	-	-	-	automobile
La Chanvriere De l'Aube	FR	yes	-	-	-	-	costruzioni
EcoCanapa	IT	yes	-	-	-	-	tessile/costruzioni
Eurochanvre	FR	yes	-	-	-	-	papier/automobile
Fibranova	IT	yes	-	-	-	-	batiment/automobile
Geotex	FR	yes	yes	-	-	-	papier/automobile
Hanfaserfabrik	DE	yes	-	-	-	-	automobile
Hemcore ITD	UK	yes	-	-	-	-	production de mats
Hempflax	NL	yes	-	-	-	-	compound
Hempron	NL	yes	-	-	-	-	-
Holstein Flachs	DE	yes	yes	-	-	-	textile
Kefi	IT	-	-	-	-	yes	filature
S.A. Jean Decock	FR	-	yes	-	-	-	corderie
Liniere de Bosc Nouvel	FR	-	yes	-	-	-	packaging/desing
Procotex	BE	-	yes	-	-	-	batiment
Saneco	FR	-	yes	-	-	-	-
Technilin	FR	yes	yes	-	yes	-	-
Terrachanvre	FR	yes	-	-	-	-	-
Terre de lin	FR	-	yes	-	-	-	-
Van Robaeys	FR	-	yes	-	-	-	-
Vernaro	DE	yes	-	-	-	-	-
NAFGO	DE	-	-	yes	yes	-	-
J. Schilgen	DE	-	yes	-	-	-	-
Lenzing	A	-	-	-	-	-	-
Buckmann		-	-	-	-	-	-

Fig. 46: Tabella. Produttori di biofibre e biocompositi.

3.3. Linee di ricerca

Le principali linee di ricerca nel settore delle bioplastiche sono:

- Ottimizzazione formulazioni polimeri biodegradabili attraverso la ricerca di bioadditivi
- Ricerca di Biomonomeri per la realizzazione di polimeri "tradizionali" non biodegradabili da fonte rinnovabile
- Studio della processabilità e finitura superficiale
- Studio della durabilità per soddisfare le richiesta di durata dei manufatti
- Fine vita di manufatti stampati di elevato spessore (riciclabilità, biodegradabilità e/o compostabilità)

3.3.1. Bioadditivi

La possibilità di sviluppare nuove applicazioni è strettamente legata alla capacità di ottimizzazione di biopolimeri e biocompositi per specifiche applicazioni. Questo obiettivo richiede a sua volta lo studio e lo sviluppo di additivi ed agenti rinforzanti da fonte naturale che possano essere incorporati nei biopolimeri.

L'uso di additivi è essenziale per migliorare le proprietà per consentire la crescita dei biopolimeri non solo in applicazioni nel packaging, ma anche in applicazioni usa e getta come posate, piatti, tazze e nei beni durevoli per applicazioni più critiche in altri settori come l'automotive, i trasporti, elettrico / elettronico / elettrodomestici. Lo sviluppo di biomateriali a caratteristiche ottimizzate conferma l'interesse per la messa a punto di biopolimeri per applicazioni al di fuori dell'imballaggio per cui la biodegradabilità/compostabilità non è un fattore vincolante.

Una via per migliorare le caratteristiche dei biopolimeri, come detto nel paragrafo precedente è quella di sviluppare materiali impiegando fibre di origine naturale (wood fibers, kenaf, sisal, canapa, ecc...); Un'altra via per far sì che i biopolimeri possano essere impiegati per beni durevoli è quella di utilizzare additivi di origine naturale, in entrambi i casi si mantiene la biodegradabilità /compostabilità. Per quanto riguarda gli additivi vi sono diverse aziende stanno operando ed offrendo prodotti sul mercato. Informazioni sugli additivi sono disponibili sia sul catalogo allegato a questa tesi, sia sui vari siti degli enti certificatori (es. DIN Certco, Vinçotte, BPI, JBP, ecc...) . Nella scelta degli additivi e nelle problematiche formulative è necessario tener presente , come già citato, alcuni vincoli posti dalle normative, nel caso in cui il requisito della compostabilità dei manufatti realizzati sia vincolante. Infatti, nella scelta e nell'utilizzo degli additivi, è necessario ricordare che le norme sulla biodegradazione/compostabilità richiedono che: ciascun componente deve essere controllato per quanto riguarda compostabilità e biodegradazione.

Ciascun componente organico non biodegradabile deve essere presente al di sotto dell'1%, ed il totale di questi componenti deve essere al di sotto del 5%.

Inoltre:

- sottoprodotti tossici non possano essere rilasciati nell'ambiente;
- la concentrazione di metalli pesanti deve essere sotto il livello ammesso dalle leggi;
- non deve inoltre causare effetti negativi sulla qualità del compost ottenuto;

Molti additivi presenti sul mercato sono per PLA, in quanto è il biopolimero con maggiori possibilità di sviluppo (di beni durevoli) nei prossimi anni.⁴³ Esistono, comunque, in commercio anche molti additivi per PHA e per i polimeri da amido.

L'acido polilattico è un materiale con due grossi punti critici:

- scarsa resistenza termica, che crea problemi nell'impiego a contatto con

⁴³ (www.plasticaverde.eu/). Notiziario su ecoefficienza e sostenibilità ambientale dei materiali polimerici.

alimenti caldi, difficoltà nell'uso di microonde, impossibilità di stirare tessuti (ironing), oltre a deformazione e distorsione dei pezzi durante il trasporto (a causa delle temperature che si possono raggiungere sui mezzi)

■ scarsa resistenza all'impatto, che crea problemi non solo per i manufatti stampati ad iniezione ma anche nella produzione di film, e lastre (e quindi termoformati), ad esempio rotture nel taglio delle cimose, nel rifilo, ecc...

Il PLA cristallizza molto lentamente ed è molto difficile incrementare il livello di cristallinità alle velocità convenzionali di processo. Come conseguenza la resistenza termica rimane bassa (intorno ai 60°C).

La resistenza termica può essere incrementata:

- Aggiungendo fibre naturali
- Aggiungendo cariche naturali
- Accelerando la velocità di cristallizzazione:
- Mediante l'impiego di agenti nucleanti eterogenei
- Mediante la formazione di stereocomplessi PLLA/PDLA come agenti nucleanti per PLLA.

Esistono diversi produttori di bioadditivi che hanno nel proprio portafogli prodotto agenti nucleanti per migliorare la resistenza termica. Tutti i produttori affermano l'importanza di utilizzare temperature stampo elevate (90 - 110°C) altrimenti l'agente nucleante non fornisce un buon risultato in termini di miglioramento della cristallinità del PLA. Il grosso problema è però che lo stampo ad alte temperature aumenta il tempo ciclo nel processo di stampaggio, assolutamente non accettabile nei processi di produzione industriale. Per migliorare la resistenza all'impatto del PLA sono stati sviluppati diversi impact modifier. Tra i maggiori produttori possiamo citare Arkema (Biostrength), DuPont (Biomax), Rohm&Haas (Paraloid), Sukano (Sukano PLA im).

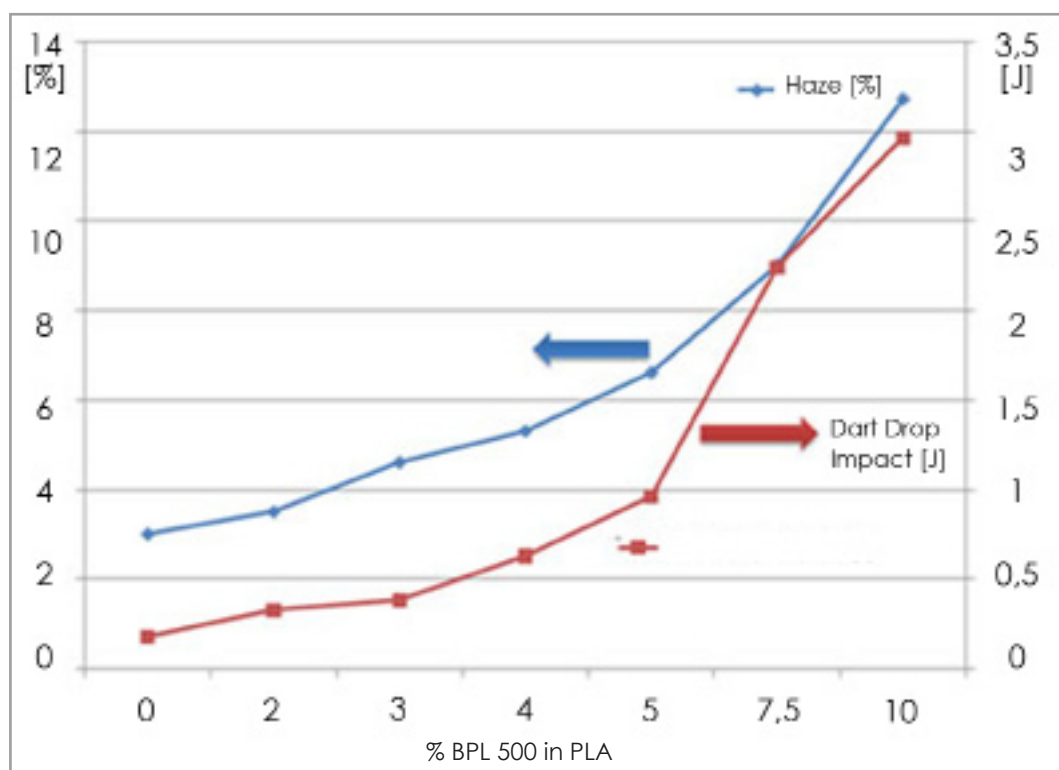


Fig. 47: un esempio di caratteristiche di impatto ottenute mediante l'impiego di un 'polyacrylate impact modifier'

3.3.1.1. Produttori

Nelle pagine seguenti sono presentate delle tabelle che contengono i nomi dei principali produttori di bioadditivi. Viene indicata l'azienda produttrice, il nome commerciale del prodotto e in ultimo la tipologia di additivo a cui si fa riferimento. Al tema dei bioadditivi è dedicata anche la parte 4 del catalogo allegato.

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
PolyONE	On Color Bio	Colour for PLA, TPS, Polyester, PHA Trasparent and opaque
	On Cap Bio	PLA slip and antiblock TPS, Polyester antiblock PLA antistatic PLA mould release agent PLA optical brightener UV barrier PLA laser marking PLA antifog PLA impact modifier Trasparent and opaque PLA denesting PLA nucleating agent Anti-fog
	Smart Batch TM BIO	Colours and additive masterbatches combined

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Room&Hass	Paraloid	PLA impact modifier trasparent
	20715XP and VLB 164	PLA impact modifier opaque (in development)
		PLA adhesive for film lamination Robond PLA-WB (water based) Adcote PLA-SB (solvent based)

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Danisco		PLA plasticizer Grindsted Soft-N-Safe
Berkshire Labels	Cellophan BioTAK TM	PLA stickers

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Sukano		PLA slip antiblock
	PLA mr S533	PLA mould release and processing aids
	TA 14-08 MB01	PLA nucleating agents
	PLA ob S515-N	PLA optical brightener
		PLA masterbatch white PLA masterbatch black PLA (ECOFLEX) masterbatch various colours
	PLA im S550	PLA impact modifier
	PLA antistatic PLA anti UV	

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Clariant	Cesa Extend	PLA masterbatch various type
	renol-ba	Masterbatch colours fot TPS, PLA, PHA.
		Produces additives and colorants on certified (EN 13432) base (Cesa and Renol) and on natural base (Cesa natures, Renol nature - red, orange, yellow, green)

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Arkema	Biostrength 130 and 150	PLA impact modifier traslucent and opaque
	Biostrength 700	PLA melt strenght improver and processing aids for extrusion and blow moulding

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
DuPont	Biomax thermal 300	Improve thermal resistance of PLA up to 95°C
	Biomax strong	PLA impact modifier

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Viba	Vibatan	<p>PLA nucleating agent</p> <p>PLA blue antioxidant</p> <p>PLA slip: reduces viscosity and facilitates the extraction</p> <p>PLA expensor</p> <p>PLA and starch polymers masterbatch colours</p>

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
A. Schulman	Polybatch	<p>Antiblock</p> <p>Antiblock/Slip/Denesting agent</p> <p>Antistatic COF reduction processing</p> <p>Antistatic – highly transparent</p> <p>Special white TiO₂</p> <p>Special carbon black</p> <p>Optical brightner & blueing agent</p> <p>Reinforcing/stiffness</p>

MANUFACTURES	TRADEMARK	TYPE OF ADDITIVES
Teknor Apex		Masterbatch colors based on PLA biocopolyesters
Dainichiseika		Rotogravure print inks based on PCL blend starch / aliphatic polyester
Polnox Corp.		Antioxidant for PLA
Polyvel	CN-L01	Nucleating agent for PLA foam
	CN-L03 MB	Is a 10% active product designed to improve clarity of PLA film, extruded and injection moulded parts
Specialty Minerals	EMforce Bio Additive	based on carbonate improve impact resistance of biopolymers

3.3.2. Biomonomeri per la realizzazione di polimeri "tradizionali" non biodegradabili da fonte rinnovabile

Il terzo punto fondamentale per quanto riguarda le linee di ricerca attuali in questo campo riguarda la tendenza del mercato ad utilizzare biopolimeri da monomeri ottenuti da risorse rinnovabili, anche se non biodegradabili. Un esempio "storico" è l'utilizzo di olio di ricino (castor oil) per la produzione dell'acido 11 amminoundecanoico, intermedio per la PA11. A seguito di questa tendenza molte società sono attive con l'obiettivo di realizzare polimeri fino ad oggi ottenuti da risorse fossili utilizzando risorse rinnovabili. Il vantaggio, rispetto agli altri biopolimeri, è che i prodotti ottenuti possono sostituire gli analoghi materiali tradizionali già presenti sul mercato. Rimangono da valutare i tempi di realizzazione di alcuni di questi progetti.

Monomero	Società	Fonte	Sviluppi	Polimero
Etilene	Braskem	zucchero	200.000 t/a	bioPE
	Jv Dow/Crystalev	zucchero	350.000 t/a	bioPE
	Solvay	bioetanolo	60.000 t/a	bioPVC
Monomeri Metacrilici	Röhm Haas/Ceres	bioetanolo		PMMA
Acido Acrilico	Jv Cargill/Novozymes	Zucchero → 3HPA	In sviluppo	Fibre, MP, vernici
Acroleina, Acido Acrilico	Arkema	Glicerolo da biomasse		
Acido Sebacico	DuPont		In sviluppo	Intermedio PA6.10
Acido Succinico	Bioamber	glucosio	3000 t/a <small>M ta per metric</small>	intermedio
	Jv DSM/Roquette	Amido	Pilota 2009	intermedio
	Basf/Purac		Impianto 2010	Intermedio

1-3 propandiolo	Jv DuPont/ /Tate&Lyle	zucchero	45.000 t/a	Polioli, intermedio biopoliesteri
Polioli	Bayer	Oli monsaccaridi		Intermedio PU
	Dow	soybean oil		Intermedio PU
	DSM	Soybean oil		Schiume, coating
	Cargill	soybean oil		Intermedio PU (schiume)
	Urethane Soy System Co	Soybean oil		Schiume, adesivi...
	Vertelius	Castor oil		PU coating
	Basf	Castor oil		Intermedio PU
	Mitsui	Castor oil		Intermedio PU

Fig. 48: alcuni esempi di biopolimeri basati su fonti rinnovabili

Questo capitolo è di fondamentale importanza poiché il progetto realizzato si basa proprio su alcuni di questi principi. Per ulteriori considerazioni e per una visione più completa vedere il capitolo 4.

3.3.3. Studio della processabilità e finitura superficiale

In relazione allo sviluppo del mercato, altre importanti aree di ricerca sono strettamente correlate con la processabilità dei biopolimeri, specialmente riguardo la loro caratteristica di sensibilità all'umidità e alla temperatura, che comportano la necessità di ottimizzare le linee di processo e di finitura (saldatura, verniciatura, rivestimento, metallizzazione, marcatura laser, assemblaggio meccanico ecc). Lo studio della processabilità, argomento affrontato nel secondo capitolo di questa tesi, è molto importante e rimane un punto fondamentale della ricerca. Per avere informazioni dettagliate sull'ottimizzazione delle linee di trasformazione in relazione alla sensibilità all'umidità ed alla temperatura dei biopolimeri è possibile contattare direttamente i produttori. Nel catalogo in allegato sono presenti tutte le informazioni necessarie.

Lo studio dei trattamenti di finitura e dei processi di giunzione (saldatura, incollaggio, verniciatura, marcatura laser, metallizzazione, assemblaggio meccanico, ecc) è di grande interesse per tutte le aziende produttrici di biopolimeri. Non esiste attualmente nulla in letteratura dedicato a questo argomento poiché risulta essere un tema molto attuale e ancora poco approfondito.

3.3.4. Studio della durabilità

	PAST	TODAY	FUTURE
APPLICATION	packaging < 1 year	semi durables <5 years	engineering applications >10 years
BIO FUNCTIONALITY	compostable	compostable and renewable	renewable

Fig. 49: biopolimeri today and tomorrow.

Le prime applicazioni dei materiali biopolimerici presenti sul mercato e ormai totalmente sviluppate riguardano il settore del packaging. Attualmente, come si può notare dallo schema, si sta ragionando in ottica di prodotti semi-durevoli costituiti da materiali provenienti da fonti rinnovabili, compostabili. La durata di questi prodotti risulta essere minore di 5 anni. Invece, per quanto riguarda, l'utilizzo di biopolimeri nella realizzazione di beni durevoli o ingegneristici si stanno svolgendo ricerche approfondite delle loro caratteristiche di durabilità/ invecchiamento e ricerche sia per esposizione all'esterno che all'interno.

BIOPOLIMERI PER BENI SEMI-DUREVOLI

I dati che vengono riportati di seguito derivano dalla Bioplastic Conference di Torino (organizzata dal Polo ProPlast, di Rivalta Scrivia, in collaborazione con PlasticaVerde e Polimerica, 21 settembre 2011). La maggioranza dei temi trattati vertevano proprio sullo sviluppo di beni semi-durevoli.

Esiste una nuova categoria di polimeri parzialmente o totalmente derivati da risorse naturali che vengono realizzati combinando una percentuale variabile di un componente di derivazione naturale con componenti classici di derivazione fossile. Questi polimeri sono di estrema attualità e interesse nel mercato in quanto caratterizzati da elevate prestazioni meccaniche in molti casi simili ai polimeri tradizionali; vengono per questo motivo spesso definiti “biopolimeri tecnici” e sono considerati comunque biopolimeri non solo perché di derivazione naturale ma anche perché il loro impiego consente una significativa riduzione dei gas ad effetto serra (dell'ordine del 42%) e una riduzione dell'energia non rinnovabile utilizzata per la produzione (efficienza energetica, basso impatto ambientale).

Tra questi tipi di biopolimeri è significativo prendere in considerazione le poliammidi derivate totalmente o parzialmente da olio vegetale di ricino, che presentano elevata resistenza agli agenti chimici, in particolare agli idrocarburi, stabilità dimensionale, relativa bassa densità e buona processabilità (stampaggio, estrusione, rotomolding, blowmolding). Possono essere miscelati ad additivi di diverso tipo come plasticizzanti, stabilizzanti, coloranti ed eventualmente a cariche come fibra di vetro.

Le biopoliammidi sono impiegate nel settore medico, sport e tempo libero: in particolare in campo medicale sono sfruttate la stabilità chimica, la bassa permeabilità a gas come ossigeno e anidride carbonica, e, dove richiesto, la certificazione per contatto alimentare o medico; nel settore sportivo la leggerezza, la resistenza all'abrasione, la possibilità di avere gradi di durezza diversa, il buon comportamento all'impatto sono le caratteristiche chiave che consentono la produzione di componenti con alto livello di performance per l'articolo sportivo come soles di scarpe, componenti per racchette da tennis o parti meccaniche per sci e scarponi.

Alcuni esempi sono:

- EcoPaXX™ PA 4.10 della DSM engineering plastics
- APINAT e APILON 52 BIO (Oil based TPU=Thermoplastic polyurethanes) dell'azienda API: un esempio di applicazione di questi materiali è l'esperienza di TECNICA che ha sviluppato la rollerblade collection 2012.
- Bio-Flex® F 6510 e Biograde® C 7500 CL dell'azienda FKUR
- PROGANIC® della MAIP (annaffiatoio, posate, porta vaso etc)
- PLLA /PDLA della PURAC

Fig. 50: Green Project di Tecnica.
Rollerblade collection 2012

- Completamente disassemblabile
- PVC free
- TPU di origine rinnovabile
- Imballo ECO

Scarpa:

- tomaia in PU spalmato, imbottiture EVA e PU espansi
- scafo in APILON TB 67

Chiusure:

- lacci in cotone cerato
- velcri in PU spalmato (PVC free)

Gambetto: APILON TB 67

Telaio: Alu estruso 6060



Fig. 51: Biograde® C 7500

Vicat A = 110 C°
Buona processabilità
Ottima stabilità nel tempo



Fig. 52: GARDEN&HOME_PROGANIC_linea pilota

PROGANIC® è:

- un biomateriale 100% naturale
- biodegradabile senza residui
- compatibile al contatto con gli alimenti
- idrorepellente
- resistente alla temperatura fino 100°C
- resistente agli UV
- resistente all'usura
- economico
- lavorabile senza problemi



3.3.5. Studio del fine vita

Altre ricerche importanti riguardano lo studio del fine vita dei manufatti realizzati con biopolimeri, in particolare:

- studio delle problematiche di riciclabilità (gestione separata rispetto ai materiali tradizionali) e di compostabilità
- biodegradabilità/compostabilità di manufatti di alcuni millimetri di spessore, tipici di manufatti stampati ad iniezione. In particolare revisione delle linee di compostaggio.

E' opportuno ricordare che le norme di compostaggio richiedono limiti precisi in termini di dimensioni e contenuti. In particolare: la massa dei residui del materiale di prova con dimensioni > 2 mm deve essere inferiore al 10% della massa iniziale e il livello di biodegradabilità deve essere pari al 90% da raggiungere in meno di 6 mesi. Nel caso di processi di compostaggio di manufatti di elevato spessore è opportuno ricordare che anche se la velocità di biodegradazione non dipende dallo spessore, i tempi per raggiungere il 90% di biodegradazione possono essere superiori a quelli richiesti dalla norma. Le dimensioni dei frammenti potrebbero essere maggiori di quelli prescritti. La mancanza di filiere di compostaggio (che sono disponibili su larga scala solo in alcuni paesi) potrebbe favorire il riciclaggio dei biopolimeri. Nel caso di una elevata espansione del mercato dei biopolimeri si presenta il problema della necessità di una messa appunto di linee dedicate di riciclaggio. Nel caso di sviluppo di biopolimeri da risorse

naturali non biodegradabili: si possono utilizzare le tecniche di riciclo già collaudate per gli omologhi polimeri fossili. Nel caso di un mercato di nicchia non c'è nessuna convenienza a linee dedicate, quindi nascerebbero possibili problemi di inquinamento del riciclato di polimeri tradizionali.

Per alcuni casi ben determinati si sono trovate soluzioni. Ad esempio sono stati messi a punto sensori al NIR ed agli UV che consentono la separazione di bottiglie di PLA negli impianti di riciclo delle bottiglie di PET.

Curiosità:

Presso Proplast è stato condotto uno studio sulle problematiche relative ad un possibile inquinamento di scarti di bottiglie di PET con PLA. In particolare sono state provate:

- miscele PET/PLA con un contenuto di PLA da 0,5 al 20%

Le conclusioni del loro studio sono state che con 0,5% e 1% di PLA è comunque possibile soffiare bottiglie senza problemi; dal 5% a livelli più elevati ci sono molte difficoltà.

PARTE

Proposta nuovo prodotto





04 PROPOSTA NUOVO PRODOTTO

4.1. Analisi

Dopo aver studiato approfonditamente questo tema e aver colto tutte le caratteristiche e sfaccettature più interessanti, si è passati ad una fase di progettazione ponendo attenzione all'aspetto materico e in linea con lo sviluppo futuro dei materiali chiamati biopolimeri.

Secondo il direttore dell'european bioplastics, Hasso von Pogrell, l'attenzione dei mercati dei biopolimeri⁴⁴ si sta spostando dalla biodegradabilità verso un **maggiore impiego di materie prime rinnovabili** (ovvero verso le plastiche di origine biologica). Gli argomenti a favore della sostenibilità, cioè la necessità di tutelare il sistema naturale (il clima e la riduzione delle riserve di combustibili fossili), premono per la sostituzione delle plastiche basate sui combustibili fossili con polimeri basati su materie prime rinnovabili, che troveranno presto **applicazioni maggiormente durevoli sul mercato**, con un'enfasi al **riutilizzo** e alla **riciclabilità**.

A questo proposito, analizzati i biopolimeri che vengono definiti durevoli (capitolo 2 del catalogo allegato) e provenienti da fonti rinnovabili, si è scelto un materiale che abbia dei valori di unicità, che presenti buona resistenza alle alte temperature (degrado), resistenza alle sostanze chimiche (si è riscontrato che nella maggioranza di biopolimeri è spesso bassa) e resistenza all'ingiallimento. Inoltre tra i biopolimeri durevoli l'attenzione è stata focalizzata su quelli che risultano riciclabili e riutilizzabili al 100%.

⁴⁴ http://ec.europa.eu/environment/etap/inaction/interviews/671_it.html
www.plasticaverde.eu/.../344-un-milione-di-tonnellate-di-biopolimeri

4.2. Scelta materiale

Il materiale che presenta le caratteristiche prima descritte è: Auracell™.

4.2.1. Auracell™

Questo materiale è definito come una resina stampabile con fragranza incapsulata. Una fragranza prestabilita viene incorporata in un polimero a base di cellulosa ed estrusa in piccole sfere. Le piccole sfere formano la materia prima per una seconda fase di iniezione a stampo e possono essere lavorate in varie forme. La fragranza ha una durata superiore all'anno dal momento dell'incapsulazione iniziale ed esistono attualmente oltre 20'000 tipi di fragranze diverse che possono essere incapsulate. La quantità in percentuale di carico (l'intensità della fragranza) e il colore possono essere coordinati, sono inoltre disponibili versioni con finitura perlescente, brillante od opaca.⁴⁵ La particolarità di essere un materiale a base di cellulosa sottolinea la sua idoneità per l'incapsulamento del profumo, la cui durata è di gran lunga superiore rispetto a qualsiasi altro polimero. Le caratteristiche principali sono la *compatibilità* (uno dei principali componenti dell'acetato di cellulosa è l'ingrediente chiave usato per fare la maggior parte dei profumi e degli aromi); la *traspirabilità* (la cellulosa è un materiale igroscopico. Quindi, dall'interazione con l'aria e l'umidità, il profumo viene continuamente rilasciato dal materiale); la *longevità* (il profumo incapsulato viene emesso per un lungo periodo di tempo).

Le applicazioni correnti includono contenitori ottenuti tramite stampaggio a iniezione per l'industria di cosmetici e fragranze, cinturini di orologi e giocattoli.

Di seguito alcuni esempi di applicazioni.

⁴⁵ www.auracell.com/index.html



Fig. 54: HSN's Joy Mangano ha introdotto sul mercato dei prodotti per la profumazione della casa.

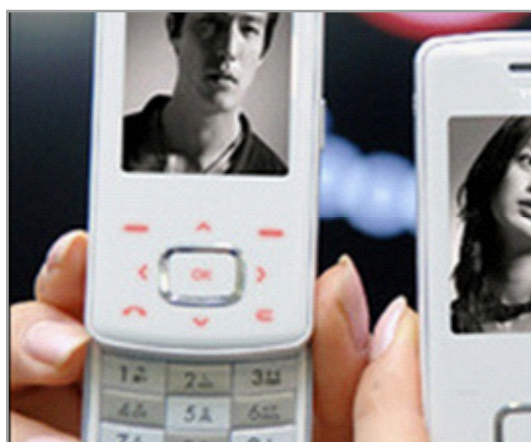


Fig. 56: Dopo l'uscita sul mercato del "Chocolate phones" nel novembre dello scorso anno, LG sta sviluppando un'altro cellulare per la stessa serie: LG SV590.

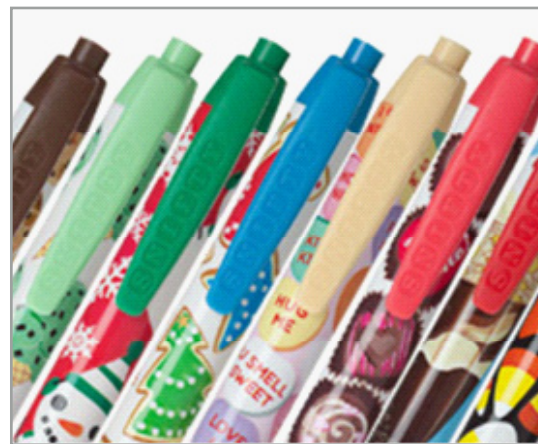


Fig. 53: snifty® ha presentato all' "american international toy fair" del 2010 un'edizione limitata di penne profumate.



Fig. 55: Anisa International ha introdotto una nuova serie di pennelli profumati per la cosmetica. Il manico è fatto di materiale profumato e naturale derivato da cellulosa (auracell). Anisa ha collaborato con Rotuba per creare questi prodotti.

Migliorare l'ambiente, creare l'atmosfera e trasmettere delle emozioni sono gli obiettivi che stanno alla base dell'ideazione di questo materiale. Si possono creare nuove esperienze usando la fragranza racchiusa in Auracell™. Le ricerche, svolte dalla Rotuba Extruders, hanno dimostrato che il profumo può essere un potente strumento di marketing per evidenziare un prodotto e generare *brand awareness*. Una delle ragioni chiave è che l'olfatto è il più forte dei sensi, è strettamente legato alle emozioni che vengono elaborate dalle aree del cervello. L'odore di un semplice profumo, di un cono gelato al cioccolato in una sera d'estate, può evocare sentimenti meravigliosi e ricordi specifici di bei momenti. I profumi hanno una forte influenza sul nostro umore, sul comportamento e sui ricordi di tutti i luoghi ideali. La ricerca dice che le persone ricordano il 35% di ciò che annusano, rispetto ad appena il 5% di quello che vedono, al 2% di quello che sentono e all'1% di ciò che toccano. Alcuni punti chiave derivanti dalle analisi svolte dall'azienda produttrice, stimano che:

- la domanda degli Stati Uniti per i polimeri profumati si prevede che cresca oltre il 5% all'anno;
- il profumo rafforza la fedeltà dei consumatori e la percezione di qualità;
- il profumo evoca stati d'animo e può portare all'associazione di un marchio;

Con Auracell, le possibilità di prodotti profumati sono quasi infinite.

Come detto precedentemente, Auracell™ è un polimero a base di cellulosa. La base di questa plastica deriva dalla collaborazione tra Eastman Chemical e Rotuba Extruders inc. Da qui nascono 2 prodotti base differenti ma con caratteristiche molto simili. La Eastman Chemical propone sul mercato una bioplastica chiamata TENITE™ cellulosics, mentre Rotuba propone Naturacell™.

Di seguito si riportano le caratteristiche di entrambi e verrà spiegato il processo di produzione che porta alla realizzazione di queste plastiche.

4.2.1.1. Produzione pasta di cellulosa

In allegato a questa tesi è presente un Cd, che contiene anche un video fornito dall'azienda Rotuba che mostra la produzione dell'acetato di cellulosa. Brevemente di seguito viene spiegato il processo di trasformazione.⁴⁶

DAGLI ALBERI ALLA CELLULOSA



Fig. 57: una risorsa rinnovabile

⁴⁶ www.sapere.it/enciclopedia/cellul%C3%B3sa.html

J. Honeyman, *Recent Advances in the Chemistry of Cellulose and Starch*, Londra, 1959; M. M. Gascoigne, *Biological Degradation of Cellulose*, Londra, 1960; D. D. Davies, J. Giovanelli, T. Ap Ress, *Biochimica vegetale*, Milano, 1966; E. Perucca, *Dizionario d'ingegneria*, vol. II, Torino, 1970; Autori Vari, *Legno e cellulosa*, Roma, 1980

Il legno è formato indicativamente da:

- Cellulosa
- Emicellulosa
- Lignina
- Estraibili vari: terpeni, resine, acidi grassi

Cellulosa ed emicellulosa costituiscono le fibre del legno, mentre la lignina è l'interfibra che le tiene unite (la cellulosa è il principale elemento costitutivo della parete delle cellule delle piante superiori, nelle quali è presente in concentrazione del 90% a livello dei tessuti parenchimali e del 30-60% a livello dei tessuti di sostegno).

Mentre alcuni materiali vegetali costituiti da cellulosa quasi pura, come il cotone e il lino, vengono direttamente utilizzati come fibre tessili, l'estrazione della cellulosa da materiali che ne contengono quantità minori, come il legno delle piante di alto fusto, dà vita a un'industria chimica di ingenti dimensioni. La cellulosa così ricavata viene infatti utilizzata per la preparazione di fibre artificiali (fibre cellulosiche), ossia di diversi tipi di rayon, di esteri e di eteri della cellulosa, ma soprattutto viene utilizzata per la produzione della carta. Il legno utilizzato per ricavare cellulosa è più spesso quello di pioppo, ottenuto da coltivazioni create allo scopo, e quello di abete: in misura minore si usano anche piante erbacee come lo sparto, la paglia di grano e di riso ecc. Il processo di estrazione consiste essenzialmente nell'asportare dal materiale che si lavora, mediante trattamenti di solubilizzazione, tutti gli altri costituenti, mentre la cellulosa rimane indisciolta. La polpa si ottiene dal legno mediante diversi processi. In tutti i casi si parte dal tronco di legno o dai chip, pezzetti di legno ricavati dai sottoprodotti della lavorazione del legname. Qualora si lavorino tronchi interi, questi dopo essere stati scortecciati (la corteccia viene rimossa prima della triturazione e viene utilizzata come combustibile per il processo di conversione), vengono spaccati o macinati, riducendo il legno ad una pezzatura idonea alle seguenti lavorazioni.

Nel legno il costituente più abbondante da asportare dalla cellulosa è la lignina, che può venir solubilizzata per trattamento in autoclave con soluzioni di bisolfito di sodio o di calcio (processo al solfito), o di idrossido di sodio (processo alla soda), o di idrossido e solfuro di sodio (processo

alsolfato). L'uno o l'altro processo risulta di volta in volta più conveniente a seconda della natura del materiale celluloso che si lavora. In quello al solfito, adatto soprattutto per i materiali ad alto contenuto in lignina, si opera sul legno sminuzzato attaccandolo in autoclavi alla temperatura di 135-145 °C con la soluzione di bisolfito contenente un eccesso di biossido di zolfo libero; la lignina passa in soluzione formando l'acido ligninsolfonico. Nel metodo alla soda e in quello al solfato l'attacco del materiale celluloso si effettua a temperatura un poco più elevata (160-170 °C); La lignina e le resine prodotte in questa fase possono essere utilizzate per altri prodotti chimici o come combustibili.

- La cellulosa grezza ottenuta con i diversi metodi è più o meno intensamente colorata in giallo o in bruno.
- La pasta di cellulosa così ottenuta viene utilizzata direttamente oppure viene essiccata per conservarla.
- La composizione chimica dipende dalla composizione del legno adoperato; la resa è influenzata da vari fattori, tra cui il tipo di legno, le tecniche di lavorazione e il processo di ottenimento.

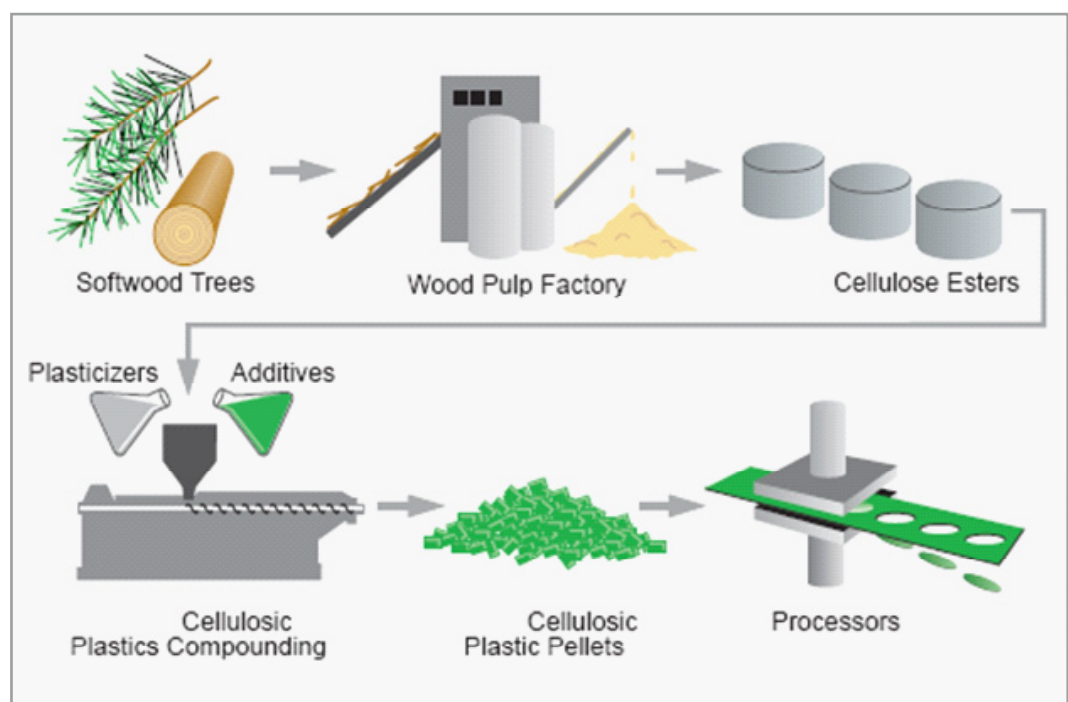


Fig. 58: processo di trasformazione della cellulosa.

DA CELLULOSA AD ESTERE

Gli esteri sono composti organici prodotti dalla reazione di acetilazione di un alcol o di un fenolo con acido carbossilico o un suo derivato. La molecola degli esteri ha questa struttura caratteristica:

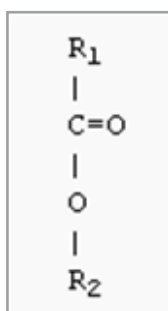


Fig. 59: struttura estere

L'estere di cellulosa si crea facendo reagire la cellulosa ad elevata purezza in più stadi di processo attraverso l'utilizzo di acidi e anidridi. La scelta di queste sostanze chimiche può determinare la composizione chimica e le proprietà finali del polimero cellulosico desiderato (acetato, butirato o propinato: hanno caratteristiche differenti). Di seguito viene spiegata la trasformazione chimica della cellulosa naturale in composti chimici per trasformazione dei suoi gruppi alcolici in gruppi estere. Dato il grande numero di gruppi alcolici presenti in una macromolecola di cellulosa, un processo di trasformazione, ad esempio, in estere acetico o acetato, può dar luogo a un enorme numero di prodotti diversi (acetilcellulosa) a seconda del numero e della posizione dei gruppi alcolici esterificati dall'acido acetico. Convenzionalmente si indicano per esempio come monoacetato di cellulosa i prodotti nei quali in media un gruppo alcolico per residuo di glucosio è esterificato dall'acido acetico e come diacetato i prodotti nei quali in media due gruppi alcolici per residuo di glucosio sono esterificati dall'acido acetico, mentre il cosiddetto triacetato di cellulosa, o triacetilcellulosa, è il prodotto nel quale tutti gli ossidrilici alcolici della macromolecola della cellulosa sono esterificati dall'acido acetico. Ovviamente, possono anche esistere esteri cosiddetti misti, come quello indicato con il nome di acetobutirato di cellulosa, nel quale i gruppi alcolici della cellulosa sono esterificati in parte dall'acido acetico e in parte dall'acido butirrico.

Acetato di cellulosa (o acetilcellulosa) è l'estere della cellulosa. Solido, di colore bianco, inodore e insapore, si prepara industrialmente trattando la cellulosa dapprima con acido acetico al fine di intaccare i doppi legami della catena molecolare e successivamente con la miscela acetilante di anidride acetica, acido solforico e acido acetico, con aggiunta finale di acqua per idrolizzare. Per alcune speciali applicazioni l'acqua è aggiunta sino alla totale precipitazione dell'acetato seguita da un lavaggio con una soluzione acquosa di bicarbonato di sodio per neutralizzare gli acidi della soluzione acetilante. La reazione è condotta a temperatura compresa tra 5 e 45 °C, in reattori cilindrici a marcia discontinua, provvisti di un efficace sistema di raffreddamento necessario per l'elevata esotermicità della reazione. L'acetato di cellulosa presenta caratteristiche termoplastiche, eccellente colore, stabilità e durata dei manufatti, mentre tra gli svantaggi annovera un'eccessiva sensibilità all'umidità e limitata compatibilità con i plastificanti. Studiata inizialmente per sostituire il nitrato di cellulosa nelle applicazioni aeronautiche a causa della minor infiammabilità, è stato poi grandemente usato per la preparazione di fibre (con filatura da soluzione d'acetone) che presentano eccellenti qualità tintoriali e facilità alla tessitura: per la produzione di film per fotografia, per filtri di sigarette e per la produzione di manufatti plastici ottenuti per estrusione e stampaggio.

L'acetobutirrato di cellulosa, estere misto della cellulosa, è ottenuto per reazione tra cellulosa, acido acetico e acido butirrico. Il processo è simile a quello per la produzione di acetato di cellulosa. Benché di maggior costo rispetto a quest'ultimo, presenta rispetto a esso i vantaggi di una maggior resistenza all'umidità, migliore compatibilità con i plastificanti, estrema sofficià, elevata resistenza all'invecchiamento. Trasformato per estrusione o stampaggio in film, tubi, lastre, è impiegato per contenitori, carcasse di macchine fotografiche, bottiglie, involucri per penne e inoltre come rivestimento di trasformatori e filtri elettrici.

L'acetopropinato di cellulosa, estere misto della cellulosa, è ottenuto per reazione tra cellulosa, anidride propionica e anidride acetica secondo un processo simile a quello per l'acetato di cellulosa. Come materia plastica è spesso utilizzato in miscela con l'acetobutirrato di cellulosa e viene impiegato per le stesse applicazioni, sebbene abbia un suo mercato

specifico per la buona resistenza agli urti, specialmente per pezzi d'interni della carrozzeria degli autoveicoli.

DA ESTERE A PLASTICA

Vengono aggiunti, nella fase di produzione finale, elasticizzanti ed alcuni additivi all'estere per la creazione di un polimero cellulosico.

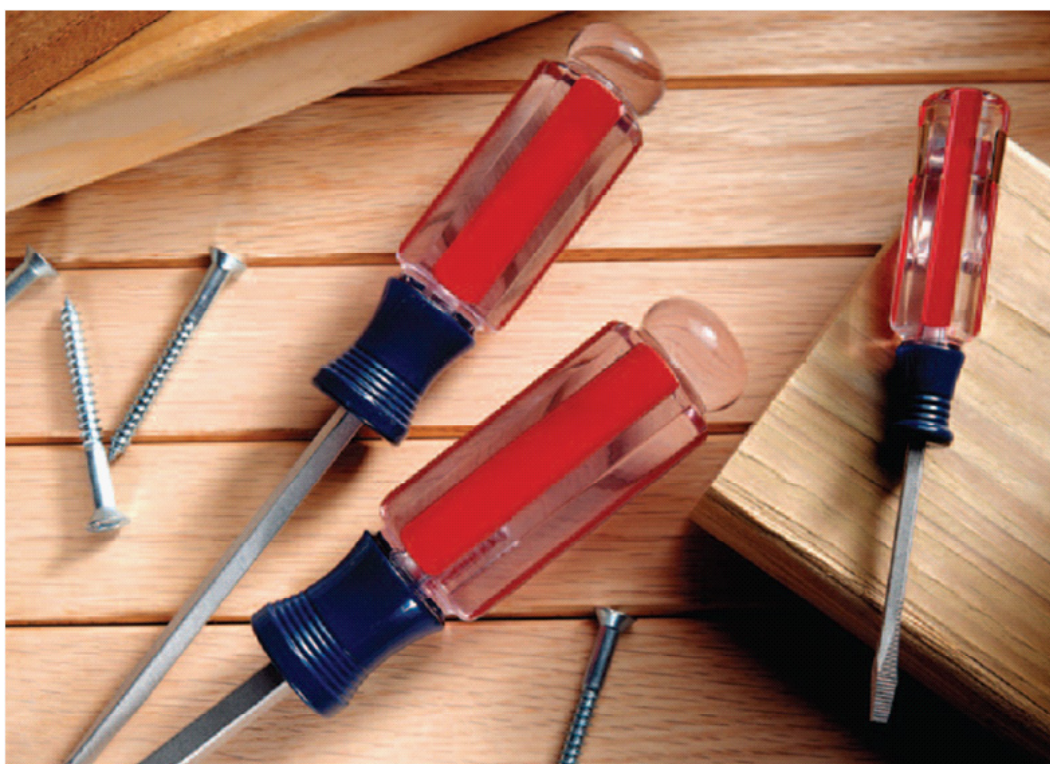


Fig. 60: esempio di prodotto.

4.2.2. Naturacell™

Naturacell™ costituisce la base cellulosica di Auracell™, semplicemente non è profumato e la finitura è solamente trasparente. Poiché le schede tecniche del materiale (*allegato 7*) che vengono fornite dalle aziende riguardano questo prodotto e non il prodotto profumato (aventi le stesse proprietà) di seguito si riporta la descrizione di questo materiale e le principali caratteristiche in modo molto schematico.

- Deriva da risorse rinnovabili
- E' ecologico (amico dell'ambiente)
- E' libero da ftalato⁴⁷
- Assenza di bisfenolo A (BPA⁴⁸)
- Riciclabile al 100%
- Sfrutta una limitata quantità di risorse petrolchimiche
- Protegge l'ambiente utilizzando legno raccolto o scarti come principale materia prima che assorbe CO2 e produce O2
- E' sostenibile: può essere riprocessato, riciclato o riutilizzato
- E' adatto per lo sviluppo di beni durevoli e semi-durevoli - possiede straordinarie proprietà fisiche per migliaia di prodotti di consumo.
- Facile da lavorare: non sono necessari strumenti aggiuntivi (*allegato 8*)
- Resistente agli impatti
- Elevata trasparenza e lucentezza
- Fortemente resistente ai solventi chimici
- Elevata temperatura di inflessione sotto carico
- Caldo al tatto

Costituisce una buona base per incorporare additivi che migliorano la traspirazione, oppure agenti antimicrobici, profumi, repellenti per insetti, ecc. Tutti questi lo rendono ideale per migliaia di prodotti di consumo.

Naturacell™ è facilmente stampabile ad iniezione, può essere estruso ed è adatto per alcuni trattamenti secondari di finitura. Ad esempio: lucidatura tramite solventi, taglio, incollaggio, foratura, formatura sotto vuoto, metallizzazione e decorazione.

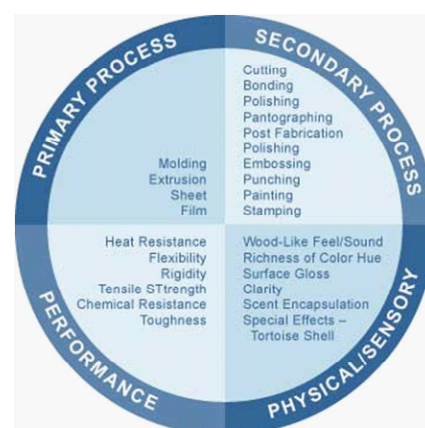


Fig. 61: descrizione Naturacell™.

⁴⁷ Lo ftalato è un componente utilizzato nei prodotti in plastica perchè diventa una sorta di ammorbidente. E' stato vietato dall'Unione Europea nel 2005 per l'utilizzo in "articoli di puericultura" (prodotti destinati a conciliare il sonno, il rilassamento, l'igiene e il nutrimento dei bambini) e nei giocattoli.

⁴⁸ Il bisfenolo A è un monomero utilizzato nella realizzazione di contenitori e prodotti in plastica grazie alla sua proprietà di trasparenza e resistenza termica. Nel corso degli ultimi anni alcuni studi hanno dimostrato l'effetto dannoso che il BPA può avere sulla salute umana in caso di utilizzo prolungato. Nel 2008 il governo canadese ha deciso il bando del BPA nella produzione delle confezioni in plastica e nel 2010 anche l'Unione Europea si è associata.

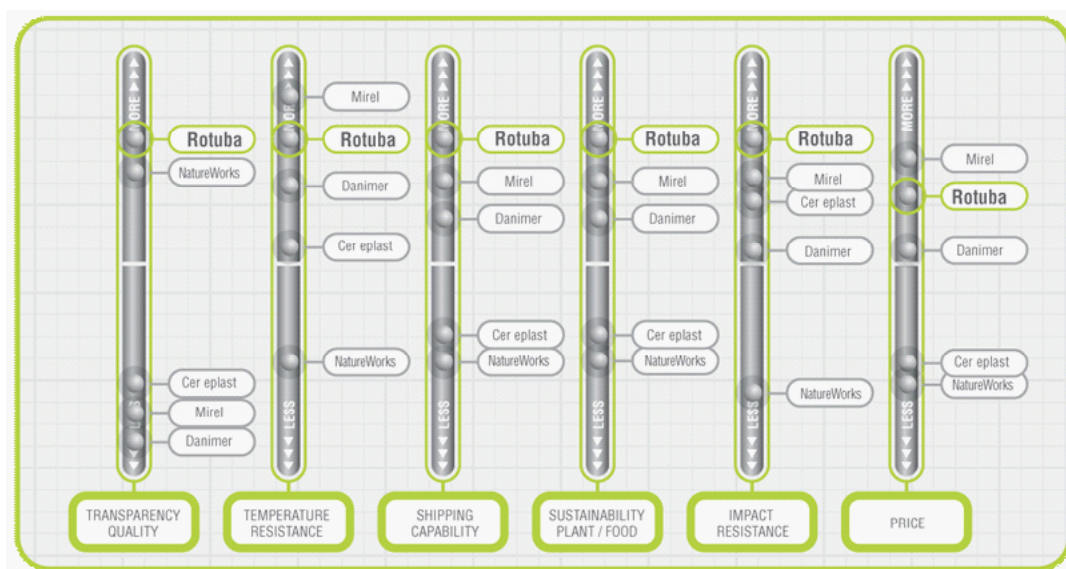


Fig. 62: Biopolymer Competitive Review

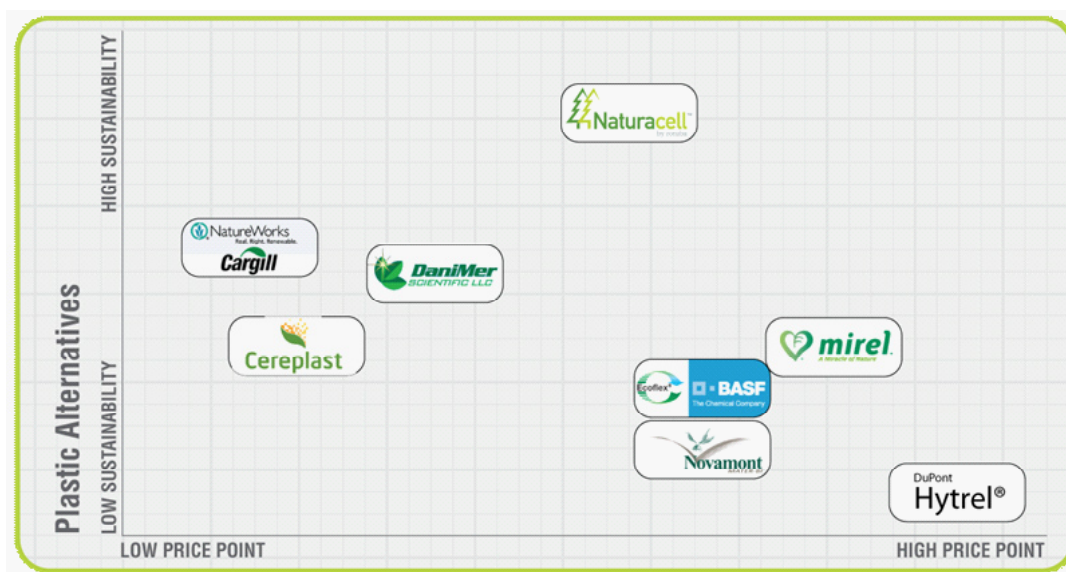


Fig. 63: Sustainability vs. Price Comparison.

Come si forma il prodotto profumato (scented polymers: Auracell™).⁴⁹

fase 1

Si parte da una fiala di profumo concentrato, che costituisce l'additivo che viene aggiunto al polimero in fase di creazione dei pellets. Successivamente viene abbinato il colore richiesto (utilizzando il sistema di colore Pantone o tramite corrispondenza diretta ad un campione di colore).

⁴⁹ www.rotuba.com/how_we_make_it.html

fase 2

Dopo la selezione del profumo si unirà il profumo scelto con il colore stabilito. L'intensità del profumo può essere decisa assumendo carichi di profumo differenti. Il tutto viene riposto di nuovo in una piastra di pressatura.

fase 3

Infine, viene fornito un campione stampato per dimostrare il risultato che si otterrà dopo la produzione. Saranno visibili l'effetto e l'intensità del profumo, dopo aver attraversato un processo di produzione, nonché la lucentezza e la chiarezza che ci si può aspettare dal prodotto finito.



Fig. 64: Scented pebbles.

4.2.2.1. Azienda produttrice



Rotuba Extruders, Inc.
1401 South Park Avenue
Linden, NJ 07036
U.S.A.
T (1) 908-486-1000
F (1) 908-486-0874
hugho@rotuba.com
www.rotuba.com

Grazie alla disponibilità di Hugh O'Neill, director | Cellulosic Sales di Rotuba (hugho@rotuba.com) e Jim Blumenfeld (Jimb@rotuba.com) si riportano le

numerose informazioni riguardanti la loro attività aziendale e il materiale preso in considerazione in questo progetto.

Rotuba produce acetato di cellulosa, un materiale versatile con una vasta gamma di potenziali applicazioni. Oggi, sono i più grandi produttori indipendenti a livello mondiale di acetato di cellulosa (CA) e di un compound profumato di acetato propionato di cellulosa (PAC) e acetato butirato di cellulosa (CAB). Per soddisfare le esigenze dei produttori che perseguono iniziative ambientali, hanno recentemente lanciato due prodotti sostenibili: Auracell™ polimero profumato, naturale e Naturacell™.

Rotuba è una società privata con sede e produzione a Linden, NJ. Hanno esteso la loro area di azione anche in Asia e in Europa. Proprio grazie alla loro presenza europea, ho avuto la possibilità di parlare con un loro fornitore italiano. Dante Pedrinelli, responsabile commerciale della Ultra | polymers |⁵⁰. La Ultra Polymers Italia fornisce in tutto il territorio nazionale materiali di alta gamma all'industria delle materie plastiche. Il gruppo Ultrapolymers fondato nel 2002 in Belgio, svolge l'attività di distribuzione di prodotti BASF e LyondellBasell con sedi dislocate in tutta Europa. In Italia, detiene una posizione di rilievo tra i leaders della distribuzione delle materie plastiche e si avvale di una struttura commerciale efficiente e qualificata che ricopre capillarmente l'intero territorio nazionale, con consegne rapide, per quantità che vanno dal sacco da 25 kg al carico completo. Le relationships instaurate con i maggiori produttori mondiali, consentono di proporre un ampio pacchetto prodotti soddisfacendo i clienti offrendo loro qualità sia in termini di logistica che di prodotto, garantendo assistenza con tecnici qualificati. Ultrapolymers Italia è licenziataria Basf AG per la produzione di compounds stirenici su specifiche BASF venduti con i marchi originali Terluran, Styrolux, Luran, Luran S, Terlur, Terblend N.

D.Pedrinelli ha collaborato alla realizzazione di questo progetto fornendo informazioni molto interessanti, brochure di presentazione, campioni di materiale e alcuni Cd di presentazione sia dell'azienda che del polimero. In allegato sono presenti le tabelle riguardanti le caratteristiche fisiche e chimiche del materiale e i prezzi commerciali (*allegato 9*).

50 Via Madonnetta 66 - 22070 Locate Varesino (CO) - Italy - Tel +39 0331.838369 - Fax +39 0331.838309 - e-mail: dpedrinelli@ultrapolymers.it - website: www.ultrapolymersgroup.com

4.2.3. TENITE™ cellulosics

TENITE™ viene frequentemente utilizzato per applicazioni che richiedono elevata resistenza sia agli impatti che resistenza chimica. Questo materiale si sta rapidamente trasformando in un materiale versatile, ideale per molte delle applicazioni innovative di oggi ed offre una vasta gamma di eccellenti proprietà come: tenacità, resistenza meccanica, superficie brillante, chiarezza ed un'ottima resistenza chimica. Spesso viene scelto non per le sue eccellenti proprietà o per l'ottima processabilità ma per le finiture particolari che può assumere. Inoltre è facilmente colorabile attraverso una vasta serie di masterbatches. Può essere stampato facilmente o estruso, è resistente all'acqua ed ai raggi UV. Tenite cellulosics è utilizzato per una vasta gamma di prodotti: dagli occhiali da sole ad attrezzature sportive, protezioni e strumenti di lavoro, spazzolini da denti e penne colorate. E' un materiale versatile che ispira continuamente i designer di oggi.



Fig. 65: Eyewear.

I clienti, con TENITE™, possono provare nuove esperienze, soprattutto attraverso i profumi, incorporando la fragranza all'interno della base cellulosica. I campioni (scented pebbles) sono stati sviluppati dalla collaborazione con Rotuba Extruders, azienda specializzata nelle profumazioni. Nella loro forma base, il polimero di cellulosa si presenta in piccoli pellets. Eastman provvede a realizzare dei campioni (pebbles) per mostrare ai clienti le vere qualità del loro materiale. Contattando la Eastman Chemical, infatti, ho ricevuto un set di prodotti stampati ad iniezione colorati, con varie finiture, profumati e non profumati. Ogni pezzo stampato

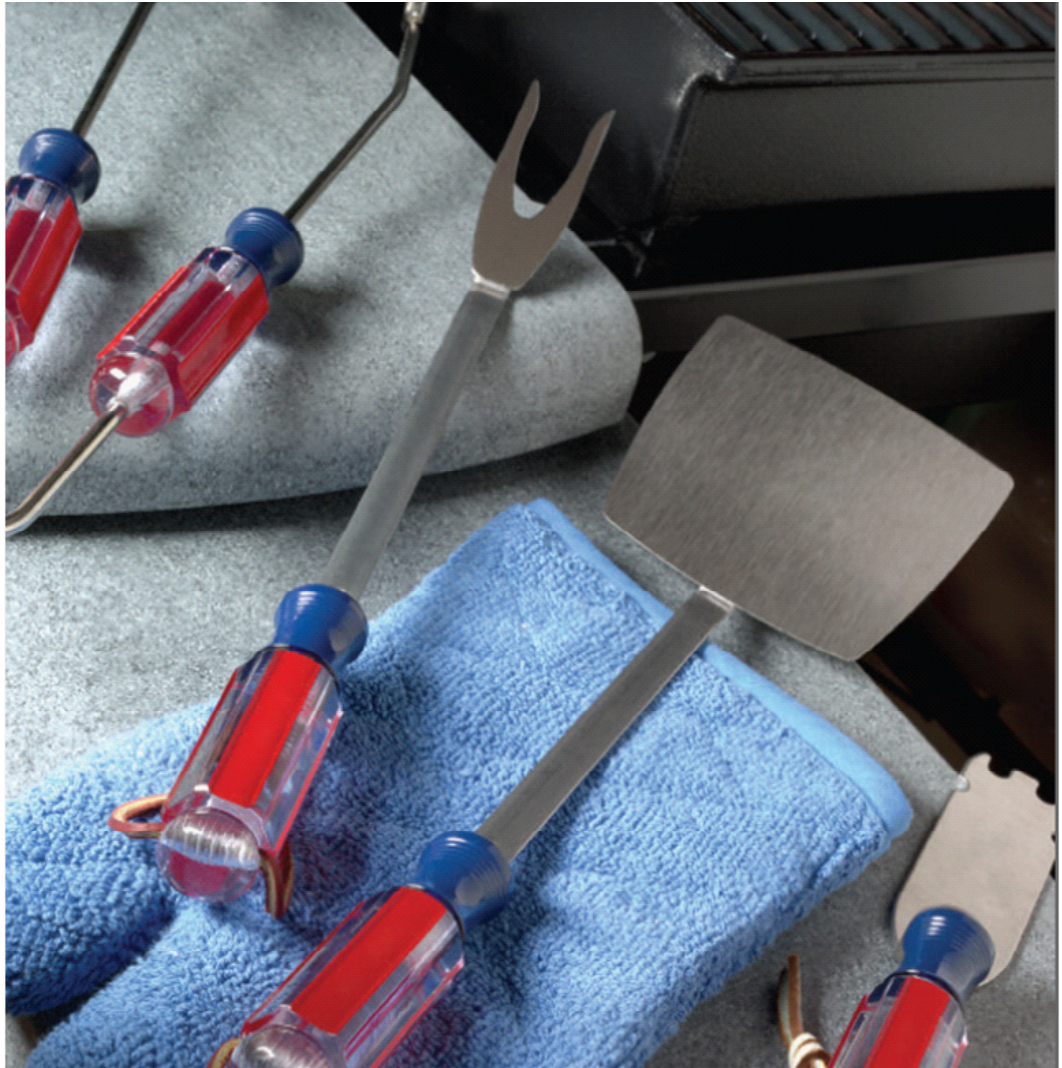


Fig. 66: Tool handles.

è suddiviso in 2 parti, per mostrare la facilità di ottenere dettagli stampati, rilievi, parti cave e per la possibilità di affiancare anche parti di differenti colorazioni. La Eastman Chemical ha sviluppato una serie di campioni profumati ma la loro disponibilità di profumazioni è di molto inferiore rispetto a quella della Rotuba extruders.

Le “Scented pebbles” sono disponibili nei profumii: lime, grapefruit, jasmine, lavender e vanilla.

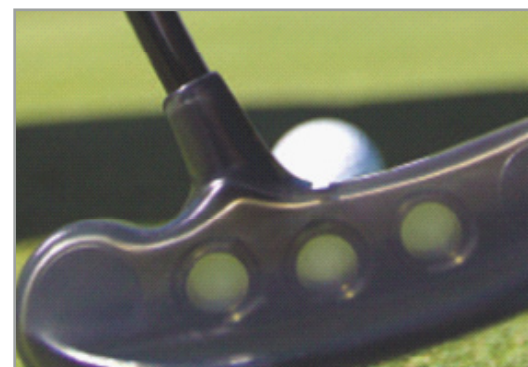


Fig. 67: Sport goods.

4.2.3.1. Azienda produttrice



Eastman chemical company
P.O. Box 431
Kingsport, TN 37662-5280
U.S.A.
T (1)800-327-8626
F (1) 423-229-1193
www.eastman.com

Katia Miotello (Eastman Chemical B.V., The Netherlands, T +31 10 2402 121, F +31 10 2402 104, kmiotello@eastman.com) Monica Montagnese (Sales Specialist & Office Administrator di Eastman chemical, filiale italiana) e Silvia Lardelli (Inside Sales Rep – SPBO di Eastman Chemical, filiale italiana) hanno collaborato alla miglior riuscita di questo progetto. La Eastman Chemical⁵¹ ha inviato i campioni di materiale alla sede italiana e sono state fornite in allegato anche le schede tecniche (*allegato 10*), le schede di produzione e molte informazioni riguardo la loro attività sia europea che extra europea. Alla Eastman Chemical, fibre e materie plastiche vengono utilizzati come ingredienti chiave nei prodotti che le persone utilizzano ogni giorno. Eastman ha circa 10.000 dipendenti in tutto il mondo, si fondono competenze tecniche ed innovazione per offrire soluzioni pratiche. L'azienda è impegnata a trovare opportunità di business sostenibili nei diversi mercati in cui opera.



Fig. 68: Filosofia della Eastman Chemical

51 www.eastman.com/Literature_Center/P/P281.pdf.

Eastman è divisa in quattro distinte aree di intervento:

- Coatings, Adhesives, Specialty Polymers and Inks
- Fibers
- Performance Chemicals and Intermediates
- Specialty Plastics

I settori in cui operano sono:

- Packaging
- Tobacco
- Building and Construction
- Consumables
- Industrial Chemicals and Processing
- Transportation
- Health and Wellness
- Durable Goods
- Agriculture
- Electronics
- Energy, Fuels and Water

Eastman™ acetylated wood technology.

Il legno è una delle risorse più abbondanti e rinnovabili presenti in natura. La sua facilità d'uso, l'affidabilità e la bellezza ne fanno un materiale di scelta dei costruttori e proprietari di casa. Tuttavia, l'umidità può attaccare il legno e può indurre i consumatori a considerare prodotti da costruzione alternativi, quali materie plastiche, materiali compositi oppure legno modificato o miscelato ad altri materiali, quindi elevando le sue prestazioni base. Ecco perché Eastman ha sviluppato la tecnologia di acetilazione della cellulosa, in cui viene modificata la composizione molecolare del legno, fino alla creazione di un materiale più stabile e resistente. Il mercato potenziale dell'acetato di cellulosa è stimato a più di \$ 2 miliardi per una vasta gamma di applicazioni, tra cui finestre, terrazze, rivestimenti, prodotti per l'edilizia e altri. La costruzione di un impianto avanzato per l'acetilazione della cellulosa è stato costruito negli ultimi anni a Kingsport, Tennessee, USA. All'inizio nel 2012, l'impianto ha iniziato a produrre prodotti per mercati selezionati all'interno degli Stati Uniti.

4.3. Settore di utilizzo

Viste le caratteristiche di questo biopolimero e dopo averle confrontate con un polimero tradizionale (vd. tabella nella pagina successiva), si è individuato un settore ben preciso.

Essendo un biopolimero profumato, l'applicazione poteva riguardare qualsiasi prodotto necessario alla deodorazione di un ambiente, il packaging di una crema o di uno shampoo, un profumatore per armadio etc. Alcune idee interessanti potevano essere la sostituzione delle placchette di carta, che vengono utilizzate nelle profumerie per far annusare il profumo scelto, con delle barrette rigide e durevoli legate al profumo stesso. Oppure realizzare scarpriere profumate, qui è il materiale a profumare e in questo caso non sarebbero necessari altri deodoranti. Altre applicazioni potevano riguardare il mondo del gioiello, quindi collane, bracciali od anelli personalizzabili o legati ad un marchio specifico di profumo, oppure, prodotti d'arredo per centri estetici e SPA.

With Auracell, the scented product possibilities are nearly endless⁵².

Il profumo ha un potere particolare e come scriveva Patrick Süskind, nel libro intitolato "Il profumo"⁵³: *"Gli uomini potevano chiudere gli occhi davanti alla grandezza, davanti all'orrore e turarsi le orecchie davanti a melodie o a parole seducenti. Ma non potevano sottrarsi ai profumi. Poiché il profumo è fratello del respiro. Con esso penetrava gli uomini, a esso non potevano resistere, se volevano vivere. E il profumo scendeva in loro, direttamente al cuore e là distingueva categoricamente la simpatia dal disprezzo, il disgusto dal piacere, l'amore dall'odio. Colui che dominava gli odori, dominava il cuore degli uomini"*.

Auracell™ è un materiale che permette di realizzare prodotti molto interessanti e creativi, senza dimenticare che il suo valore aggiunto è

⁵² www.auracell.com/whyScentMarketing.html

⁵³ Süskind P., *Il profumo*, traduzione di Agabio G. edizione TEA, Cles (TN), 2001.

proprio quello di essere un materiale derivante da fonte naturale. Di seguito viene riportata una tabella che mostra il confronto tra i due materiali presi in considerazione fin ora ed il polipropilene (alternativa possibile usando polimeri tradizionali).

PROPRIETA'	Auracell	Tenite	Polipropilene
Densità [g/cm ³]	1,29	1,28	0,91
Snervamento [MPa]	23-49	33	32
Allungamento [%]	13-17	25	8
Modulo elastico [GPa]	1,03-2	2,137	1,4
Punto di fusione [°C]	100	87 - 102,8	164
Temp. di esercizio [°C]	0 - 90 circa	0 - 83	0 - +100
Resistenza chimica	si	si	si
Trasparenza	opaco traslucido trasparente	opaco traslucido trasparente	opaco traslucido trasparente
Solidità al colore	buona	buona	buona

Fig. 69: tabella di confronto delle proprietà.

4.3.1. Scelta

In definitiva ho scelto di realizzare un profumatore d'auto perché è il settore in cui le caratteristiche di questo biopolimero possono essere maggiormente sfruttate.

- Resiste alle alte temperature: posizionato sul cruscotto dell'auto, dove in estate sotto il sole si possono raggiungere temperature molto elevate, esso non degrada.

- Chimicamente resistente: per realizzare un profumatore d'auto è necessario sfruttare un materiale che a contatto con il profumo non degradi. All'interno di tutta la ricerca da me svolta, non esiste attualmente un biopolimero in grado di resistere a lungo termine ad una sostanza chimica. Auracell invece incorporando direttamente le fragranze non è esposto a questa problematica.
- All'interno del settore non è mai stato utilizzato un biopolimero. L'azienda Arbre Magique (Tavola S.p.A.) cliente di MT Progetti sarebbe interessata a sviluppare un progetto di questo genere.
- Non ingiallisce nel tempo (neanche se esposto al sole).
- Durevole.
- Il profumo può durare anche un anno o più. A confronto con le principali tipologie di profumatori esistenti, Auracell sarebbe in grado di mantenere all'interno dell'auto una fragranza per molto tempo. Normalmente il profumo dura circa 7 settimane.

4.3.2. Benchmarking

Il benchmarking⁵⁴ è un processo continuo di misurazione di prodotti, servizi e prassi aziendali, mediante il confronto con i concorrenti più forti. L'idea è quella di paragonare le performance di un'azienda o di un prodotto rispetto a quella di altre aziende o altri prodotti, prese come punti di riferimento. Il benchmarking implica lo studio dettagliato della produttività, della qualità e del valore del proprio prodotto in relazione alla performance di qualche altro prodotto-sistema. Il principio sottostante al benchmarking è molto semplice. Serve per migliorare o per creare un prodotto nuovo sul mercato. Partendo dall'analisi di altri soggetti reputati di grande abilità nell'attività che si desidera migliorare e servendosene come punto di riferimento rispetto al quale aumentare i propri standard.

⁵⁴ Robert Camp, Benchmarking. Come analizzare le prassi delle aziende migliori per diventare i primi, Editore Itaca, 1991

Di seguito presentati i leader nel mercato dei profumatori per auto. Dopo l'analisi dei costi (pag. 162), verrà presentato il confronto tra alcuni dei seguenti esempi ed il progetto realizzato in questa tesi.

ARBRE MAGIC.⁵⁵

E' il profumo per auto più famoso e venduto nel mondo. Estremamente funzionale, facile da utilizzare, affidabile e sicuro perché a base di pura cellulosa impregnata di essenze pregiate che garantiscono una durata di 7 settimane. Sinonimo da sempre di libertà, freschezza e naturalità, è il profumo a colori, disponibile in 30 coloratissime profumazioni, suddivise in 5 famiglie: linea classic, linea fruit, linea fresh, linea floreal e linea oriental.



Fig. 70: screenshot del sito. Elenco delle profumazioni.



Fig. 71-72: esempi di prodotti.

Il primo disegnato da Giugiaro è un profumatore dotato di refill, prodotto durevole e dal design molto compatto.

Il secondo è il classico e più conosciuto prodotto della Arbre Magique, un cartoncino impregnato di profumo.

55 www.arbremagique.it/



Fig. 73 (sinistra): esempio di packaging.



Fig. 74 (destra): cenere magica 3 in 1 è il deodorante granulare realizzato in vera pomice 100% naturale. La sua speciale ed esclusiva formulazione 3 in 1 consente di profumare l'abitacolo con nuove e delicate fragranze, assorbire ed eliminare il cattivo odore generato dal fumo di sigaretta e di ricreare piacevoli sensazioni psicofisiche grazie all'effetto aromaterapico delle sue selezionate essenze.

AMBIPUR⁵⁶

Ambi-Pur è un marchio di deodorante per ambienti con prodotti che profumano l'aria sia in casa che in macchina. Si tratta di un marchio mondiale presente negli Stati Uniti, in Europa, in Asia ed Oceania. Esso offre una vasta gamma di prodotti da utilizzare in soggiorno, nel WC, nell'armadio od in macchina, ed è possibile scegliere tra una varietà di profumi. Il primo prodotto Ambi-Pur è stato lanciato nel 1958 in Spagna, mentre nel 2009 Ambi Pur è stata venduta a Procter & Gamble per 468 milioni dollari.



Fig. 75-76-77: Prodotto, packaging e packaging refill. 70 giorni di freschezza per la tua auto.

56 www.ambipur.com/

Ambi Pur APPENDIBILI Control Fresh
 La Goccia che...Più la strappi Più profuma.
 Controllo diffusione in 3 fasi per una durata fino a 5 settimane

CAR

288 pz. CONTROL FRESH
 Esp. da terra
 72 pz. VANIGLIA
 72 pz. FRESH OCEAN
 72 pz. LAVANDA
 72 pz. ODOUR NEUTRAL

Codice 81326934
 Prezzo € 455,00

LAVANDA VANIGLIA FRESH OCEAN ODOUR NEUTRAL

Codice	Prezzo €	Descrizione	Imballo
81324766	70,00 (1,58 l'uno)	Conf. 48 pz. Control Fresh 24 pz. Vaniglia + 24 pz. Lavanda	termostruttura
81324765	70,00 (1,58 l'uno)	Conf. 48 pz. Control Fresh 24 pz. Fresh Ocean + 24 pz. Odour Neutral	termostruttura

Fig. 78: la goccia che più la strappi più profuma. Fino a 5 settimane.

Ambi Pur
CAR

Scegli il profumo per la tua auto

ForHim ForHer nuovo! Odor Bikini 2 Easy

Williams F1

Fig. 79: Collezione Ambipur. Colori e fragranze.

CON OLII ESSENZIALI

2Motion
 Cambia la fragranza quando preferisci

70 GIORNI

PLATINUM SERIES

Con il rivoluzionario diffusore 2Motion potrai decidere quando vuoi di cambiare la fragranza del tuo Ambi Pur Car. Il nuovo diffusore 2Motion grazie alle due differenti profumazioni già incluse e ad un semplicissimo gesto ti farà passare da un'emozione all'altra in pochissimi secondi.

Asian Cruise Artic Drive Mountain Drive

Fig. 80: Collezione 2 motion, 2 profumazioni già incluse.

AREXONS⁵⁷

Arexons nasce nel 1925, agli albori della storia italiana dell'automobile e nella previsione di una rapida diffusione del mezzo. I primi prodotti costituiscono immediatamente un successo e, occupandosi della manutenzione delle vetture, diventano in breve tempo indispensabili per i meccanici e gli automobilisti. Negli anni '50, Arexons, molto apprezzata dagli specialisti, diviene la Marca leader del settore. Oggi Arexons, che ha mantenuto la leadership nel settore della produzione di articoli per la cura e manutenzione dell'auto, della moto e del bricolage, è conosciuta a livello mondiale e distribuisce i suoi prodotti in 30 Paesi. La manutenzione, intesa come difesa del valore dei beni affinché conservino nel tempo funzionalità ed efficienza, è la missione di Arexons.



Fig. 81: Deodorante auto, profumatore da bocchetta. Dosaggio del profumo a doppia regolazione: attraverso la regolazione del flusso dell'aria delle bocchette e grazie al preciso sistema di regolazione posto sopra l'emettitore. Scocca nera discreta oppure cromata high-tech. Disponibile in 4 diverse profumazioni.



Fig. 82: Il nuovo deodorante per auto Airtech è la sintesi di innovazione tecnologica e design voluta da Arexons e progettata da Pinifarina. La nuova forma si ispira ai particolari tecnici e al design presenti nelle auto più innovative. A differenza di tutti gli altri prodotti presenti sul mercato, il bocchettino di vetro, dalla sagoma originale, diventa un corpo unico con le bocchette di ventilazione dell'auto, aggiungendo all'abitacolo un tocco di alto livello. Per la prima volta nel settore dei profumatori auto è stato utilizzato un filtro dall'innovativa forma a T composta da una parte semicilindrica e una parte erogante ultrapiatta. Il profumo risale dal bocchettino e si espande lungo tutta la superficie del filtro. L'aria che fuoriesce dalla bocchetta entra all'interno del nuovo deodorante Airtech con moto turbolento, andando a colpire più volte il filtro e impregnandosi di profumo. Grazie alle particolari griglie laterali aumenta la diffusione del profumo sia frontale che laterale.



Fig. 83: cartoncino per specchietto retrovisore. Profumatore in cellulosa: il dosaggio del profumo è regolato tramite la superficie esposta. Ampia gamma fragranze classiche e nuove. 6 classiche fragranze e due nuove profumazioni dedicate: Pino, Vaniglia, Lime, Antifumo, Frutti di Bosco, Pour Femme, Pour Homme e Ocean.



Fig. 84-85: liquidi per specchietto retrovisore. L'alternativa ai profumatori per auto tradizionali. Semplice funzionamento: è sufficiente impregnare la foglia in legno agitando il bocchettino. Italian design. Realizzato in speciale legno di Ajus con forte capacità assorbente. Packaging accattivante che dà l'immediata percezione di quale è il profumo contenuto. Disponibile in 8 profumazioni.



Fig. 86: granuli per posacenere. Profumatore in granuli sia per la casa per l'auto. I suoi granuli in pietra pomice naturale a contatto con la brace della sigaretta, neutralizzano l'odore del fumo. Gli esclusivi ingredienti attivi a base di oli essenziali eliminano l'odore sgradevole dei vecchi mozziconi assicurando un piacevole profumo. Disponibile in 3 versioni: Aria Menta Arancio Acqua, Brezza di Mare e Fuoco Vaniglia. Confezione: tubetto 100 gr.

Fig. 87: la meditazione e la quiete, temi fondamentali della filosofia zen, hanno ispirato l'aspetto essenziale e minimalista dei prodotti e dei packaging della nuova gamma di profumatori per auto Zen essence.



MILLEFIORI MILANO⁵⁸

Millefiori è un'azienda specializzata nella selezione di fragranze di qualità e nella realizzazione di accessori di design e soluzioni per diffonderle nell'aria.



Fig. 88: Collezione Air design, realizzata in collaborazione con designer internazionali come Inoue Itsuko e Kawaji Tomonori.

Fig. 89: Car Air Freshener Cuori & Fiori. Profumatore per auto in alluminio anodizzato. Diffonde la fragranza con delicatezza e allegria, grazie alla frizzante grafica Cuori & Fiori. Profumazione pompelmo.

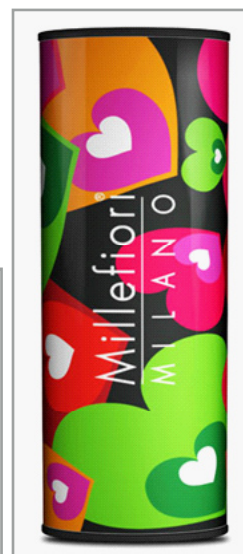


Fig. 90: nuovo profumatore per auto. Millefiori.



Fig. 91: Esempio applicazione.

SIMONI RACING⁵⁹



Fig. 92: DA 1000: Deodorante serie 1000. Profumazione alla vaniglia. 5,90 euro.

Estremamente funzionali e di facile utilizzo, i deodoranti "Fresh Action" vanno applicati alle bocchette dell'aria e, tramite il sistema di ventilazione, diffondono il profumo per 50 giorni circa, arricchendo il cruscotto della tua auto con le loro linee Hi-tech.

Fig. 93-94-95: altri esempi.



⁵⁹ www.simoniracing.com/simoniracing/simoni/newstore.html#ecwid:category=1197299&mode=category&offset=0&sort=priceAsc

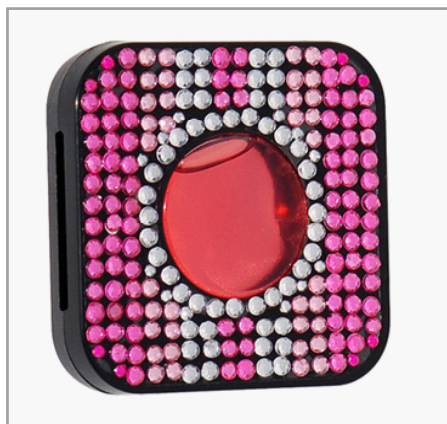


Fig. 96: deodorante Sparkling. Profumatore per auto con strass. 4,90 euro. Ocean scent.



Fig. 97: deodorante Crystal. 4,90 euro.

Fig. 98-99-100: aroma vaniglia. Illuminato con presa accendisigari inclusa. 5,95 euro.



CARMATE

La società è stata fondata nel 1965, Car Mate, e si è espansa nel corso degli anni fino a diventare il più grande produttore di accessori automobilistici in Giappone. Attualmente esporta i suoi prodotti in oltre 30 paesi.



Fig. 101-102: White Musk SAI Air Bianco Argentato. 3,45 euro.

CORA Italy⁶⁰



Fig. 103-104-105-106-107: clip profumate da inserire nella bocchetta dell'aria. 3.00 euro prezzo unitario. Confezione 12 pezzi: 36 euro.

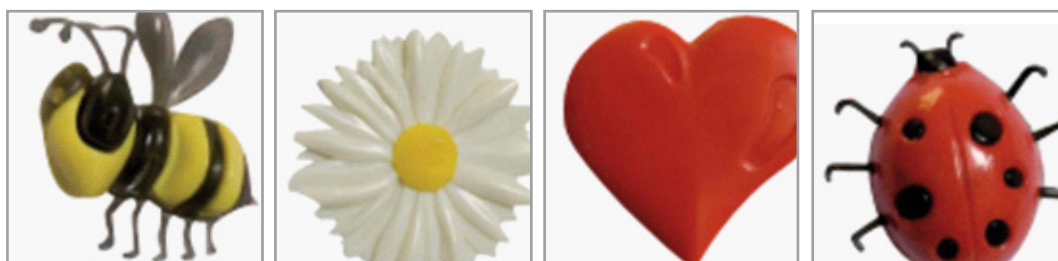


Fig. 108: deodorante in plastica rigida per il fissaggio a ventosa. Colori assortiti.



Fig. 109-110-111: profumatori da appendere allo specchietto retrovisore. Disponibili in quattro fragranze che garantiscono un effetto prolungato nell'abitacolo dell'auto fino a 60 giorni (il tappo in legno naturale ha la funzione di diffusore a lento rilascio). Ideali anche per la casa e l'ufficio. Confezione da 24 pezzi: 69,60 euro.

⁶⁰ <http://www.coraitaly.com>

 <p><i>Winnie the Pooh</i></p> <p>Deodorante pupazetto da appendere. Profumo: vaniglia. In blister.</p>	 <p><i>Tigger</i></p> <p>Deodorante pupazetto da appendere. Profumo: vaniglia. In blister.</p>	 <p><i>Topolino</i></p> <p>Deodorante pupazetto da appendere. Profumo: vaniglia. In blister.</p>
--	---	---



Sport collection



Cod. EXP00074
Esp. da banco 24 pz. multisquadra "STEMMI JUVENTUS-INTER-MILAN" (8 per tipo)
Fragranza Juventus: agrumi
Fragranza Inter: lavanda
Fragranza Milan: vaniglia
Prezzo € 76,80 (3,20 l'uno)

Profumelli GENE DETTI

Profumatori per auto e piccoli ambienti





CON MAGICO SUPPORTO IN LEGNO



Profumo per auto e ambienti

Profumatori per auto e ambienti che sfruttano il legno come diffusore naturale, disponibile in 8 profumazioni. La bottiglietta in vetro è protetta da un tappo ermetico in plastica da rimuovere per attivare la profumazione. Il supporto "magico" in legno favorisce la diffusione graduale e delicata del profumo.



Classic collection

Dischi orario



Profumelli GENE DETTI

4.4. Sviluppo

Durante questa fase, fondamentale è stato il supporto di MT Progetti srl⁶¹, azienda di Lomagna (LC), specializzata nella progettazione di oggetti di design con l'utilizzo di materie plastiche. Sono specializzati soprattutto sullo sviluppo di particolari tecnologie produttive (come l'utilizzo di tecnologie bicolore, bicomponente, chiusure o montaggi in macchina) in modo da aumentare l'efficienza produttiva ed abbattere i costi di produzione. Offrono vantaggiose alternative ai metodi tradizionali e i settori in cui operano sono: illuminazione, cosmetica, casalinghi, medicale, alimentare, elettronica, detergenza e articoli tecnici per l'industria automobilistica.

Utilizzano software come Pro/ENGINEER Wildfire e il modulo applicativo moldesign, AutoCAD e altri software dedicati alla simulazione di riempimento e calcolo strutturale.

Alcuni loro clienti sono Peg Perego, Giochi preziosi, Dainese spa, Elsag-Datamat spa (servizi e soluzioni per l'automazione, la sicurezza, i trasporti), Tavola spa (prodotti per la cura dell'auto, della casa e della persona).

Fondamentale è stato il supporto di Eliana Togni, responsabile marketing, e di Roberto Manelli, titolare di MT Progetti.

4.4.1. Componenti

Di seguito viene presentato il prodotto finale, partendo dalla descrizione delle varie componenti: i metodi di produzione, i materiali e le relative funzioni; arrivando alla realizzazione del prototipo (Partec⁶²).

Le parti in cui si suddivide sono: aggancio, foglie, petali e pistillo.

⁶¹ www.mtprogetti.com/

⁶² [/www.partec.it/](http://www.partec.it/)

1. AGGANCIO



Materiale: TENITE™ cellulosics

Dimensioni: 26 * 12 * 12 mm

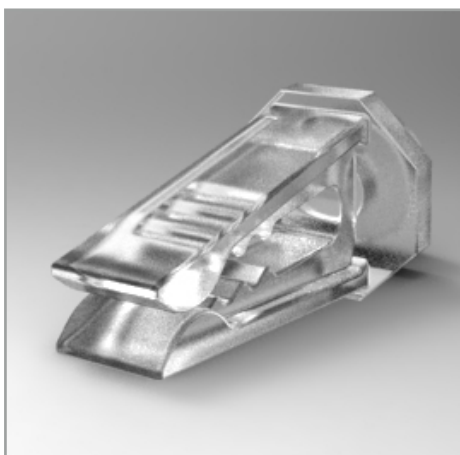
Spessore: 2 mm

Lavorazione: stampaggio iniezione

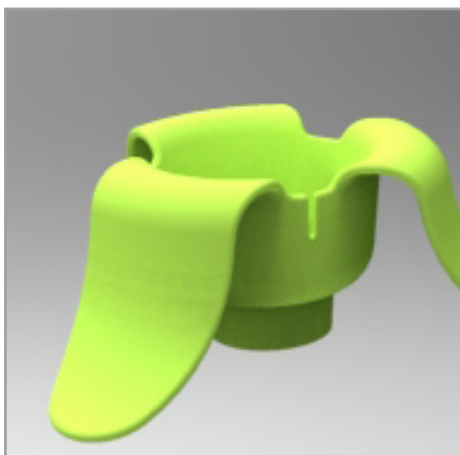
Funzione: fissaggio a bocchette

Colore: bianco o trasparente

Fig. 112-113-114: viste aggancio.



2. FOGLIE



Materiale: TENITE™ cellulosics

Dimensioni: 62 * 23 * 56 mm

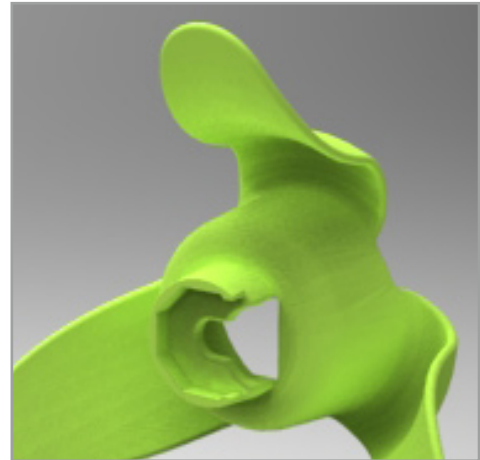
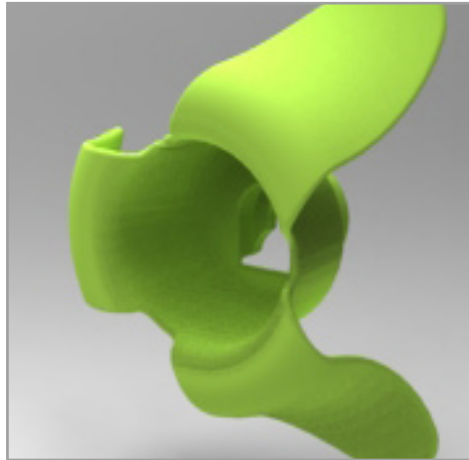
Spessore: 1,2 mm

Lavorazione: stampaggio iniezione

Funzione: supporto dei petali

Colore: verde (RGB 141-191-56)

Fig. 115-116-117: viste foglie.

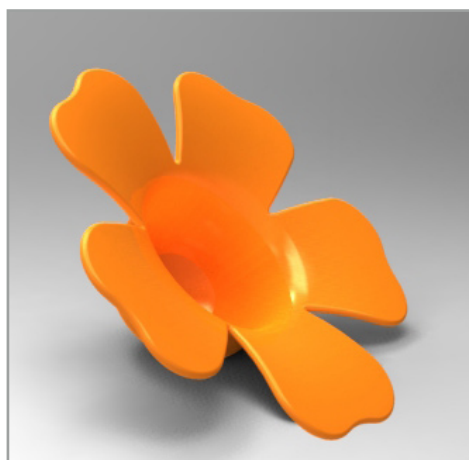


3. PETALI

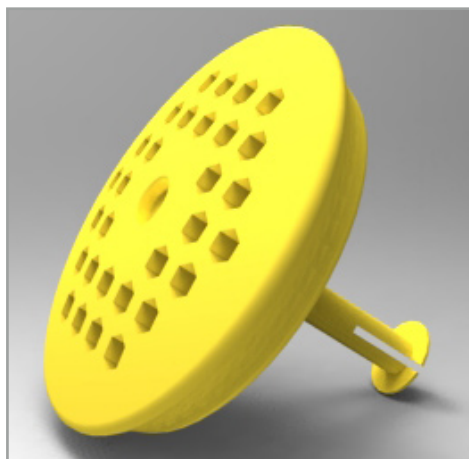


Materiale: TENITETTM cellulotics
Dimensioni: 120 * 21,5 * 120 mm
Spessore: 1,2 mm
Lavorazione: stampaggio iniezione
Funzione: supporto del pistillo
Colore: arancio (RGB 232-105-13)

Fig. 118-119-120: viste petali.



4. PISTILLO



Materiale: Auracell™

Profumo: 2% testa
90% cuore
8% coda

Dimensioni: 21 * 26 * 26 mm

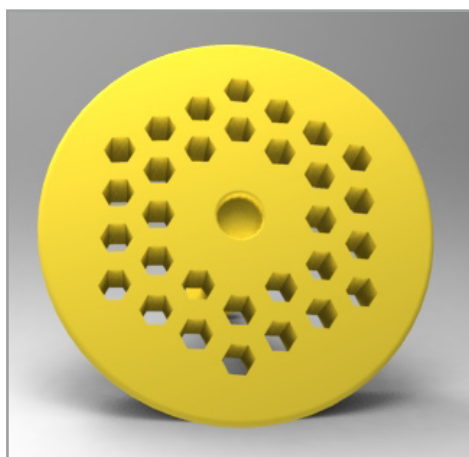
Spessore: 5 mm

Lavorazione: stampaggio iniezione

Funzione: deodorante ambiente

Colore: giallo

Fig. 121- 122-123: viste pistillo.



Di seguito si spiegherà il perchè della scelta di realizzare il pistillo con spessori elevati e soprattutto profumato.

Grazie all'aiuto prezioso di Giuseppe Vitali, direttore commerciale di CTP spa⁶³, ho ricevuto numerose indicazioni per quanto riguarda la progettazione e la produzione di articoli in plastica profumata. CASTELBERG TECHNOLOGIES (Ctp spa) è un'azienda di Grumello del Monte (BG). L'azienda, presieduta da Carlo Pagani, nell'ultimo biennio ha deciso di orientarsi alla produzione di articoli per il settore deodoranti e profumatori, sia per ambienti abitativi che per il settore dell'automotive, nonché per prodotti per l'estetica. Le variabili che vanno considerate all'inizio del progetto e che dipendono dalle richieste del cliente (durata del profumo, intensità, velocità di

⁶³ Castelberg Technologies srl : www.castelbergtechnologies.it - www.ctpspa.it/home

propagazione etc.) sono:

- Spessore
- Shore
- Fragranza

Lo studio e la combinazione di queste 3 variabili permette di ottenere qualsiasi risultato desiderato. L'obiettivo di questo progetto è stato quello di creare un prodotto profumato il cui effetto duri nel tempo, da questo infatti, derivano tutte le specifiche tecniche del progetto.

■ Spessore in relazione alla durata del profumo che si vuole ottenere

- durata minima = 1,6 mm - 2 mm;
- 1 o 2 mesi = 2,5 – 3,5 mm;
- 3 mesi = 4 mm;
- durata massima = spessori crescenti > 4 mm;

■ Shore del materiale

- più un materiale è duro, più il profumo tenderà ad uscire lentamente.

Quindi combinato con spessori anche più bassi, la durata del profumo si può estendere (Es: shore di 30 e spessore 2 mm, il profumo può durare anche qualche mese).

- più il materiale è morbido, più il profumo tenderà a propagarsi velocemente. In questo caso il profumo risulta più performante.

■ Fragranza

Nella trattazione dei profumi si fa riferimento alla piramide olfattiva. La piramide è una visualizzazione teorica del grado di evaporazione dei componenti e della loro persistenza. E' costituita da 3 livelli che permettono di illustrare lo sviluppo temporale della fragranza.

- Note di testa: Percepite immediatamente, le note di testa sono minuscole molecole che evaporano velocemente. Formano la prima impressione che una persona si fa di un profumo, e pertanto sono molto importanti dal punto di vista commerciale.

- Note di cuore (corpo): L'odore di un profumo che emerge non appena si dissolvono le note di testa, pertanto la loro apparizione può avvenire anche a distanza di giorni. Le note di cuore compongono la parte centrale di un profumo ed è la parte più duratura.

- Note di fondo: L'odore di un profumo che appare quando sta per sparire l'odore delle note di cuore. Pertanto le note di fondo vengono avvertite solo nel periodo finale di utilizzo di un prodotto.

Questi 3 livelli possono essere gestiti in percentuali in modo tale da regolare la durata e l'effetto del profumo.

Esempi:

- durata: 10 giorni testa: 40%
 cuore: 50%
 coda: 10%
- durata 1 mese testa 10%
 cuore 80%
 coda 10%
- durata > 1 mese testa praticamente inesistente (1-2%)
 cuore 90%
 coda 8%

In definitiva il pezzo da me realizzato ha i seguenti parametri:

Spessore = 5mm;

Rockwell Hardness (R scale) = 29-104;

Fragranza = testa 1%
 cuore 90%
 coda 9%



Avendo indicato la durezza con il test Rockwell, di seguito applico la conversione e spiego la differenza con il metodo shore.

Rockwell hardness: con questa procedura si esamina la durezza di un provino sotto l'aspetto della regressione elastica, con l'ausilio di una sfera. A questo scopo una sfera d'acciaio viene premuta su un provino applicando una forza definita e quindi di nuovo rilasciata. Viene considerata soltanto la deformazione plastica. Esistono diverse scale di durezza Rockwell, che si distinguono a seconda delle combinazioni dei penetratori e delle forze di prova.

Scala della durezza Rockwell	Diametro del penetratore [mm]	Carico di prova [n]
R	12,7	588,4
L	6,35	588,4
M	6,35	980,7

Fig. 124: parametri scale durezza Rockwell.

Shore: è un parametro del materiale per elastomeri e materie plastiche ed è stabilito nelle norme DIN 53505 e DIN EN ISO 868. Il collaudatore della durezza shore consiste di un penetratore a molla, la cui profondità di penetrazione elastica è una misura, per la relativa durezza shore del materiale, che viene misurata su una scala da 0 fino a 100. Un numero alto significa una durezza grande.

- La Shore A viene indicata su elastomeri morbidi dopo aver misurato con un ago spuntato.

- La Shore D viene indicata su elastomeri tenaci dopo aver misurato con un ago che affluisce con un angolo di 30° e non è spuntato.

Nei due metodi si tiene conto della viscoelasticità in modi diversi: nella durezza Rockwell con la forza di recupero e nella durezza Shore col tempo di applicazione della forza.

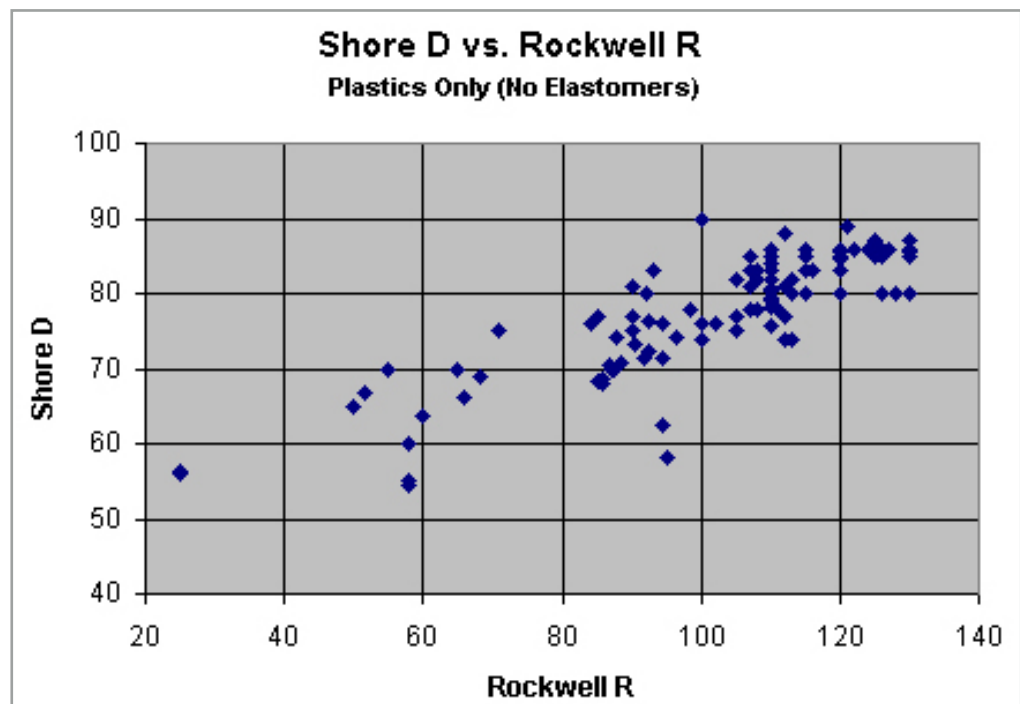
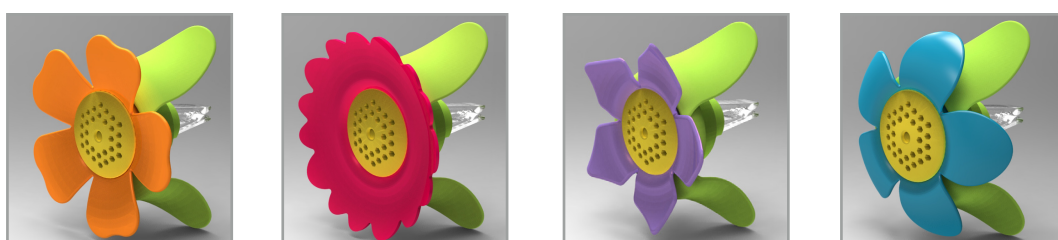


Fig. 125: comparison of Shore Hardness Scales. Data from Matweb.com.

4.4.2. Assieme



Il progetto finale prevede 4 versioni di profumatore per auto. L'ispirazione del fiore nasce proprio dalla natura di questo prodotto, 100% naturale e riciclabile, e soprattutto è il fiore che emana il profumo in natura. Ogni singolo prodotto ha una sua fragranza. I nomi dei profumi scelti non si riferiscono ad un profumo in particolare, ma l'idea è quella di orientare il cliente alla scelta semplicemente tramite le emozioni e le idee che i nomi rievocano. Ho scelto di abbinare ad ogni fiore dei paesaggi che hanno lo stesso colore. Ad esempio, l'arancione è collegato alle dune del deserto, il rosa richiama il colore della roccia delle dolomiti, il viola la brughiera del nord italia e il blu l'acqua, quindi, seguendo l'idea del paesaggio, ho scelto le cascate. Ho creato anche l'immagine coordinata, di seguito mostro un esempio di cartolina che pubblicizza il prodotto. Il nome è Scent-EX (scent è profumo ed EX sta per esagono, la forma più volte ricorrente all'interno del progetto, che indica sia la struttura delle molecole aromatiche, sia la struttura del pistillo).

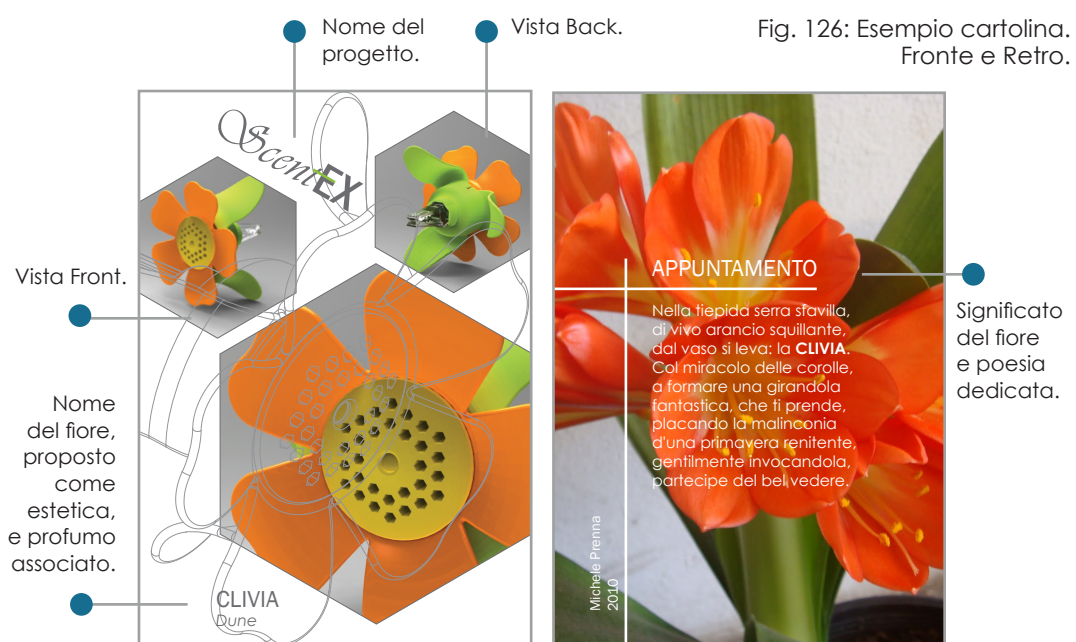


Fig. 126: Esempio cartolina. Fronte e Retro.

4.4.2.1. Montaggio

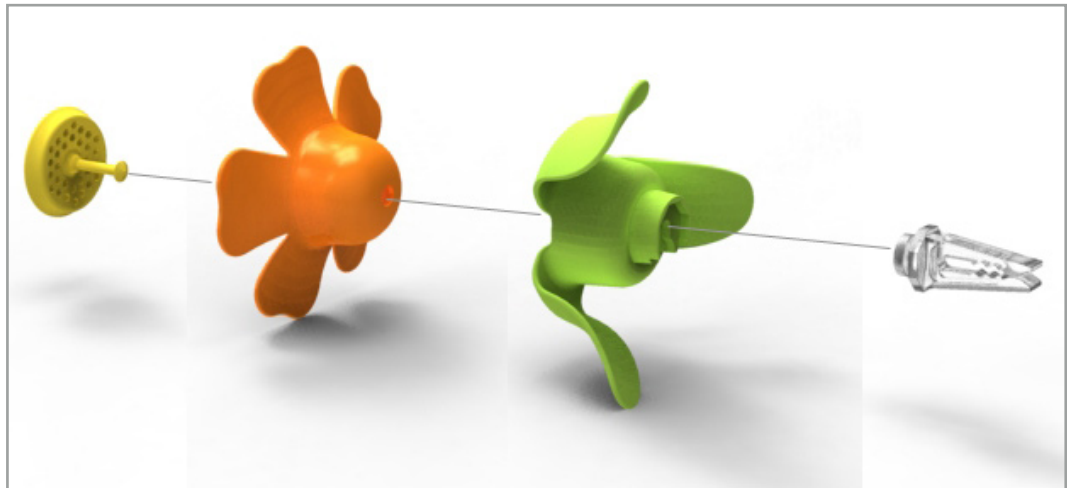


Fig. 127: Esploso.

Dall'esploso si può notare che le parti si assemblano senza l'utilizzo di collanti ma tramite semplici incastri. L'aggancio è il pezzo che consente di fissare il profumatore alle bocchette dell'auto. Le foglie e i petali consentono il posizionamento del pistillo (parte profumata) ed esteticamente ripropongono l'idea del fiore. Di seguito, andando per ordine, la sequenza di montaggio.

1. Il pistillo viene inserito all'interno dei petali e l'incastro tra i due pezzi è consentito tramite un snap-fit. Il perno è tagliato per il lungo per permettere al pezzo di chiudersi sfruttando l'elasticità. Il foro e il sottosquadro sono stati studiati appositamente affinché il passaggio del snap-fit sia garantito. Questo tipo di incastro risulta irremovibile; se si desiderasse cambiare il profumo, saranno vendute in packaging singoli solamente i petali e il nuovo pistillo con un'altra fragranza. Le foglie e l'aggancio possono essere mantenuti più a lungo nel tempo.

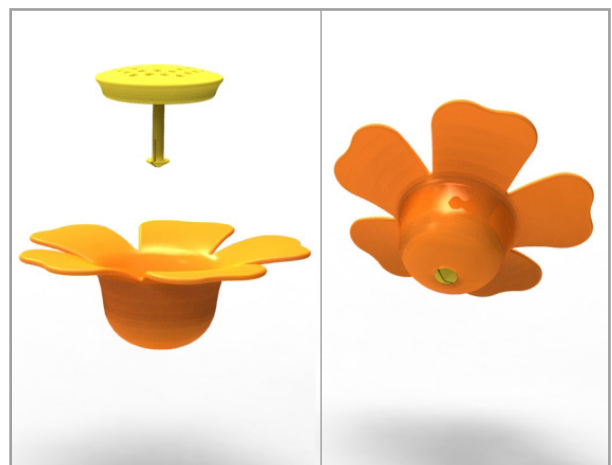
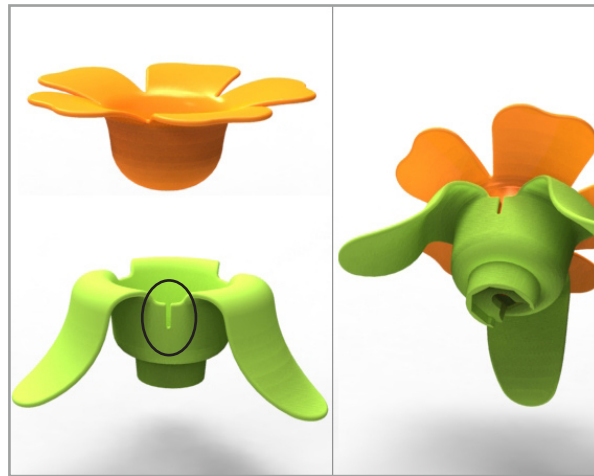


Fig. 128: incastro tra petali e pistillo.



2. I petali ed il pistillo, una volta assemblati, vengono inseriti all'interno delle foglie. Sulla parte delle foglie è stato creato un piccolo taglio affinché l'incastro possa avvenire comodamente, sfruttando l'elasticità del materiale.

Fig. 129: incastro tra i petali e le foglie.

3. L'aggancio viene semplicemente incastrato all'interno delle foglie tramite uno scavo creato appositamente.

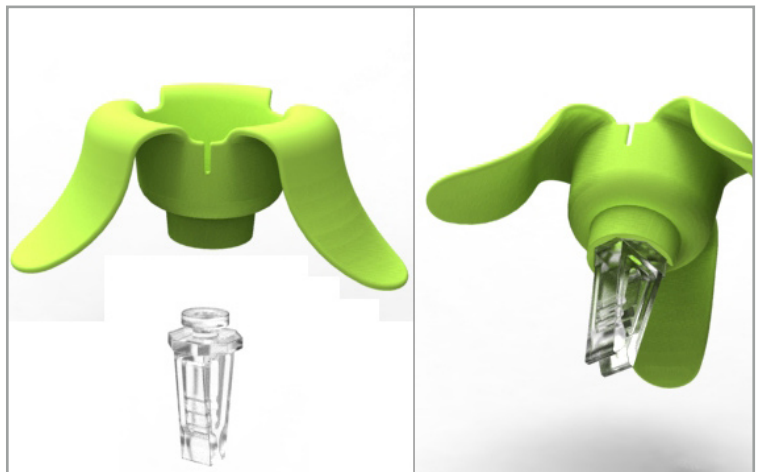


Fig. 130: incastro tra le foglie e l'aggancio.

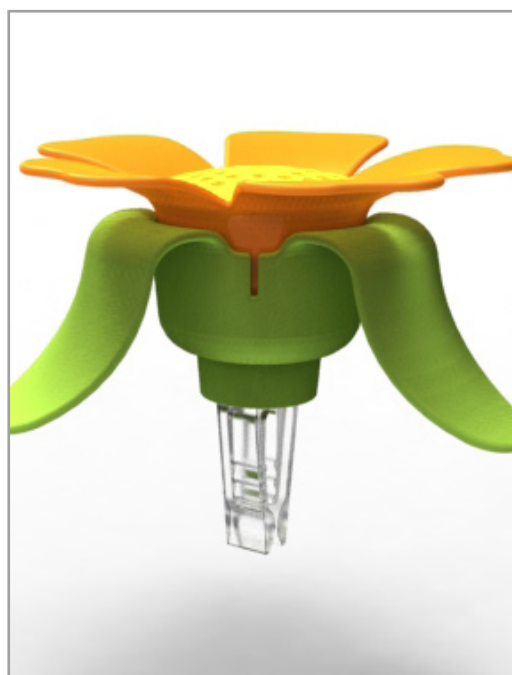


Fig. 131: 3D profumo.

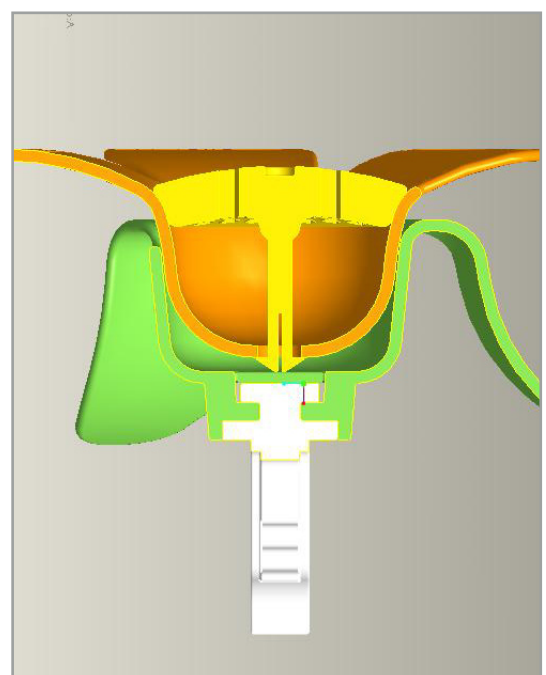


Fig. 132: sezione.

4.4.3. Packaging

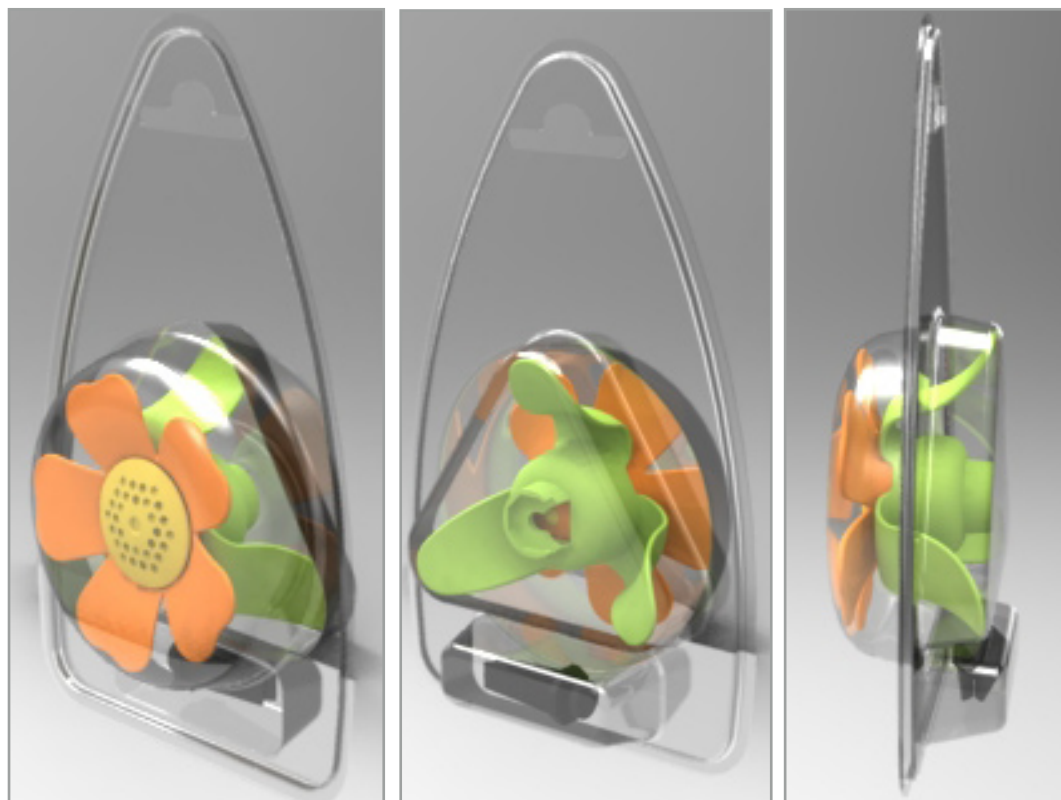


Fig. 133: viste del packaging.

Il packaging è costituito da due parti. La parte anteriore è stata dimensionata attorno ai petali, in modo tale da avvolgerli pienamente, mentre la parte posteriore (triangolo) segue la linea delle foglie. In basso è stato creato uno spazio in cui posizionare l'aggancio, il quale verrà montato solamente in fase di utilizzo. Il packaging, per questa tipologia di prodotto, ha una funzionalità davvero importante, deve essere totalmente sigillato per mantenere la fragranza del profumo inalterata nel tempo. Normalmente prodotti della stessa tipologia sono contenuti in packaging composti da due strati di materiali differenti. Lo spessore totale del packaging deve essere di 100 micron: 50 micron di LDPE (polietilene a bassa densità) compongono lo strato più interno della confezione, mentre i restanti 50 micron sono in PET (polietilene). Viene usato l'LDPE perchè è un materiale più elastico e permette di aumentare la velocità di produzione del packaging. La temperatura della macchina è inferiore ed aumenta la

velocità di saldatura. L'LDPE, inoltre, non tende a seccare e ciò permette di evitare che la confezione si spacchi lungo le linee di attacco. Lo strato di LDPE tende ad assorbire il profumo, poichè è più morbido come materiale, ma ad un certo punto satura e il PET blocca la fuoriuscita del profumo stesso. Non viene realizzato interamente in PET perchè è un materiale troppo "secco", la sua temperatura di fusione si aggira intorno ai 240°C e la lavorazione risulterebbe troppo dispendiosa.

Volendo utilizzare un materiale biodegradabile, ci si può orientare verso il Mater-Bi® della Novamont.

- completa biodegradabilità in diversi ambienti, come ad esempio in compostaggio e in suolo (in accordo con la norma europea EN 13432 e con i programmi di certificazione rilasciati da primari enti certificatori internazionali);
- lavorabilità con le stesse tecnologie delle plastiche tradizionali e con produttività simile;
- stampabilità con normali inchiostri e tecnologie di stampa
- colorabilità in massa con Master-batch biodegradabili

E' possibile utilizzare sia film monostrato che film coestrusi, ciò varia a seconda delle specifiche esigenze in termini di processabilità sulle macchine confezionatrici e di resistenza richiesta dal prodotto. Abbinando film in Mater-Bi® tra di loro o con altri materiali biodegradabili e compostabili, si possono ottenere delle strutture multistrato sempre più performanti in termini di processabilità e di proprietà barriera sia rispetto all'umidità e ai gas (requisiti necessari per confezionare prodotti alimentari facilmente deperibili o che prevedono tempi di conservazione più o meno lunghi come ad esempio IV gamma, prodotti da forno, biscotti, snacks, cereali, crocchette, caffè, ecc.), sia per preservare gli odori ed i sapori dei prodotti contenuti all'interno. Alberto Castellanza di Novamont⁶⁴ ha confermato che all'interno della loro gamma di prodotti, hanno sviluppato anche dei laminati composti da un film esterno stampabile ed un film interno termosaldante. La trasparenza è buona anche se non raggiunge i livelli di un laminato PET/PE.

64 Sales Manager - Novamont S.p.A. - Via Fauser 8 - 28100 Novara, Italy - Tel +39 0321 699 686 - Fax +39 0321 699 601 - Mob +39 348 010 0851 - www.novamont.com

4.4.4. Prototipo

I prototipi devono riprodurre fedelmente le caratteristiche del prodotto (estetica, ergonomia, funzionalità, resistenza, economia di fabbricazione e assemblaggio). Devono essere disponibili in tempi limitati e a costi limitati. Essi vengono classificati in base alla numerosità (prototipi singoli, campionature e preserie) o in base alle caratteristiche riprodotte (modelli concettuali, prototipi α e prototipi β). I prototipi rapidi (rapid prototyping) hanno ridotti tempi e costi di fabbricazione grazie ad una elevata capacità di automazione (integrazione CAD) e ad una limitata necessità di attrezzature dedicate. Permettono un'estrema flessibilità delle forme ottenibili e lavorano per fabbricazione additiva (costruzione a strati). Partendo da un modello CAD, i dati vengono trasferiti ad un computer che elabora i dati geometrici, generando supporti, slicing⁶⁵ e traiettorie. Infine si passa alla fabbricazione automatica⁶⁶. Le tecniche principali per prototipi singoli di RP (rapid prototyping) si dividono in base al materiale di partenza:

- Materiale liquido: SLA (stereolitografia) o IJM (ink-jet-molding)
- Materiale in polvere: 3DP (deposizione di legante su letto di polvere) o SLS (sinterizzazione laser)
- Materiale solido: FDM (fusion deposition modeling) o LOM (taglio di laminati)

4.4.4.1. Sinterizzazione Nylon

Per il prototipo del profumatore per auto si è scelto di utilizzare la tecnica SLS (selective laser sintering). La sinterizzazione SLS permette di ottenere parti resistenti e stabili senza affidarsi a processi lenti e costosi, passando direttamente dalla progettazione al prodotto finito in un unico passo. Grazie alla sinterizzazione SLS si possono testare immediatamente forma ed idoneità, resistenza alla temperatura e durevolezza di parti piccole od

⁶⁵ Slicing: generazione della geometria degli strati.

⁶⁶ Lezioni di Armillotta A., prof. del Politecnico di Milano, corso di Industrializzazione rapida.

estremamente grandi, semplici o di struttura complessa. Inizialmente viene steso un sottile strato di polvere da un apposito apparato e il laser provvede alla sinterizzazione ove necessario. La tavola si abbassa della quantità voluta, si stende un altro strato di polvere e il tutto si ripete. Il vantaggio sta nel fatto che si possono utilizzare diverse tipologie di polveri e non c'è bisogno di prevedere dei supporti dato che è la polvere non sinterizzata che provvede a sostenere i piani superiori. Alla fine del processo il pezzo deve essere liberato dalla polvere in eccesso.

- Gli spessori degli strati vanno da 0,10÷0,15 mm
- Materiale utilizzato: nylon
- Ridotta necessità di post-trattamento
- Macchina: EO SINT P 700 della Partec⁶⁷

Le macchine di prototipazione hanno il grande vantaggio che a differenza della lavorazione della tradizionale macchina utensile, apportano materiale invece di estrarlo consentendo la realizzazione di qualsiasi particolare meccanico ed estetico senza vincoli di forma. La creatività del progettista viene trasferita dal CAD tridimensionale, fedelmente, alla macchina. La sinterizzazione di polvere Nylon permette di realizzare particolari di buona qualità dimensionale ed ottime caratteristiche meccaniche. La soluzione ideale se il progetto non richiede particolari risultati estetici. La macchina utilizzata da Partec (EOSINT P 700) è in grado di riprodurre in un unico pezzo particolari di dimensioni 700x580x380 mm.



Fig. 134: EOSINT P 700.

⁶⁷ Partec s.r.l - Via campignano,9 - 24020 Parre (Bg) – Italia - T 035 705800 - F 035 705820 - info@partec.it - www.partec.it

4.4.4.2. Verniciatura

Dopo la fase di creazione del prototipo spesso risulta necessario, prima della verniciatura, effettuare alcuni trattamenti in modo da garantire una migliore riuscita della deposizione. Si deve procedere eliminando ogni tipologia di sporco od impurezza mediante lavaggio con acqua e detergenti. Vista la natura organica del materiale è sconsigliato l'utilizzo di solventi, salvo la certezza della non interazione tra il solvente ed il polimero. Esiste la necessità di aumentare la bagnabilità della superficie polimerica, poiché i legami C-H, essendo poco polari, tendono a sfavorire la bagnabilità delle vernici, in particolare di quelle depositate per via liquida. Numerosi sono i trattamenti che possono essere eseguiti per rendere polare la superficie polimerica: i più diffusi prevedono l'utilizzo di una fiamma oppure l'utilizzo di una scarica elettrica. Nonostante il costo elevato e la necessità di lavorare in discontinuo, spesso viene anche utilizzato il trattamento mediante plasma in camera a vuoto.

Le vernici utilizzate industrialmente nel campo del design sono⁶⁸:

■ Vernici liquide. Prevedono l'utilizzo di solventi organici o di acqua e normalmente vengono applicate "a pennello". Tale tecnica risulta molto lenta, permette la verniciatura di superficie non di grande estensione e il risultato è spesso influenzato dalla capacità dell'operatore. Viene impiegata quando si ha la necessità di verniciare un basso numero di pezzi e di dimensioni limitate. Se i pezzi sono di grandi dimensioni si può ricorrere alla deposizione mediante rullo o per immersione. Altre tecniche utilizzate sono il "flow-coating", che consiste nella spruzzatura della vernice mediante una serie di ugelli, la deposizione a spruzzo, dove la vernice è spruzzata mediante una pistola ad aria compressa e lo spray per via elettrostatica, la vernice viene caricata elettrostaticamente e viene attratta dalla superficie del pezzo, caricata con segno opposto. Una delle tecniche più innovative è la reticolazione mediante radiazioni UV dove il limite è la bassa penetrazione delle radiazioni, che limita gli spessori del rivestimento, e l'applicazione a forme non complesse. Invece, un metodo spesso usato nell'industria automobilistica è l'elettrodeposizione. Viene dispersa la vernice in una soluzione acquosa, poi viene caricata elettricamente e

⁶⁸ Stefano Rossi, I RIVESTIMENTI la pelle del design, Alinea Editrice srl, aprile 2008, Firenze.

viene attratta verso l'oggetto da rivestire.

■ Verniciatura a polveri. Tale tecnica risulta molto pulita dal punto di vista ecologico poiché non prevede l'utilizzo di solventi. Permette inoltre di verniciare velocemente pezzi con geometrie complesse, ottenendo spessori molto elevati. Con questa tecnica si deposita un solo strato di vernice protettivo. Il processo di deposizione è molto flessibile con la possibilità di cambio colore in modo molto rapido ed economico, fatto che permette di utilizzare questo metodo anche per una serie limitata di pezzi. La polvere utilizzata è una miscela di reticolante e di legante, con l'aggiunta di pigmenti e additivi. La vernice viene applicata mediante due principali processi: la tecnica del letto fluido o dell'applicazione a spruzzo. Nella prima il pezzo viene immerso in una camera dove le particelle di superficie sono tenute in sospensione dall'insufflaggio d'aria, successivamente il pezzo viene riscaldato in modo tale che le particelle di vernice possano rammollire e rimanere attaccate alla superficie. Nella seconda la polvere viene omogeneizzata ed indirizzata alla pistola di spruzzo. Le particelle sostenute da un flusso di aria compressa, vengono spinte verso il pezzo .

Gli spessori normalmente depositati sono compresi fra qualche decina di micrometri e 70-80 micrometri.

Focalizzando l'attenzione sulle tecniche di copertura a base acquosa, tecnica utilizzata da Partec (vernice acrilica a spruzzo), una delle considerazioni importanti da fare è che se per i sistemi a rullo, a velo, a pennello, a immersione ed a elettrodeposizione lo spreco di vernice è molto contenuto, nell'applicazione a spruzzo (che è peraltro quella maggiormente usata) è particolarmente significativo il dato sulla quantità che effettivamente raggiunge il pezzo, rispetto a quella che viene spruzzata; questo parametro è noto come efficienza di trasferimento ed è il risultato di due fattori: un primo fattore è dato dall'overspray determinato dall'impatto dinamico delle particelle di vernice contro la superficie spruzzata, mentre, il secondo fattore è dato dal fatto che l'applicazione corretta della vernice sui bordi richiede la spruzzatura di prodotto anche sulla fascia perimetrale del pezzo. Gli sprechi di prodotto si traducono in un aumento dei costi di verniciatura, ma soprattutto in un aumento dell'impatto ambientale; le vernici sprecate concorrono infatti all'emissione di solventi e alla formazione di residui e

fanghi da smaltire. Allo scopo di eliminare questo effetto negativo sono state proposte alcune alternative di sistema di applicazione a spruzzo.

Si conoscono varie alternative di sistemi a spruzzo:

1. verniciatura con sistema pneumatico (convenzionale);
2. ad aria compressa: la nebulizzazione si realizza in corrente d'aria ad elevata pressione;
3. ad elevato volume e a bassa pressione (sistema HVLP);
4. per via elettrostatica: la vernice viene caricata positivamente e viene attratta dall'oggetto;
5. sistema airmix;
6. sistema airless.

Vengono di seguito descritte le ultime quattro alternative, che sono quelle che garantiscono una maggiore riduzione degli sprechi.

SISTEMA HVLP

Con il sistema HVLP (bassa pressione, alto volume d'aria compressa) si può ottenere una riduzione di overspray del 30-35%; bisogna comunque scaldare le vernici prima di applicarle per diminuirne la viscosità. Il sistema basa la sua capacità di polverizzare la vernice sull'alta portata d'aria, prodotta a bassissima pressione. Le comuni pistole lavorano ad una pressione di 3-5 bar, mentre la pressione delle pistole HVLP assume valori tra 0,2 e 0,5 bar. Le alternative per generare alti volumi d'aria a bassa pressione sono sostanzialmente tre: con il sistema a turbine si ottengono bassi gradi di finitura e brillantezza; tramite il sistema "Venturi" la finitura e la brillantezza ottenute sono superiori rispetto al metodo precedente, pur non raggiungendo i livelli ottenuti con le pistole tradizionali, mentre attraverso la conversione diretta dell'aria in linea, pur potendo usare anche aria fredda, è soprattutto il ricorso ad aria calda che permette di ottenere un'alta efficienza di trasferimento ed un aumento della brillantezza. In quest'ultimo caso, essendo il tempo di appassimento minore, viene ridotto il pericolo di assorbimento di umidità e intrappolamento di polvere o sporcizia. La tecnologia HVLP favorisce il raggiungimento dei seguenti risultati:

- l'efficienza di trasferimento della vernice è superiore al 65%: Le pistole di tipo comune determinano un elevato spreco di vernice, dovuto alle perdite in rimbalzo del getto di vernice sull'oggetto da verniciare (overspray); la minore perdita per rimbalzo che si ottiene con le pistole HVLP permette un

risparmio anche del 30-35% del prodotto impiegato.

- la capacità di polverizzazione e lavorazione con alte portate di vernice sono elevate;
- l'utilizzo di aria calda permette di ottenere un alto spessore del film ed un rapido appassimento;
- la manutenzione della cabine ed i tempi di pulizia sono ridotti;
- riduzione degli scarti da puntinatura;
- gli investimenti richiesti sono contenuti e recuperabili velocemente (essendo la velocità di trasferimento dal punto di polverizzazione al pezzo molto bassa, è possibile mantenere tale anche la velocità nell'aria di estrazione delle cabine, richiedendo un costo impiantistico ridotto).

Gli aspetti negativi sono dati da:

- un livello contenuto della qualità di finitura;
- un consumo d'aria elevato (300/400 litri al minuto).

Bisogna in ogni caso tenere presente che l'efficienza di trasferimento delle pistole HVLP dipende da tutta una serie di fattori, quali:

- la pressione dell'aria nel cappello della pistola, strettamente connessa alla pressione fornita dalla rete;
- la distanza pistola - supporto;
- la distanza di uscita del getto di spruzzatura dal perimetro del supporto;
- il tipo di supporto;
- il tipo di prodotto applicato;
- la viscosità del prodotto;
- la temperatura dell'aria
- l'umidità dell'aria

SISTEMA ELETTROSTATICO

Il sistema elettrostatico si basa sul caricamento della vernice con una carica elettrica e la messa in massa del pezzo da verniciare: per il principio di carica elettrica positiva + negativa, la vernice viene attratta sul pezzo da verniciare riducendo al minimo gli sprechi. Attraverso questo sistema di applicazione è possibile ottenere un'elevata efficienza di trasferimento (fino al 90%), pur richiedendo impianti sofisticati e costosi che non sono in grado di garantire una qualità di finitura simile a quella ottenibile con aerografi pneumatici. Le pistole elettrostatiche possono essere utilizzate in

misura limitata nel settore del legno, ed in particolare solo nella verniciatura delle sedie, finestre e torniti. Questo sistema applicativo non esclude l'utilizzo di prodotti vernicianti idrosolubili.

SISTEMA HVPL ELETTROSTATICO

Un generatore ad alta tensione trasmette una corrente di 5000 V ad un elettrodo posto sull'ugello dell'erogatore. Al centro dello stesso passa invece una sonda del tipo "ad ago", messa a terra tramite il generatore di corrente insieme alla vernice all'acqua. Il funzionamento dell'HVLP elettrostatico è quindi il seguente: l'elettrodo, posto a corona sulla cappa aria, è caricato positivamente e quindi induce una carica negativa sulla sonda a spillo; gli ioni, allora, migrano da terra verso l'elettrodo caricando la vernice solo "all'uscita" dell'erogatore che, non avendo elettrodi a punta, non viene sporcato e isolato, risultato comune con le tradizionali pistole di questa natura; non esiste pertanto ionizzazione dell'area circostante come avviene con i tradizionali sistemi elettrostatici a ioni liberi; non c'è quindi ionizzazione di rimbalzo; l'erogazione è molto bassa, non c'è eccesso di overspray, l'area di captazione si sporca pochissimo.

SISTEMA AIRMIX

Il sistema Airmix utilizza un aerografo caratterizzato dall'iniezione dell'aria addizionale prima del punto di polverizzazione (a differenza dei sistemi tradizionali), ottenendo una qualità della finitura simile a quella raggiunta con aerografi pneumatici, ma riducendo gli sprechi di prodotto di circa il 60%; questo risultato è ottenuto grazie alla minore velocità delle particelle compresse in uscita dalla pistola (0,6-0.7 m/sec), causando una minore turbolenza di rimbalzo.

SISTEMA AIRLESS

Il sistema airless impiega un'apparecchiatura che non utilizza aria per nebulizzare la vernice, bensì l'improvvisa espansione del liquido che attraversa un piccolo orifizio dopo aver subito una compressione spinta. L'assenza di aria di trascinamento riduce notevolmente i rischi del tradizionale aerografo, grazie all'impiego di prodotti vernicianti a più alta viscosità e quindi con minor contenuto di solventi e diluenti.

4.4.4.3. Realizzazione

Per la realizzazione del prototipo alcune regole base da considerare sono:

- gli spessori, che devono essere maggiori o uguali a 1,2 mm;
- l'aria (gioco) tra i vari pezzi, che deve essere di almeno 0.25 mm;

Queste caratteristiche derivano dal fatto che il pezzo, una volta sinterizzato, andrà carteggiato e verniciato. Di seguito alcune immagini realizzate durante la visita alla Partec.



Fig. 135-136-137: Visita alla Partec S.r.l.

A lato: macchina per sinterizzazione Nylon. Partec possiede in totale 3 macchine utilizzate per lo stesso scopo, questa è l'unica che riesce a realizzare pezzi di grandi dimensioni. Nella parte inferiore della macchina viene posizionato il cestello contenente la polvere di nylon. In alto si può notare il braccio che, strato dopo strato, livella la polvere. La polvere di Nylon (bianca) costa 80 euro/Kg, Sotto. Pezzi realizzati con la macchina per sinterizzazione del PS. La tecnologia è la stessa, cambia solo il materiale di partenza. A sinistra il cestello contenente la polvere e all'interno del quale si andrà a formare il pezzo desiderato. A destra il blocco che viene scavato per andare a recuperare il pezzo (o i pezzi) realizzati.



La Partec possiede anche macchine per la stereolitografia, per la creazione di stampi al silicone e per la microfusione a cera persa. E' stato molto interessante osservare tutte le macchine in funzione e capire esattamente il lavoro che viene fatto per ottenere prototipi di alta qualità, differenti a seconda del materiale e a seconda delle finiture desiderate.

Di seguito il prototipo del profumatore d'auto realizzato da Partec. E' possibile osservare come rimangono visibili le linee di separazione tra uno strato e l'altro e l'elevata precisione nella riproduzione dei dettagli.

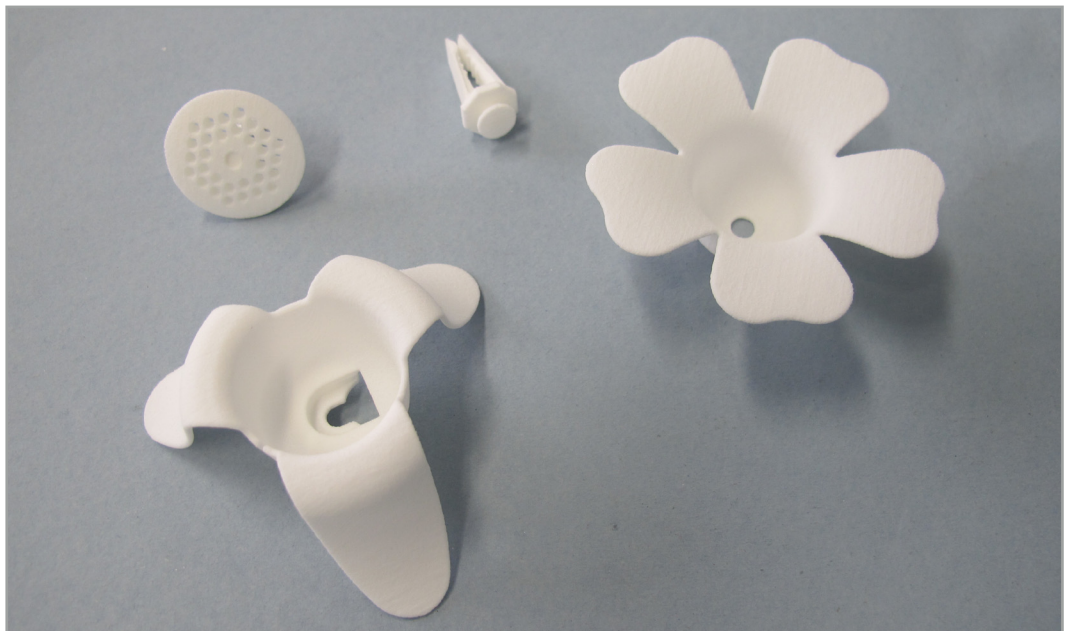


Fig. 138: prototipo del profumatore d'auto.

Dopo aver realizzato il prototipo mediante sinterizzazione del Nylon, il campione è stato spedito ad una carrozzeria nei dintorni di bergamo per la fase di verniciatura. La vernice utilizzata è acrilica, cioè quella normalmente utilizzata per verniciare le auto. La finitura è abbastanza brillante e la gamma di colori tra cui scegliere è davvero ampia. E' stato possibile, quindi, riproporre fedelmente l'aspetto finale desiderato, prendendo come origine i render sviluppati. Nelle pagine seguenti sono presentate le foto del prodotto finale ottenuto, qualche ambientazione e le foto, in dettaglio, dei singoli componenti.



Fig. 139: dimensioni del prodotto realizzato.



Fig. 140-141: Viste del prototipo.



Fig. 142-143-144-145: realizzazione componenti.



Fig. 146: prima ambientazione. Posizione centrale.



Fig. 147-148: viste posizione centrale.

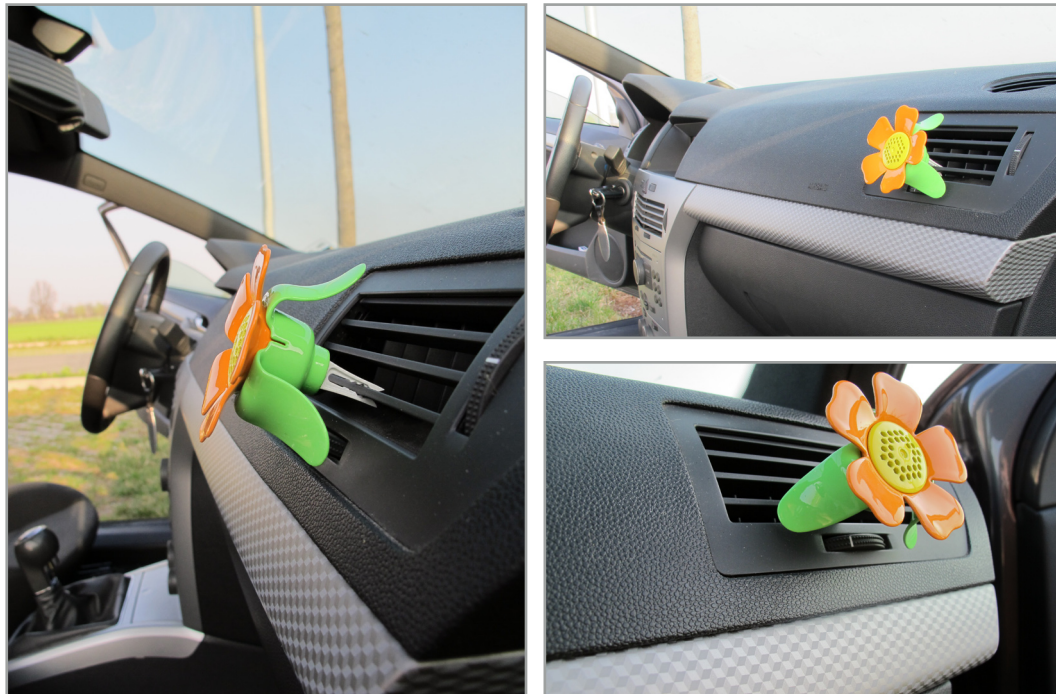


Fig. 149-150: seconda ambientazione. Posizione laterale.

4.4.5. Valutazione costi

L'analisi dei costi è stata svolta utilizzando due metodi differenti. Il primo metodo è quello di Boothroyd e il secondo metodo, on-line, utilizzando il *mold cost estimator*. I due metodi hanno dato risultati molto simili (nell'allegato n.11 si trova il dettaglio di tutti i calcoli effettuati).

In definitiva il costo per produrre Scent-EX è:

1 METODO (Boothroyd)	2 METODO (Mold Cost Estimator)
- Aggancio: 10 cent/pz	- Aggancio: 18 cent/pz
- Foglie: 17 cent/pz	- Foglie: 25 cent/pz
- Petali: 14 cent/pz	- Petali: 27 cent/pz
- Pistillo: 1€/pz	- Pistillo: 64 €/pz
 Prezzo TOT: 1,41 €	 Prezzo TOT: 1,34 €

Entrambi i metodi prendono in considerazione i seguenti parametri:

- dimensioni del pezzo (x-y-z e volume)
- area proiettata
- spessore massimo
- densità del materiale
- prezzo del materiale
- tolleranza
- rugosità della superficie
- volume di produzione

In prima ipotesi sono stati considerati stampi ad un'impronta, pur avendo pezzi di piccole dimensioni. Da questa prima stima è stato possibile definire, attraverso una formula del metodo Boothroyd

$$n_{opt} = \left[\frac{25 \text{ €/h} * t * N}{0,7 * C_p} \right]^{0,6}$$

il numero ottimale di impronte per poter creare stime più reali.

Con il metodo on-line, il numero di impronte ottimale, coincide esattamente con la stima fatta con il primo metodo.

Per completare l'analisi dei costi, ai costi di produzione vanno sommati i costi di assemblaggio. Di seguito il calcolo effettuato.

$$C_{asm} = C_{asm} * t_{asm}$$

$$t_{asm} = 8s + 4s + 4s + 8s = 24 s$$

$$C_{asm} = 35 \text{ €/h}$$

AFFERRARE	F	F	F	D	F
ALLINEARE	F	D	F	F	D
INSERIRE	F	F	D	D	D
tempo [s]	4	8	8	11,5	13

	AFFERRARE	ALLINEARE	INSERIRE	TEMPO
AGGANCIO	facile	facile	difficile	8 s
FOGLIE	facile	facile	facile	4 s
PETALI	facile	facile	facile	4 s
PISTILLO	facile	facile	difficile	8 s

Il costo orario di assemblaggio comprende la manodopera diretta e i costi indiretti (attrezzature, manodopera indiretta etc.)

$$C_{asm} = C_{asm} * t_{asm} = 35 \text{ €/h} * 24 \text{ s} / 3600 = \mathbf{23 \text{ cent.}}$$

Il costo finale del prodotto sarà:

$$1,41 \text{ €} + 23 \text{ cent} = \mathbf{1.64 \text{ €}}$$

Per calcolare il prezzo di vendita di un prodotto si applicano delle percentuali di maggiorazione, normalmente intorno al 50% (casi normali) o addirittura al 100% (per considerare i casi limite).

$$\text{In definitiva il prezzo potrà essere circa: } 2 * 1.64 \text{ €} = \mathbf{3,28 \text{ €}}$$

Di seguito viene mostrato il risultato del benchmarking, iniziato a pag. 127.

Dopo avere effettuato l'analisi dei costi e quindi avendo a disposizione un'altro parametro con il quale confrontarsi, si sono analizzati 3 casi nello specifico. Arbre Magique è il leader nel mercato dei profumatori, imbattibile a livello di prezzo ed è costituito anch'esso da cellulosa impregnata di profumo. Ambi Pur è l'esempio più complesso di profumatore dotato di ricarica, inoltre il prezzo di vendita è molto elevato. In questo caso il confronto risulta interessante proprio per la considerazione della ricarica. Millefiori Milano è un prodotto nuovo sul mercato con un design accattivante. Inoltre questo profumatore è costituito anch'esso da plastica profumata con possibilità di cambiare, a fine vita, solo il pezzo dotato di fragranza.

Arbre Magique (Tavola S.p.A.)

Prezzo: 1,50 €

Durata: 7 settimane

Ad 1 anno (durata Auracell) mancano 45 settimane

$45/7 = 6,5$ arbre magique * costo pari a 1,50 = 9,75 €

In 1 anno il costo totale = 9,75 € + 1,50 € = **11,25 €**



Ambi Pur "2 motion" (Procter&Gamble)

Prezzo: 7,50 €

Ricarica: 5 €

Durata: 70 giorni

Ad 1 anno mancano 295 giorni = ricarica 4,2 volte.

In 1 anno il costo totale = 7.50 € + 5 € * 4 = **27,50 €**



Millefiori Milano

Prezzo: 9,60 €

Ricarica: 6.90 €

Durata: circa 2 mesi

Ad 1 anno mancano 10 mesi / 2 = 5

In 1 anno il costo totale = 9,60 € + 6,90 € * 5 = **44 €**

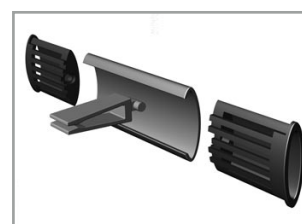


Fig. 151 - 152 - 153:
benchmarking.

Per ulteriori dettagli vedere l'allegato n.12 (i valori indicati sono stati forniti direttamente dalle aziende produttrici).

CONFRONTO

Scent-EX

Prezzo: 3.28 €

Ricarica: 2 €

Durata: circa 1 anno

Da questa analisi emergono alcune considerazioni: Arbre magique rimarrà comunque il prodotto più conveniente sul mercato (per quanto riguarda l'aspetto produttivo), anche se, a livello di durata della fragranza, Scent-EX risulta più vantaggioso (la stima fatta si basa sui dati forniti dall'azienda); Ambi Pur, progettato con l'obiettivo di garantire la scelta tra 2 differenti fragranze, risulta abbastanza competitivo economicamente (in confronto ad altri prodotti), ma la durata del profumo è comunque limitata (probabilmente dipendente da strategie di marketing e vendita); Millefiori Milano rientra nella gamma di competitors più interessante. Il punto di forza di questo prodotto è proprio il design.

In definitiva si può dire che Scent-EX è stato studiato dal punto di vista del progettista, tenendo in considerazione, seppur in minima parte, le strategie di mercato e di vendita. Il prezzo potrebbe essere addirittura triplicato per continuare, comunque, a competere sul mercato e la durata può essere rivista, giocando sui fattori quali: lo spessore, la durezza del materiale e la composizione della fragranza.

conclusioni

Considerando l'attuale situazione ambientale, promuovere consumi e comportamenti "puliti" può far nascere la richiesta di nuovi prodotti e, anche, comportare scelte che richiedono un cambiamento nella cultura e nei comportamenti degli utilizzatori. Ragionare e muoversi nell'ottica di uno sviluppo sostenibile significa andare molto al di là dello specifico campo di azione delle attività progettuali, ma in questa sede il compito è stato quello di mostrare ed approfondire nuovi elementi che un progettista può considerare nel suo lavoro e quali vantaggi può ottenere.

In conclusione, è possibile affermare che sicuramente i biopolimeri sono un ambito di ricerca promettente ed in continua crescita. Come è stato illustrato, essi hanno tutte le potenzialità per poter sostituire, in molteplici applicazioni ed a livello di performance, i polimeri tradizionali e potrebbero rappresentare una nuova frontiera per il settore delle materie plastiche. Molte aziende, a livello nazionale ed internazionale, si stanno muovendo in tale direzione.

Un reale incremento nella vendita di questi materiali, sarà strettamente legato al loro utilizzo per beni di consumo durevoli e per applicazioni tecniche. Per raggiungere questo obiettivo, dopo lo sviluppo di numerosi additivi e cariche, c'è la necessità di una ulteriore sperimentazione, in linea con le esigenze degli utenti, come ad esempio sviluppo di nuove formulazioni da utilizzarsi per una gamma più ampia di prodotti, che tengano conto di aspetti come: *ageing*, *weathering*, processabilità e post-trattamenti. Fondamentale, per l'ampliamento del mercato, è anche l'aspetto economico. In prospettiva con un possibile aumento dei prezzi dei prodotti petroliferi, attraverso l'ottimizzazione dei processi e con un adeguato *scale-up*, i biopolimeri potrebbero diventare competitivi.

Esistono materiali, come Auracell™ o Tenite™ cellulose, che permettono di progettare prodotti creativi ed innovativi, ma soprattutto, coerenti con il principio di sostenibilità ambientale. Il profumo d'auto, realmente realizzato, può essere un chiaro esempio di come questi materiali possono essere utilizzati senza apportare alcuna modifica a livello di produzione e sfruttando tutte le conoscenze acquisite nel campo delle materie plastiche tradizionali. Credo che la maggior presenza di prodotti sostenibili possa far

scaturire comportamenti più responsabili, ma questi materiali e questi nuovi oggetti avranno davvero valore quando, in ognuno di noi, nascerà sia l'esigenza di cambiamento, che una nuova sensibilità ad accoglierli.

Ragionare secondo le logiche dell'*eco-design*, quindi, progettando prodotti con maggiore efficienza, sfruttando materie prime rinnovabili, riducendo il consumo di materiali ed energia, prevedendo il riutilizzo, il riciclaggio ed il recupero di materiali e componenti è il compito di noi designer.

Voglio concludere con una frase di un progettista, teorico del disegno industriale, educatore e studioso della cultura tecnica e della comunicazione, brevemente, un filosofo del design. In riferimento al proprio best seller *La speranza progettuale* del 1971, Tomás Maldonado dice: *"Allora, animati da grandi idealità, vivevamo nell'illusione di poter cambiare il mondo. Per primo in Italia, nel mio libro, ho affrontato il tema della questione ambientale. Nel tempo, questo stesso tema è diventato d'importanza cruciale, perciò va affrontato con urgenza in rapporto alla nostra cultura materiale. Dobbiamo rimettere in discussione la proliferazione di oggetti che ingombrano la nostra quotidianità e i nostri stili di vita. Basta con l'eccesso e il superfluo, c'è bisogno di un nuovo impegno progettuale"* (Triennale di Milano, mostra dedicata a Tomás Maldonado, 2009).

allegati

ALLEGATO n. 1	pacchetto clima-energia obiettivo: 20/20/20	2 pag.
ALLEGATO n. 2	la norma UNI EN 13432	3 pag.
ALLEGATO n. 3	assegnazione del marchio di compostabilità	14 pag.
ALLEGATO n. 4	riforma politica agricola comune (PAC)	1 pag.
ALLEGATO n. 5	il sistema REACH	5 pag.
ALLEGATO n. 6	direttiva 2003/30/CE	5 pag.
ALLEGATO n. 7	Naturacell™ properties	1 pag.
ALLEGATO n. 8	cellulose acetate - typical molding conditions	1 pag.
ALLEGATO n.9	Naturacell™ CA - Auracell® CA Price List	2 pag.
ALLEGATO n. 10	Tenite cellulose product data sheet	2 pag.
ALLEGATO n. 11	valutazione dei costi	23 pag.
ALLEGATO n. 12	benchmarking	1 pag.



Approvato il pacchetto clima-energia, obiettivo: 20/20/20

Dopo undici mesi di lavoro legislativo, il Parlamento ha approvato il pacchetto clima-energia volto conseguire gli obiettivi che l'UE si è fissata per il 2020: ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo di fonti rinnovabili. Il pacchetto comprende provvedimenti sul sistema di scambio di quote di emissione e sui limiti alle emissioni delle automobili.

Le sei proposte legislative sul pacchetto clima-energia sono state adottate nel quadro della procedura di codecisione, che pone il Parlamento su un piede di parità rispetto al Consiglio nell'attività legislativa. Per poter concludere i lavori entro il 2008 era necessario trovare un accordo tra i due co-legislatori sin dalla prima lettura. A tal fine, dopo le votazioni da parte delle commissioni per l'ambiente e per l'industria, i relatori del Parlamento europeo e la Presidenza francese hanno avviato una serie di negoziati informali volti a trovare un compromesso sull'insieme dei testi. I voti in Aula hanno confermato l'accordo raggiunto.

Sistema di scambio delle emissioni di gas a effetto serra (ETS)

Sulla base di un compromesso negoziato con il Consiglio dalla relatrice Avril **DOYLE** (PPE/DE, IE), il Parlamento ha adottato una direttiva volta a perfezionare ed estendere il sistema comunitario di scambio delle quote di emissione dei gas a effetto serra con l'obiettivo di ridurre le emissioni dei gas serra del 21% nel 2020 rispetto al 2005. A tal fine prevede un sistema di aste, dal 2013, per l'acquisto di quote di emissione, i cui introiti andranno a finanziare misure di riduzione delle emissioni e di adattamento al cambiamento climatico. Tuttavia le industrie manifatturiere che sono a forte rischio di delocalizzazione, a causa dei maggiori costi indotti dal sistema, potranno beneficiare di quote gratuite fino al 2027. Nel 2010 si procederà a un riesame del regime. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Ripartizione degli sforzi per ridurre le emissioni

Sulla base di un compromesso negoziato con il Consiglio dalla relatrice Satu **HASSI** (Verdi/ALE, FI), il Parlamento ha adottato una decisione che mira a ridurre del 10% le emissioni di gas serra prodotte in settori esclusi dal sistema di scambio di quote, come il trasporto stradale e marittimo o l'agricoltura. Fissa quindi obiettivi nazionali di riduzione (per l'Italia 13%), prevedendo anche la possibilità per gli Stati membri di ricorrere a parte delle emissioni consentite per l'anno successivo o di scambiarsi diritti di emissione. Dei crediti sono anche previsti per progetti realizzati in paesi terzi. In caso di superamento dei limiti sono previste delle misure correttive. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Cattura e stoccaggio geologico del biossido di carbonio

Sulla base di un compromesso con il Consiglio negoziato dal relatore di Chris **DAVIES** (ADLE, UK), il Parlamento ha adottato una direttiva che istituisce un quadro giuridico per lo stoccaggio geologico ecosostenibile di biossido di carbonio (CO₂) con la finalità di contribuire alla lotta contro il cambiamento climatico. Fino a 300 milioni di euro, attinti dal sistema di scambio di emissione, finanzieranno 12 progetti dimostrativi, mentre le grandi centrali elettriche dovranno dotarsi di impianti di stoccaggio sotterraneo. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Accordo sulle energie rinnovabili

Sulla base di un compromesso negoziato con il Consiglio dal relatore Claude **TURMES** (Verdi/ALE, LU), il Parlamento ha approvato una direttiva che stabilisce obiettivi nazionali obbligatori (17% per l'Italia) per garantire che, nel 2020, una media del 20% del consumo di energia dell'UE provenga da fonti rinnovabili. Nel calcolo, a certe condizioni, potrà essere inclusa l'energia prodotta nei paesi terzi. La direttiva fissa poi al 10% la quota di energia "verde" nei trasporti e i criteri di sostenibilità ambientale per i biocarburanti. Il riesame delle misure nel 2014 non dovrà intaccare gli obiettivi generali. La direttiva, inoltre, detta norme relative a progetti comuni tra Stati membri, alle garanzie di origine, alle procedure amministrative, all'informazione e alla formazione, nonché alle connessioni alla rete elettrica relative all'energia da fonti rinnovabili. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Riduzione del CO₂ da parte delle auto

Sulla base di un compromesso negoziato con il Consiglio dal relatore Guido **SACCONI** (PSE, IT), il Parlamento ha approvato un regolamento che fissa il livello medio di emissioni di CO₂ delle auto nuove a 130 g CO₂/km a partire dal 2012, da ottenere con miglioramenti tecnologici dei motori. Una riduzione di ulteriori 10 g dovrà essere ricercata attraverso tecnologie di altra natura e il maggiore ricorso ai biocarburanti. Il compromesso stabilisce anche un obiettivo di lungo termine per il 2020 che fissa il livello medio delle emissioni per il nuovo parco macchine a 95 g CO₂/km. Sono previste "multe" progressive per ogni grammo di CO₂ in eccesso, ma anche agevolazioni per i costruttori che sfruttano tecnologie innovative e per i piccoli produttori. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Riduzione dei gas a effetto serra nel ciclo di vita dei combustibili

Sulla base di un compromesso negoziato con il Consiglio dalla relatrice Dorette **CORBEY** (PSE, NL), il Parlamento ha adottato una direttiva che, per ragioni di tutela della salute e dell'ambiente, fissa specifiche tecniche per i carburanti. Stabilisce inoltre un obiettivo di riduzione del 6% delle emissioni di gas serra prodotte durante il ciclo di vita dei combustibili, da conseguire entro fine 2020 ricorrendo, ad esempio, ai biocarburanti. L'obiettivo potrebbe salire fino al 10% mediante l'uso di veicoli elettrici e l'acquisto dei crediti previsti dal protocollo di Kyoto. Il tenore di zolfo del gasolio per macchine non stradali, come i trattori, andrà ridotto. La direttiva, che dovrà essere trasposta nel diritto nazionale entro il 31 dicembre 2010, si applica a veicoli stradali, macchine mobili non stradali (comprese le navi adibite alla navigazione interna quando non sono in mare), trattori agricoli e forestali e imbarcazioni da diporto. Per approfondire l'argomento si veda l'articolo specifico sulla nota di background accessibile dal link in calce.

Contattare :

Federico ROSSETTO

E-mail: stampa-IT@europarl.europa.eu

BXL: (32-2) 28 40955

STR: (33-3) 881 74133

PORT: (32) 498 98 33 23



APPROFONDIMENTO: LA NORMA EN 13432

I termini biodegradabilità, materiali biodegradabili, compostabile ecc. sono molto comuni, ma spesso usati in maniera non corretta. La norma europea EN 13432:2002 *"Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione - Schema di prova e criteri di valutazione per l'accettazione finale degli imballaggi"*, adottata anche in Italia, ha fatto ordine, se non altro dal punto di vista tecnico. Sono diventate chiare le caratteristiche che un materiale deve possedere per poter essere definito compostabile. Secondo la EN 13432:2002, le caratteristiche che un materiale compostabile deve avere sono le seguenti:

1. **Biodegradabilità**, determinata misurando la effettiva conversione metabolica del materiale compostabile in anidride carbonica. Questa proprietà è valutata quantitativamente con un metodo di prova standard: EN 14046 (anche pubblicato come ISO 14855: biodegradabilità in condizioni di compostaggio controllato). Il livello di accettazione è pari al 90% da raggiungere in meno di 6 mesi.
2. **Disintegrabilità**, cioè la frammentazione e perdita di visibilità nel compost finale (assenza di contaminazione visiva). Misurata con una prova di compostaggio su scala pilota o reale (EN 14045). Il materiale in esame deve essere biodegradato insieme con rifiuti organici entro dodici settimane (circa 3 mesi). Alla fine il compost viene vagliato con un setaccio di 2 mm di luce. I residui del materiale di prova con dimensioni maggiori di 2 mm sono considerati non disintegrati. Questa frazione deve essere inferiore al 10% della massa iniziale.
3. **Assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio**. Requisito verificato con una prova di compostaggio su scala reale o pilota.
4. **Bassi livelli di contaminazione**: livello in metalli pesanti (al di sotto di valori massimi predefiniti) e assenza di effetti negativi sulla qualità del compost (esempio: riduzione del valore agronomico e presenza di effetti ecotossicologici sulla crescita delle piante). Una prova di crescita di piante (test OECD 208 modificato) è eseguita su campioni di compost dove è avvenuta la degradazione del materiale di prova. Non si deve evidenziare nessuna differenza con un compost di controllo.

5. **Altri parametri** chimico-fisici possono essere valutati, che non devono differire dal compost di controllo dopo la biodegradazione sono: pH; contenuto salino; solidi volatili; N; P; Mg; K.

Ciascuno di questi punti è necessario per la definizione della compostabilità, ma preso singolarmente non è sufficiente. Ad esempio, un materiale biodegradabile non è necessariamente compostabile perché deve anche disintegrarsi durante un ciclo di compostaggio. D'altra parte, un materiale che si frantuma durante un ciclo di compostaggio in pezzi microscopici che non sono però poi totalmente biodegradabili non è compostabile.

La norma **UNI EN 13432:2002** è una norma armonizzata, ossia è stata riportata nella Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee e pertanto deve esser recepita in Europa a livello degli Stati Membri e fornisce presunzione di conformità con la Direttiva Europea 94/62 EC, sugli imballaggi e rifiuti da imballaggio.

Recentemente alla norma EN 13432 è stata aggiunta la norma **UNI EN 14995:2006** *Evaluation of compostability - Test scheme and specification* pubblicata in data 13/12/2006 ovvero la norma **UNI EN14995:2007** *Materie plastiche - Valutazione della compostabilità - Schema di prova e specificazioni*. Questa norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 14995 (edizione dicembre 2006). La norma specifica i requisiti e le procedure per la determinazione della compostabilità o il trattamento anaerobico dei materiali plastici con riferimento alle seguenti caratteristiche: biodegradabilità, disintegrazione durante il trattamento biologico, effetto sulla qualità del compost risultante. Per gli imballaggi si applica la UNI EN 13432:2002.

Certificazione in Italia

In Italia, il Consorzio Italiano Compostatori ha intrapreso la strada della certificazione, ovvero dell' attestazione sia della biodegradabilità ma, soprattutto, della compostabilità di tali manufatti, sulla base della norma europea: EN 13432:2002.

Il Marchio "Compostabile CIC" è rilasciato a seguito di verifiche e controlli eseguiti dal Consorzio in collaborazione con Certiquality (società di certificazione).

Certificazione e quadri normativi



Mentre in Giappone vi è stata fin dall'inizio una chiara distinzione tra plastiche biodegradabili e plastiche prodotte da biomasse, e conseguentemente sono state sviluppate le rispettive certificazioni, in Europa ci si è per ora concentrati più sugli aspetti della compostabilità, con l'introduzione del marchio secondo lo standard EN13432 (ASTM D6400) e altri marchi specifici (OK Compost) che precisano il grado di compostabilità in sistemi di compostaggio municipali e casalinghi. Al momento non vi sono invece standard per la certificabilità dei prodotti da biomassa, salvo l'esperienza giapponese che prevede la certificazione dei prodotti derivanti almeno per il 25% da biomasse (ASTM D6866-05). ¹

¹Il testo qui riportato, a eccezione del paragrafo Certificazione in Italia, è stato quasi interamente tratto dal sito: http://www.reteimprese.it/arts_A1140B349. Per ulteriori approfondimenti: www.european-bioplastics.org



Consorzio Italiano Compostatori

ASSEGNAZIONE DEL MARCHIO DI COMPOSTABILITA'

PROTOCOLLO E PROCEDURE DI CERTIFICAZIONE

A cura del:

Consorzio Italiano Compostatori

Giugno 2007



Consorzio Italiano Compostatori

PREMESSA

Il presente documento, relativo alla Certificazione della Compostabilità dei manufatti realizzati a partire da bio-polimeri, è pubblicato dal Consorzio Italiano Compostatori (CIC) ed è finalizzato al rilascio e al mantenimento del **MARCHIO COMPOSTABILE CIC**.

Il Marchio identifica manufatti/materiali compostabili ed è rilasciato ad imprese produttrici e/o distributrici.

Il programma di certificazione si applica ad oggetti/prodotti/manufatti ottenuti a partire da polimeri biodegradabili (destinati ad essere riciclati mediante compostaggio). Tali oggetti potranno essere definiti come “compostabili” dopo la verifica di determinati requisiti e a seguito di un test di compostabilità (disintegrabilità) realizzato su scala reale così come specificato negli allegati tecnici.

Per ogni categoria di manufatto certificabile è predisposto un allegato tecnico (DTP Certiquality) che raccoglie nel dettaglio le procedure di verifica dei requisiti di compostabilità, le modalità di campionamento, il metodo per verificare la compostabilità (disintegrabilità) nonché il sistema di audit.

Il rilascio del Marchio è programmato, gestito e amministrato dal Consorzio stesso di seguito definito come Ente Licenziante.

La verifica dei requisiti di compostabilità/disintegrabilità stabiliti negli allegati tecnici è affidata ad un Ente Certificatore individuato dal CIC (cfr. punto 3).



Consorzio Italiano Compostatori

Il test di compostabilità/disintegrabilità è condotto presso Centri attrezzati e specializzati individuati dal CIC e di seguito definiti Centri Sperimentali (cfr. punto 4).

1. INTRODUZIONE

1.2. I polimeri biodegradabili e compostabili

Il trattamento di compostaggio prevede l'utilizzo di matrici di origine organica costituite da scarti biodegradabile e l'esclusione di materiali (come le plastiche) resistenti alla degradazione biologica e origine di contaminazione dell'Ammendante (frazione inerte).

A seguito dei problemi riguardanti lo smaltimento dei materiali recalcitranti alla biodegradazione, si è recentemente assistito alla diffusione sul mercato di manufatti realizzati con polimeri biodegradabili. Si tratta di oggetti aventi svariate funzioni, con un breve ciclo di vita (imballaggio per prodotti deperibili, prodotti per il catering, sacchi per la raccolta differenziata, ecc.) e con la prerogativa di poter risolvere i problemi derivanti dal trattamento di una frazione dei rifiuti solidi urbani estremamente consistente ed eterogenea come, ad esempio, quella della plastica.

I polimeri biodegradabili (BPs) si distinguono in:

- *polimeri estratti come tali dalla biomassa*, tra cui i polisaccaridi quali l'amido e la cellulosa;
- *polimeri sintetici*, come l'acido polilattico (PLA);
- *polimeri prodotti da microrganismi o batteri geneticamente modificati*, come i polidrossialcanoati (PHA).

La biodegradabilità dei biopolimeri è una proprietà intrinseca correlata alla struttura chimica e si manifesta alla presenza di un ambiente biologicamente attivo (umidità e temperature sufficienti, presenza di microrganismi)



Consorzio Italiano Compostatori

Lo scenario italiano pone attualmente in evidenza dati relativi all'utilizzo di polimeri biodegradabili come il Mater-Bi, il PLA (acido polilattico) e le fibre di cellulosa.

Con **Mater-Bi** si identifica una famiglia di materiali che derivano da *amido* complessato con polimeri. Alcuni esempi di prodotti realizzati con il Mater-Bi e già introdotti in alcune catene della grande distribuzione italiana ed europea sono gli *shopper*, i sacchetti e guanti nel reparto frutta e verdura, le vaschette termoformate per alimenti (frutta, verdura, carne, ecc), il film trasparente, i bicchieri e piatti monouso, i bastoncini cotonati, i pannolini.

Il **Pla (acido polilattico)** è un poliestere alifatico che deriva completamente dall'amido di mais. Con il Pla, materiale caratterizzato da un'ottima trasparenza, si producono vaschette per frutta, verdura, formaggi e tutto il settore gastronomia, piatti e bicchieri usa e getta, imballaggi per prodotti non alimentari quali batterie, cosmetici, accessori telefonici e molti altri.

Le **fibre cellulosiche**, derivanti da varie specie vegetali (sia arboree che erbacee), rappresentano il componente fondamentale per la realizzazione di molti prodotti e imballaggi. Dotate di una struttura eterogenea, risultano costituite da cellulosa, emicellulose (polimeri di pentosani) e lignina, componente strutturale e cementante delle fibre vegetali. La cellulosa è un polimero naturale che, se posto in particolari condizioni può andare incontro a degradazione per idrolisi, processo attraverso il quale vengono rotti i legami del polimero che si scompone in disaccaridi (cellobiosio) e successivamente in glucosio. Altre fonti naturali di cellulosa sono il cotone e altri organismi vegetali come bambù, canapa, paglia, iuta, lino, sisal, ecc..

1.3. Gli standard di riferimento per la Compostabilità

In ambito UNI le norme di riferimento sono:

UNI 10785:1999, relativa alla compostabilità dei *materiali* ;



Consorzio Italiano Compostatori

UNI EN 13432:2002 che specifica le caratteristiche di compostabilità degli *imballaggi* realizzati con BPs (biodegradabilità, disintegrabilità, qualità del compost).

Esaminando il contenuto delle norme sopra citate, emerge chiaramente come i requisiti (biodegradabilità, la disintegrazione e la qualità finale del compost) e le procedure per definire la compostabilità siano comuni ad entrambe. Mentre per la determinazione della biodegradabilità e della qualità dell'ammendante compostato ci si riferisce a ben precisi standard (ISO, EN, UNI, ecc.), per quanto riguarda la disintegrazione di manufatti biodegradabili si rileva la necessità di definire nel dettaglio le condizioni di prova, fornendo al laboratorio di riferimento un vero e proprio protocollo di verifica.

A tale scopo il Consorzio Italiano Compostatori si è impegnato ad implementare lo standard di riferimento per l'esecuzione di test di disintegrabilità su scala reale (quali lo standard EN 14045:2003. "Evaluation of the disintegration of packaging materials in practical oriented tests under defined composting conditions") a carico di manufatti e materiali biodegradabili (prodotti con BPs conformi alla UNI 10785:1999 o alla EN13432:2002).



Consorzio Italiano Compostatori

2. ENTE LICENZIANTE (CIC)

Il Consorzio Italiano Compostatori è in Italia l'Organizzazione che si dedica alla ricerca, alla promozione della buona pratica del compostaggio e all'utilizzo dell'ammendante compostato di qualità.

Il Consorzio è un ente no-profit che include, tra i suoi associati, produttori di ammendante compostato, centri di ricerca, aziende produttrici di attrezzature e tecnologie, ecc...

Il Consorzio svolge attività di assistenza tecnica, formazione ed informazione ai membri associati.

I produttori che con il loro prodotto rispettano i requisiti, possono ottenere il **Certificato di Conformità** e la **Licenza d'Uso** del Marchio di Compostabilità.

Il Marchio potrà essere applicato solo ai manufatti per il quale è stato rilasciato.

Lo Schema di Certificazione descritto in questo documento è gestito dal Consorzio Italiano Compostatori che svolge attività di Ente Licenziante (rilascio del marchio compostabile).

Il CIC è detentore unico del Marchio di Compostabilità che è stato registrato con n. MI 2006C484 e depositato il 14 luglio 2006.

E' fatto divieto a chiunque la riproduzione e l'uso non autorizzato.



Consorzio Italiano Compostatori

Il Consorzio Italiano Compostatori crea nel sito www.compostabile.it un link in cui sono riportate le aziende che detengono il marchio e i relativi prodotti certificati.

Consorzio Italiano Compostatori

website: www.compostabile.com

Sede legale

Consorzio Italiano Compostatori

Via Malvasia, 6 – Bologna

P.Iva: 01813631205

Sedi operative

Dr. David Newman, Direttore Consorzio Italiano Compostatori

Via Manin, 69 – 00185 Roma

Tel. 06-4875508 - Fax. 06-4875513

e-mail info@compostabile.com

Dr. Massimo Centemero, Direttore Tecnico Consorzio Italiano Compostatori

Località Cascina Sofia – 20040 Cavenago Brianza (MI)

Tel. 02-95019471 - Fax 02-95241962

e-mail centemero@compostabile.com

3. ENTE CERTIFICATORE

Il CIC, stipula una convenzione con un ente di certificazione accreditato SINCERT per la Norma UNI CEI EN 45011 e specializzato nella certificazione dei sistemi di gestione aziendale per la qualità, l'ambiente e la sicurezza, nella certificazione di prodotto e nella formazione.

La società di Certificazione individuata (mediante stipula di apposita convenzione) dal CIC è **CERTIQUALITY S.r.l.** con sede a Milano - Via Gaetano Giardino, 4.



Consorzio Italiano Compostatori

L'ente di certificazione, i cui compiti sono riportati al punto 6.1 (Procedure) garantisce, inoltre, anche le visite ispettive successive al rilascio del marchio, l'attività di auditing e tutto ciò che è previsto essere di sua competenza come riportato negli allegati tecnici.

4. CENTRO SPERIMENTALE

Il CIC individua come Centro Sperimentale l'Istituto Agronomico Mediterraneo-IAM, sito in via Ceglie, 8 – Valenzano (BA). Apposita convenzione di ricerca sovrintende i rapporti tra CIC e IAM.

5. SCOPO DEL MARCHIO

I produttori che aderiscono al programma di certificazione di Compostabilità in modo volontario e ottengono il Marchio, dimostrano ai potenziali clienti che il loro manufatto è compostabile in accordo al presente documento e in base a quanto disposto negli allegati tecnici.

Analogamente un produttore di materie prime biodegradabili e compostabili potrà certificare con il Marchio "Compostabile CIC" i suoi prodotti dimostrandone l'idoneità alla produzione di manufatti che possono concorrere all'ottenimento del medesimo Marchio.

Grazie al Marchio, una volta divenuti scarti, i manufatti compostabili sono riconosciuti dai gestori degli impianti di compostaggio e avviati a trattamento per il recupero della sostanza organica. A tal riguardo è auspicabile che per questi materiali si venga a creare un canale preferenziale di conferimento presso gli impianti in virtù della totale compatibilità con il processo di compostaggio e della qualità dell'Ammendante che ne deriva. La diffusione dei manufatti biodegradabili collegata alla riconoscibilità attraverso il Marchio Compostabile CIC, favorisce il compostaggio come forma di riciclaggio.

La diffusione del compostaggio di qualità non può che rappresentare uno stimolo per la diffusione dei manufatti compostabili.



Consorzio Italiano Compostatori

Un ulteriore elemento fondamentale della certificazione è rappresentato dalla assicurazione di alti livelli di qualità dell'Ammendante ottenuto da un processo nel quale siano utilizzati scarti di imballaggi o manufatti in generale compostabili; il Marchio Compostabile CIC è garanzia di qualità sia in relazione ai materiali in ingresso agli impianti di compostaggio che, al termine della trasformazione, della qualità dell'Ammendante Compostato prodotto.



Consorzio Italiano Compostatori

6. SISTEMA DI RILASCIO DEL MARCHIO

6.1. Procedura

I produttori aderiscono al marchio di Compostabilità in modo volontario e con la seguente sequenza logica:

1. L'azienda deve fare esplicita richiesta di Certificazione al CIC indicando la tipologia dei materiali da sottoporre a test e gli oggetti prodotti che si intendono identificare con il Marchio;
2. Il CIC definisce nel dettaglio i termini e le condizioni tecniche ed economiche della certificazione impegnandosi alla tutela delle eventuali informazioni tecniche di carattere confidenziale, fornite dall'azienda richiedente;
3. L'azienda, visti i documenti di cui sopra, comunica formalmente la richiesta di Certificazione al CIC e invia i documenti previsti dal DTP;
4. Il CIC, raccolti e analizzati i documenti elencati sopra, comunica a Certiquality gli estremi dell'azienda che fa richiesta del Marchio.
5. Certiquality contatta l'azienda richiedente e procede con il campionamento (così come specificato negli allegati tecnici) presso lo stabilimento di produzione dei manufatti/materiali da avviare al test di compostabilità (disintegrabilità) Il campionamento ha lo scopo di acquisire il manufatto/materiale da usare come riferimento per le successive attività di sorveglianza e da avviare al test di compostabilità (disintegrabilità) ove previsto, secondo il DTP di riferimento.



Consorzio Italiano Compostatori

6. Certiquality invia il campione presso il Centro sperimentale attrezzato per l'esecuzione del test di compostabilità/disintegrabilità;
7. Il Centro Sperimentale procede all'avvio del test, al suo monitoraggio e alla gestione del ciclo di compostaggio.
8. I risultati del test sono trasmessi a Certiquality che esegue l'accertamento dei requisiti stabiliti negli allegati tecnici specifici per la categoria del manufatto oggetto del test e comunica al CIC l'esito dell'accertamento.

Se la prova ha fornito esito positivo il CIC provvede a rilasciare la Licenza d'Uso del Marchio Compostabile CIC (mediante stipula di un Contratto) e la concessione per l'utilizzo del logo.

L'ente di certificazione garantisce le visite ispettive successive al rilascio del marchio, l'attività di auditing e tutto ciò che è previsto essere di sua competenza.

6.2. Costi della Certificazione di Compostabilità/Disintegrabilità

I costi per ottenere la Certificazione di Compostabilità sono strettamente correlati al numero di oggetti/prodotti per i quali si richiede il marchio.

Nella tabella sottostante è riportata un'ipotesi dei costi complessivi (a cui va aggiunta l'Iva) comprensivi delle seguenti voci:

- COSTI del test di disintegrazione
- COSTI analitici
- COSTI ente certificatore CERTIQUALITY



Consorzio Italiano Compostatori

VOCE DI COSTO	1 prodotto	Costo per 2 prodotti (costo unitario)	Costo per 3 prodotti (costo unitario)
TOTALE	€ 5.000	€ 4.000	€ 3.000

Inoltre, per ciascun prodotto è richiesta una Royalty annuale di € 1.500.

Tra il CIC e l'azienda certificata si stipulerà un Contratto che regolerà i rapporti tra i due soggetti in ordine al Mantenimento del Marchio, alle royalties e alle modalità di utilizzo del logo. Secondo il tipo di materiale certificato, potrebbe essere dovuto un fee annuale di verifica della qualità.

I costi illustrati sono indicativi e entro 30 giorni dal ricevimento della richiesta di certificazione, il CIC fornirà un preciso preventivo di costi e tempi di esecuzione.

7. IL LOGO®

Una delle finalità delle procedure messe in atto per la Compostabilità dei manufatti si concretizza nella possibilità di fornire al consumatore un sistema di riconoscimento dei prodotti compostabili, concedendo all'azienda che ha superato le prove l'utilizzo del logo del Marchio che dovrà essere visibile sui prodotti che hanno ottenuto la certificazione. Il marchio ha il duplice ruolo di identificazione dei prodotti conformi allo standard e garanzia del fatto che i prodotti sono stati valutati e sono controllati.

E' fatto obbligo nel Contratto di Licenza a tutti i detentori del Marchio di stampare il logo sugli imballaggi e sui prodotti commercializzati in modo che sia facilmente visibile; è consentito la stampa del logo in bianco e nero. Ogni utilizzo del logo dovrà essere preventivamente approvato dal CIC e ogni



Consorzio Italiano Compostatori

prodotto contenente il logo dovrà essere inviato a CIC per l'archivio del registro dei prodotti certificati.

Si riporta di seguito il logo del Marchio registrato al Ministero delle Attività produttive - Ufficio Brevetti e Marchi - con il n. MI2006C007484 in data 14.07.2006:





Consorzio Italiano Compostatori

8. TERMINI DEL PRESENTE PROTOCOLLO

8.1. Vincolo di segretezza

Su tutti i dati raccolti è assicurato il vincolo di segretezza sia da parte del CIC che da parte dell'ente che esegue le verifiche ispettive, nonché l'impianto che esegue le prove.

8.2. Validità e Revisioni

Il presente Protocollo è valido a partire dalla data di presentazione e potrà essere soggetto a revisioni periodiche in funzione di adeguamenti normativi e di innovazioni tecnico-scientifiche. Eventuali revisioni del presente Protocollo sono a carico del CIC.

Copia del presente documento è disponibile presso il Consorzio Italiano Compostatori, e nello specifico sul sito www.compostabile.com.

Per eventuali chiarimenti si prega di fare riferimento al Consorzio Italiano Compostatori (e-mail info@compostabile.com e centemero@compostabile.com).

LA NUOVA POLITICA AGRICOLA DELL'UE GARANTIRÀ L'APPROVVIGIONAMENTO ALIMENTARE, PROTEGGERÀ L'AMBIENTE E FAVORIRÀ LO SVILUPPO SOSTENIBILE DELLE AREE RURALI.

La riforma della politica agricola comune (**PAC**) dopo il 2013 intende aiutare gli agricoltori ad adattarsi alle nuove esigenze del mercato e assicurare un approvvigionamento alimentare sostenibile.

Le proposte favoriranno l'uso efficace dei fondi incoraggiando gli agricoltori a diventare più competitivi. I consumatori potranno acquistare prodotti di qualità a prezzi ragionevoli.

Questi i punti chiave della riforma:

- **garantire un sostegno più equo, semplice e mirato**, limitando l'assistenza di base agli agricoltori attivi a un massimo di 300 000 euro all'anno per azienda e distribuendo gli aiuti in modo più equo fra agricoltori, regioni e Stati membri
- **aiutare gli agricoltori a far fronte ai rapidi cambiamenti dei prezzi e della domanda**, intervenendo più rapidamente in periodi di crisi economica
- **riservare il 30% dei pagamenti della PAC alle aziende che attuano pratiche ecologiche**, fra cui diversificazione delle colture, conservazione dei pascoli permanenti e salvaguardia delle aree naturali e del paesaggio
- **sfruttare meglio la ricerca e l'innovazione**, raddoppiando gli investimenti in R&S, adeguando la ricerca alle esigenze degli agricoltori e accelerando il trasferimento del sapere dai laboratori alle imprese agricole
- **rafforzare la posizione degli agricoltori**, sostenendo le organizzazioni dei produttori e promuovendo legami più diretti con i consumatori, senza troppi intermediari
- **incoraggiare la protezione dell'ambiente**, includendo fra le priorità della politica di sviluppo rurale la lotta ai cambiamenti climatici e l'uso efficiente delle risorse
- **attirare i giovani**, sostenendo gli agricoltori di meno di 40 anni nei primi cinque anni di attività
- **promuovere l'occupazione rurale e l'imprenditorialità**, per esempio, con finanziamenti fino a 70 000 euro per cinque anni per i piccoli progetti
- **evitare la desertificazione**, stanziando risorse integrative a favore degli agricoltori in aree con difficili condizioni naturali
- **ridurre la burocrazia**, grazie a regole più semplici, soprattutto per i piccoli agricoltori, che riceveranno annualmente un unico finanziamento compreso fra 500 e 1 000 euro per azienda.

Le nuove proposte distribuiranno le risorse disponibili secondo criteri più mirati ed efficienti.

Dovrebbero entrare in vigore nel 2014, dopo essere state approvate dal Parlamento europeo e dai ministri nazionali all'interno del Consiglio dell'UE.

QUADRO NORMATIVO DI GESTIONE DELLE SOSTANZE CHIMICHE (REACH), AGENZIA EUROPEA DELLE SOSTANZE CHIMICHE

REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of CHemicals.

L'Unione europea (UE) ha ammodernato la legislazione europea in materia di sostanze chimiche e istituito il sistema REACH, un sistema integrato di registrazione, di valutazione, di autorizzazione e di restrizione delle sostanze chimiche. Scopo di tale sistema è migliorare la protezione della salute umana e dell'ambiente, mantenendo la competitività e rafforzando lo spirito di innovazione dell'industria chimica europea. È stata inoltre istituita un'Agenzia europea delle sostanze chimiche, incaricata della gestione quotidiana delle esigenze relative al sistema REACH.

ATTO

Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 dicembre 2006, concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'Agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE della Commissione [Cfr. atto(i) modificatore(i)].

SINTESI

L'Unione europea (UE) ha istituito il sistema REACH, un sistema integrato di registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche, e istituisce un'agenzia europea per tali prodotti. Il sistema REACH obbliga le imprese che fabbricano e importano sostanze chimiche a valutare i rischi derivanti dal loro uso ed a prendere le misure necessarie per gestire qualsiasi rischio venga individuato. L'onere della prova con riguardo alla sicurezza delle sostanze chimiche fabbricate o commercializzate spetta all'industria.

Il regolamento è inteso ad assicurare un elevato livello di protezione della salute umana e dell'ambiente, nonché a rafforzare la competitività del settore delle sostanze chimiche e l'innovazione.

Campo d'applicazione

Il campo d'applicazione del regolamento copre tutte le sostanze * fabbricate, importate, commercializzate o utilizzate, in quanto tali o nelle miscele.

Il regolamento esclude dal suo campo d'applicazione:

- le sostanze radioattive (a cui si applica la direttiva 96/29/Euratom);
- le sostanze assoggettate a controllo doganale che sono in deposito temporaneo, in zone franche o in depositi franchi in vista di una riesportazione oppure ancora in transito;
- le sostanze intermedie * non isolate;
- il trasporto di sostanze pericolose; e
- i rifiuti.

Peraltro le regole relative alla registrazione, agli utilizzatori a valle, alla valutazione ed all'autorizzazione non si applicano alle sostanze utilizzate nei medicinali per uso umano o veterinario o nelle derrate alimentari o negli alimenti per animali (inclusi gli additivi), a condizione che rientrino nell'ambito d'applicazione della legislazione comunitaria sui medicinali o sugli alimenti.

Registrazione

La registrazione costituisce l'elemento fondamentale del sistema REACH. Le sostanze chimiche fabbricate o importate in quantitativi pari o superiori ad una tonnellata l'anno devono essere obbligatoriamente registrate in una banca dati centrale, gestita dall'Agenzia europea delle sostanze chimiche. In assenza di registrazione, la sostanza non può essere fabbricata o immessa sul mercato europeo.

L'obbligo di registrazione si applica a partire dal 1° giugno 2008, ma per alcune sostanze che devono essere oggetto di una registrazione preliminare è istituito un regime transitorio, che in taluni casi può essere esteso fino al 1° giugno 2018.

Alcuni gruppi di sostanze (elencati nel regolamento) sono tuttavia esentati dall'obbligo di registrazione, come ad esempio:

- i polimeri (i monomeri che compongono i polimeri devono però essere registrati);
- talune sostanze per le quali il rischio è considerato trascurabile (acqua, glucosio, ecc.);
- talune sostanze esistenti in natura e non modificate chimicamente;
- le sostanze utilizzate nell'ambito della ricerca e dello sviluppo, a talune condizioni.

La registrazione esige che l'industria (fabbricanti e importatori) fornisca informazioni relative alle proprietà, alle utilizzazioni ed alle precauzioni per l'uso delle sostanze chimiche (fascicolo tecnico). I dati richiesti sono proporzionati ai volumi di produzione e ai rischi che la sostanza presenta (ad esempio test complessi di tossicità per le sostanze di cui è fabbricato o importato un quantitativo superiore a 1 000 tonnellate). Peraltro, una domanda di registrazione concernente una sostanza di cui è importato o fabbricato un quantitativo pari o superiore a 10 tonnellate annue deve indicare dettagliatamente i rischi che la sostanza presenta, i diversi scenari d'esposizione possibili e le misure di gestione di tali rischi (relazione sulla sicurezza chimica).

Modalità semplificate di registrazione sono previste per le sostanze intermedie isolate che restano sul sito, a condizione che siano fabbricate in condizioni strettamente controllate, e per le sostanze intermedie isolate che sono trasportate ed utilizzate nel quadro di rigidi controlli in quantitativi inferiori a 1 000 tonnellate. In questi casi, sono richieste unicamente la classificazione, le misure di gestione dei rischi e le informazioni già disponibili concernenti le proprietà. Sono necessarie maggiori informazioni se il trasporto riguarda un quantitativo superiore a 1 000 tonnellate della sostanza in questione.

Inoltre, un regime speciale è applicato alla registrazione delle sostanze presenti negli articoli: tenuto conto dei milioni di articoli immessi sul mercato nell'Unione, nonché del rischio potenziale che alcuni di essi comportano per la salute umana e per l'ambiente, occorre registrare alcune sostanze integrate negli articoli. Tale registrazione è obbligatoria quando la sostanza in questione è abitualmente rilasciata durante l'utilizzazione dell'articolo ed è presente negli articoli di cui trattasi in misura superiore ad una tonnellata per produttore/importatore per anno. Per le sostanze che non sono rilasciate in condizioni d'uso normali, ma che presentano particolari rischi, che sono contenute in una concentrazione minima dello 0,1% e che sono commercializzate in misura superiore ad una tonnellata per produttore/importatore per anno, tale obbligo prende la forma di una semplice notifica, sulla base della quale l'Agenzia europea delle sostanze chimiche può chiedere una registrazione.

L'Agenzia europea delle sostanze chimiche è incaricata di gestire la banca dati, di ricevere i fascicoli di registrazione e di elaborare orientamenti tecnici per assistere i fabbricanti e gli

importatori, nonché le autorità competenti, nell'applicazione delle suddette disposizioni. Nei primi 11 anni di applicazione del sistema REACH, la registrazione dovrebbe riguardare circa 30 000 sostanze già in commercio. Si prevede peraltro che l'80% circa di tutte le sostanze registrate non richiederà ulteriori interventi.

Condivisione dei dati

Il regolamento contiene alcune disposizioni riguardanti la condivisione dei dati, destinate a limitare gli esperimenti sui vertebrati ed a ridurre i costi per l'industria. Esso stabilisce segnatamente che i dati pertinenti siano condivisi tra dichiaranti prevedendo una contropartita finanziaria.

Allo stesso scopo, il regolamento stabilisce che tutti i dichiaranti di una stessa sostanza devono presentare insieme la loro domanda di registrazione, tranne nei casi in cui è possibile presentare una giustificazione relativa alla tutela delle informazioni riservate, in cui vi è disaccordo con gli altri dichiaranti o in cui la presentazione congiunta della domanda di registrazione comporta costi eccessivi.

Informazioni nella catena d'approvvigionamento

I dati di sicurezza vanno trasmessi lungo tutta la catena di approvvigionamento, in modo da permettere a chi fa uso di sostanze chimiche nel processo di produzione, per fabbricare altri preparati o articoli, di operare in modo sicuro e responsabile senza mettere in pericolo la salute dei lavoratori e dei consumatori e senza rischi per l'ambiente. Ciò implica che le informazioni siano trasmesse a monte e a valle della catena di approvvigionamento e tra tutti gli attori che intervengono in tale catena.

I dati trasmessi riguardano, tra l'altro, l'identificazione, la composizione e le proprietà delle sostanze, le misure da prendere per l'uso ed il trasporto sicuri, le misure in caso di rilascio accidentale o d'incendio nonché le informazioni tossicologiche ed ecologiche. Non è necessaria la trasmissione di informazioni sensibili a carattere commerciale.

Utilizzatori a valle

Gli utilizzatori a valle sono tenuti a valutare la sicurezza chimica delle sostanze, basandosi innanzi tutto sulle informazioni comunicate dai fornitori, e ad adottare provvedimenti idonei per la gestione dei rischi. Queste disposizioni consentono inoltre alle autorità di prendere conoscenza degli usi che vengono fatti di una sostanza lungo tutta la catena d'approvvigionamento e, se necessario, di chiedere ulteriori informazioni e di adottare le misure del caso.

Valutazione

La valutazione consente all'Agenzia di accertare che l'industria rispetti i propri obblighi ed eviti esperimenti sui vertebrati inutilmente. Sono previsti due tipi di valutazione: la valutazione del fascicolo e la valutazione della sostanza.

La valutazione del fascicolo è obbligatoria per tutte le domande che prevedono talune prove elencate negli allegati IX e X del regolamento (si tratta dei test più rigorosi, nei quali vengono utilizzati per lo più dei vertebrati). In tal caso, la sua finalità è essenzialmente di ridurre al minimo la necessità del ricorso a questo tipo di sperimentazione. Inoltre la valutazione del fascicolo può avere lo scopo di verificare la conformità della registrazione. È previsto che l'Agenzia proceda ad una revisione approfondita del 5% almeno dei fascicoli presentati.

Le sostanze che si ritiene comportino rischi per la salute umana o per l'ambiente possono inoltre essere oggetto di una valutazione da parte delle autorità competenti degli Stati membri al fine di

determinare se sono necessarie ulteriori informazioni. Il programma di valutazione delle sostanze è sviluppato dall'Agenzia, in collaborazione con dette autorità competenti.

Qualora sospetti che una sostanza comporti rischi per la salute umana o per l'ambiente, l'Agenzia includerà tale sostanza in un elenco specifico e uno Stato membro designato all'uopo procederà ad una valutazione al fine di determinare se occorrono informazioni supplementari da parte del dichiarante.

La valutazione può dar luogo alle seguenti conclusioni:

- la sostanza deve essere sottoposta alle procedure di restrizione o di autorizzazione;
- la classificazione e l'etichettatura della sostanza devono essere armonizzate;
- delle informazioni devono essere trasmesse alle altre autorità al fine di permettere loro di adottare le opportune misure. Ad esempio, se durante la valutazione della sostanza diventano disponibili informazioni sulle misure di gestione dei rischi suscettibili di influire sulle condizioni d'uso della sostanza, tali informazioni dovrebbero essere trasmesse alle autorità incaricate della normativa.

Autorizzazione

Le sostanze estremamente problematiche possono essere sottoposte all'autorizzazione della Commissione in vista di utilizzazioni particolari. Lo scopo è garantire la possibilità di gestire adeguatamente i rischi che comportano tali sostanze e la progressiva sostituzione delle sostanze in esame con altre sostanze o tecnologie appropriate, quando esistono alternative economicamente e tecnicamente idonee.

L'Agenzia pubblica ed aggiorna regolarmente un elenco di sostanze («elenco delle sostanze candidate») identificate come aventi caratteristiche che destano serie preoccupazioni, fra cui figurano:

- le sostanze CMR (sostanze cancerogene, mutagene e tossiche per il sistema riproduttivo);
- le sostanze PBT (sostanze persistenti, bioaccumulanti e tossiche);
- le sostanze vPvB (sostanze molto persistenti e molto bioaccumulanti);
- talune sostanze problematiche aventi effetti gravi irreversibili sull'essere umano e sull'ambiente, come i perturbatori endocrini.

L'inclusione delle sostanze candidate nell'elenco comporta, a talune condizioni, un obbligo d'informazione circa la presenza di questa sostanza negli articoli. In seguito all'inclusione di questa sostanza nell'allegato XVI del regolamento, qualsiasi commercializzazione o utilizzazione di una sostanza chimica di questo tipo dovrà essere oggetto di una domanda di autorizzazione. Quest'ultima viene concessa se i rischi derivanti dall'uso di tale sostanza possono essere adeguatamente gestiti. In caso contrario, e se non esistono prodotti sostitutivi, la Commissione valuta il livello di rischio ed i vantaggi socioeconomici dell'uso della sostanza e decide se autorizzare o meno tale sostanza. Alcune sostanze, come i PBT ed i vPvB, possono essere autorizzate soltanto se i vantaggi socioeconomici prevalgono sui rischi e non esistono sostituti.

L'onere della prova spetta al richiedente. Tutte le autorizzazioni devono essere rivedute dopo un certo periodo, da stabilire caso per caso.

Gli utilizzatori a valle possono destinare una sostanza ad un uso autorizzato, a condizione che si procurino la sostanza presso un'impresa alla quale è stata rilasciata un'autorizzazione e che rispettino le condizioni a cui è subordinata tale autorizzazione. Essi sono tenuti ad informare l'Agenzia, di modo che le autorità siano pienamente informate dell'uso che viene fatto di alcune sostanze estremamente problematiche.

Restrizioni

La procedura di restrizione offre una rete di sicurezza che permette di gestire i rischi che non sono adeguatamente contemplati da altre disposizioni del sistema REACH. Le proposte di restrizione

possono riguardare le condizioni di fabbricazione, uso(i), e/o immissione sul mercato di una sostanza o anche, se necessario, il divieto di tali attività. Sono suggerite dagli Stati membri o dall'Agenzia (su richiesta della Commissione) sotto forma di un fascicolo strutturato e sono approvate dalla Commissione.

Agenzia europea delle sostanze chimiche

Il regolamento istituisce un'Agenzia europea delle sostanze chimiche, che ha il compito di gestire gli aspetti tecnici, scientifici ed amministrativi del sistema REACH e garantire la coerenza delle decisioni a livello comunitario.

L'Agenzia gestisce anche la procedura di registrazione e svolge un ruolo fondamentale nel processo di valutazione. Essa riceve inoltre le domande di autorizzazione e formula pareri e raccomandazioni nell'ambito delle procedure di autorizzazione e di restrizione.

La sede dell'Agenzia è stabilita ad Helsinki.

Informazioni

È assicurata la disponibilità delle informazioni non riservate sulle sostanze chimiche, in particolare per permettere alle persone esposte a queste sostanze di prendere decisioni circa l'accettabilità dei rischi connessi. Alcune informazioni possono essere ottenute gratuitamente sul sito internet dell'Agenzia ed altre su richiesta. Comunque l'Agenzia ha anche l'obbligo di rispetto dei dati riservati delle aziende.

Autorità competenti

Il regolamento precisa che in ciascuno Stato membro devono esistere autorità che dispongano delle competenze e delle risorse necessarie per assolvere i compiti loro attribuiti. Nell'esercizio delle loro funzioni, dette autorità devono stabilire forme di collaborazione reciproca e con l'Agenzia.

Contesto

Il sistema REACH sostituisce oltre 40 direttive e regolamenti e crea un solo sistema applicabile a tutte le sostanze chimiche.

Il sistema REACH è completato dal regolamento (CE) n. 1272/2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele. Questo regolamento integra i criteri di classificazione e le norme di etichettatura del Sistema mondiale armonizzato (GHS) delle Nazioni Unite nella legislazione comunitaria e riprende le disposizioni di REACH che regolano l'inventario delle classificazioni e delle etichettature.

**DIRETTIVA 2003/30/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
dell'8 maggio 2003****sulla promozione dell'uso dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti**

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 175, paragrafo 1,

vista la proposta della Commissione ⁽¹⁾,

visto il parere del Comitato economico e sociale europeo ⁽²⁾,

visto il parere del Comitato delle regioni ⁽³⁾,

deliberando conformemente alla procedura di cui all'articolo 251 del trattato ⁽⁴⁾,

considerando quanto segue:

- (1) Il Consiglio europeo riunitosi a Göteborg il 15 e il 16 giugno 2001 ha concordato una strategia comunitaria per uno sviluppo sostenibile che prevede una serie di misure, tra cui lo sviluppo dei biocarburanti.
- (2) Le risorse naturali, alla cui utilizzazione accorta e razionale fa riferimento l'articolo 174, paragrafo 1, del trattato, comprendono il petrolio, il gas naturale e i combustibili solidi, che sono fonti essenziali di energia ma sono anche le principali sorgenti delle emissioni di biossido di carbonio.
- (3) Tuttavia, esiste un'ampia gamma di biomassa che potrebbe essere usata per produrre biocarburanti, proveniente dai prodotti agricoli e forestali nonché da residui e rifiuti della silvicoltura e dell'industria silvicola e agroalimentare.
- (4) L'energia impiegata dal settore dei trasporti rappresenta oltre il 30 % del consumo finale di energia nella Comunità. Essendo questo settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le sue emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare e questa espansione sarà maggiore in percentuale nei paesi candidati dopo la loro adesione all'Unione europea.
- (5) Il Libro bianco della Commissione «La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte» parte dal presupposto che tra il 1990 e il 2010 le emissioni di CO₂ dovute ai trasporti aumenteranno del 50 % per raggiungere circa 1 113 milioni di tonnellate, situazione di cui il trasporto su strada è il principale responsabile in quanto contribuisce per l'84 % delle emissioni di CO₂ imputabili ai trasporti. In una prospettiva ecologica il Libro bianco chiede quindi di ridurre la dipendenza dal petrolio (attualmente del 98 %) nel settore dei trasporti mediante l'utilizzazione di carburanti alternativi come i biocarburanti.
- (6) Un maggior uso dei biocarburanti nei trasporti fa parte del pacchetto di misure necessarie per conformarsi al protocollo di Kyoto e di qualsiasi pacchetto di politiche necessarie per rispettare gli impegni ulteriormente assunti al riguardo.
- (7) Il maggior uso dei biocarburanti nei trasporti, senza escludere altri eventuali carburanti alternativi, incluso il gas di petrolio liquefatto (GPL) e il gas naturale compresso (GNC) per uso automobilistico, è uno degli strumenti con cui la Comunità può ridurre la sua dipendenza dall'energia importata ed influire sul mercato dei carburanti per i trasporti e quindi sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico nel medio e lungo periodo. Ciò non dovrebbe tuttavia limitare l'importanza del rispetto della legislazione comunitaria sulla qualità dei carburanti, le emissioni dei veicoli e la qualità dell'aria.
- (8) Come risultato dei progressi tecnologici la maggior parte dei motori dei veicoli attualmente in circolazione nell'Unione europea è in condizione di usare una miscela contenente una bassa percentuale di biocarburante senza problemi. I più recenti sviluppi tecnologici permettono di utilizzare percentuali più elevate di biocarburante nella miscela. Alcuni paesi utilizzano già miscele contenenti il 10 %, e oltre, di biocarburante.
- (9) Le flotte vincolate offrono la prospettiva di utilizzare una concentrazione più elevata di biocarburanti. In alcune città, flotte vincolate sono già in azione per quanto riguarda i biocarburanti puri e hanno, in alcuni casi, aiutato a migliorare la qualità dell'aria nelle zone urbane. Gli Stati membri potrebbero quindi promuovere maggiormente l'uso di biocarburanti nei mezzi di trasporto pubblico.
- (10) La promozione dell'utilizzazione dei biocarburanti nei trasporti costituisce una tappa verso un'applicazione più ampia della biomassa che permetterà in futuro di sviluppare ulteriormente i biocarburanti, pur non escludendo altre opzioni e in particolare la filiera dell'idrogeno a partire dalla biomassa.
- (11) La politica degli Stati membri in materia di ricerca sulla maggiore utilizzazione dei biocarburanti dovrebbe integrare in modo significativo il settore dell'idrogeno e promuovere tale opzione, tenendo conto dei programmi quadro comunitari pertinenti.

⁽¹⁾ GU C 103 E del 30.4.2002, pag. 205 e GU C 331 E del 31.12.2002, pag. 291.

⁽²⁾ GU C 149 del 21.6.2002, pag. 7.

⁽³⁾ GU C 278 del 14.11.2002, pag. 29.

⁽⁴⁾ Parere del Parlamento europeo del 4 luglio 2002 (non ancora pubblicato nella Gazzetta ufficiale). Posizione comune del Consiglio del 18 novembre 2002 (GU C 32 E dell'11.2.2003, pag. 1) e decisione del Parlamento europeo del 12 marzo 2003 (non ancora pubblicata nella Gazzetta ufficiale).

- (12) Possono altresì essere usati come biocarburante, in casi specifici in cui tale uso è compatibile con il tipo di motore usato e con i corrispondenti requisiti in materia di emissioni, gli oli vegetali puri provenienti da piante vegetali prodotti mediante pressione, estrazione o procedure analoghe, greggi o raffinati, ma chimicamente non modificati.
- (13) I nuovi tipi di carburante dovrebbero essere conformi alle norme tecniche riconosciute se devono essere più ampiamente accettati dai consumatori e dai costruttori automobilistici e quindi essere immessi sul mercato. Le norme tecniche costituiscono anche il punto di partenza per i requisiti relativi alle emissioni e alla sorveglianza di queste ultime. È possibile che si incontrino difficoltà nel garantire che nuovi tipi di carburante soddisfino le norme tecniche attuali che, in ampia misura, sono state definite per i carburanti convenzionali d'origine fossile. La Commissione e gli organismi di normalizzazione dovrebbero seguire l'evoluzione in questa materia nonché adeguare ed elaborare attivamente norme, soprattutto in relazione agli aspetti della volatilità, che permettano l'introduzione di nuovi tipi di carburanti che soddisfino le esigenze ambientali.
- (14) Il bioetanolo e il biodiesel quando sono usati per i veicoli allo stato puro o in forma di miscela dovrebbero soddisfare le norme di qualità stabilite per assicurare un rendimento ottimale dei motori. È da osservare che nel caso del biodiesel per i motori diesel, allorché il processo di trasformazione è l'esterificazione si potrebbe applicare la norma EN 14214 del Comitato europeo di normalizzazione (CEN) relativa agli esteri metilici degli acidi grassi (FAME). Di conseguenza il CEN dovrebbe fissare norme appropriate per altri trasporti di biocarburanti nell'Unione europea.
- (15) La promozione dell'uso dei biocarburanti nel rispetto delle pratiche agricole e silvicole sostenibili, definite nella normativa della politica agricola comune, potrebbe creare nuove opportunità di sviluppo rurale sostenibile in una politica agricola comune più orientata sul mercato e maggiormente incentrata sul mercato europeo, sul rispetto di una ruralità viva e di un'agricoltura multifunzionale e potrebbe aprire un nuovo mercato per i prodotti agricoli innovatori negli Stati membri attuali e futuri.
- (16) Nella risoluzione dell'8 giugno 1998 ⁽¹⁾ il Consiglio ha affermato la propria adesione alla strategia e al piano d'azione della Commissione per le fonti energetiche rinnovabili e ha chiesto provvedimenti specifici nel settore dei biocombustibili.
- (17) Il Libro verde della Commissione «Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico» fissa l'obiettivo di sostituire il 20 % dei carburanti convenzionali con i carburanti alternativi nel settore dei trasporti stradali entro il 2020.
- (18) I carburanti alternativi potranno essere immessi sul mercato soltanto se saranno ampiamente disponibili e competitivi.
- (19) Nella risoluzione del 18 giugno 1998 ⁽²⁾ il Parlamento europeo ha chiesto che la quota di mercato dei biocombustibili sia aumentata al 2 % nell'arco di cinque anni prevedendo allo scopo un pacchetto di misure, tra cui esenzioni fiscali, assistenza finanziaria alle industrie di trasformazione e fissazione di una percentuale obbligatoria di biocarburanti per le società petrolifere.
- (20) Il metodo ottimale da utilizzare per aumentare la quota dei biocarburanti nei mercati nazionale e comunitario dipende dalle risorse e materie prime disponibili, dai programmi nazionali e comunitari per la promozione di biocarburanti e dalle disposizioni fiscali nonché dall'appropriato coinvolgimento di tutti i soggetti interessati/parti.
- (21) Le politiche nazionali di promozione dell'uso dei biocarburanti non dovrebbero vietare la libera circolazione di carburanti conformi alle specifiche ecologiche armonizzate stabilite nella normativa comunitaria.
- (22) La promozione della produzione e dell'uso di biocarburanti potrebbe contribuire ad una riduzione della dipendenza dall'importazione di energia e ad una diminuzione delle emissioni dei gas ad effetto serra. Inoltre i biocarburanti allo stato puro o in forma di miscela possono in linea di massima essere usati per i veicoli a motore esistenti e avvalersi dell'attuale sistema di distribuzione di carburante. La miscelazione di biocarburante con combustibile fossile potrebbe facilitare una potenziale riduzione del costo nel sistema di distribuzione nella Comunità.
- (23) Poiché gli scopi dell'intervento prospettato, cioè l'introduzione di regole generali che prevedono una percentuale minima di biocarburanti da immettere in commercio e distribuire, non possono essere realizzati in misura sufficiente dagli Stati membri e possono dunque, a causa delle loro dimensioni e dei loro effetti, essere realizzati meglio a livello comunitario, la Comunità può intervenire, in base al principio di sussidiarietà sancito dall'articolo 5 del trattato. La presente direttiva si limita a quanto è necessario per conseguire tali scopi in ottemperanza al principio di proporzionalità enunciato nello stesso articolo.
- (24) La ricerca e lo sviluppo tecnologici nel settore della sostenibilità dei biocarburanti dovrebbero essere incoraggiati.
- (25) Una maggiore utilizzazione dei biocarburanti dovrebbe essere accompagnata da un'analisi particolareggiata dell'impatto ambientale, economico e sociale per decidere se sia opportuno aumentare la parte di biocarburanti rispetto ai carburanti convenzionali.

⁽¹⁾ GU C 198 del 24.6.1998, pag. 1.

⁽²⁾ GU C 210 del 6.7.1998, pag. 215.

- (26) Occorre prevedere la possibilità di adeguare rapidamente l'elenco dei biocarburanti e le percentuali di fonti rinnovabili nonché il calendario relativo all'introduzione dei biocarburanti nei trasporti, per tener conto del progresso tecnico e dei risultati di una valutazione dell'impatto ambientale della prima fase dell'introduzione.
- (27) Bisognerebbe introdurre delle misure per mettere rapidamente a punto norme di qualità per i biocarburanti destinati al settore automobilistico e utilizzati allo stato puro o in forma di miscela con i carburanti convenzionali. Pur essendo la frazione biodegradabile dei rifiuti una fonte potenzialmente utile per la produzione di biocarburanti, è necessario che le norme di qualità tengano conto dell'eventuale contaminazione presente nei rifiuti per evitare che componenti particolari possano danneggiare il veicolo o peggiorare le emissioni.
- (28) Le misure intese a favorire l'utilizzazione di biocarburanti dovrebbero essere coerenti con gli obiettivi in materia di sicurezza dell'approvvigionamento e di protezione dell'ambiente nonché con gli obiettivi e le misure dei diversi Stati membri nei settori connessi. A tale riguardo gli Stati membri possono studiare modalità efficienti in termini di costi per pubblicizzare le possibilità di usare i biocarburanti.
- (29) Le misure necessarie per l'attuazione della presente direttiva sono adottate secondo la decisione 1999/468/CE del Consiglio, del 28 giugno 1999, recante modalità per l'esercizio delle competenze di esecuzione conferite alla Commissione ⁽¹⁾,
- c) «altri carburanti rinnovabili», carburanti rinnovabili, diversi dai biocarburanti, originati da fonti energetiche rinnovabili quali definite nella direttiva 2001/77/CE ⁽²⁾ e utilizzati per i trasporti;
- d) «tenore energetico», il valore calorico più basso di un carburante.
2. Sono considerati biocarburanti almeno i prodotti elencati in appresso:
- a) «bioetanolo»: etanolo ricavato dalla biomassa e/o dalla parte biodegradabile dei rifiuti, destinato ad essere usato come biocarburante;
- b) «biodiesel»: estere metilico ricavato da un olio vegetale o animale, di tipo diesel, destinato ad essere usato come biocarburante;
- c) «biogas»: gas combustibile ricavato dalla biomassa e/o dalla parte biodegradabile dei rifiuti, che può essere trattato in un impianto di purificazione onde ottenere una qualità analoga a quella del gas naturale, al fine di essere usato come biocarburante o gas di legna;
- d) «biometanolo»: metanolo ricavato dalla biomassa, destinato ad essere usato come biocarburante;
- e) «biodimetilere»: etere dimetilico ricavato dalla biomassa, destinato ad essere usato come biocarburante;
- f) «bio-ETBE (etil-tertio-butil-etere)»: ETBE prodotto partendo da bioetanolo. La percentuale in volume di bioETBE calcolata come biocarburante è del 47 %;
- g) «bio-MTBE (metil-terziario-butil-etere)»: carburante prodotto partendo da biometanolo. La percentuale in volume di biocarburante nel bio-MTBE è del 36 %;
- h) «biocarburanti sintetici»: idrocarburi sintetici o miscele di idrocarburi sintetici prodotti a partire dalla biomassa;
- i) «bioidrogeno»: idrogeno ricavato dalla biomassa e/o dalla frazione biodegradabile dei rifiuti, destinato ad essere usato come biocarburante;
- j) «olio vegetale puro»: olio prodotto da piante oleaginose mediante pressione, estrazione o processi analoghi, greggio o raffinato ma chimicamente non modificato, qualora compatibile con il tipo di motore usato e con i corrispondenti requisiti in materia di emissioni.

HANNO ADOTTATO LA PRESENTE DIRETTIVA:

Articolo 1

La presente direttiva ha come scopo la promozione dell'utilizzazione di biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili in sostituzione di carburante diesel o di benzina nei trasporti in ciascuno Stato membro, al fine di contribuire al raggiungimento di obiettivi quali rispettare gli impegni in materia di cambiamenti climatici, contribuire alla sicurezza dell'approvvigionamento rispettando l'ambiente e promuovere le fonti di energia rinnovabili.

Articolo 2

1. Ai fini della presente direttiva si intende per:

- a) «biocarburante», un carburante liquido o gassoso per i trasporti ricavato dalla biomassa;
- b) «biomassa», la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani;

Articolo 3

1. a) Gli Stati membri dovrebbero provvedere affinché una percentuale minima di biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili sia immessa sui loro mercati e a tal fine stabiliscono obiettivi indicativi nazionali.
- b) i) Il valore di riferimento per questi obiettivi è pari al 2 %, calcolato sulla base del tenore energetico, di tutta la benzina e del diesel per trasporti immessi sui loro mercati entro il 31 dicembre 2005.

⁽¹⁾ GU L 184 del 17.7.1999, pag. 23.

⁽²⁾ Direttiva 2001/77/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 settembre 2001, sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità (GU L 283 del 27.10.2001, pag. 33).

- ii) Il valore di riferimento per questi obiettivi è pari al 5,75 %, calcolato sulla base del tenore energetico, di tutta la benzina e del diesel per trasporti immessi sui loro mercati entro il 31 dicembre 2010.

2. I biocarburanti possono essere resi disponibili nelle forme seguenti:

- a) biocarburanti puri o diluiti con derivati dal petrolio in miscele ad elevato tenore, conformi a norme specifiche di qualità per l'utilizzo del trasporto;
- b) biocarburanti in miscela con derivati del petrolio, conformemente alle opportune norme europee che descrivono le specifiche tecniche per i carburanti da trasporto (EN 228 e EN 590);
- c) liquidi derivati dai biocarburanti, quale l'ETBE (etil-terziario-butil-etero), per i quali la percentuale da computarsi come biocarburante è precisata all'articolo 2, paragrafo 2.

3. Gli Stati membri controllano l'effetto dell'uso dei biocarburanti in miscele diesel superiori al 5 % in veicoli non adattati e, se del caso, prendono misure per garantire il rispetto della pertinente normativa comunitaria sulle emissioni standard.

4. Tra le misure che adottano, gli Stati membri dovrebbero considerare il clima generale e il bilancio ecologico dei vari tipi di biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili e possono promuovere innanzi tutto i carburanti che presentano un bilancio ecologico economicamente molto efficiente, tenendo conto allo stesso tempo della competitività e della sicurezza dell'approvvigionamento.

5. Gli Stati membri assicurano che al pubblico siano fornite informazioni sulla disponibilità dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili. Per le percentuali di biocarburanti in miscela con derivati del petrolio che superano il valore limite del 5 % di esteri metilici degli acidi grassi (FAME) o del 5 % di bioetanolo è richiesta un'etichettatura specifica nei punti di vendita.

Articolo 4

1. Gli Stati membri comunicano alla Commissione, anteriormente al 1° luglio di ogni anno,

- le misure adottate per promuovere l'utilizzazione di biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili in sostituzione di carburante diesel o di benzina nei trasporti,
- le risorse nazionali assegnate alla produzione di biomassa per usi energetici diversi dai trasporti, e
- il totale delle vendite di carburanti da trasporto e la quota dei biocarburanti, puri o miscelati, e di altri carburanti rinnovabili immessi sul mercato per l'anno precedente. Se del caso gli Stati membri segnalano le condizioni eccezionali nell'offerta di petrolio greggio o di prodotti petroliferi che hanno influenzato la commercializzazione dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili.

Nella loro prima relazione successivamente all'entrata in vigore della presente direttiva gli Stati membri inseriscono il livello dei rispettivi obiettivi nazionali indicativi per la prima fase. Nella relazione riguardante l'anno 2006, gli Stati membri inseriscono i rispettivi obiettivi indicativi nazionali per la seconda fase.

In tali relazioni le differenziazioni degli obiettivi nazionali rispetto ai valori di riferimento di cui all'articolo 3, paragrafo 1, lettera b), sono motivate e potrebbero essere basate sugli elementi seguenti:

- a) fattori obiettivi quali il limitato potenziale nazionale di produzione di biocarburanti a partire dalla biomassa;
- b) l'ammontare delle risorse assegnate alla produzione di biomassa per usi energetici diversi dai trasporti e le specifiche caratteristiche tecniche o climatiche del mercato nazionale dei carburanti per il trasporto;
- c) politiche nazionali che assegnino risorse comparabili alla produzione di altri carburanti per il trasporto basati su fonti energetiche rinnovabili e che siano coerenti con gli obiettivi della presente direttiva.

2. Entro il 31 dicembre 2006 e successivamente ogni due anni, la Commissione elabora una relazione di valutazione per il Parlamento europeo e il Consiglio sui progressi compiuti nell'uso dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili negli Stati membri.

Tale relazione comprende almeno i seguenti elementi:

- a) il rapporto costi-benefici delle misure adottate dagli Stati membri per promuovere l'uso dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili;
- b) gli aspetti economici e l'impatto ambientale di un ulteriore aumento della quota di biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili;
- c) la prospettiva del ciclo di vita dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili, nell'intento di indicare possibili misure per la promozione futura di quei carburanti che sono rispettosi del clima e dell'ambiente e potenzialmente competitivi e vantaggiosi in termini di costi;
- d) la sostenibilità di colture utilizzate per la produzione di biocarburanti, specialmente la destinazione dei suoli, il grado d'intensità della coltivazione, la rotazione delle colture e l'uso di antiparassitari;
- e) la valutazione dell'uso dei biocarburanti e di altri carburanti rinnovabili per quanto attiene agli effetti differenziati sul cambiamento climatico e al loro impatto sulla riduzione delle emissioni di CO₂;
- f) un riesame di altre opzioni a più lungo termine riguardanti le misure di efficienza energetica nei trasporti.

Sulla base di tale relazione, la Commissione presenta, se del caso, al Parlamento europeo e al Consiglio, proposte sull'adeguamento del sistema di obiettivi di cui all'articolo 3, paragrafo 1. Se dalla relazione emerge che gli obiettivi indicativi non possono presumibilmente essere conseguiti per ragioni non giustificate e/o non sostenute da nuove prove scientifiche, tali proposte indicheranno obiettivi nazionali, ivi compresi eventuali obiettivi obbligatori, nella forma opportuna.

Articolo 5

L'elenco figurante all'articolo 2, paragrafo 2, può essere adattato al progresso tecnico secondo la procedura di cui all'articolo 6, paragrafo 2. Al momento dell'adeguamento di tale elenco si tiene conto dell'impatto ambientale dei biocarburanti.

Articolo 6

1. La Commissione è assistita da un comitato.
2. Nei casi in cui è fatto riferimento al presente paragrafo, si applicano gli articoli 5 e 7 della decisione 1999/468/CE, tenendo conto delle disposizioni dell'articolo 8 della stessa.

Il periodo di cui all'articolo 5, paragrafo 6, della decisione 1999/468/CE è fissato a tre mesi.

3. Il comitato adotta il suo regolamento interno.

Articolo 7

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva anteriormente al 31 dicembre 2004. Essi ne informano immediatamente la Commissione.

Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità di tale riferimento sono decise dagli Stati membri.

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle disposizioni di diritto interno che essi adottano nella materia disciplinata dalla presente direttiva.

Articolo 8

La presente direttiva entra in vigore il giorno della pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*.

Articolo 9

Gli Stati membri sono destinatari della presente direttiva.

Fatto a Bruxelles, addì 8 maggio 2003.

Per il Parlamento europeo

Il Presidente

P. COX

Per il Consiglio

Il Presidente

M. CHRISOCHOÏDIS

Naturacell™ PROPERTIES



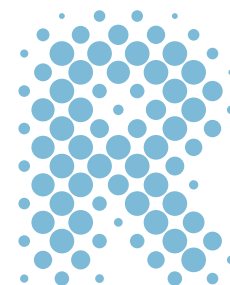
	Test Method	Naturacell™	Naturacell™
Plasticizer		19 - 30	19 - 30
Melt Flow	ASTM D1238	.25 - 5.3	.25 - 5.3
PHYSICAL PROPERTIES			
Water Absorption @ 24 hrs (73°F) (22.8°C)	ASTM D570	7.7 - 11.7	7.7 - 11.7
Specific Gravity	ASTM D792	1.29 - 1.31	1.29 - 1.31
Mold Shrinkage	ASTM D955	0.07 - 0.3	0.07 - 0.3
MECHANICAL PROPERTIES			
Tensile Stress @ Yield	ASTM D638	3,410 - 7,190	23.5 - 49.6
Tensile Stress @ Break	ASTM D638	3,250 - 6,960	22.4 - 48.0
Elongation @ Break	ASTM D638	13 - 17	13 - 17
Flexural Modulus	ASTM D790	150,000 - 300,000	1,034 - 2,068
Flexural Yield Strength	ASTM D790	4,500 - 12,000	31.0 - 82.7
Rockwell Hardness	ASTM D785	29 - 104	29 - 104
Izod Notched Impact @ 73°F (22.8°C)	ASTM D256	2.0 - 3.8	106.8 - 202.8
Izod Notched Impact @ -40°F (-40°C)	ASTM D256	0.3 - 0.6	16.0 - 32.0
THERMAL PROPERTIES			
DTUL @ 66psi (0.455 MPa)	ASTM D648	147 - 190	63.9 - 87.8
DTUL @ 264psi (1.82 MPa)	ASTM D648	129 - 180	53.9 - 82.2
Vicat Softening Point	ASTM D1525	189 - 217	87.2 - 102.8
MISCELLANEOUS PROPERTIES			
Light Transmission (1/16" Thick) (1.59 mm Thick)	ASTM D 1003	90 - 91	90 - 91
Haze (1/16" Thick) (1.59 mm Thick)	ASTM D 1003	0.88 - 1.25	0.88 - 1.25
Weight Loss on Healing (72 hr@176°F) (72 hr@80°C)	ASTM D 707	0.87 - 3.95	0.87 - 3.95

ALLEGATO n. 7

CELLULOSE ACETATE - TYPICAL MOLDING CONDITIONS

Barrel Temp.

Flow	MSS	MS	M	MH	H	H2
Rear	350° - 370°F	340° - 360°F	360° - 380°F	380° - 400°F	400° - 420°F	420° - 450°F
Center	350° - 370°F	340° - 360°F	360° - 380°F	380° - 400°F	400° - 420°F	420° - 450°F
Front	350° - 370°F	340° - 360°F	360° - 380°F	380° - 400°F	400° - 420°F	420° - 450°F
Nozzle (1)	370° - 390°F	360° - 380°F	380° - 400°F	390° - 410°F	410° - 430°F	430° - 450°F



Pressures

Flow	MSS	MS	M	MH	H	H2
Injection Pressure	1100 / 950 PSIG	1200 / 1000 PSIG	1300 / 1100 PSIG	1400 / 1100 PSIG	1500 / 1200 PSIG	1600 / 1200 PSIG
Back Pressure	0-50 PSI	0-50 PSI	0-50 PSI	0-50 PSI	0-50 PSI	0-50 PSI

Mold Temp. (2)

Flow	MSS	MS	M	MH	H	H2
Movable Half	100° - 120°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F
Stationary Half	100° - 120°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F	110° - 130°F

Cycle Time

Flow	MSS	MS	M	MH	H	H2
Injection (3)	8-10 sec	8-10 sec	8-10 sec	8-10 sec	8-12 sec	8-10 sec
Booster	6-8 sec	6-8 sec	6-8 sec	6-8 sec	6-10 sec	6-10 sec
Cure (4)	40-60 sec	40-60 sec	40-60 sec	40-60 sec	40-70 sec	40-70 sec

(1) Use straight flow through or reverse nozzle. Nozzle orifice should be 1/16" smaller than sprue orifice at end of mold.

(2) Do not exceed 160° F; higher mold temperatures may be used to burn off surface plasticizer. Use thermometer to heat mold or "city water" just cracked. Never use a chiller.

(3) Injection time may be increased; depends on part thickness, part size, and number of cavities.

(4) Cure time may be cut down; it depends on part thickness, part size, and number of cavities. Also, parts should be put in warm water to reduce cure time.

(5) Drying - Material should be dried using dehumidifying hopper dryers. The dew point should be between -20° F and -40° F. The acetate should be drying at a temperature of 150° F to 170° F for 2-4 hours.



1/1/2011

NATURACELL™ CA Price List

SERIES NUMBER	300 LBS.	600- 999 LBS.	1,000- 1,999 LBS.	2,000- 4,999 LBS.	5,000- 9,999 LBS.	10,000- 19,999 LBS.	20,000- 39,000 LBS.	40,000 LBS.
AA	\$6.14	\$4.04	\$3.09	\$3.12	\$2.93	\$2.59	\$2.85	\$2.81
AB	\$6.14	\$4.04	\$2.96	\$3.04	\$2.84	\$2.50	\$2.76	\$2.71
B	\$6.14	\$4.04	\$2.87	\$2.94	\$2.75	\$2.40	\$2.66	\$2.62
<i>conversion</i>	150 Kg	300 a 500 kg	500 a 1000 Kg	1000 a 2300 Kg	2300 a 4500 Kg	4500 a 9000 Kg	9000 a 18000 Kg	>18000 Kg
	4,63€	3,05€	2,33€	2,30€	2,21€	1,95€	2,15€	2,00€

TERMS AND CONDITIONS

1. Terms: F.O.B. Linden, NJ, Freight pre-paid on truckload orders only.
2. Net 30 days.
3. Packaging: 1250-pound gaylords. Add \$0.09 per pound for 300-pound drums.
4. Fluorescent colors quoted upon request.
5. UV stabilizer quoted upon request.
6. Pearlescent colors quoted upon request.
7. Fire retardant grades quoted upon request.
8. Flows H4 and higher add \$0.35 per pound.

PRICE EFFECTIVE January1, 2011.



1/1/2011

Auracell® CA Price List

SERIES	250	500	1,000	2,500	5,000	10,000	20,000
NUMBER	LBS.	LBS.	LBS.	LBS.	LBS.	LBS.	LBS.
AA	\$34.50	\$29.60	\$24.70	\$21.25	\$17.80	\$14.20	\$12.50
conversion	112,5	225	450	1125	2300	4500	9000
	Kg	kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	26,85€	23,09€	19,23€	16,54€	13,86€	11,05€	9,73€

TERMS AND CONDITIONS

1. For samples we need 1 lb of oil (maximum). Once the oil is received we need 7-10 working days for the plates.
2. Prototype charge for 25 Kgs or 55 lbs of pellets is \$1,500.00 + FedEx account number will be needed for transport).
3. Fluorescent colors quoted upon request.
4. UV stabilizer quoted upon request.
5. Pearlescent colors quoted upon request.
6. Fire retardant grades quoted upon request.

PRICE EFFECTIVE January1, 2011.

• Rotuba Extruders, Inc.
 1401 Park Avenue South
 Linden, NJ 07036
 Tel (908) 486-1000
 Fax (908) 486-0874
 info@rotuba.com
 www.rotuba.com



Product Data Sheet

Tenite Acetate 105E2R30025, Natural, Trsp

Application/Uses

- Ophthalmics
- Tool handles
- Toys/Sporting goods

Product Description

Tenite cellulosic plastics are noted for their excellent balance of properties - toughness, hardness, strength, surface gloss, clarity, and a warm feel. The mechanical properties of Tenite cellulosic plastics differ with plasticizer levels. Lower plasticizer content yields a harder surface, higher heat resistance, greater rigidity, higher tensile strength, and better dimensional stability. Higher plasticizer content increases impact strength. Tenite cellulosic plastics are available in natural, clear, amber, and black. Color concentrates are available in let-down ratios from 10:1 to 40:1. Tenite Cellulose Acetate 105-25 is heat stabilized and has a plasticizer level of 25%.

27-Jun-2001 3:06:00 PM

Plasticizer		25%
Specific Gravity	D 792	1.28

Mechanical Properties

Tensile Stress @ Yield	D 638	37.2 MPa (5400 psi)
Tensile Stress @ Break	D 638	40.7 MPa (5900 psi)
Elongation @ Break	D 638	25%
Flexural Modulus	D 790	2344 MPa (3.4 x 10 ⁵ psi)
Flexural Yield Strength	D 790	62.7 MPa (9100 psi)
Rockwell Hardness, R Scale	D 785	90
Izod Impact Strength, Notched		
@ 23°C (73°F)	D 256	160 J/m (3.0 ft·lbf/in.)
@ -40°C (-40°F)	D 256	48 J/m (0.9 ft·lbf/in.)

Thermal Properties

Deflection Temperature ^d		
@ 1.82 MPa (264 psi)	D 648	77°C (171°F)
@ 0.455 MPa (66 psi)	D 648	86°C (187°F)
Vicat Softening Temperature ^d	D 1525	113°C (235°F)

Permanence Properties

Water Absorption, 24 h immersion	D 570	2.3%
Soluble Matter Loss	D 570	0.2%
Weight Loss on Heating [72 hours @ 80°C (176°F)]	D 706	1.2%

Miscellaneous Acetate Properties

Refractive Index, n _D	D 542	1.46-1.49
Light Transmission ^e	E 308	>90%
Haze ^e	D 1003	<8.5%
Specific Heat @ 23°C (73°F)	DSC	1.26-1.67 kJ/kg·K (0.301-0.399 Btu/lb·°F)
Thermal Conductivity	C 177	0.17-0.33 W/m·K (1.2-2.3 Btu·in./h·ft ² ·°F)
Coefficient of Linear Thermal Expansion	D 696	11-17 x 10 ⁻⁵ /°C (mm/mm·°C) (6-9 x 10 ⁻⁵ /°F (in./in.·°F))
Mold Shrinkage	D 955	0.2-0.6%
Dielectric Strength	D 149	11.8-18.7 kV/mm (300-475 V/mil)
Dielectric Constant 1 MHz	D 150	3.3-3.8
Dissipation Factor 1 MHz	D 150	0.01-0.15
Volume Resistivity	D 257	10 ¹³ -10 ¹⁵ ohm·cm

Characteristics

Formula 105 - heat stabilized.

Comments

Properties reported here are typical of average lots. Eastman makes no representation that the material in any particular shipment will conform exactly to the values given.

ALLEGATO n. 11

Valutazione dei costi

AGGANCIO

DATI:

Materiale: Tenite Cellulosics

Processo: stampaggio ad iniezione

Finitura opaca: SPE#3

Tolleranza: $\pm 0,25$

N (volume di produzione): ipotizzo 100.000 pezzi

Spessore: 2 mm

DEFINIZIONE: $C_p = C_{mat} + C_{es} + C_{st}/N$

Cp: costo di produzione

Cmat: costo materiale

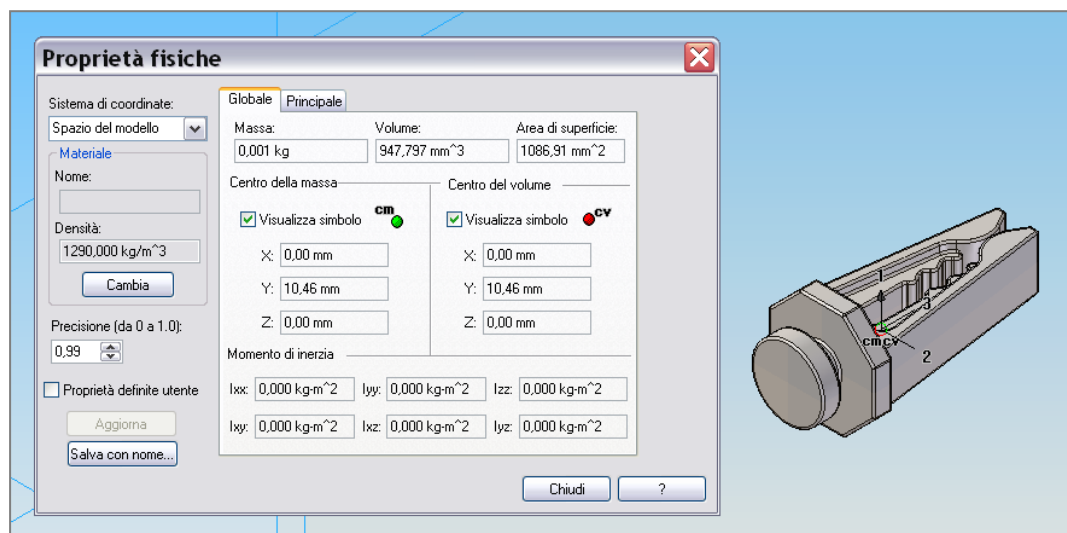
Ces: costo di esercizio

Cst: costo degli stampi

PASSAGGI DA EFFETTUARE:

- 1- Impostazione del processo (stampo, pressa...)
- 2- Calcolo del tempo ciclo

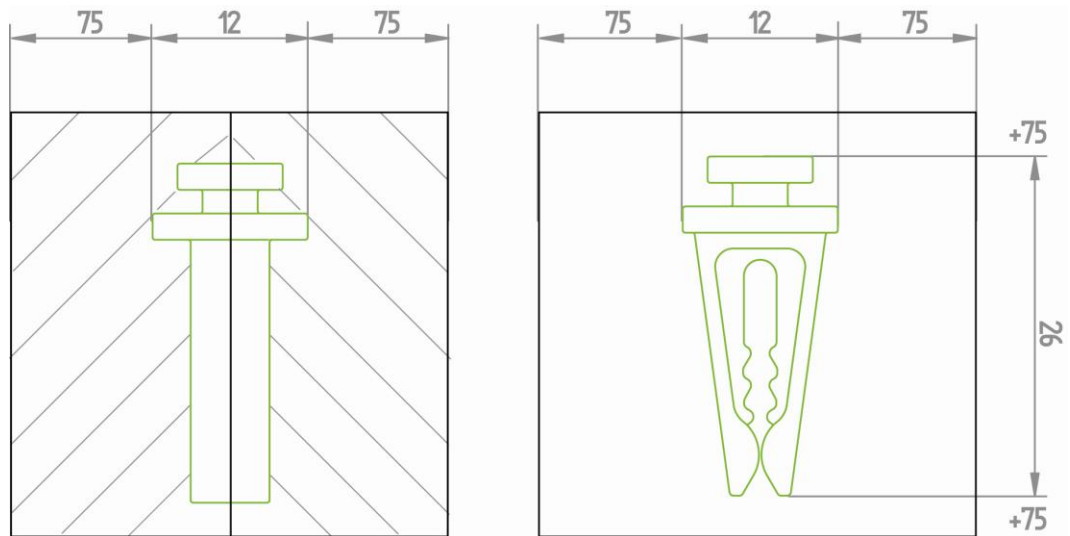
SCHEMATIZZAZIONE DEL PEZZO DA STAMPARE



$$A_{tot} = 1086,91 \text{ mm}^2 = 11 \text{ cm}^2$$

$$V_{tot} = 947,797 \text{ mm}^3 = 1 \text{ cm}^3$$

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



n = numero impronte = 1

f_i = fattore di incremento = 1,15

V_i (volume di iniezione) = $f_i * n * V = 1,5 \text{ cm}^3$

A_i (area proiettata) = $f_i * n * A = 16,5 \text{ cm}^2$

h_b (altezza totale piastra) = 162 mm = **16,2 cm**

A_b (area frontale) = $210^2 = 28512 \text{ mm}^2 = 285 \text{ cm}^2$

Parametri dimensione pressa:

P (pressione di iniezione) = 110 MPa

F_r (forza di chiusura richiesta) = $f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 16,5 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 90750 \text{ N} = 90 \text{ KN}$

$F > F_r$ (forza di chiusura effettiva) = 300 KN pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$t = t_f + t_c + t_r$

t_f (tempo di iniezione) = $(2 \div 4) V_i / A_i = 0,3 \text{ s}$

t_c (tempo di raffreddamento) = $S_{\text{max}}^2 * K = 2^2 * 1,95 = 7,8 \text{ s}$

t_r (tempo di reset) = 7s (da tabella)

$t_{\text{tot}} = 15 \text{ s}$

COSTI DI PRODUZIONE

$$C_{mat} = c_{mat} * V_i / n$$

$$c_{mat} = 3 \text{ €/Kg calcolato per } 250 \text{ lbs (1 lbs = 0,45 kg) = 112,5 Kg}$$

$$\rho \text{ (densità)} = 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$$

$$3 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 3,87 \text{ €/dm}^3 \rightarrow C_{mat} = 3,87 * 0,0015 = \mathbf{0,005 \text{ €}}$$

$$C_{es} = c_{es} * t / n$$

$$c_{es} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 300 = 28 \rightarrow C_{es} = 28 \text{ €/h} * 15 \text{ s} / 3600 = \mathbf{0,11 \text{ €}}$$

$$C_{st} = C_b + C_{lb} + C_{li} = 2 * 1390,7 \text{ €} + 1180 \text{ €} = \mathbf{3961,5 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * 285 \text{ cm}^2 * 16,2^{0,4} = 1390,7 \text{ €}$$

$$C_{lb} = C_b = 1390,7 \text{ €}$$

$$C_{li} = C_{lav} * T_{lav} * n^k = 40 \text{ €/h} * 29,5 \text{ h} = 1180 \text{ €}$$

$$T_{lav} = T_{lav,esp} + T_{lav,dim} + T_{lav,geo} + T_{lav,extra} = \mathbf{29,5 \text{ h}}$$

$$A_i = 16,5 \text{ cm}^2$$

$$T_{lav,esp} = 2,5 * (A_i / n)^{0,5} = 10 \text{ h}$$

$$T_{lav,dim} = 5 + 0,085 * (A_i / n)^{1,2} = 7,5 \text{ h}$$

$$T_{lav,geo} = 5,8 * (x_i + x_e)^{1,25} = 8 \text{ h}$$

$$T_{lav,extra} = \text{SPE\#3} = 15\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 2,3 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 1,5 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 4 \text{ h}$$

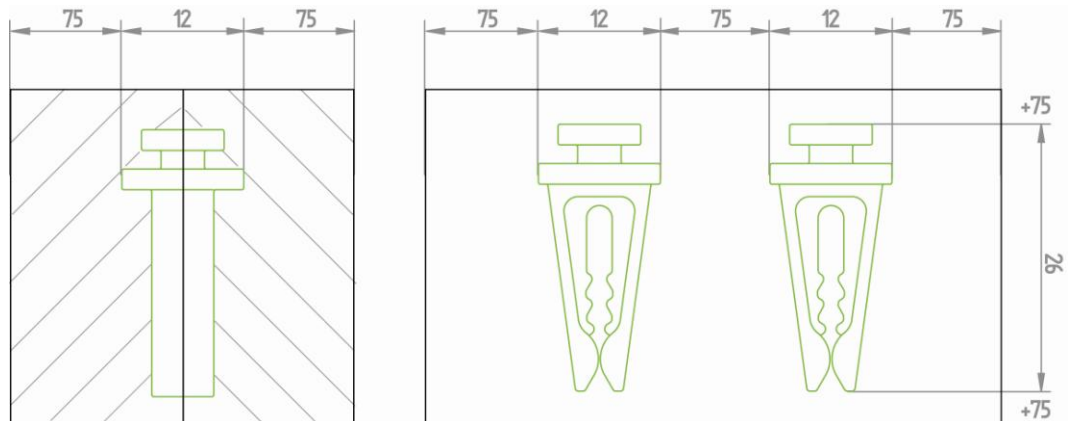
$$C \text{ produzione} = 0,005 + 0,11 + (3961,5 / N) = 0,005 + 0,11 + 0,03 = \mathbf{14 \text{ cent/pz}}$$

La stima appena fatta è, attraverso il metodo di Boothroyd (pressa da almeno 300 kN, volumi di iniezione di almeno 20-30 cm³), abbastanza irreali, poiché il volume di iniezione ad 1 impronta è troppo basso e non esistono piastre e presse così piccole. Per questo ho calcolato il numero ottimale di impronte.

$$n_{opt}: \left[\frac{25 \text{ €/h} * 15 \text{ s} / 3600 * 100000}{0,7 * 3961 \text{ €}} \right]^{0,6} = 2,2 = 2 \text{ impronte}$$

Di seguito, quindi, il calcolo sui costi effettuato considerando il caso di uno stampo a 2 impronte.

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



$n = \text{numero impronte} = 2$

$f_i = \text{fattore di incremento} = 1,15$

$V_i (\text{volume di iniezione}) = f_i * n * V = \mathbf{4,6 \text{ cm}^3}$

$A_i (\text{area proiettata}) = f_i * n * A = \mathbf{50,6 \text{ cm}^2}$

$h_b (\text{altezza totale piastra}) = 162 \text{ mm} = \mathbf{16,2 \text{ cm}}$

$A_b (\text{area frontale}) = 210^2 = 43824 \text{ mm}^2 = \mathbf{438 \text{ cm}^2}$

Parametri dimensione pressa:

$P (\text{pressione di iniezione}) = 110 \text{ MPa}$

$F_r (\text{forza di chiusura richiesta}) = f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 50,6 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 278300 \text{ N} = 278 \text{ KN}$

$F > F_r (\text{forza di chiusura effettiva}) = 300 \text{ KN}$ pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$t = t_f + t_c + t_r$

$t_f (\text{tempo di iniezione}) = (2 \div 4) V_i / A_i = 0,3 \text{ s}$

$t_c (\text{tempo di raffreddamento}) = S_{\text{max}}^2 * K = 2^2 * 1,95 = 7,8 \text{ s}$

$t_r (\text{tempo di reset}) = 7 \text{ s}$ (da tabella)

$t_{\text{tot}} = \mathbf{15 \text{ s}}$

COSTI DI PRODUZIONE

$C_{\text{mat}} = c_{\text{mat}} * V_i / n$

$c_{\text{mat}} = 3 \text{ €/Kg}$ calcolato per 250 lbs (1 lbs = 0,45 kg) = 112,5 Kg

$\rho (\text{densità}) = 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$

$3 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 3,87 \text{ €/dm}^3 \rightarrow C_{\text{mat}} = 3,87 * 0,0015 = \mathbf{0,005 \text{ €}}$

$$C_{es} = c_{es} * t / n$$

$$c_{es} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 300 = 28 \rightarrow C_{es} = (28 \text{ €/h} * 15 \text{ s} / 3600) / 2 = \mathbf{0,05 \text{ €}}$$

$$C_{st} = C_b + C_{lb} + C_{li} = 2 * 1600 \text{ €} + 2176 \text{ €} = \mathbf{5377 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * 438 \text{ cm}^2 * 16,2^{0,4} = 1600 \text{ €}$$

$$C_{lb} = C_b = 1600 \text{ €}$$

$$C_{li} = C_{lav} * T_{lav} * n^k = 40 \text{ €/h} * 33,5 \text{ h} * 2^{0,7} = 2176 \text{ €}$$

$$T_{lav} = T_{lav,esp} + T_{lav,dim} + T_{lav,geo} + T_{lav,extra} = \mathbf{29,5 \text{ h}}$$

$$A_i = 50,6 \text{ cm}^2$$

$$n \text{ impronte} = 2$$

$$T_{lav,esp} = 2,5 * (A_i / n)^{0,5} = 12,5 \text{ h}$$

$$T_{lav,dim} = 5 + 0,085 * (A_i / n)^{1,2} = 9 \text{ h}$$

$$T_{lav,geo} = 5,8 * (x_i + x_e)^{1,25} = 8 \text{ h}$$

$$T_{lav,extra} = \text{SPE\#3} = 15\% * (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 2,5 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% * (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 1,5 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 4 \text{ h}$$

$$C \text{ produzione} = 0,005 + 0,11 + (5377 / N) = 0,005 + 0,05 + 0,05 = \mathbf{10 \text{ cent/pz}}$$

FOGLIE

DATI:

Materiale: Tenite cellulosics

Processo: stampaggio ad iniezione

Finitura opaca: SPE#3

Tolleranza: $\pm 0,25$

N (volume di produzione): ipotizzo 100.000 pezzi

Spessore: 1,2 mm

DEFINIZIONE: $C_p = C_{mat} + C_{es} + C_{st}/N$

C_p : costo di produzione

C_{mat} : costo materiale

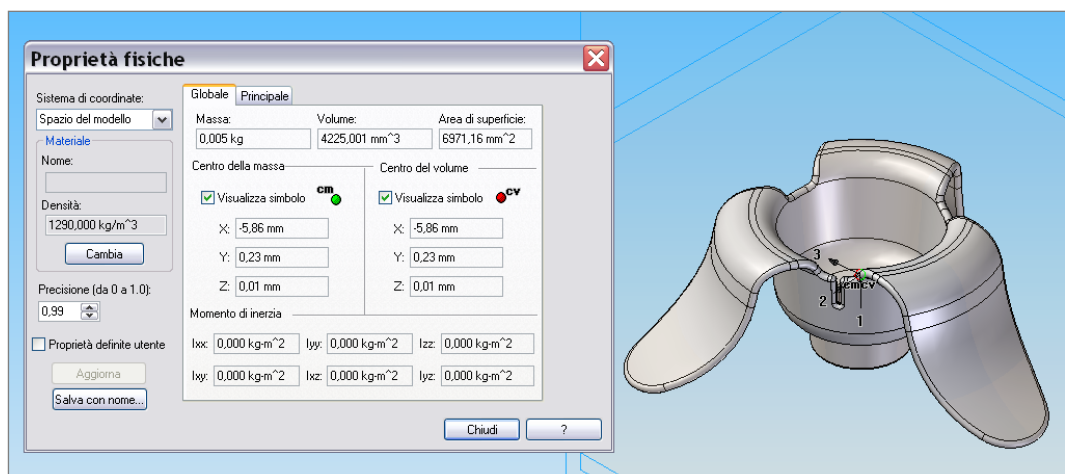
C_{es} : costo di esercizio

C_{st} : costo degli stampi

PASSAGGI DA EFFETTUARE:

- 1- Impostazione del processo (stampo, pressa...)
- 2- Calcolo del tempo ciclo

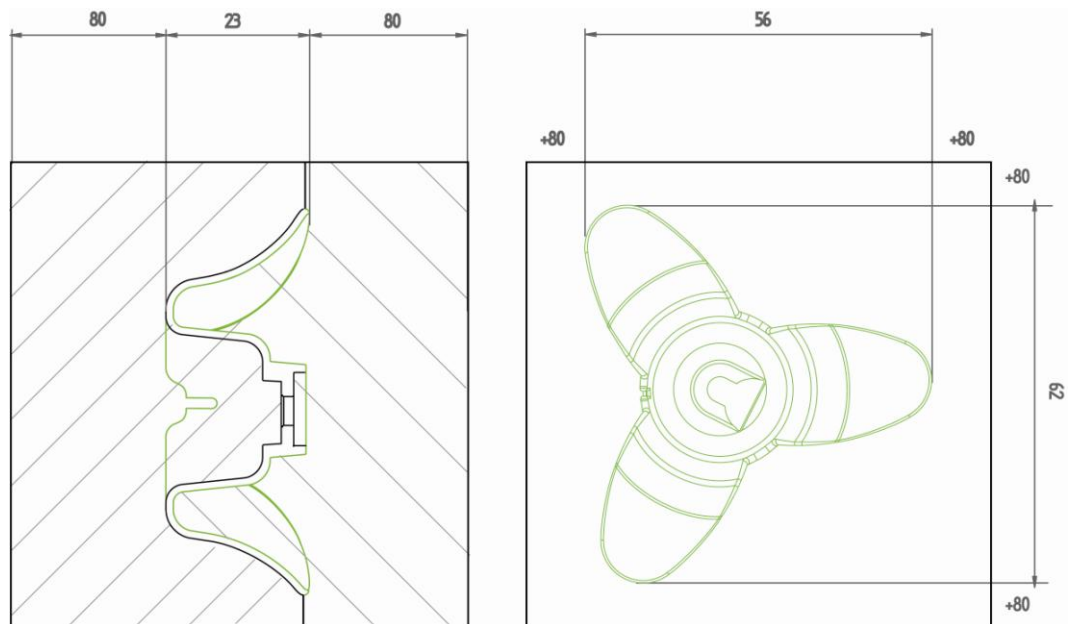
SCHEMATIZZAZIONE DEL PEZZO DA STAMPARE



$$A_{tot} = 6971,16 \text{ mm}^2 = 69,7 \text{ cm}^2$$

$$V_{tot} = 4225 \text{ mm}^3 = 4,2 \text{ cm}^3$$

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



$n = \text{numero impronte} = 1$

$f_i = \text{fattore di incremento} = 1,15$

$V_i \text{ (volume di iniezione)} = f_i * n * V = \mathbf{6,3 \text{ cm}^3}$

$A_i \text{ (area proiettata)} = f_i * n * A = \mathbf{104,5 \text{ cm}^2}$

$h_b \text{ (altezza totale piastra)} = 183 \text{ mm} = \mathbf{18,3 \text{ cm}}$

$A_b \text{ (area frontale)} = 216 * 222 = 47952 \text{ mm}^2 = \mathbf{479,5 \text{ cm}^2}$

Parametri dimensione pressa:

$P \text{ (pressione di iniezione)} = 110 \text{ MPa}$

$F_r \text{ (forza di chiusura richiesta)} = f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 104,5 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 574750 \text{ N} = 575 \text{ KN}$

$F > F_r \text{ (forza di chiusura effettiva)} = 800 \text{ KN}$ pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$t = t_f + t_c + t_r$

$t_f \text{ (tempo di iniezione)} = (2 \div 4) V_i / A_i = 0,2 \text{ s}$

$t_c \text{ (tempo di raffreddamento)} = S_{\text{max}}^2 * K = 1,2^2 * 1,95 = 3 \text{ s}$

$t_r \text{ (tempo di reset)} = 7 \text{ s}$ (da tabella)

$t_{\text{tot}} = \mathbf{10,2 \text{ s}}$

COSTI DI PRODUZIONE

$$C_{mat} = c_{mat} * V_i / n$$

$$c_{mat} = 3 \text{ €/Kg calcolato per } 250 \text{ lbs (1 lbs = 0,45 kg) = 112,5 Kg}$$

$$\rho \text{ (densità) = } 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$$

$$3 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 3,87 \text{ €/dm}^3 \rightarrow C_{mat} = 3,87 * 0,0063 = \mathbf{0,02 \text{ €}}$$

$$C_{es} = c_{es} * t / n$$

$$c_{es} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 800 = 28 \rightarrow C_{es} = 33 \text{ €/h} * 10,2 \text{ s} / 3600 = \mathbf{0,09 \text{ €}}$$

$$C_{st} = C_b + C_{lb} + C_{li} = 2 * 1690,2 \text{ €} + 3240 \text{ €} = \mathbf{6620 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * 479,5 \text{ cm}^2 * 18,3^{0,4} = 1690,2 \text{ €}$$

$$C_{lb} = C_b = 1690,2 \text{ €}$$

$$C_{li} = C_{lav} * T_{lav} * n^k = 40 \text{ €/h} * 81 \text{ h} = 3240 \text{ €}$$

$$T_{lav} = T_{lav,esp} + T_{lav,dim} + T_{lav,geo} + T_{lav,extra} = \mathbf{81 \text{ h}}$$

$$A_i = 104,5 \text{ cm}^2$$

$$T_{lav,esp} = 2,5 * (A_i / n)^{0,5} = 25,5 \text{ h}$$

$$T_{lav,dim} = 5 + 0,085 * (A_i / n)^{1,2} = 27,5 \text{ h}$$

$$T_{lav,geo} = 5,8 (x_i + x_e)^{1,25} = 14 \text{ h}$$

$$T_{lav,extra} = \text{SPE\#3} = 15\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 10 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 4 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 14 \text{ h}$$

$$C \text{ produzione} = 0,02 + 0,09 + (6620 / N) = 0,02 + 0,09 + 0,06 = \mathbf{17 \text{ cent/pz}}$$

Calcolo il numero di impronte ottimale:

$$n_{opt}: \left[\frac{25 \text{ €/h} * 10 \text{ s} / 3600 * 100000}{0,7 * 6620 \text{ €}} \right]^{0,6} = 1,4 = 1 \text{ impronta}$$

PETALI

DATI:

Materiale: Tenite cellulosics

Processo: stampaggio ad iniezione

Finitura opaca: SPE#3

Tolleranza: $\pm 0,25$

N (volume di produzione): ipotizzo 100.000 pezzi

Spessore: 1,2 mm

DEFINIZIONE: $C_p = C_{mat} + C_{es} + C_{st}/N$

Cp: costo di produzione

Cmat: costo materiale

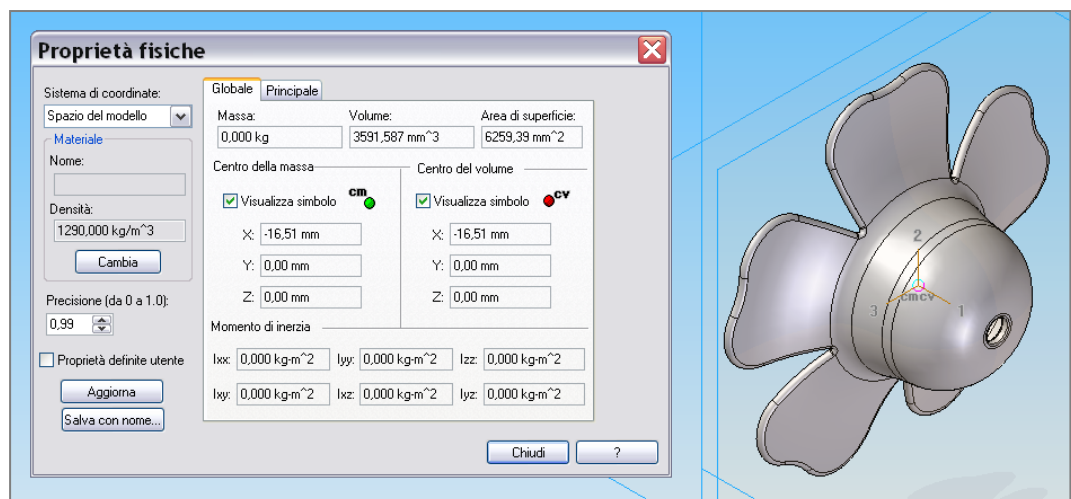
Ces: costo di esercizio

Cst: costo degli stampi

PASSAGGI DA EFFETTUARE:

- 1- Impostazione del processo (stampo, pressa...)
- 2- Calcolo del tempo ciclo

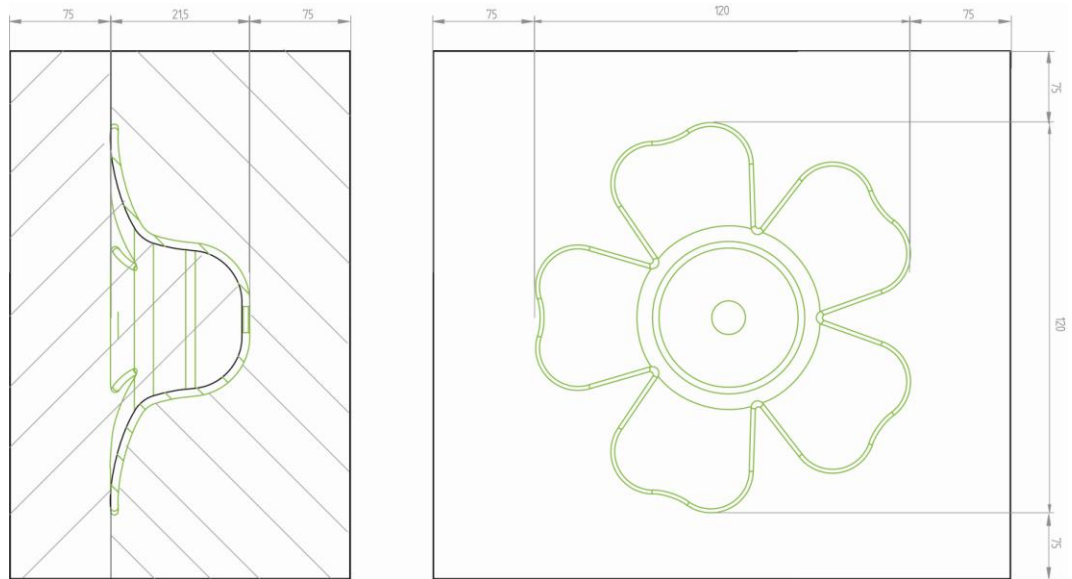
SCHEMATIZZAZIONE DEL PEZZO DA STAMPARE



$$A_{tot} = 6259,39 \text{ mm}^2 = 62,5 \text{ cm}^2$$

$$V_{tot} = 3591,587 \text{ mm}^3 = 3,5 \text{ cm}^3$$

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



$n = \text{numero impronte} = 1$

$f_i = \text{fattore di incremento} = 1,15$

V_i (volume di iniezione) = $f_i * n * V = \mathbf{4 \text{ cm}^3}$

A_i (area proiettata) = $f_i * n * A = \mathbf{72 \text{ cm}^2}$

h_b (altezza totale piastra) = 171,5 mm = **17,15 cm**

A_b (area frontale) = $270^2 = 72900 \text{ mm}^2 = \mathbf{729 \text{ cm}^2}$

Parametri dimensione pressa:

P (pressione di iniezione) = 110 MPa

F_r (forza di chiusura richiesta) = $f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 72 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 396000 \text{ N} = 396 \text{ kN}$

$F > F_r$ (forza di chiusura effettiva) = 500 kN pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$t = t_f + t_c + t_r$

t_f (tempo di iniezione) = $(2 \div 4) V_i / A_i = 0,2 \text{ s}$

t_c (tempo di raffreddamento) = $S_{\text{max}}^2 * K = 1,2^2 * 1,95 = 3 \text{ s}$

t_r (tempo di reset) = 7s (da tabella)

$t_{\text{tot}} = \mathbf{10,2 \text{ s}}$

COSTI DI PRODUZIONE

$$C_{mat} = c_{mat} * V_i / n$$

$$c_{mat} = 3 \text{ €/Kg} \text{ calcolato per } 250 \text{ lbs (1 lbs = 0,45 kg)} = 112,5 \text{ Kg}$$

$$\rho \text{ (densità)} = 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$$

$$3 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 3,87 \text{ €/dm}^3 \rightarrow C_{mat} = 3,87 * 0,004 = \mathbf{0,015 \text{ €}}$$

$$C_{es} = c_{es} * t / n$$

$$c_{es} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 300 = 28 \rightarrow C_{es} = 28 \text{ €/h} * 10,2 \text{ s} / 3600 = \mathbf{0,07 \text{ €}}$$

$$C_{st} = C_b + C_{lb} + C_{li} = 2 * 2019 \text{ €} + 1880 \text{ €} = \mathbf{5918 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * 729 \text{ cm}^2 * 17,15^{0,4} = 2019 \text{ €}$$

$$C_{lb} = C_b = 2019 \text{ €}$$

$$C_{li} = C_{lav} * T_{lav} * n^k = 40 \text{ €/h} * 47 \text{ h} = 1880 \text{ €}$$

$$T_{lav} = T_{lav,esp} + T_{lav,dim} + T_{lav,geo} + T_{lav,extra} = \mathbf{47 \text{ h}}$$

$$T_{lav,esp} = 2,5 * (A_i/n)^{0,5} = 21 \text{ h}$$

$$T_{lav,dim} = 5 + 0,085 * (A_i/n)^{1,2} = 19 \text{ h}$$

$$T_{lav,geo} = 5,8 (x_i + x_e)^{1,25} = 2 \text{ h}$$

$$T_{lav,extra} = \text{SPE\#3} = 15\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 3 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 2 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 5 \text{ h}$$

$$C \text{ produzione} = \mathbf{0,015} + 0,07 + (5918/N) = 0,015 + 0,07 + 0,06 = \mathbf{14 \text{ cent/pz}}$$

Calcolo il numero di impronte ottimale:

$$n_{opt}: \left[\frac{25 \text{ €/h} * 10 \text{ s} / 3600 * 100000}{0,7 * 5918 \text{ €}} \right]^{0,6} = 1,3 = 1 \text{ impronta}$$

PISTILLO

DATI:

Materiale: Auracell

Processo: stampaggio ad iniezione

Finitura opaca: SPE#3

Tolleranza: $\pm 0,25$

N (volume di produzione): ipotizzo 100.000 pezzi

Spessore: 5 mm

DEFINIZIONE: $C_p = C_{mat} + C_{es} + C_{st}/N$

C_p : costo di produzione

C_{mat} : costo materiale

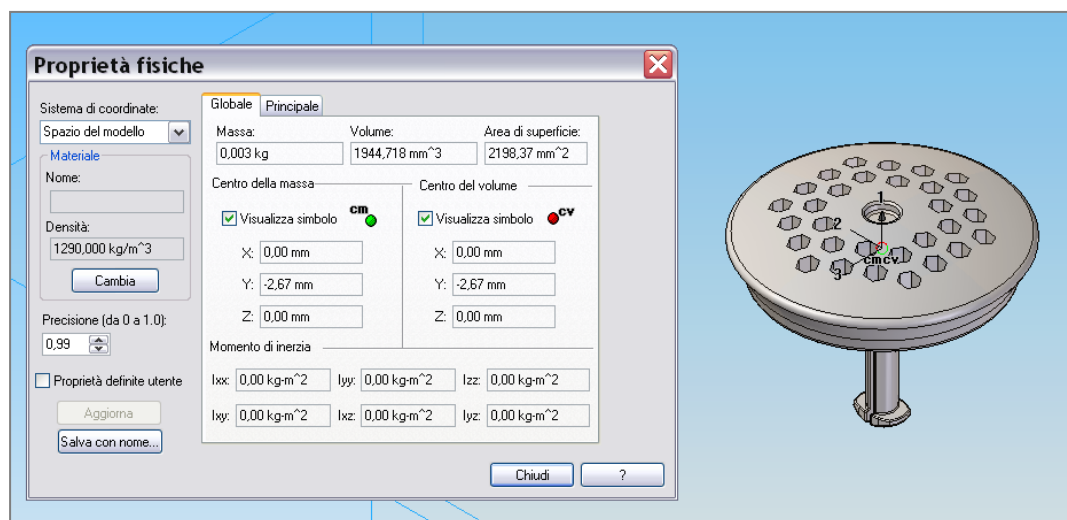
C_{es} : costo di esercizio

C_{st} : costo degli stampi

PASSAGGI DA EFFETTUARE:

- 1- Impostazione del processo (stampo, pressa...)
- 2- Calcolo del tempo ciclo

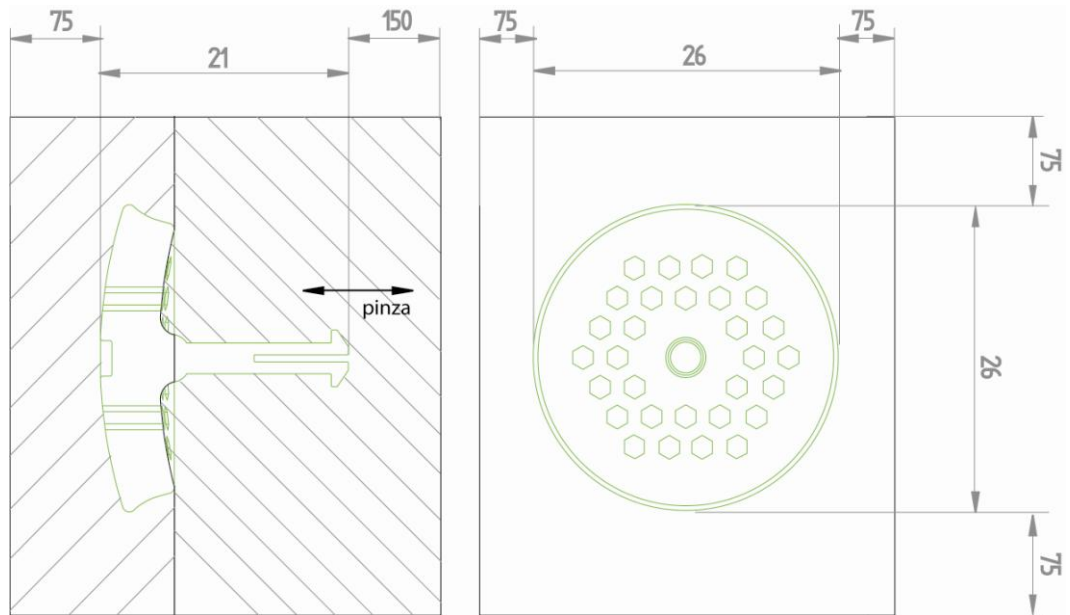
SCHEMATIZZAZIONE DEL PEZZO DA STAMPARE



$$A_{tot} = 2198,37 \text{ mm}^2 = 22 \text{ cm}^2$$

$$V_{tot} = 1944,718 \text{ mm}^3 = 2 \text{ cm}^3$$

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



$n = \text{numero impronte} = 1$

$f_i = \text{fattore di incremento} = 1,15$

$V_i (\text{volume di iniezione}) = f_i * n * V = \mathbf{2,3 \text{ cm}^3}$

$A_i (\text{area proiettata}) = f_i * n * A = \mathbf{25,3 \text{ cm}^2}$

$h_b (\text{altezza totale piastra}) = 246 \text{ mm} = \mathbf{24,6 \text{ cm}}$

$A_b (\text{area frontale}) = 30976 \text{ mm}^2 = \mathbf{309 \text{ cm}^2}$

Parametri dimensione pressa:

$P (\text{pressione di iniezione}) = 110 \text{ MPa}$

$F_r (\text{forza di chiusura richiesta}) = f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 25,3 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 139150 \text{ N} = 140 \text{ KN}$

$F > F_r (\text{forza di chiusura effettiva}) = 300 \text{ KN}$ pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$t = t_f + t_c + t_r$

$t_f (\text{tempo di iniezione}) = (2 \div 4) V_i / A_i = 0,36 \text{ s}$

$t_c (\text{tempo di raffreddamento}) = S_{\text{max}}^2 * K = 5^2 * 1,95 = 49 \text{ s}$

$t_r (\text{tempo di reset}) = 7 \text{ s}$ (da tabella)

$t_{\text{tot}} = \mathbf{56,36 \text{ s}}$

COSTI DI PRODUZIONE

$$C_{mat} = c_{mat} * V_i / n$$

$$c_{mat} = 26 \text{ €/Kg}$$

calcolato per 250 lbs (1 lbs = 0,45 kg) = 112,5 Kg

$$\rho \text{ (densità)} = 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$$

$$26 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 33,54 \text{ €/dm}^3 \text{ (costo per unità di volume)}$$

$$\rightarrow C_{mat} = 33,54 \text{ €/dm}^3 * 0,023 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,8 \text{ €}}$$

$$C_{es} = c_{es} * t / n$$

$$c_{es} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 300 = 28$$

$$\rightarrow C_{es} = 28 \text{ €/h} * 56,36 \text{ s} / 3600 = \mathbf{0,4 \text{ €}}$$

$$\rightarrow C_{st} = C_b + C_{lb} + C_{li} = 2 * 1500 \text{ €} + 1200 \text{ €} = \mathbf{4200 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * A_b \text{ cm}^2 * h_b^{0,4} = 1000 + 0,45 * 309 * 24,6^{0,4} \text{ €} = \mathbf{1500 \text{ €}}$$

$$C_{lb} = C_b = \mathbf{1500 \text{ €}}$$

$$C_{li} = C_{lav} * T_{lav} * n^k = 40 \text{ €/h} * 30 \text{ h} = \mathbf{1200 \text{ €}}$$

$$T_{lav} = T_{lav,esp} + T_{lav,dim} + T_{lav,geo} + T_{lav,extra} = \mathbf{30 \text{ h}}$$

$$A_i = 25,3 \text{ cm}^2$$

$$T_{lav,esp} = 2,5 * (A_i/n)^{0,5} = 12,5 \text{ h}$$

$$T_{lav,dim} = 5 + 0,085 * (A_i/n)^{1,2} = 9 \text{ h}$$

$$T_{lav,geo} = 5,8 * (x_i + x_e)^{1,25} = 5 \text{ h}$$

$$T_{lav,extra} = \text{SPE\#3} = 15\% * (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 2,1 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% * (T_{lav,dim} + T_{lav,geo}) = 1,4 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 3,5 \text{ h}$$

$$C \text{ produzione} = \mathbf{0,8} + 0,4 + (4200 / N) = 0,8 + 0,4 + 0,042 = \mathbf{1,25 \text{ €/pz}}$$

Il primo valore di riferimento è il costo del materiale per unità di prodotto. E' questo il valore che fa oscillare il prezzo a seconda del materiale scelto per la produzione. L'ho evidenziato proprio perché Auracell ha la caratteristica di essere un materiale costoso.

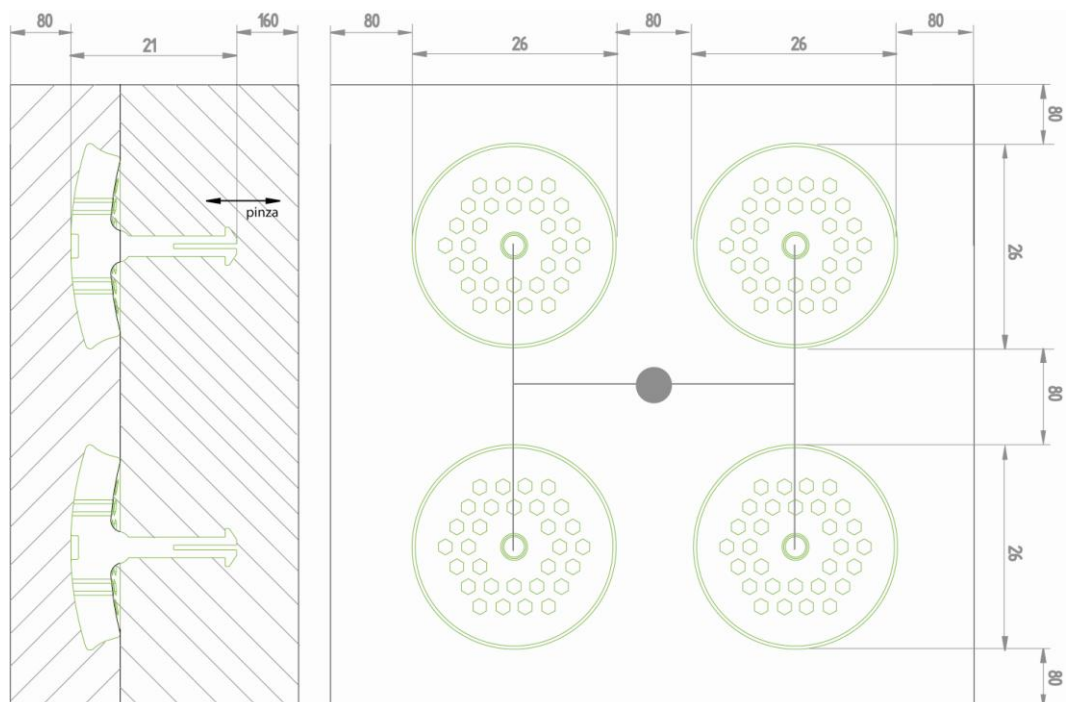
La stima appena fatta è, attraverso il metodo di Boothroyd (pressa da almeno 300 kN, volumi di iniezione di almeno 20-30 cm³), abbastanza irreali, poiché il volume di iniezione ad 1 impronta è troppo basso e non

esistono piastre e presse così piccole. Per questo ho calcolato il numero ottimale di impronte.

$$n_{\text{opt}}: \left[\frac{25 \text{ €/h} * 56 \text{ s} / 3600 * 100000}{0,7 * 4200 \text{ €}} \right]^{0,6} = 4,5 = 4 \text{ impronte}$$

Di seguito, quindi, il calcolo sui costi effettuato considerando il caso di uno stampo a 4 impronte.

1-CONFIGURAZIONE DELLO STAMPO (semplificazione)



n = numero impronte = 4

f_i = fattore di incremento = 1,4

V_i (volume di iniezione) = $f_i * n * V = 11,2 \text{ cm}^3$

A_i (area proiettata) = $f_i * n * A = 123,2 \text{ cm}^2$

h_b (altezza totale piastra) = 261 mm = **26,1 cm**

A_b (area frontale) = 85264 mm² = **852,64 cm²**

Parametri dimensione pressa:

P (pressione di iniezione) = 110 MPa

F_r (forza di chiusura richiesta) = $f_p * p * A_i =$

$0,5 * 110 * 10^6 \text{ Pa} * 123,2 * 10^{-4} \text{ m}^2 = 677600 \text{ N} = 677 \text{ KN}$

$F > F_r$ (forza di chiusura effettiva) = 800 KN pressa commerciale

2-CALCOLO DEL TEMPO CICLO

$$t = t_f + t_c + t_r$$

$$t_f \text{ (tempo di iniezione)} = (2 \div 4) V_i / A_i = 0,36 \text{ s}$$

$$t_c \text{ (tempo di raffreddamento)} = S_{\max}^2 * K = 5^2 * 1,95 = 49 \text{ s}$$

$$t_r \text{ (tempo di reset)} = 7 \text{ s (da tabella)}$$

$$t_{\text{tot}} = \mathbf{56,36 \text{ s}}$$

COSTI DI PRODUZIONE

$$C_{\text{mat}} = c_{\text{mat}} * V_i / n$$

$$c_{\text{mat}} = 26 \text{ €/Kg}$$

$$\text{calcolato per 250 lbs (1 lbs = 0,45 kg)} = 112,5 \text{ Kg}$$

$$\rho \text{ (densità)} = 1,29 \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ Kg/dm}^3$$

$$26 \text{ €/Kg} * 1,29 \text{ Kg/dm}^3 = 33,54 \text{ €/dm}^3 \text{ (costo per unità di volume)}$$

$$\rightarrow C_{\text{mat}} = 33,54 \text{ €/dm}^3 * 0,023 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,8 \text{ €}}$$

$$C_{\text{es}} = c_{\text{es}} * t / n$$

$$c_{\text{es}} = k_1 + k_2 * F = 25 + 0,01 * 800 = 33$$

$$\rightarrow C_{\text{es}} = 33 \text{ €/h} * 56,36 \text{ s} / 3600 = \mathbf{0,13 \text{ €}}$$

$$\rightarrow C_{\text{st}} = C_b + C_{\text{lb}} + C_{\text{li}} = 2 * 2411 \text{ €} + 3483 \text{ €} = \mathbf{8305 \text{ €}}$$

$$C_b = 1000 + 0,45 * A_b \text{ cm}^2 * h_b^{0,4} = 1000 + 0,45 * 852 * 26^{0,4} \text{ €} = \mathbf{2411 \text{ €}}$$

$$C_{\text{lb}} = C_b = \mathbf{2411 \text{ €}}$$

$$C_{\text{li}} = c_{\text{lav}} * T_{\text{lav}} * n^k = 40 \text{ €/h} * 33 \text{ h} * 4^{0,7} = \mathbf{3483,5 \text{ €}}$$

$$T_{\text{lav}} = T_{\text{lav,esp}} + T_{\text{lav,dim}} + T_{\text{lav,geo}} + T_{\text{lav,extra}} = \mathbf{32,7 = 33 \text{ h}}$$

$$A_i = 123,2 \text{ cm}^2$$

$$n. \text{ impronte} = 4$$

$$T_{\text{lav,esp}} = 2,5 * (A_i / n)^{0,5} = 14 \text{ h}$$

$$T_{\text{lav,dim}} = 5 + 0,085 * (A_i / n)^{1,2} = 10 \text{ h}$$

$$T_{\text{lav,geo}} = 5,8 (x_i + x_e)^{1,25} = 5 \text{ h}$$

$$T_{\text{lav,extra}} = \text{SPE\#3} = 15\% (T_{\text{lav,dim}} + T_{\text{lav,geo}}) = 2,2 \text{ h}$$

$$\text{tolleranza} = \pm 0,25 \text{ livello 3} = 10\% (T_{\text{lav,dim}} + T_{\text{lav,geo}}) = 1,5 \text{ h}$$

$$\text{tot} = 3,7 \text{ h}$$

$$C \text{ produzione} = \mathbf{0,8} + 0,13 + (8305 / N) = 0,8 + 0,13 + 0,08 = \mathbf{1 \text{ €/pz}}$$

CONFRONTO

SE questo pezzo fosse stampato in polipropilene (ipotesi realizzazione con un polimero tradizionale), considerando che questo è il pezzo prodotto con il materiale più costoso (Auracell = 26 €/Kg) il suo prezzo sarebbe:

$$C_{mat} = c_{mat} \cdot V_i / n$$

$$c_{mat} = 1,00 \text{ €/Kg}$$

$$\rho \text{ (densità)} = 0,91 \text{ g/cm}^3 = 0,91 \text{ Kg/dm}^3$$

$$1 \text{ €/Kg} \cdot 0,91 \text{ Kg/dm}^3 = 0,91 \text{ €/dm}^3 \text{ (costo per unità di volume)}$$

$$\rightarrow C_{mat} = 0,91 \text{ €/dm}^3 \cdot 0,023 \text{ dm}^3 = \mathbf{0,02 \text{ €}}$$

$$C \text{ produzione} = \mathbf{0,02} + 0,13 + (8305 / N) = 0,02 + 0,13 + 0,08 = \mathbf{23 \text{ cent/pz}}$$

Rispetto al pezzo realizzato con Auracell costa 4,3 volte meno.

In definitiva il costo per produrre Scent-EX è:

- Aggancio: 10 cent/pz
- Foglie: 17 cent/pz
- Petali: 14 cent/pz
- Pistillo: 1€/pz

Prezzo TOT: 1,41 €

Ho effettuato l'analisi dei costi anche attraverso il "mold cost estimator" on-line, per ottenere un riscontro.

I valori presi come riferimento sono:

- Dimensioni del pezzo
- Spessore massimo
- Densità del materiale
- Prezzo del materiale
- Tolleranza
- Rugosità della superficie
- Volume di produzione
- Costo orario di produzione

Impostando questi valori viene calcolato il costo di produzione totale del pezzo e viene automaticamente evidenziato anche il numero ottimale di impronte. La stima ottenuta attraverso questo strumento risulta in linea con il calcolo effettuato con il metodo di Boothroyd. Il numero di impronte per ogni componente coincide e il costo totale è pari a **1,34 €** (vedi pagine seguenti).

CUSTOMPART.NET BETA

CustomPartNet Cost Summary

General Information

Name: aggancio
 Description: componente per fissaggio a bocchette auto

Part Information

Quantity: 100,000
 Material: Tenite cellulotics
 Envelope X-Y-Z (mm): 12.00 x 12.00 x 26.00
 Weight (g): 1.31
 Tolerance (mm): Moderate precision (<= 0.25)
 Surface roughness (1/4m): Brilliant polish (Ra <= 0.05)

Process Parameters

1. Injection Molding

Material

Defect rate (%): 10.00
 Material price (\$/kg): 4.00 - conversione 3 euro/Kg
 Part weight (g): 1.31
 Regrind ratio (%): 0.00
 Additives ratio (%): 0
 Material markup (%): 25.00

Production

Machine clamp force (kN): 267
 Hourly rate (\$/hr): 25.00
 Machine setup time (hrs): 8.00
 Machine uptime (%): 95.00
 Production rate (parts/hr): 492
 Post-processing time (hrs.): 0.00
 Production markup (%): 10.00

Tooling

Number of cavities: 2 (numero ottimale di impronte stimato)
 SPI mold class: Class 104
 Mold-making rate (\$/hr): 48.00 - conversione 35 euro/h

Cost Summary

1. Injection Molding	\$23,721 (\$0.237 per part)
Material cost	\$1,681 (\$0.017 per part)
Production cost	\$5,804 (\$0.058 per part)
Tooling cost	\$16,236 (\$0.162 per part)
Total cost	\$23,721 (\$0.237 per part) - conversione 18 cent./pz.

CUSTOMPART.NET BETA

CustomPartNet Cost Summary

General Information

Name: foglie
 Description: componente utile per supporto petali e pistillo

Part Information

Quantity: 100,000
 Material: Tenite cellulotics
 Envelope X-Y-Z (mm): 23.00 x 56.00 x 62.00
 Weight (g): 5.50
 Tolerance (mm): Moderate precision (≤ 0.25)
 Surface roughness ($\hat{1}/4m$): Brilliant polish ($Ra \leq 0.05$)

Process Parameters

1. Injection Molding

Material

Defect rate (%): 10.00
 Material price (\$/kg): 4.00 - conversione 3 euro/Kg
 Part weight (g): 5.50
 Regrind ratio (%): 0.00
 Additives ratio (%): 0
 Material markup (%): 25.00

Production

Machine clamp force (kN): 979
 Hourly rate (\$/hr): 30.00
 Machine setup time (hrs): 8.00
 Machine uptime (%): 95.00
 Production rate (parts/hr): 362
 Post-processing time (hrs.): 0.00
 Production markup (%): 10.00

Tooling

Number of cavities: 1 (numero ottimale di impronte stimato)
 SPI mold class: Class 104
 Mold-making rate (\$/hr): 48.00 - conversione 35 euro/h

Cost Summary

1. Injection Molding	\$33,458 (\$0.335 per part)
Material cost	\$3,929 (\$0.039 per part)
Production cost	\$9,384 (\$0.094 per part)
Tooling cost	\$20,144 (\$0.201 per part)
Total cost	\$33,458 (\$0.335 per part) - conversione 25 cent./pz.

CUSTOMPART.NET BETA

CustomPartNet Cost Summary

General Information

Name: petali
 Description: componente utile per supporto parte profumata

Part Information

Quantity: 100,000
 Material: Tenite cellulotics
 Envelope X-Y-Z (mm): 21.50 x 120.00 x 120.00
 Weight (g): 4.58
 Tolerance (mm): Moderate precision (<= 0.25)
 Surface roughness (1/4m): Brilliant polish (Ra <= 0.05)

Process Parameters

1. Injection Molding

Material

Defect rate (%): 10.00
 Material price (\$/kg): 4.00 - conversione 3 euro/Kg
 Part weight (g): 4.58
 Regrind ratio (%): 0.00
 Additives ratio (%): 0
 Material markup (%): 25.00

Production

Machine clamp force (kN): 712
 Hourly rate (\$/hr): 30.00
 Machine setup time (hrs): 8.00
 Machine uptime (%): 95.00
 Production rate (parts/hr): 343
 Post-processing time (hrs.): 0.00
 Production markup (%): 10.00

Tooling

Number of cavities: 1 (numero ottimale di impronte stimato)
 SPI mold class: Class 103
 Mold-making rate (\$/hr): 48.00 - conversione 35 euro/h

Cost Summary

1. Injection Molding	\$35,691 (\$0.357 per part)
Material cost	\$7,150 (\$0.072 per part)
Production cost	\$9,889 (\$0.099 per part)
Tooling cost	\$18,651 (\$0.187 per part)
Total cost	\$35,691 (\$0.357 per part) - conversione 27 cent./pz.

CUSTOMPART.NET BETA

CustomPartNet Cost Summary

General Information

Name: pistillo
 Description: componente con fragranza incorporata

Part Information

Quantity: 100,000
 Material: Auracell
 Envelope X-Y-Z (mm): 21.00 x 26.00 x 26.00
 Weight (g): 2.62
 Tolerance (mm): Moderate precision (<= 0.25)
 Surface roughness (1/4m): Brilliant polish (Ra <= 0.05)

Process Parameters

1. Injection Molding

Material
 Defect rate (%): 10.00
 Material price (\$/kg): 34.50 - conversione 26 euro/Kg
 Part weight (g): 2.62
 Regrind ratio (%): 0.00
 Additives ratio (%): 0
 Material markup (%): 25.00

Production
 Machine clamp force (kN): 979
 Hourly rate (\$/hr): 34.50
 Machine setup time (hrs): 8.00
 Machine uptime (%): 95.00
 Production rate (parts/hr): 346
 Post-processing time (hrs.): 0.00
 Production markup (%): 10.00

Tooling
 Number of cavities: 4 (numero ottimale di impronte stimato)
 SPI mold class: Class 104
 Mold-making rate (\$/hr): 48.00 - conversione 35 euro/h

Cost Summary

1. Injection Molding	\$84,016 (\$0.840 per part)
Material cost	\$44,096 (\$0.441 per part)
Production cost	\$11,269 (\$0.113 per part)
Tooling cost	\$28,650 (\$0.287 per part)
Total cost	\$84,016 (\$0.840 per part) - conversione 64 cent./pz.

COSTI DI ASSEMBLAGGIO

Per completare l'analisi dei costi, ai costi di produzione vanno sommati i costi di assemblaggio. Di seguito il calcolo effettuato.

$$C_{asm} = C_{asm} * t_{asm}$$

TABELLA INDICI:

AFFERRARE	F	F	F	D	F
ALLINEARE	F	D	F	F	D
INSERIRE	F	F	D	D	D
tempo [s]	4	8	8	11,5	13

	AFFERRARE	ALLINEARE	INSERIRE	TEMPO
AGGANCIO	facile	facile	difficile	8 s
FOGLIE	facile	facile	facile	4 s
PETALI	facile	facile	facile	4 s
PISTILLO	facile	facile	difficile	8 s

$$t_{asm} = 8s + 4s + 4s + 8s = 24 s$$

$$C_{asm} = 35 \text{ €/h}$$

Il costo orario di assemblaggio comprende la manodopera diretta e i costi indiretti (attrezzature, manodopera indiretta etc.)

$$C_{asm} = C_{asm} * t_{asm} = 35 \text{ €/h} * 24 s / 3600 = \mathbf{23 \text{ cent}}$$

Il costo finale del prodotto sarà:

$$\mathbf{1,41 \text{ €}} \text{ (stima costi di produzione metodo Boothroyd)} + \mathbf{23 \text{ cent}} = \mathbf{1.64 \text{ €}}$$

Per calcolare il prezzo di vendita di un prodotto si applicano delle percentuali di maggiorazione, normalmente intorno al 50% (casi normali) o addirittura al 100% (per considerare i casi limite).

$$\mathbf{\text{In definitiva il prezzo potrà essere circa: } 2 * 1.64 \text{ €} = \mathbf{3,28 \text{ €}}}$$

Questo prezzo tiene conto di tutti gli altri costi che fino a questo momento non sono stati considerati, ad esempio i costi di progettazione, i costi di promozione etc.

Di seguito il benchmarking derivante dall'analisi di mercato effettuata a pag. 127 - parte 4. Sono stati presi in considerazione i seguenti prodotti perchè, oltre ad essere i leader sul mercato, ognuno di loro possiede caratteristiche particolari con il quali il confronto risulta interessante.

Arbre Magique: deriva anch'esso da cellulosa e il profumo è incorporato nel materiale, inoltre risulta essere il più economico e conveniente sul mercato.

Ambi Pur: tra i profumatori dotati di ricarica è il più costoso.

Millefiori Milano: oltre ad incorporare la fragranza direttamente nel materiale è il nuovo profumatore uscito sul mercato con un design accattivante.

I parametri presi in considerazione sono: la **durata** e il **prezzo** che risultano fondamentali, sicuramente derivanti da strategie di mercato e vendita; il **materiale** è ciò che durante il lavoro di tesi è stato di primaria importanza (risorse rinnovabili e riciclo); il **profumo** per individuare la tipologia e il segmento di mercato (profumatore con refil o con profumo incorporato nel materiale). In ultimo, occorre dire, che Scent-EX è stato studiato dal punto di vista del progettista, tenendo in considerazione, seppur in minima parte, le strategie di mercato e di vendita. Il prezzo può essere addirittura triplicato per continuare a competere sul mercato e la durata può essere rivista, giocando sui fattori quali: lo spessore, la durezza del materiale e la composizione della fragranza.

LOGO	PRODOTTO	DURATA	MATERIALE	PROFUMO	PREZZO	CONFRONTO (1 anno)	IMMAGINI Prodotto	Ricarica
		7 settimane	cellulosa	incorporato	1,50 euro	11,25 euro		
	2 MOTION 	10 settimane	Guscio: polipropilene Bocchette: vetro	refil	Prodotto: 7,50 euro Ricarica: 5 euro	26,67 euro		
		2 mesi	Interno: EVA + gomma Finitura: alluminio anodizzato	incorporato	Prodotto: 9,60 euro Ricarica: 6,90 euro	44 euro		
		circa 1 anno	acetato di cellulosa	incorporato	Prodotto: 3,28 euro Ricarica: 2 euro	3,28 euro		

bibliografia

PARTE 1

Vezzoli C., Manzini E., *Design per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli editore S.p.a., Bologna, 2007.

Lotti G., Visconti S., Gatti V., Maugeri V., *Design per la sostenibilità*, Università degli Studi di Firenze.

Allione C., Lanzavecchia C., *Dall'eco-design all'architettura*, Time & Mind Press, Torino, 2008.

Tesi di Dobbiaco, *LA BELLEZZA per una vita sostenibile*, Alto Adige, 1998.

Cappellaro F., *Introduzione all'eco-design*, ENEA, agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Bologna, 2010.

PARTE 2

Bioplastic Conference: Centemero M., *Il fine vita dei biopolimeri: il caso del recupero tramite compostaggio*, Torino, 2011.

Costi M., *MCM per FIAT: Grafica e Packaging, Materiali e Processi*, Triennale di Milano, 2010.

iBIB 2011, *International Business Directory for Innovative Bio-based Plastics and Composites*, nova-Institute GmbH and Bioplastics Magazine.

Biopolpack, 1° Congresso nazionale sugli imballaggi in polimeri biodegradabili, Parma, 2010.

Bagatti F., Corradi E., Desco A., Ropa C., *Scopriamo la chimica*, Zanichelli Editore, 2011.

Bastioli C., *Handbook of biodegradable polymers*, Rapra Technology, Shawbury, 2005.

TecnoPlast N.5, Anno 14, Settembre 2010.

TecnoPlast N.6, Anno 14, Ottobre 2010.

TecnoPlast N.7, Anno 14, Novembre 2010.

TecnoPlast N.8, Anno 14, Dicembre 2010.

TecnoPlast N.2, Anno 15, Marzo 2011.

TecnoPlast N.3, Anno 15, Aprile 2011.

TecnoPlast N.4, Anno 15, Maggio 2011.

Style N.12, Dicembre 2011.

PARTE 3

Soetaer w., Vandamme E., *The impact of industrial biotechnology*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGa, Weinheim, 2006.

Birgit Kamm, Patrick R. Gruber, Michael Kamm, *Biorefineries – Industrial Processes and Products*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007.

Convegno Nazionale, *La Chimica come Motore di Sviluppo, la realtà del passato e le speranze del futuro*, Novara, 2011.

Bastioli C. (amministratore delegato Novamont), *La bioraffineria di terza generazione integrata nel territorio per il rilancio della chimica italiana*, Novara, 2011.

Mirabella F., *Caratterizzazione e lavorabilità per estrusione e stampaggio ad iniezione di PLA*, Tesi in Ingegneria Chimica, Università degli Studi di Palermo, 2008-09.

Piergiovanni L., Limbo S., *Food packaging, materiali, tecnologie e qualità degli alimenti*, Springer-Verlag Italia s.r.l, Milano, 2010.

De Majo G., Corradi S., *Sviluppo di biocompositi a fibre lunghe per applicazioni ad elevata resistenza meccanica ed ambientale*, Terni, 2011.

Pollon D., *Processabilità e riciclabilità di materiali polimerici da fonte rinnovabile*, Tesi di Laurea in Ingegneria delle Materie Plastiche, Politecnico di Torino, 2008.

PARTE 4

Honeyman J., *Recent Advances in the Chemistry of Cellulose and Starch*, Londra, 1959.

Gascoigne M. M., *Biological Degradation of Cellulose*, Londra, 1960.

Davies D. D., Giovanelli J., Ap Ress T., *Biochimica vegetale*, Milano, 1966.

Camp R., Benchmarking. *Come analizzare le prassi delle aziende migliori per diventare i primi*, Editore Itaca, 1991.

Lezioni Prof. Armillotta A., corso di Industrializzazione rapida, 1°anno laurea specialistica in Design&Engineering.

Rossi S., *I rivestimenti, la pelle del design*, Alinea editrice, Firenze, 2008.

sitografia

PARTE 1

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_it.htm

<http://www.nierblog.it/piani-mobilita-sostenibile-agenda-21/>

<http://www.europarl.europa.eu/portal/it>

http://areeweb.polito.it/didattica/design/Pagine%20contenuti/books/EA_testo.pdf

<http://www.retescuole.it/energia/fiera2003/articoli/youngquist.htm>

<http://www.aspoitalia.it/>

http://ec.europa.eu/environment/etap/inaction/interviews/671_it.html

<http://notes9.senato.it>

http://ec.europa.eu/environment/etap/inaction/interviews/671_it.html

<http://green.liquida.it>

www.guidaconsumatore.com

<http://www.proplast.it/>

<http://en.european-bioplastics.org>

<http://www.plasticaverde.eu/>

PARTE 2

<http://www.bio-based.eu>

<http://www.cen.eu/>

<http://www.uni.com/>

<http://www.compost.it>

<http://www.compostabile.com>

http://carlosantulli.net/biodegradabili_biomateriali.pdf

<http://www.federazionegommaplastica.it>

http://www.canins.it/Brochure_UnionBioplast.pdf

<http://www.polimerica.it>

http://www.federambiente.it/Primopiano/Bioplastiche%208giugno2010/Bioplast%20-%20Nuovi%20materiali%20da%20fonti%20rinnovabili3_Salcuni.pdf

<http://www.novamont.com>

<http://www.inter-plast.info/Progetto/tabid/63/language/it-IT/Default.aspx>

<http://www.regione.piemonte.it/innovazione/poli-di-innovazione.html>

<http://it.materialconnexion.com/>

<http://www.materia.nl/>

<http://www.interpack.com>

<http://www.bioplasticsmagazine.com>

<http://www.technica.net/NF/NF1/fibreptt.htm>

<http://www.kemia.it/testipdf/polimeri%20e%20fibre.pdf>

http://www.fedoa.unina.it/3302/1/sansone_lucia_ingegneria_dei_materiali_xxi.pdf

PARTE 3

<http://www.clubdonegani.it/>

<http://www.chimicaverde.net>

<http://www.ecomondo.it>

<http://www.agienergia.it/Notizia.aspx?idd=614&id=58&ante=0>

<http://www.aidic.it/italiano/.../Chemicals%20da%20biomasse%20testo.doc>

<http://www.biomasseitalia.it/>

<http://www.cnr.it/sitocnr/home.html>

<http://www.infobuild.it/>

PARTE 4

<http://www.auracell.com/index.html>

<http://www.sapere.it/enciclopedia/cellul%C3%B3sa.html>

http://www.rotuba.com/how_we_make_it.html

<http://www.rotuba.com>

<http://www.ultrapolymers.com/>

<http://www.eastman.com>

http://www.eastman.com/Literature_Center/P/P281.pdf

<http://www.arbremagique.it/>

<http://www.ambipur.com/>

<http://www.arexons.it/arexons/cms/>

<http://www.millefiorimilano.com>

<http://www.simoniracing.com/>

<http://www.coraitaly.com>

<http://www.mtprogetti.com/>

<http://www.partec.it/>

<http://www.matweb.com>

<http://www.castelbergtechnologies.it>

<http://www.castelberg.net/home/csr/v/base.php?id=161>

<http://www.ctpspa.it/home>

<http://www.mmfrances.it/>

<http://www.expressions-parfumees.com/>

ringraziamenti

Ringrazio **mia Mamma**, per essere dolce, comprensiva e soprattutto forte. La sua capacità di gestire ogni situazione, la sua precisione e la sua velocità d'azione sono caratteristiche che la rendono unica quando hai bisogno di una mano. Capace di ascoltarmi e di consigliarmi, soprattutto su questioni sentimentali (ci sarà un motivo), anche se a volte si perde nei suoi discorsi "tipicamente Favero". E' una spalla fondamentale che mi ha permesso ed insegnato a vivere.

Ringrazio **mio Papà**, perché siamo come un "*pum taiad a metà*", per le volte in cui mi ha costretto a fermarmi e mi ha fatto ragionare. Per i nostri scontri e per il supporto che mi ha saputo dare in tutti i momenti di difficoltà. Per la saggezza dei suoi consigli e per il fatto di avermi inculcato nella testa, ripetendo le cose almeno 3 volte, valori e principi che mi hanno permesso di crescere ed essere quella che sono.

Ringrazio **mia sorella**, per aver percorso assieme a me tutti questi anni. Abbiamo vissuto e condiviso ogni momento da quando siamo nate, spalleggiandoci a vicenda ed essendo complici in ogni nostra azione. La serenità e l'insistenza sono qualità di Giulia che spesso mi hanno mantenuto calma e mi hanno fatto ragionare. Giulia è e sarà il "chiodo fisso" della mia vita.

Ringrazio **Ivìo**, per essere ogni giorno al mio fianco. Per essere un uomo "fuori dalla norma", per la carica che ha sempre e per la pazienza che cerca di mantenere con me, pur con i nostri occasionali e folli colpi di testa. Grazie alle sue passioni e alla sua voglia mi ha dato la possibilità di rilassarmi, svagarmi ed essere in perfetta forma. E' una persona sulla quale so di poter sempre contare.

Ringrazio **la Lù**, che ho incontrato il primo anno di università. Senza questa esperienza non avrei conosciuto una persona in cui mi rispecchio per moltissime cose. E' l'Amica per eccellenza, capace di ascoltare, consigliare e, allo stesso tempo, di urlarti contro quando pensa che stai sbagliando. Anche se lontane non abbiamo mai smesso di essere vicine.

Ringrazio **Silviona**, per essere lo "sportello amico" più ambito della bassa. Con la sua allegria ed il suo entusiasmo è stata una compagna di avventure, bevute e lunghissime chiacchierate. L'animatrice con la A maiuscola, in grado di far sempre nascere un sorriso.

Ringrazio i miei compagni: **Luna e Ale**, per le notti passate assieme, sia per studio che per divertimento, e per essere diventate davvero delle amiche; **Berghy**, per essere il mio fornitore ufficiale di programmi e per l'amicizia che abbiamo coltivato; **James, Albi, Marco, Fede e Spotti** per il supporto che mi hanno dato, per le risate e per le serate passate su skype o davanti ad una birra. Tutti quelli che hanno condiviso assieme a me i momenti di tensione pre-consegna ed i momenti di euforia post-consegna.

Ringrazio la **zia Bice**, per avermi dato la possibilità di intraprendere un percorso così importante. Per la sua generosità e per la sua continua attenzione nei miei confronti. Che mondo sarebbe senza la Bice?!

Ringrazio tutti i miei parenti: i **cugini**, per essere sempre così uniti; gli **zii**, per il supporto, per le risate che ci fanno fare e per aver creduto in tutti noi; i **nonni**, perché senza di loro tutto questo non sarebbe esistito.

Ringrazio i miei professori: il Prof. **Francesco Trabucco** per avermi assistito durante questa tesi e per avermi insegnato a progettare. Grazie, ai suoi preziosi consigli tecnici e alla sua attenzione per i dettagli; la Prof.ssa **Barbara Del Curto** per la sua scrupolosità e il suo interesse nei miei confronti. Per il grande contributo che ha dato alla stesura di questa tesi, per il tempo che mi ha dedicato e per aver letto e riletto centinaia di pagine.

Ringrazio tutte le aziende e, soprattutto, le persone che mi hanno dato la possibilità di costruire questo lavoro di tesi. **MT Progetti** per il continuo supporto e per l'impegno nel portare fino alla fine questo progetto; **Rotuba Extruders Inc. e Eastman Chemical** per i campioni di materiale e per tutte le informazioni tecniche che mi hanno trasmesso; il polo **ProPlast** per avermi presentato la loro realtà aziendale e per avermi permesso di partecipare alla conferenza di Torino; la **Ultra Polymers Italia** per avermi ospitato e per la gentilezza dei suoi dipendenti; **Partec** per la disponibilità che ha mostrato permettendomi di realizzare il prototipo, fare foto e per aver risposto a tutte le mie domande; la **Castelberg Technologies spa** per l'attenzione che mi ha dato e per le utilissime telefonate intercorse; la **M&M Fragrances** per i profumi che ha creato ed i campioni che mi ha fornito. Queste le più importanti, ma un grazie a tutti quelli che hanno collaborato e fornito preziose indicazioni per il raggiungimento di questo obiettivo.