



**Politecnico di Torino**

**Dipartimento di Architettura e Design**

**Laurea Magistrale in Design Sistemico “Aurelio Peccei”**

**Tesi di Laurea:**

*“Definizione di un modello di studio per la produzione di materiali termoplastici innovativi, originati dal riutilizzo di diverse tipologie di scarti; con l’obiettivo di garantire la fattibilità applicativa nello sviluppo e nella progettazione di prodotti destinati ai processi industriali della Cornaglia S.p.A.”*

**Relatore:** prof. Fabrizio Valpreda,

**Corelatori:** prof. Fabio Alessandro Deorsola, prof.ssa Silvia Barbero

**Relatore aziendale:** Ing. Dejan Bajkovic

**Anno Accademico:** 2020/2021

**Candidato:** Gianluca Ryillo

## INDICE:

<b>INTRODUZIONE: MOTIVAZIONI E CONTENUTO</b>	<b>9</b>
<b>CAPITOLO 1: LITERATURE REVIEW E DESCRIZIONE DEL CORE BUSINESS DI PROGETTO</b>	<b>14</b>
<b>1) Origini e modelli di collaborazione sistemica tra gli attori di progetto.</b>	<b>15</b>
● 1.1) La collaborazione accademico- industriale.	17
● 1.2) La collaborazione industriale sul modello del Plastic Pact.	19
<b>2) Introduzione al gruppo Cornaglia ed ai partner aziendali.</b>	<b>21</b>
● 2.1) Gruppo Cornaglia	21
<b>3) I processi del sistema industriale: la produzione di prodotti plastici.</b>	<b>29</b>
● 3.1) Macro struttura della filiera produttiva del settore plastico.	31
● 3.2) Gestione Manageriale del processo: Brand Owning.	32
● 3.3) Produzione di materiale polimerico grezzo: rottura e ricostruzione	34
● 3.4) Lavorazione delle materie plastiche: diversificazione delle proprietà.	35
● 3.5) Processabilità del materiale plastico nel prodotto finale.	37
● 3.6) Fase di post-consumo: gestione “fine vita” e feedback di processo.	41
● 3.7) I requisiti strutturali della filiera produttiva.	43
<b>4) I processi cognitivi del sistema industriale: il gap informativo.</b>	<b>44</b>
● 4.1) I processi cognitivi nell’ambiente industriale.	47
● 4.2) Caso studio: metodo dello “Sviluppo Cognitivo del Prodotto”.	49
<b>5) Studio dello scarto industriale: comprensione degli output e gestione.</b>	<b>54</b>
● 5.1) Scarti industriali plastici: processo di quantificazione.	54
● 5.2) La gestione dello scarto con il Metodo olistico di raccolta dati.	56
● 5.3) Comprensione dello scarto interno agli stabilimenti industriali.	58
● 5.4) Vantaggi e limiti dello smaltimento degli scarti plastici.	59
● 5.5) Vantaggi e limiti del riciclo degli scarti plastici.	62
● 5.6) Vantaggi e limiti del “riuso” degli scarti plastici.	67

<b>6) La fattibilità del sistema circolare nel settore produttivo della Cornaglia.</b>	<b>71</b>
● 6.1) Analisi delle condizioni del mercato circolare di destinazione.	72
● 6.2) Previsioni di applicabilità del sistema circolare nel settore industriale.	74
● 6.3) La gerarchia degli scarti nei modelli di business industriale.	76
<b>CAPITOLO 2: RILIEVO OLISTICO E REALIZZAZIONE DEL MODELLO DI SISTEMA CIRCOLARE.</b>	<b>81</b>
<b>7) Il rilievo olistico dell'organismo industriale Cornaglia.</b>	<b>82</b>
● 7.1) Circoscrivere il perimetro di studio.	82
● 7.2) Le tecnologie: produzione e gestione del prodotto finito.	85
● 7.3) Le risorse: input materici, energetici, informativi.	99
● 7.4) Lo scarto: output materici ed output immateriali.	107
● 7.5) I costi finali: diretti ed indiretti.	115
<b>8) Sistema dei flussi coinvolti nel territorio industriale della Cornaglia.</b>	<b>116</b>
<b>9) Definizione della supply chain industriale e dei requisiti di sistema.</b>	<b>118</b>
● 9.1) Supply chain della divisione plastica Cornaglia.	118
● 9.2) Punti di forza ed opportunità.	125
● 9.3) Criticità e minacce.	129
● 9.4) Identificazione delle esigenze e dei requisiti di sistema.	133
<b>10) Proposta del modello di sistema circolare.</b>	<b>137</b>
● 10.1) Strategie di connessione circolare.	138
● 10.2) Proposta di modello del sistema circolare finale.	146
<b>CAPITOLO 3: SPERIMENTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL MATERIALE FINALE.</b>	<b>148</b>
<b>11) Proprietà del nuovo materiale.</b>	<b>149</b>
● 11.1) Il modello di compound: carica organica e polimerica.	149
● 11.2) Analisi chimico/fisica della carica organica del compound.	152

● 11.3) Analisi chimico/fisica della matrice polimerica.	156
<b>12) Modello di realizzazione del compound.</b>	<b>158</b>
● 12.1) Preparazione e raccolta dello scarto polimerico e del solido urbano.	158
● 12.2) Preparazione chimica/fisica degli input.	160
● 12.2) Fase di compounding.	162
<b>CAPITOLO 4: SVILUPPO DELLE LINEE GUIDA PER IL NUOVO PRODOTTO SISTEMICO.</b>	<b>164</b>
<b>13) Requisiti della progettazione.</b>	<b>166</b>
● 13.1) Requisiti del prodotto per la processabilità tecnologica.	167
● 13.2) Requisiti del prodotto per la compatibilità con il nuovo compound.	176
● 13.3) Requisiti del prodotto per l'implementazione di nuovi mercati.	182
<b>14) Definizione delle linee guida di prodotto.</b>	<b>190</b>
● 14.3) Studio e sviluppo dei casi studio di prodotto.	190
● 14.2) Linee guida di progettazione del prodotti sistemici futuribili.	204
<b>CAPITOLO 5: CONCLUSIONI</b>	<b>208</b>
<b>15) Conclusioni e risultati finali del progetto.</b>	<b>208</b>
● 15.1) Benefici del riutilizzo plastico per il futuro settore industriale.	206
● 15.2) Benefici del nuovo modello organizzativo sul sistema aziendale.	210
<b>16) Considerazioni personali sul futuro rapporto tra plastica ed industria.</b>	<b>211</b>
<b>CAPITOLO 6: RIFERIMENTI, BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA.</b>	<b>213</b>





## RINGRAZIAMENTI

Questo progetto di tesi è frutto della relazione collaborativa con numerosi attori, attivi tra il mondo industriale, accademico e della vita quotidiana, ed a cui vorrei rivolgere un pensiero prima di iniziare con la narrazione.

Per tutto ciò di cui è stato possibile fare esperienza durante lo svolgimento della tesi, dal punto di vista umano e professionale, ringrazio l'Ing. Dejan Bajkovic, responsabile progetti speciali della Cornaglia, per il suo ruolo di collaboratore, mentore ed amico.

Devo sincera gratitudine ai professori del Politecnico di Torino, che mi hanno seguito pazientemente in questo percorso di ricerca. Al professor Fabrizio Valpreda, per i contributi forniti come relatore principale, alla professoressa Silvia Barbero, per il supporto fornito nell'ambito della disciplina sistemica, ed al professor Fabio Deorsola, per il supporto fornito nell'ambito della gestione chimica dei materiali.

Ringrazio l'Ing. Daniele Smoglica e la Dott.ssa Simona Di Palma, riferimenti del laboratorio esterno IdeaPlast di Lainate (MI), con cui si sono svolte le attività di sperimentazione necessarie ad ottenere i materiali finali.

Ringrazio mio padre e mia madre, per aver sempre creduto in me, supportando i miei sogni e permettendomi di iniziare a costruire il mio futuro.

Un ringraziamento speciale va infine ai miei amici e amiche, con cui ho trascorso i momenti più preziosi di questo percorso universitario, ai colleghi del corso di studi ed a tutte le persone che, durante questo viaggio, hanno condiviso con me la volontà di fare una piccola differenza in questo grande mondo.

Grazie a tutti voi.



## INTRODUZIONE ALLE MOTIVAZIONI DEL PROGETTO

Il progetto di tesi che andremo ad approfondire si origina dalla consapevolezza che siamo, e saremo sempre, una società che sviluppa le proprie attività attraverso il concetto di “sistema”. Siamo un insieme che organizza le risorse e le informazioni attraverso attività precise, finalizzate ad ottenere oggetti o servizi nel quale è riconosciuto un valore, da parte di specifici sistemi di riferimento. Queste considerazioni ci permettono di comprendere che il meccanismo sistematico che definiamo con il concetto di “processo”, è in realtà composto da poche semplici attività, ovvero: l'utilizzo di conoscenze per la trasformazione seriale di materie prime in prodotti finiti.

Al fine di sviluppare processi più efficienti e continuativi, la società si è progressivamente unita in sistemi lavorativi sempre più grandi, evolvendo, dopo numerose “reincarnazioni”, in quelli che possiamo definire come gli attuali sistemi aziendali. Il fattore chiave che ha permesso l'evoluzione di tali sistemi produttivi, dallo stato “artigianale” a quello “industriale”, non è stato però il solo progresso tecnologico dei macchinari o delle materie prime, ma, al contrario, è stato favorito dal progresso delle società stesse. Il fattore chiave che ha permesso di sviluppare esponenzialmente le risorse tecnologiche delle aziende è stata infatti l'evoluzione dei sistemi organizzativi, relativi alla crescita delle competenze ed alla velocità delle informazioni. Perciò, alla base della struttura produttiva di un'azienda che opera in modo corretto, si è rilevata essere necessaria la presenza di un'adeguata struttura organizzativa, in grado di funzionare da “manuale d'istruzioni” del processo produttivo.

La definizione dello standard organizzativo per la trasformazione dei flussi materici ed informativi in prodotti finiti, è considerato in questo progetto come “modello aziendale”. Tale standard organizzativo non è statico, anzi, deve seguire il monitoraggio dello stato dei flussi, prevedendo i potenziali cambiamenti ed adottando le dovute modifiche preventive all'organizzazione. Il mutamento dei due flussi principali, se non correttamente gestito dall'organizzazione aziendale, può infatti portare ad una vera e propria “crisi del modello”; e non è molto confortante sapere che siamo sul punto di affrontarne una, proprio adesso. Insieme alla volontà di restituire, alla fine del percorso di studi, un progetto che verifichi l'acquisizione delle competenze sistemiche, si affiancano quindi, alle motivazioni con il quale si è costruito il documento, anche le necessità suggerite dal mondo esterno, dal periodo storico e dagli eventi attuali o futuri.

Gli effetti del Covid-19 hanno già portato alla luce alcune fragilità, mettendo alla prova la flessibilità dei modelli organizzativi mondiali, e ponendo una serie di sfide

nei confronti delle aziende e delle istituzioni. Ma, una volta accertati i cambiamenti causati dal Covid-19 sul tessuto aziendale e sociale, quelli legati all'evento che vivremo a breve saranno simili, se non maggiori, ma intaccheranno prevalentemente l'area industriale. Diversamente dal Covid-19, l'evento in questione non sarà una minaccia diretta verso la società, anzi, potrà generare diversi benefici a livello mondiale, ma non sarà esente da effetti collaterali.

Stiamo parlando della diminuzione nell'utilizzo di risorse fossili come fonti energetiche, in favore delle fonti elettriche o rinnovabili. Questo cambiamento sarà decisamente positivo per il pianeta, ma non lo sarà per determinate aziende e settori industriali, la cui condizione del processo produttivo non permetterà la conversione verso il nuovo mondo dell'energia sostenibile. Dall'altro lato, ci saranno una serie di effetti collaterali che andranno direttamente a colpire anche la società, attraverso uno dei suoi elementi cardine: la plastica.

Per comprendere meglio le motivazioni legate al mondo esterno, dal quale prende spunto questo progetto, dobbiamo fare una premessa, o meglio, un ragionamento logico, che approfondiremo più nel dettaglio in seguito, durante lo svolgimento della tesi.

In sintesi, questo cambiamento verso le fonti elettriche rinnovabili inciderà pesantemente sulla domanda mondiale di petrolio e dei suoi derivati, con le previsioni di consumo e produzione che vedranno una discesa progressiva. I produttori ed esportatori di Nafta, il petrolio allo stato grezzo dal quale si ricava la benzina ed il Diesel, si vedranno costretti a sostenere ugualmente gli investimenti per le strutture di estrazione, sebbene con una costante diminuzione del volume di acquisto ed utilizzo. Qui sorge il primo problema. Infatti, i grandi attori della produzione di Nafta dovranno recuperare capitale dove possibile, e saranno quindi costretti a ricercare profitti nella seconda area di destinazione del mercato petrolifero: la plastica. Dato questo fattore, le possibilità di sviluppo sono due. La prima è che il settore dedichi una percentuale maggiore del 4% del greggio alla destinazione polimerica, mantenendo alto il consumo di risorse fossili ed il livello di emissioni. Ma, per evitare le sanzioni dovute alla regolamentazione delle emissioni e rientrare del capitale perso, la seconda possibilità risulta più plausibile, prevedendo un semplice aumento del prezzo del greggio da destinare ai polimeri, che a catena si riverserebbe, come un effetto farfalla, su tutta la filiera della plastica.

Il problema principale è che l'aumento a monte della filiera genererà un effettivo aumento del costo della plastica, annullando il maggiore beneficio per il quale oggi questa domina incontrastata, cioè la convenienza nel produrla. Le aziende appartenenti ai settori primari, con una struttura organizzativa di grandi dimensioni, potranno comunque gestire questo fattore, attraverso diverse strategie aziendali,

ma molte altre aziende, magari più piccole e meno strutturate, potrebbero essere costrette a riversare l'aumento del costo finale direttamente verso il consumatore. Se pensiamo a quante volte interagiamo con prodotti plastici durante la giornata, e quanto questi facciano parte delle nostre abitudini d'acquisto, possiamo percepire chiaramente la possibile minaccia economica innescabile dalla plastica.

L'intero panorama industriale, in uno scenario nel quale il costo di produzione dei polimeri sarà così elevato, sarà quindi costretto a valutare di adottare pratiche di riutilizzo dei polimeri preesistenti, per mantenere la sostenibilità economica dei processi. Per fare ciò, le aziende dovranno quindi essere pronte a riconvertire i polimeri di scarto in risorse con un valore, con il supporto di un modello organizzativo che permetta ai flussi di scorrere in maniera fluida all'interno di un sistema circolare.

Da questi ragionamenti, nasce dunque la missione principale del progetto di tesi: definire un nuovo modello organizzativo in grado di abilitare la generazione di valore dallo scarto plastico, attraverso l'utilizzo della disciplina sistemica. Definito l'obiettivo principale, si è successivamente ricercata un'azienda con cui collaborare, al fine di proporre una ricerca strutturata su riferimenti reali e situazioni concrete, trovando nel Gruppo Cornaglia una destinazione ideale e molto stimolante.

## **INTRODUZIONE AL CONTENUTO DELLA TESI**

Definita la missione finale e l'area d'azione, si è proceduto alla stesura del nuovo modello sistemico, riportando tutte le operazioni attuate per convertire l'attuale sistema produttivo della Cornaglia ed ottenere una configurazione circolare, in grado di generare valore dallo scarto plastico. Per fare ciò, il modello descritto nella tesi si divide in tre parti principali: l'acquisizione delle conoscenze, l'analisi sistemica dell'azienda e la proposta delle azioni pratiche per rispondere alle esigenze di sistema.

Il primo capitolo è dedicato alla ricerca delle conoscenze e degli strumenti con cui affrontare il percorso, cercando di definire i principi metodologici necessari a rispondere alle condizioni di sistema, con il giusto approccio progettuale. Sulla base della ricerca effettuata nel primo capitolo, si è rivelato necessario lavorare attraverso un giusto metodo collaborativo e cognitivo, entrando in sintonia con l'azienda e con i settori di produzione, ma guardando anche a come questi si relazionano con il mondo esterno.

Il secondo capitolo riguarda l'analisi olistica effettuata sull'organismo industriale della Cornaglia, nel quale si sono monitorati i flussi presenti e si sono riportate le problematiche principali; in particolare quelle relative alle attività di conversione. Identificate le esigenze strutturali del sistema, si sono ricercati i requisiti organizzativi necessari al processo produttivo per generare in modo efficace valore dallo scarto, attraverso l'adozione di soluzioni pratiche e di una nuova configurazione del sistema aziendale.

Nel terzo e quarto capitolo, si sono approfondite le soluzioni pratiche in grado di valorizzare i benefici forniti dal nuovo modello, rispettando parallelamente i requisiti funzionali al raggiungimento dell'obiettivo finale. Le soluzioni si concentrano sulla proposta di una nuova tipologia di materiale, originato dall'integrazione dello scarto plastico della Cornaglia con fondi di caffè appartenenti alla categoria dei rifiuti solidi urbani. Al fine di valorizzare le potenzialità offerte dal nuovo materiale, e per mantenere le adeguate condizioni di sistema, si sono in ultimo proposte delle possibili categorie di prodotto, nel quale il materiale proposto potrebbe evolvere le prestazioni di base, garantendo un valore aggiunto fornito dal processo di produzione sistemica.

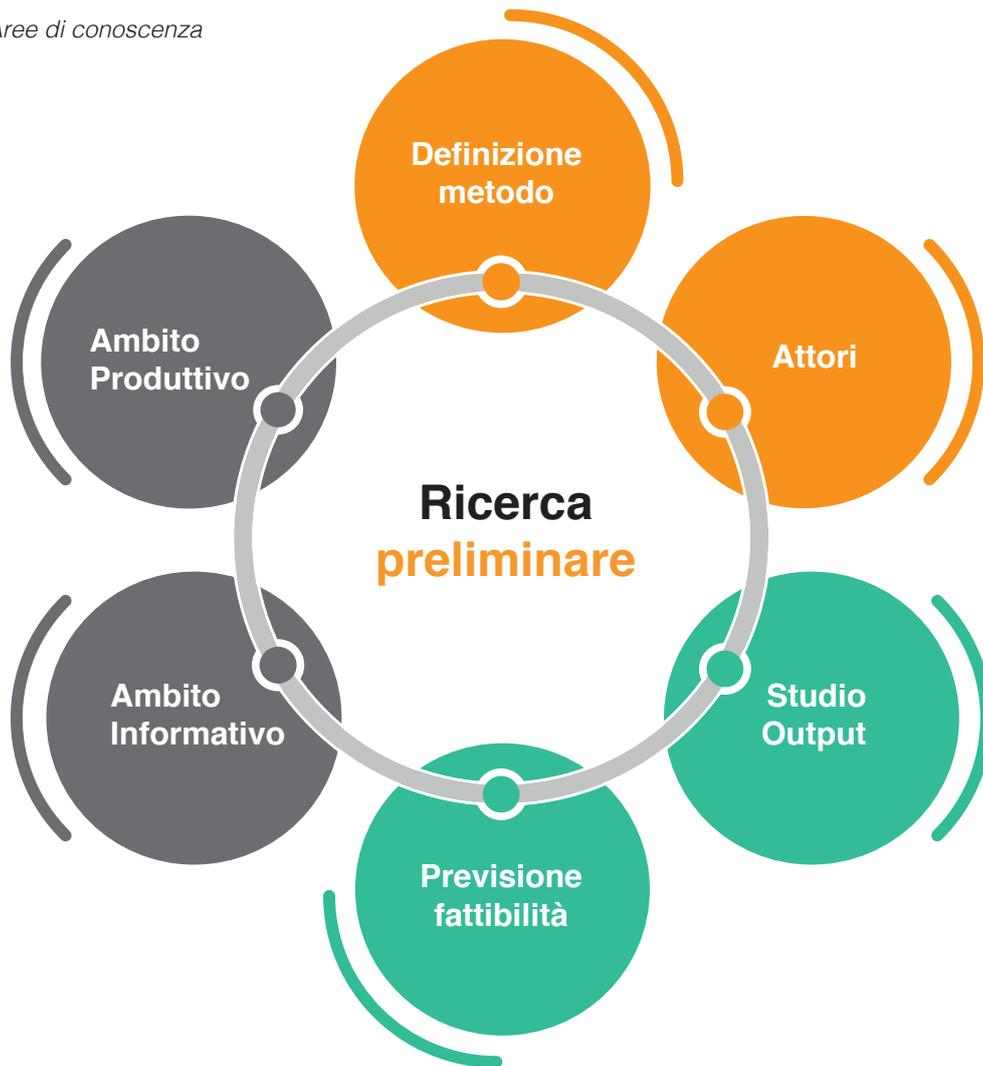
Nel quinto capitolo sono state infine riportate le conclusioni di questo percorso, nel quale sono state approfondite le possibili implicazioni che il modello proposto potrebbe causare sul settore industriale della Cornaglia.

La trasformazione dello scarto in una risorsa di valore, per quanto più vicino alle pratiche sistemiche di dimensioni medio-piccolo, vedrà negli anni successivi un notevole aumento di interesse. Perciò, quello che il modello proposto in questa tesi si propone di fornire, non è la definizione di una linea operativa standard, utile per convertire qualsiasi processo industriale, ma bensì un bagaglio di strumenti e conoscenze, necessario per trasformare "su misura" i processi produttivi di un'azienda, sulla base delle diverse esigenze del processo. Per comprendere al meglio le modalità ed i principi alla base del modello, durante il percorso, mentre si presenteranno le componenti del sistema della Cornaglia, si descriveranno anche le motivazioni dietro tali scelte, insieme alle informazioni per il quale queste risultano utili al raggiungimento dell'obiettivo finale, specifico per la Cornaglia. In conclusione, la tesi vuole quindi fornire un modello di conversione circolare flessibile, incentrato sull'organizzazione dei flussi e delle competenze, ed adattabile a numerosi altri settori industriali, con dimensioni e aree di competenza anche diverse da quelle prese in esame in questa tesi.



## CAPITOLO 1: LITERATURE REVIEW E DESCRIZIONE DEL CORE BUSINESS DI PROGETTO.

Figura 1\_ Aree di conoscenza



## 1) ORIGINI E MODELLI DI COLLABORAZIONE SISTEMICA TRA GLI ATTORI DI PROGETTO.

Il fine che si vuole raggiungere con questa tesi non è un risultato progettuale, nel senso più stretto del termine, ma bensì un metodo, un modello, una nuova serie di strumenti con cui progettare attraverso la visione sistemica. La progettazione sistemica, integrata nel business case di strumenti necessari all'implementazione di una nuova economia circolare, ha visto negli ultimi anni un incremento notevole delle sue attività. La costante diminuzione di risorse prime, il continuo adattamento delle aziende verso strategie di ottimizzazione e la crescente consapevolezza delle persone verso le conseguenze dei progetti, garantiscono alla progettazione sistemica un ruolo importante nell'industria moderna.

Esiste ancora una notevole distanza tra la teoria e la pratica, tra quello che viene fornito come insegnamento teorico e quello che viene poi applicato nei processi industriali. Il problema, che coinvolge Università e Industria, è principalmente l'impossibilità di rendere la teoria accademica sostenibile per gli attori industriali, a causa del grande distacco concettuale che separa gli obiettivi delle due parti. Spesso, la disciplina sistemica incontra dei vincoli del settore industriale dal quale non può muoversi oltre, visti come "limiti universali" della disciplina, troppo legati al mondo industriale per essere toccati dalla realtà accademica. Dall'altra parte, il mondo industriale vede nel Design Sistemico un'utilità importante, ma solo strettamente legata all'ottimizzazione costi; il Design Sistemico è attualmente visto dalla maggioranza dell'industria italiana come un "cerotto", da applicare a valle della produzione, quando la progettazione industriale classica genera un surplus di scarto o quando si deve ottimizzare un dato processo. Nella realtà industriale, i modelli e le metodologie con il quale vengono pensati e realizzati i prodotti finali appartengono ancora a scuole di progettazione "lineari", impegnate esclusivamente nella trasformazione di materia prima in prodotti finiti, soprattutto per quanto riguarda la categoria di prodotti ingegneristici che andremo a discutere in questa tesi.

Il divario creatosi tra queste due realtà è da attribuire ai tempi di sviluppo e distribuzione delle informazioni, nonché alla loro velocità di trasmissione. Il mondo accademico, più snello e meno soggetto a vincoli di processo, è naturalmente più "veloce" del mondo industriale, forse anche troppo; non curandosi a volte di problematiche che risultano banali per la progettazione, ma vitali per il processo operativo. La soluzione che ci auspichiamo di fornire con il modello di studio in questione è una nuova sincronizzazione delle attività progettuali, un nuovo punto di partenza condiviso tra Università ed Industria, che riesca a rispettare i tempi fisiologici dei due organismi, mantenendo costantemente attivo un flusso di informazioni utile alla realizzazione di un prodotto finale sistemico.

## 1.1) LA COLLABORAZIONE ACCADEMICO- INDUSTRIALE.

La collaborazione tra università e industria dovrebbe essere sempre più percepita come un veicolo per potenziare l'innovazione progettuale attraverso lo scambio di conoscenze. Ciò è evidenziato da un significativo aumento dell'attenzione verso l'argomento da parte di diverse prospettive, quelle dell'industria e quelle del mondo accademico. Tuttavia, questo insieme di conoscenze risulta oggi ancora frammentato e carente di un'efficiente visione d'insieme, in grado di concretizzare le collaborazioni industriali- accademiche in un sistema consolidato e fluido. A correzione di ciò si sono già avanzate ipotesi di azioni concrete da parte delle istituzioni competenti, costrette ad ampliare le proprie reti collaborative, anche a causa del contesto di crescente concorrenza internazionale e dei rapidi cambiamenti tecnologici. Numerosi gruppi industriali, come il gruppo Cornaglia, stanno iniziando attivamente ad incoraggiare le collaborazioni tra università e industria come mezzo per migliorare l'efficienza dell'innovazione all'interno del proprio processo produttivo e organizzativo, ma anche per permettere l'implementazione, nella realtà accademica, delle conoscenze e delle possibilità offerte dall'industria.

Una questione importante per la concretizzazione di un sistema collaborativo è il funzionamento dell'interfaccia comunicativa posta tra università e industria, che dev'essere finalizzata a garantire una rapida fruibilità delle scoperte accademiche da parte del settore industriale, e viceversa garantire la fruizione delle strumentazioni produttive per prototipazioni e nuove ricerche universitarie.<sup>[1]</sup> Questa collaborazione potrebbe potenzialmente essere la chiave per un nuovo scenario produttivo nazionale; le università potrebbero infatti offrire ampio accesso a una eterogenea varietà di competenze innovative e infrastrutture di ricerca, mentre l'industria potrebbe mettere a disposizione una vasta gamma di competenze nello sviluppo di prodotti e nella loro commercializzazione, conoscenza del mercato e opportunità di lavoro.

La mancanza di centri di ricerca interna in alcuni settori dell'industria è un'altro chiaro fattore che evidenzia come la collaborazione con le università e i centri di ricerca accademici sia necessaria per innovare lo scenario industriale, attualmente impossibilitato a sviluppare studi ed analisi finalizzate in modo specifico agli obiettivi dell'azienda. L'attuale scenario industriale Piemontese mostra chiaramente come solo una minoranza delle compagnie vengano supportate da un centro di ricerca interno, le restanti vengono inserite in un sistema minoritario che sviluppa la propria ricerca a seguito delle ricerche sviluppate da compagnie più grandi. In questo senso, la collaborazione con le università riduce i rischi e allunga le risorse limitate delle aziende, come quelle umane o di capitale, incrementando l'accesso alle reti di ricerca e coinvolgendo altre università o aziende. Ciò consentirebbe alle aziende di recuperare i costi di sviluppo in modo più rapido e l'impatto di uno specifico

<sup>1</sup> S. Ankrah a , O. AL-Tabbaa, "Universities–industry collaboration: A systematic review", 2015

prodotto sarebbe sicuramente maggiormente distribuito. Sviluppare concretamente un sistema di collaborazione sistemico garantirebbe molti vantaggi per le università e per gli studenti, tra cui l'accesso a competenze complementari, l'accesso a stage estivi, assunzioni o a finanziamenti per la ricerca.

Alcuni ricercatori come Siegel e Waldman hanno dichiarato che i membri della facoltà possono essere motivati da un guadagno finanziario personale ad entrare in rapporti con l'industria.[1] La teoria della collaborazione, in generale, prescrive il rapporto interorganizzativo come una strategia che può essere adottata quando l'ambiente diventa seriamente instabile, come quello sviluppatosi recentemente dopo le complicazioni originarie dal Coronavirus. Le organizzazioni sono motivate dalla contingenza della stabilità attuale ad entrare in collaborazione con organizzazioni più stabili dal punto di vista conoscitivo e organizzativo, per rispondere all'incertezza ambientale e raggiungere la prevedibilità e la stabilità necessaria.



Figura 2\_ Sistema di collaborazione

1\_ S. Ankrah a , O. AL-Tabbaa, "Universities–industry collaboration: A systematic review", 2015

Le motivazioni relative al desiderio di stabilità includono in particolar modo il passaggio all'odierna economia basata sulla commercializzazione della conoscenza, che porterà il sistema collaborativo tra industria ed università a passare dalla sponsorizzazione alla partnership vera e propria. [2] In particolare, lo sviluppo di un know-how sempre più innovativo e sperimentale ha posto enormi pressioni sulle risorse delle singole università, rendendo necessaria la creazione di alleanze con l'industria, per rimanere all'avanguardia in tutte le aree tematiche sul quale si effettua ricerca. Un secondario, ma importante traguardo per le università sarebbe quello di riuscire ad esporre efficacemente gli accademici e gli studenti agli ambienti industriali, alle intuizioni più aggiornate della ricerca industriale, ai casi studio aziendali e ai problemi pratici, permettendo tale esplorazione attraverso la progettazione di soluzioni pertinenti. Tutti questi elementi potrebbero contribuire allo sviluppo del curriculum e potrebbero davvero migliorare la qualità dell'apprendimento e dell'insegnamento della disciplina progettuale. Per quanto riportato sopra, i dipartimenti universitari dovrebbero considerare questi legami come un terreno fertile per sviluppare e testare le teorie, affinare le loro competenze, formare e collocare i loro studenti.

La creazione di un sistema collaborativo, attraverso la partecipazione di università, studenti e aziende, non riguarderebbe solo i principali attori del sistema, ma contribuirebbe anche a migliorare lo scenario globale nel quale si svolgono le attività. Negli ultimi anni le nazioni e i governi sono stati infatti costretti a dei rapidi cambiamenti globali riguardo la salvaguardia dell'ambiente innescati dal contesto culturale e sociale, affrontando un flusso dinamico di cambiamento causato dalla maggiore consapevolezza, da parte degli utenti, degli impatti causati dal sistema produttivo industriale sull'ambiente. Un importante fattore di questo cambiamento è stato proprio innescato dal mondo accademico, attraverso la pubblicazione di articoli scientifici di denuncia del sistema produttivo su riviste scientifiche. Lo sforzo comunicativo delle realtà universitarie e accademiche si è rivelato efficace, in quanto la produzione di informazioni accessibili al pubblico ha sottolineato la missione originale delle università nella diffusione di conoscenza verso la comunità circostante. Seguendo questo percorso di rinnovamento culturale, le aziende hanno iniziato ad intraprendere azioni a sostegno delle interazioni di ricerca, con tutti gli attori del sistema e della filiera produttiva, in quanto si è ritenuto di primaria importanza che il traguardo conoscitivo contribuisca alla rigenerazione economica non solo delle compagnia industriale, ma anche dello scenario ambientale e di tutti gli attori locali, legati attraverso rapporti di partnership e di collaborazione indiretta.

2\_ D. Boddy, D. Macbeth, B. Wagner, "implementing Collaboration Between Organizations", 2000

## 1.2) LA COLLABORAZIONE INDUSTRIALE SUL MODELLO DEL PLASTIC PACT.

Con un approccio esplicitamente sistemico e collaborativo, il modello con il quale si intende affrontare questo progetto mira a superare i limiti degli attuali miglioramenti incrementali forniti dalle iniziative sistemiche frammentate, molte delle quali concentrate esclusivamente sulle soluzioni per la gestione a valle della produzione. L'obiettivo principale dell'approccio, con il quale si intende sviluppare il modello, è quello di creare un senso di direzione condiviso da tutti gli attori del sistema e di innescare un'ondata di azione e di innovazione, per avviare il mondo industriale verso un percorso di miglioramento circolare, in cui lo scarto non è più considerato come un elemento di spreco ma come una risorsa piena di valore.

L'iniziativa che si ha intenzione di prendere come esempio, e dalla quale si sono estrapolate alcune linee guida utili ad affrontare il progetto con Cornaglia, è stato il primo "Patto Europeo delle Plastiche", incontro svoltosi a Bruxelles nel 2017, in cui vennero riuniti i governi e le imprese dello Spazio Economico Europeo per lavorare a una visione comunitaria riguardante una nuova economia circolare per la plastica. All'interno del sistema collaborativo fu presente un variegato gruppo di organizzazioni, tra cui aziende globali di beni di consumo, rivenditori, produttori di imballaggi e produttori di plastica, insieme alle imprese coinvolte nella raccolta, selezione e ritrattamento. Fecero parte dell'iniziativa anche un comitato consultivo misto filantropico-business, che contribuì a garantire l'inclusione di un'ampia serie di prospettive sociali, ambientali e commerciali all'interno di temi legati prevalentemente al mondo produttivo- industriale. [3]

Il "Patto Europeo Delle Materie Plastiche" fu composto da 15 governi e 66 aziende, venne avviato dal Ministero francese per la transizione ecologica e solidale, dal Ministero olandese per le infrastrutture e la gestione delle acque e dal Ministero danese per l'ambiente e l'alimentazione, in consultazione con più di 80 organizzazioni di tutta Europa e con il sostegno del WRAP (Wellness Recovery Action Plan).[3]

Le linee guida fornite dal concilio incontratosi a Bruxelles furono un'ottimo punto di partenza per veicolare le scelte progettuali verso una direzione realistica, condivisa dal panorama industriale europeo fino al 2025. Le linee guida riportate coinvolgono tutte le aziende del settore plastico e possono essere condivise dalla quasi totalità delle produzioni, dall'automotive production alla produzione di packaging.

I nuovi obiettivi del settore plastico sono:

- Rendere tutti gli imballaggi in plastica e i prodotti in plastica riutilizzabili, ove

3\_ <https://europeanplasticspact.org>

possibile, e in tutti i casi riciclabili.

- Ridurre il fabbisogno di prodotti e imballaggi in plastica vergine di almeno il 20%.
- Aumentare di almeno 25 punti percentuali la capacità di raccolta, selezione e riciclaggio/riuso di tutte le plastiche utilizzate negli imballaggi e nei prodotti nei paesi partecipanti.
- Aumentare il più possibile l'uso di plastica riciclata, con una media di almeno il 30% di plastica riciclata su prodotti e imballaggi in plastica. [3]

A tali necessità venne corrisposto un chiaro approccio etico da seguire, per un mutuo raggiungimento degli obiettivi prefissati. Durante la collaborazione si è condivisa la necessità di:

- Cooperare lungo la catena del valore su scala locale e globale, per promuovere lo sviluppo di tecniche e approcci più intelligenti.
- Armonizzare le linee guida, le norme e i quadri di sostegno nazionali e locali.
- Connettersi per condividere le migliori pratiche e le lezioni apprese.[4]

Così si è espresso il ministro Olandese per l'ambiente riguardo la necessità di implementare questo modello produttivo all'interno dei processi industriali plastici:

*“È tempo di cambiare il gioco. Se vogliamo affrontare il cambiamento climatico, dobbiamo guardare oltre l'energia e guardare ai materiali. Dobbiamo iniziare a trattare la plastica come la preziosa materia prima che è e tenerla fuori dai nostri oceani. Ci sforziamo di riutilizzare tutta la plastica in futuro. Dall'involucro quotidiano della barretta di cioccolato alla bottiglia dello shampoo e tutto ciò che sta in mezzo. Non è un compito facile. Abbiamo bisogno che l'industria chimica sviluppi plastica facilmente riciclabile. Abbiamo bisogno di una maggiore capacità di riciclaggio e di un nuovo design di prodotto. Sono orgoglioso che oggi, con tutti questi precursori, stiamo mettendo insieme i nostri sforzi per far funzionare tutto questo”. [4.1]*

4\_ Elen Macarthur Foundation, “Activities: New plastic economy report”, 2017

4.1\_ Stientje van Veldhoven, Dutch Minister for Environment and Housing, 2019

## **2) INTRODUZIONE AL GRUPPO CORNAGLIA ED AI PARTNER AZIENDALI.**

Questo modello di studio, supportato dalla visione sistemica, si propone di collaborare con diverse aziende, per rendere concretizzabile la progettazione di un prodotto ma ,soprattutto, per capire cosa significa integrare la progettazione sistemica in un network di attori industriali già operativo. Per capire come implementare correttamente un modello progettuale all'interno di un'azienda, bisogna prima conoscerla, comprenderne la storia e la "modalità pensante", riuscendo in questo modo a proporre soluzioni efficaci, in sintonia con le necessità "personali" dell'azienda. In questo senso, come suggerito dai principi olistici , si è approfondita la ricerca per ottenere informazioni riguardanti organismo aziendale anche in rapporto al suo contesto di "vita", monitorando come questo abbia interagito con il tempo e con la realtà economica-territoriale che lo circondava, con il periodo storico e con i grandi avvenimenti del mondo.

### **2.1) GRUPPO CORNAGLIA.**

La storia di Cornaglia iniziò il 16 novembre 1916, quando il trentanovenne Giuseppe Cornaglia, nato a Fossano e trasferitosi a Torino dieci anni prima, divenne socio delle Officine Metallurgiche Giletta. L'azienda fu inizialmente impegnata nella lavorazione e nel commercio della lamiera, ed il suo unico stabilimento prendeva posizione in Corso Regina Margherita: la collaborazione di Cornaglia con Giletta fu il primo passo di una storia secolare. Nel 1921 un grave incendio distrusse lo stabilimento di Torino, in corso Regina Margherita, e la fabbrica fu costretta a spostarsi verso Corso Racconigi. Negli anni '20 e '30 il ruolo di Giuseppe Cornaglia all'interno dell'azienda divenne sempre più importante finchè nel 1937 Giuseppe Cornaglia rilevò la proprietà e si preparò a introdurre in azienda il figlio Pier Antonio, all'epoca appena sedicenne. [5]

Ma che dire dello scenario economico degli anni Venti e Trenta del settore metallurgico italiano? Come si è sviluppata l'ascesa industriale del gruppo Cornaglia nei suoi primi anni?

Ciò che è stato vero per il 1916 fu vero anche per la metà degli anni Venti: l'Italia era un paese nella media per quanto riguardava lo sviluppo industriale, secondo i dati della Società delle Nazioni, l'Italia si collocava o al 9° posto su 20 Paesi, o all'8° posto su 16 Paesi, nella classificazione presentata da Liepmann nel 1938.

5\_ <http://www.cornagliagroup.com/index.php/history>



Figura 3\_ Stabilimento Corso Racconigi (1930) \_Database Cornaglia

All'interno dell'industria, la siderurgia e la metallurgia furono due grandi vincitrici, con un tasso di produzione effettivo del 74,2% all'interno del panorama nazionale; considerando che il tasso di produzione effettivo di cui hanno goduto i promettenti settori dell'ingegneria e della chimica fu molto più modesto con l'8,2% ed il 17,9%. Le scelte fatte dalle grandi figure industriali dell'epoca furono giustificate dal potere politico dei proprietari terrieri, che spesso possedevano anche le proprietà industriali, e al nascente complesso industriale per le attività militari, che pose le basi per una strategia di industrializzazione profondamente radicata nello scenario italiano e piemontese.<sup>[6]</sup> D'altra parte, l'Italia non era certo l'unica ad adeguare la propria politica industriale agli interessi dei proprietari terrieri, o a preoccuparsi della propria sicurezza militare. Negli anni Venti e Trenta, molti attori di spicco dell'industria siderurgica utilizzarono ancora una volta la politica come un modo per ottenere sostegno per la loro visione di un modello di business in cui l'Italia avrebbe sviluppato le proprie alternative a un'economia internazionale competitiva e aperta. Il sistema produttivo sottolineò l'incombente necessità di sviluppare un percorso su più larga scala del grande settore siderurgico e metallurgico, ignorando le problematiche relative alla scarsità di risorse.

All'inizio degli anni '30, le potenze industriali metallurgiche gestirono il passaggio del sistema politico dal liberalismo al fascismo con la stessa sicurezza e fiducia con cui avrebbero gestito la transizione in direzione opposta negli anni Quaranta. L'ideologia dello Stato contava meno di una filosofia di sviluppo economica di una singola regione. Oscar Sinigaglia, il brillante tecnocrate che ebbe un ruolo centrale nello sviluppo del settore statale e che divenne poi direttore della holding siderurgica statale Finsider, prima di essere spodestato all'indomani della legge razziale del

6\_ Harold James, Kevin O'Rourke, "Italy and the First Age of Globalization, 1861-1940", 2011.

1938, si riferì in seguito alla lentezza dell'adozione di un modello collaborativo nazionale dell'industria come il caratteristico "problema italiano". A metà degli anni '30, la grande industria siderurgica e metallurgica statale sembrava essere in concorrenza a condizioni sfavorevoli con i produttori privati. Sinigaglia progettò degli schemi per l'autarchia dietro i quali si poté realizzare l'idea del "ciclo completo": un'adeguata produzione nazionale di acciaio in grado di fornire la base per una costante crescita del settore metallurgico nazionale. [6]

Il piano per lo sviluppo nazionale del settore metallurgico, realizzato a inizio decennio, intaccò positivamente lo sviluppo di Cornaglia. Dai documenti dell'epoca, nel 1937, le officine metalmeccaniche di Giuseppe Cornaglia contavano già l'assunzione di almeno 90 operai. A soli 17 anni Pier Antonio Cornaglia iniziò gli studi al Politecnico di Torino ed iniziò un percorso accademico finalizzato a riportare la conoscenza universitaria all'interno dell'azienda di famiglia. Il 1° giugno 1940 l'Italia entrò in guerra e due anni dopo, il ventunenne Pier Antonio Cornaglia partì per il fronte russo come volontario dell'ARMIR (8° Esercito Italiano in Russia, Campagna di Russia), come sottotenente. Nel frattempo il conflitto non salvò l'incolumità della ditta Cornaglia, le cui fabbriche vennero pesantemente bombardate tra il 1943 e il 1945, fermando la produzione e le attività organizzative. Negli anni subito successivi, con grande determinazione, e con il sostegno finanziario dei fondi del Piano Marshall, Pier Antonio Cornaglia fu in grado di far ripartire l'azienda, e il 9 marzo 1953 gli stabilimenti presero ufficialmente il nome di: Officine Metallurgiche G. Cornaglia. Sfortunatamente il suo fondatore, il Cavalier Giuseppe Cornaglia, morì il 16 luglio dell'anno successivo. Pier Antonio raccolse l'eredità del padre, aggiungendo una visione manageriale moderna e all'avanguardia figlia del percorso accademico, rivelandosi un imprenditore da grandi intuizioni innovative, per fare un esempio negli anni '50 frequentò i corsi IPSOA per il miglioramento del management, in un periodo in cui l'approccio manageriale non era così diffuso e sviluppato. La gente si rende conto di vivere in un periodo di crescita, anche l'azienda Cornaglia cresce. Nel 1961 venne costruito lo stabilimento di Beinasco e nel 1967 viene fondata la Cortubi. Il nuovo marchio di impianti di scarico per auto e camion riflesse la necessità di diversificazione dell'azienda, che sempre in questo decennio comincia a guardare al mercato estero. [5]

Dobbiamo considerare come lo scenario, intercorso tra la fine della guerra ed il boom industriale, che ha portato Cornaglia verso una posizione di forza nel settore metallurgico dell'economia industriale italiana contemporanea, sia stato piuttosto particolare. All'inizio degli anni Sessanta, l'Italia completò la trasformazione del dopoguerra da paese prevalentemente agricolo e relativamente povero in uno dei più avanzati del mondo dal punto di vista economico e sociale. Le persone si resero subito conto di vivere in un periodo di crescita unico in cui anche l'azienda Cornaglia aumentò notevolmente nei volumi di produzione e di collaborazione. Nel 1961 venne costruito lo stabilimento di Beinasco e nel 1967 venne fondata

5\_ <http://www.cornagliagroup.com/index.php/history>

la Cortubi, Il nuovo marchio di impianti di scarico, e sempre in questo decennio si cominciarono a muovere le prime attenzioni verso il mercato estero. Uno dei fattori statali che contribuì maggiormente alla crescita industriale di Cornaglia dal dopoguerra in poi fu anche il progressivo abbandono, da parte dello stato, dei controlli fiscali ed organizzativi che esistevano sotto il regime fascista, rendendo possibile l'approvazione del programma di "ricostruzione" del 1945-47, proposto all'unanimità da tutti i partiti. I livelli di produzione industriale dell'anteguerra furono riconquistati nel 1948, e la produzione per la guerra di Corea, avvenuta nel 1950-53, fornì un ulteriore stimolo alla crescita dell'industria del metallo. [7] L'Italia si integrò pienamente nel commercio europeo e prese parte sempre più attivamente all'esplorazione petrolifera e allo sviluppo ingegneristico del Medio Oriente. Fino al 1964, ed in particolare negli anni del boom del 1958-63, il paese fu testimone di un vero e proprio "miracolo economico", con tassi di crescita industriale di oltre l'8% all'anno.[7] Le sue industrie più importanti, sempre nel triangolo industriale nord-occidentale, aumentarono la produzione nei settori dell'abbigliamento, delle macchine da scrivere, della plastica e delle fibre artificiali, ma soprattutto delle automobili, dalle economiche Fiat alle marche di lusso come Maserati, Lamborghini e Alfa Romeo. In meno di vent'anni il Paese si trasformò da un bacino idrico in gran parte agricolo in una delle nazioni industriali più dinamiche del mondo. Un ulteriore motivo dello sviluppo industriale fu da ricercare nella successiva disponibilità di una valuta stabile, dal 1948 in poi, e dell'accesso a basso costo dell'Italia alle materie prime, in particolare al petrolio mediorientale. La dinamica politica di Enrico Mattei, presidente dell'ENI (Ente Nazionale Idrocarburi, il gruppo statale per l'energia), fu fondamentale per questo sviluppo. La società petrolifera AGIP (Azienda Generale Italiana Petroli), divenuta una divisione dell'ENI nel 1953, scoprì il gas naturale nella Pianura Padana e lo vendette a basso prezzo all'industria. Per ultimo, altri fattori laterali che contribuirono alla crescita industriale furono da associare al lavoro poco costoso, effettuato da lavoratori migrati dalle città rurali, ai sindacati deboli e politicamente divisi fino alla fine degli anni '60 e alle agenzie di regolamentazione, ancora più deboli e non in grado di riscuotere efficacemente le trattenute fiscali.[7]

Con l'avvento del decennio che intercorse tra il 1970 ed il 1980, si poté assistere alla nascita di una nuova generazione di Cornaglia. Pier Mario, laureato in ingegneria, entrato in azienda prima e poi il fratello Umberto, laureato in scienze finanziarie, inseritosi poco dopo. Due personalità forti, con ruoli e approcci gestionali diversi: legato al settore tecnico e produttivo il primo, più orientato al settore amministrativo-finanziario il secondo, ma entrambi determinati nella crescita dell'azienda di famiglia. Nel 1975 venne fondata la società Alcom, incorporata in Cortubi con la produzione di silenziosi per autocarri, trattori e altre macchine. La fondazione di Cortubi permise l'acquisizione di clienti al di fuori dell'industria automobilistica, mentre con la fondazione nel 1978 del Centro Ricerche Brassicarda, Cornaglia dimostrò una visione innovatrice orientata anche allo sviluppo di processi produttivi integrati e alle tecnologie più avanzate. A complicare il quadro intervennero fattori del tutto

7\_ <https://www.britannica.com/place/Italy/The-economic-miracle>

inaspettati e legati alla prima crisi energetica avvenuta nel 1973, chiamata anche “Primo shock petrolifero”, principale causa dell’aumento continuo dei prezzi del carburante. Il costo del petrolio passò dai due dollari al barile dei primi anni Settanta ai quaranta dollari al barile alla fine del decennio. La produzione mondiale legata al settore dell’automotive inevitabilmente si contrasse, i paesi industrializzati che dipendevano dall’importazione di petrolio per il funzionamento delle loro fabbriche e per i loro consumi di massa furono costretti a iniziare una politica di risparmio energetico e limitazione della produzione. Fu però la seconda crisi petrolifera del 1979 a imprimere un nuovo indirizzo all’organizzazione del lavoro, orientando le aziende verso una generalizzata riduzione dei volumi di produzione dei singoli modelli, a favore di un maggior frazionamento dell’offerta, in piena contraddizione con uno dei principi base della produzione di massa: l’aumento dei volumi produttivi. Si passò così, in tutti i settori produttivi in generale, alla produzione in stretta funzione della richiesta del mercato, all’azzeramento dei magazzini, ad una maggiore flessibilità nella suddivisione delle mansioni all’interno delle officine, con l’allestimento di linee di lavoro costituite da postazioni fisse nelle quali vengono svolte operazioni di montaggio diverse, generalmente più articolate e meno schematiche e ripetitive. Si iniziò a parlare di decentramento produttivo, metodo utilizzato dalle grandi imprese in difficoltà nella realizzazione in tale contesto di economie di scale, e di delocalizzazione del lavoro, poiché le imprese iniziarono a trasferire alcune fasi del loro processo produttivo, o l’intero processo, in paesi dove erano presenti condizioni favorevoli dal punto di vista economico-organizzativo. [8]

La crisi delle auto richiese a Cornaglia nuovi sforzi di differenziazione. Una svolta per l’azienda fu l’ingresso nel settore delle materie plastiche, attuato a metà degli anni ‘80 con l’acquisizione di Nalin e la nascita della società AC Rotomode. Parallelamente l’azienda entrò anche nell’”After Market”, con una linea completa di frizioni automobilistiche orientate all’esportazione internazionale. Nel 2001 fu completato il piano di razionalizzazione delle fabbriche, fortemente voluto da Umberto, con la creazione ufficiale della “Divisione Plastica” nello stabilimento di Villarbasse, nel quale vennero installati tre sistemi di stampaggio rotazionale. La strategia di Cornaglia, intanto, con l’impulso dell’ingegnere Pier Mario, raggiunse traguardi mondiali tra il 1990 e il 2000, anni nel quale nacquero i primi stabilimenti all’estero. Nel 1998 venne fondato lo stabilimento polacco, nel quale veniva effettuato il montaggio delle lamiere ed i serbatoi dei motori per la Fiat Uno, aumentando la produzione originaria di almeno 800.000 unità. Nel 2000 fu la volta della Romania, dove Cornaglia acquistò un piccolo stabilimento, fornitore di marmitte per la Dacia che, all’epoca, era di proprietà della Renault. L’intuizione commerciale avuta in quel periodo si rivelò un successo: lo stabilimento rumeno aumentò la produzione fino a 300.000 unità in più all’anno.

Nel 2007 il gruppo arrivò in India, grazie alla joint venture con Lumax, rafforzando sempre più l’importanza nel settore della plastica. Sempre nel 2007 fu effettuato

*8\_ G. Valente, “L’incidenza del settore Automotive nell’economia italiana.”, 2018-2019.*

l'acquisto di uno stabilimento in provincia di Genova di proprietà di Federal Mogul per la produzione di filtri: nacquero così i Filtri Cor. [5]

Nell'ultimo decennio si proseguì il processo di globalizzazione dell'azienda, con la creazione di unità produttive e di partnership in vari paesi del mondo. Nell'esplorazione dei nuovi mercati fu fondamentale l'apporto di energia da parte della quarta generazione di Cornaglia, con i giovani Tommaso e Pier Antonio che si occuparono di ampliare l'orizzonte europeo e mondiale. Da qui, il Cornaglia Group iniziò ad operare in Turchia nel 2010, in Canada nel 2013 con ABC, in Brasile nel 2015 con NGC, mantenendo invariata l'attenzione verso la realtà industriale italiana.



Figura 4: Stabilimento Villarbasse\_Database Cornaglia





Foto\_ Polina Tankilevitch da Pexels.

### **3) I PROCESSI DEL SISTEMA INDUSTRIALE: LA PRODUZIONE DI PRODOTTI PLASTICI.**

Ora che abbiamo introdotto i protagonisti del modello progettuale, bisogna definire il contesto industriale nel quale questi protagonisti operano, vivono e, in alcuni casi, sopravvivono. Del gruppo Cornaglia, focalizzeremo l'attenzione principalmente verso la realtà della divisione plastica, cercando di definire le principali fasi che esistono all'interno del mondo della produzione termoplastica ed estrapolando uno schema di macro categorie, la cui definizione sarà utile per l'implementazione di una soluzione sistemica efficace. Le principali fasi che la realtà termoplastica deve affrontare, dall'avviamento progetto alla gestione dell'output, sono cinque, e rappresentano i cinque organi vitali dell'industria plastica: Il Management, la lavorazione del materiale grezzo, la produzione dei polimeri, la trasformazione del polimeri in prodotto finito e la gestione del fine vita. La grandezza di un'azienda, in termini di struttura operativa, è definibile da quante di queste fasi riesce ad internare, gestire e controllare all'interno del proprio perimetro d'azione; la totalità delle cinque fasi difficilmente viene raggiunta, spesso intenzionalmente, in favore di strategie di outsourcing per l'ottimizzazione dei costi.

Le cinque fasi, definibili come cinque elementi singoli, possono essere introdotte a partire dal management: ovvero la componente decisionale dell'azienda, in carico di gestire il processo operativo in rapporto ai feedback della catena produttiva e dei clienti. Di questo elemento è importante conoscere i comportamenti e le motivazioni con le quali prende decisioni, al fine di definire i flussi informativi e decisionali che scorrono nel sistema aziendale, la maggior parte dei quali passanti per il management. L'eccessiva percentuale di scarto e il ritmo insostenibile della produzione sono spesso figlie di una mancata cura nella gestione delle informazioni che dallo stabilimento transitano al management e viceversa. Spesso, un management che non mantiene un canale informativo efficace con la produzione prende decisioni strategiche che finiscono per rivelarsi deboli, in continuo aggiustamento, ritrovandosi alla continua ricerca di soluzioni improvvisate per garantire i numeri promessi all'azienda. Il secondo elemento è raramente in pancia alle aziende ed spesso impersonato da aziende esterne, riguarda la trasformazione chimica del greggio nelle componenti di base necessarie per produrre i vari polimeri. Così come per secondo punto, anche per il terzo, la produzione dello specifico polimero, è utile conoscere questi elementi per capire l'azienda che tipo di materiale polimerico tratta, come viene composto ed ottenuto, ma soprattutto quali sono le specifiche tecniche del materiale in entrata ed in uscita dal processo produttivo. Il quarto elemento, ovvero la di fase trasformazione del polimero in prodotto finito, è determinato dalla tecnologia di trasformazione ed è ancora in molti casi il fulcro di tutta la produzione. In questo senso, è necessario delineare il perimetro di tecnologie maggiormente presenti nel settore della produzione termoplastica, al fine di operare decisioni progettuali adattabili ad esse. L'ultima fase, relativa alla gestione dell'output, è anche la più complessa. Data la complessità nella gestione di alcuni prodotti, lo smaltimento della grande maggioranza di scarto interno viene

delegato ad aziende esterne del settore, spesso a causa di decisioni economiche o dalla semplice impossibilità di trasformare quello scarto in un valore. In questa fase, approfondire come si comporta il settore termoplastico ci aiuterà a comprendere i limiti della gestione attuale e le potenzialità per implementarne una migliore in futuro.

Approfondendo il rapporto tra le cinque fasi è chiara la struttura generale del mercato termoplastico, classificabile come una filiera produttiva, al quale manca un solo componente: la progettazione. La mancanza di una chiara definizione della componente progettuale è intenzionalmente voluta. In questa fase la nostra volontà è quella di conoscere i protagonisti del modello, in rapporto all'habitat in cui vivono. Definito in Cornaglia il nostro protagonista principale, in questo secondo paragrafo verranno definite le componenti principali da conoscere per comprenderne lo scenario di appartenenza. Le intenzioni e le azioni progettuali che i protagonisti compiono, saranno stimoli che verranno studiati nel capitolo successivo di definizione del sistema, nel quale la ricerca preliminare lascerà spazio all'analisi della componente progettuale di Cornaglia. In questo momento introdurremo i principali "organi" del mercato termoplastico, con il quale la progettazione sistemica dovrà interfacciarsi.

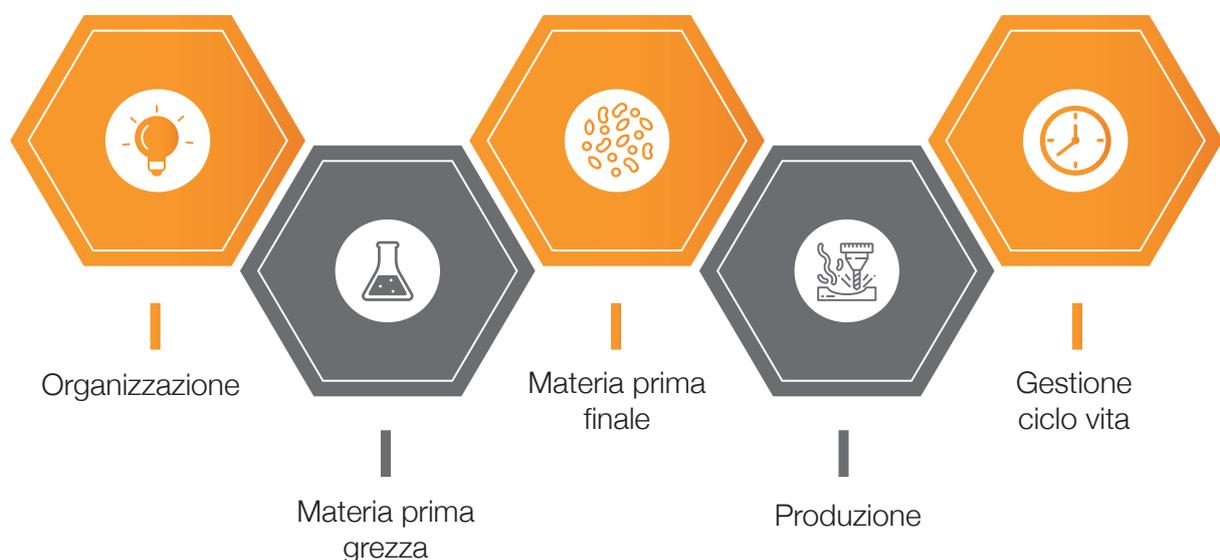


Figura 5: Cinque macro aree della filiera plastica.

### 3.1) MACRO STRUTTURA DELLA FILIERA PRODUTTIVA DEL SETTORE PLASTICO.

La divisione materie plastiche di Cornaglia gestisce una filiera integrata che coinvolge diversi attori dell'area locale e nazionale, la collaborazione tra ogni attore del sistema è necessaria per ottenere una linea produttiva attiva e fluida. Questi attori sono molti, di grandezze e proporzioni diverse, ma possiamo riassumere le loro attività in cinque macroaree di lavoro e gestione:

- Gestione Manageriale del processo: ovvero le componenti dell'azienda, o le aziende esterne, che effettuano la pianificazione strutturale a valle dell'intero processo e curano la gestione degli imprevisti organizzativi.
- Produzione di materiale monomerico grezzo: ovvero le aziende che producono polimeri e materie prime per le successive fasi di lavorazione delle materie plastiche.
- Lavorazione del materiale polimerico: questo segmento comprende le aziende di trasformazione che utilizzano vari processi per ottenere semilavorati o prodotti finiti dal materiale plastico grezzo.
- Produzione del prodotto finale: questo segmento, che fa parte del più ampio settore della meccanica strumentale, è costituito da aziende che utilizzano macchinari, attrezzature ausiliarie e stampi per la lavorazione delle materie plastiche in prodotti commerciabili.
- Fase di gestione output/fine vita: comprende tutti gli operatori che si occupano della gestione del cosiddetto fine vita della plastica, ovvero le aziende che riciclano e rigenerano la plastica, anche pre-consumo, reintroducendo nel ciclo produttivo scarti di plastica rigenerata o riciclata.

Tutte le fasi della filiera sono strettamente interconnesse, esse devono perciò essere considerate anche nel loro insieme e non solo come settori separati; il tutto di un sistema industriale non è infatti la somma delle singole parti del processo.

L'industria delle materie plastiche è anche strutturalmente legata "a monte" all'industria petrolchimica, fondamentale per garantire l'approvvigionamento di materie prime, come i monomeri derivati dalla raffinazione del petrolio e utilizzati per la produzione di materie plastiche, a loro volta utilizzate nei processi di trasformazione. La filiera delle materie plastiche è notevolmente sviluppata in Italia, potendo contare al proprio interno circa 11.000 aziende, il 18% del totale UE-27, coinvolgendo quasi 160.000 dipendenti e creando un fatturato annuo di circa 34 miliardi di euro. [10]

10\_ S. A. Salvi, "Plastica, Tecnologia, Design",

### 3.2) GESTIONE MANAGERIALE DEL PROCESSO: BRAND OWNING.

Nella seconda metà del XX secolo l'evoluzione del contesto competitivo industriale ha profondamente modificato il quadro di riferimento dei rapporti all'interno della filiera produttiva; in precedenza il paradigma dominante era incentrato sulla produzione di massa, lasciando spazio marginale alla cooperazione strategica. Come accennato durante l'analisi storica di Cornaglia, inizialmente il processo manageriale godeva dei vantaggi dell'integrazione verticale e del potere contrattuale, durante lo shock petrolifero degli anni '70 aumentò considerevolmente l'incidenza della logistica e delle materie prime sulla ripartizione dei costi, portando l'attenzione sull'importanza delle attività di ricerca e logistica e verso lo sviluppo di strumenti volti a migliorare l'efficienza del sistema di gestione industriale.<sup>[9]</sup> Questo elemento del sistema industriale circondò ed orchestrò l'aspetto organizzativo dell'ambito produttivo, gestendo decisioni di alto livello riguardo i piani industriali e gli obiettivi futuri dell'azienda.

La gestione del marchio ha quindi iniziato ad assumere un ruolo fondamentale per l'organizzazione interna dell'industria, in particolare per il settore B2B, che è per lo più appartenente al mercato ingegneristico. Nel settore B2B i cambiamenti del marchio possono essere accompagnati da cambiamenti interni o esterni, il semplice cambiamento del direttore marketing può influenzare l'orientamento del prodotto e dell'immagine a esso corrisposta. Oppure, il reparto di sviluppo prodotto potrebbe proporre soluzioni proprie, basate su sperimentazioni progettuali e supportate da piani tecnici, sostenendo la necessità di deviare lo sviluppo del brand verso una direzione diversa. È importante perciò che il brand management, con tutte le risorse organizzative a disposizione, proietti la sua visione sulla lunga distanza, in altre parole, per l'insieme di persone che compongono la sfera decisionale dell'azienda, gli obiettivi a lungo termine devono essere sempre più importanti degli eventi a breve termine. Una corretta gestione dell'organizzazione aziendale potrebbe generare una migliore performance finanziaria per il sistema produttivo industriale, consentendo miglioramenti di performance attraverso due principali metodologie. In primo luogo, la gestione del marchio industriale potrebbe aumentare la percezione da parte dei clienti di una differenziazione significativa nel mercato, o di un valore aggiunto che l'azienda conferisce ai propri prodotti. La differenziazione e il valore aggiunto aumenterebbero la probabilità che il prodotto industriale venga scelto da altre aziende per lo sviluppo del proprio business, riducendo la vulnerabilità ai cambiamenti di prezzo e ad altri comportamenti competitivi del mercato. In secondo luogo, una corretta gestione del brand all'interno della sfera produttiva migliorerebbe il morale interno dei dipendenti e la percezione di un obiettivo o di uno scopo condiviso, migliorando le condizioni organizzative interne ed aumentando l'efficienza operativa.

*9\_ S. Mcdowell Mudanbi, "L'importanza del branding nei mercati industriali", 1998.*

Questi due percorsi di branding aziendali utili per migliorare le prestazioni industriali condividono la stessa strada e si incrociano in molti frangenti. Il riconoscimento delle differenze aziendali da parte dei clienti potrebbe agire per migliorare la motivazione dei dipendenti e questi aspetti potrebbero effettivamente rafforzarsi a vicenda. Un'ulteriore considerazione, ad esame di questi due aspetti, può aiutare a contestualizzare i numerosi benefici attribuiti alla gestione dei valori aziendali da parte della sfera organizzativa. Questi includono la differenziazione e i benefici a valore aggiunto quali la percezione di una maggiore qualità, una maggiore fedeltà al marchio; margini più alti di visibilità e domanda ed una maggiore ricettività alle nuove comunicazioni e ai nuovi messaggi, che potrebbe conseguentemente implementare un nuovo canale comunicativo con i clienti. Una corretta gestione degli obiettivi aziendali innescherebbe anche una serie di vantaggi per l'azienda stessa, vantaggi legati al miglioramento dell'organizzazione industriale interna, come l'implementazione di una piattaforma di visibilità degli obiettivi aziendali, una maggiore potenza nella rete di comunicazione ed una maggiore ricettività alle nuove idee. [9] Una filiera industriale guadagna enormemente credibilità se la sua essenza, la sua identità di base, non è solo pura teoria, ma si basa su fatti e su obiettivi che l'azienda può raggiungere.

Generalmente le aziende che producono beni industriali possono far risalire le loro origini a un singolo fondatore o a un piccolo gruppo di fondatori, e poiché questi fondatori hanno quasi sempre avuto un'idea molto specifica con cui far partire il proprio progetto industriale, il business che riesce a trasportare tale idea durante tutto il suo sviluppo, attraverso una efficace soluzione di continuità, possiede un vantaggio inestimabile. La ricerca dell'essenza di un marchio, utile per intervenire progettualmente in modo adattivo, è essenziale per decifrare gli obiettivi ed i comportamenti alla base dei processi industriali produttivi. Da qui, è chiara la necessità di osservare da vicino la storia dell'azienda, di modo da identificare quell'idea originale ed utilizzarla come concetto base nello sviluppo di una gestione moderna del marchio, con un'applicabilità proiettata su un futuro a lungo termine.

9\_ S. Mcdowell Mudanbi, "L'importanza del branding nei mercati industriali", 1998.

### 3.3) PRODUZIONE DI MATERIALE POLIMERICO GREZZO: ROTTURA E RICOSTRUZIONE

La produzione di materie plastiche in tutto il mondo è cresciuta a ritmi esponenziali a partire dagli anni '50 con un tasso medio dell'8,7%, con solo due interruzioni: durante la crisi petrolifera degli anni '70 e durante la crisi economica e finanziaria del 2008. La produzione mondiale di materie plastiche è cresciuta di quasi 9 volte dagli anni '70, contro 4,5 volte per l'alluminio e 2,5 volte per l'acciaio. [10]

I processi necessari per ottenere il prodotto finale sono diversi e progettati per vari scopi. Esistono processi creati per il trattamento dei derivati del petrolio, con l'obiettivo finale di rompere le connessioni tra le loro molecole, le lunghe catene delle molecole di idrocarburi del petrolio, frazionandole in molecole molto più piccole, note come monomeri. Seguono i processi di polimerizzazione e di creazione dei polimeri, dove gli insiemi di monomeri sono in grado di raggiungere diverse proprietà finali, strutture e dimensioni, a seconda dei diversi tipi di configurazioni dei monomeri di base. I tipi di polimero più comunemente trattati sono il polietilene (PE), il polipropilene (PP), il polistirolo (PS), il polietilene tereftalato (PET) e il cloruro di polivinile (PVC). Durante lo sviluppo del progetto ci si occuperà prevalentemente dei polimeri appartenenti alla famiglia dei termoplastici, in quanto principale risorsa materica presente all'interno degli stabilimenti Cornaglia presi in esame, con particolare attenzione verso il Polipropilene ed il Polietilene. Il Polietilene possiede due principali configurazioni di densità: la configurazione a bassa densità, chiamata LDPE, dove il polietilene è morbido, flessibile e facile da tagliare, con la sensazione percettiva della cera di candela, che viene utilizzato nella produzione di sacchetti di film, sacchi e teli, bottiglie soffiate, scatole per alimenti, tubazioni flessibili e tubi flessibili, articoli per la casa come secchi e ciotole, giocattoli, guaine per cavi telefonici. La configurazione ad alta densità, chiamata HDPE, è invece più resistente e più rigida del LDPE, ed è sempre di colore bianco latteo, anche quando molto sottile; il materiale viene generalmente utilizzato per produrre borse e involucri industriali, bottiglie di bibite, contenitori di detersivi e cosmetici, giocattoli, casse, taniche, pattumiere e altri articoli casalinghi.

A questi processi più tradizionali si aggiungono alcuni processi finalizzati alla creazione di materiali plastici originati da elementi organici, chiamati Bio-plastiche. Tali processi riguardano fasi chimiche e/o biotecnologiche attraverso le quali materie prime rinnovabili vengono rotte a livello molecolare in monomeri, e ricostruite attraverso il processo di polimerizzazione.

### 3.4) LAVORAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE: DIVERSIFICAZIONE DELLE PROPRIETÀ.

Le materie plastiche sono prodotte da elementi chimici grezzi che includono il petrolio, i sottoprodotti del suo processo di raffinazione, ma anche gas naturale, carbonio e sale comune. I polimeri più utilizzati sono derivati principalmente da alcuni prodotti petrolchimici di base, in particolare: etilene, propilene e benzene. Dal punto di vista chimico, le materie plastiche sono materiali artificiali con strutture macromolecolari che, in determinate condizioni di temperatura e pressione, possono subire variazioni permanenti delle loro caratteristiche fisiche e chimiche.

I polimeri hanno molte caratteristiche vantaggiose rispetto ai materiali metallici e non metallici: sono facili da lavorare, economici e facili da colorare; possono essere utilizzati per l'isolamento acustico, termico, elettrico e meccanico; sono resistenti alla corrosione e all'inerzia chimica, nonché impermeabili e resistenti agli attacchi di muffe, funghi e batteri. Tutte queste proprietà fisiche portano ad un aumento delle nuove divisioni plastiche, create dalle aziende di tutto il mondo, per sfruttare i vantaggi economici che questa tipologia di materiale ha generato. All'inizio molti materiali plastici erano originariamente realizzati con resine vegetali, si estraeva la cellulosa dal cotone, gli oli dei semi da alcune tipologie di piante, l'amido dai derivati del carbonio. Oggi, la maggior parte di questi materiali polimerici sono realizzati con elementi petrolchimici, sfruttando circa il 4% del petrolio totale utilizzato a livello globale. [10]

Ci sono tre categorie principali di materie plastiche processabili:

- Termoplastiche: plastiche che diventano malleabili sotto il calore e possono essere modellate o plasmate in prodotti dalla forma variabile, e poi rese rigide dal raffreddamento. Questo processo può essere ripetuto più volte a seconda della qualità delle materie plastiche, determinato dal delta percentuale di degradazione del materiale ad ogni ciclo termoformante.
- Termoindurenti: le plastiche termoindurenti sono un gruppo di resine che, dopo una prima fase di stampaggio a caldo, sono indurite dall'effetto di cross linking tridimensionale; si formano nella fase di stampaggio per effetto combinato di calore e pressione e, una volta indurite, hanno una resistenza paragonabile a quella di alcuni metalli. A differenza delle termoplastiche non possono subire un processo reversibile della forma attraverso il calore.
- Elastomeri: sono polimeri sintetici o naturali con una maggiore caratteristica elastica che, con l'applicazione della forza, possono essere stirati fino a 10 volte

la loro lunghezza iniziale. Ciò è reso possibile dalla loro particolare struttura molecolare, composta da monomeri legati tra loro a formare lunghe catene che, se tese, ritornano immediatamente allo stato iniziale una volta che la forza esterna ha cessato di essere esercitata sul polimero.

### 3.5) PROCESSABILITÀ DEL MATERIALE PLASTICO NEL PRODOTTO FINALE.

L'eterogeneità delle aree di destinazione dei cicli produttivi di Cornaglia mostra quanto sia flessibile e diversificata la fase di produzione delle aziende appartenenti al settore plastico, in grado di convertire le tecnologie destinate al settore produttivo dell'automotive per la realizzazione di prodotti laterali, destinati al mondo del retail. La maggioranza dei prodotti destinati ai diversi settori di mercato proviene in realtà da un numero limitato di tecnologie. Diverse compagnie, tra cui il gruppo Cornaglia, diversificano il proprio mercato cercando di coprire quelle aree produttive del retail e dell'arredamento raggiungibili attraverso le tecnologie dell'automotive. Le applicazioni nel settore automobilistico, inoltre, permettono di fornire ai processi destinati alle lavorazioni plastiche la credibilità necessaria per ottenere elevati standard di sicurezza ed operatività. La plastica, per le sue caratteristiche meccaniche e chimiche, è uno dei materiali più utilizzati durante i cicli di produzione destinati al mondo del retail e delle componenti tecniche industriali. La trasformazione del materiale polimerico in prodotto finale può avvenire attraverso diverse tecniche di lavorazione, che, grazie all'utilizzo di uno stampo, consentono la realizzazione di componenti industriali o prodotti retail, le cui proprietà dipendono dal tipo di materiale utilizzato e dalle esigenze progettuali presenti. All'interno del ciclo produttivo della divisione plastica Cornaglia, sono presenti tre tecnologie di stampaggio del materiale plastico: la tecnologia di stampaggio ad iniezione, a soffiaggio ed il processo di stampaggio rotazionale. Ognuno di questi processi possiede proprietà specifiche, tempistiche ed esigenze diverse. La diversificazione dell'offerta produttiva del gruppo Cornaglia permette, ad oggi, di fornire un variegato parco tecnologico con cui sviluppare il progetto; le linee guida del sistema andranno ad identificare la tecnologia di produzione più adatta per concretizzare la progettazione. Qui di seguito verranno definite le caratteristiche operative e strutturali delle tre tecnologie, relative allo stampaggio plastico, presenti negli stabilimenti Cornaglia, al fine di determinare i vantaggi ed i limiti.

La prima tecnologia, per volume produttivo, presente negli stabilimenti di Cornaglia riguarda lo stampaggio ad iniezione, tecnica di stampaggio delle materie plastiche molto utilizzata dalle aziende del settore. Attraverso questo processo industriale il materiale viene riscaldato, fuso e inserito a pressione elevata in uno stampo chiuso, che viene in seguito aperto e solidificato per ottenere il prodotto semilavorato. Il macchinario dedicato a questo processo è denominato "pressa ad iniezione", tecnologia composta da due elementi funzionali, uno destinato a riscaldare il materiale fino al punto di fusione, ed uno che, una volta plastificato il materiale, spinge quest'ultimo nello stampo, mentre il gruppo di chiusura completa l'operazione assicurando il serraggio della pressa. [11]

11\_ [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio\\_a\\_iniezione](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio_a_iniezione)

Analizzando le caratteristiche strutturali del macchinario, risulta evidente un limite di questa tecnologia, che consiste nella notevole complessità degli stampi necessari alla produzione. Gli stampi per lo stampaggio a iniezione sono altamente complessi e, se si vogliono realizzare parti di alta qualità, devono essere prodotti con tolleranze ristrette, spesso frutto di un lavoro progettuale più lungo e dettagliato. Date le alte temperature e le pressioni a cui sono sottoposti gli stampi, questi vengono realizzati in metalli come l'acciaio temprato o in alluminio, più morbido, meno costoso e meno resistente, utilizzato principalmente per cicli di produzione più contenuti ed economici. D'altra parte, nonostante gli elevati costi iniziali e l'avvio lento, lo stampaggio a iniezione non ha rivali per le applicazioni con alti volumi di produzione. Una volta che l'attrezzatura è in funzione, i tempi di ciclo sono di soli pochi secondi e possono essere prodotti milioni di pezzi di alta qualità a una frazione del costo di tutti gli altri processi di produzione. Questa caratteristica comporta una notevole tiratura dei prodotti, un'alta richiesta di mercato ed una piattaforma di risorse consolidata.

Considerando la risorsa materica primaria su cui si basa il progetto, identificata nello scarto industriale, possiamo effettuare delle considerazioni riguardo la compatibilità della tecnologia con questo progetto ed il suo sviluppo. Bisogna constatare che: considerare lo scarto industriale come una risorsa consolidata all'interno di un processo produttivo, significherebbe riconoscere sistematicamente una porzione di "errore operativo" all'interno di ogni processo interno. Significherebbe implementare, attraverso una condizione di prevedibilità dello scarto, un secondo scenario di riutilizzo del materiale a valle del processo produttivo. Considerando la stabilità di uno scarto "fisiologico" degli stabilimenti, cioè ridotto al minimo utile per rendere operativo ed economicamente sostenibile un processo, i problemi relativi all'utilizzo della tecnologia ad iniezione riguarderebbero la quantità reperibile di scarto, necessaria ad una grande tiratura, e la rigidità delle variabili progettuali, causata dall'alta complessità degli stampi. La disponibilità delle risorse materiche potrebbe essere raggiunta attraverso un approccio sistemico, instaurando contratti di fornitura con le aziende locali per la fornitura periodica del proprio scarto plastico. La rigidità progettuale, invece, potrebbe essere una vera e propria minaccia per la capacità adattiva del sistema, vincolando la sua efficienza alla produzione di un unico specifico prodotto. In conclusione, ipotizzare l'utilizzo di una tecnologia ad iniezione significherebbe prestabilire un'analisi della risorse e degli attori a disposizione ed, in seguito, orientare la progettazione del sistema verso una configurazione statica, congelata, in grado di fornire un'offerta di prodotto serializzato ad alta tiratura,

Il secondo processo produttivo con cui vengono realizzati i prodotti plastici, all'interno degli stabilimenti Cornaglia, è il processo di stampaggio plastico a soffiaggio. Al suo interno si possono fare alcune suddivisioni, soprattutto considerando il modo di ottenere il semilavorato da soffiare: si hanno così il soffiaggio per estrusione quando si esegue l'estrusione di un corpo tubolare,

12\_ [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio\\_per\\_soffiaggio](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio_per_soffiaggio)

chiamato correntemente “parison”, ed il soffiaggio per iniezione quando si stampa per iniezione una “preforma”. Il processo più diffuso e versatile è l’estrusione con soffiaggio che si stima produca oltre l’80% dei prodotti sul mercato. Particolarmente impiegato per la lavorazione della plastica in articoli tecnici a corpo cavo, lo stampaggio per soffiaggio è una tecnica di produzione che prevede l’introduzione del materiale grezzo, sotto forma di piccoli granuli, in un cilindro riscaldato che, grazie all’elevata temperatura, permette al materiale di raggiungere una densità adeguata ad essere miscelato, estruso o iniettato, fino a formare una preforma tubolare in plastica. Successivamente, l’elemento plastico viene serrato in un apposito stampo, sagomato secondo la forma finale disegnata per il prodotto. Nella fase finale del processo, all’interno dello stampo viene soffiata dell’aria che gonfia il tubolare in plastica fino a farlo aderire alle pareti, quando il materiale è raffreddato e indurito, lo stampo viene aperto, permettendo al prodotto finale di fuoriuscire. [12] Lo stampaggio per soffiaggio utilizza pressioni molto inferiori rispetto allo stampaggio a iniezione, contribuendo perciò a ridurre il costo dell’avvio del processo. Proprio come lo stampaggio a iniezione, lo stampaggio per soffiaggio è un processo continuo, che può essere completamente automatizzato, ma che prevede sempre un elevato tasso di produzione del prodotto finale, sebbene siano minori i costi iniziali. I vantaggi e le problematiche di sistema relative allo stampaggio a soffiaggio sono molto simili al caso dello stampaggio ad iniezione, l’elemento variabile consisterebbe unicamente nella forma finale del prodotto originato dal progetto.

La terza tecnologia sfruttata dalla divisione plastica Cornaglia è lo stampaggio rotazionale, o anche chiamato rotostampaggio. Il rotostampaggio è un processo che comporta il riscaldamento di uno stampo cavo riempito di polvere termoplastica, che viene fatto ruotare, attraverso una struttura a bracci, intorno a due assi per produrre principalmente oggetti cavi di grandi dimensioni. Esistono anche processi per la produzione di plastica termoindurente tramite stampaggio rotazionale, ma sono meno comuni rispetto a quelli destinati alla lavorazione di polimeri termoplastici.

La tecnologia rotazionale è un processo che richiede attrezzature meno costose rispetto ad altre tecniche di stampaggio, questo poiché il processo operativo utilizza la forza centrifuga, non la pressione, per riempire lo stampo e realizzare il prodotto finale. [13] Gli stampi possono essere fabbricati, lavorati a macchina CNC, fusi o formati a partire da resina epossidica o alluminio, ad un costo inferiore e molto più velocemente rispetto agli altri processi di stampaggio presenti in stabilimento, specialmente per parti di medio-grandi dimensioni. Il rotostampaggio crea parti con spessore delle pareti quasi uniforme ed una volta che l’attrezzatura e il processo sono stati impostati, il costo per unità è molto inferiore in rapporto alle dimensioni del pezzo ed alla tiratura rispetto agli altri processi. È inoltre possibile aggiungere allo stampo pezzi già completi, come viti di metallo, tubi interni e

13\_ <https://it.wikipedia.org/wiki/Rotostampaggio>

strutture in materiale diversi, rendendo lo stampaggio rotazionale ideale per la produzione di piccole serie, o come alternativa allo stampaggio per soffiaggio di volumi ridotti. La produzione attraverso stampaggio rotazionale permette inoltre una notevole diversificazione del prodotto, tra i prodotti comunemente realizzati tramite rotostampaggio, all'interno dello stabilimento, possiamo trovare serbatoi, elementi del sistema di raffreddamento, contenitori ed elementi d'arredo per interno o esterno. Lo stampaggio rotazionale presenta comunque alcuni vincoli di progettazione, sebbene i prodotti finiti abbiano tolleranze progettuali meno rigide da rispettare. Inoltre, considerando che l'intero stampo deve essere riscaldato prima del processo produttivo e raffreddato alla fine, il ciclo produttivo richiede tempistiche relativamente lunghe, non ottimali per una produzione con scadenze brevi ed ad alta tiratura. La possibilità di sviluppare il progetto attraverso la tecnologia rotazionale permetterebbe una minore tiratura e, di conseguenza, la possibilità di avviare la realizzazione del progetto attraverso il solo scarto prodotto dai processi produttivi interni di Cornaglia, riducendo la complessità del sistema finale. Sviluppare la rivalutazione dello scarto industriale attraverso la tecnologia rotazionale, significherebbe aumentare la diversificazione dell'offerta di prodotti dell'azienda, diminuendo la richiesta di materie prime per la loro produzione. Sviluppare il progetto richiederebbe, parallelamente alla progettazione industriale, un'attenta analisi dello scenario di destinazione, finalizzata a comprenderne caratteristiche e potenzialità, per ottenere, attraverso la progettazione di una soluzione più specifica.

### 3.6) FASE DI POST-CONSUMO: GESTIONE “FINE VITA” E FEEDBACK DI PROCESSO.

Per “fine vita” si intendono quei processi svolti al termine della vita utile di un prodotto, generalmente in plastica ma attribuibile a tutti i materiali, per immettere tale prodotto in un secondo sistema nel quale possa contribuire come materiale riciclato o come combustibile energetico.

Gli attori coinvolti nel ciclo di fine vita sono principalmente i consumatori, in quanto “produttori” di rifiuti, il quale dovrebbero essere resi più consapevoli riguardo l'importanza di una corretta raccolta del rifiuto; primo punto di partenza della filiera del riciclaggio e del recupero. Un altro importante attore del sistema relativo al post- consumo è l'interesse economico delle aziende coinvolte, che partecipa alla generazione di rottami e rifiuti plastici, alla raccolta dei rifiuti e al riciclaggio e recupero; così come il governo nazionale che effettua trasferimenti economici lungo tutta la catena della gestione del rifiuto e pianifica accordi/convenzioni specifiche per favorire il riciclaggio dei rifiuti. L'ultima figura che esercita potere decisionale sul sistema è quella dei consorzi: attori esperti che agiscono come coordinatori della catena di approvvigionamento dello scarto riciclato, monitorando la situazione e fornendo linee guida operative.

La gestione della fine del ciclo di vita è di crescente importanza strategica, mentre lo smaltimento e l'incenerimento con recupero di energia rimarranno le soluzioni primarie nella gestione dei rifiuti. In Italia, nel 2011 sono stati prodotti 3,3 milioni di tonnellate di rifiuti urbani in plastica, strettamente correlati alla crescita dei consumi, con il 50,9% dello scarto plastico, circa 1,7 milioni di tonnellate, raccolto e riciclato o utilizzato a fini energetici, sebbene la trasformazione dei rifiuti plastici in fonti energetiche, anche a causa della disinformazione dell'opinione pubblica, fosse poco implementata nel territorio Italiano. [14] L'Italia è ancora oggi un grande esportatore di rifiuti plastici, e bisogna considerare come questo non solo generi costi per l'economia, ma renda più difficile sostenere lo sviluppo della filiera nazionale dello smaltimento dei rifiuti, a vantaggio degli operatori di altri mercati privati. Una quota significativa dei rifiuti plastici viene ancora smaltita in discarica, circa 1,6 milioni di tonnellate, ovvero il 49,1% dei rifiuti plastici raccolti in tutto il Paese. Esistono anche significative differenze geografiche nella raccolta dei rifiuti in plastica, dai 19,4 kg pro capite nel Nord Italia a 8,9 kg pro capite nelle regioni meridionali. [14]

Per poter discutere la sostituzione del materiale plastico con un elemento organico, mantenendo la stessa organizzazione produttiva, con l'obiettivo di ridurre gli impatti del sistema sull'ambiente naturale e sociale, bisogna prima considerare realisticamente i vantaggi indiretti delle materie plastiche, in grado di ridurre l'impatto ambientale grazie alle loro proprietà chimiche e meccaniche. Bisogna

14\_ Denkstatt GmbH, “The impact of plastic packaging on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe”, 2010.

considerare che le proprietà positive delle materie plastiche rendono difficile la loro sostituzione con altri materiali con lo stesso rapporto costi-benefici complessivo. Un recente studio condotto su scala europea ha valutato i potenziali impatti di una sostituzione nelle principali applicazioni plastiche, in termini di peso, consumo energetico ed emissioni di gas serra durante l'intero ciclo di vita del prodotto. Secondo lo studio, la sostituzione della plastica con materiali alternativi di derivazione organica o bio-based in Europa, inclusa la plastica insostituibile, aumenterebbe il peso di quasi 4 volte rispetto all'uso di imballaggi in plastica, con un conseguente aumento di circa il 60% del volume dei rifiuti prodotti. Il consumo di energia durante l'intero ciclo di vita aumenterebbe di circa 2.140 GJ all'anno e le emissioni di gas serra aumenterebbero di 110 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti all'anno. Qualsiasi sostituzione della plastica utilizzata oggi, anche se possibile, causerebbe un aumento annuale del consumo di energia del 57%, durante l'intero ciclo di vita, le emissioni di gas serra aumenterebbero di 78-170 milioni di tonnellate .<sup>[14]</sup> In altre parole, il risparmio energetico ottenuto dall'uso delle materie plastiche oggi sul mercato ammonta a 2.400 GJ all'anno. Inoltre, le emissioni di gas serra evitate grazie all'uso della plastica sono equivalenti alle emissioni di gas serra prodotte da un paese come il Belgio in un anno secondo i dati dei primi anni del 2000 e al 39% dell'obiettivo imposto all'UE nel Protocollo di Kyoto con riferimento alla riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera.<sup>[14]</sup> In relazione a questo scenario, l'aggiornamento del secondo ciclo di vita delle materie plastiche potrebbe migliorare il contesto nazionale, a sostegno della diffusione della consapevolezza del "fine vita", che potrebbe creare sinergie con le competenze che l'Italia ha nello sviluppo di modelli di raccolta, recupero e riciclo dei rifiuti, insieme alle industrie di produzione, trasformazione e produzione di prodotti plastici. Ciò consentirebbe di dare al riciclo e al recupero delle materie plastiche un ruolo centrale nella gestione dei rifiuti.

14\_ Denkstatt GmbH, "The impact of plastic packaging on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe", 2010.

### 3.7) I REQUISITI STRUTTURALI DELLA FILIERA PRODUTTIVA.

La filiera produttiva del settore plastico possiede numerose esigenze strategiche e prioritarie, necessarie a garantire la stabilità strutturale ed il miglioramento continuo; tra queste ne figurano tre, come citato da Azzone e Borzatta. La prima descrive l'esigenza di generare una forte spinta verso nuove soluzioni innovative, in grado di risolvere le criticità dei moderni processi produttivi e delle loro conseguenze, capitalizzando attraverso competenze multidisciplinari. La seconda è quella di integrare maggiormente alcuni fattori di attrazione all'interno dei punti comunicativi localizzati in prossimità dell'azienda, per mantenere la base industriale presente nel territorio e per attrarre nuovi attori da inserire nel sistema. L'ultima e terza esigenza è quella di gestire il fine vita del prodotto come un'opportunità per creare nuovi cicli sistemici, finalizzati all'aumento del volume dei rifiuti plastici rigenerati attraverso processi di riciclo e riuso, e di sviluppare un legame di collaborazione con le aziende di gestione dei rifiuti organici. [15] Per soddisfare tali esigenze di filiera le aziende devono intraprendere azioni di più ampio respiro verso il pubblico, assumendo ad esempio la forma di "progress advertising", con un ampio coinvolgimento degli attori nazionali, al fine di attuare azioni strategiche, coinvolgere attivamente e mettere in relazione le componenti industriali con i dipartimenti delle università di ricerca, dispiegando sistematicamente tutte le forze per raggiungere un obiettivo comune. Allo stesso tempo si risolverebbero i problemi di sensibilizzazione dell'opinione pubblica su alcuni temi fondamentali, come la conservazione delle risorse naturali, la riduzione della CO2 o la gestione degli scarti, contribuendo a sradicare pregiudizi e convinzioni, profondamente radicate nel consenso generale, riguardanti lo scarto industriale. [15]

15\_ G. Azzone, P. Borzatta, D. Ferrari, P. Savona, "The excellence of the plastics supply chain in relaunching manufacturing in Italy and Europe, 2013.

#### **4 ) I PROCESSI COGNITIVI DEL SISTEMA INDUSTRIALE: IL GAP INFORMATIVO.**

La solidità di un processo industriale è principalmente caratterizzata dalla robustezza delle tecnologia produttiva, in termini di efficienza e continuità, intorno alla quale ruotano due flussi principali: un flusso materiale ed un flusso informativo. Semplificando di molto il concetto: il corretto scorrimento di questi flussi è il prerequisito fondamentale per un processo industriale sano. Nel modello tradizionale, le aziende, gestiscono con notevole confidenza il flusso di risorse materiche, avendo costruito nel tempo ragnatele di canali informativi come quality gate, prove di conformità o feedback di processo, principalmente dedicati al monitoraggio dei movimenti dei materiali e dei prodotti all'interno del sistema aziendale. Da questa impostazione si evince che il flusso informativo aziendale, ovvero tutte le azioni di comunicazione interna, sia riconducibile principalmente all'ottimizzazione ed al controllo del flusso materiale, senza rivolgere particolare interesse alla comunicazione dei valori interni, delle istruzioni operative e, soprattutto, delle relazioni sociali interne all'azienda. Esiste una parola chiave, in grado di rappresentare la prospettiva futura di un elemento: futuribilità. Tutte le aziende tengono in considerazione questo concetto, valutando di ogni azione ed iniziativa industriale la prospettiva di evoluzione futura all'interno del sistema produttivo. Ma se ogni iniziativa industriale che viene proposta viene analizzata considerando anche le evoluzioni future, dove sorge il problema della comunicazione aziendale interna?

Dimenticandoci per un secondo che le futuribilità di un'iniziativa venga analizzata in base più alle conseguenze economiche che ambientali, proviamo a fingere che la futuribilità di un'iniziativa industriale valuti, oggi, la componente ambientale tanto importante quanto quella economica, avremmo risolto il problema industriale? Assolutamente no. Il trend capitalistico sul quale si poggia la moderna produzione industriale creerebbe in tempi lampo realtà industriali economicamente più snelle e competitive, in grado di ottimizzare la componente economica "rosicchiando" il più possibile quella ambientale. Questo gioco capitalistico è il palcoscenico d'azione di molte realtà industriali, lo è sempre stato, ed è appunto per il suo carattere competitivo che non è possibile concretizzare una visione sostenibile comune, almeno finché la marginalità economica ne fa da padrone. Dall'altra parte, il fattore economico è oggi l'indicatore di salute maggiormente riconosciuto per un'azienda, che viene valutata dal mercato di appartenenza sulla base di KPI (Key Process Indicators) di natura prettamente costistica. Il problema sorge perciò quando il conto economico di un'azienda diventa l'unico driver di valutazione della salute industriale, dimenticandosi di tutti quei valori comunicativi, verso l'interno e verso l'esterno, che permettono all'azienda di crescere. Viene spesso dimenticato durante la pianificazione delle strategie industriali che, mentre il driver economico è essenziale per determinare lo stato di salute attuale di un'azienda, il driver comunicativo è

fondamentale per capire se un'azienda può adattarsi ai cambiamenti di mercato, agli imprevisti produttivi e, in parole semplici, allo scorrere del tempo. Un'azienda con altissima marginalità ed altissimi profitti, potrebbe risultare vincente e futuribile ad una prima analisi esterna, ma sarebbe solo una fotografia economica, un momento del presente congelato ed analizzato, ma slegato da qualsiasi prospettiva verso il futuro. Il futuro è un attore dal movimento lento, pochi si accorgono della sua azione, ma impiega poco tempo a diventare protagonista, cambiando radicalmente la trama dei mercati. L'industria italiana è ancora occupata ad ammirare le fotografie realizzate negli anni passati, dimenticandosi che il mondo esterno è una pellicola in continuo movimento. Nel panorama contemporaneo, poche industrie si sono accorte di come le valutazioni rilevate dai bilanci economici fossero solo fotografie, mentre erano i valori della visione e dell'organizzazione dell'azienda il vero fattore di successo dell'azienda.

Come esplicitato da Zerbetto, adeguare la comunicazione aziendale ad un nuovo sistema "cognitivo" dei modelli industriali, permetterebbe di conservare e comunicare efficacemente tutte quelle informazioni atemporali che contraddistinguono l'azienda sul mercato durante la sua evoluzione, garantendo la sopravvivenza della visione aziendale durante i continui cambiamenti dei trend di mercato [16]. La componente cognitiva, definita da caratteristiche atemporali, è fondamentale per il corretto raggiungimento del risultato. La capacità del sistema di comunicare la propria visione alle generazioni successive è essenziale per mantenere funzionale la nostra proposta di modello. Considerate le attuali strategie di ottimizzazione delle risorse, in futuro gli strumenti e le possibilità di implementazione delle attività sistemiche potrebbero aumentare notevolmente; dall'altra parte, potrebbe perdersi però il senso originale della disciplina, ovvero tutti quei principi socio-ambientali definiti come pilastri della progettazione sistemica. E' perciò importante evidenziare il nuovo ruolo che dovrà assumere il flusso informativo, che non sarà più solo un controllore del flusso materico, ma dovrà anche svolgere anche attività di comunicazione all'interno degli spazi cognitivi, condividendo con tutto il sistema i significati ed i valori aziendali che hanno portato l'azienda fino a dove è oggi, e che domani la porteranno verso il futuro.



*Foto Keira Burton da Pexels*

## 4.1) I PROCESSI COGNITIVI NELL'AMBIENTE INDUSTRIALE.

Per “cognizione” si intendono i processi mentali strettamente connessi alle funzioni di base della nostra mente, come la percezione, la memoria, il pensiero, l'apprendimento e il linguaggio. Le scienze cognitive studiano i processi che avvengono all'interno della mente umana, attraverso un approccio interdisciplinare che comprende la psicologia, le neuroscienze e la linguistica, svolgendo un lavoro di ricerca sulla cognizione fin dagli anni Cinquanta del '900.

L'uomo, potenzialmente le macchine e i sistemi uomo-macchina sono “sistemi cognitivi”: “Un sistema cognitivo produce “azioni intelligenti”, il suo comportamento è cioè orientato all'obiettivo, basato sulla manipolazione dei simboli, e utilizza la conoscenza del mondo come guida per muoversi al suo interno. [17] Inoltre, un sistema cognitivo è adattivo ed è capace di vedere lo stesso problema attraverso prospettive molto diverse. Un sistema cognitivo opera utilizzando la conoscenza di se stesso e dell'ambiente, riuscendo ad essere in grado di pianificare e modificare le proprie azioni sulla base di tale conoscenza relazionata ai propri desideri. Non è quindi solo guidato dai dati, ma anche dal concetto, dalla motivazione personale nel raggiungere determinate posizioni o obiettivi. L'uomo è ovviamente un sistema cognitivo. Le macchine sono potenzialmente, se non effettivamente, sistemi cognitivi. Un “MMS” (Man-Machine System), considerato nel suo insieme, è sicuramente un sistema cognitivo valido, presente abbondantemente nello scenario industriale odierno. [17]

Nei moderni ambienti di lavoro digitalizzati, l'esecuzione dei compiti lavorativi dipende fortemente dal funzionamento cognitivo della mente umana. Queste richieste sono notevoli nei ruoli di lavoro che richiedono di lavorare con conoscenze astratte e di acquisire, creare e applicare tale conoscenza, così come in quelli in cui è richiesto un apprendimento continuo sul posto di lavoro circa processi dinamici, effettivamente in continua evoluzione. Bisogna inoltre considerare che la proporzione delle funzioni cognitive nei sistemi di lavoro industriali è in costante aumento, il loro contributo al valore aggiunto di un prodotto è diventato sempre più determinante per la definizione delle prestazioni finali. Il lavoro della conoscenza sta diventando una caratteristica prevalente in un numero sempre maggiore di sistemi di lavoro, sia per le aree dirette che per quelle indirette. Le aziende di molti settori del mercato non sono sufficientemente preparate a cambiamenti di questo tipo. Gli approcci tradizionali per mantenere le conoscenze e le competenze sono insoddisfacenti e le possibilità di apprendimento informale sul lavoro, come fonte di innovazione, sono lungi dall'essere esaurite. [18]

17\_ E. Hollnagel, “Cognitive Systems Engineering: New wine in new bottles”, 1983.

18\_ T. Mühlbradt, P. Kuhlang, “Industrial Cognitive Engineering”, 2016.

Il carico cognitivo è principalmente causato dall'aumento di richiesta cognitiva da parte dei compiti lavorativi, che superano facilmente i limiti naturali delle capacità mentali umane; la tensione può poi anche essere ulteriormente aumentata dalle condizioni di lavoro, che potrebbero rendere difficoltoso il corretto svolgimento del processo cognitivo. Lo sforzo cognitivo legato alle richieste di lavoro o alle condizioni di lavoro è un notevole fattore di rischio per le prestazioni lavorative, in quanto influisce direttamente sulla capacità umana di padroneggiare i compiti di lavoro cognitivamente impegnativi e importanti per l'azienda. Le interruzioni cognitive causate dall'ambiente di lavoro, come il vociare o il rumore di fondo, disturbano inconsciamente i compiti legati all'area produttiva. Inoltre, molte condizioni di lavoro compromettono le prestazioni cognitive in combinazione con attrezzature di lavoro inadeguate e tools organizzativi obsoleti, con conseguente stress indotto dal lavoro. Oggi, le implicazioni negative per la salute causate dallo stress cronico sono considerate dagli esperti come Kalakosk e Selinheimo, un problema reale per le aziende.<sup>[19]</sup> I fattori di stress correlati al lavoro, comprese le riduzioni di stimoli cognitivi e le limitazioni delle prestazioni, sono strettamente correlati a fattori interni ed ambientali, feedbacks non reattivi ed interfacce di dialogo troppo complesse. <sup>[19]</sup> Di conseguenza, c'è una forte richiesta di approcci progettuali che rispettino il corretto svolgimento dei compiti legati alle funzioni cognitive e alla conseguente complessità del valore aggiunto industriale che essi determinano; e che possano essere applicati, allo stesso tempo, a un livello industriale appropriato. Risulta quindi essenziale gestire le condizioni di tensione cognitiva e ridurre le loro conseguenze, dannose per i singoli dipendenti, i team, le organizzazioni e l'intero processo produttivo.

*19\_V. Kalakosk, S. Selinheimo, T. Valtonen, "Effects of a cognitive ergonomics workplace intervention on cognitive strain and well-being.", 2020.*

## 4.2) CASO STUDIO: METODO DELLO “SVILUPPO COGNITIVO DEL PRODOTTO”.

Un nuovo prodotto, innovativo e non, è spesso il risultato diretto dell’acquisizione di “nuove conoscenze” nell’ambito della progettazione, le cui conseguenze applicative sono sovente imprevedibili. Sulla base dell’imprevedibilità delle nuove conoscenze acquisite, un progetto deve essere verificato a fondo attraverso la modellazione, l’analisi, la simulazione e il test, prima che il prodotto reale venga realizzato e commercializzato. Per il settore automobilistico si stima infatti che le modifiche al progetto rappresentino il 75% del tempo e dei costi totali di sviluppo del prodotto [20]. Lo sviluppo del prodotto può quindi essere migliorato in termini di costi, rischi e qualità, se si possono ridurre i problemi causati dall’elevata complessità delle informazioni che contiene, e dalla mancata gestione delle “nuove conoscenze” progettuali al suo interno. I prodotti moderni possono essere visti come sistemi complessi, costituiti da oggetti, dove ogni oggetto interagisce con uno o più oggetti diversi per formare un insieme funzionale. Questo insieme funzionale è spesso il veicolo dell’innovazione, a causa dell’interazione tra gli elementi, che danno vita a processi specifici del sistema generale, garantendo al tutto più della somma delle singole funzionalità che formano le sue parti. Un oggetto può essere un sistema a sé stante all’interno di un sistema più grande, nel qual caso viene chiamato sottosistema. I sistemi complessi possono avere più livelli di sottosistemi e sotto-sotto-sistemi e, poiché le prestazioni di un prodotto sono determinate dal suo comportamento nell’ambiente, il prodotto stesso può anche essere considerato un sotto-sistema dell’ambiente nel quale si sviluppa. Bisogna perciò considerare che nella realtà pratica i termini “intero”, “sistema”, “sottosistema” e “parte” non hanno un significato assoluto: tutte le “parti” in natura possono essere viste come “agglomerati” o “sistemi” a sé stanti. Qualsiasi oggetto o attore che compone un modello, è sempre parte di un insieme più grande e contenitore di insiemi più piccoli, considerando inoltre la conoscenza fornita dall’interazione con tale oggetto come un altro sistema a sé.

La teoria e la metodologia descritte nel modello di sviluppo cognitivo del prodotto, proposto nel 2008 da Wim Gielingh, mirano al riutilizzo e al miglioramento delle soluzioni progettuali e ingegneristiche, attraverso approcci di miglioramento continuo. Proponendo un modello di progettazione del prodotto interconnesso con sistemi di progettazione e pianificazione, distribuiti in aree geografiche e temporali diverse, dando ai progettisti e agli ingegneri l’accesso ai dati effettivi delle prestazioni dei prodotti nei progetti paralleli o precedenti. Questo fattore permetterebbe alla nuova generazione di designer di imparare dal passato, e di “collaborare” in una rete più ampia di figure professionali, seppur non distribuite nella stessa finestra temporale. La metodologia introdotta da Wim Gielingh è descritta con il nome di “Cognitive Product Development”, e trova la sua origine in una teoria per la modellazione virtuale di prodotti ingegneristici sviluppata

20\_ AIAG, “Statistical Process Control”, Publication, July 2005

a partire dagli anni '80. Dopo diverse implementazioni, applicazioni e ulteriori perfezionamenti, si è evoluta in una teoria e metodologia per l'acquisizione, l'organizzazione e l'uso delle conoscenze del prodotto e del processo produttivo.

Secondo questa teoria, la conoscenza attribuita al design, all'interno di un'organizzazione stabilita, si sviluppa secondo un processo a spirale che attraversa due array di valori apparentemente opposti, come caos e ordine, micro e macro, parte e tutto, implicito ed esplicito. Secondo questi autori, la chiave per una gestione della conoscenza di successo è gestire il pensiero dialettico tra i cicli di processo che si susseguono cronologicamente, al fine di risolvere i conflitti apparenti negli obiettivi progettuali. La spirale si sviluppa in un'interazione tra la conoscenza implicita, cioè quella tipologia di informazioni residente nella testa degli individui umani nel momento della fase progettuale, e la conoscenza esplicita, cioè quella registrata, trasferibile e condivisibile dal prodotto stesso o dalla registrazione dei dati relativi alle sue prestazioni. [21]

Si riconoscono quattro fasi principali di trasformazione della conoscenza progettuale, in grado di convertire la scoperta del singolo in un beneficio comune: Socializzazione, Esternalizzazione, Combinazione e Internalizzazione.

- La socializzazione è un processo in cui la conoscenza implicita individuale si trasforma in conoscenza implicita condivisa, per esempio attraverso incontri formali e non, discussioni e altre forme di interazione umana.
- L'esternalizzazione è l'espressione e/o la registrazione della conoscenza implicita con l'obiettivo di diventare una risorsa condivisa per l'organizzazione.
- La combinazione è un processo che mira all'unificazione, all'integrazione e/o alla generalizzazione di singoli pezzi di conoscenza implicita condivisa, che si traduce in una conoscenza esplicita, di maggior valore per la comunità progettuale.
- L'internalizzazione, infine, è il processo in cui i singoli membri dell'organizzazione raccolgono la conoscenza esplicita condivisa, ad esempio attraverso la lettura, l'apprendimento, la formazione e l'esperienza.

Il processo di condivisione delle conoscenze progettuali dipende fortemente dall'esistenza di una piattaforma di esperienze, valori e concetti condivisi in grado di funzionare come "centro di raccolta". Tale piattaforma fornisce il contesto necessario per la comprensione delle parole e dei gesti progettuali effettuati dalle organizzazioni, lontane dal punto di vista geografico e cronologico; essa porrebbe

21\_ W. Gielingh, "Cognitive Product Development: A method for continuous improvement of products and processes.", 2008.

infatti le basi di una nuova “comunanza” per il mondo industriale, ovvero di un dominio condiviso delle conoscenze e delle competenze riguardanti i processi produttivi ed i loro prodotti.

L’anello mancante per la trasformazione pratica di una teoria delle conoscenze integrate nel processo è identificabile in un moderno ramo della psicologia cognitiva. Neisser definisce la Cognizione come “l’acquisizione, l’organizzazione e l’uso della conoscenza”<sup>[22]</sup>, e poiché la sua teoria ha avuto origine nel contesto della psicologia, essa è focalizzata sull’individuo umano. In un organismo umano le esperienze dell’immediato e remoto passato influenzano la cognizione e sono memorizzate e organizzate dal cervello. Da quì, esperienze simili si confermano e si rafforzano a vicenda, e danno luogo a strutture astratte nella mente umana che vengono chiamate schemi o modelli; ad esempio: una persona che ha visto decine di prodotti o processi produttivi sviluppa un’idea astratta che combina tutte le caratteristiche osservate al fine di ottenere un archetipo, un unico pensiero al quale corrispondere tutte le categorie di prodotti o processi. Questa idea astratta diventa un concetto, fonti indipendenti di conoscenza, ed associando i concetti con i simboli, come le lettere dell’alfabeto, la conoscenza può essere strutturata e comunicata ad altre persone. I concetti e le strutture concettuali hanno un’origine biologica: permettono all’essere umano di anticipare e agire in modo più efficace in nuove situazioni, ad esempio un bambino che ha toccato una o due volte una stufa calda assocerà i due concetti “stufa” e “caldo”, e sarà più cauto nei prossimi incontri con il medesimo oggetto. <sup>[22]</sup>

I sensi umani forniscono una quantità enorme e un flusso continuo di stimoli sensoriali e solo alcuni di questi sono davvero importanti; l’estrazione di stimoli utili da quelli irrilevanti si chiama percezione <sup>[22]</sup>. Poiché le esperienze di vita delle singole persone sono diverse, anche la comprensione e l’interpretazione degli stimoli sensoriali, sotto forma di nuove esperienze, saranno diverse. Quindi, due designers potrebbero agire e reagire in modo diverso quando si trovano di fronte alla stessa situazione progettuale. Si può concludere che la “conoscenza precedente” giochi un ruolo essenziale nella percezione umana, e che quindi influisca attivamente sulla creazione di nuova conoscenza. La conoscenza esistente determina il modo in cui le nuove informazioni vengono interpretate e valorizzate, mentre l’intero processo di percezione e di interpretazione dell’essere umano viene chiamato “impressione”. L’apprendimento di “impressioni” sequenziali non è solo un processo passivo che si basa sull’osservazione della realtà fisica, ma è anche causa dell’esplorazione e della sperimentazione circa le impressioni ricevute. L’azione svolta sulla base di ciò che si ha appreso influenza e cambia in parte la realtà fisica che ci circonda, l’insieme delle attività svolte e che influenzano la realtà fisica si chiamerà espressione.

*22\_ U. Neisser, “Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology.”, 1976.*

Utilizzando questo principio, il design diventerebbe fondamentalmente un processo di configurazione delle soluzioni conoscitive, sulla base delle soluzioni precedenti ed in vista delle soluzioni future. Associando ad ogni prodotto o scelta progettuale un modulo di raccolta delle informazioni in grado di venir tracciato dalla progettazione, dall'inizio fino alle fasi successive del ciclo di vita, si faciliterebbe ad esempio la conoscenza delle prestazioni del ciclo di vita degli oggetti per i designer che li dovranno riprogettare. Il risultato sarebbe una parametrizzazione dei valori progettuali generali, che permetterebbe al sistema aziendale di attuare soluzioni specifiche sulla base di un modello condiviso, fornendo l'accesso ad un'enorme quantità di dati relativi alle condizioni industriali precedenti ed ai prodotti. Più questo sistema viene utilizzato, più esperienze diventano disponibili per la progettazione futura. La progettazione diventa quindi un processo cognitivo a spirale, in cui i modelli parametrici, costruiti sulla base delle conoscenze acquisite da altri esperti del ciclo di vita del prodotto, svolgono il ruolo di modelli cognitivi.

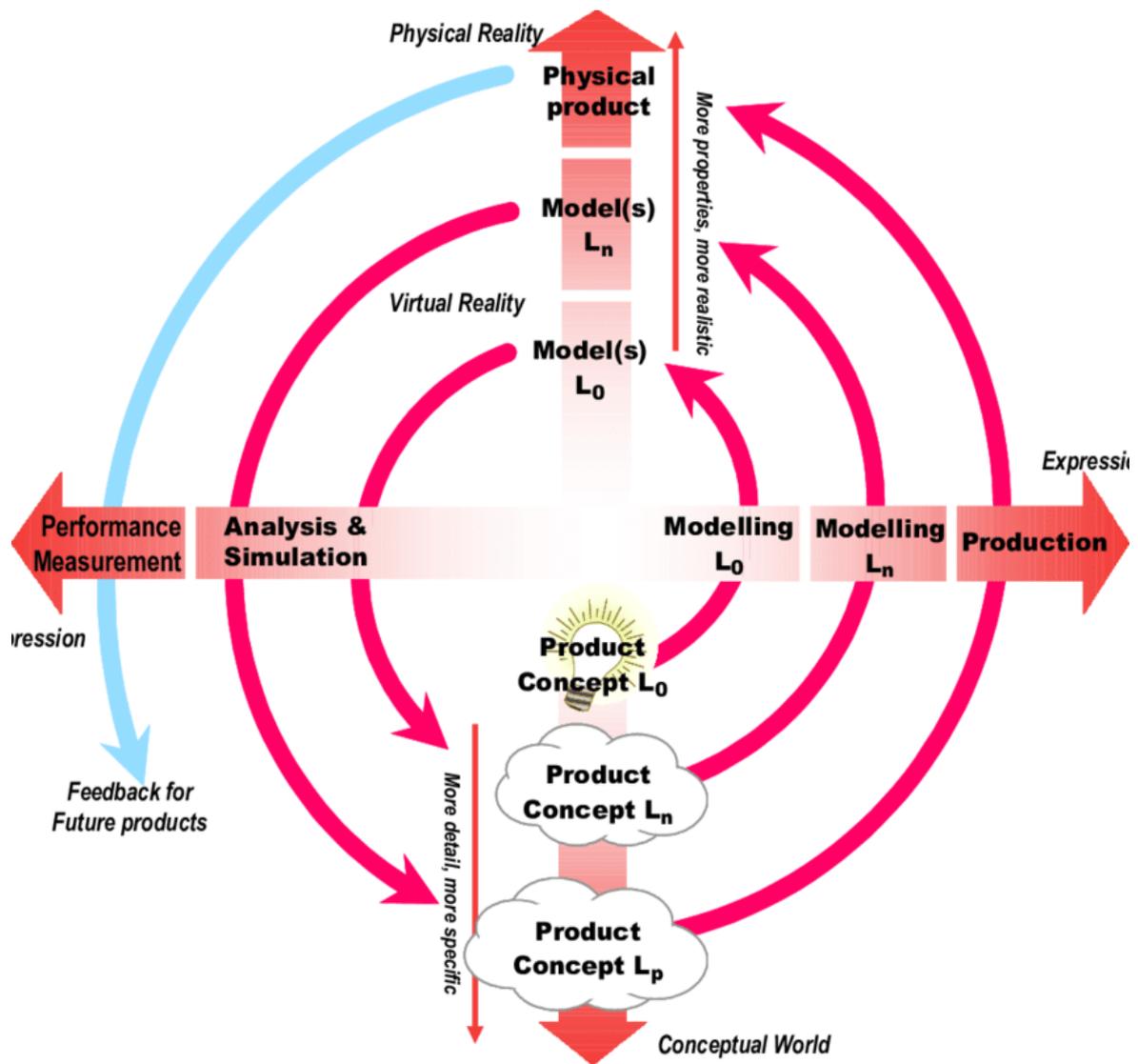


Figura 5: Schema a spirale del "Cognitive Product Development" \_ Wim Gielingh\_2008

Questo modello progettuale acquista maggior valore se si considera come le imprese moderne operino oggi in reti di collaborazione ampie ed estremamente complesse. Un veicolo, ad esempio, non è progettato e costruito da una singola azienda, ma da molte aziende collegate, che insieme formano una catena di fornitura ipoteticamente distribuita a livello globale. Di conseguenza, una parte, o un sottosistema, all'interno di un veicolo può possedere due proprietari intellettuali delle conoscenze integrate, che operano su parametri progettuali dello stesso prodotto ma attraverso discipline completamente diverse, come nel classico esempio di collaborazione tra designers e ingegneri. L'importanza di questo concetto è che la conoscenza degli oggetti di un sistema potrebbe essere ora modularizzata, dove i moduli di aggregazione più alti presuppongono moduli di aggregazione più bassi con cui comunicare. Dopo la realizzazione del prodotto, le esperienze del mondo reale vengono raccolte prima a livello individuale e poi combinate attraverso l'analisi statistica. Queste conoscenze possono poi essere generalizzate e aggiunte ad un modello di prodotto descritto attraverso parametri specifici, da inserire nel ciclo a spirale; dopo diversi giri della spirale, la base della soluzione diventerà più ricca ed offrirà al progettista livelli crescenti di conoscenza del ciclo di vita del prodotto.

## **5) STUDIO DELLO SCARTO INDUSTRIALE: COMPrensIONE DEGLI OUTPUT E GESTIONE.**

In precedenza, sono stati definiti gli aspetti del modello riguardanti il metodo collaborativo tra accademia ed industria, il metodo conoscitivo dell'azienda, le conoscenze necessarie alla comprensione della filiera e le conoscenze necessarie alla comprensione della sfera organizzativa. In questo paragrafo verranno presentate le strategie di comprensione dei flussi materici, con particolare attenzione alle metodologie di quantificazione e gestione degli output fisici di scarto. Per comprendere il movimento dei prodotti fisici all'interno del sistema aziendale, il modello presuppone uno schema preliminare di analisi dello scarto industriale impostato su parametri quantitativi, e successivamente una seconda analisi di carattere qualitativo, in grado di definire la tipologia di materiale ed il grado di degradamento. Una volta acquisite le informazioni di carattere quantitativo/qualitativo, il modello approfondisce le motivazioni e le cause dietro alla generazione dello scarto, insieme alle migliori strategie per gestirlo. Infatti, dopo aver identificato le cause generanti lo scarto, sarà più facile valutare con quale modalità gestirlo, monitorando i vantaggi e gli svantaggi sulla base degli obiettivi di sistema prefissati.

### **5.1) SCARTI INDUSTRIALI PLASTICI: PROCESSO DI QUANTIFICAZIONE.**

I rifiuti plastici, come gli scarti del processo produttivo o il materiale di scarto dei prodotti monouso, sono una delle componenti principali del sistema rifiuti dei processi industriali. Durante l'attività industriale, si possono identificare due specifici flussi di scarti provenienti da due attività diverse, che operano all'interno dello stabilimento in modo parallelo. Il primo flusso è innescato principalmente dal processo di produzione, nel quale la trasformazione di input grezzi in output finali genera inevitabilmente prodotti di scarto, la cui quantità è correlata al prodotto ed alla tecnologia di produzione. Il secondo flusso di rifiuti plastici è dovuto principalmente ai processi organizzativi e strutturali, che avvengono all'interno dello stabilimento parallelamente al processo produttivo, spesso destinati alla manutenzione degli edifici ed alle attività del personale. Questo flusso comprende i rifiuti degli uffici, i rifiuti di costruzione e demolizione e i rifiuti delle mense del personale o dei punti ristoro.

Effettuando un esempio relativo al primo flusso e prendendo in considerazione la tecnologia di stampaggio rotazionale, osserviamo che questa, per raggiungere i parametri operativi necessari, richiede una o più fasi di "riscaldamento", momento in cui gli stampi vengono portati a temperatura processando prodotti appositamente destinati allo scarto. Il materiale grezzo utilizzato per effettuare questi processi di

“riscaldamento” è spesso derivato da differenti tipologie di scarti plastici, presenti in stabilimento come output di altri processi ed utilizzati senza particolari classificazioni materiche. Riguardo il secondo flusso invece, bisogna accuratamente considerare che, oltre alla percentuale dovuta alle attività di produzione, i rifiuti plastici sono generati anche dalla vita quotidiana del personale che lavora e vive nelle industrie, in questo senso, i principali rifiuti plastici sono generati dal consumo di merci imballate, come bottiglie in PET e materiali del packaging. [23]

La quantificazione totale dei rifiuti plastici prodotti da un sistema industriale dipende da entrambi questi due fattori. Per determinare un percorso progettuale che riesca a trasformare lo scarto plastico in risorsa, bisogna pertanto analizzare, all'interno del sistema produttivo ed organizzativo, la qualità e la quantità dello scarto relativa a questi due processi principali. La qualità dello scarto plastico dipende principalmente dalla varietà dei polimeri scartati e dalla tipologia di lavorazione che hanno subito, mentre la quantificazione dipende principalmente dalle dimensioni della produzione e del sistema organizzativo, in rapporto con l'efficienza della tecnologia e degli operatori. L'identificazione di uno specifico caso studio aziendale, in grado di generare quantità sostanziali di rifiuti plastici, è essenziale per mettere in relazione l'analisi olistica di sistema con uno scenario realistico dei processi produttivi. In uno scenario di produzione industriale di dimensioni rilevanti, sono infatti presenti una serie di processi industriali interconnessi, con dimensioni e tecnologie specifiche, che determinano significative differenze tra i flussi del sistema produttivo. Per realizzare un modello preliminare riguardanti i diversi flussi di scarto plastico della Cornaglia, originati dagli output di diverse tipologie di processi, l'approccio utilizzato mira perciò a ripercorrere i report e le registrazioni interne dello stabilimento relative ad ogni singolo output di processo, cercando di ottenere informazioni complete sulla gestione degli scarti plastici ad ogni livello del sistema, caso per caso, tenendo in considerazione quanto incida lo scarto sulle tempistiche e sulle risorse aziendali.

## 5.2) LA GESTIONE DELLO SCARTO CON IL METODO OLISTICO DI RACCOLTA DATI.

L'osservazione, l'identificazione e l'analisi dei processi attuali e futuri, e delle loro componenti, sono il requisito fondamentale per sviluppare un sistema valido, orientato a convertire i rifiuti industriali plastici in una risorsa industriale innovativa. Le informazioni sulle quantità, le tipologie e la qualità degli elementi di scarto sono necessarie al progetto per determinare la tecnologia e la tipologia di processo da mettere in atto, le sue dimensioni, le specifiche delle attrezzature e gli aspetti organizzativi del sistema; i dati, in ultima analisi, potrebbero contribuire inoltre alla determinazione della fattibilità economica dell'attività pianificata.

Il primo passo per procedere alla raccolta dei dati è quello di stabilire chiaramente i confini di studio del sistema, circoscrivere la ricerca relativa ai settori di produzione in termini di copertura geografica e amministrativa, al fine di ottenere l'identificazione degli elementi critici presenti all'interno del processo. In seguito, è necessario organizzare le informazioni relative ai modelli industriali e le modalità con il quale essi comunicano, al fine di valutare la loro influenza sui livelli del processo produttivo e la tendenza nel generare elementi di scarto; c'è infatti una forte correlazione tra la crescita economica di un settore industriale, o il suo tasso di industrializzazione, e la produzione di rifiuti di plastica all'interno dei processi produttivi. L'attenzione posta sui processi interni e sul modo in cui questi si relazionano con il sistema circostante, ci permette di comprendere i fattori organizzativi dell'azienda all'interno dell'intero sistema industriale. Questa comprensione ci fornisce una base di informazioni riguardante le necessità istituzionali ed economiche da soddisfare, al fine di implementare efficacemente un nuovo sistema di gestione circolare dei rifiuti plastici. La ricerca è destinata ad identificare anche gli attori esterni che hanno responsabilità sul sistema, come il governo o il produttore di servizi destinati alla raccolta, al trasporto e al trattamento dei rifiuti plastici. E' essenziale infatti stimare le tipologie e le quantità di rifiuti plastici generati all'origine, quanti di essi viene trasportato al sito di smaltimento e quanto viene riciclato o riutilizzato all'interno dei processi produttivi.

Possiamo riassumere le informazioni fondamentali sul quale si concentrerà la raccolta dati in questi cinque cluster:

- **Quantità di materiali plastici** generati all'interno dei confini geografici/industriali delimitati per il progetto, in rapporto a quanti vengono scartati.
- **Quantità di scarto** che raggiunge la stazione di trasferimento o il sito di smaltimento e quantità che viene deviata per il riciclaggio o il riutilizzo.

- **Qualità dello scarto plastico**, come viene prodotto e conservato.
- **Proprietà meccaniche degli scarti plastici**, in rapporto alla tecnologia da usare per processarli.
- **Classificazione di tipo chimico/fisico**, in grado di valutare la tecnologia adatta alla sua lavorazione.

Oltre a stabilire i confini e a specificare i settori, è importante raccogliere le informazioni relative alle politiche, alle classificazioni nazionali del settore industriale e qualsiasi altra informazione disponibile a livello locale sui rifiuti in generale e sui rifiuti di plastica in particolare. Pertanto, per lo studio del caso Cornaglia, le informazioni raccolte prima dell'analisi sul campo riguarderanno anche la dimensione e il numero di processi esterni che generano rifiuti plastici nella stessa area, le normative locali sui rifiuti plastici ed i dati primari della proporzione dei rifiuti plastici nel settore industriale di appartenenza.

### 5.3) COMPrensione DELLO SCARTO INTERNO DEGLI STABILIMENTI INDUSTRIALI

Si stima che ogni anno a causa della produzione industriale vengano prodotte circa 300 milioni di tonnellate di rifiuti plastici [24]. Grandi quantità di rifiuti polimerici sono generati in tutto il mondo a causa della vasta applicazione dei prodotti plastici, come nel settore automobilistico, ma anche in quello alimentare o del retail. Un rapporto dell'Agencia Per la Protezione dell'Ambiente ha dimostrato che di diverse tonnellate di rifiuti plastici generati annualmente, solo il 7% viene riciclato o riutilizzato, mentre circa l'8% viene incenerito e il rimanente viene disposto in una discarica;[25] tuttavia, gli elevati costi e l'energia associati al processo di smaltimento in discarica hanno fatto sì che questi rifiuti si smaltissero anche all'interno di luoghi non convenzionali come i corpi idrici.

La consapevolezza condivisa riguardo questa problematica ha innescato negli ultimi anni lo sviluppo di diverse strategie di gestione dello scarto plastico, come l'ottimizzazione dei siti di smaltimento, l'implementazione di processi di riciclaggio, la sperimentazione su materiali biobased e l'educazione circa le pratiche di riutilizzo. Tali strategie, conclamate dagli attori industriali, sono spesso efficaci solo se adattate al caso particolare, attraverso un'etica progettuale in grado di disegnare soluzioni su misura per processi industriali brevi e dedicati. Dal punto di vista ideologico, le strategie di riciclo e conversione energetica dello scarto potrebbero essere applicabili a tutti i modelli industriali, ma approfondendo i benefici ed i limiti di ogni strategia, in rapporto al caso aziendale qui studiato, la situazione aumenta gradualmente di complessità. Le strategie di gestione dello scarto devono riuscire a trovare un punto d'incontro con le necessità produttive, spesso priorità delle aziende, ma per farlo devono adattarsi efficacemente al sistema produttivo specifico senza alterarlo drasticamente.

Qui di seguito si cercherà perciò di comprendere nello specifico i limiti ed i benefici delle varie strategie di gestione dello scarto e del rifiuto plastico, cercando di identificare la soluzione migliore da adottare per gestire lo scarto plastico presente all'interno degli stabilimenti Cornaglia.

24\_ J. Jambeck, B. Denise, "Challenges and emerging solutions to the land-based plastic waste", 2018.

25\_ EPA, "Summary of Expert Discussion Forum on Possible Human Health Risks From Microplastics in the Marine Environment", 2015.

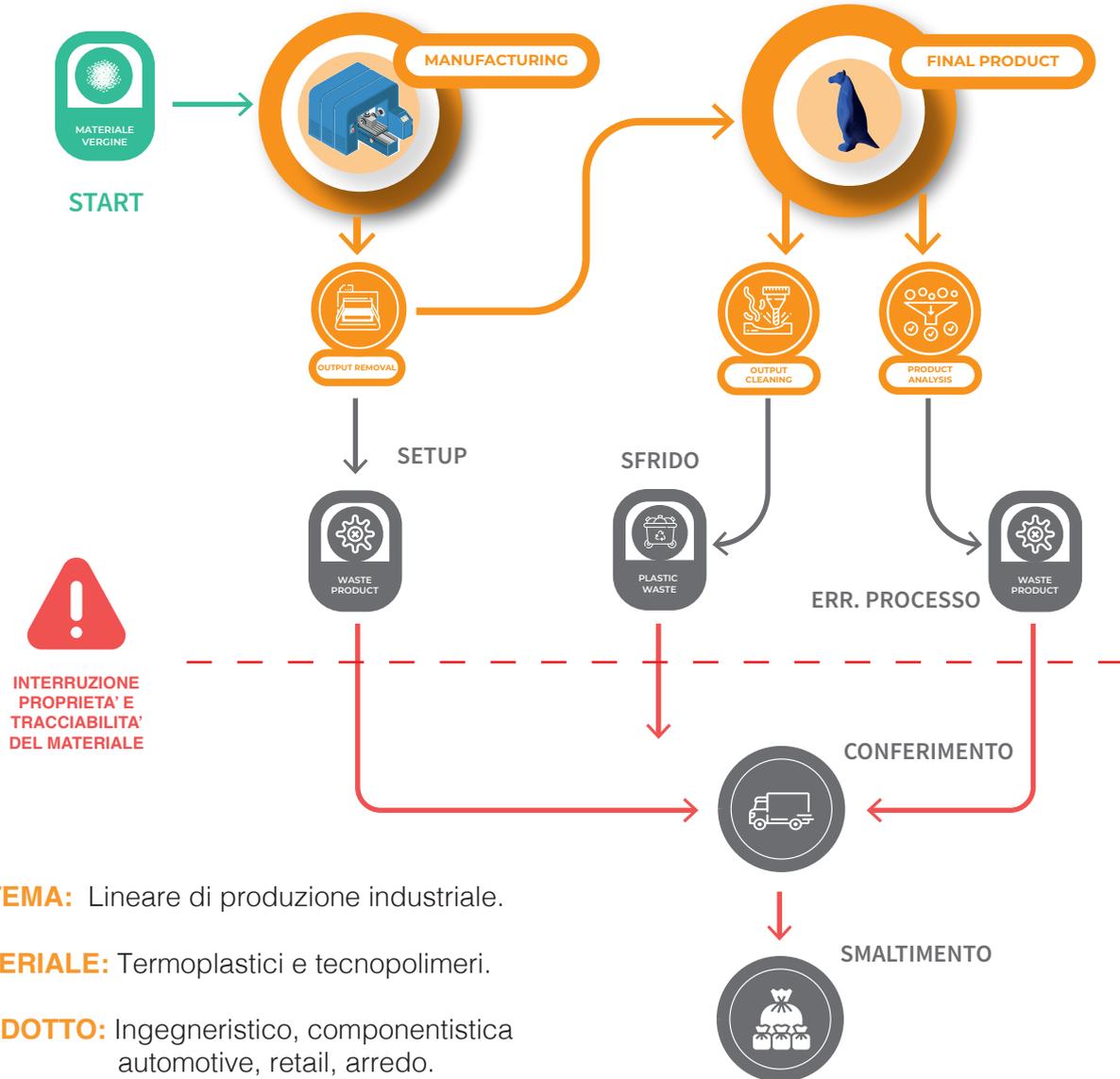
## 5.4) VANTAGGI E LIMITI DELLO SMALTIMENTO DEGLI SCARTI PLASTICI.

Lo smaltimento di rifiuti plastici è inserito all'interno del sistema di smaltimento tradizionale dei rifiuti generici. Generalmente le pratiche di smaltimento comprendono due processi principali, il processo di incenerimento dei rifiuti o il trasporto verso i luoghi di discarica. L'incenerimento è attualmente la pratica di smaltimento più produttiva, in grado di concedere un parziale recupero del contenuto energetico della plastica. L'energia utile recuperata può variare notevolmente a seconda dell'uso per il quale viene destinata, se per la produzione di elettricità o per la cogenerazione di calore. I processi di recupero dell'energia possono essere il modo più adatto per trattare la plastica altamente mista, come quella derivata dai residui della triturazione dei prodotti automotive. [26] Quasi tutti i rifiuti che vengono bruciati potrebbero essere usati per generare elettricità in quelli che sono chiamati schemi di energia per gli stabilimenti, dove le famiglie e le industrie potrebbero beneficiare dell'elettricità o del calore prodotti dai propri scarti. [26] Inoltre, il vapore prodotto dall'incenerimento si presenta come una fonte di energia a basso costo se riciclato, e la cenere prodotta da questi inceneritori potrebbe essere utilizzata nell'industria edile e stradale. L'incenerimento potrebbe anche portare ad una riduzione del volume dei rifiuti di circa il novanta per cento, particolarmente importante per le piccole città dove lo spazio è scarso e le discariche non sono un'opzione valida per una gestione ottimale degli scarti. Il vantaggio principale rimane il fatto che la produzione di energia elettrica e termica dai rifiuti permette di conservare le fonti di energia convenzionali, come i combustibili fossili.

Considerando gli aspetti negativi della pratica, lo svantaggio principale riguarda le potenziali sostanze inquinanti presenti nelle ceneri prodotte dall'inceneritore e quelle emesse dagli attori che gestiscono il trasporto del materiale. L'incenerimento riduce la necessità di smaltire in discarica i rifiuti di plastica, tuttavia, esiste la preoccupazione che durante il processo possano essere rilasciate nell'atmosfera sostanze pericolose. Effettuando un esempio, il PVC e gli additivi alogenati sono tipicamente presenti nei rifiuti di plastica misti, con il rischio di rilascio nell'ambiente di diossine ed altre molecole nocive.[27] Queste emissioni potrebbero essere distribuite attraverso le catene alimentari e accumularsi per un lungo periodo di tempo, con un impatto sia sugli ecosistemi che sulla salute umana. Come conseguenza di questo rischio di inquinamento percepito, l'incenerimento della plastica, come pratica di smaltimento, è meno diffuso rispetto al trasporto in discarica o al riciclaggio meccanico; molte persone sono infatti contrarie a costruire inceneritori per la processazione della plastica all'interno, o nelle vicinanze, delle loro comunità.

26\_ I. S. Arvanitoyannis , L. A. Bosnea, "Recycling of polymeric materials used for food packaging", 2001.

27\_ J. Hopewell, R. Dvorak, E. Kosior, "Plastics recycling: challenges and opportunities.", 2009



**SISTEMA:** Lineare di produzione industriale.

**MATERIALE:** Termoplastici e tecnopolimeri.

**PRODOTTO:** Ingegneristico, componentistica automotive, retail, arredo.

**Descrizione:** Processo produttivo lineare con trasformazione di materia prima vergine in prodotto finito, attraverso tecnologie di stampaggio e finitura. Scarto di stampaggio e finitura gestito come rifiuto da conferire e da smaltire.

**Impatto:**

Iniezione: 0,9 -1,6 kWh/kg, Soffiaggio: 2-2,6 kWh/kg  
Rotazionale: 6kWh/kg tutti + carico base tech.

Trasporto: Un veicolo che trasporta 50 kg di carico produce 30 gr di CO2 a chilometro. Un bilico di 12 t produce 7 kg di CO2 a chilometro.

Produzione materiale: 6 kg CO2 x 1kg di polimero.

Smaltimento disc: 1,39 kg di Co2 x 1 kg di polimero.

**Costi:**

Materiale vergine (kg): Costo materia prima

Gestione prodotto (processo): macchinari, analisi, finitura, costampaggio, e tutti i costi gestionali del processo.

Conferimento rifiuto (viaggio) : Costo secco per ogni trasporto.

Smaltimento (kg) : Costo al kg per tipologia e quantità di materiale smaltito. polimero.

Smaltimento disc: 1,39 kg di Co2 x 1 kg di polimero.

Un altro svantaggio è rappresentato dai costi iniziali di avvio sostenuti per la costruzione di un inceneritore di rifiuti, per la produzione di elettricità e per i costi di manutenzione dell'impianto, spese che escluderebbero l'incenerimento generalizzato come una valida alternativa alla dismissione in discarica.

Da qui, se i rifiuti non vengono bruciati, probabilmente vengono destinati alla discarica, considerata l'opzione più facile ed economica da intraprendere ma meno rispettosa delle necessità ambientali. La discarica rimane oggi l'approccio convenzionale alla gestione dei rifiuti, ma lo spazio per le discariche sta diventando sempre più scarso in alcuni paesi, a causa delle politiche superficiali riguardanti la gestione dei rifiuti ed alla costante ricezione di rifiuti esteri. Bisogna considerare che una discarica ben gestita comporta comunque un danno ambientale immediato limitato, al di là dell'impatto della raccolta e del trasporto, sebbene vi siano rischi a lungo termine di contaminazione del suolo e delle acque sotterranee, da parte di alcuni additivi e sottoprodotti di decomposizione nella plastica, che possono diventare inquinanti organici persistenti. La connotazione negativa della pratica di smaltimento in discarica deriva principalmente da una gestione superficiale del sistema, mirata principalmente a soddisfare requisiti economici, non ambientali. Uno dei principali svantaggi delle discariche, dal punto di vista sistemico, è infatti che nessuna delle risorse materiali viene recuperata, il flusso materico è lineare e unidirezionale piuttosto che circolare, e l'accumulo persistente di tale materiale incide progressivamente sulla qualità del territorio nel quale è presente.

## 5.5) VANTAGGI E LIMITI DEL RICICLAGGIO DEGLI SCARTI PLASTICI.

Riciclare un materiale è un processo che permette di trasformare i materiali di scarto, e la loro composizione, in nuovi prodotti da inserire nel mercato industriale, prevenendo lo spreco di materiali potenzialmente utili. La terminologia che circonda i processi di riciclaggio della plastica è complessa ed a volte confusionaria, a causa della vasta gamma di attività di riciclaggio e recupero. Queste includono quattro categorie principali:

- **Riciclaggio primario:** ritrattamento meccanico di un elemento in un prodotto con proprietà meccaniche equivalenti.
- **Riciclaggio secondario:** ritrattamento meccanico di un elemento in prodotti che richiedono proprietà meccaniche inferiori.
- **Riciclaggio terziario:** recupero dei costituenti chimici di un materiale per la riconversione in un materiale diverso.
- **Riciclaggio quaternario:** recupero di energia da un materiale attraverso la sua trasformazione chimica.

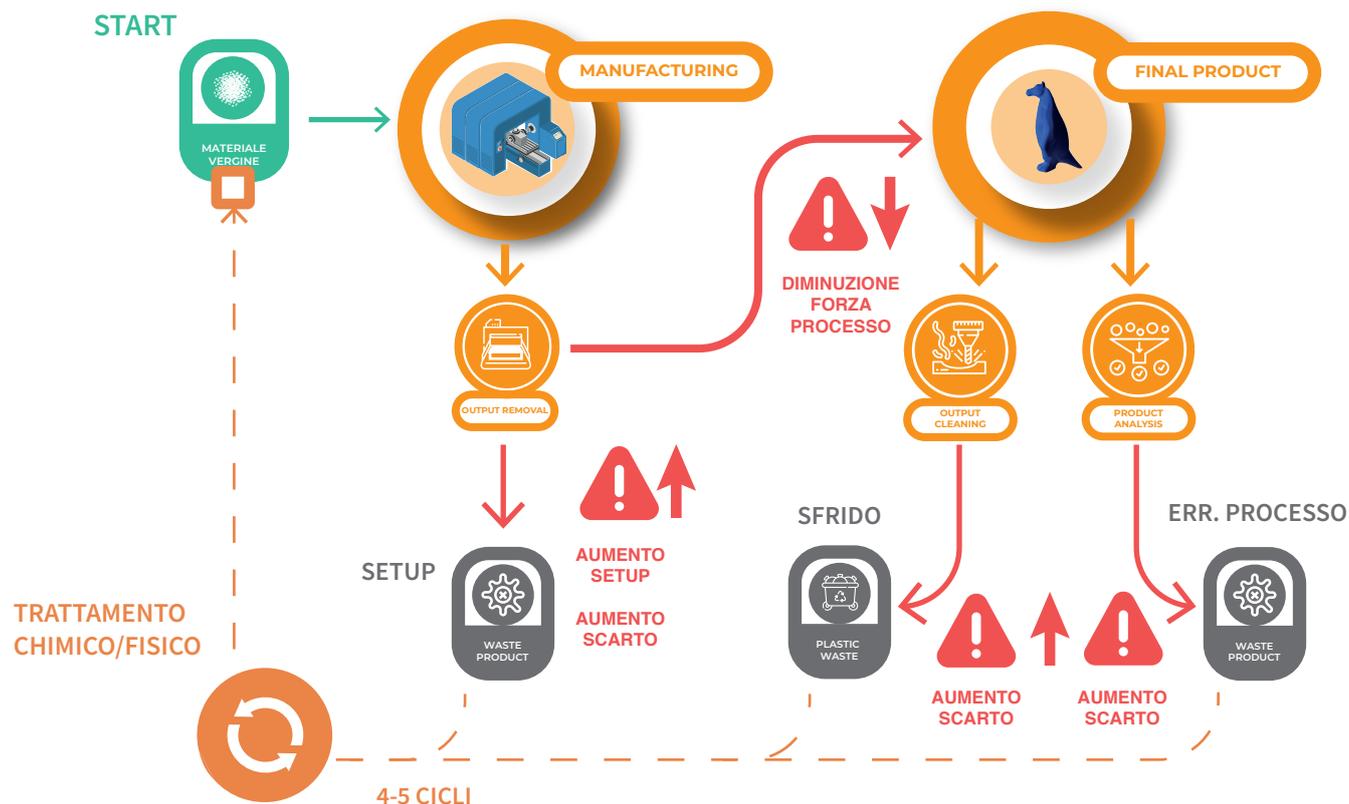
Il riciclaggio primario è spesso indicato come riciclaggio a ciclo chiuso, il riciclaggio secondario come declassamento, il riciclaggio terziario e quaternario sono descritti come riciclaggi chimici o di materie prime e si applicano quando il polimero viene de-polimerizzato ai suoi costituenti chimici. Le plastiche biodegradabili possono anche essere composte, e questo è un ulteriore esempio di riciclaggio terziario, ed è anche descritto come riciclaggio organico o biologico. [28]

Il riciclaggio riduce l'uso di materiali vergini ed agisce per ridurre l'uso di energia in più direzioni, riduce infatti l'inquinamento dell'aria dovuto all'incenerimento dei rifiuti, riduce l'inquinamento dell'acqua dovuto alla sedimentazione dei rifiuti nel terreno, riduce la necessità di smaltimento dei rifiuti convenzionali, ed ha minori emissioni di gas serra rispetto alla produzione di materiale vergine. Quindi, con tutti questi benefici, ci si deve chiedere se ci sono limiti a un processo che può avere un effetto così positivo sull'ambiente. I limiti del processo di riciclaggio sono spesso considerati in termini di energia, pericoli, costi e pratiche da parte di organizzazioni e paesi. Ci sono tuttavia anche questioni sociali legate ad una superficiale implementazione dell'attuale sistema di riciclaggio. Un esempio riguarda la creazione di posti di lavoro spesso con salari bassi e condizioni di lavoro terribili nei paesi in via di sviluppo o in aree prive di molte normative ambientali o di tutela

28\_ M. Fisher, "Plastics recycling.", In *Plastics and the environment*, 2004.

dei lavoratori; questi lavori destinati al riciclo di materiali da esportazione possono causare condizioni deprecabili sia per i lavoratori che per le comunità circostanti. Inoltre, la motivazione dei consumatori nel riciclare i loro prodotti di scarto potrebbe non corrispondere alla motivazione dello stato nel far sì che questo possa accadere, negando alle persone la possibilità di essere coinvolte nelle iniziative nazionali o locali.

Un primo limite identificabile è da attribuire alla richiesta energetica, elettrica e fisica, che questo processo richiede. Il riciclaggio di materiali come la plastica è infatti estremamente dispendioso in termini di energia: prima che le plastiche possano essere fuse e mescolate insieme, richiedono una cernita, di solito a mano, in quanto ci sono molti tipi diversi di plastica, di solito indicati da una speciale marcatura numerica; in tutto il mondo sette gruppi di polimeri plastici hanno ricevuto un codice di identificazione della plastica che le persone usano per il riciclaggio. Il limite maggiore del riciclaggio, tuttavia, è che non tutti i materiali possono essere riciclati o questi possono essere riciclati solo un certo numero di volte prima che perdano la loro qualità. Alcuni materiali, una volta utilizzati, dovranno sempre essere dismessi o smaltiti, poiché non esistono attualmente modalità atte a renderli nuovamente utili per un nuovo processo produttivo. La maggior parte dei diversi tipi di plastica non sono compatibili tra loro a causa della loro intrinseca immiscibilità a livello molecolare e delle differenze nei requisiti di lavorazione su scala macroscopica, di conseguenza, spesso non è tecnicamente possibile aggiungere la plastica recuperata al polimero vergine senza diminuire alcuni attributi qualitativi, come il colore o le proprietà meccaniche, come resistenza all'impatto e durezza. Questo concetto, noto come processo di downcycling, gioca un ruolo chiave nel sistema di riciclaggio complessivo. Il termine è spesso usato per descrivere il processo dietro un prodotto riciclato, che non è strutturalmente forte come il prodotto originale, realizzato con materiali vergini, dal quale questo è ottenuto. I materiali che derivano da questo processo possono quindi essere utilizzati solo per realizzare un tipo di prodotto diverso da quello originale; è anche possibile realizzare il prodotto originale ma utilizzando solo una minima porzione dei materiali riciclati. La maggior parte delle plastiche può essere riciclata nella sua forma originale solo una o due volte prima di dover essere convertita in materiale per prodotti di abbigliamento o legname. In alcuni casi, il prodotto derivante dalla plastica convertita non potrebbe però essere riciclato ulteriormente, ad esempio, se uno scarto plastico venisse convertito in materia prima per la produzione di una giacca, la giacca non potrebbe poi essere ritrattata come lo scarto plastico d'origine, innescando un nuovo processo, con nuove spese energetiche, per la sua dismissione. Il processo di downcycling di un materiale costringe perciò le aziende a poter utilizzare materiale riciclato solo in minima parte. Se la produzione di una azienda non è abbastanza segmentata, ma si concentra principalmente sulla produzione specifica di un prodotto, con specifici parametri fisico/chimici, è molto difficile che questa possa trovare sostituti validi al materiale vergine. Un prodotto specifico è attualmente il risultato di un



**SISTEMA:** Circolare ma non futuribile. Raggiunge massimo 4-5 cicli, aumenta lo scarto interno ed indebolisce il processo: i costi della materia prima scendono ma aumentano i costi di gestione del processo, arrivando il più delle volte ad un pareggio sia economico che dei consumi.

**MATERIALE:** In rapporto 60/40 % - 70/30 % tra polimero vergine e polimero riciclato per preservare le caratteristiche fisiche del materiale. Nel caso Hytrel, sfrido macinato fa scendere costi materia prima da 6 a 4 euro, ma i costi di gestione dei fermi macchina, più l'aumento dello scarto e aumento dei viaggi per conferimento e smaltimento, pareggiano i costi finali.

**PRODOTTO:** Ingegneristico, componentistica automotive, retail, arredo.

**Descrizione:** Processo circolare di trattamento fisico dello scarto con successivo reinserimento, a monte del processo produttivo, come materia prima. Usando come esempio il caso Hytrel, tecnopolimero a base PET, il cui sfrido viene macinato e reinserito come granulo per lo stampaggio ad iniezione. Per gestire i cicli vita del materiale devo coordinare i processi ed avere una tracciabilità sicura del materiale durante i cicli, una mancata tracciabilità del materiale causa un'aumento della non conformità del prodotto finale.

**Impatto:** Processo: 90% energia serve per avviamento macchina, aumento turni = aumento consumi tecnologia e 1kWh è uguale a 0,4332 kg di CO<sub>2</sub>.

Materiale: 6 kg CO<sub>2</sub> x 1 kg di polimero.

Smaltimento: 1,39 kg di Co<sub>2</sub> x 1 kg di polimero.

**Aspettativa di vita:** 4-5 Cicli

percorso progettuale che analizza diversi componenti a monte del progetto, come i parametri fisico/chimici della materia prima ed i requisiti della tecnologia per una processazione ottimale. Spesso, il prodotto industriale appartiene ad un percorso progettuale lineare che funziona in modo fluido ed ottimale solo quando le componenti del sistema rimangono invariate. La quantità di materiale necessario, la tecnologia di lavorazione e la spesa energetica richiesta per la produzione di un prodotto sono strettamente basate sulle proprietà del materiale e della tecnologia da utilizzare; il cambiamento di uno di questi due fattori costringerebbe l'azienda a riorganizzare l'intero sistema produttivo. Il piano industriale di alcune aziende attualmente attive è ancora troppo radicato ad un sistema lineare statico, nel quale avvengono piccole implementazioni circolari generalmente destinate a soddisfare le richieste istituzionali relative a politiche di consumo e riciclo. Attualmente, l'utilizzo di materiali riciclati "nuovi" per la produzione di prodotti industriali "vecchi" non è economicamente sostenibile. La valorizzazione dei materiali riciclati passa attraverso la progettazione di prodotti nuovi, innovativi, destinati a soddisfare i bisogni di una nuova generazione di consumatori, molto più attenta al processo ed al ciclo di vita di un prodotto in rapporto alle sue funzionalità meccaniche o estetiche.

Una soluzione molto sponsorizzata nell'era contemporanea, legata al riciclo di un materiale plastico, è quella di una sua trasformazione in un compound organico bio-based, generalmente chiamata bioplastica. La bioplastica è una plastica biodegradabile, ciò significa che è compostabile e può essere scomposta dal risultato dell'azione batterica presente nel terreno quando viene smaltita. Anche se questo risulta inizialmente un vantaggio, ci sono ancora problematiche relative alle bioplastiche che devono essere risolte. Le bioplastiche sono facilmente compostabili, tuttavia non così facilmente come i normali materiali vegetali. Mentre una forchetta di bioplastica è compostabile, essa richiede un compostaggio commerciale ad alta intensità di calore e ad alta temperatura perché ciò avvenga in modo rapido. I tassi di degradazione della bioplastica variano considerevolmente tra le discariche, gli ambienti terrestri/marini ed i luoghi preposti alla loro degradazione programmata. Anche quando un oggetto bioplastico si degrada sotto l'influenza degli agenti atmosferici, si scompone inizialmente in pezzi più piccoli di detriti di plastica, mantenendo il polimero, che può non necessariamente degradare completamente in un lasso di tempo significativo. Di conseguenza, quantità sostanziali di plastica a fine vita si accumulerebbero comunque nelle discariche, come nell'ambiente naturale, con conseguenti problemi di gestione dei rifiuti e danni ambientali. Oltre la loro degradabilità relativa, attribuibile alla sorgente d'origine del materiale organico del quale sono composte, è presente inoltre una seconda criticità da annotare alle bioplastiche. Le bioplastiche spesso provengono da materie prime rinnovabili come l'amido, il mais o la cellulosa, ovvero materiali derivati dalle piante, e quindi la questione etica si pone su dove la terra debba essere usata per coltivare le colture di bioplastiche e dove invece per le colture di prodotti alimentari. Se dovessimo sostituire i prodotti di plastica attuale con una soluzione di origine

organica, mantenendo gli stessi regimi produttivi, lo spazio di terra coltivabile necessario alla bioplastica potrebbe realmente mettere in pericolo la produzione dei beni alimentari mondiali. [29]. L'alternativa migliore sarebbe ridurre del tutto l'uso delle materie plastiche e ridurre la quantità di imballaggi utilizzati per ogni articolo, di modo da ridurre sicuramente il volume dei rifiuti. Questo principio è, tuttavia, controbilanciato dallo scenario industriale attuale, orientato verso la convenienza ed i vantaggi economici che possono garantire l'utilizzo di imballaggi e prodotti plastici, oltre che dall'effetto degli investimenti esistenti nei macchinari e nel processo di produzione.

29\_ J.A. Dutton, "Lesson 2- Economic, Environmental, and Societal Issues in Materials Science: Limits of polymers recycling", 2014.

## 5.6) VANTAGGI E LIMITI DEL “RIUSO” DEGLI SCARTI PLASTICI.

Con il termine “riuso” o “riutilizzo” dello scarto plastico industriale si indicano tutte le tipologie di pratiche, spesso puramente concettuali, attuate da una azienda per ricavare vantaggi economici da un materiale di scarto, il vantaggio economico è considerevolmente maggiore in questo caso, a causa delle minori risorse energetiche richieste dal processo di “riuso” rispetto a quello di riciclaggio dei materiali. Si può affermare che i requisiti principali che determinano i vantaggi di un ipotetico riuso dello scarto, all’interno dell’ambiente aziendale, si concentrano sia sulla progettazione di prodotti che favoriscano la creazione di un sistema di riuso del prodotto, sia sullo sviluppo di operazioni e sistemi di supporto che facilitino l’utilizzo di elementi preesistenti all’interno dei progetti futuri. Fondamentalmente, il prerequisito principale nel riutilizzo di progetti o prodotti è quello di rendere i progetti riutilizzabili per le generazioni future, poi conservare e catalogare questi elementi in modo che possano andare a comporre un database di parametri progettuali, utili ai futuri progettisti quando dovranno rimettere mano sul progetto [30]. Il riutilizzo di un prodotto industriale è reso possibile dalla rottura del vecchio paradigma progettuale al quale esso apparteneva. Un progettista può riutilizzare un progetto con finalità diverse rispetto a quelle per cui era stato concepito, questo senza intaccare il prodotto fisico, semplicemente esplorando le possibilità laterali trascurate dai precedenti progettisti. Il riutilizzo di uno scarto o di un prodotto finale è un metodo che coinvolge puramente la sfera ideologica, è una riconsiderazione del prodotto, una transizione concettuale delle linee guida del progetto, che permette la creazione di un nuovo scenario di destinazione.

La progettazione industriale può essere categorizzata attraverso due tipologie metodiche: la progettazione attraverso il riuso o la progettazione per il riuso. La progettazione che viene attuata grazie a pratiche di riutilizzo, attraverso riuso di scarti o di vecchie componenti, comprende l’identificazione e l’estrazione di possibili frammenti di conoscenza riutilizzabili abilitando il miglioramento del loro contenuto di informazioni da parte dei designers successivi [31]. La progettazione per il riutilizzo è invece un metodo che mira a realizzare progetti che sarà possibile riutilizzare efficacemente in futuro, se rielaborati correttamente. Questa pratica consentirebbe la creazione di una libreria dati nel quale poter accedere alla conoscenza condivisa, abilitando l’identificazione, la razionalizzazione, l’estrazione e l’immagazzinamento di frammenti di conoscenza di uno specifico dominio di progettazione basato sulla conoscenza relativa a progetti o artefatti passati [31]. In altre parole, si può affermare che la progettazione per il riutilizzo sia un abilitatore della progettazione attraverso il riutilizzo. Dal punto di vista industriale, bisogna comunque considerare che la progettazione di un elemento riutilizzabile richiederebbe più tempo rispetto a un elemento unico nel suo genere, perché il progettista dovrebbe assicurarsi che l’elemento possa essere utilizzato anche in altre varianti di prodotto e non solo nel

30\_ J. Pakkanen, P. Huhtala, T. Juuti, “Achieving benefits with design reuse in manufacturing industry”, 2016.  
31\_ A. H. Duffy, A. F. Ferns, “An analysis of design reuse benefits”, 1998.

singolo caso. Approfondendo la possibilità di attuare un progetto utile alla creazione di un sistema di riutilizzo dello scarto, è chiara la necessità di realizzare, attraverso questa tesi, un percorso progettuale le cui linee guida possano essere riutilizzate in futuro. Per fare questo, è necessario che la progettazione sia strutturata per un riutilizzo futuro, ma la realizzazione del prodotto fisico, invece, potrebbe essere attuata attraverso pratiche di riuso dello scarto materico industriale; come detto in precedenza, il sistema potrebbe essere creato sfruttando la stretta relazione di queste due pratiche: attraverso il riuso sarà possibile realizzare progetti per il riuso.

In questo senso, progettare per un riutilizzo futuro del prodotto significa enfatizzare la progettazione che consente e supporta l'implementazione di una struttura condivisa, di un sistema di dati in grado di gestire efficacemente le varianti progettuali. La modularizzazione delle informazioni conoscitive e dello sviluppo di piattaforme di prodotto, discussi nel paragrafo 4, insieme allo sviluppo di famiglie di prodotti, sono i principali approcci che supportano questo obiettivo; risultano equamente importanti anche la parametrizzazione della struttura progettuale e la standardizzazione del design. La modularizzazione delle informazioni viene spesso presentata come una strategia di sviluppo del prodotto mirata a riutilizzare le stesse componenti industriali per progetti diversi, in aziende in cui sono necessarie diverse varianti di prodotto per soddisfare le esigenze dei clienti. La modularizzazione comprende la definizione di un'architettura modulare, cioè la definizione dei moduli e delle interfacce utente per ridurre la complessità delle operazioni tra le componenti aziendali; in altre parole è definibile come una struttura di concetti in grado di dialogare ed interfacciarsi in modo semplice con l'utente finale. Il riutilizzo dei moduli, dei parametri dei moduli, delle interfacce e delle architetture potrebbe supportare una efficiente progettazione differenziata all'interno dello stesso stabilimento industriale. Dal punto di vista delle informazioni, è possibile riutilizzare molti tipi di informazioni e concetti. Le possibilità conoscitive comprendono le funzionalità, i progetti e le variabili di progettazione, le persone e le relazioni, i processi, la tecnologia, le interfacce, il sistema d'appartenenza, i sottosistemi, i componenti e infine le singole parti. I membri di una famiglia di prodotti possono condividere, ad esempio, moduli e altri elementi relativi alle informazioni di prodotto. La progettazione parametrica è un'altra modalità per supportare il riutilizzo, aumentando la comunanza tra le varianti. Gli approcci CAD e CAE, ad esempio, sono discussi dal punto di vista del riutilizzo dei componenti e della progettazione parametrica, basata su modelli geometrici, i cui parametri incorporano regole di progettazione che vengono riutilizzate continuamente [32]. La standardizzazione è un abilitatore del riutilizzo progettuale, poiché il prodotto, o i suoi elementi, non possiedono una così complessa variabilità delle funzioni e delle scelte estetiche. La standardizzazione si riferisce agli elementi del prodotto ed alle interfacce che permettono all'utente di relazionarsi con gli elementi del prodotto. In supporto alla realizzazione di un sistema di riuso dello scarto industriale sono considerate anche le ontologie concettuali, strategie di comunicazione mirate a rappresentare

componenti concettuali del progetto, per facilitarne il riutilizzo. Le ontologie possono essere considerate come basi di conoscenza necessarie al progetto per determinare una struttura logica e motivazionale, con cui effettuare e giustificare le scelte progettuali.

Nell'industria moderna, l'intera funzione ingegneristica e progettuale potrebbe diventare un collo di bottiglia nella realizzazione di prodotti industriali efficienti [33]. Fare straordinari, assumere più personale o negoziare tempi di consegna più lunghi, per risolvere gli effetti del sovraccarico, non sono soluzioni sostenibili e non risolvono la causa del sovraccarico, ma il riutilizzo sistemico dei metodi progettuali potrebbe essere una soluzione per migliorare la produttività [33], senza aumentare gli impatti ambientali ed economici. Sono stati segnalati diversi vantaggi legati al riutilizzo degli elementi progettuali durante l'attività industriale. Il riutilizzo della progettazione aiuterebbe le aziende a ridurre gli sforzi e i rischi, evitando errori di mercato e incertezze nello sviluppo di prodotti innovativi, riducendo i costi e i tempi di sviluppo, aiuterebbe inoltre a far familiarizzare il personale di produzione con la progettazione del prodotto ed i consumatori a mantenere una certa confidenza con il suo utilizzo. È stato dimostrato nella modularizzazione, nella famiglia di prodotti e nel contesto della piattaforma di prodotto che è possibile fornire varianti di prodotto specifiche per il cliente, ottenendo allo stesso tempo benefici con il riutilizzo del design. Il riutilizzo della progettazione utilizzando famiglie di prodotti e piattaforme informative permetterebbe di offrire varietà senza un aumento radicale dei costi.[30]

Nonostante i numerosi vantaggi, all'interno dello scenario di riuso dei prodotti industriali sono presenti anche alcuni svantaggi. Il riutilizzo del design potrebbe scoraggiare l'innovatività e porterebbe alla fissazione del design su pratiche appartenenti sempre al passato [32]. Inoltre, alcuni fattori specifici, appartenenti a determinati prodotti, sono in grado di rendere impossibile il riutilizzo all'interno di progetti successivi. Sono stati identificati cinque aspetti principali, appartenenti ai prodotti industriali, che spesso impediscono il riutilizzo del loro design, questi sono da attribuire a: fattori ingegneristici, fattori cognitivi, fattori motivazionali, fattori organizzativi e fattori ambientali [33]. Gli aspetti ingegneristici includono, ad esempio, la logica della "progettazione oscura", tipologia di progettazione le cui metodologie sono inaccessibili a causa dei brevetti o della segretezza aziendale, attuata per mantenere il controllo su un prodotto. I fattori cognitivi considerano la possibilità che i progettisti abbiano un pregiudizio negativo verso l'identificazione di aspetti favorevoli della progettazione passata, spesso considerata "obsoleta" dalle generazioni successive [33]. I fattori motivazionali ed organizzativi evidenziano invece i limiti strutturali ed economici per il quale un'entità industriale non riesce ad attuare processi diversi da quelli in atto [33]. Un altro importante fattore organizzativo è anche la comprensione delle differenze di autorità tra le varie figure amministrative e le tempistiche con il quale queste effettuano decisioni; il tempo è infatti un importante fattore aziendale, una lenta pianificazione industriale potrebbe

33\_ J. S. Busby, "The problem with design reuse: An investigation into outcomes and antecedent", 1999.

minacciare la valorizzazione delle pratiche di riuso dello scarto in favore di soluzioni più veloci ed immediate.

Cercando di riassumere, i modelli di riutilizzo sono a volte considerati onerosi, o una cosa appartenente al passato. Tuttavia, i modelli di riutilizzo innovativi, all'interno dello scenario industriale, possono sbloccare vantaggi significativi, che potrebbero essere resi possibili dalle tecnologie digitali o dallo spostamento delle preferenze degli utenti finali. Tali modelli possono aiutare a fornire esperienze utente superiori, a personalizzare i prodotti in base alle esigenze individuali, a raccogliere tutte le intuizioni progettuali, a costruire la fedeltà al marchio, a ottimizzare le operazioni e a risparmiare sui costi. Il riutilizzo degli elementi esistenti nella progettazione può aumentare l'efficienza della ricerca e sviluppo, consentendo il miglioramento delle operazioni grazie all'aumento delle ripetizioni e dell'apprendimento. Le varianti di prodotto possono essere gestite progettando nuove varianti o modificando le varianti esistenti in base ai nuovi requisiti, scalando i prodotti esistenti o i loro moduli e componenti. I sistemi informativi dovrebbero supportare la capacità dei progettisti di riutilizzare le informazioni utili appartenenti a vecchi progetti per la creazione di nuovi. I sistemi di riutilizzo dei progetti dovrebbero evidenziare come la conoscenza debba venire memorizzata, rappresentata, trovata e utilizzata al meglio, attraverso interfacce di dialogo semplici. I metodi di progettazione industriale potrebbero essere considerati, in questo senso, come metodi di riutilizzo della progettazione precedente, in cui i principi fondamentali sono riutilizzati; definendo comunque istanze di progettazione specifiche per lo scenario applicativo. Anche il concetto di comprensione condivisa e di rappresentazione della conoscenza si riferisce al riutilizzo di progetti, secondo cui risulta di fondamentale importanza comprendere e condividere le informazioni riguardo le fasi del progetto, i concetti del prodotto e del suo ciclo vita.

## **6) LA FATTIBILITÀ DEL SISTEMA CIRCOLARE ALL'INTERNO DEI PIANI INDUSTRIALI DELLA CORNAGLIA.**

Definiti tutti i precedenti strumenti necessari alla comprensione dell'attuale stato dell'arte del sistema, è chiara la necessità di mettere a rapporto la fotografia della situazione attuale con il punto d'arrivo prospettato per il futuro. L'ultima riflessione necessaria, prima di iniziare attivamente a costruire il nuovo sistema, riguarda la previsione di fattibilità dell'impostazione generale. Non tutti i sistemi industriali sono pronti, oggi, ad affrontare in modo sostenibile un cambio di impostazione, passando da una produzione lineare ad una circolare. La previsione di fattibilità si può ottenere valutando lo stato di salute dell'azienda in rapporto alle tematiche presentate nei capitoli precedenti. Se dalle rilevazioni sull'azienda si rileva una forte attività di collaborazione con gli atenei, una storia relativamente giovane, un sistema produttivo snello, un sistema informativo efficace ed una percentuale di "scarto" gestita in modo ottimale, è ovvia la sua futuribilità sul mercato. Dall'altro lato, un'azienda storica, slegata dall'innovazione accademica e di ricerca, con enormi flussi materici, canali informativi strozzati e una gestione dell'output basilare, sicuramente avrà problemi ad adattarsi non solo al mercato circolare ma all'intera disciplina sistemica.

Bisogna considerare che entrambi gli esempi non sono comunque casi ideali nel quale la disciplina sistemica può esprimere a pieno le proprie potenzialità. Sono infatti situazioni estreme, nel senso positivo e negativo del termine, in cui sarebbe difficile integrare una modifica efficiente che possa fare la differenza. E' importante capire che la grande maggioranza delle industrie italiane si pone nel mezzo di queste caratteristiche, cioè convive con dei costi e degli impatti considerati fisiologici per la sostenibilità produttiva. Quello che è importante fare, in seguito ad aver valutato le potenzialità dell'azienda, consiste nell'analizzare il mercato di destinazione, individuando quello più coerente con gli obiettivi di sistema che si vogliono raggiungere, e, successivamente, verificando come la nuova configurazione di sistema si adatti al panorama industriale con il quale dovrà convivere. Questa analisi ci permetterà di capire come strutturare il sistema per ottenere una condizione ideale, necessaria al raggiungimento della configurazione circolare, ma senza che la modifica sconvolga la condizione attuale e comprometta la possibilità di raggiungimento degli obiettivi finali.

## 6.1) ANALISI DELLE CONDIZIONI DEL MERCATO CIRCOLARE DI DESTINAZIONE.

L'utilizzo di risorse provenienti da processi di riciclo potrebbe, nei prossimi anni, evolversi in un nuovo importante settore dell'economia Europea, poiché i ricavi diretti provenienti dal riciclaggio costituiscono, già al giorno d'oggi, un fattore economico considerevole ed in costante crescita. Circoscrivere gli obiettivi e le aree di intervento di tale processo è un prerequisito fondamentale per avere un minor impatto in termini ambientali, ma anche per predisporre una situazione sostenibile a livello economico e sociale. Si è recentemente stimato che applicando tassi di riciclaggio più elevati in tutti gli stati membri dell'Unione Europea, si potrebbero creare fino a 50.000 nuovi posti di lavoro entro il 2020, destinati all'organizzazione delle catene di riciclaggio, e comprendenti gli operatori di processo ed i lavoratori che operano nella gestione dei rifiuti. [34] Un aumento della consapevolezza circa l'importanza dei processi di riciclo/riuso inciderebbe in modo positivo sul livello occupazionale, a monte ed a valle dei processi, nonché sull'economia in generale, con la conseguente creazione di ulteriori 75.000 posti di lavoro indiretti riguardanti la costruzione di nuovi impianti di riciclaggio, la progettazione e produzione di attrezzature specifiche, la manutenzione degli impianti e degli stabilimenti, la ricerca e l'innovazione, nonché i posti di lavoro legati all'amministrazione e alla gestione. Questo numero potrebbe crescere fino a 80.000 posti di lavoro diretti e 120.000 posti di lavoro indiretti entro il 2025. [34] Per quanto riguarda la creazione di posti di lavoro diretti, l'aumento più significativo si verificherebbe nella cernita e nella separazione dei materiali, nonché nella raccolta e nel riciclaggio. Vale anche la pena notare che i posti di lavoro diretti, generati sulla base dei modelli attuali, sarebbero principalmente legati a lavoratori poco qualificati, spesso esclusi da quelle aree di lavoro considerate innovative. L'ampiezza del sistema legato ai processi di riciclo, sebbene coinvolga aree di lavoro diverse, permette la co-partecipazione di figure lavorative molto variegata, agendo in modo positivo sull'inclusione sociale e sulla riduzione della povertà, fattori critici che riguardano un elevato numero di persone con minori possibilità di occupazione. Il recupero di energia da materiali riciclabili, d'altra parte, presenta potenzialità molto più limitate, con un impatto minimo sulla creazione di posti di lavoro.

Secondo il rapporto pubblicato da PlasticsEurope e che include i dati per il 2020 dell'industria europea della plastica, essa comprende più di 55.000 aziende, che forniscono occupazione diretta a più di 1,56 milioni di persone, con un fatturato annuo di oltre 350 miliardi di euro nel 2019. [35] Nello stesso anno, l'industria europea delle materie plastiche ha contribuito con 28,5 miliardi di euro alle finanze pubbliche e al benessere, raggiungendo il 7° posto in Europa in termini di contributo al valore aggiunto industriale, allo stesso livello dell'industria farmaceutica ed avvicinandosi di molto all'industria chimica. [35]

34\_ J. Gasset, L. Iannotti, " Market analysis for treatment of plastic waste market", 2018.

Considerando i vantaggi tecnici delle risorse materiche destinate ai processi di riciclo/riuso, bisogna anche considerare come il prezzo di tali risorse dipenda da un lato dall'offerta e dalla domanda di materiale di scarto plastico, dall'altro dal prezzo del petrolio greggio, che influenza fortemente il prezzo del materiale vergine. Dal 2003 al 2007 il prezzo della plastica riciclata è salito a livelli superiori a 350 €/tonnellata, rimanendo comunque una risorsa più economica rispetto alla plastica vergine. [35] Nel 2013 il prezzo è tornato al livello del 2007 con circa 370 €/tonnellata, da allora il prezzo è sceso continuamente fino a 301 €/tonnellata nel Settembre 2016, con una meddi potenziali contratti di appalto ed applicazione. [35] Il settore pubblico dovrebbe essere un importante attore del sistema, applicando, ad esempio, le risorse originate dai processi di riciclo per la produzione di attrezzature e veicoli per il trasporto pubblico. La crescente preoccupazione dell'amministrazione pubblica nell'assicurare strategie municipali più ecologiche potrebbe, in aggiunta, funzionare come potenziale generatore di opportunità di mercato per i materiali riciclati.

- **Aumento della domanda di prodotti riciclati:** Dovrebbe essere implementata una maggiore integrazione dei programmi di riciclaggio nelle strategie ambientali competenti, favorendo non solo il processo in sè ma anche l'utilizzo dei materiali derivanti direttamente da esso. Attualmente, le attività normative e le iniziative pubbliche esistenti si concentrano più sul recupero dei rifiuti plastici piuttosto che sull'uso di materiali riciclati. Le normative dovrebbero essere anche dirette ad aumentare la domanda di prodotti originati dallo scarto plastico, innescando un tendenza progettuale specifica per questo scopo.

- **Aumentare la consapevolezza dell'utente:** I mercati dei prodotti riciclati evidenziano un più ampio successo nei paesi o nelle regioni che beneficiano di una maggiore consapevolezza dei consumatori, in merito ai prodotti preferibili dal punto di vista ambientale, implementando un nuovo settore di mercato a partire da una domanda di prodotti ecologici da parte dei consumatori. Le collaborazioni strategiche con i dipartimenti della pubblica amministrazione, le ONG e i gruppi di consumatori contribuirebbero in percentuali notevoli ad aumentare la consapevolezza dei consumatori riguardo a questi prodotti ed ai processi con quale avviene la loro produzione.

35\_ Association of Plastic Manufacturers, " An analysis of European plastics production, demand and waste data" 2020.

## 6.2) PREVISIONI DI APPLICABILITÀ DEL SISTEMA CIRCOLARE NEL SETTORE INDUSTRIALE

Le realtà industriali sono sistemi informativi complessi, descritti attraverso innumerevoli strumenti organizzativi con l'utilizzo di informazioni qualitative o quantitative, al fine di gestire il corretto funzionamento dei processi produttivi e sociali all'interno dei perimetri aziendali. Per comprendere in modo efficace i casi aziendali, è necessario un quadro concettuale di partenza, utile a codificare le informazioni ed a fornire una struttura di dati eterogenei, in grado di rilevare le criticità dei modelli commerciali in uso. I modelli industriali possono essere ottenuti attraverso una combinazione di strategie commerciali attuate dalle aziende, come visioni ed obiettivi a lungo termine, o processi operativi dedicati alla creazione di canali comunicativi con i clienti; questi fattori sono un'ideale "unità di analisi", utili per capire le modalità di creazione del valore all'interno dei processi industriali. I sistemi industriali che attualmente operano nel contesto della plastica, si concentrano principalmente sull'integrazione di processi di riciclaggio e sulla creazione di valore dai rifiuti, così come sullo sviluppo della bioplastica; manifestando un interesse ambientale legato principalmente alle richieste degli standard Europei, senza operare oltre. Poche realtà industriali si sono attualmente qualificate come imprese a tripla linea di beneficio sostenibile, riportando benefici ambientali ed economici, ma non sociali.

Nonostante le differenze tra le tipologie di industrie Italiane ed Europee, la maggior parte include, all'interno dei propri piani industriali, un'interpretazione di quattro componenti principali: in primo luogo, la proposta di valore, che si definisce come il bene unico o il servizio che l'azienda vuole commercializzare, ed è la caratteristica portante che definisce il perno su cui ruota il sistema industriale. La seconda componente riguarda l'interfaccia con il cliente, che rappresenta l'insieme dei canali e delle strategie usate per commercializzare la proposta di valore ai clienti, potenziali ed effettivi. La terza componente riguarda l'infrastruttura che coinvolge i partner chiave, le risorse e le attività necessarie per fornire l'elemento di valore, comprese le catene di fornitura a monte e le attività di lavorazione in stabilimento. L'ultima componente coinvolge la struttura finanziaria, composta dai flussi di costi e di ricavi, in grado di incidere concretamente sulla redditività del modello industriale.

[36] Poiché la plastica è un materiale usato in quasi tutti i settori industriali, esiste un'ampia gamma di modelli che incorporano la plastica direttamente o indirettamente nella loro struttura di valore. Comunemente, è condiviso che le aziende che integrino obiettivi ambientali nella loro strategia organizzativa o nelle loro proposte di valore implementino modelli di sistema industriale molto più sostenibili. I modelli di business, chiamati anche piani industriali, definiti sostenibili sono emersi come estensioni naturali di precedenti modelli di business, come il Triple-Bottom Line Business Canvas, aggiungendo valore sociale e ambientale ai tradizionali modelli proposti precedentemente. [36] Attualmente esistono molte

36\_ H. Dijkstra, P. van Beukering, R. Brouwer, "Business models and sustainable plastic management: A systematic review of the literature", 2020.

definizioni diverse di modelli di business sostenibili, una definizione completa è stata proposta da Geissdoerfer come: “modelli di business che incorporano una gestione proattiva multi-stakeholder, la creazione di valore monetario e non monetario per una vasta gamma di stakeholder, e hanno una prospettiva di applicabilità orientata sul lungo termine”. [37]

Questi modelli sostenibili possono essere ulteriormente classificati usando gli otto archetipi proposti da Bocken. [38] Questi archetipi rappresentano modalità operative con cui le aziende sarebbero in grado di integrare la sostenibilità nella pratica aziendale, definendo diversi modi con cui le aziende sarebbero in grado di fornire benefici ambientali e sociali. Gli archetipi di Bocken possono essere applicati indipendentemente, o combinati per fornire molteplici benefici, e sono declinati come riportato di seguito:

- Massimizzare l'efficienza energetica e l'efficienza dei materiali industriali.
- Creare valore dagli elementi di scarto industriale.
- Sostituire le fonti energetiche tradizionali con energie rinnovabili.
- Fornire funzionalità invece che proprietà, cioè fornire prodotti come servizio.
- Adottare un ruolo di gestione del sistema complessivo.
- Incoraggiare la sufficienza produttiva, minimizzando gli eccessi.
- Riutilizzare il business per garantire benefici alla società e all'ambiente.
- Sviluppare soluzioni scalabili su dimensioni industriali diverse.

Le linee guida proposte possono includere la progettazione al dettaglio “dalla culla alla culla”, ma anche il recupero di risorse tecniche, come la gestione dei rifiuti e l'economia circolare. Un sottosistema di modello sostenibile, inoltre, potrebbe costantemente concentrarsi sull'implementazione dell'economia circolare attraverso la progettazione di soluzioni innovative. L'economia circolare è infatti una ristrutturazione radicale della catena di approvvigionamento, in cui le risorse non fluiscono più linearmente dall'uso allo smaltimento, ma sono invece fatte circolare in modo perpetuo. L'implementazione di approcci circolari permetterebbe di eliminare i flussi di rifiuti e di chiudere i cicli di risorse, attraverso connessioni output-input generate da visioni di sistema innovative .

37\_ M. Geissdoerfer, “Sustainable business model innovation: a review”, 2018

38\_ N.M.P. Bocken, “A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes”, 2013.

### 6.3) LA GERARCHIA DEGLI SCARTI NEI MODELLI DI BUSINESS INDUSTRIALE.

La gerarchia degli scarti, anche denominata “gerarchia dei rifiuti plastici”, è un insieme organizzativo proposto dalla direttiva quadro sui rifiuti dell’UE [39] come un modo per dare priorità alla gestione dei rifiuti in base alle prestazioni ambientali, permettendo in questo modo alle realtà industriali di attuare strategie di ottimizzazione dei rifiuti interni. La gerarchia sostiene come missione prioritaria la prevenzione, fermando e prevenendo la creazione di plastica, applicando una sostituzione di materiali o canali di consegna alternativi in grado di fornire il servizio senza la presenza di un prodotto fisico; compresa la riparazione, la rimessa a nuovo o il riassettaggio di un prodotto. Viene in seguito proposto, come seconda priorità, il riciclaggio, compreso di upcycling e downcycling, dove il prodotto viene trasformato in un elemento nuovo di qualità superiore o inferiore. Il recupero energetico, posto di seguito nella gerarchia, comporta processi come l’incenerimento o la pirolisi, che catturano energia da quegli elementi plastici che sarebbero invece stati destinati alla disposizione in discarica. L’opzione finale, prevista dalla gerarchia è lo smaltimento, che può significare la messa in discarica, lo scarico o l’incenerimento senza recupero di energia dello scarto plastico. A causa della grande complessità nella gestione dei rifiuti plastici, è generalmente riconosciuto dalla comunità europea come la prevenzione sia, tra questi, il metodo ottimale per ridurre in modo efficace l’inquinamento da polimeri plastici.

Osservando l’organizzazione gerarchica delle azioni, possiamo notare come tutte le azioni descritte in precedenza siano effettuabili a monte del processo di smaltimento, quando lo scarto plastico è ancora nella fase di ricerca delle potenzialità migliori. Bisogna però considerare che, senza contare lo scarto prodotto recentemente, sul nostro pianeta, dagli anni Cinquanta del secolo scorso e con l’avvio della grande diffusione dell’utilizzo della plastica, abbiamo prodotto circa 8,3 miliardi di tonnellate di plastica, gettando complessivamente in natura circa 6,3 miliardi di tonnellate; oggi è un po’ tardi per la prevenzione. Il 79% di questa plastica è stata destinata all’abbandono nelle discariche e in tutti gli ambienti naturali, il 12% è stato incenerito e solo il 9% riciclato. [40] In questo senso, un’altra categoria della gerarchia cerca di recuperare la grande percentuale di scarti plastici già abbandonati e presenti nell’ambiente naturale, per coprire la cattura e la rimozione di quei rifiuti che non sono stati inseriti nei flussi di smaltimento adeguati. I rifiuti catturati potrebbero quindi essere reinseriti nell’economia della plastica e riciclati, riutilizzati, inceneriti o smaltiti in modo più appropriato. I rifiuti che sfuggono agli schemi di gestione tradizionali potrebbero invece essere difficili e costosi da rimuovere, si consideri l’isola di plastica oceanica del Pacifico o le microplastiche trovate nel ghiaccio marino artico. Catturare la plastica mal gestita potrebbe essere considerata l’azione meno efficiente per ridurre l’inquinamento attuale, in quanto agirebbe unicamente a valle del problema, ma rimane comunque un’azione necessaria, da

39\_ Directive 2008/98/EC \_European Parliament and of the Council on Waste and Repealing Certain Directives.  
40\_ R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law, “Production, use and fate of all plastic ever made”, 2017.

effettuare parallelamente alle pratiche di riduzione predisposte per il volume dei processi produttivi. La gerarchia dei rifiuti è un quadro utile per comunicare e dare priorità alla gestione dei rifiuti plastici industriali, ma ci sono alcune considerazioni a riguardo che vale la pena notare. A seconda della composizione del materiale plastico, alcune opzioni potrebbero non essere disponibili. Per esempio, la plastica secondaria, composta da materiali riciclati, spesso non può essere riciclata di nuovo, e deve essere utilizzata per la produzione di energia o per essere smaltita. Alcuni materiali compositi, come i fogli di plastica-carta-alluminio, che si trovano nei cartoni delle bevande, sono difficili da riutilizzare o riciclare, lasciando opzioni di trattamento limitate. Anche l'uso della bioplastica, termine che comprende la plastica fatta con materie prime organiche, e/o la plastica biodegradabile o compostabile, risulta controverso se approfondito in tutte le sue problematiche. Molte aziende stanno infatti pubblicizzando la bioplastica come un'alternativa sostenibile, tuttavia, molti prodotti in bioplastica non possono essere riciclati negli impianti di riciclaggio tradizionali e sono dannosi se contaminano i flussi di riciclaggio della plastica convenzionale.

Gli attori maggiormente coinvolti nella lavorazione plastica attuale sono stati analizzati dall'istituto di Studi Ambientali di Amsterdam, che è riuscito a codificarne la struttura sulla base delle singole componenti che costituiscono i modelli, come gli indicatori di sostenibilità, la posizione nella gerarchia dei rifiuti e la gestione degli archetipi sostenibili. I risultati proposti dallo studio, suggeriscono che il 55% dei modelli di business sostenibili per la plastica operano maggiormente all'interno del livello "riciclo" della gerarchia dei rifiuti, con circa il 16% dei casi che catturano la plastica dall'ambiente, l'11% che attuano politiche di prevenzione e il 9% che opta per il riutilizzo dei materiali plastici. [36] In termini di archetipi, i casi presi in esame determinano principalmente la creazione di valore dai rifiuti, e la ricerca di modi per imitare i processi naturali nella produzione di bioplastiche. Sebbene la sostenibilità sia definita dai tre pilastri: persone, pianeta e profitto, l'aspetto sociale della sostenibilità è stato menzionato in meno di un terzo dei casi. I modelli di business fortemente sostenibili, in termini di gestione del materiale polimerico, non sono inoltre ben rappresentati in letteratura, fattore rappresentativo dell'attuale distanza tra il mondo accademico ed il mondo industriale.

Attualmente, le principali barriere che limitano e scoraggiano la possibilità di attuare una gestione sostenibile della plastica includono i costi più alti delle tecnologie ed i blocchi subiti dall'industria a causa della pandemia da COVID 19, sperimentati in tutta la catena di approvvigionamento. Le azioni sostenibili sono spinte da molti fattori esterni e interni, tra cui la pressione normativa o industriale, l'impegno organizzativo, la concorrenza e la collaborazione, ma la bassa domanda di prodotti o servizi sostenibili, proposti a prezzi più alti, potrebbe causare un disinteresse generalizzato da parte di tutto il panorama industriale.

36\_ H. Dijkstra, P. van Beukering, R. Brouwer, "Business models and sustainable plastic management: A systematic review of the literature", 2020.

In questo senso, le principali opportunità per la plastica sostenibile dovrebbero garantire un vantaggio competitivo ed il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle risorse, uniche strategie con cui sarebbe possibile attuare un piano industriale efficiente e sostenibile. In conclusione, bisogna comunque considerare come il piccolo numero di modelli di business identificati nella revisione dell'Istituto di Studi Ambientali di Amsterdam permette un'analisi descrittiva delle strategie e dei modelli di business sostenibili, ma lo stesso basso campione di elementi impedisce qualsiasi ulteriore conclusione esplicativa o predittiva. In media di circa lo stesso prezzo per tonnellata negli anni successivi. Approfondendo i requisiti economici di acquisto dei materiali plastici vergini più comunemente usati e maggiormente coinvolti in questo progetto, possiamo stabilire il gap economico presente tra gli scarti plastici ed i materiali vergini appartenenti alla famiglia del polietilene, ovvero: il LDPE, l'HDPE ed il PET. Il prezzo medio nel 2019 dell'HDPE vergine era di 1367 €/tonnellata e la media del LDPE era di 1337 €/tonnellata, anche i prezzi del PET vergine erano relativamente alti, con una media di 1215 €/tonnellata nel corso del 2019. [35]

La gerarchia dei rifiuti può essere collegata a modelli industriali sostenibili solo riconoscendo il contesto finanziario e ambientale associato a ciascun livello. Esiste una relazione approssimativamente inversa tra le opportunità finanziarie/costi e le esternalità ambientali. Man mano che si scende nella gerarchia, gli impatti ambientali negativi aumentano, così come i costi finanziari. Consideriamo per approfondire l'esempio la prevenzione della plastica, che può essere implementata nella fase di progettazione o di produzione. Ci sono spesso risorse alternative e modi per fare prodotti senza plastica, e questa flessibilità è un'ottima opportunità per ridurre gli input e applicare delle riduzioni di prezzo. Man mano che si scende nella gerarchia dei rifiuti, le opportunità di business si riducono, a causa dei costi crescenti per la raccolta, lo smistamento, la pulizia e la trasformazione della plastica. Il contesto finanziario e ambientale potrebbe poi limitare il coinvolgimento del settore privato, mantenendo così il degrado ambientale. Tuttavia, il sostegno del governo, il cambiamento della domanda dei consumatori e i miglioramenti tecnologici possono portare a un cambiamento degli incentivi e a nuove opportunità di business.

Lo sviluppo del mercato relativo al riuso di componenti plastiche dovrà sempre affrontare delle variabili esterne come la domanda incerta del mercato, l'errata determinazione dei prezzi dei prodotti o la mancanza di informazioni e conoscenza da parte dei consumatori finali. Affrontare tali questioni richiede l'interazione dei settori della gestione e del riciclaggio dei rifiuti plastici, interni ed esterni, nonché il coinvolgimento attivo di tutti gli agenti competenti. In questo senso, di seguito sono riportate una serie di elementi e strategie da prendere in considerazione per contribuire, in modo efficace, a promuovere le potenzialità di mercato del sistema relativo al riuso degli scarti plastici.

- Implementazione di accordi strategici: La prima modalità, con cui sarebbe possibile valorizzare le proprietà di questo settore di mercato, riguarda la creazione di accordi strategici con diversi settori, dalla produzione polimerica alla vendita retail, migliorando l'accessibilità al mercato dei prodotti riciclati. Sebbene i settori dell'arredo e dell'edilizia si siano dimostrati forti utilizzatori di materiali riciclati, nuove aree di mercato, come nel settore degli articoli per la casa o delle attrezzature per esterni, possono ottenere notevoli opportunità dall'utilizzo degli scarti in plastica riciclata.
- Collaborazione con enti pubblici: Un'altra strategia, essenziale al corretto posizionamento del sistema in uno scenario di produzione futuribile, consiste nel lavorare in stretta collaborazione con le esigenze del territorio e con le necessità del tessuto sociale che lo compone.



Foto di Pixabay da Pexels

## CAPITOLO 2: RILIEVO OLISTICO E REALIZZAZIONE DEL MODELLO DI SISTEMA CIRCOLARE.

Definito il bagaglio di strumenti e conoscenze necessarie ad effettuare una fotografia veritiera dell'azienda Cornaglia, nei seguenti capitoli si andranno ad utilizzare tali strumenti per approfondire la comprensione del sistema aziendale e delle sue possibilità di sviluppo. Per consolidare la struttura del modello di studio, è importante fornire, insieme alle nozioni teoriche, una serie di metodologie e strategie pratiche, utili ad ottenere una comprensione olistica delle criticità e delle possibili soluzioni attuabili. Nei seguenti capitoli approfondiremo le strategie separandole in due fasi: le strategie valutate e le strategie attuate. Durante il percorso di ricerca, abbiamo infatti ritenuto utile riportare sia le strategie intraprese nel caso specifico di Cornaglia, sia quelle valutate parallelamente. La possibilità di idealizzare molteplici scenari risolutivi, in grado di raggiungere gli stessi obiettivi di sistema a partire da considerazioni diverse, aiuta notevolmente il team di progetto nella fase di valutazione della strategia migliore. Questa metodologia, non solo permette la selezione della strategia più adatta all'azienda, ma definisce anche quali potrebbero essere le strategie attuabili per le aziende dello stesso settore, con caratteristiche diverse. Allo stesso tempo, può indirizzare l'azienda verso una possibile "ristrutturazione totale", nel caso in cui i benefici di sistema prospettati, con un cambio di configurazione, siano notevolmente maggiori di quelli raggiungibili attraverso il mantenimento della configurazione attuale.

Nei seguenti paragrafi verranno quindi presentate le fasi di rilievo olistico riguardanti l'impresa, nel quale verranno circoscritte le aree di studio ed approfonditi gli elementi che le compongono, monitorando costantemente i flussi che connettono i diversi attori del sistema. Definita una prima analisi degli elementi che compongono il sistema e le modalità con il quale questi dialogano tra loro, verrà successivamente definito come, gli stessi elementi, dialogano con il territorio circostante, con i servizi commerciali e con gli attori esterni. In questo modo, avremo la fotografia reale non solo del sistema aziendale, ma anche delle azioni verso l'esterno che il sistema compie. Attraverso la definizione degli elementi di sistema e delle connessioni esterne, andremo a rappresentare la configurazione del sistema e della filiera produttiva della Cornaglia, visualizzando le connessioni nel quale si riscontrano problematiche e quelle nel quale si possono cogliere nuove opportunità. Una volta identificate le principali problematiche del sistema, verranno proposte delle nuove connessioni in grado di risolvere tali criticità, andando a proporre le configurazioni del sistema finale utili al raggiungimento dell'obiettivo di conversione circolare, ma con benefici e modalità di realizzazione diverse.

## **7) IL RILIEVO OLISTICO DELL'ORGANISMO INDUSTRIALE CORNAGLIA.**

### **7.1) CIRCOSCRIVERE IL PERIMETRO DI STUDIO.**

Il perimetro d'azione di Cornaglia, considerato nell'interezza dell'ambito produttivo che ricopre, è molto ampio, spaziando tra diversi mercati e settori produttivi. I pilastri principali del settore produttivo di Cornaglia sono i due ambiti nel quale vengono tenuti i ritmi di produzione maggiori: la divisione metallurgica e la divisione plastica. Mentre il settore metallurgico è in pancia all'azienda dalla data di fondazione, il settore plastico è cresciuto nel tempo proporzionalmente alla conversione dei materiali imposta dal mercato automotive, il quale ha aumentato notevolmente la domanda di componentistica plastica negli ultimi trent'anni. La scelta di intervento sistemico sul settore plastico è giustificabile dalle potenzialità di sviluppo che la disciplina sistemica, in rapporto ai suoi principi ed al suo know-how, può garantire in rispetto di un materiale polimerico, diversamente da un materiale metallico. Le possibilità di riutilizzo, ri-trasformazione e recupero che i materiali plastici possiedono, proprio grazie alle loro caratteristiche monomeriche, sono di gran lunga maggiori rispetto a quelle che può concedere un materiale metallico, soprattutto per le possibilità di diversificazione del prodotto finale. Inserendo nelle differenze anche le tecnologie di produzione e trasformazione, possiamo affermare con sicurezza che i due ambiti produttivi presentano sistemi produttivi e supply chain totalmente diverse, accomunate solamente dall'amministrazione congiunta. In poche parole: all'interno della stessa azienda, i due ambiti produttivi appartengono a due sistemi diversi ed autonomi. Perciò, è evidente la necessità di destinare gli sforzi sistemici al settore produttivo nel quale essi possono garantire maggiori benefici. Da qui, il nostro campo d'azione aumenta di precisione, definendo, ai fini di ricerca, il settore plastico come destinazione finale, analizzandolo per caratteristiche, dimensioni e posizionamento.

Al suo interno, la divisione plastica di Cornaglia sviluppa tre destinazioni di mercato diverse. La prima destinazione è il settore automotive, dal quale Cornaglia ottiene la maggior parte del suo "standard profit", con la produzione di serbatoi, filtri e sistemi completi di aspirazione dell'aria, insieme ad altra componentistica per il motore a scoppio. In questo settore, la produzione può arrivare a raggiungere in un solo stabilimento circa due milioni di pezzi prodotti l'anno, con uno scarto medio del 2,6%, per una fatturazione dal valore di circa 25 milione di Euro. I restanti settori produttivi, con l'evidente funzione di apripista per la diversificazione di mercato, sono il settore dei prodotti di retail e dell'arredamento, occupati da Cornaglia mantenendo l'utilizzo delle tecnologie di produzione dell'automotive. Per approfondire più concretamente lo studio delle dimensioni e delle caratteristiche relative al sistema produttivo plastico di Cornaglia, è utile prendere in esame una realtà tangibile, cioè un sistema produttivo circoscritto da uno stabilimento specifico.

La nostra ricerca si è quindi concentrata sull'analisi dei flussi relativi allo stabilimento di Villarbasse, uno dei più importanti stabilimenti della divisione plastica di Cornaglia in Piemonte, del quale abbiamo presentato poco sopra i numeri di produzione, scarto e fatturato. All'interno dello stabilimento di Villarbasse, in spazi diversi, veniva effettuata la produzione relativa a due dei tre settori di mercato: ovvero quello dell'automotive e quello del retail. Proprio durante le fasi di ricerca, nel momento in cui si stavano approfondendo le informazioni relative alla funzionalità degli spazi all'interno dello stabilimento, si è notata una strategia interessante in atto, poi confermata dal management aziendale. Cornaglia, nell'ultimo anno, ha intrapreso azioni di differenziazione degli spazi produttivi, delimitando fisicamente le zone interne dello stabilimento dedicate ai diversi settori produttivi. La tendenza consisteva nel miglioramento delle azioni di controllo e monitoraggio interno, raggiungibili isolando i sistemi produttivi appartenenti ai settori di mercato diversi. Queste iniziative, durante lo svolgimento della ricerca, avevano già preso piede, ma permettevano ancora ai diversi settori produttivi di convivere sotto lo stesso tetto. Il cambiamento evidente avvenne pochi mesi più tardi, quando la Cornaglia decise di esternare dallo stabilimento di Villarbasse le attività produttive slegate dall'ambito automotive. I settori dell'arredamento e del retail vennero quindi spostati, insieme alle tecnologie ed alle risorse ad essi destinate, in altri stabilimenti esterni. Questa soluzione, aumentò notevolmente la complessità di gestione del sistema aziendale, in particolar modo se effettuata su larga scala. Infatti, una strategia di questi tipo potrebbe sì rendere più semplice la gestione economica delle singole realtà, ma potrebbe anche andare a indebolire il senso di appartenenza al sistema, rendendo più difficile la creazione di connessioni interne efficienti. In seguito a tali decisioni, le tecnologie e le risorse dedicate al settore del retail, vennero perciò spostate in un nuovo stabilimento a Villanova D'Asti, mantenendo il centro di controllo operativo nello stabilimento di Villarbasse.

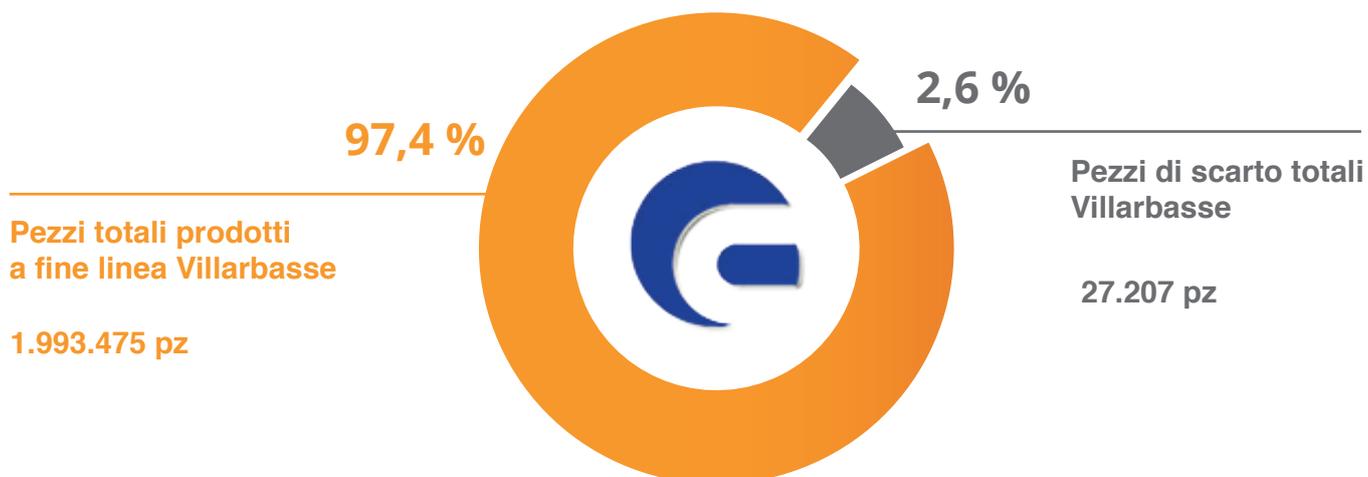
Durante le fasi di studio dell'organismo aziendale, venne valutata un'idea di riconversione dell'output in uscita da una tecnologia, per il reinserimento nella stessa, o in un'altra tipologia di macchinario. E' evidente però che l'allontanamento fisico delle tecnologie complicherebbe leggermente la possibilità di efficienza di un flusso di riutilizzo dell'output, soprattutto internamente al sistema aziendale. Nell'attuale condizione delocalizzata infatti, le attività di gestione e ri-distribuzione dell'output tra la rete di stabilimenti, sarebbe economicamente insostenibile come soluzione di riutilizzo degli scarti, in particolar modo se sostenuta direttamente dall'azienda. Per questo motivo, si è ipotizzata una soluzione che permetta alla Cornaglia di mantenere le distanze di settore, fornendo un collegamento tra i materiali in uscita a uno stabilimento con quelli in entrata di un altro. Ma come implementare una soluzione simile?

Queste criticità sono conseguenza diretta del carattere strutturato dell'azienda Cornaglia, le cui dinamiche hanno tempistiche molto simili a quelle di altre aziende del settore, ovvero tendenzialmente lente. Risulta perciò necessaria l'esigenza di fornire una soluzione progettuale che sia in linea con la macrostruttura dell'azienda, che non stravolga la condizione aziendale e le azioni che l'impresa compie nella normalità. Il senso della disciplina sistemica, infatti, non è quello di stravolgere la realtà per ottenere una condizione migliore, ma quello di fornire un nuovo punto di vista sui potenziali benefici già presenti, che semplicemente non si riescono a cogliere. Perciò, quello che bisognerà fare durante l'analisi del sistema produttivo dello stabilimento di Villarbasse, sarà tenere in considerazione il perimetro entro il quale tale sistema compie azioni, al fine di capire, a livello territoriale, quanto movimento genera il sistema a regime di produzione avviato e dove vengono destinati i diversi flussi materici ed informativi.

## **7.2) LE TECNOLOGIE: PRODUZIONE E GESTIONE DEL PRODOTTO FINITO.**

Il parco tecnologico posseduto dal gruppo Cornaglia non si differenzia troppo, in ampiezza, dalle diverse aziende del settore, quello che colpisce risulta essere la profondità di tale parco, che rivela un notevole numero di macchinari in possesso all'azienda. Il parco tecnologico completo può essere suddiviso in due grandi sottosistemi: le tecnologie per la lamiera e le tecnologie per la plastica. A loro volta, questi sottosistemi possono essere classificati in base alla tipologia di tecnologia ed al grado di aggiornamento che possiedono. Questa classificazione funzionale-qualitativa supporterà la definizione del grado di conversione raggiungibile da ogni tecnologia in funzione delle specifiche del processo produttivo, insieme alle proprietà del compound originato dagli scarti plastici che andremo a realizzare.

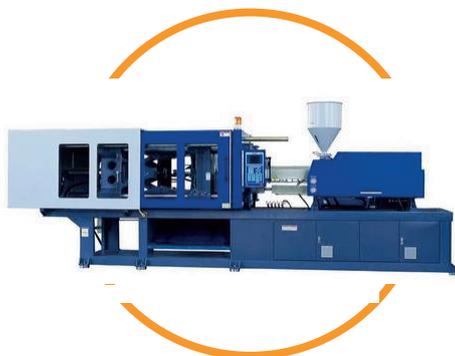
Approfondendo concretamente l'analisi, possiamo cominciare a circoscrivere i perimetri tecnologici nel quale ci muoveremo all'interno dell'area di Villarbasse, al fine di restituire al gruppo Cornaglia una configurazione di sistema in grado di generare valore economico a partire dallo scarto fisico, e migliorando le condizioni ambientali e sociali che ne sono diretta conseguenza. Durante questo progetto di tesi ci concentreremo nell'ottimizzare il sistema di gestione e riutilizzo dello scarto plastico, attuando strategie finalizzate alla sua riduzione e trasformazione in valore aziendale. Conseguentemente alla scelta del settore di studio, andremo a selezionare e circoscrivere le tecnologie del gruppo appartenenti a quel settore, ovvero quello plastico, identificando le principali che garantiscono il volume produttivo, e le secondarie, che garantiscono la corretta gestione del prodotto durante tutto il percorso di finitura e stoccaggio.



“[La produzione di scarto]...è determinata dalla capacità dell’azienda di adattare la tecnologia produttiva ad un processo industriale solido”

*Dejan Bajkovic*

L’ impatto economico dello scarto è determinato dal pagamento al kg di materiale che l’azienda sostiene per smaltire i prodotti, in aggiunta al costo a viaggio per il conferimento del rifiuto nel centro di smaltimento.



**STAMPAGGIO AD INIEZIONE**

50 Macchinari    13 in Stabilimento

Materiali trattati: **TERMOPLASTICI**

- Polipropilene (PP)
- ABS
- Policarbonato (PC)
- Poliammide (PA)
- Polietilene(PE)
- PET



**STAMPAGGIO ROTAZIONALE**

12 Macchinari    4 in Stabilimento

Materiali trattati: **TERMOPLASTICI**

- Polipropilene (PP)
- Poliammide (PA)
- Polietilene(PE)



**STAMPAGGIO A SOFFIAGGIO**

19 Macchinari    2 in Stabilimento

Materiali trattati: **TERMOPLASTICI  
TECNOPLIMERI**

- PP + EPDM
- PP + GLASS FIBER
- Poliammide (PA)
- Polietilene(PE)
- Nylon

Nel 2020, il volume produttivo della divisione plastica del gruppo Cornaglia ammonta a circa due milioni di pezzi prodotti, 1.993.475 per la precisione, con uno scarto pari al 2,6%; questi sono distribuiti tra le principali catene produttive, nel quale si pone al centro la tecnologia di produzione. Queste tecnologie principali di stampaggio plastico sono tre: lo stampaggio ad iniezione, lo stampaggio per soffiaggio e lo stampaggio rotazionale. Ognuna di queste possiede delle specifiche di processo e di funzionamento diverse: le condizioni dell'input in entrata, i consumi, le procedure di stampaggio, ma soprattutto la tipologia di scarto che viene generato. Per poter ottenere un quadro realistico delle possibilità di collegamento tra gli output di una tecnologia e gli input di un'altra, bisogna prima definire i punti di maggior vicinanza tra i processi delle varie tecnologie, e, parallelamente, quelli più lontani, nel quale sorgono differenze critiche. Una volta completato questo schema di punti in comune tra i processi, sarà più facile identificare quali tecnologie sono in grado di collegarsi meglio, definendo, in rapporto alle differenze di processo, quali punti in comune offrono maggiori opportunità di ottimizzazione delle risorse e del processo. Per fare tutto ciò, verranno riportate di seguito le descrizioni delle tre principali tecnologie di produzione che, diversamente dalle descrizioni preliminari fornite nel capitolo 1, andremo a definire sui casi specifici dei macchinari in possesso al gruppo Cornaglia. Quest'ultime saranno descritte in funzione delle specifiche di processo e prodotto che devono rispettare, delle possibilità di riconversione che possiedono e, soprattutto, delle opportunità di collegamento che potrebbero instaurare con le altre.

**Stampaggio per soffiaggio:** La prima tecnologia che andremo ad approfondire è quella che possiede il maggior volume di pezzi prodotti all'interno dello stabilimento, con 514.371 unità nel 2020, ovvero: lo stampaggio per soffiaggio. E' interessante approfondire un aspetto, delle 514.371 unità prodotte, 12.118 sono risultate non conformi e destinate allo scarto; la percentuale di scarto prodotta da questa tecnologia è la seconda più alta di tutte le tecnologie in possesso al gruppo Cornaglia, con il 2,36 % di scarto prodotto, per un valore economico di circa 53.000 euro. Le motivazioni dietro la percentuale di scarto sono da ricercare all'interno delle procedure operative e della tipologia di macchinario utilizzato. Osservato da un punto di vista numerico, la seconda percentuale più alta di scarto potrebbe risultare un fattore critico, ma va rapportata alle proprietà del processo e, soprattutto, alle specifiche del prodotto soffiato, che per configurazione e geometrie è un generatore standard di notevoli quantità di scarto polimerico. Per rinfrescare la memoria riguardo il processo di funzionamento dello stampaggio per soffiaggio, lo possiamo riassumere distinguendolo nelle sue fasi principali, ovvero quando il parison viene estruso dentro lo stampo aperto, quando lo stampo si chiude e si soffia l'aria dentro il parison ancora allo stato plastico, e quando viene infine raffreddato mediante circolazione di acqua, così da permettere al manufatto soffiato di mantenere la forma prestabilita una volta espulso dal macchinario. Il gruppo Cornaglia possiede 19 macchinari per lo stampaggio a soffiaggio ad estrusione, sparsi per il mondo, ma solo due di questi si trovano nello stabilimento di

Villarbasse. Questi due macchinari presenti a Villarbasse possiedono caratteristiche produttive diverse, il primo è infatti un macchinario prodotto da Kautex con capacità produttiva di 30 litri, mentre il secondo è un macchinario con capacità da 100 litri, prodotto da Uniloy. La caratteristica che accomuna questi due macchinari è però la tipologia di soffiaggio che eseguono. Questi due macchinari eseguono infatti uno stampaggio di tipo tradizionale, solo recentemente si sono implementati processi diversi per l'ottimizzazione del soffiaggio, uno tra questi, implementato da Cornaglia, identificato nella tipologia di soffiaggio tridimensionale.

Una delle differenze più critiche tra il soffiaggio tridimensionale e quello tradizionale è la quantità di scarto generato. Per comprendere le differenze di scarto generato, bisogna comprendere prima il funzionamento tecnico del soffiaggio tridimensionale. In questo tipo di processo il parison estruso ha un diametro inferiore rispetto alla cavità dello stampo, venendo mosso all'interno della forma dello stampo da un manipolatore automatizzato, che ne mantiene la lunghezza costante. La produzione di articoli curvi nelle tre dimensioni con la tecnologia di soffiaggio tradizionale crea invece una grande quantità di scarto in tutta la zona circostante la figura. Nel caso tradizionale infatti, il parison presenta una larghezza adatta ad involuppare l'intera sagoma, lasciando così "pizzicato" all'interno dello stampo gran parte del materiale estruso, che si trasforma in scarto da rimacinare. La tecnologia di soffiaggio tradizionale produce una grande quantità di materiale rimacinato, che solitamente si aggiunge al polimero vergine per partecipare ad un nuovo processo; ma in casi estremi, il peso dello scarto potrebbe addirittura superare quello dell'articolo prodotto. [1]

La tecnologia tridimensionale consente invece di ridurre notevolmente la tipologia di scarto definita "sfrido", ma resta fondamentale verificarne la percentuale di rimacinato utilizzabile. Da qui, si può definire come la tecnologia di soffiaggio tridimensionale sia nata principalmente per rispondere alle necessità di riduzione dello scarto interno, ma anche per rispondere alle nuove specifiche di montaggio e funzionalità dei prodotti richiesti dai clienti.

Qui di seguito, possiamo riassumere i benefici concessi dall'utilizzo della tecnologia di soffiaggio tridimensionale in confronto alla tipologia tradizionale:

- Minore produzione di sfrido o sbavature.
- Assenza della linea di saldatura/giunzione.
- Dimensioni del parison ridotte.
- Riduzione dei costi d'investimento per l'impiego di estrusori e di teste di accumulo di dimensioni ridotte, unità di chiusura stampo che richiede minore energia e assenza di apparecchiature per la rimozione della bava.
- Riduzione dei costi di esercizio a causa della minore quantità di materiale plastificato, potendo impiegare motori con minore potenza e unità di condizionamento con minore capacità termica.

1\_ P. Bertoldo, " Soffiaggio tridimensionale di tubi in materiale polimerico per applicazioni veicolistiche" 2000.

Approfondendo la descrizione della tipologia di macchinario, è interessante monitorarne il funzionamento in relazione con un caso specifico di pezzo prodotto, al fine di valutare le reali possibilità che può garantire questa tecnologia. Bisogna premettere come le applicazioni veicolistiche richiedono ai materiali plastici prestazioni molto elevate, che talvolta i comuni termoplastici non sono in grado di raggiungere. Approfondendo l'esempio dei tubi destinati al passaggio dei fluidi, questi subiscono spesso sollecitazioni dovute da sbalzi di temperatura e pressione che provocano veri e propri cicli di fatica nel materiale. Per rispondere in modo preciso al problema, si è integrato al soffiaggio tridimensionale la possibilità di estrudere polimeri diversi in modo sequenziato. L'estrusione sequenziale coinvolge una successione di due o più materiali lungo la direzione di estrusione. Il processo è impiegato tipicamente per realizzare tubi con caratteristiche di resistenza meccanica o termica, variabili in funzione della lunghezza. Questi impianti per il soffiaggio sequenziale sono dotati di più estrusori che convogliano il flusso di materiale nella testa di accumulo, qui un sistema di valvole controllate dall'elaboratore centrale, regola il passaggio della resina in funzione della sequenza impostata. La necessità di combinare diversi tipi di materie plastiche deriva dal fatto che, nessun materiale conosciuto oggi possiede le caratteristiche necessarie per soddisfare le richieste di mercato riferite a quelle determinate specifiche di prodotto. La tecnologia del soffiaggio si è evoluta per consentire la produzione di articoli con due o più materiali per formare strati con funzioni differenti. Un'altro caso, ad esempio, consiste nei recipienti per il contenimento dei fluidi, che richiedono un isolamento particolare per la componente volatile del fluido all'interno e dei tubi, per i quali è necessario un rivestimento delle pareti per sopportare stress termici o meccanici. Il processo, pur avendo raggiunto un elevato grado di affidabilità, presenta ancora alcuni punti critici, che richiedono particolare attenzione nella scelta del materiale e, soprattutto, delle macchine. Per quanto riguarda il polimero, esso deve garantire un'estrusione sufficientemente consistente a caldo, capace di auto-supportarsi per evitare variazioni di spessore e di diametro, che potrebbero andare a compromettere la forma, lo spessore ed il peso del manufatto finale. Questo porta a preferire polimeri ad elevato peso molecolare, caratterizzati da una più alta viscoelasticità, una migliore "stirabilità" e superiori resistenze meccaniche, termiche e chimiche del pezzo soffiato.

La tecnologia di soffiaggio si è sviluppata a partire dal 1950 e con essa si sono evoluti anche i materiali polimerici utilizzati. Le evoluzioni tecniche degli ultimi anni hanno innescato una spinta in avanti per la ricerca nel settore chimico, così da ottenere oggi una considerevole varietà di resine utilizzabili. In teoria è possibile utilizzare la maggior parte delle resine termoplastiche, ma per motivi attribuibili alle specifiche tecniche della tecnologia, i polimeri utilizzabili concretamente sono i seguenti:

- **PET**

- PA - Nylon
- Policarbonato
- HDPE
- LDPE
- Polipropilene
- Poliammide

Le qualità imposte dal processo di soffiaggio ad estrusione di un materiale termoplastico sono molto severe; è necessario infatti che la resina risponda in modo esatto e prevedibile a notevoli stress termici e meccanici. Per quantificare le qualità del materiale esistono parametri di riferimento ottenuti da fasi di sperimentazione preliminare, tendenzialmente effettuati in laboratorio, ed uno di questi, tra i più importanti, è il “melt index”. Questo parametro descrive la capacità del parison di autosostenersi senza allungarsi per effetto del proprio peso. Un elevato valore del melt index conferisce al parison stabilità dimensionale, al contrario un basso valore implica un forte allungamento verticale; per questo motivo i materiali dotati di un elevato melt index sono idonei al soffiaggio con estrusione. [1]

Infine, possiamo considerare come il raffreddamento dello stampo e del pezzo lavorato sia il vero “collo di bottiglia” del processo. Esso richiede infatti circa il 50% dei tempi complessivi di ogni ciclo. Sono stati quindi fatti notevoli sforzi per migliorare l’efficienza degli impianti di raffreddamento condizionando gli stampi, ma visto che spesso il calore da asportare non è uniforme sulla superficie dello stampo, si sono previste anche soluzioni in grado di implementare più zone di raffreddamento indipendenti.

**Stampaggio ad iniezione:** La seconda tecnologia principale che andremo ad approfondire riguarda lo stampaggio ad iniezione. Il gruppo Cornaglia è in possesso di un totale di 50 macchinari per lo stampaggio ad iniezione, con 13 di questi presenti nello stabilimento di Villarbasse. Le presse presentano capacità produttive e dimensioni diverse, e possono variare il loro peso dalle 450 alle 1500 tonnellate. Durante il 2020, Cornaglia ha prodotto attraverso la tecnologia ad iniezione 468.881 unità, con una percentuale di scarto dello 0,65%, la più bassa tra le tecnologie principali di produzione. Anche in questo caso, è interessante approfondire le motivazioni dietro la solidità del processo ad iniezione, al fine di comprendere quali fasi delle procedure operative determinano la percentuale di scarto e che sollecitazioni subisce il polimero durante le fasi di trasformazione. Approfondendo più nello specifico i macchinari di Cornaglia, le presse più largamente sviluppate ed utilizzate durante il processo produttivo sono quelle di tipo orizzontale, una tecnologia di produzione divisa in due gruppi fondamentali: il gruppo di iniezione ed il gruppo di chiusura. Si può definire l’unità di iniezione della pressa come l’insieme delle componenti che contribuiscono alla fase di plastificazione del polimero, i

*1\_ P. Bertoldo, “ Soffiaggio tridimensionale di tubi in materiale polimerico per applicazioni veicolistiche” 2000.*

quali attori principali sono: Il miscelatore, l'essiccatore del granulo polimerico, la tramoggia, la vite di plastificazione ed infine il motore per l'iniezione. La parte sinistra del macchinario, il gruppo di chiusura, è invece costituito da altri principali componenti: un semistampo fisso collegato all'unità di iniezione, una parte mobile collegata alla chiusura a ginocchiera, le centraline per il raffreddamento, gli estrattori del prodotto finito ed il motore per la regolazione del gruppo di chiusura. Durante la progettazione di un nuovo materiale, che deve venir processato dai macchinari ad iniezione o che ha come matrice lo scarto polimerico di tale processo, le componenti appartenenti ai due gruppi principali sono da monitorare in funzione delle specifiche di processo che devono rispettare, al fine di rendere processabile il nuovo materiale in una catena produttiva solida. Per fare ciò bisogna conoscere gli step che queste componenti svolgono durante il ciclo operativo del macchinario, al fine di capire quali sono le criticità nelle procedure e dove sorgono maggiori problemi relativi alla qualità del materiale termoplastico da inserire. Possiamo suddividere le fasi operative del ciclo di stampaggio ad iniezione come riportato di seguito:

- **1- Miscelazione:** Le componenti vergini del polimero vengono mescolate con eventuale materiale riciclato, con pigmenti colorati sotto forma di master, ovvero granuli di cera compatibile o polimero con concentrato di colore, e con possibili altri materiali ausiliari.
- **2- Essiccazione:** Avviene la deumidificazione del polimero miscelato per eliminare particelle umide, che potrebbero generare difetti meccanici nel prodotto stampato.
- **3- Caricamento del materiale:** attraverso la tramoggia di alimentazione il materiale viene convogliato verso la vite per la fase di plastificazione.
- **4- Plastificazione:** la vite per la plastificazione fluidifica il materiale polimerico per effetto delle resistenze elettriche e del riscaldamento dovuto all'attrito.
- **5- Iniezione:** Il materiale viene iniettato dentro lo stampo per azione di un cilindro alimentato da un motore idraulico o elettrico, a seconda della tipologia di alimentazione della pressa ad iniezione.
- **6- Raffreddamento:** Fase in cui viene raffreddato lo stampo attraverso il controllo di una centralina esterna.
- **7- Estrazione:** il gruppo di chiusura esegue le operazioni di apertura dello stampo, estrazione del pezzo e chiusura della parte mobile dello stampo.

Le esigenze qualitative e di riproducibilità dello stampaggio, insieme alle indagini effettuate in stabilimento, hanno permesso di comprendere che le operazioni di miscelazione, essiccazione e caricamento, una volta considerate come operazioni ausiliarie, sono invece notevolmente rilevanti per quanto riguarda la fluidità del materiale e le caratteristiche meccaniche finali del pezzo stampato. La vite punzonante è quindi l'elemento fondamentale della pressa ad iniezione, a causa del compito essenziale di fluidificare il polimero e di iniettarlo all'interno dello stampo. Dall'altra parte, le fasi sul quale è diminuita l'attenzione generale riguardano quelle di regolazione dei parametri, ciò a causa degli sviluppi tecnologici dei macchinari, che permettono di effettuare controlli sempre più accurati in tutte le fasi della plastificazione, fino ad arrivare a programmare profili di velocità e pressione con massima precisione. Così come nel caso dello stampaggio per soffiaggio, anche in questo caso la maggior parte del tempo ciclo è occupata dalla fase del raffreddamento, tempo di rilevante importanza per ottenere un prodotto finito privo di difetti, allineato con gli standard di conformità. Attualmente si dà molta importanza alla progettazione del layout ottimale per definire i canali di raffreddamento, al fine di ottenere sempre un risultato finale migliore durante la fase di raffreddamento. Analizzando infine l'estrazione del pezzo finito, può essere a caduta, manuale, con estrattori, oppure con l'utilizzo di manipolatori ausiliari automatizzati, che staccano il pezzo dallo stampo e lo posizionano su di un nastro trasportatore.

Il fattore più importante da tenere in considerazione durante l'implementazione di un nuovo materiale all'interno di un processo di stampaggio ad iniezione, è lo stampo. Durante questa fase non verranno analizzate geometrie o specifiche dimensionali, ma verranno approfondite le informazioni necessarie a determinare la compatibilità tra il materiale dello stampo ed il nuovo materiale da processare. La scelta del materiale dipende fundamentalmente dalle dimensioni del manufatto e dalla durata della produzione. I requisiti che un materiale deve soddisfare sono relativi all'elevata lavorabilità in fase di produzione dello stampo ed alla possibilità di eseguire trattamenti termici senza alterare lo stato di tensione interno, insieme ad altre proprietà del materiale come:

- **Buone caratteristiche meccaniche;**
- **Elevata resistenza al calore, all'usura e alla corrosione;**
- **Ottima conducibilità termica.**

Per la realizzazione dello stampo il materiale più utilizzato è sicuramente l'acciaio, ma altri materiali per soddisfare richieste di stampaggio particolari possono essere le leghe di rame o di alluminio. Soprattutto nel caso dell'iniezione è fondamentale

condurre una preventivazione corretta dei costi e dei ricavi legati al prodotto collegato allo stampo, in modo da verificare se l'investimento è economicamente conveniente o se è meglio investire in una soluzione alternativa, considerato il costo elevato dello stampo per l'iniezione. Il costo dello stampo è infatti una componente fondamentale durante le strategie di investimento aziendali, a causa dell'elevato costo di acquisto, misurabile in funzione dei seguenti parametri: in base al numero di figure, alla complessità della geometria, al sistema di alimentazione e al sistema di raffreddamento. Si può riassumere che maggiore è la complessità dello stampo, maggiore saranno i costi di investimento ad esso associati.

Anche nel caso dell'iniezione, è possibile utilizzare la maggior parte delle resine termoplastiche, ma il processo raggiunge una condizione ottimale con l'inserimento delle seguenti tipologie di polimeri:

- **Polipropilene**
- **ABS**
- **Policarbonato**
- **HDPE**
- **LDPE**
- **PA - Nylon**

Le materie termoplastiche vengono fornite in granuli di forma generalmente cilindrica e della dimensione di 3 - 4 mm. Nella maggioranza dei casi, i granuli vengono forniti in sacchi da 25 kg, ma esistono diverse possibilità di fornitura in contenitori diversi. Quando si considera la densità del materiale in granuli per lo stampaggio ad iniezione, bisogna considerare che il volume occupato dalla materia prima comprende una grande parte di spazio vuoto fra i singoli granuli, che è occupato dall'aria. Un materiale, la cui densità apparente del granulo è maggiore del 50% della densità del materiale stesso, viene facilmente convogliato da una vite di plastificazione a profilo normale. Un materiale, la cui densità apparente del granulo è minore del 50% della densità del materiale stesso, viene convogliato dalla vite di plastificazione a profilo normale con qualche problema. Mentre un materiale, la cui densità apparente del granulo è minore del 30% della densità del materiale stesso, normalmente non viene convogliato dalla vite di plastificazione. È importante perciò, nell'eventualità di destinare la funzione produttiva alla tecnologia ad iniezione, tenere in considerazione le proprietà assunte dal compound una volta trasformato nella sua configurazione in granuli.

**Stampaggio Rotazionale:** La terza, ed ultima, tecnologia principale presente all'interno degli stabilimenti di Cornaglia è la pressa per lo stampaggio rotazionale a carosello. In possesso di 19 macchinari funzionali, il gruppo Cornaglia dispone della presenza di quattro di questi nello stabilimento di Villarbasse, poi spostate

nello stabilimento di Villanova d'Asti. Il gruppo ha prodotto nel 2020, all'interno dello stabilimento di Villarbasse, 106.227 pezzi finiti, con uno scarto di 2.856 unità. Sebbene lo scarto sembri esiguo, rapportato al numero di pezzi prodotti si rivela lo scarto in percentuale più alto di tutti gli altri processi, con una percentuale del 2.69 % di pezzi scartati. Insieme al fattore quantitativo, bisogna aprire la strada ad alcune considerazioni qualitative dello scarto, per poterne comprendere cause e motivazioni. Sebbene il numero di unità scartate sia il più basso di tutti i processi, il valore economico di tale scarto può ci può suggerire alcune indicazioni sul valore qualitativo del singolo prodotto, uscente dallo stampaggio rotazionale. Come anticipato, considerata la quantità di unità di scarto più bassa di tutte, sorprende che il valore economico di quest'ultima superi di gran lunga quello generato dallo scarto delle altre tecnologie, sebbene presenti in quantità maggiori, con un valore economico tre volte più grande di quello riportato al secondo posto. Questa informazione ci permette di formulare alcune considerazioni preliminari riguardo il prodotto rotazionale: è più grande, richiede maggiori quantitativi di polimero, è più complesso da produrre, ma soprattutto, è più complesso da gestire durante il suo fine vita.

Tra i quattro macchinari presenti in stabilimento si è constatata una differenza tecnologica importante, che costringe il progettista all'applicazione di specifiche di processo diverse in rapporto alle destinazioni di prodotto assegnate al macchinario. Approfondendo il funzionamento e le tipologie di macchinari presenti all'interno dello stabilimento, si è notato come questa differenza tecnologica possa essere chiarita raggruppando le tipologie di macchinari rotazionale in due sottogruppi:

- **A tavola rotante;**
- **A bracci indipendenti.**

Per ogni tipologia di macchina esistono varie configurazioni e per ognuna di queste si trovano modelli di dimensioni diverse. Le dimensioni raggiunte da quelle presenti in stabilimento possono generare prodotti fino ad un diametro massimo di 3500 mm. La scelta di utilizzo è diventata più complessa nel tempo, con l'aumento dell'importanza relativa alla definizione della modalità di utilizzo della macchina, ognuna con chiari vantaggi e svantaggi a seconda della destinazione di prodotto a cui deve essere assegnata.

Entrando più nel particolare e definendo le principali specifiche di processo del macchinario, possiamo definire il requisito principale della tecnologia in questo modo: una macchina per lo stampaggio rotazionale deve essere in grado di compiere le fasi di riscaldamento e di raffreddamento mantenendo lo stampo sempre in rotazione. Il processo di rotazione consiste nel far ruotare lo stampo contemporaneamente intorno ai due assi, uno dei quali, detto asse primario, è da orientamento fisso mentre l'altro, asse secondario, è ad orientamento variabile. Di

conseguenza, nella produzione di pezzi mediante stampaggio rotazionale devono essere monitorati tre coppie di parametri fondamentali: tempo e temperatura di stampaggio, tempi e modalità di raffreddamento, modalità e tempi di carico/scarico degli stampi. Il processo di stampaggio rotazionale è quindi scomponibile in tre fasi, riscaldamento, raffreddamento e caricamento/scaricamento dello stampo; la macchina più efficiente dovrebbe perciò essere quella in possesso di tre stazioni diverse, in grado di eseguire le tre fasi del processo in maniera simultanea. Una macchina che risponde a questa descrizione è proprio la tipologia di macchina presente negli stabilimenti di Cornaglia, appartenente alla tipologia “a carosello”. La tecnologia di stampaggio rotazionale a carosello possiede tre stazioni diverse dedicate alle tre funzioni principali del macchinario rotazionale, queste sono:

- **Il forno di riscaldamento:** struttura metallica a doppia parete, solitamente isolata attraverso la lana di roccia e composta da un ventilatore centrifugo per la circolazione dell'aria, un aspiratore dei fumi, un gruppo termico per la generazione di calore, e delle porte scorrevoli per l'entrata/uscita degli stampi.
- **La stazione di raffreddamento:** con il compito di raffreddare gli stampi, composta da una struttura metallica a singola parete con porte scorrevoli, ventilatori per l'aria, ugelli nebulizzatori per l'acqua ed aspiratori assiali per l'aspirazione dei vapori caldi.
- **La stazione di servizio per caricare/scaricare gli stampi:** gruppo centrale con il compito di supportare i bracci porta stampi che eseguono la rotazione, permettendo lo spostamento da una stazione a quella successiva.

Il movimento può avvenire simultaneamente attraverso l'utilizzo di una tecnologia a carosello con bracci fissi posti su tavola rotante. In questa tipologia di macchina le tre stazioni sono disposte in circolo intorno a una struttura centrale, composta da un basamento fisso collegato a una tavola su cui sono montati in genere tre bracci. Gli stampi che vengono montati sullo stesso braccio devono perciò essere compatibili, questo significa che dovranno avere i tempi ciclo temperatura e velocità di rotazione di raffreddamento uguali o simili. Il limite di questo tipo di impianto consiste nel fatto che per ogni fase del processo è necessario lo stesso intervallo di tempo, perché i bracci devono spostarsi da una stazione all'altra contemporaneamente. Quando uno stampo richiede un tempo più lungo in una delle fasi di forno, raffreddamento o carico/scarico, si avrà un effetto di rallentamento dell'intero set di stampi in ciclo e ciò limiterà notevolmente la capacità produttiva della macchina. [2]

Uno dei modi con cui Cornaglia ha risposto a questa strozzatura, è stata quella di utilizzare anche tipologie di macchinari a carrelli indipendenti, in grado di aggiungere un quarto braccio ed una quarta stazione. In questa configurazione con bracci indipendenti, i bracci porta stampi sono montati su un carrello collegato alla

*2\_ P. Cavigliasso, R. Giovanetti, M. Carvani, “Lo stampaggio Rotazionale”, 2007.*

colonna posta al centro dell'impianto, mediante supporto girevole, che permette la traslazione dell'intero gruppo porta stampi. Il gruppo, composto da carrello e braccio, può spostarsi autonomamente per traslazione attorno alla colonna centrale, alla quale è fissato per mezzo di un supporto rotante, permettendo una maggiore flessibilità del processo di stampaggio e consentendo ad ogni braccio la permanenza in ogni stazione con tempi anche diversi l'uno dall'altro. Attualmente le macchine possono gestire un programma indipendente per ogni braccio, in questa maniera possono anche essere stampati sulla stessa macchina prodotti che richiedono fasi del ciclo e parametri di processo differenti. I bracci sono completamente indipendenti, l'unico requisito che questi devono rispettare è il fatto che la stazione successiva sia sgombra prima che il carrello con il braccio portastampi avanzi. Il tempo di raffreddamento è in genere maggiore del tempo di riscaldamento, a volte anche il doppio, e questo rischia di rallentare l'intero ciclo del macchinario; per evitare l'inconveniente si aggiunge spesso una seconda stazione di raffreddamento. In tal modo il braccio porta stampi può effettuare parte del raffreddamento nella prima stazione e parte nella seconda. Il numero massimo di stazioni raggiungibili è di sei, suddivise in questo modo attraverso uno schema di procedure standardizzato:

- **1- Stazione di riscaldamento e stampaggio;**
- **2- Stazione di primo raffreddamento;**
- **3- Stazione di secondo raffreddamento;**
- **4- Stazione di carico/scarico pezzi;**
- **5- Seconda stazione di carico/scarico pezzi;**
- **6- Stazione di pre-stampaggio e di riserva.**

Riassumendo, la macchina rotazionale con bracci indipendenti può essere equipaggiata con tre o quattro bracci carrellati, la possibilità di avere delle stazioni libere diventa importante se aumentano le differenze tra le fasi ciclo impostate per i diversi bracci, in funzione del manufatto da produrre. Su una macchina con cinque stazioni e tre bracci ci sono due livelli di libertà, che permettono ai bracci di avanzare in ogni momento. Una macchina con cinque stazioni e quattro bracci ha invece un solo livello di libertà, e può perciò essere molto sensibile a ritardi o alle variazioni dei tempi ciclo.

Un'altra serie di considerazioni, necessarie alla definizione di specifiche di progetto compatibili con le specifiche di processo, sono da identificare nella tipologia di polimero che si è scelto di utilizzare. Non tutti i polimeri possono infatti essere usati con successo per lo stampaggio rotazionale. Le caratteristiche di questo processo impongono severe limitazioni sui materiali che possono essere stampati. Il rotazionale è diverso dagli altri processi che utilizzano materiali termoplastici, per il fatto che lo stampo viene riscaldato e raffreddato ad ogni ciclo, ma soprattutto perché avviene senza utilizzo di pressione. Questo fa sì che i cicli abbiano durata maggiore: un lungo riscaldamento potrebbe causare una degradazione termica del materiale. In più, durante le fasi di riscaldamento il materiale plastico entra a contatto con l'ossigeno presente nell'aria intrappolata all'interno della cavità, questo potrebbe portare ad una perdita di proprietà fisiche dovute all'ossidazione del materiale plastico fuso.

Così come gli altri processi, i polimeri maggiormente utilizzati appartengono alla categoria dei termoplastici, ed in circa l'85% del mercato mondiale a quella del polietilene (PE); possono essere processati anche polimeri come il Polivinilcloruro (PVC), il Policarbonato (PC), la Poliammide (PA6) ed il Polipropilene (PP). Anche qui però, non esiste una teoria assoluta con cui definire la scelta del polimero ideale per tutte le applicazioni, è il progettista che dovrà selezionare la plastica appropriata in grado di soddisfare le specifiche di forma e prestazioni. Le proprietà del materiale nel quale dovrà porre maggiore attenzione sono [2]:

- **Stabilità termica:** parametro in grado di fornire, ad alti valori, una finestra di lavorabilità più ampia durante la fase di stampaggio, prevenendo le perdite di proprietà.
- **Bassa viscosità del materiale fuso:** proprietà necessaria al fine di permettere al materiale di aderire correttamente a tutta la superficie interna dello stampo.
- **Buona resistenza all'impatto:** proprietà importante soprattutto per le applicazioni di prodotto che necessitano di lavorabilità a basse temperature.
- **Resistenza allo "stress cracking" ambientale:** capacità del materiale di resistere per lunghi periodi alle esposizioni di agenti esterni che possono provocare rotture da stress, importante per determinare la "vita media" del prodotto.
- **Resistenza meccanica a flessione e trazione:** proprietà meccaniche adeguate al tipo di prestazione funzionale che il prodotto dovrà svolgere.
- **Buone proprietà di allungamento:** proprietà elastiche adeguate al tipo di prestazione funzionale che il prodotto dovrà svolgere.

**Lo stampo:** Un fattore da tenere in considerazione durante il percorso progettuale è, come nel caso dello processo ad iniezione, la tipologia di stampo utilizzato durante la produzione. Questi possono dividersi, nel caso specifico, in stampi in fusione d'alluminio o stampi in lamiera metallica, ognuno dei quali con parametri di produzione diversi. La prima tipologia a fusione d'alluminio è adatta per la produzioni di prodotti di piccole/medie dimensioni, in piccole o grandi quantità, ed è principalmente destinato ad applicazioni per cui siano importanti i dettagli e la qualità della forma da produrre. La seconda tipologia, in lamiera, è destinata alla produzioni di pezzi di più grandi dimensioni, ma con livelli di precisione e dettaglio minori. In questa parte non ci soffermeremo troppo sulle proprietà fisico/chimiche di ogni tipologia di stampo, ci limiteremo a presentare le considerazioni necessarie per motivare la scelta di uno piuttosto che dell'altro, in funzione del tipo di progetto che vorremmo implementare. Questa selezione dipende da tre fattori principali, esplicitati da Cavigliasso del Consorzio Proplast [2]:

- La complessità delle geometrie e la finitura superficiale del pezzo: pezzi molto complessi e con dettagli superficiali sono ottenibili solo attraverso uno stampo in alluminio da fusione, ma non da uno in lamiera metallica.
- La dimensione del pezzo: Prodotti di grandi di dimensioni sono realizzati principalmente attraverso stampi in lamiera. Le dimensioni dello stampo a fusione d'alluminio sono infatti limitate dalle dimensioni della camera riscaldata nel quale l'alluminio è stato fuso.
- Quantità annua di pezzi da produrre: se si ha la necessità di stampare un grande numero di pezzi, senza proprietà di prodotto che orientino verso la scelta di una tipologia piuttosto che l'altra, si orienta comunque la preferenza verso gli stampi in fusione di alluminio, che garantiscono una migliore ripetibilità dei prodotti. Nel caso in cui invece la quantità di prodotti da "ripetere" sia minore, si può orientare la scelta verso una soluzione più economica di stampo in lamiera.

### **7.3) LE RISORSE: INPUT MATERICI, ENERGETICI, INFORMATIVI.**

Proseguendo l'analisi relativa all'organismo industriale del gruppo Cornaglia, dopo aver circoscritto il perimetro di studio ed il perimetro tecnologico, è necessario a questo punto riconoscere e definire i principali flussi in entrata del sistema industriale in esame. Durante l'analisi preliminare del modello industriale della Cornaglia, arricchita da confronti con il personale e con le aziende fornitrici, si è rilevato come i principali flussi di funzionamento produttivo rispecchino la divisione imposta dal modello industriale tradizionale, ovvero: flusso materico, flusso informativo e flusso energetico.

L'andamento di ognuno di questi tre flussi è un indicatore vitale per ogni tipo di produzione industriale, da monitorare per verificare lo stato di salute del processo produttivo e le possibilità di implementazione di procedure e processi innovativi al suo interno. Il primo strumento necessario a fornire una corretta rappresentazione dei flussi in entrata è uno schema di tipo olistico. Ogni flusso verrà descritto approfondendo il suo sviluppo all'interno del processo produttivo, analizzando come le risorse generate vengano processate dalle principali fasi della produzione, fino ad arrivare al prodotto finito. Al fine di ottenere tale schema bisognerà svolgere, insieme alla definizione dei principali flussi, una rappresentazione completa delle principali fasi del processo produttivo, o almeno di quelle più utili a comprendere le modalità di gestione dell'input.

Successivamente ad una accurata analisi, le fasi principali del processo produttivo di Cornaglia, relative alle tecnologie della divisione plastica, sono state sequenziate in questo modo:

- **1-Ricezione dell'input;**
- **2- Avvio macchinario & caricamento materiale;**
- **3- Produzione;**
- **4- Finitura.**

In queste fasi, i tre principali flussi giocano un ruolo fondamentale, sebbene siano presenti con impatti e modalità d'applicazione diverse.

Il flusso materico riguarda principalmente la fornitura di materia prima utile alla produzione dei manufatti finiti, insieme a tutte le risorse fisiche necessarie alla

gestione del processo produttivo. Nel caso della Cornaglia, la materia prima principale è il polimero termoplastico. Sebbene siano processati anche polimeri termoindurenti, la maggioranza della produzione coinvolge termoplastici della famiglia delle poliolefine, delle poliesteri e delle poliammidi, arrivando anche all'utilizzo di tecnopolimeri. La fornitura di materia prima avviene presso aziende specializzate nella produzione polimerica, spesso attraverso accordi di fornitura a lungo termine, permettendo alla Cornaglia di ricevere la materia prima polimerica già preparata per l'inserimento nella tecnologia di destinazione. Durante il 2020 sono state ricevute da Cornaglia circa 694,6 tonnellate di polimero, un numero considerevolmente piccolo in confronto alle quasi 2600 tonnellate ricevute nel 2019. Classificando le quantità di input polimerico in entrata secondo la tipologia, abbiamo monitorato 249,5 tonnellate di polimero appartenente alla famiglia del Polipropilene, 364,1 tonnellate a quella del Polietilene, 37 tonnellate al Nylon e Poliammidi, e le restanti 45 tonnellate alla famiglia dei tecnopolimeri, come Hytrel o Tecnoprene. Seppur processando una quantità di polimero apparentemente molto grande, i volumi produttivi della Cornaglia vengono considerati come "medio-bassi" dal punto di vista delle grandi aziende chimiche, produttrici delle materie prime. La vendita viene quindi spesso gestita attraverso compoundatori specializzati nelle trasformazioni delle materie plastiche, facente funzione di "miscelatori" di polimeri; le aziende che collaborano con Cornaglia in questo senso sono numerose, come Poliplast, Poliblend o Softplast. Unico requisito di fornitura rimane la configurazione finale della materia prima. Per l'inserimento nella tecnologia ad iniezione e soffiaggio, la configurazione del polimero è a forma granulare, mentre per la tecnologia rotazionale questo deve essere fornito non nella configurazione granulare ma in quella polverizzata.

Sebbene durante la **ricezione del polimero** vengano garantite all'azienda determinate proprietà chimico/fisico del materiale, è importante che l'azienda preservi tali proprietà anche durante la fase di conservazione del polimero. Il requisito fondamentale della fase di ricezione risulta quindi essere quello di garantire il mantenimento della qualità dell'input, almeno fino al passaggio alle fasi successive. Per ottenere ciò, è importante che le proprietà della materia prima vengano monitorate in entrata allo stabilimento ed in uscita dalla fase di ricezione, prima che il polimero venga caricato nel macchinario; in questo modo il mantenimento dei valori garantisce la corretta processabilità del polimero all'interno della tecnologia. Approfondendo il caso dei polimeri termoplastici, durante l'analisi del sistema produttivo della Cornaglia si è riscontrata una criticità fondamentale, da monitorare durante la fase di ricezione della materia prima: l'acquisizione di umidità del granulo termoplastico.

Prima di procedere alla trasformazione di lavorazione dei materiali termoplastici, si deve provvedere ad eliminare il possibile contenuto di acqua dalla materia prima, la presenza di acqua nel processo di lavorazione potrebbe infatti produrre

fenomeni di degrado delle caratteristiche del pezzo prodotto. In questo senso, materiali polimerici termoplastici si dividono in materiali igroscopici ed in materiali non igroscopici. I materiali igroscopici assorbono l'umidità all'interno del granulo, rendendo necessaria una procedura di deumidificazione per utilizzare il granulo. I materiali non igroscopici non permettono invece all'umidità di penetrare dentro al granulo, ma permettono che essa possa depositarsi sul suo esterno, con necessaria procedura di essiccazione al seguito, che andrà a rimuovere l'umidità superficiale del granulo. I termoplastici sono materiali igroscopici e tendono quindi ad assorbire l'umidità dall'aria all'interno del granulo durante il deposito in magazzino; la quantità di umidità assorbita è quindi calcolata in funzione dell'umidità relativa dell'aria. Riguardo la procedura di deumidificazione necessaria per preparare i polimeri, si procede ad insufflare aria deumidificata nei granuli, portandoli ad una temperatura tale che faciliti l'asportazione dell'umidità senza rammollire troppo il granulo, per evitare "l'impaccamento". L'unità deumidificatrice si deve dimensionare in funzione del tipo di materiale termoplastico, della quantità oraria necessaria di materiale termoplastico, della quantità iniziale di umidità del materiale e di quella finale che si vuole ottenere. È importante infine evitare il danneggiamento dei contenitori durante le fasi di stoccaggio e di movimentazione del materiale, inoltre questi non devono essere aperti in ambienti freddi se si vuole evitare la formazione di condensa. Questo fenomeno avviene specialmente in inverno quando il materiale freddo viene introdotto direttamente nella macchina; per prevenire il problema è conveniente disporre la materia prima in un ambiente con la stessa temperatura del reparto di produzione.

Per garantire la costanza di qualità nella fase di produzione, si deve provvedere a mantenere lo stampo sempre alla stessa temperatura. Pertanto all'inizio del ciclo produttivo si rende necessario innalzare la temperatura dello stampo dalla temperatura iniziale di inerzia a quella di lavoro. Per fare ciò, è necessario che una parte limitata delle risorse polimeriche sia destinata ad essere "scarto da setup", ovvero materiale polimerico destinato unicamente ad essere processato per portare il macchinario a regime e temperatura di lavoro. Ciò avviene in modo critico con la tecnologia rotazionale, vista l'impossibilità di scaldare gli stampi elettronicamente ed il numero limitato di pezzi prodotti ad ogni ciclo di produzione. Lo scarto di materiale polimerico per l'avviamento del macchinario è minore nelle tecnologie ad iniezione e soffiaggio a causa del maggior grado di controllo degli stampi in fase di avvio. Sebbene la fase di avviamento del macchinario processi una quantità di risorse materiche molto limitata, in rispetto della fase produzione ad esempio, è invece una fase critica per quanto riguarda i consumi energetici e gli input informativi. Soffermandosi sul flusso informativo, esso circola tra le fasi operative con la finalità di fornire i feedback di processo necessari al corretto proseguimento delle operazioni industriali. Prima di iniziare la fase di avviamento è infatti molto importante che gli operatori ed i progettisti abbiano ricevuto tutte le specifiche necessarie relative al processo industriale da svolgere. Queste informazioni sono da

ottenere in anticipo rispetto la fase di produzione, per evitare sorprese indesiderate, e nel caso specifico del gruppo Cornaglia sono rappresentate dalle specifiche tecniche di prodotto, ovvero le proprietà fisiche ricercate a livello prestazionale, le geometrie, il materiale utilizzato, la tipologia di stampo, e le funzionalità finali; ma anche dalle specifiche tecniche di processo come volume di produzione, tipologia di tecnologia, tempi ciclo, gestione del pezzo finito e tracciabilità del materiale di scarto. L'insieme di queste informazioni forma la base di conoscenze ideale per lo sviluppo di un processo industriale solido, nel quale gli inconvenienti operativi possono essere previsti in anticipo, senza generare scarto eccessivo o arresti del processo. In altre parole, è fondamentale per la futuribilità del processo industriale che, prima della fase di avviamento, vengano comprese e condivise le informazioni trasmesse dalla progettazione e dal management. Avviare la produzione senza una visione completa delle informazioni, aumenterebbe il rischio di generare un prodotto disallineato in rispetto delle funzioni prestazionali richieste dal progetto, causando danno all'azienda ed indebolendo il processo industriale.

Focalizzando infine l'attenzione sull'andamento del flusso energetico, si è identificato come la fase di avviamento del macchinario richieda circa il 90% dell'energia complessiva consumata dal ciclo produttivo, con il restante 10% richiesto nella fase di mantenimento della produzione. Considerato il fabbisogno energetico complessivo di un processo produttivo, occupato per circa il 90% dall'avviamento del macchinario, si è rilevato che la restante porzione genera invece durante il funzionamento un consumo energetico rapportato al kg di materiale trasformato ogni ora, con i seguenti consumi per stampaggio:

- **Stampaggio a soffiaggio:** 2-2,6 kWh/kg
- **Stampaggio ad iniezione:** 0,9 -1,6 kWh/kg
- **Stampaggio rotazionale:** 6 kWh/kg

Tutti i consumi sono naturalmente da intendersi esclusi dal carico energetico base richiesto ad ogni tecnologia. Si può quindi riassumere che solo il 5-10% dell'energia totale utilizzata nel processo viene effettivamente immessa nel polimero, mentre il restante 90-95% viene utilizzata semplicemente per azionare la macchina.

Come detto precedentemente, l'utilizzo di energia durante la fase di stampaggio e produzione è solo il 10% della richiesta energetica dell'intero processo, ma questa porzione può comunque essere suddivisa in due momenti distinti della fase di produzione: un fabbisogno energetico elevato in un breve periodo di tempo quando il polimero viene iniettato e il pezzo viene espulso, e una richiesta ridotta

per un lungo periodo di tempo quando il polimero precedentemente iniettato si raffredda e solidifica. Nel caso particolare dell'iniezione e del soffiaggio, l'energia non è richiesta solamente per fondere il polimero e successivamente raffreddarlo, ma anche per generare la pressione necessaria a forzare il polimero nello stampo. Inoltre, viene utilizzata energia anche per aprire, chiudere e tenere in pressione lo stampo mentre il pezzo si raffredda. E' stato inoltre rilevato come la potenza richiesta dipenda da diversi fattori, quali il design, le dimensioni e la complessità dello stampo, l'utilizzo di apparecchiature ausiliarie come i termoregolatori, la temperatura di fusione del materiale plastico utilizzato e il tempo di ciclo, che indica il tempo durante il quale la pompa o il motore del macchinario sono in funzione. In conclusione, il risultato dell'analisi ha identificato nella termoregolazione l'elemento della tecnologia che, durante la fase di produzione, consuma maggiori risorse energetiche.

Si è osservato come nel procedere delle fasi operative, i flussi materici, informativi ed energetici siano attivi in ognuna di queste, sebbene con funzioni e priorità diverse. Abbiamo rilevato nel testo sopra l'importanza delle risorse materiche nella fase di ricezione dell'input, fino al caricamento nel macchinario, insieme all'importanza dei consumi energetici e dei feedback informativi durante la fase di avviamento e produzione. L'ultima fase è l'unica attività che inizia a pezzo finito, per questo motivo, qualunque prodotto uscito dal macchinario con errori di conformità evidenti, è già stato scartato da una analisi selettiva; alla fase di finitura accedono infatti solo i prodotti che hanno superato i quality gate di processo imposti fino a quel punto.

Durante la fase di **finitura** vengono integrate lavorazioni ed attività che possono variare nel tempo, essendo legate alla tipologia di operazione necessaria per il raggiungimento della configurazione finale del prodotto. La richiesta energetica delle operazioni di finitura è minima in confronto a quella delle tecnologie principali, se sequenziata correttamente, e può anche essere gestita da un'alimentazione esterna. Anche il volume informativo necessario per le attività è molto ridotto, si limita a fornire le informazioni operative necessarie ad ottenere il prodotto finale, come le modalità di lavorazione, le istruzioni per l'utilizzo degli strumenti e lo standard finale da raggiungere. Per quanto riguarda il flusso materico invece, in questa fase si ha una grande concentrazione di risorse fisiche e materiali, tra i prodotti uscenti dallo stampo e gli strumenti utili per le lavorazioni finali. La fase di finitura è la fase che gestisce più attivamente le risorse materiche, inoltre viene spesso definita come la fase in cui tali risorse assumono le classificazioni finali di pezzo finito o prodotto di scarto. Ovviamente, la possibilità di rilevare uno scarto materico è presente anche nelle fasi di produzione ed avviamento, ma la fase di finitura si presenta come l'ultimo quality gate in grado di fornire un numero definitivo di pezzi finali e pezzi di scarto; il numero di scarto generato precedentemente alla fase di finitura rimane un numero indicativo dello scarto di processo.

Bisogna considerare tuttavia che ogni tipologia di lavorazione effettuata in finitura ha percentuali diverse di scarto generato, spesso legate al grado di trasformazione che questa deve garantire ai prodotti. Per comprendere meglio gli step percorsi dalle risorse materiche prima di diventare un prodotto finito, cercheremo di riassumere le principali operazioni di finitura, necessarie dopo le tecnologie selezionate dal modello.

Le operazioni di finitura possono essere riassunte principalmente in attività di:

- **Taglio:** In generale la prima operazione che viene effettuata è la rimozione delle bave lungo la linea di divisione dello stampo, riducibili con un'accurata disposizione delle linee di divisione in prossimità delle nervature del prodotto. L'asportazione delle bave può essere eseguita manualmente con attrezzature meccaniche o con il laser a seconda della dimensione della complessità geometrica del manufatto. per la sbavatura manuale vengono comunemente utilizzati i coltelli, scalpelli, rasoi, lime e raschietti. per manufatti di grosse dimensioni può essere utile l'utilizzo di una piccola fresa pneumatica per rimuovere più velocemente le bave. Nelle operazioni di asportazione del materiale come fresatura e foratura si produce un riscaldamento localizzato nella zona in cui si va ad operare, bisogna tenere quindi sotto controllo la formazione di calore per evitare che la plastica fonda e si degradi lungo la linea di taglio.
- **Saldatura:** è comunemente utilizzata per riparare o per assemblare manufatti plastici. le tecniche disponibili per la saldatura sono la saldatura per attrito, la saldatura termica, e la saldatura elettromagnetica.
- **Decorazione:** un'immagine colorata può trasformare un comune manufatto in un prodotto finito che catturi l'attenzione dell'osservatore. anche sui pezzi prodotti per lo stampaggio plastico sono diventati ormai di uso comune loghi, marchi, simboli o semplici decorazioni disegni. le principali modalità sono le decorazioni applicate direttamente nello stampo e stampate con il manufatto, le decorazioni applicate sul manufatto attraverso fogli di polimero adesivi o una marchiatura / timbratura ad inchiostro, utilizzando maschere realizzati con fogli pretagliati o timbri metallici.
- **Verniciatura:** in generale tutti i materiali plastici sia termoplastici che termoidurenti possono essere verniciati, alcuni di questi richiedono però pre trattamenti superficiali, come la stesura di un primer preventivo. Tra i materiali termoplastici, il polietilene quello più difficile da verniciare a causa della sua bassa tensione superficiale una cosa a cui bisogna fare attenzione e quindi la scelta del solvente da utilizzare adattabile alle proprietà del materiale.
- **Etichettatura:** vengono usate etichette di ogni forma e dimensione, per trovare l'adesivo adatto al materiale considerato bisogna utilizzare adesivi idonei al

polimero, in grado di “bagnare” la superficie per fornire un’eccellente adesione.

L’elevato numero di lavorazioni richieste presuppone quindi l’esistenza di un secondo flusso materico principale, parallelo a quello della materia prima. Attraverso questo secondo flusso materico vengono forniti i materiali e gli strumenti necessari alle fasi di finitura per eseguire le operazioni finali sul prodotto, fondamentali per il raggiungimento della sua configurazione finale. I flussi richiesti in entrata dalla fase di finitura possono coinvolgere risorse come: vernici, polimeri adesivi, materiali per il pretrattamento, inserti/elementi metallici, etichette o strumentazioni per le lavorazioni meccaniche, con fabbisogno energetico annesso.

Per comprendere in modo realistico i flussi materici in entrata del processo produttivo, bisogna quindi considerare attentamente le fasi di ricezione del polimero e di finitura, nel quale vengono rilevate le maggiori richieste di materia prima e strumenti di tutto il processo. Riguardo i flussi in uscita, invece, le fasi nel quale bisogna porre maggiore attenzione riguardano sempre la fase di finitura, insieme a quella di produzione. Mentre lo scarto generato nella fase di produzione è attribuibile principalmente a prodotti interi non conformi, nella fase di finitura si raccolgono invece quantità enormi di materiale polimerico sfuso, generato dalla rimozione delle sbavature dal pezzo. In base alle proprietà che il polimero ottiene dopo la processazione del macchinario, si può scegliere di rimacinare lo sfrido generato e di reinserirlo a monte del processo, naturalmente per un numero di cicli limitato, empiricamente dai 4 ai 5 cicli. Questa soluzione non sempre è praticabile, spesso la tipologia di prodotto finale non permette di riutilizzare la materia prima rimossa da esso, in particolar modo quando le proprietà del polimero vergine non possono essere riprodotte dal polimero rimacinato.



## Trend % scarto Interno Processi Produttivi

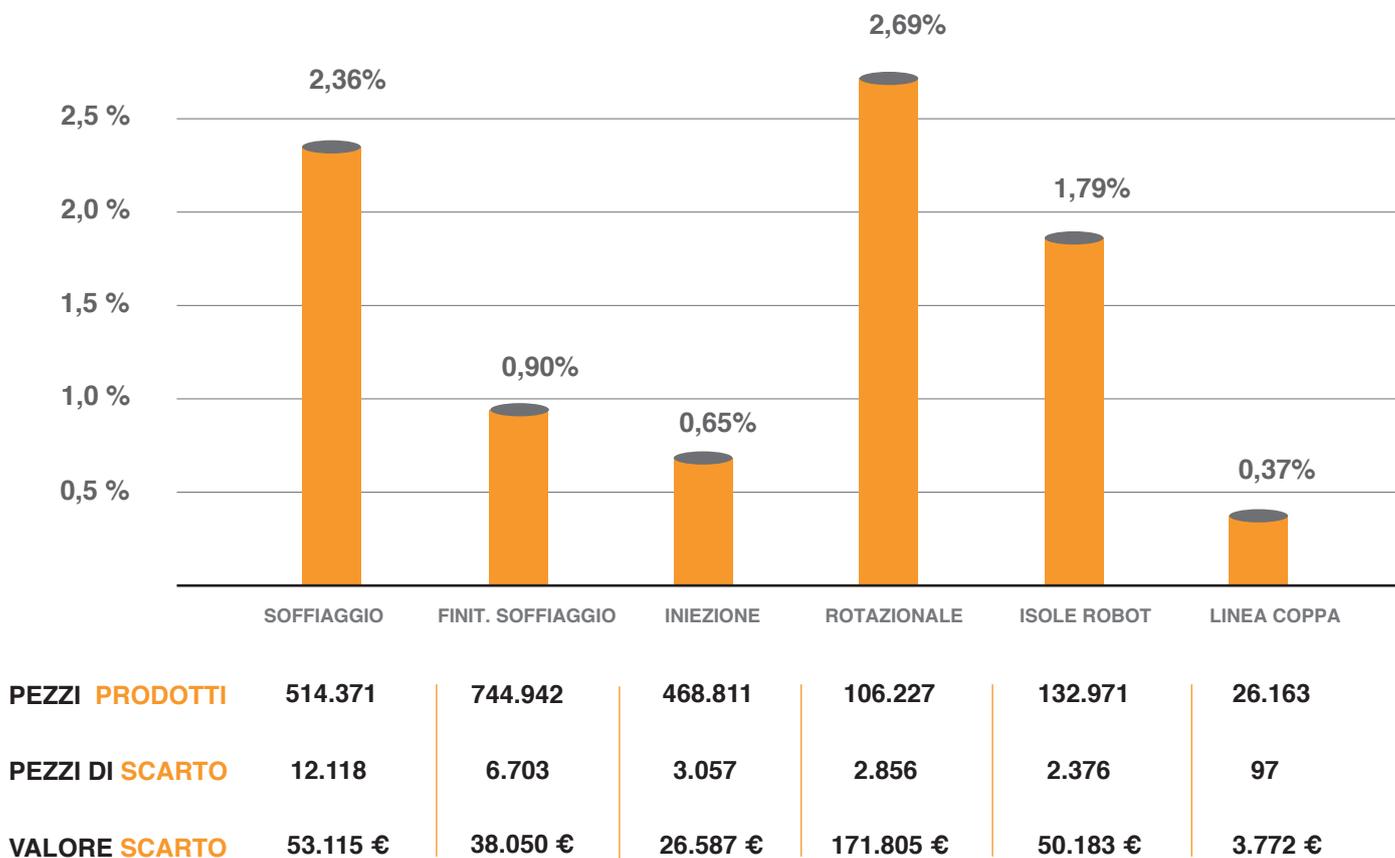
Pezzi prodotti in linea produttiva: 1.999.475

Scarto finale: 27.207



Foto\_ Realizzata dall'autore

- Le motivazioni, dietro al valore di scarto delle tecnologie meno efficienti, sono l'alto numero di avviamenti processo ed i difetti di non conformità derivati dal materiale o dallo stampo
- Il valore economico dello scarto è un indicatore non solo della quantità, ma anche della complessità nello smaltimento del prodotto specifico.



## **7.4) LO SCARTO: OUTPUT MATERICI ED OUTPUT IMMATERIALI.**

Una volta definiti i flussi in entrata dello stabilimento di Villarbasse, si può procedere, a questo punto, al monitoraggio di tali flussi in uscita dal sistema. Bisogna prima però chiarire un'importante premessa: durante l'investigazione del sistema industriale è stato rilevato come la vera forza aziendale consista nella gestione ottimale dell'output finale, al quale spesso corrisponde fisiologicamente una corretta gestione degli input iniziali. Per un organismo industriale, concentrarsi principalmente sull'ottimizzazione dell'input in entrata garantisce solo una futuribilità economica, ma non del processo. Da qui, una percentuale di scarto considerata "fisiologica" dalle strategie operative, potrebbe essere invece riducibile nel caso in cui si concentri maggiore attenzione sulle specifiche relative agli output di processo, mantenendo stabile, se non migliorando, il ritorno economico dell'azienda.

Durante le fasi preliminari di investigazione dei flussi principali in uscita dal sistema, e cominciando ad approfondire la comprensione degli output, si è immediatamente compresa l'importanza prioritaria del flusso materico, in quanto driver principale per valutare la salute del processo industriale e la stabilità economica dell'azienda. Escludendo dalla nostra analisi i prodotti che generano valore economico per l'azienda, andremo di seguito a definire quelle tipologie di output che generano un costo o una perdita di valore per il sistema aziendale, insieme ad un indebolimento generale del processo produttivo. Questo genere di output materico viene comunemente denominato "scarto" e può essere declinato attraverso cinque diverse classificazioni:

- **Scarto fisiologico da avviamento processo;**
- **Scarto fisiologico da sfrido;**
- **Scarto fisiologico da prove distruttive;**
- **Scarto per non conformità in stabilimento;**
- **Scarto per non conformità da cliente.**

Lo scarto da avviamento processo, anche chiamato scarto da “setup”, consiste nella quantità di polimero necessaria per avviare un macchinario produttivo, portandolo al corretto regime di produzione. L’impatto di tale tipologia di scarto è misurabile in rapporto alla quantità di fermi macchina che subisce la fase produttiva. Più i turni macchina saranno brevi e numerosi, più aumenterà la quantità di materia prima scartata per avviare ogni turno, aggiungendo al processo produttivo fasi che non generano assolutamente nessun valore per l’azienda. L’alto numero di turni macchina è solitamente conseguenza diretta di una gestione superficiale del processo da parte del management, che limita il flusso informativo comunicando semplici istruzioni operative. Questa “strozzatura” del flusso informativo rende impossibile agli operatori in linea l’acquisizione di una consapevolezza complessiva del processo, per il quale, gli operatori stessi, rappresentano i tasselli fondamentali. L’impossibilità di comprendere la totalità del processo produttivo, per la maggioranza degli operatori, potrebbe creare dei colli di bottiglia all’interno delle fasi di processo, come azioni immotivate o operazioni errate, che, danneggiando la singola fase e fermando i macchinari, andrebbero a fermare l’intero processo produttivo. Possiamo quindi dire che lo scarto da avviamento processo non può essere evitato, a causa delle esigenze tecnologiche dei macchinari produttivi, ma può essere drasticamente ridotto se inserito in un sistema con un flusso informativo efficiente.

Durante l’investigazione olistica si sono rilevate le quantità di polimero di scarto generate dalla fase di avviamento dei macchinari principali, riconducibili a circa 11 tonnellate di polimero scartato a Villarbasse, solo nel 2020. Per approfondire l’analisi, si è cercato di capire in che modo le tre tecnologie principali andassero ad impattare su queste 11 tonnellate, approfondendo lo scarto da avviamento di ogni singolo macchinario. La tecnologia ad iniezione ha prodotto, nel 2020, una quantità di scarto da setup pari a 1975,5 kg, classificato tra Polietilene, Polipropilene, PET e Poliammide. Il valore economico perso per l’iniezione, relativo allo scarto da setup, è di circa 4.000 Euro, mentre il costo di gestione che Cornaglia deve sostenere, al kg di materiale di scarto, ammonta a circa 2 Euro al Kg. Il soffiaggio ha prodotto, sempre nel 2020, circa 4.786 Kg di materiale di scarto tra Polietilene e Poliammide, con un valore economico che ammonta a quasi ventimila Euro, ed un costo di gestione dello scarto di 4 Euro al Kg. Il rotazionale, infine, è in assoluto la tecnologia che, in questa fase, produce lo scarto più complesso da gestire, in quanto, proprio a causa della tipologia di prodotto da processare e delle tirature limitate, è costretta a generare scarto di grandi dimensioni per un notevole numero di volte, a causa dei continui avviamenti necessari per rendere operativa la macchina. Sempre nello stesso anno, la tecnologia rotazionale ha prodotto 4.400 Kg di polimero di scarto tra Polipropilene, Polietilene e Poliammide, con un costo di gestione discretamente alto, pari a 6 Euro al Kg, ed un valore economico anch’esso tra i più alti delle tecnologie principali, di circa 26.000 Euro.

La seconda tipologia di scarto, in uscita dalla fase produttiva, è definibile come “Scarto da sfrido”. Esso rappresenta una quantità di materia prima, spesso grezza, con volumi e geometrie tutte diverse, proveniente dalle lavorazioni di finitura effettuate sul pezzo uscito dallo stampo. In breve, consiste nella quantità di materiale polimerico, espressa in kg, che viene sottratta al prodotto durante la fase di pulizia finale. La quantità si deduce mettendo a rapporto il peso del prodotto appena uscito dal macchinario con il peso dello stesso uscito dalla fase di finitura. Sebbene la quantità di materia prima, scartata in questa fase, sia preventivabile in base alle tipologie di lavorazioni da effettuare sul pezzo, il driver in grado di fornire una corretta previsione è identificabile nella tecnologia di provenienza. Ogni tecnologia possiede infatti modalità diverse di stampaggio dei prodotti, determinando per ognuna la necessità preventiva di definire uno standard di lavorazioni necessarie alla fase post-produttiva. Questa tipologia di scarto, oltre che essere meno legata alla capacità organizzativa dell’azienda, dipende espressamente dalla tipologia e dalle geometrie dei prodotti finali. Durante la fase di finitura, le variabili fisiche ad alta complessità possono generare uno scarto consistente, che però, in questo caso, verrebbe precedentemente programmato ed accettato dal sistema produttivo, evitando che questo si danneggi ed offrendo opportunità di riutilizzo dell’output polimerico.

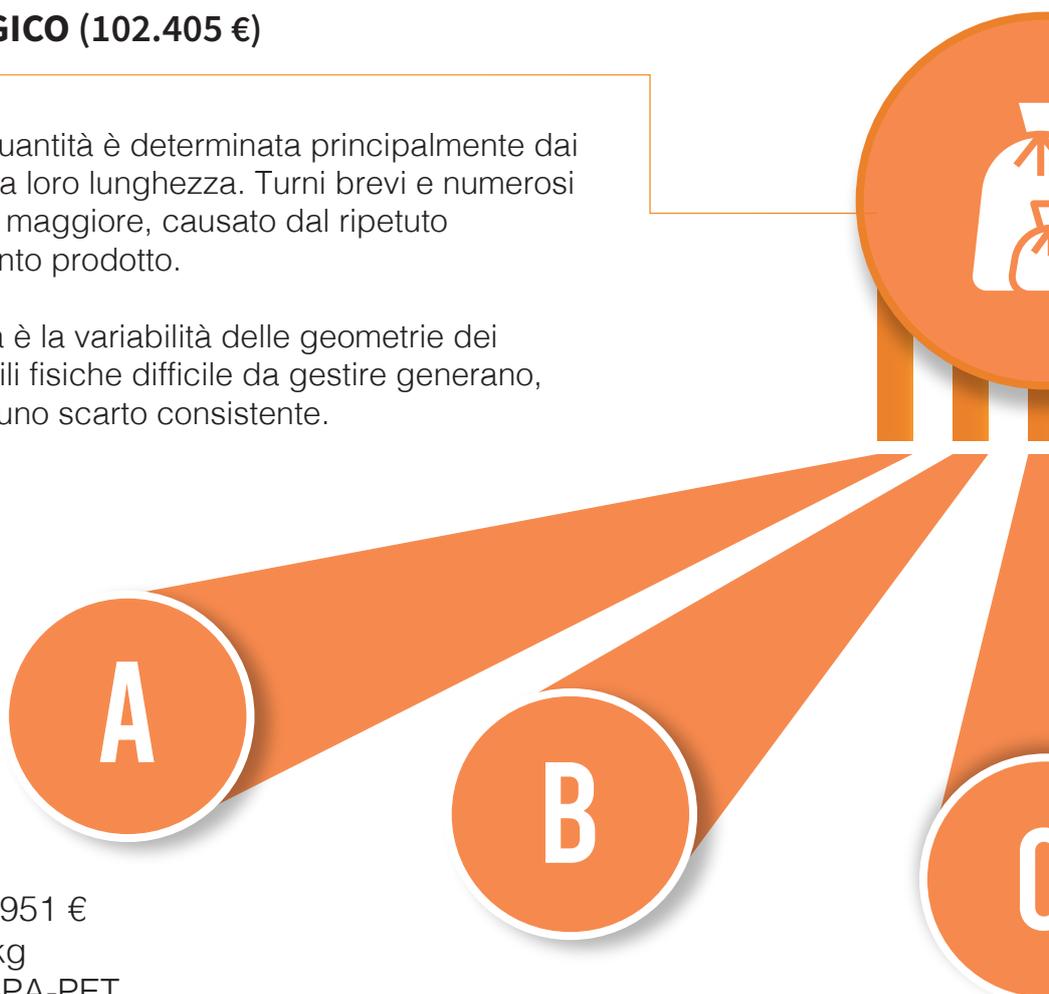
Durante l’investigazione dei processi di finitura, si sono rilevate circa 14 tonnellate e mezzo di polimero, generato complessivamente dalle lavorazioni di finitura delle tre tecnologie. Nel caso dell’iniezione, i processi di finitura conseguenti hanno generato nel 2020 quasi due tonnellate e mezzo di polimero, 2.471 Kg per la precisione, sempre identificabile in PE, PA, PET e PP, con un valore economico potenziale di quasi 5.000 Euro. Il soffiaggio produce invece 6.726 Kg circa di polimero tra Polietilene e Poliammidi, per un valore economico di circa 27.000 Euro. Dalla comparazione tra i numeri dell’iniezione e del soffiaggio, è immediatamente evidente quanta differenza crei la tipologia di processo/prodotto sulle operazioni richieste dalle fasi di finitura. Anche la differenza di costo tra le varie tecnologie, relativo alla gestione dello scarto da sfrido, può aiutare ad una maggiore comprensione della complessità dello scarto, con un costo di 2 Euro al Kg per l’iniezione ed un costo doppio per il soffiaggio. Anche la tecnologia rotazionale, così come per il soffiaggio, presenta un alto costo di gestione dello scarto da sfrido, che nel suo caso ammonta a circa 5.263 Kg, per un valore economico di circa 21.000 Euro, solo nel caso studio di Villarbasse durante il 2020.



**SCARTO FISIOLOGICO (102.405 €)**

La variazione della quantità è determinata principalmente dai turni macchina e dalla loro lunghezza. Turni brevi e numerosi generano uno scarto maggiore, causato dal ripetuto processo di avviamento prodotto.

Un'altra caratteristica è la variabilità delle geometrie dei prodotti. Delle variabili fisiche difficile da gestire generano, nella fase di finitura, uno scarto consistente.



**Scarto da setup**

**Iniezione:**

- Val. economico: 3951 €
- Quantità: 1975,5 kg
- Materiale: PP-PE-PA-PET
- Costo: 2 € x kg

**Rotazionale**

- Val. economico: 26.400 €
- Quantità: 4400 kg
- Materiale: PP-PE-PA
- Costo: 6 € x kg

**Soffiaggio**

- Val. economico: 19.144 €
- Quantità: 4786 kg
- Materiale: PE-PA
- Costo: 4 € x kg

**Scarto sfrido/spurgo**

**Iniezione:**

- Val. economico: 4943 €
- Quantità: 2471 kg
- Materiale: PP-PE-PA-PET
- Costo 2 € x kg

**Rotazionale**

- Val. economico: 21.063 €
- Quantità: 5263 kg
- Materiale: PP-PE-PA
- Costo: 4 € x kg

**Soffiaggio**

- Val. economico: 26.904 €
- Quantità: 6726 kg
- Materiale: PE-PA
- Costo: 4 € x kg

**Scarto n**

- Val. econon
- Quantità
- Materiale: n
- Costo: 2

## SCARTO DA ERRORE (251.507 €)

Lo scarto generato dall'errore di processo è strettamente legato alla capacità organizzativa dell'azienda ed al corretto funzionamento delle tecnologie produttive.



D

E

### Scarto da cliente

- Quantità: 263 pz
- Costo ritiro: 30.254 €

### Scarto per NC

#### Iniezione:

- Val. economico: 26.587 €
- Quantità: 3.057 pz
- Materiale: PP-PE-PA-PET

#### Rotazionale

- Val. economico: 171.805 €
- Quantità: 2856 pz
- Materiale: PP-PE-PA

#### Soffiaggio

- Val. economico: 53.115 €
- Quantità: 12.118 pz
- Materiale: PE-PA

### massivo

economico: 5695 €  
: 2278 kg  
non tracciato.  
2,5 € x kg

N.B: Tutti i valori economici espressi sono da intendere come costi da sostenere o mancati profitti.

La terza tipologia, rappresenta un output di scarto appartenente ai casi di gestione straordinaria della catena produttiva, nel quale vengono attuati test e prove sperimentali utili a verificare lo stato di salute del processo produttivo, attraverso analisi effettuate sui prodotti uscenti; tale categoria di scarto viene definita “Scarto da prove distruttive”. L’impatto che le prove distruttive hanno sul flusso materico non è senz’altro paragonabile alle precedenti tipologie di scarto. Sebbene non influenzi il flusso materico del progetto, la verifica a campione influenza in modo fondamentale il flusso informativo, permettendo al sistema aziendale di monitorare i risultati delle azioni produttive e lo stato di salute del processo. Principalmente per il motivo appena citato, sottovalutare l’importanza delle prove distruttive potrebbe portare alla comparsa di errori di processo o di non conformità del prodotto, entrambi casi in cui la produzione verrebbe arrestata per la risoluzione degli imprevisti produttivi. Le prove distruttive sono così chiamate perché agiscono sul prodotto con sollecitazioni meccaniche/termiche estreme, finalizzate spesso a definire i punti di rottura o la sopportazione limite del materiale. Le prove sono fondamentali per capire se la fase produttiva stia processando correttamente la materia prima nel prodotto finale, rispettando tutte le proprietà chimico/fisiche richieste. Il Monitoraggio degli errori durante le prove è comunque un’azione che permette di correggere le zone non conformi del processo, spesso generate da errori progettuali riferiti al prodotto, agli stampi stampi o alle proprietà della materia prima, non conformi a quelle previste.

Lo scarto per non conformità, è invece una tipologia di scarto che genera nessun minimo valore informativo per l’azienda. La non conformità del pezzo viene definita in una fase del processo nel quale è presente il bivio finale tra pezzo finito e pezzo di scarto e, nel caso in cui siano monitorati degli errori, il pezzo viene scartato senza investigare troppo approfonditamente le motivazioni dietro l’errore. La non conformità del pezzo finale è infatti spesso attribuibile ad errori non riferiti alla progettazione, ma all’usura dei macchinari e degli stampi, o semplicemente da errori isolati compiuti dagli operatori. Le motivazioni dietro la non conformità possono essere varie e numerose, specifiche per ogni tecnologia produttiva, ma cercando di condensare la motivazione principale, possiamo affermare come la produzione di scarto per non conformità sia determinata dalla capacità dell’azienda di adattare la tecnologia produttiva ad un processo industriale solido. In altre parole, questo significa avere un sistema che curi lo scorrimento del flusso materico attraverso una corretta gestione del flusso informativo, che diminuisca la percentuale di errore degli operatori, e che mantenga attivo il monitoraggio delle strumentazioni produttive. Approfondendo i numeri relativi alla quantità di scarto per non conformità registrato a Villarbasse, abbiamo osservato notevoli differenze di efficienza da parte delle diverse tecnologie. Lo stampaggio ad iniezione, ad esempio, su 468.811 pezzi prodotti ha registrato 3.057 pezzi non conformi, per un valore di 26.587 Euro. Il soffiaggio ha prodotto 12.118 pezzi di scarto, su 514.371 pezzi prodotti, mentre il rotazionale 2.856 unità di scarto su 106.227 prodotte. I numeri sono gli stessi

presentati prima, poiché lo scarto per non conformità è, ancora oggi, l'indicatore di riferimento per determinare la salute di un processo produttivo. Ma per quale motivo, la caratteristica di non conformità è diventato l'unico driver utile a capire se il processo sia efficiente? La risposta si può trovare nella definizione di "risultato aziendale" che spesso è più orientato all'aspetto economico che di futuribilità del processo. Da qui, la salute di un processo industriale viene definito sano quando riesce a fornire il cliente in tempo e con la qualità richiesta, indipendentemente dagli errori commessi all'interno dello stabilimento produttivo. Questa visione si focalizza sull'idea della perfetta produzione pratica, spesso raggiunta attraverso numerosi tentativi empirici, e tenuta in piedi da un know how difficilmente condivisibile all'interno del sistema aziendale. Sebbene la Cornaglia abbia sviluppato piattaforme di condivisione del know how ed abbia un proprio centro di ricerca e sviluppo "pensante", non è esente dai casi in cui il prodotto non conforme, per errori di controllo, riesce ad oltrepassare i quality gate interni, raggiungendo l'esterno e venendo riscontrato direttamente dal cliente. Questa tipologia di prodotto non è più solamente uno scarto fisico o un valore potenziale non guadagnato, ma diventa un vero e proprio danno al sistema produttivo del cliente, che dovrà essere quindi ripagato per i rallentamenti subiti, generando all'azienda fornitrice costi dello scarto notevolmente alti. Considerando il valore economico delle quantità di scarto non conforme, monitorate sulle tre tecnologie principali interne allo stabilimento, di circa 250.000 Euro su 18.000 pezzi non conformi, è interessante paragonare tale proporzione con il valore economico dei pezzi non conformi rilevati dal cliente, in rispetto della loro quantità. Senza aggiungere il valore economico base dello scarto, ovvero mancato profitto più costi di gestione, ed isolando solo i costi di ritiro dei pezzi dal cliente, osserviamo che su 263 pezzi ritirati Cornaglia ha sostenuto spese pari a 30.254 Euro. Riassumendo, la non conformità dei prodotti monitorati internamente genera costi riferiti ai profitti persi ed ai costi di gestione del prodotto di scarto, mentre la non conformità rilevata dal cliente genera costi elevatissimi, finalizzati principalmente a ripagare i danni al secondo sistema produttivo, del quale si è fornitori.

Conseguentemente alla definizione delle cinque principali classificazioni con cui viene inteso lo scarto aziendale fisico, sorge intuitivamente l'idea di una divisione ben precisa delle macrotipologie di scarto. La divisione che contraddistingue queste cinque tipologie le riassume ulteriormente in una classificazione più generale: lo scarto fisiologico di processo e lo scarto originato dagli errori di processo. Queste due classificazioni dello scarto delineano l'approccio, i limiti e le opportunità delle categorie di scarto che racchiudono, esplicitando come la prima categoria di scarto fisiologico sia impossibile da annullare completamente, il risultato massimo raggiungibile potrebbe essere infatti una sua diminuzione sostanziale, ma mai la completa cancellazione. Lo scarto fisiologico è infatti una categoria di output la cui presenza è necessaria per il raggiungimento dei risultati di processo, e che, senza la sostituzione delle strumentazioni e dei macchinari, non potrà mai essere eliminata.

Essa viene infatti preventivata dalla progettazione, sulla base delle tecnologie e delle procedure di trasformazione richieste durante il processo produttivo, e può essere annullata solo a fronte di innovazioni tecnologiche o innovazioni di materiale. Da qui, l'ottimizzazione di un processo produttivo che ha come requisito il mantenimento delle tecnologie e delle strumentazioni già presenti, non potrà in nessun modo annullare la presenza dello scarto fisiologico, ma lo potrà minimizzare il più possibile. Dall'altra parte, esiste invece la possibilità teorica di annullare totalmente la seconda macrotipologia di scarto, ovvero quello generato dagli errori di processo. Sebbene sia un'aspettativa alquanto utopistica, sarebbe possibile ottimizzare le operazioni produttive, le procedure e lo scarto senza modificare le componenti fisiche del processo, semplicemente migliorando il flusso informativo del sistema. Per fare questo bisognerebbe implementare nel sistema un nuovo flusso di risorse informative, che migliorino i canali comunicativi con cui vengono definiti i quality gate e che aumentano l'efficienza delle verifiche di processo. Aumentare l'efficienza generale del flusso informativo, finalizzato al corretto scorrimento del flusso materico, presenta come punto di partenza la valorizzazione di due concetti molto importanti: la tracciabilità delle risorse e la definizione delle motivazioni produttive. Una maggiore attenzione riguardo l'efficacia di questi due concetti, attualmente non estranei allo scenario industriale per la definizione di un nuovo punto di partenza del flusso informativo, permetterebbe a tutti gli attori del nuovo sistema produttivo di acquisire consapevolezza riguardo la propria mansione in rapporto al risultato finale. Permetterebbe quindi di fornire agli operatori, presenti in ogni fase produttiva, le informazioni necessarie ad evitare errori operativi, o, nel caso si implementi anche un approccio proattivo al progetto, addirittura a prevenirli o scongiurarli.

Riassumendo, gli scarti fisiologici appartengono semanticamente al flusso materico e sono spesso generati dalle trasformazioni che tale flusso subisce durante tutta la fase produttiva. Possono essere ottimizzati e ridotti attraverso una corretta gestione dei ritmi di processo, ma entro un margine molto limitato; possono invece essere ridotti sostanzialmente solo attraverso l'investimento in nuove risorse operative, come macchinari tecnologicamente avanzati o materiali innovativi. Gli scarti per non conformità appartengono invece alla sfera di valori più vicini al flusso informativo, sebbene incidano pesantemente anche sul flusso materico, e sono spesso generati dalle lacune informative che portano ai conseguenti errori di processo. Possono essere ridotti o annullati attraverso una corretta gestione delle informazioni intrasistema e di una migliore condivisione degli obiettivi produttivi.

## 7.5) I COSTI FINALI: DIRETTI ED INDIRETTI.

L'ultima fase dell'investigazione riguarda l'analisi relativa ai costi finali, sostenuti dal sistema aziendale per supportare il processo produttivo, l'acquisizione degli input di processo e la gestione degli output di scarto. Dopo aver circoscritto l'area di studio, definito il perimetro tecnologico d'azione e chiarite le classificazioni di input in entrata ed output in uscita, diventa possibile a questo punto delineare il quadro economico che sostiene, a Villarbasse, i principali processi produttivi. Data la natura sistemica del modello di progetto, gli sforzi di ricerca non saranno finalizzati a delineare un classico conto economico dell'attuale processo produttivo. Sarà invece riportata un'analisi principalmente dedicata ai costi gestionali dello scarto plastico, accompagnata da considerazioni utili a comprenderne le criticità principali ed i punti di miglioramento.

Per avere una chiara idea del valore economico dello scarto plastico, traducibili sia in profitti persi che in costi gestionali, bisogna approfondire la comprensione del volume dei costi diretti ed indiretti generati dalla presenza di scarto plastico. I costi imputabili direttamente allo scarto sono da attribuire principalmente alle attività di conferimento, ovvero i viaggi e gli spostamenti del materiale di scarto dallo stabilimento al centro di smaltimento, ed a quelle di smaltimento, ovvero la tariffa richiesta dai centri per kg di materiale smaltito. Questi costi, oltre che non generare nessun valore per il processo, incidono attivamente sulle strategie di spending del sistema aziendale a causa del loro notevole volume. Approfondendo il volume dei costi indiretti più nello specifico, si è rilevata durante il 2020 una quantità di scarto che ha fatto perdere all'azienda un guadagno potenziale di circa 360.000 Euro. Questo valore rappresenta un costo indiretto attribuibile alla qualità del processo. Sempre nello stesso anno, la gestione dei costi diretti dello scarto, identificabili nel settore della non qualità, ha prodotto un volume di costi notevolmente più alto. I costi diretti di gestione dello scarto sono infatti direttamente proporzionali ai costi indiretti, rilevare una discesa dei guadagni potenziali significa star generando scarto, e generare scarto significa quindi dover sostenere dei costi per eliminarlo dallo stabilimento. I costi diretti, di gestione o trasformazione dello scarto, sono da dividere ulteriormente nei costi per la gestione dei pezzi non conformi, e di quelli per la gestione del materiale polimerico ottenuto dallo sfrido e dall'avviamento. Il volume di costi sostenuti da Cornaglia per gestire i pezzi non conformi è pari a circa 375.000 Euro, mentre i costi di gestione del materiale polimerico "fisiologico" ammontano a circa 143.000 Euro. Insieme, i costi diretti della non qualità ed i costi indiretti relativi alla gestione dello scarto, sommati con le altre categorie minori come costi di scarto massivo, di garanzia e di rilavorazione, incidono sul conto economico dell'azienda per un totale di quasi 930.000 Euro, divisi in 573.000 Euro di costi diretti della non qualità ed in 360.000 Euro di mancati profitti.

# 8) SISTEMA DEI FLUSSI COINVOLTI NEL TERRITORIO INDUSTRIALE DELLA CORNAGLIA.

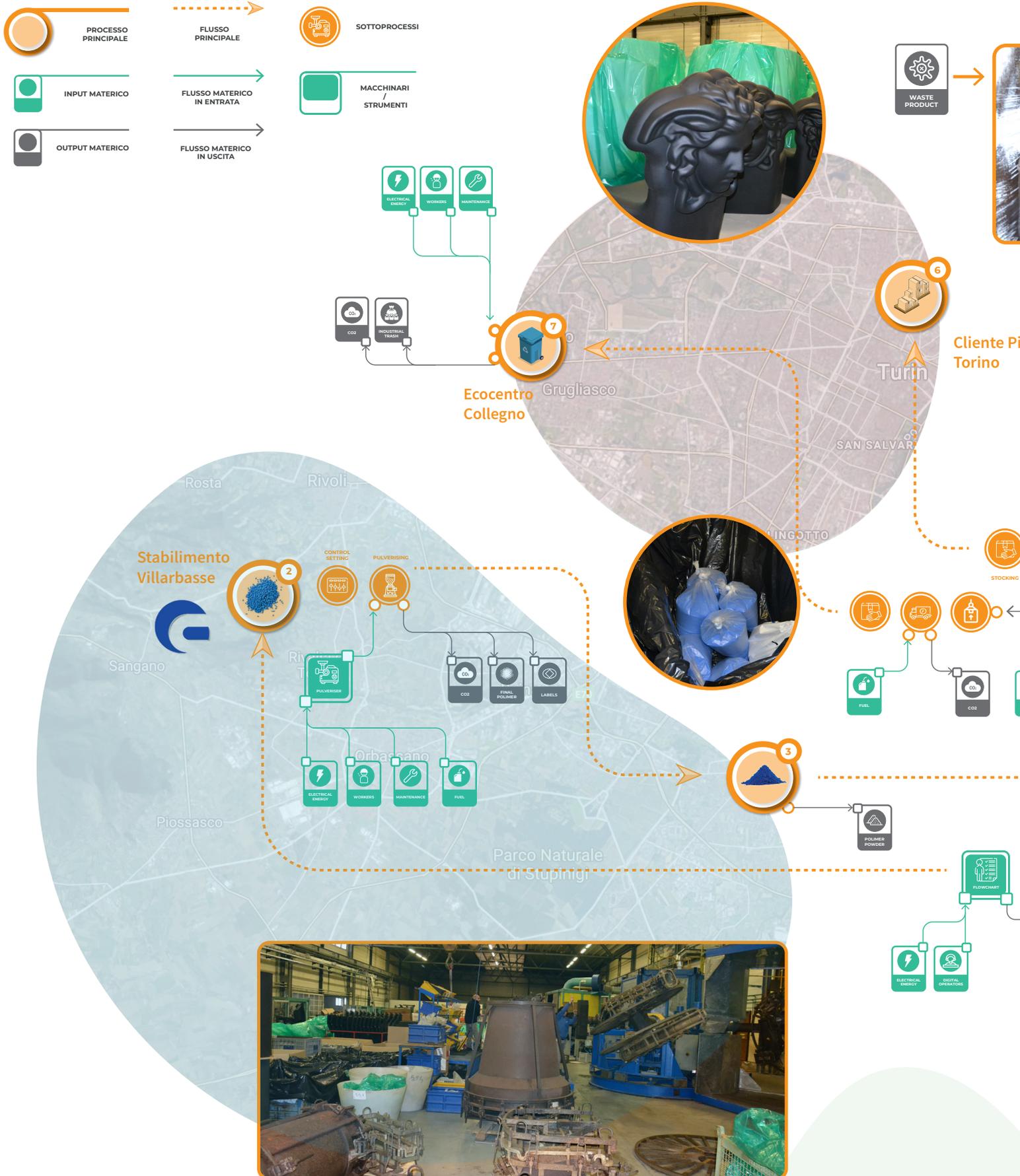




Foto effettuata dall'autore



Foto effettuata dall'autore

lota

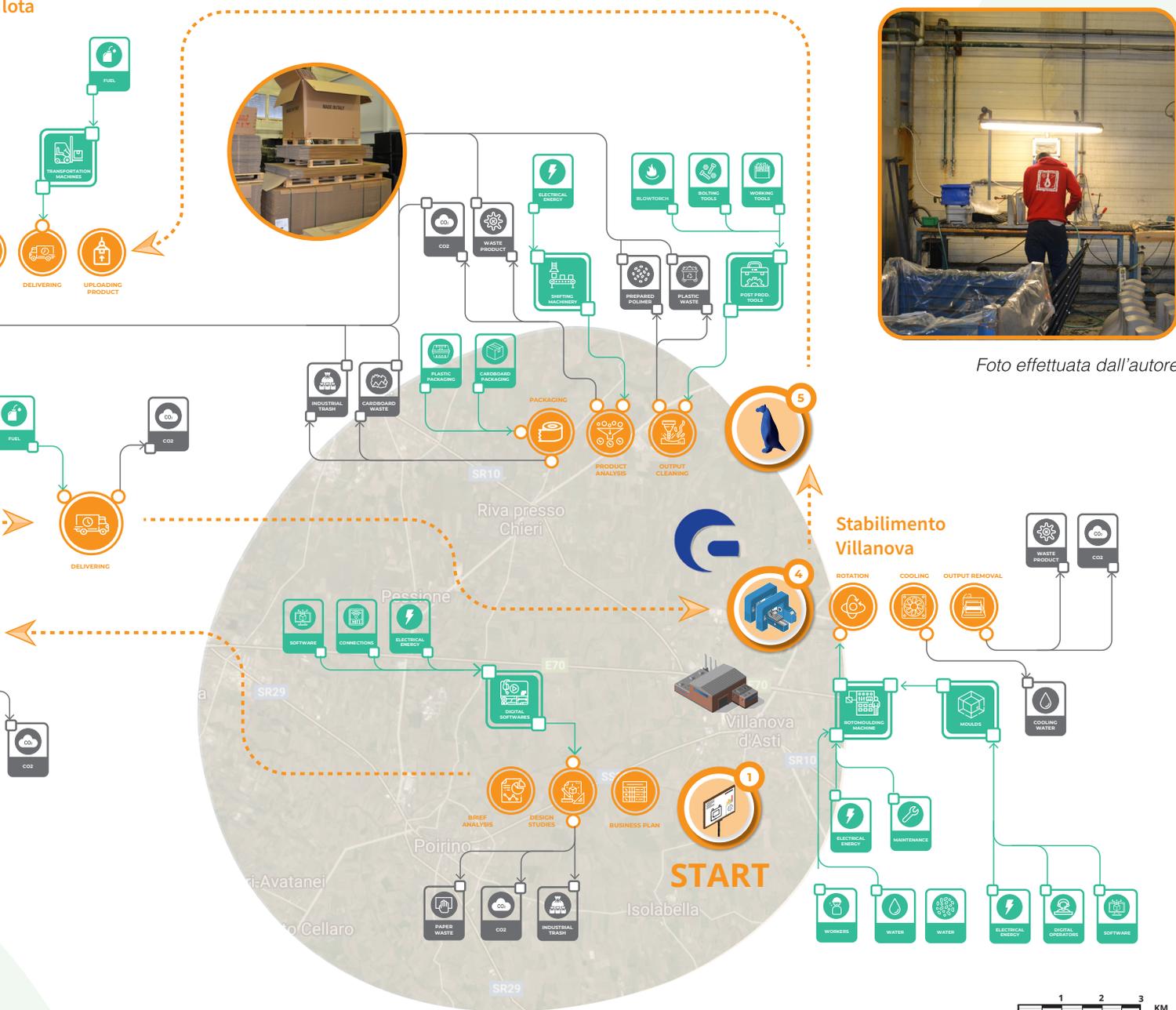


Foto effettuata dall'autore

## **9) DEFINIZIONE DELLA SUPPLY CHAIN INDUSTRIALE E DEI REQUISITI DI SISTEMA.**

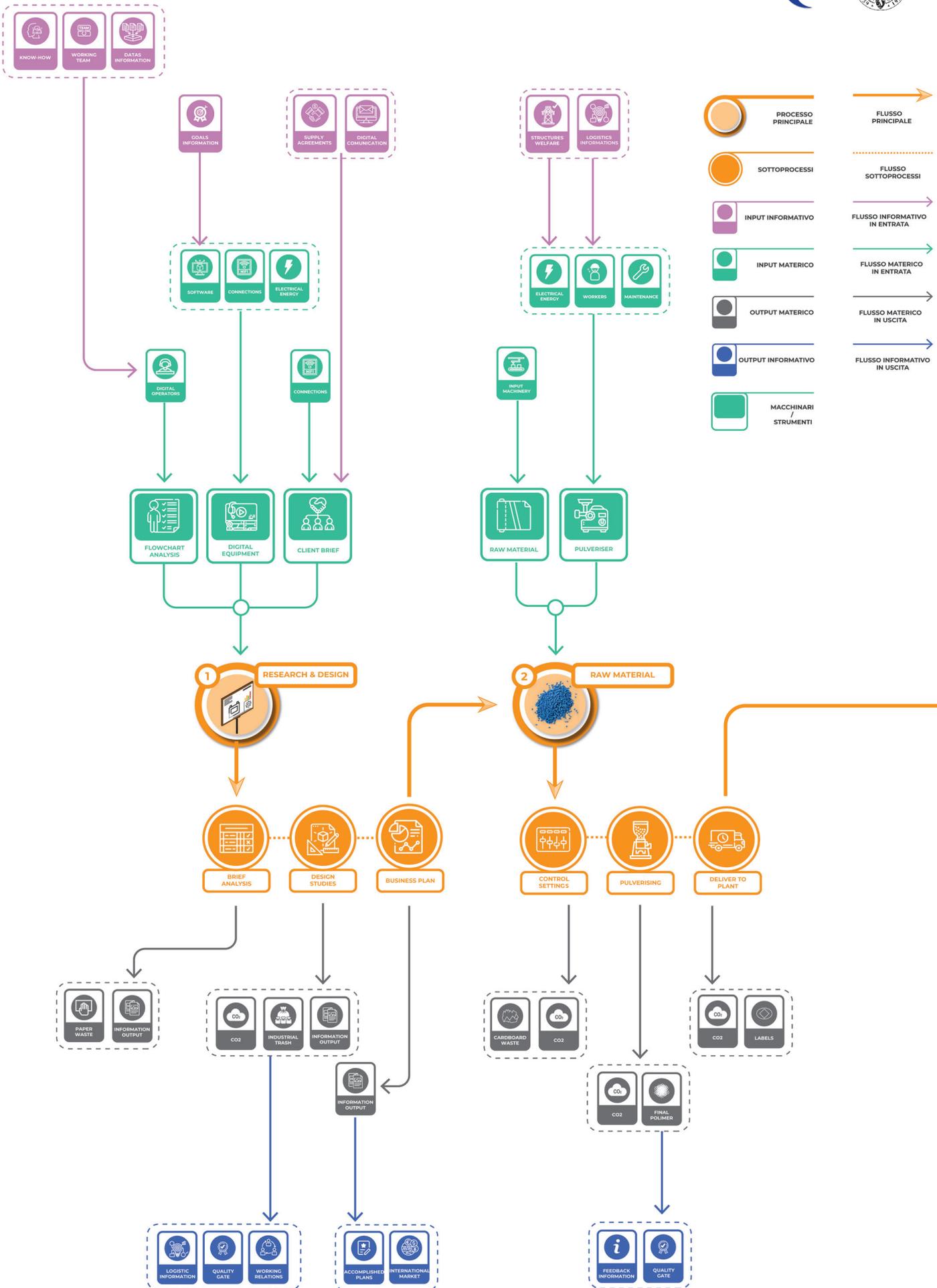
### **9.1) SUPPLY CHAIN DELLA DIVISIONE PLASTICA CORNAGLIA.**

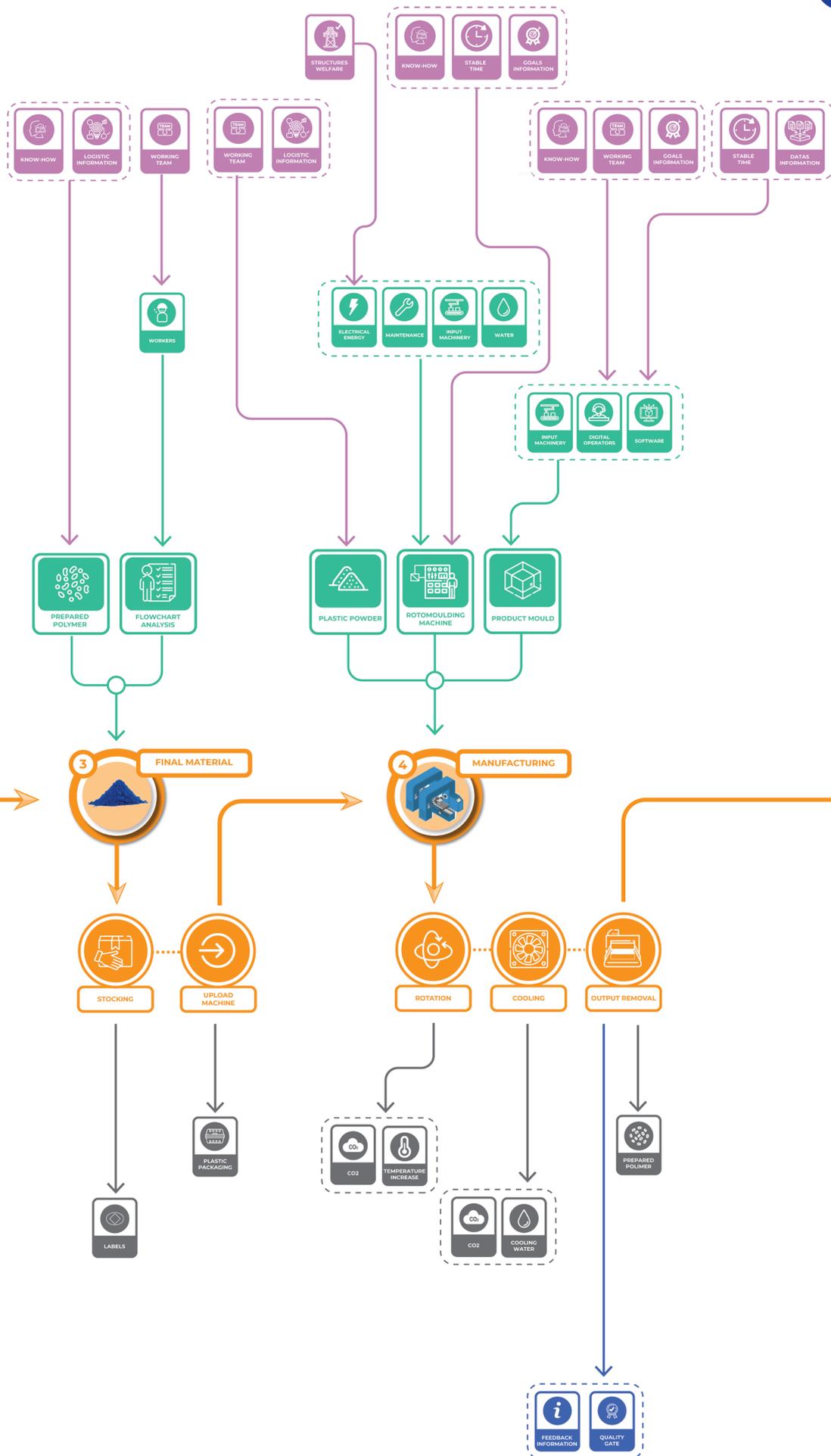
Conseguentemente all'analisi svolta, si è realizzata una trasposizione grafica di quella che sarebbe la supply chain della divisione plastica di Cornaglia. Qui di seguito, andremo a descrivere più nel dettaglio quali sono le dinamiche ed i processi che coinvolgono la supply chain, cercando di sviscerare le azioni progettuali presenti nelle fasi principali della filiera produttiva. La supply chain che andremo a presentare è costruita sul processo produttivo della tecnologia rotazionale, in quanto, tale tecnologia, racchiude allo stesso modo tutti gli step produttivi appartenenti all'iniezione ed al soffiaggio, con l'aggiunta di un'unica fase riguardante la trasformazione del granulo in polvere polimerica. Infatti, oltre alle procedure di trasformazione dell'input in entrata, le fasi produttive delle tre tecnologie sono praticamente le medesime e tra le tre dinamiche processuali presenti all'interno del sistema industriale, sono state rilevate molte similitudini relative al metodo ed alle operazioni.

Il primo step dal quale ogni processo produttivo si genera, come viene presentato dalla supply chain, riguarda la fase di ricerca e sviluppo, nel quale si realizza la progettazione del prodotto e di tutte le attrezzature necessarie alla sua produzione. In questa fase la Cornaglia, oltre che a lavorare a stretto contatto con il cliente per comprenderne le richieste, usufruisce di un centro di progettisti interno che traduce le necessità comunicate dal cliente in prodotti fisici funzionali. Tale centro di ricerca interno, riceve principalmente gli input informativi relativi al brief di prodotto, fornito direttamente dai clienti, e la rapporta alla disponibilità organizzativa dell'azienda per mettere il prodotto in produzione. Questi risorse informative vengono processate attraverso strumentazioni digitali di disegno CAD, calcoli strutturali FEM e prototipazioni rapide, venendo poi trasformate in informazioni con valore progettuale ed organizzativo. Nel primo step della filiera, gli output che generano valore sono principalmente quelli informativi, contenenti al loro interno le informazioni relative alla progettazione del prodotto, ai requisiti di processo, alla previsione di "spending" ed a quella di ritorno economico. In questa fase, i requisiti economici e progettuali sono i veri quality gate, da superare per poter avviare la produzione. Gli aspetti economici sono poi molto legati alla progettazione ed ai requisiti di processo che, se molto complessi ed articolati, possono richiedere costi così elevati da non giustificare la messa in produzione.

Una volta identificata una configurazione di prodotto e di processo sostenibile per l'azienda, si passa alla seconda fase, nel quale avviene la ricezione della materia prima polimerica. La scelta della materia prima è uno degli aspetti di processo

# SUPPLY CHAIN: FASI DI RICERCA & DESIGN E FORNITURA MATERIA PRIMA





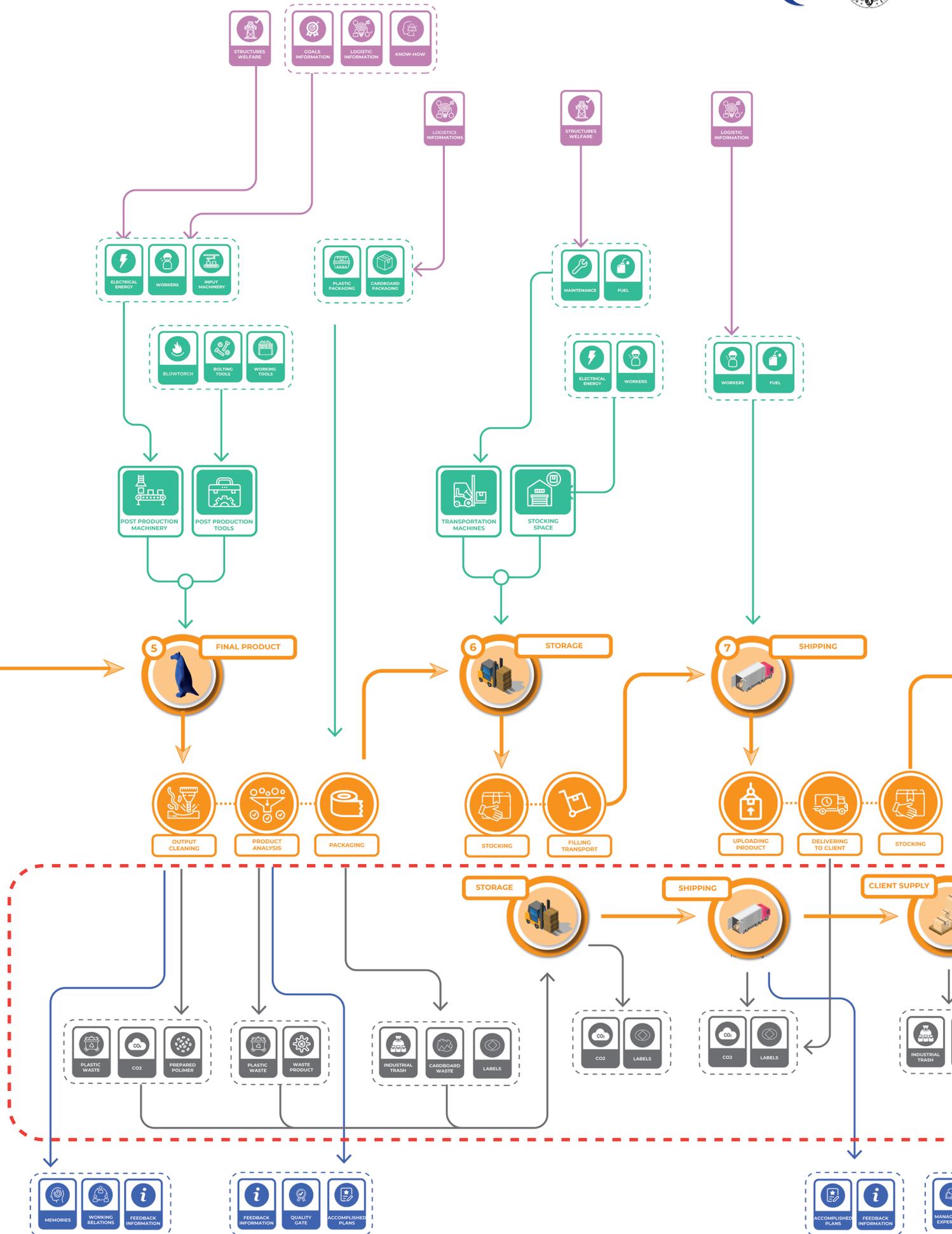
sul quale la progettazione deve fare molta attenzione, curando la selezione della tipologia e della quantità necessaria, al fine di stipulare accordi convenienti con le aziende di fornitura dei polimeri.

Ricevuto il polimero, si passa ad un fase preliminare di controllo delle proprietà in entrata, così da garantire lo standard qualitativo richiesto all'azienda fornitrice. In seguito, la materia prima certificata viene consegnata allo stabilimento nel quale verrà effettuata la lavorazione, nelle quantità necessarie. Poiché la maggioranza della materia prima viene fornita principalmente nello stabilimento di Villarbasse, una certa quantità dovrà essere distribuita anche agli stabilimenti nel quale si effettuano le lavorazioni parallele. Un chiaro esempio è la distribuzione della materia prima necessaria per lo stampaggio rotazionale che, delocalizzato recentemente a Villanova d'Asti, necessita di essere fornito allo stabilimento principale. In più, a causa dei requisiti del processo rotazionale, la materia prima fornita in granuli necessita di essere polverizzata, prima di essere inserita nel macchinari di stampaggio. Il granulo polimerico, al fine di diventare materia prima, dovrà quindi essere prima lavorato attraverso processi di polverizzazione, e poi fornito allo stabilimento di destinazione. Questa fase di polverizzazione del granulo polimerico non avviene per i processi ad iniezione e soffiaggio.

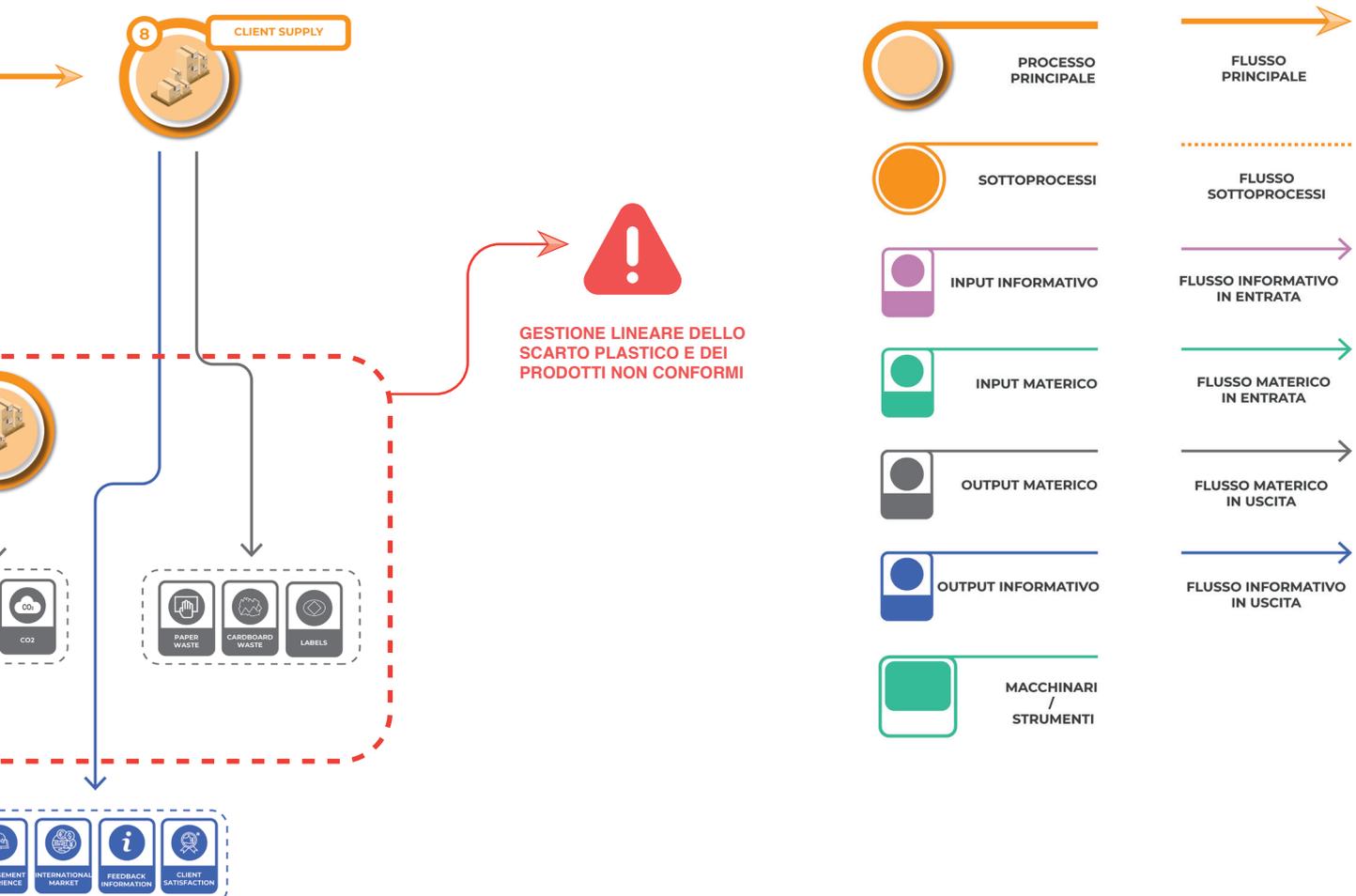
Una volta in possesso delle linee guida di progettazione, e della materia prima, il processo incontra la fase di produzione, del quale abbiamo già abbondantemente definito il funzionamento per ogni tecnologia nel paragrafo 7.2 del capitolo. Nella fase di produzione, come presentato dalla supply chain, monitoriamo la comparsa dei primi output di scarto fisico, generato dall'avviamento dei macchinari. Ottenuto il prodotto finale tramite la rimozione dal macchinario, effettuata manualmente o in modo automatizzato, segue la fase di finitura ed analisi del pezzo, nel quale potrebbe essere identificata l'origine dello maggioranza dello scarto di tutto il sistema. Sorvolando sugli aspetti operativi e le attività coinvolte, già descritte nei precedenti paragrafi, ci concentreremo in questo caso sul percorso che compiono gli output di scarto, dal percorso di finitura fino alla loro destinazione di smaltimento finale. Sebbene, come enunciato precedentemente, la finitura generi scarto fisiologico grezzo mentre l'analisi del prodotto pezzi di scarto interi, il loro percorso verso la fase di smaltimento è molto spesso il medesimo.

I casi nel quale osserviamo un output comportarsi diversamente riguardano solo le occasioni nel quale è possibile rimacinare il polimero grezzo o i prodotti finiti. In questo caso, l'output può ritornare a monte del processo come materia prima, ma non potrà farlo per più di 4 cicli, e verrà destinato a soluzioni di prodotto sicuramente diverse da quelle da cui si è generato. Non potendo, ancora, diversificare a proprio piacimento le destinazioni di mercato dei prodotti, la Cornaglia non può quindi attuare una strategia di riutilizzo concreto del materiale

# SUPPLY CHAIN: FASI DI FINITURA, STOCCAGGIO E SPEDIZIONE AL CLIENTE



riciclato, almeno finché dovrà produrre componenti ingegneristiche per l'automotive. Attualmente, l'uso maggiormente diffuso del rimacinato consiste nel suo inserimento nel macchinario per le fasi di avviamento, così da minimizzare l'uso di materia prima vergine. Valutando invece il percorso dello scarto direttamente conferito e smaltito, è evidente il suo parallelismo con il flusso produttivo principale, le singole attività sono infatti le medesime, ma mentre alcune trasportano il pezzo finito che genera profitto, le altre trasportano rifiuto plastico, che genera costi. Sebbene dalla filiera escano due output principali, la cui gestione presenta somiglianze sia a livello costistico che di impatto ambientale, solo uno dei due output genera valore di ritorno per l'azienda. In più, per il pezzo fornito al cliente Cornaglia mantiene un certo grado di responsabilità, mantenendo una tracciatura dei pezzi inviati tramite accordi di fornitura annuali. Quando invece Cornaglia fornisce lo scarto plastico all'azienda addetta al conferimento, perde direttamente i diritti di proprietà, e di responsabilità, sul materiale fornito, indebolendo la tracciabilità del materiale di scarto. In altre parole, le aziende passano in consegna lo scarto plastico, classificato normalmente per tipologia di lavorazioni o polimero, e da quel momento in poi non sarà più loro responsabilità, almeno fino a quando non dovranno sostenere i costi di smaltimento con il centro convenzionato. Questo concetto di perdita di responsabilità, oltre che generare costi aggiuntivi, limita considerevolmente la possibilità di ottimizzare il riutilizzo del materiale in uscita, in quanto negherebbe la possibilità alle aziende generatrici dello scarto di mantenere il monitoraggio completo sui flussi del sistema.



FATTORI UTILI



**S**

**STRENGTHS**

- Forza produttiva & economica.
- Ampio e profondo parco tecnologico.
- Know how d'impresa.
- Organizzazione strutturata del processo.

FATTORI DANNOSI



**W**

**WEAKNESSES**

- Stabilità del processo produttivo.
- Scarsa ottimizzazione valore scarto interno.
- Know how tech e conoscenza processo.



**O**

**OPPORTUNITIES**

- Collaborazione con mondo accademico
- Rapporti commerciali nel territorio.
- Diversificazione del sett. di mercato.



**T**

**THREATS**

- Ritmo produzione in rapporto a richiesta clienti.
- Mercato automotive con numeri in discesa.
- Investimenti elevati per impianti e tecnologie.

## 9.2) PUNTI DI FORZA ED OPPORTUNITÀ.

Conseguentemente all'investigazione della filiera produttiva di Cornaglia, possiamo, a questo punto, integrare nell'analisi alcune importanti considerazioni relative ai punti di forza ed alle opportunità rilevate, fattori che permetterebbero all'azienda di sviluppare il proprio sistema attraverso i punti nel quale presentano maggiori potenzialità. Per fare ciò, andremo a delineare di seguito i principali punti di forza ed opportunità del sistema Cornaglia, sul quale fare leva per una trasformazione sostenibile del sistema.

Qui di seguito andremo ad enunciare i principali **punti di forza** rilevati nel sistema:

- **Forza produttiva & Economica:** Cornaglia possiede una notevole forza produttiva, la cui conseguenza diretta è la generazione di un importante volume economico. Tale punto di forza è fondamentale per poter comprendere le reali possibilità di trasformazione dell'azienda. Infatti, un'azienda che non dispone di fondamenta produttive ed economiche solide, deve valutare molto attentamente le minacce connesse ad un'eventuale trasformazione del processo produttivo, rischiando di incorrere in criticità di sistema generate dalla mancanza del supporto aziendale ideale. La garanzia economica e produttiva permette quindi alla Cornaglia di poter implementare nuovi sottosistemi di produzione innovativi, senza mettere a rischio il sistema produttivo nel quale scorrono i prodotti del mercato principale.
- **Ampio e profondo parco tecnologico:** il secondo fattore dal quale bisogna trarre vantaggio è sicuramente anche l'ampia e profonda presenza di strumentazioni e tecnologie di produzione. L'ampiezza del margine tecnologico, definito dal numero di tipologie di macchinario, permette al progettista di valutare la destinazione di prodotto sulla base di maggiori opportunità applicative/tecnologiche, fornendo maggiore libertà progettuale. Una volta individuata la tecnologia ideale, analizzata la sua profondità, definito il numero di tecnologie della stessa tipologia presenti negli stabilimenti, il progettista è in grado di valutare il volume di produzione ottimale, rapportandolo al numero di macchinari a disposizione. Cornaglia, date le sue caratteristiche tecnologiche, di ampiezza e profondità, si presenta quindi come un suolo produttivo fertile nel quale poter sviluppare soluzioni diverse ad ampio respiro progettuale.
- **Ricco Know-how d'impresa:** Il terzo punto di forza riguarda la buona esperienza organizzativa dell'azienda, figlia di una cultura storica ed un sistema di produzione attivo da quasi un secolo. La possibilità di collaborare con aziende esperte nell'interazione con il mercato, in grado di comprenderne i messaggi e di tradurli in trasformazioni d'impresa, è una fortuna che bisogna assolutamente sfruttare.

La capacità della Cornaglia di trasformarsi parallelamente alle trasformazioni di mercato, rivela una grande caratteristica aziendale spesso sottovalutata: la consapevolezza del mondo esterno. La collaborazione con sistemi aziendali, consapevoli della propria grandezza e del proprio impatto sul mercato, permette quindi al progettista di instaurare un dialogo propositivo efficace, e all'azienda di riconoscere il vero valore di mercato dietro le proposte progettuali. Senza la capacità comunicativa del mittente nel comunicare il valore della proposta, e quella del ricevente di comprenderlo, le prospettive di implementazione di progetti innovativi o futuribili risultano molto scarse.

● **Organizzazione strutturata del processo:** L'ultimo punto di forza riguarda, anche in questo caso, la consapevolezza dell'azienda. Sebbene il know-how di impresa sia descrivibile attraverso la presa di consapevolezza dell'azienda verso gli elementi esterni, come mercato, fornitori o clienti, l'organizzazione strutturata del processo rivela invece una consapevolezza aziendale orientata più verso l'interno, verso i processi, i flussi ed i prodotti. La presenza di un processo strutturato all'interno di aziende con ordine di grandezza simile a quello di Cornaglia, non è perciò sempre scontata. Sebbene sia tendenzialmente molto probabile l'implementazione di un processo strutturato, in quanto requisito principale per rendere scorrevoli alti volumi di produzione, spesso ci si può trovare di fronte a processi strutturati "passivi". Tali processi si costruiscono spesso in modo autonomo, configurandosi sulla base delle prestazioni produttive, delineando la propria configurazione in rapporto al prodotto processato. Processi strutturati in questo modo non sono pianificati, e non sarebbero in grado di assorbire attivamente l'implementazione di un nuovo prodotto, per il quale andrebbero riaggiornati. La possibilità di rilevare nella Cornaglia un processo strutturato sulla base di uno standard aziendale, permette al progettista di comprendere in modo efficace i requisiti di processo principali, indipendentemente dal tipo di prodotto al loro interno.

Qui di seguito andremo ad enunciare le principali **opportunità** rilevate nel sistema:

● **Collaborazione con il mondo accademico:** la collaborazione attiva con il mondo accademico, come anticipato agli inizi del capitolo 1, è un'opportunità enorme per le aziende che vogliono rimanere aggiornate sull'innovazione. Mantenere vivo un dialogo reciproco con le università e con i centri di ricerca permetterebbe all'azienda, oltre che aumentare la propria consapevolezza interna ed esterna, di poter ricevere continuamente stimoli progettuali innovativi, aggiornati con le tendenze progettuali del presente e dell'imminente futuro. Infatti, l'opportunità concessa dal canale comunicativo con le università, permette ad oggi, in modo pratico, ai progettisti del Politecnico di Torino di poter lavorare su un caso studio reale, ed alla Cornaglia di ricevere i benefici generati dai risultati di progetto. In futuro, il mantenimento di questo canale sarà un driver fondamentale per la comprensione della futuribilità di un sistema aziendale.

● **Rapporti commerciali con le attività del territorio:** La seconda maggiore opportunità rilevata nel sistema della Cornaglia è l'attuale rete di collaborazioni commerciali insita nel territorio. Che si parli della zona di Villarbasse, piuttosto che di Villanova d'Asti, la Cornaglia presenta diversi rapporti commerciali e di fornitura con le aziende del territorio. Essere già in possesso di canali collaborativi solidi, aumenta la possibilità di diversificazione delle proposte progettuali. Infatti, le aziende che collaborano per la fornitura di stampi, materia prima o progettazione, sono spesso legate a commesse relative alle componenti già in produzione, ma potrebbero lavorare anche per la fornitura degli stessi servizi relativi a prodotti nuovi e diversi. Questo significa che per la progettazione di un nuovo prodotto "sistemico" sarebbero già presenti le basi commerciali per la fornitura dei servizi necessari, alleggerendo il progettista di un carico di lavoro più allineato alle aree ingegneristiche.

● **Diversificazione dei settori di mercato:** La terza opportunità evidenziata è anche quella in grado di incidere maggiormente sulle probabilità di successo di un nuovo eventuale sviluppo sistemico del prodotto. Le capacità di un'azienda di poter diversificare la propria destinazione di mercato, a parità di tecnologie, è un fattore vitale per l'implementazione di nuovi prodotti, realizzabili attraverso nuovi materiali. Sebbene la missione sistemica sia incentrata sull'ottimizzazione ed il riutilizzo delle risorse in uscita, pur andando ad implementare nel processo un nuovo compound con scheda prodotto propria, tale compound non potrà mai avere proprietà fisico/chimiche pari a quelle del polimero di scarto dal quale si è generato. Questa caratteristica rende impossibile attuare un processo di produzione, a partire da un nuovo compound sistemico, che mantiene invariate le destinazioni di mercato. Questo rapporto tra materiale, tecnologia e tipologia di prodotto, è da studiare accuratamente per sottolineare quali di questi elementi non possa essere

modificato, e su quale si possa agire invece attraverso modifiche progettuali e di sistema. In questo caso, la configurazione del sistema della Cornaglia ci viene incontro. L'azienda ha infatti già disposto strategie di diversificazione dei prodotti e delle strategie di mercato, mantenendo come punto stabile la tipologia di macchinari automotive. A livello progettuale, questo precedente crea la conferma della volontà della Cornaglia di diversificare la propria produzione, insieme alla presenza di un know-how di mercato più esteso del solo settore automotive. La comprensione di questi fattori permette quindi al progettista di pianificare, insieme all'azienda, strategie di utilizzo dei nuovi materiali, al fine di proporre prodotti nuovi in mercati diversi, allineando la progettazione alle reali possibilità di conversione dei processi produttivi.

### 9.3) CRITICITÀ E MINACCE.

Conseguentemente alla definizione dei punti di forza e delle opportunità rilevate nel sistema, passiamo, a questo punto, all'integrazione di alcune considerazioni critiche relative ai punti di debolezza ed alle minacce che potrebbero indebolire le proposte progettuali e la futuribilità del sistema. Per fare ciò, andremo a delineare le principali debolezze e minacce del sistema, proponendo di seguito alcune considerazioni utili sul quale fare leva per trasformare i punti di debolezza in opportunità, e per scongiurare le minacce più pericolose.

Qui di seguito andremo ad enunciare i principali **punti di debolezza** riscontrati nel sistema:

- **Ottimizzazione del valore dello scarto interno:** Il primo e più incisivo punto di debolezza consiste nell'impossibilità di generare valore aziendale adeguato attraverso l'ottimizzazione dello scarto interno. Sebbene non siano assenti politiche di riutilizzo del rimacinato di scarto, queste ultime non sono pianificate al fine di generare valore aggiunto allo scarto plastico, sostituiscono semplicemente la materia prima quando si affrontano le fasi di avviamento, o vanno a tamponare, con percentuali minime, il granulato di produzione di componenti a basse sollecitazioni meccaniche. La determinante che non permette alla Cornaglia di valorizzare il proprio scarto può essere l'appartenenza ad un mercato frenetico come quello automotive, che non lascia sicuramente spazio alla progettazione creativa o innovativa. Per i progettisti esterni invece, intenzionati a valutare le migliori soluzioni progettuali a partire semplicemente da un macchinario e da un materiale, le richieste del mercato sono importanti, certo, ma non vincolanti. Il progettista deve quindi guardare in avanti, proiettare gli strumenti del presente nel futuro, grazie ad un approccio diverso al processo produttivo, direzionando gli sforzi progettuali verso la realizzazione di prodotti appartenenti a mercati diversificati. In più, la possibilità di implementare una nuova metodologia di rivalutazione dello scarto plastico, potrebbe incentivare la nascita di nuovi mercati per i prodotti "sistemici", andando ad occupare le nicchie di mercato relative alla progettazione innovativa. Sicuramente, l'assenza di azioni così specifiche, inerenti al riutilizzo dello scarto plastico, potrebbe sembrare un punto di debolezza, ed in effetti lo è, ma per il progettista è invece un'opportunità enorme, gli garantisce infatti la totale libertà progettuale ed un'ampia disponibilità di materiale.

- **Stabilità variabile del processo produttivo:** Sebbene non si possa affermare che il processo produttivo della Cornaglia sia instabile, si sono monitorate durante l'investigazione una serie di problematiche, più o meno frequenti, in grado di fermare il processo produttivo. La stabilità del processo non è un punto di debolezza in

sé, ma lo sono tutte quelle lacune operative che portano tale processo ad essere vittima di errori, generati dagli operatori o dai malfunzionamenti dei macchinari. Per quando riguarda la stabilità del flusso materico invece, che scorre all'interno di tutto il processo produttivo, la Cornaglia non presenta punti di criticità o debolezze, ma è anzi così organizzato e veloce da non permettere una simile organizzazione per le informazioni da condividere. La stabilità del processo produttivo può essere intesa come un punto di debolezza quando, nell'intenzione di implementare un nuovo flusso di risorse materiche, l'impalcatura informativa costruita precedentemente non permette di rendere stabile ed operativo il nuovo processo produttivo. Questo accade quando, nel sistema aziendale, il flusso informativo viaggia "rincorrendo" quello materico, trasmettendo in differita le informazioni relative allo spostamento delle componenti fisiche. Nel modello che proponiamo con questo progetto, le informazioni dovranno invece essere la forza trainante del materiale, in quanto saranno loro a definire le procedure operative, in funzione della destinazione progettuale.

● **Know-how tecnologico e conoscenze di processo:** Il terzo punto di debolezza è uno dei fattori che innesca i problemi rilevati nel punto precedente. La continuità non lineare di un processo può essere attribuito a diverse cause, nel caso della Cornaglia, la causa principale è stata identificata in una condivisione non uniforme del know how tecnologico tra gli operatori della stessa linea produttiva. Questo significa che, all'interno dello stesso processo, le conoscenze operative non sono equamente condivise, favorendo la comparsa di colli di bottiglia del processo, specialmente nelle fasi gestite da personale giovane o con minor know. Spesso, la causa che limita una corretta condivisione delle informazioni è l'assenza di una piattaforma ideale sul quale condividerle. La condivisione parziale delle informazioni è un compromesso momentaneamente accettato dalla Cornaglia, in quanto necessario a soddisfare le tempistiche relative alla produzione ed alla richiesta del mercato automotive, ma dovrà essere rivalutato prima dell'integrazione di un nuovo compound. Il progettista, non potendo ancora determinare in questa fase il mercato finale dei prodotti, non potrà sapere ancora quanto potrà incidere la presenza di scarto o l'instabilità del sistema per il cliente finale, dovrà perciò preoccuparsi di minimizzare la loro presenza indipendentemente da quale mercato i prodotti andranno ad occupare; l'impatto ambientale ed i costi di gestione dello scarto verranno, in questo modo, limitati a prescindere. Per fare ciò, il progettista dovrà costruire, prima di avviare il processo, un canale dedicato al corretto scorrimento del flusso informativo, garantendo la condivisione totale delle informazioni, delle conoscenze e degli obiettivi finali del processo.

Qui di seguito andremo ad enunciare le principali **minacce** rilevate nel sistema:

● **Ritmo di produzione su ritmo di richiesta prodotti:** La prima minaccia identificata nel sistema della Cornaglia è rappresentata dal ritmo frenetico imposto dal mercato di riferimento. Il settore automotive, come tutti i grandi settori di mercato, impone alle proprie aziende ritmi molto veloci per tenere il passo dei grandi volumi di produzione. Per merito di tali volumi, la presenza di prodotti di scarto risulta un fattore accettabile solo quando questa non compromette la sostenibilità economica dell'intero processo. In altre parole, lo scarto è accettato quando la marginalità economica, risultante dal rapporto tra costo del processo e pagamento ricevuto dei clienti, rimane consona a quella prevista dagli obiettivi aziendali. Da qui, il rischio di ridimensionamento del mercato, costringerebbe le aziende a ridimensionare a loro volta la percentuale di scarto, eliminandolo alla fonte o trasformandolo in un elemento in grado di generare profitto. Sorge però una problematica importante. Il ritmo di produzione attuale, come già accennato nei punti di debolezza, non permette la condivisione delle informazioni, nonché l'implementazione di un metodo di processo universale. Entrambe attività senza il quale risulta difficile ottimizzare la creazione di scarto. Dall'altro lato, questo fattore non lascia spazio ai progettisti interni ed alle progettazioni creative, sviluppabili parallelamente a quelle necessarie per finalizzare le richieste dei clienti. Il progettista, saturo dalla progettazione standard, non ha quindi spazio per proporre nuove metodologie di rivalutazione dello scarto, e l'azienda, conseguentemente, avrà perso un'opportunità di sviluppo verso mercati diversi. Tutto ciò significa che, ridimensionati i ritmi produttivi del mercato di riferimento, le aziende vedrebbero il proprio processo produttivo trasformarsi in un elemento economicamente insostenibile, senza avere all'interno del sistema aziendale gli strumenti per riconvertirlo in modo efficace.

● **Diminuzione dei numeri del mercato principale:** Molto legata alla minaccia precedente, la diminuzione oggettiva dei volumi di produzione del mercato automotive sembra concretizzare i rischi definiti dal ritmo di produzione frenetico imposto fino ad oggi. Conseguentemente all'evoluzione del concetto di mobilità sostenibile, ed insieme alla forte scossa economica generata dal Covid-19, i numeri di vetture prodotte ogni anno si sta abbassando, lasciando poche prospettive di miglioramento future. Il numero di veicoli acquistati dagli utenti finali sta calando, mentre aumenta il numero di vetture prodotte con configurazioni elettriche, accessoriate da nuove tipologie di componenti. Perciò, le aziende responsabili delle produzioni attuali, relative alle componenti base dei veicoli a combustione, vedranno necessariamente diminuire le richieste da parte dei grandi produttori di vetture, proprio per i motivi citati sopra. Bisogna considerare comunque che il margine di volume produttivo, attribuibile alle componenti automotive legate alla mobilità a combustione, giustificherà ancora per alcuni anni l'esistenza di accordi di fornitura con le aziende di componentistica per il motore a scoppio; si vedranno

semplicemente diminuire, a parità di mercato, le marginalità economiche ottenuta dall'attività produttiva.

● **Elevati investimenti di fornitura impianti ed attività:** Riprendendo il filo logico che unisce le minacce, possiamo facilmente notare come l'adattamento dell'azienda al ritmo di un mercato, potenzialmente in discesa, possa generare una probabile scossa economica al mutare delle dinamiche di mercato generali. Lo scenario più rischioso che potrebbe scaturire da questa situazione sarebbe quello in cui l'azienda, subita la ripercussione economica, diventi impossibilitata a finanziare le spese per il processo produttivo, o per mantenere il sostegno per gli investimenti richiesti dai macchinari produttivi. Questa minaccia si presenta come la più critica delle tre. Mentre le prime due minacce possono essere scongiurate attraverso una trasformazione dei piani strategici aziendali, l'impossibilità di finanziare il processo arresta quasi totalmente tutte le attività produttive, scatenando una catena di eventi che spesso portano al ridimensionamento aziendale, rinunciando alle risorse in esubero ed a tutti i propositi intrapresi sino a quel momento. Al fine di proporre una soluzione realmente sostenibile per il sistema aziendale, il progettista deve quindi tenere in considerazione le necessità produttive imposte dalla situazione economica in cui si trova l'azienda, anche relativa all'ammortamento degli asset ed ai costi fissi di processo.

## 9.4) IDENTIFICAZIONE DELLE ESIGENZE E DEI REQUISITI DI SISTEMA.

Completati gli approfondimenti riguardanti i fattori di forza e di debolezza del sistema, possiamo, sulla base di quest'ultimi, individuare le esigenze del sistema studiato, selezionando quelle favorevoli ad ottimizzare i punti di forza e quelle atte a minimizzare debolezze e minacce. Le esigenze che il sistema ottimizzato dovrà rispettare sono ordinate per scala di priorità e sono sequenziali; ma solo il soddisfacimento totale di tutte le esigenze permette il raggiungimento della configurazione finale del sistema. Ma come soddisfare tali esigenze?

Definendo dei prerequisiti organizzativi, mirati a coadiuvare l'evoluzione del sistema aziendale. Per fare ciò verranno quindi proposti, insieme alle esigenze di sistema, i rispettivi requisiti che il sistema dovrà adottare per rispondere, con un funzionamento mirato, alle necessità precedentemente identificate. Le esigenze non sono infatti finalizzate ad un'ottimizzazione della produzione o del bilancio economico, quanto più ad un mantenimento sostenibile di questi due fattori, esigenze e requisiti, attraverso l'applicazione di un approccio circolare e sistemico. Ricordiamo, infine, che le esigenze sono state ottenute valutando le necessità presentate dal sistema per raggiungere la configurazione circolare del processo produttivo.

Le esigenze principali, necessarie al percorso di evoluzione circolare del sistema, sono tre e vertono intorno la necessità di trasformare l'output di scarto in una risorsa di valore per l'azienda. Qui di seguito presenteremo queste **tre principali esigenze** più nel dettaglio, approfondendo le motivazioni che hanno portato alla loro selezione.

- **Creare valore intorno allo scarto:** La prima esigenza fondamentale del sistema è quella di innescare un percorso di valorizzazione dello scarto plastico, dal punto di vista economico e di processo. Se si vuole dare vita ad una trasformazione sistemica del processo, bisogna dare all'azienda uno strumento, un motivo, o un incentivo utile per farlo, preservando la sostenibilità economica dell'intero sistema. Suggestire all'azienda l'utilizzo di un processo circolare che non genera valore aggiunto, può diventare molto rischioso, soprattutto considerate le minacce incombenti che vertono sul settore. Il valore da riconoscere allo scarto può essere inteso in più modi: può generare profitti attraverso la riprogrammazione delle sue funzionalità per la produzione di prodotti nuovi, può valorizzare l'efficienza economica del processo venendo reinserito, e riducendo i costi destinati alla gestione, può essere convertito in fabbisogno energetico per le tecnologie, o può generare valore di immagine attraverso l'implementazione di processi produttivi sostenibili a zero emissioni. Le possibilità intorno al quale incrementare il valore

dello scarto sono molteplici, ma non tutte sono efficaci allo stesso modo. Il percorso di valorizzazione dello scarto, trasformato in risorsa, deve essere valutato in base agli obiettivi del modello aziendale di partenza. Nel caso specifico della Cornaglia, inserita in un settore di produzione tecnica, sono state identificate come più idonee le opportunità di riconversione dello scarto per la produzione di nuovi prodotti, appartenenti a mercati diversi.

● **Aprire nuova nicchia di mercato:** Convertire lo scarto in materia prima per la realizzazione di prodotti nuovi è un'attività realizzabile attraverso processi chimici e progettuali, ma ciò che veramente determina il successo o il fallimento della soluzione di sistema è un fattore puramente strategico. Ciò significa che la capacità di trasformare un output in uscita in un input di produzione non è abbastanza, se i prodotti realizzati non riescono ad andare ad occupare una porzione di mercato adeguata. Infatti, sebbene in alcuni casi si riesca a contrastare la degradazione dello scarto nei nuovi processi, difficilmente si potrà fare lo stesso per tutte le tipologie di output polimerici. Perciò, anche nel caso in cui si riesca a riutilizzare lo scarto all'interno di prodotti destinati al loro mercato di appartenenza, non si potrà fare lo stesso con la restante maggioranza di polimero, che subirà invece degradazioni maggiori delle proprietà tecniche. Al fine di trovare un canale di valorizzazione di queste tipologie di polimeri di scarto, appare a questo punto necessaria la pianificazione strategica di una nuova nicchia di mercato, occupata da prodotti con nuove funzionalità. La possibilità di ottenere prodotti nuovi sarà la chiave per la creazione di una nicchia di mercato solida, che riconoscerà il valore aggiunto garantito dalle nuove funzionalità e dalla configurazione sistemica del prodotto.

● **Facilitare gestione dell'output:** Ipotizzando l'avvenuta realizzazione delle soluzioni precedenti, rimane da considerare un importante fattore, che possiamo definire necessario tanto quanto i primi, la cui assenza potrebbe rendere vani gli sforzi di ricerca effettuati in precedenza. Una volta attribuito un valore progettuale allo scarto plastico ed identificato un mercato di destinazione, la problematica maggiore sarà quella di riconvertire la gestione degli output per il nuovo modello produttivo. Bisognerà perciò implementare, insieme al modello di produzione e di mercato, un modello gestionale dell'output che faciliti la condizione del sistema riguardo le prime due esigenze. Per fare ciò bisognerà valutare la condivisione delle dinamiche gestionali dell'output tra i nuovi attori del sistema, prevedendo chi dovrà assumersi le responsabilità nelle diverse fasi che costituiscono le attività. Da qui, verranno definite le funzioni principali a cui ogni attore dovrà rispondere, coordinando le loro azioni durante il percorso di gestione dello scarto, al fine di poter permettere in modo efficiente il suo reinserimento a monte del sistema produttivo.

Per fornire una risposta preliminare alle esigenze rilevate nel piano di trasformazione circolare della Cornaglia, è risultato necessario determinare, in questa fase, alcuni

prerequisiti fondamentali finalizzati al soddisfacimento delle necessità del sistema. Questi prerequisiti sono tuttavia solo la prima traccia di una possibile soluzione di riconversione circolare del processo, essi vanno infatti sviluppati parallelamente al sistema prima di poter fornire soluzioni progettuali concrete. I **tre requisiti** identificati sono i seguenti:

- **Nuova materia prima originata da scarto:** Direttamente collegato alla necessità di generare valore a partire dallo scarto plastico, viene presentato il primo requisito di cui dovrà essere in possesso il nuovo sistema circolare: un materiale completamente nuovo. Non si tratta di riciclaggio del materiale, ma di riconversione chimica della matrice polimerica di scarto, che verrà posta come base per la formulazione di un materiale nuovo. Tale materiale non figurerà come polimero di riciclo ma come materia prima nuova, con scheda prodotto propria; ma per fare ciò bisognerà che i parametri del nuovo materiale siano idonei al ciclo di produzione nel quale dovrà essere inserito. Le necessità al quale risponde il prerequisito della nuova materia prima sono varie, ma tutte legate al bisogno di allineare le proprietà fornite dai materiali con i requisiti richiesti dal nuovo prodotto. In uno scenario di produzione originato dallo scarto plastico generico, bisognerà che questa nuova materia prima sia realizzabile attraverso diverse matrici polimeriche, in modo da permettere a tutte le realtà industriali che operano con i polimeri di attuare una conversione circolare. Dall'altro lato, per evitare che tutti gli attori del settore industriale della plastica propongano materie prime identiche, con stesse funzionalità e destinazioni di mercato, sarà necessario garantire al nuovo materiale un certo grado di "personalizzazione", ovvero la possibilità di integrare alla matrice polimerica altre tipologie di materiale. Il materiale che più si allinea con i requisiti è stato rilevato essere raggiungibile solo attraverso un modello specifico, quello del compound. Questo modello di materiale permette di essere realizzato integrando, attraverso cariche separate, matrici polimeriche, organiche ed additivi, con percentuali sempre diverse, garantendo al materiale finale configurazioni uniche e diversificate.

- **Nuovo attore di mercato:** Al fine di rendere commercialmente sostenibile il lavoro di realizzazione dei compound, è però necessario che non sia l'azienda produttrice ad occuparsene, ma piuttosto un attore dedicato specificatamente alla nuova tipologia di attività richiesta. Da qui nasce il requisito di avere un nuovo attore di mercato che si occupi della progettazione e delle realizzazione dei compound, a partire dagli scarti forniti, o ritirati, dalle aziende. La necessità di produrre valore dallo scarto in un nuovo mercato, ed attraverso un compound, genererà la nascita di una specifica nuova attività di ritiro e lavorazione degli scarti, che verrà richiesta dalle aziende al fine di rendere stabile ed operativo il loro processo produttivo circolare. A questo aumento di domanda dei materiali compound bisognerà infatti rispondere con nuovi attori del settore industriale, dedicati specificatamente alle attività di riconversione e fornitura della nuova materia prima.

● **Nuovo sistema di responsabilità verso l'output:** L'ultimo fattore, del quale bisognerà assicurare la presenza, è attribuito alla sfera organizzativa del processo, ed è descrivibile come l'insieme di accordi e procedure attive tra gli attori del sistema riguardo la gestione dell'output. Prima di poter avviare il nuovo processo circolare, bisognerà quindi assicurarsi che la gestione dell'elemento chiave, lo scarto polimerico, venga strutturata da un sistema di attività specificatamente dedicate agli attori che agiscono nella filiera, ognuno dei quali con piene responsabilità sull'attività svolta. La ripartizione dei costi di raccolta e di conferimento, le condizioni di tracciabilità dello scarto, la definizione degli obiettivi strategici per la conversione del materiale, saranno tutte attività che avranno bisogno di precisi responsabili, almeno a livello gestionale, e che dovranno essere originate da una condivisione strutturata delle informazioni e delle responsabilità. Nel modello circolare la fase di gestione dell'output è importante tanto quanto la fase produttiva, se non di più, in quanto condizione base necessaria all'avviamento della produzione sistemica. Facendo una considerazione, possiamo dire che mentre il limite delle responsabilità nella fase produttiva è molto più riconoscibile, in quanto definito dalle operazioni sequenziate della produzione, nella fase di gestione dell'output le responsabilità relative ad una specifica attività sono molto più difficili da identificare con precisione. In conclusione, prima di avviare il processo circolare è necessario definire, per ogni singolo attore, dove inizi e finisca il suo campo di responsabilità, prolungando la ricerca a tutti gli attori che compongono l'intera attività di gestione dello scarto polimerico.

## **10) PROPOSTA DEL MODELLO DI SISTEMA CIRCOLARE.**

Finalizzati gli step dell'investigazione olistica, attraverso una fotografia reale del sistema aziendale, possiamo a questo punto proporre con maggiore sicurezza un modello di processo circolare adattabile alle necessità ed alle caratteristiche della Cornaglia. Al fine di poter proporre un modello di riconversione funzionale del processo, è però necessario tenere in considerazione simultaneamente le azioni di tutti gli elementi del sistema rilevati fino ad ora. La proposta del modello circolare si costruirà sulla linea evidenziata dalle esigenze e dai requisiti del sistema, aprendo poi la strada verso il conseguimento di nuovi benefici. Procedendo per step, la nostra prima azione sarà quella di definire alcune strategie di connessione circolare, utili a soddisfare i requisiti imposti dalle esigenze di sistema. Ottenute le formulazioni delle precise strategie, si valuterà la selezione di quella più funzionale, in base al grado di efficienza rispetto agli obiettivi prefissati. Ottenuta la conferma riguardo la strategia da selezionare, verranno in seguito descritti gli obiettivi specifici di quest'ultima, definendo nel dettaglio quali azioni verranno introdotte e come si comporterà il sistema verso lo scenario, interno ed esterno. Completato il quadro della strategia, si applicheranno le dovute modifiche al sistema attuale, aggiungendo connessioni e convertendo il suo funzionamento attraverso la proposta di una nuova configurazione circolare.

## 10.1) STRATEGIE DI CONNESSIONE CIRCOLARE.

Seguendo le necessità evidenziate dai prerequisiti del nuovo sistema, le strategie di connessione circolare dovranno rendere fattibile l'inserimento di una nuova materia prima all'interno dei tradizionali processi produttivi della Cornaglia. Unico vincolo di tale materia prima è l'origine, che deve essere infatti originata dagli stessi processi nel quale sarà reinserita, e dovrà essere gestita da un attore esterno, con proprie responsabilità commerciali. Sebbene sembri un'azione piuttosto complessa, è in realtà molto semplice. Le aziende che si occupano di fornitura di materia prima polimerica verso i piccoli-medi produttori, come la Cornaglia, lavorano già attraverso una configurazione simile.

Ma prima di poter capire in che modo il ruolo dei fornitori plastici si possa adattare alle nuove esigenze del sistema, bisogna aprire una parentesi circa il funzionamento delle aziende leader nel settore di produzione polimerica. Le aziende produttrici di polimero di dimensioni minori, che forniscono invece i piccoli-medi produttori come la Cornaglia, ricevono il polimero dai leader della produzione polimerica, posizionati sul mercato come fornitori primi dei grandissimi produttori di prodotti plastici. Questi grandi fornitori di polimero, in grado di produrre milioni di tonnellate l'anno, destinano la maggioranza del materiale di "classe A" ai grandi produttori, conservando la "classe B", ovvero le zone dell'estruso meno qualitative, per le aziende che dovranno invece fornire le piccole-medie produzioni. Queste dovranno quindi ricevere lo "scarto" del polimero di qualità elevata, e lavorarlo chimicamente o fisicamente per soddisfare le necessità richieste dai propri clienti, con dimensioni di produzione ridotte.

Osservando il sistema di fornitura dei polimeri, benchè sia estremamente semplificato, si può facilmente notare come i fornitori di polimero della Cornaglia attuino già azioni simili a quelle che vogliamo proporre con il nuovo modello. La differenza sostanziale che si andrà ad introdurre è che, mentre nella condizione attuale i "piccoli" produttori di polimero ricevono lo scarto "dall'alto", nel nuovo modello riceveranno il polimero "dal basso", ovvero dagli stessi produttori che andavano a fornire. Si deduce quindi che, al fine di ottenere un modello circolare, la strategia di implementazione del nuovo attore di mercato debba passare attraverso la conversione del ruolo dei piccoli-medi fornitori di polimero. Ciò che manca oggi per rendere fattibile una conversione di tale misura è principalmente la convenienza economica nel fornire lo scarto "dall'alto" piuttosto che "dal basso". Manca essenzialmente uno scenario commerciale in grado di eguagliare il valore di questi due metodi, che renda economicamente sostenibili le lavorazioni necessarie a processare la plastica recuperata. Per realizzare ciò, bisognerà fare in modo che lo scenario commerciale, che andremo a costruire attraverso la strategia, riesca in qualche modo a concretizzare lo scarto in prodotti con funzionalità specifiche,

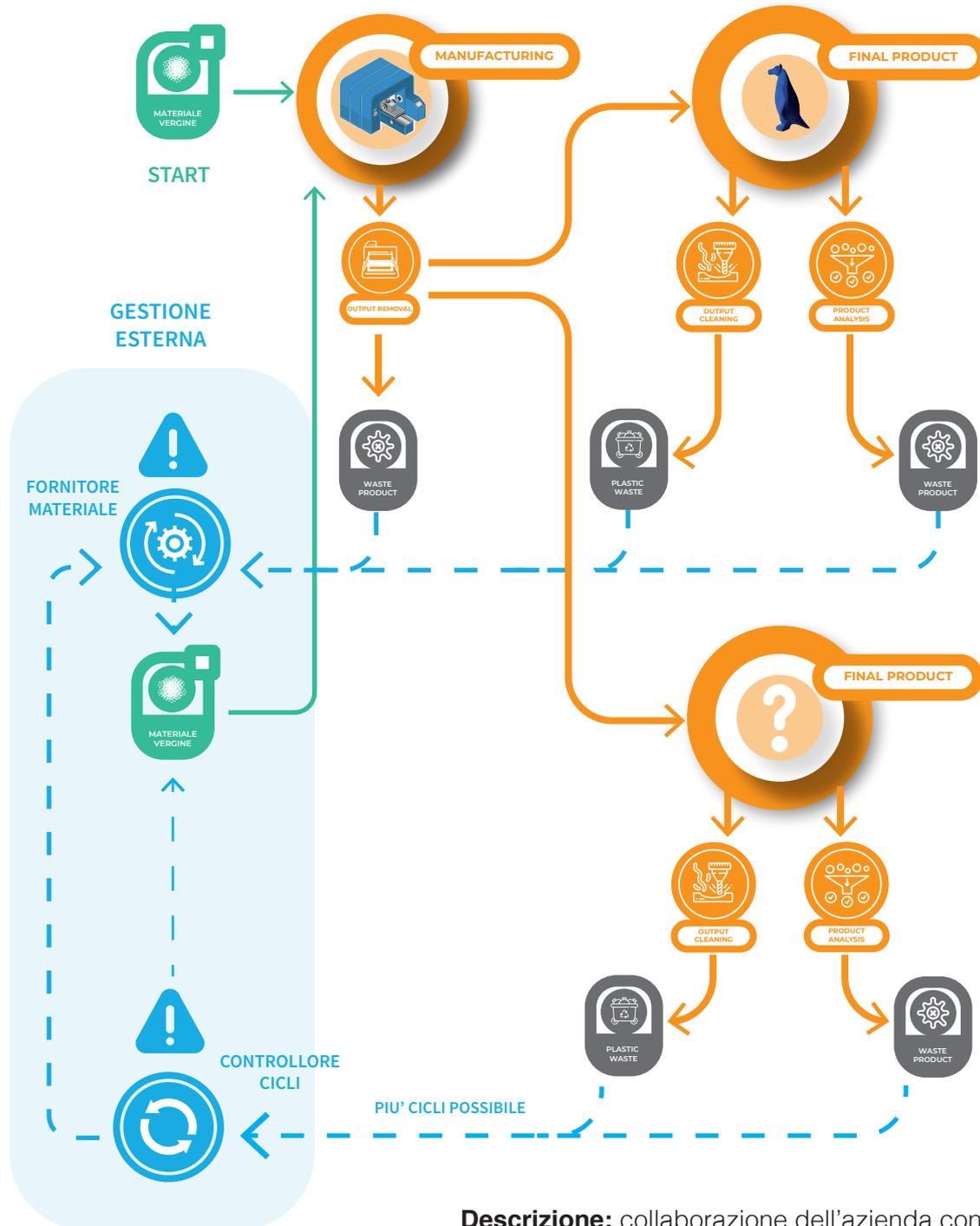
permettendo al cliente, ed al mercato, di comprenderne immediatamente il valore aggiunto. La macro struttura della strategia preliminare di connessione è chiara: implementare un nuovo materiale compound originato dall'integrazione di scarto plastico e rifiuto generico, rilavorato da laboratori chimici, realizzando prodotti nuovi con tecnologie di produzione attuali, e con l'obiettivo finale di innescare la nascita di nuovi segmenti di mercato. La strategia appena presentata è finalizzata al raggiungimento finale della configurazione circolare del sistema, ciò che si deve però tenere in considerazione sono anche le condizioni che il processo dovrà affrontare durante questo percorso. Durante il percorso di conversione circolare, è infatti importante che il processo produttivo rimanga nelle giuste condizioni per affrontare la trasformazione. Nel caso in cui tale processo dovesse incontrare situazioni in grado di causare l'arresto definitivo delle attività di conversione circolare, si renderebbero vani tutti gli sforzi compiuti fino a quel momento. Risulta perciò utile che la strategia di connessione circolare sia finalizzata non solo al raggiungimento della configurazione finale del sistema, ma anche al mantenimento delle condizioni aziendali, necessarie allo sviluppo della strategia.

Sebbene la struttura di base rimanga invariata, le caratteristiche di ogni singolo elemento della strategia saranno valutate separando gli obiettivi del sistema in due destinazioni separate: per la trasformazione del sistema nel modello circolare e per il mantenimento delle condizioni necessarie a tale trasformazione.

## Strategia per il raggiungimento del modello circolare.

Come anticipato precedentemente, la strategia per il raggiungimento del modello circolare prevede connessioni commerciali tra aziende produttrici e laboratori esterni di fornitura dei compound sistemici, dalla cui collaborazione prenderà vita una nuova nicchia di mercato, composta di prodotti sistemici con funzionalità innovative. I compound utilizzati all'interno della strategia saranno integrazioni di scarto plastico e di cariche organiche originate dal rifiuto solido urbano, vero elemento che caratterizza le nuove funzionalità del prodotto. Per ottenere ciò è importante che i ruoli di tutti gli elementi chiave della strategia siano ben definiti ed impostati.

- **Azienda produttrice + laboratorio chimico:** l'azienda che ospita la produzione non dovrà effettuare nessun investimento interno e nessuna conversione tecnologica. L'unica componente che dovrà aggiornare sarà quella organizzativa, per coordinarsi con il fornitore del compound.
- **Compound organico:** La fornitura e formulazione del compound avrà origine chimica e sarà effettuata da aziende esterne, dedicate non solo alla produzione del polimero ma anche alla raccolta ed alla tracciatura dello scarto.
- **Nicchia di mercato:** la destinazione finale consisterà in un segmento di mercato nuovo, originato da un innovativo approccio sistemico alla produzione industriale serializzata.
- **Prodotto sistemico finale:** il prodotto sistemico finale sarà un oggetto in possesso di funzionalità completamente nuove, in grado di oltrepassare le prestazioni standard, ed aprendo la strada al riconoscimento collettivo del valore aggiunto fornito dal prodotto sistemico.



**SISTEMA:** Sistema di collaborazione circolare tra attori diversi. L'output del sistema Cornaglia diventa input per il fornitore che trasforma e ridistribuisce come materiale nuovo.

**MATERIALE:** Nuovo polimero o nuovo compound.

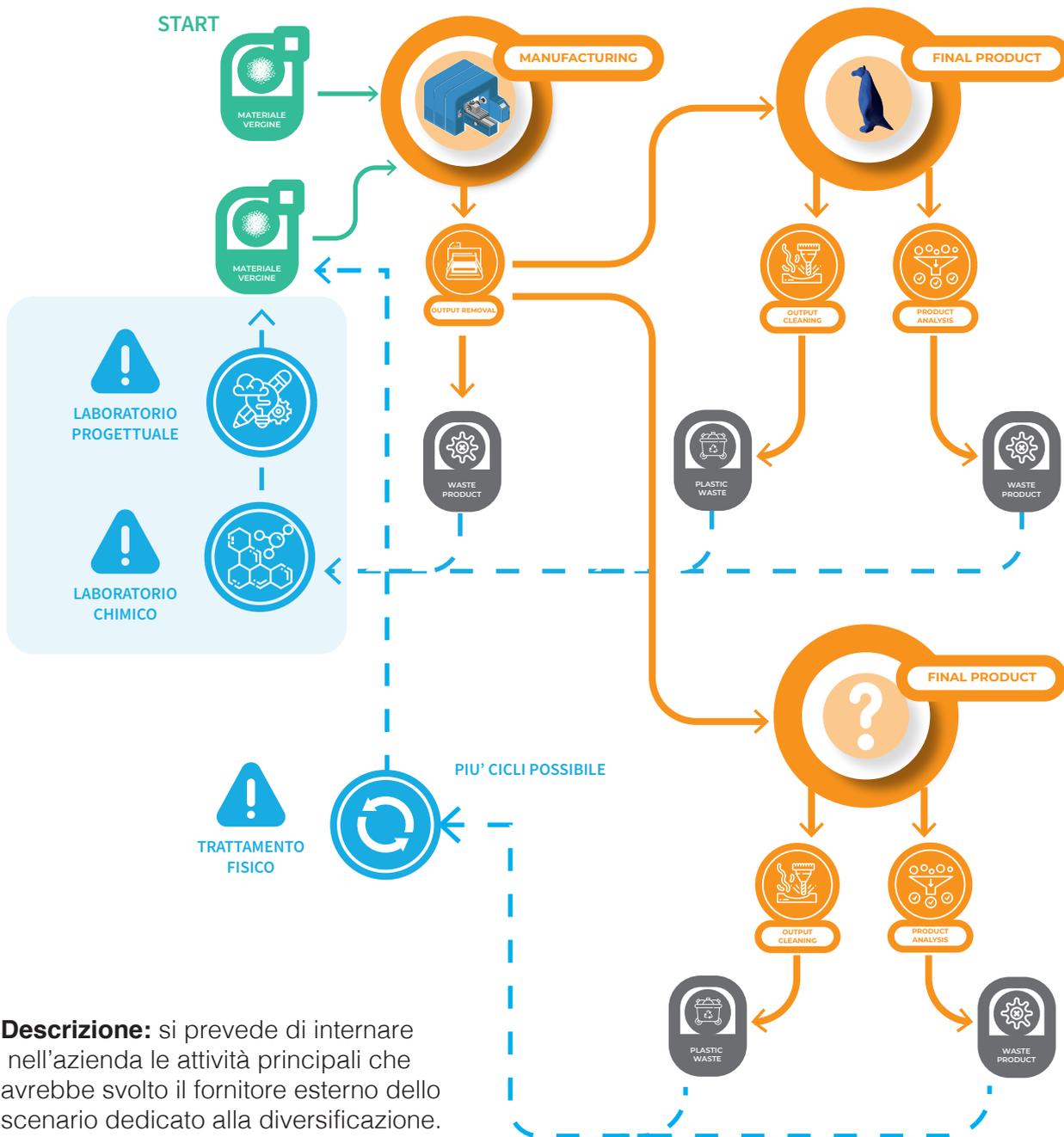
**PRODOTTO:** Tipologia di prodotto valorizzabile dall'uso del nuovo materiale o nuovo compound.

**Descrizione:** collaborazione dell'azienda con un fornitore esterno, per la produzione di un nuovo materiale vergine a partire dallo scarto, da inserire in un settore di mercato raggiungibile dalle tecnologie automotive. Il polimero di scarto, invece di essere riciclato, viene riformulato nella creazione di un nuovo materiale con scheda prodotto propria, con esigenze chimico/fisiche stabilite in rapporto alla gamma di prodotti che si vorranno realizzare. La possibilità di realizzare un materiale studiato sulle esigenze di prodotto, e soprattutto di sistema, permetterebbe di aumentare i cicli limitati del riciclaggio standard, limitando il più possibile a monte gli effetti di downcycling del materiale.

## **Strategia per il mantenimento delle condizioni di modello circolare.**

Come detto precedentemente, la chiave di raggiungimento del modello circolare è l'integrazione di matrici polimeriche e cariche organiche in un nuovo compound, nel quale la matrice funzionerà da elemento strutturale e la carica organica da valore aggiunto funzionale. Tuttavia, la strategia prevede situazioni nel quale la quantità di polimero e di carica organica potrebbe non essere disponibile in egual misura, essendo i due elementi conseguenza di ritmi di produzione e consumo molto diversi. Per evitare perciò un pericoloso accumulo di polimero ed in attesa della fornitura della carica organica, attesa che potrebbe generare costi e problemi organizzativi non indifferenti, è importante che l'azienda sia in possesso di una strategia finalizzata a mantenere attiva la produzione, in attesa di disponibilità della materia prima parallela. La strategia indica una serie di attività mirate non al raggiungimento del modello circolare, bensì al mantenimento delle linee produttive e dei modelli organizzativi, insieme alla stabilità economica.

Questa strategia, finalizzata al mantenimento delle condizioni ideali, adotta un approccio sistemico più tradizionale e prevede l'implementazione nello stabilimento di alcuni strumenti per la trasformazione fisica dello scarto plastico interno, concretizzandolo in un compound polimerico, dal quale saranno poi generati prodotti che andranno a sostituire le attuali versioni presenti sul mercato con pari prestazioni tecniche. Durante lo sviluppo della strategia, l'azienda avrà il pieno controllo delle informazioni necessarie a pianificare i ritmi ed i volumi di produzioni che sarà in grado di sostenere prima di ricevere il compound organico; le produzioni con compound polimerico potranno anche svolgersi nello stesso perimetro di quelle con il compound organico, nel caso di disponibilità tecnologica. Per poter attuare questa strategia di supporto, anche in questo caso, bisognerà definire le aree degli elementi chiave.



**Descrizione:** si prevede di internare nell'azienda le attività principali che avrebbe svolto il fornitore esterno dello scenario dedicato alla diversificazione. All'interno dell'organizzazione aziendale si inseriscono due attività: una di laboratorio per studiare la composizione chimica degli scarti, ed una progettuale per definire la tipologia di prodotti da realizzare. Le due attività dovranno lavorare in perfetta sintonia: le attività progettuali dovranno tenere in considerazione i limiti chimici e, dall'altra parte, il laboratorio dovrà considerare i limiti progettuali. Questi due organi, che possono anche lavorare come realtà private con accordi di fornitura servizi, è fondamentale che collaborino attivamente ad una corretta trasformazione ed applicazione dell'output plastico interno, risparmiando sui costi di materia prima ed utilizzando un nuovo materiale riciclato che non danneggia il processo.

**SISTEMA:** Sistema di collaborazione circolare interna. L'output del sistema Cornaglia viene trasformato internamente per rispondere alla produzione di nuove tipologie di prodotti.

**MATERIALE:** Nuovo polimero o nuovo compound.

**PRODOTTO:** Tipologia di prodotto valorizzabile dall'uso del nuovo materiale o nuovo compound, processabile da tecnologie automotive.

- **Azienda produttrice:** l'azienda avrà maggiori responsabilità circa la gestione dello scarto interno, insieme ad alcuni investimenti non troppo elevati. In base alle capacità organizzative, sarà l'azienda a scegliere se questa attività venga inserita nella gestione ordinaria o straordinaria del processo.
- **Compound polimerico:** Il compound sarà ottenuto internamente all'azienda, attraverso lavorazioni fisiche dei polimeri di scarto, e la percentuale di materiale tra il vergine ed il rigenerato sarà calcolata in base alle funzione del prodotto finale.
- **Mercato diversificato:** La destinazione finale si orienterà verso mercati diversi, proponendo soluzioni di prodotto in grado di sostituire quei prodotti che attualmente compongono il segmento identificato.
- **Prodotto sostitutivo:** il prodotto finale sarà un oggetto con prestazioni tecniche e meccaniche eguali a quelle della tipologia di prodotto che vuole andare a sostituire, con in più il valore aggiunto garantito dal processo circolare che lo ha generato.

Accertato che i ruoli attribuiti agli attori della strategia siano rispettati, procederemo nel paragrafo successivo alla concretizzazione delle soluzioni proposte per raggiungere gli obiettivi di conversione del sistema, attraverso una rappresentazione definitiva di quella che sarà la sua configurazione finale.

## FATTORI UTILI



## STRENGTHS

- Risparmio costi conferimento & smaltimento
- Tracciabilità interna del materiale.
- Ottimizzazione valore economico dello scarto.

S

## FATTORI DANNOSI



## WEAKNESSES

- Know how chimico da formare.
- Dipendenza da tecnologie automotive.
- Necessità di monitorare i cicli del nuovo materiale vergine, come riciclo standard.

W



## OPPORTUNITIES

- Diminuzione produzione di polimero vergine.
- Aumento attività di riconversione tecnologica
- Aumento Know how chimico-progettuale.
- Apertura di nuovi sett. di mercato.

O



## THREATS

- Possibilità di business cessanti (discariche)
- Investimenti elevati per la gestione dello scarto.
- Tempi di sperimentazione e progettazione allungano tempi di processo.

T

# 10.2) PROPOSTA DI MODELLO DEL SISTEMA CIRCOLARE FINALE

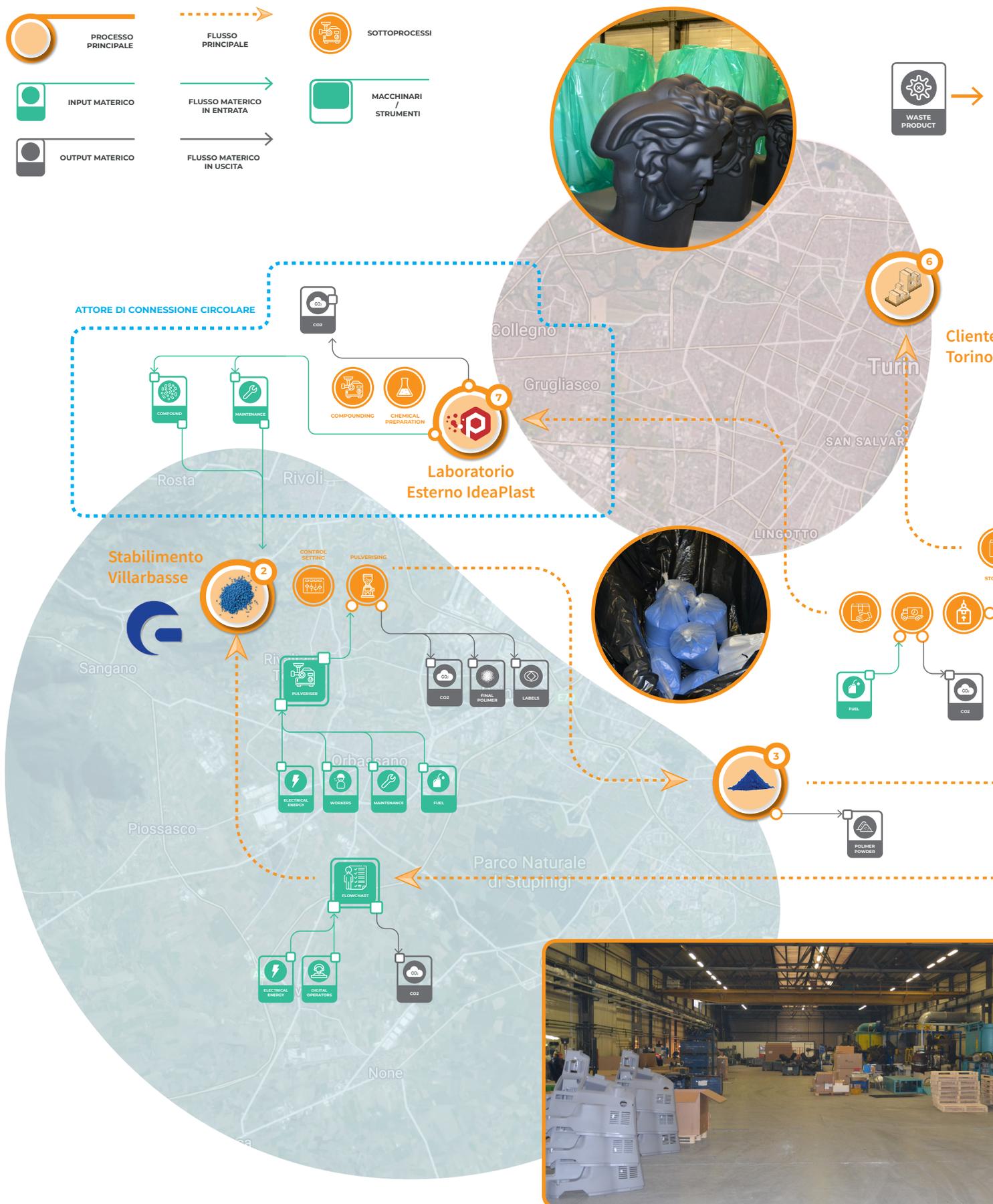


Foto effettuata dall'autore \_Stabilimento Villanova



Foto effettuata dall'autore



Foto effettuata dall'autore

e Pilota

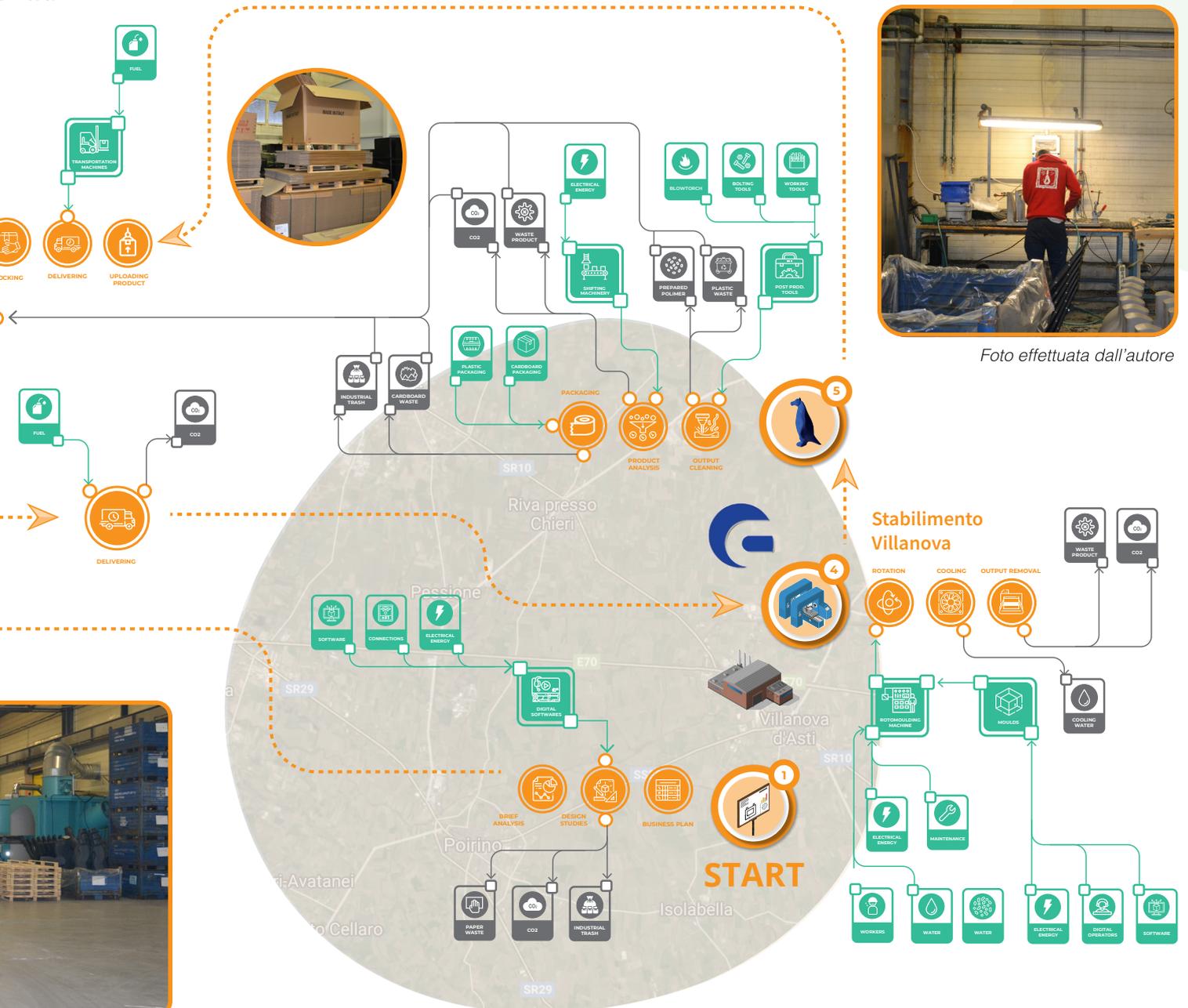


Foto effettuata dall'autore



### **CAPITOLO 3: SPERIMENTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL MATERIALE FINALE.**

I risultati di ricerca raggiunti fino a questo punto, sempre finalizzati al raggiungimento dei nostri obiettivi di sistema, ci hanno suggerito la necessità di integrare una nuova materia prima al processo produttivo attuale, diversificando la destinazione di mercato. Per fare ciò, approfondiremo quindi in questo capitolo l'ipotetica soluzione rilevata efficace per rispondere alle necessità del modello, ovvero una nuova componente materica. La proposta di una nuova materia prima sistemica avverrà analizzando non solo la materia prima finale ottenuta dalle sperimentazioni, ma anche attraverso la condivisione del modello teorico con il quale questa è stata costruita. Nei seguenti paragrafi, verrà quindi descritto il modello di costruzione della materia prima che si è scelto di proporre, nelle sue due possibili versioni finali, ovvero a matrice organica o polimerica, insieme a tutte le procedure necessarie per ottenerle.

## **11) PROPRIETÀ DEL NUOVO MATERIALE.**

### **11.1) IL MODELLO DI COMPOUND: CARICA ORGANICA E POLIMERICA.**

Risulta chiaro ormai come le esigenze di sistema, mirate ad una diversificazione dei prodotti uscenti, abbiano sostanzialmente rivelato la necessità di implementazione di un nuovo materiale. Sulla base delle esigenze di sistema riportate nel capitolo precedente, bisogna però che tale materiale sia ottimale non solo per il raggiungimento di un nuovo prodotto sistemico, ma anche per il mantenimento della stabilità del processo produttivo. Questo “modello” di materiale dovrà perciò lavorare su due livelli: il raggiungimento dell’obiettivo finale ed il mantenimento delle condizioni produttive. La materia prima proposta, destinando le proprie funzioni a due attività quasi opposte, rivela immediatamente la necessità di declinare due versioni ben distinte della sua composizione, con proprietà chimico/fisiche adatte alle loro destinazioni di sistema. Tuttavia, per non complicare troppo le operazioni richieste al sistema, si è cercato di ottenere le due versioni delle materie prime attraverso un unico modello di realizzazione, quello della formulazione “compound”.

In modo molto semplice, il processo di compounding consiste nel preparare formulazioni materiche mescolando matrici polimeriche attraverso lavorazioni fisiche, o miscelando polimeri e altre matrici diverse attraverso lavorazioni chimiche e poi fisiche. Queste miscele sono dosate automaticamente con percentuali di carica fisse, garantite attraverso alimentatori sequenziati posizionati negli estrusori del compound, e nel quale le matrici polimeriche sono integrate con additivi esterni, come antiossidanti, stabilizzatori UV e altri agenti di valore aggiunto, talvolta anche con componenti di rinforzo come la fibra di vetro. Durante la fase di compounding, è possibile integrare le matrici polimeriche anche con componenti organiche, sebbene non sia un’attività così diffusa nell’ambiente delle produzioni tecniche. La possibilità garantita dal compound di effettuare integrazioni tra matrici polimeriche ed altre sostanze, in modo chimico o fisico, ci permette quindi di poter proporre due soluzioni materiche attraverso un unico modello, lasciando libertà al progettista di definire le singole componenti del compound in base alle necessità.

Il processo di compounding è solitamente fatto per estrusione, attraverso estrusori a monovite per la miscelatura di una sola matrice, e bivate per l’unione in cariche separate di due matrici diverse. All’interno del canale di estrusione, la tramoggia alimenta l’inizio della vite, che trasporta gradualmente le resine separate nella zona di miscelatura dal quale si originerà l’estruso finale. Il compound estruso, che ha l’aspetto di lunghi fili di plastica, viene poi raffreddato in un bagno

d'acqua mentre il nastro trasportatore lo sposta verso il granulatore. Il granulatore rompe infine i trafilati di compound nei pellet finali, tagliati nelle dimensioni più idonee ai macchinari di inserimento. Attraverso la collaborazione con IdeaPlast, laboratorio di materie plastiche con sede a Lainate (MI), è stato possibile formulare la composizione di un compound a matrice organica con nuove funzionalità chimico/fisiche, originato dal rifiuto solido urbano relativo agli scarti di caffè. La collaborazione con il laboratorio, in possesso di un estrusore bivate, ha permesso di effettuare prove e sperimentazioni preliminari, riuscendo ad arrivare ad un risultato finale di compound adeguato, processabile dalle tecnologie della Cornaglia. Il compound a matrice organica finale, funzionale alla realizzazione di prodotti per un mercato diversificato, rivela però le sue prime criticità una volta valutato il ritmo di fornitura della componente organica, che possiede ritmi di scarto completamente diversi da quelli dello scarto plastico. Questo fattore rende il compound organico ideale per il raggiungimento di una diversificazione di mercato, ma lo fa a discapito della stabilità totale del processo produttivo. Quindi, come prima anticipato, è risultato necessario formulare una seconda proposta, con il quale poter riutilizzare solamente la porzione di scarto plastico. Al fine di rendere concreta la seconda proposta, il compound polimerico è stato formulato in una versione realizzabile attraverso processi di trasformazione fisica dello scarto, con successiva trafilatura, per la realizzazione di prodotti in grado di sostituire le versioni in plastica vergine attualmente sul mercato.

Introdotti brevemente gli scenari di appartenenza delle due versioni di compound, andremo di seguito ad approfondire la descrizione della loro formulazione e delle nuove proprietà concesse.

● **Compound a matrice organica:** Il compound organico è ottenuto attraverso la collaborazione esterna con IdeaPlast, integrando, in peso, una percentuale del 40% di Polipropilene ed un 60% di scarti di caffè, additivizzandoli attraverso stabilizzatori UV ed antiossidanti. La forte carica di caffè garantisce al materiale proprietà percettive notevoli, arrivando ad emanare l'aroma della sostanza fino ad un metro di distanza, in condizioni favorevoli. Gli stimoli forniti dal caffè possono essere percepiti anche attraverso la presenza di un pattern superficiale, che ricorda molto il macinato del caffè, per forma e dimensioni. La forte componente organica influisce però pesantemente sulle prestazioni strutturali del materiale, diminuendo in modo sostanziale le capacità tecniche e meccaniche garantite dai prodotti finali. Le fasi principali del processo di compounding del materiale consistono nella preparazione delle due cariche, nella deumidificazione del caffè e del granulo termoplastico, e nell'unione delle cariche attraverso l'inserimento in un estrusore bivate, che scaldando le due cariche le fonde e le miscela insieme, durante il percorso delle viti, estrudendo alla fine un trafilato di PP e caffè distribuito secondo le percentuali prefissate. Tale trafilato viene poi tagliato per ottenere il granulato della nuova materia prima termoplastica originata dagli scarti di caffè.

● **Compound a matrice polimerica:** Il compound polimerico è invece il risultato della rimacinatura fisica di un tecnopolimero frequentemente utilizzato dalla Cornaglia, denominato Hytrel, con altre matrici polimeriche di scarto. Il materiale Hytrel, realizzato dalla DuPont, è un elastomero termoplastico appartenente alla famiglia dei Poliesteri, con grande resistenza al calore ed agli agenti chimici, e notevoli qualità di flessione, durezza e resilienza. La caratteristica per il quale è stato selezionato l'Hytrel come matrice di base del compound polimerico è però la sua grande resistenza alla degradazione, che permette un suo riutilizzo anche al 100% di materiale rimacinato, se correttamente gestito. Le notevoli proprietà meccaniche del rimacinato, unite alla forte resistenza verso gli effetti di downcycling, rendono Hytrel la base ideale sul quale costruire nuove proposte di materia prima plastica. Il nuovo compound polimerico potrà perciò rispondere a prestazioni tecniche importanti, con il 100% di materiale proveniente da attività di recupero. L'unico limite del compound sarà quello di non poter essere reinserito nell'ambito di produzione tecnica automotive dal quale proviene lo scarto che lo compone. Ciò a causa di un semplice fattore di profitto economico, relativo agli elevati costi di gestione e pulizia dello scarto in rispetto degli esigui costi di acquisto della materia prima vergine. Per il raggiungimento dei parametri tecnici richiesti dai macchinari ad alte tirature ed a cicli veloci, è stata definita la miscelatura dell'Hytrel con gli altri polimeri di scarto con la seguente percentuale in peso: 70% Hytrel e 30% scarto termoplastico tra cui PE, PP, PC o Nylon.

## 11.2) ANALISI CHIMICO/FISICA DELLA CARICA ORGANICA DEL COMPOUND.

Il prodotto dal quale si origina la nostra carica organica è il caffè, la seconda merce più scambiata al mondo dopo il petrolio, con 80 paesi che lo coltivano ed esportano. Il caffè è anche la seconda bevanda più facilmente accessibile e consumata, a livello internazionale, dopo il tè. Recenti studi, condotti da M. Saberian, hanno dimostrato che il caffè potrebbe ridurre i rischi di malattie cardiache, malattie neurodegenerative, disturbi cardiovascolari e alcuni tumori, pertanto, sta diventando sempre più popolare [1]. Da qui, il processo produttivo del caffè ha guadagnato nel tempo sempre più popolarità, con conseguente aumento del volume di produzione e tasso di crescita dei ritmi di consumo pari al 1,9% annuo. Sulla base di tale tasso di crescita e del consumo attuale di caffè, monitorato nel 2019 ad un quantità di 9.8 milioni di tonnellate di caffè consumato, si può stimare un consumo finale di 11.6 milioni di tonnellate di caffè entro il 2025, con Brasile, Vietnam, Colombia, Honduras, India e Indonesia come maggiori produttori mondiali. [1]

Oltre alla quantità disponibile ed i trend di consumo attuali del caffè, risulta importante in questa fase definire e prevedere anche i ritmi di consumo futuri, in quanto la disponibilità di carica organica che si è scelto di implementare ne è direttamente associata. I fondi di caffè sono infatti un sottoprodotto del processo di consumo del caffè, sia a livello industriale, sia a livello domestico. Nel 2016, è stato riportato da Saberian che l'industria del caffè è responsabile della generazione di più di 6 milioni di tonnellate di rifiuti ogni anno. [1]

Approfondendo gli aspetti chimici dello scarto di caffè, possiamo innanzitutto affermare come questo contenga composti altamente tossici per l'ambiente, come la caffeina, che perdurano a lungo nel tempo; ciò a causa delle copiose quantità di ossigeno necessarie per decomporre il materiale organico. La maggioranza questi scarti vengono ancora smaltiti in discarica come rifiuti solidi urbani classici, sebbene il loro smaltimento non sia appunto così semplice, come la maggior parte degli altri materiali di scarto. Infatti, a causa dell'elevata composizione organica degli scarti di caffè, se non trattati e smaltiti in grandi quantità, esiste anche l'alto rischio che vengano prodotte quantità eccessive di metano ed anidride carbonica, in grado di generare fenomeni di combustione spontanea o di fermentazione del materiale. Sulla base di tali considerazioni, è quindi realistico poter dire come lo scarto di caffè possa porre dei rischi ambientali e logistici nelle destinazioni finali nel quale viene stazionato attualmente. Introdotta le motivazioni per il quale si è effettuata la scelta della tipologia di carica organica, andremo, nel testo che segue, a definire in modo preciso e dettagliato le caratteristiche fisiche e chimiche rilevate negli scarti di caffè.

*1\_ M. Saberian, J. Li, "Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review", 2021*



*Foto di Tim Douglas da Pexels*

Tali caratteristiche sono molto importanti, poiché selezionate sulla base dell'alto grado di influenza che esercitano sulle attività progettuali, finalizzate all'ottenimento di prodotti realizzati con lo scarto di caffè. Possiamo perciò definire le principali caratteristiche fisico/chimiche dello scarto di caffè in questo modo:

- **Grado di porosità:** durante le sperimentazioni, è stato definito come gli scarti di caffè possano essere considerati materiali non porosi, in quanto il volume totale dei pori, su di una superficie specifica di caffè di scarto, è più piccolo di quelli del caffè fresco. L'acqua, attore principale del processo che trasforma il caffè fresco in caffè di scarto, è anche la responsabile del restringimento delle porosità del materiale.
- **Stabilità termica:** Lo scarto di caffè contribuisce anche ad aumentare le proprietà termiche dei materiali compositi nel quale viene inserito, riducendo la perdita di calore fino al 50%, e continuando a soddisfare gli standard di isolamento termico anche integrato all'interno di prodotti con sollecitazioni termiche ripetute e frequenti.
- **Isolamento acustico:** La composizione microscopica dei fondi di caffè, insieme all'alto grado di comprimibilità, li rendono idonei ad assorbire il suono a media e alta frequenza, rendendoli un'aggiunta molto pratica nella progettazione di elementi d'arredo antirumore.
- **Umidità:** A causa del processo di fermentazione e delle attività di filtraggio avvenute durante la fase di consumo, gli scarti di caffè hanno un contenuto di umidità naturale molto alto. Durante le sperimentazioni, il contenuto di umidità è stato infatti rilevato, nelle situazioni più ideali, al 60% del peso totale del prodotto, mentre in quelle più sfavorevoli al 150%.
- **Contenuto organico:** Gli scarti di caffè contengono diversi composti organici, tra cui emicellulosa, acidi grassi, cellulosa, lignina, proteine, lipidi e altri polisaccaridi. Il contenuto organico è stato riportato essere di circa l'86%-89%. [43]
- **Livello di pH:** Il valore del pH dei fondi di caffè riportato in laboratorio è stato riscontrato nell'intervallo acido, da 4,53 a 5,8, valore tipico di un prodotto agricolo soggetto agli agenti atmosferici naturali e coltivato in una vasta varietà di regioni, principalmente tropicali.



Foto\_ Etsy

## Utilizzo compound organico: **exhibit fieristico**

Verranno selezionati tre casi studio all'interno dello scenario fieristico, dedicati alle prestazioni basilari richieste dagli stand ed in grado di poter sostenere il percorso produttivo del modello di compound organico. Da questi, verranno poi estratte le linee guida principali che rendono fattibile l'adattabilità al sistema circolare proposto.

## Prodotti funzionali per l'exhibit.

Per ottenere le linee guida finali dei prodotti più compatibili, verranno selezionati tre tipologie di prodotti dedicati all'ambito delle fiere alimentari, ovvero quelli scenari nel quale il ritmo produttivo non risulta troppo elevato.



Foto\_ Material District  
ONA535-3

### 11.3) ANALISI CHIMICO/FISICA DELLA MATRICE POLIMERICA.

Come matrice polimerica, che si è scelto di integrare all'interno del compound organico, è stato identificato il Polipropilene (PP). Prima di approfondire le specifiche proprietà del materiale, utili per il supporto strutturale del prodotto finale, ci soffermeremo prima sulle motivazioni per il quale si è selezionata questa tipologia di polimero. Il Polipropilene, oltre che per la sua estrema durezza e resistenza agli urti, è stato selezionato anche grazie ai vari modi in cui può essere realizzato o personalizzato, attraverso integrazioni con altri materiali o additivi speciali, sempre al fine di adattarsi ad un particolare scopo. I motivi per il quale il PP è stato scelto come matrice polimerica da inserire nel compound riguardano appunto la sua forte compatibilità nell'integrazione con materiali diversi, tra cui gli scarti di caffè, per il quale è stata rilevata un'ottima risposta funzionale in rispetto delle esigenze richieste.

La seconda caratteristica del Polipropilene è la compatibilità di costo e disponibilità, relativamente ridotto il primo e molto elevata la seconda. La terza caratteristica riguarda la superficie, liscia e relativamente scivolosa, ideale per la possibilità di integrare un pattern superficiale che renda visibile la carica di caffè. La quarta proprietà è estremamente importante e riguarda la resistenza del Polipropilene all'assorbimento di umidità. Sebbene venga deumidificato, lo scarto di caffè rimane comunque un materiale organico con forte tendenza ad assorbire umidità, insieme alla maggioranza dei termoplastici, rendendo il PP la soluzione ideale per contrastare il più possibile questo fenomeno. L'ultima caratteristica, e forse la più importante, è definita nei termini di durata del prodotto sul lungo periodo, e riguarda la resistenza chimica del Polipropilene nei confronti di un'ampia gamma di basi ed acidi. Infatti, l'esercizio di questa proprietà risulta fondamentale durante il processo di integrazione di un polimero con una matrice organica. Senza un'adeguata resistenza chimica a certe tipologie di basi o acidi, è possibile che il compound finale generi fenomeni di degradazione localizzata in tempi estremamente brevi, con conseguente decadimento delle proprietà tecniche.

Insieme alle motivazioni che determinano l'uso del Polipropilene, è necessario definire anche i limiti progettuali che il materiale mette di fronte al progettista durante la trasformazione da materia prima a prodotto finale. A tali limiti, è necessario rispondere attraverso una corretta selezione degli additivi, da integrare nel materiale finale, che dovranno sopperire alle carenze intrinseche del PP. Le carenze non sono numerosi, ma possono generare problemi, una di queste è sicuramente la grande suscettibilità alla degradazione UV, generata dai raggi solari o da qualsiasi fonte emittente. Il secondo grande limite è identificato nella bassa resistenza ai fenomeni di ossidazione, insieme alla medesima scarsa resistenza verso i solventi aromatici. Insieme a questi svantaggi si registrano anche l'alto grado di infiammabilità allo stato

grezzo e le scarse proprietà di adesione che rendono la verniciatura abbastanza difficoltosa.

Sul mercato dei polimeri, sono presenti due tipologie principali di Polipropilene, identificabili nei gruppi degli omopolimeri e dei copolimeri. Il Polipropilene omopolimero è una tipologia per uso che possiamo definire tradizionale, considerabile come la formulazione standard del Polipropilene. I copolimeri invece si dividono ulteriormente in copolimeri a blocchi e copolimeri casuali, con ognuna delle categorie finalizzata a determinate tipologie di applicazioni. Aprendo una piccola parentesi, il Polipropilene copolimero a blocchi contiene tra il 5% e il 15% di Etilene, ed è proprio l'etilene che migliora alcune proprietà, come la resistenza all'impatto, mentre gli altri additivi migliorano altre proprietà, come la resistenza al calore. Il Polipropilene copolimero casuale, a differenza del polipropilene copolimero a blocchi, possiede di solito una percentuale di etilene compresa tra l'1% e il 7% e sono selezionati per applicazioni in cui si desidera un prodotto più malleabile e chiaro, con meno proprietà isolanti e meccaniche.

Per riassumere le caratteristiche principali che hanno orientato la scelta della matrice polimerica verso il Polipropilene, definiremo di seguito le più importanti rilevate durante le fasi di sperimentazione.

- **Resistenza chimica:** Le basi e gli acidi diluiti non reagiscono facilmente con il Polipropilene, il che lo rende una buona scelta per l'integrazione con materiali organici.
- **Elasticità e durezza:** Il PP agisce con elasticità su una certa gamma di deformazioni, ma sperimenta una deformazione plastica all'inizio del processo di deformazione, quindi è generalmente considerato un materiale "duro". La tenacità è infatti un fattore che determina la capacità di un materiale di deformarsi plasticamente senza rompersi.
- **Resistenza alla fatica:** Il Polipropilene mantiene la sua forma dopo molti fenomeni di torsione, piegamento e/o flessione. Questa proprietà è particolarmente preziosa per determinare il grado di resistenza meccanica dei materiali alle lavorazioni di finitura del prodotto finale.
- **Isolamento elettrico e trasmissività:** il polipropilene ha una resistenza molto alta all'elettricità ed è molto utile come materia prima per prodotti legati alla componentistica elettronica o illuminotecnica. Avendo un basso grado di trasmissività, può essere usato per applicazioni in cui si rende necessario attenuare un certo trasferimento di luce,

## **12) MODELLO DI REALIZZAZIONE DEL COMPOUND.**

Nello scenario industriale, le informazioni riguardo i singoli componenti che formano il compound sono di secondaria importanza rispetto alle modalità che indicano come, queste componenti, vengono mescolate. Un materiale compound può infatti presentare caratteristiche completamente diverse pur mantenendo la stessa formulazione, semplicemente cambiando le metodologie con il quale gli “ingredienti” vengono mischiati. Per questo motivo, successivamente all’identificazione delle singole matrici che compongono il compound, si devono definire tutte le procedure necessarie alle singole componenti per trasformarsi nel compound finale. Nei paragrafi che seguiranno andremo quindi ad approfondire le fasi che le componenti dovranno affrontare, in ordine sequenziato, cercando di chiarire al meglio in che modo vengono trattati i materiali e quali trasformazioni o alterazioni subiscono durante il processo.

### **12.1) PREPARAZIONE E RACCOLTA DELLO SCARTO POLIMERICO E DEL SOLIDO URBANO.**

L’origine del processo di trasformazione degli scarti parte da molto lontano rispetto ai laboratori nel quale viene svolto, parte infatti dalla preparazione dello scarto, svolta dagli operatori in stabilimento. Nella realtà del sistema ideato, la preparazione dello scarto consisterebbe in una corretta divisione delle tipologie di polimero dopo una macinatura preliminare, con un adeguato input di tracciabilità allegato ai contenitori dei materiali. Attraverso accordi con il laboratorio esterno, si deciderà anticipatamente chi dovrà prendersi carico delle attività di pulizia; naturalmente a fronte dei requisiti gestionali ed economici da mantenere. Successivamente alla fase di preparazione dello scarto, comunque compresa di imballaggio e stoccaggio, seguirà la fase di raccolta da parte degli enti aziendali predisposti a tale attività. Anche in questa fase, si dovrà valutare la divisione delle attività tra gli attori di mercato appartenenti alla filiera.

L’assegnazione delle attività di raccolta sarà gestita sulla base del modello di business che l’azienda intenderà seguire, definendo di conseguenza quale attore del sistema sarà incaricato delle attività di raccolta. La distribuzione dell’attività sarà valutata tra il laboratorio esterno, che andrebbe a raccogliere la propria materia prima, e gli attuali gestori della raccolta rifiuti, che dovranno apportare modifiche alle loro procedure di spostamento, non portando più i rifiuti in discarica ma ad altre aziende specializzate nella trasformazione. L’implementazione del nuovo modello di produzione trasformerà le attuali attività di raccolta rifiuti in semplici attività di spostamento risorse; i costi di conferimento dei rifiuti diventeranno costi per la gestione della materia prima, mentre i costi di smaltimento verranno trasformati in costi di trasformazione, generanti valore economico ed un conseguente basso impatto ambientale.

La configurazione della tipologia di accordi commerciali sarà da valutare sulla base dei modelli di business che dialogano nel sistema, ma ricadrà essenzialmente su tre possibili soluzioni. La prima, molto semplice ma con una richiesta maggiore di investimenti, vedrà l'ente esterno di trasformazione acquisire gli asset fisici per lo spostamento dei rifiuti, attraverso l'acquisto o il noleggio a coloro che attualmente ne sono proprietari, gestendo internamente la fornitura. La seconda possibilità, richiedente maggior sforzo organizzativo ma con minore necessità di investimenti prolungati, consiste nella realizzazione di rapporti commerciali con gli attori dello smaltimento rifiuti, finalizzati alla riorganizzazione delle attività di raccolta; in modo da garantire ai conferitori dei rifiuti vantaggi economici maggiori nella fornitura del rifiuto al laboratorio piuttosto che alle discariche. La terza ed ultima possibile configurazione aumenterebbe notevolmente il carico gestionale dell'azienda produttrice rispetto alle precedenti, dovendo questa prendersi responsabilità della raccolta e del conferimento dello scarto fino al laboratorio esterno. In questa possibilità, l'azienda dovrebbe stringere accordi con gli attuali gestori dei rifiuti, convincendoli a destinare lo scarto al laboratorio e non alla discarica attraverso incentivi economici verso di loro, ma in favore di un minore prezzo della materia prima in ritorno allo stabilimento, da parte del laboratorio esterno. Sebbene con leggere variazioni di responsabilità, le possibilità di gestione della raccolta e della preparazione passano da queste tre strade, nel quale deve essere distribuita equamente la responsabilità gestionale ed economica, almeno tra i tre attori che svolgono un ruolo chiave: il laboratorio esterno, l'ente di smaltimento e l'azienda produttrice dello scarto.

## 12.2) PREPARAZIONE CHIMICA/FISICA DEGLI INPUT.

Una volta che lo scarto plastico ed il rifiuto solido urbano raggiungono fisicamente il laboratorio esterno, si può partire con la preparazione vera e propria dei materiali. Da questo momento in poi, i materiali polimerici ed organici dovranno essere lavorati al fine di ottenere la processabilità della tecnologia finale. Il primo step che tali materiali affronteranno è la divisione nelle rispettive aree di stazionamento, nel quale sono predisposte le attività ed i macchinari necessarie alle lavorazioni da eseguire. Da questa fase in poi, è utile percorrere le attività necessarie alle due matrici in modalità separate, sebbene alcune attività siano le stesse; ad esempio, dopo la divisione, le due tipologie di materiale affrontano un processo di deumidificazione, nel quale verranno settati parametri e tempistiche specifiche, per il polimero termoplastico o per gli scarti di caffè.

Scarto di caffè: All'arrivo in laboratorio, lo scarto di caffè presenta numerose criticità, per cui bisogna provvedere necessariamente al fine di garantire la processabilità nella fase di compounding. Le maggiori criticità rilevate riguardano:

- **L'elevata carica di umidità dei campioni di caffè;**
- **La muffa formatasi durante lo stazionamento;**
- **La tendenza del macinato a compattarsi;**
- **Un fortissimo odore emanato nelle aree di trasformazione.**

Le problematiche appena esposte possono essere risolte prevedendo nella fase di pre-miscelazione un'essiccazione molto spinta, in grado di abbattere la carica di umidità del materiale. L'umidità residua viene successivamente ridotta dai processi di deumidificazione che, come anticipato, sono simili anche per il materiale termoplastico. In più, è importante che gli scarti di caffè processati non presentino contenuti inquinanti o impurità da parte di materiali diversi, per cui è importante effettuare una scrupolosa selezione dei campioni di caffè ricevuti. Nel caso si volesse invece integrare la matrice organica con scarti di caffè provenienti anche da cialde, bisognerebbe prima effettuare un'attenta analisi preliminare del materiale della cialda, verificando la compatibilità di tale materiale con la matrice polimerica.

Matrice polimerica: Nel caso del Polipropilene, appartenente alla famiglia dei termoplastici, vengono riscontrate minori criticità. I pochi vincoli sul quale bisogna porre attenzione riguardano prettamente la corretta tracciatura e pulizia dei polimeri

di scarto, assicurandosi che la percentuale di matrice inserita nel compound finale sia 100% PP proveniente da processi di rimacinatura fisica, senza la contaminazione di altri materiali. Il granulato finale non dovrà presentare contenuto di polveri dovuta allo stazionamento o sporcizia causata da una gestione superficiale dello scarto, e dovrà perciò essere pulito prima di transitare nella fase di compounding. In ultimo, i polimeri termoplastici, come il caffè, presentano la tendenza ad accumulare umidità durante le fasi di stoccaggio e trasporto, anche in questo caso risulta quindi necessario deumidificare i polimeri prima di processarli, anche senza l'essiccazione iniziale.

### 12.3) FASE DI COMPOUNDING.

La fase di compounding prevede la miscelazione della matrice organica, della matrice polimerica e degli additivi attraverso la tecnologia di estrusione bivite, necessaria per la miscelazione di matrici con caratteristiche chimico/fisiche diverse. In più, l'Impianto specifico di Ideaplast è nato specificatamente per ottenere compound caricati con prodotti di origine organica, fortemente umidi. La polvere di caffè ha presentato infatti, durante le prove sperimentali, una percentuale di umidità molto elevata, che si dovuta abbattere in modo considerevole prevedendo un impianto di caricamento dei materiali con un essiccatore integrato, posizionato a monte. L'essiccatore deve infatti essere in grado di alimentare un dosatore gravimetrico per il dosaggio delle polveri, all'interno dell'estrusore, ed essenziale per l'inserimento delle matrici.

Tutto l'impianto sarà a ciclo chiuso e permetterà, una volta inseriti i materiali, di non dover più effettuare trasferimenti tra le varie componenti. L'attività di compounding si avvia partendo dal corretto inserimento delle matrici nei dosatori, generalmente 2 o 3, collegati direttamente al nucleo principale dell'impianto, ovvero l'estrusore bivite.

Le parti dell'impianto che definiscono le fasi lineari del processo di compounding, partendo dall'origine, sono le seguenti:

- **Essiccatore per polveri:** componente novità di tale impianto nel quale si abbina alla fase di caricamento un essiccatore specifico per le polveri alimentari, così da abbattere l'umidità delle polveri e permetterne la lavorazione. L'essiccatore dovrà perciò essere studiato in maniera specifica per permettere il dosaggio delle polveri in macchina, e parallelamente abbattere l'umidità del caffè in tempi rapidi. L'impianto è infine dotato di aspirazione e della cappa per raccogliere gli odori provenienti dalle polveri.
- **Impianto di aspirazione:** lungo tutta la linea di trasformazione si raccolgono i fumi e gli odori dell'impianto, evitando che questi vengano rilasciati nell'ambiente di lavoro, rendendolo insalubre.
- **Dosatore per polveri:** è l'elemento collegato all'essiccatore che alimenterà la polvere di caffè all'interno dell'estrusore, permettendo un corretto dosaggio della polvere di caffè.
- **Dosatore per additivi:** utilizzato per inserire gli additivi all'interno del compound, necessari da una parte per amalgamare matrice e polvere e dall'altro per ottenere le caratteristiche finali del materiale.

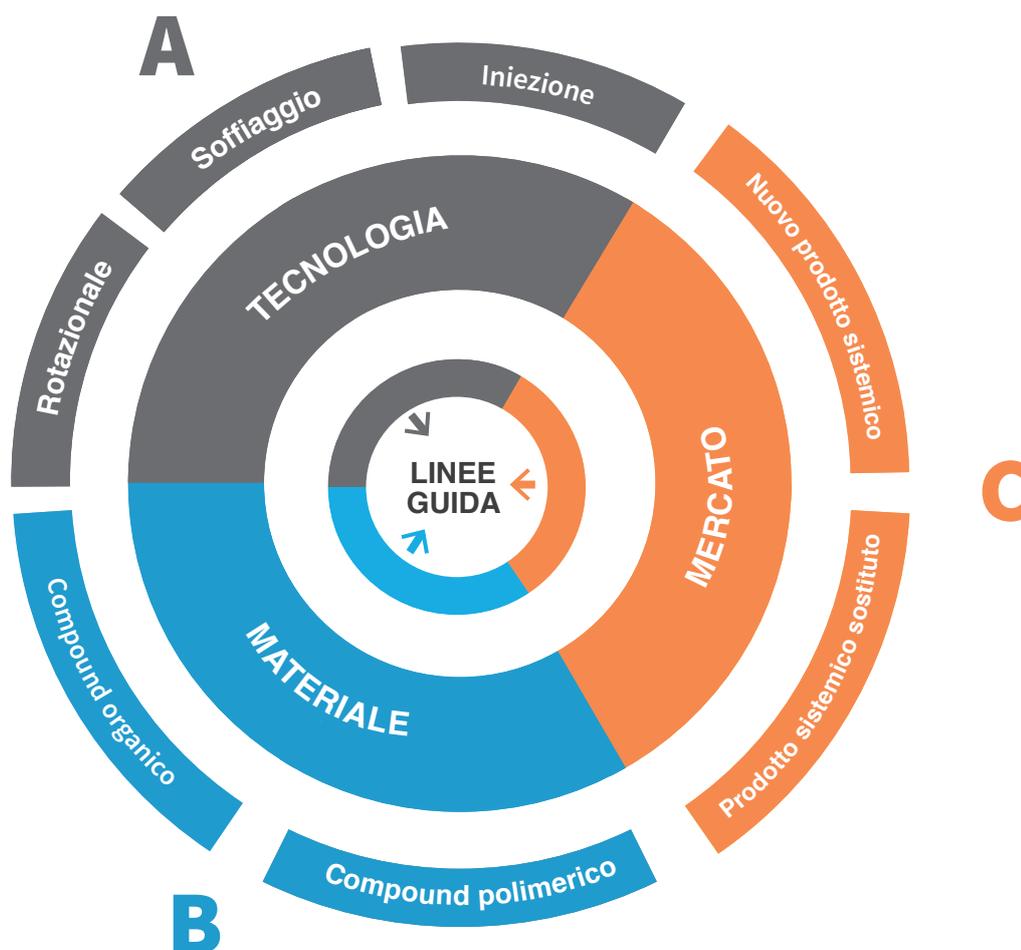
- **Dosatore per granuli:** viene utilizzato un terzo dosatore per inserire la matrice plastica all'interno dell'estrusore, sempre mantenendo monitorati i parametri di inserimento del polimero.
- **Estrusore bivate:** estrusore dotato di doppia vite co-rotante, adatto alla miscelazione di polveri organiche e polimeri plastici, con aspirazione e ingresso dosatori lungo diversi punti della linea di trasformazione.
- **Taglio ad immersione:** a valle dell'estrusore avviene infine un taglio ad immersione, ovvero, in una vasca contenente acqua, verrà tagliato il trafilato estruso dal macchinario per ottenere i singoli granuli, al termine del quale si prevederà un sistema per abbattere l'umidità dei granuli finali.
- **Polverizzatore:** a valle dell'impianto si potrà facoltativamente adottare un polverizzatore sequenziato alla vasca di taglio, per diminuire la granulometria del prodotto, ma soprattutto per ottenere una configurazione della materia prima lavorabile anche dalla tecnologia rotazionale. Qualora si decidesse di dedicarsi solamente allo stampaggio ad iniezione, si potrà invece valutare, secondo la modularità dell'impianto, di collegarlo direttamente ad una pressa ad iniezione, modificando però l'impianto di alimentazione con la parte di essiccazione del caffè.

## **CAPITOLO 4: SVILUPPO DELLE LINEE GUIDA PER IL NUOVO PRODOTTO SISTEMICO.**

In seguito ad aver conseguito una formulazione ed una metodologia definitiva riguardante il nuovo materiale, abbiamo risposto efficacemente all'esigenza fondamentale per innovare il processo ed il sistema, ovvero la possibilità di generare un valore dallo scarto plastico. Le restanti due necessità principali, riguardanti l'implementazione di un nuovo attore di mercato e di una nuova gestione dei flussi materici/informativi, sono state invece ricercate attraverso una riconversione del modello organizzativo aziendale, proposta durante l'analisi olistica, e che approfondiremo meglio nel capitolo che segue.

Durante le operazioni di conversione del modello organizzativo, è stato rilevato come il modello sia convertibile in modo efficace solo quando allineato alla fase di produzione di uno specifico prodotto. Alcuni modelli organizzativi della Cornaglia presentano tuttora una gestione dei flussi materici e dei tempi ciclo dei macchinari settata sulle prestazioni empiriche dei prodotti processati, piuttosto che su quelle concesse dalle tecnologie. Per questo motivo, in questo capitolo, faremo un percorso inverso. Per poter innovare il modello organizzativo e soddisfare totalmente le esigenze di sistema, andremo ad identificare alcune tipologie di prodotti, realizzabili attraverso le innovazioni di processo e di materiale raggiunte dal modello proposto in questa tesi. Da tipologie di prodotti esistenti presi come caso studio, saremo in grado di estrapolare le linee guida di progettazione da seguire nell'ipotetico futuro utilizzo del modello, necessarie per poter concretizzare il valore generato dai nuovi materiali all'interno dei nuovi prodotti sistemici.

A questo punto potrebbe sorgere una domanda: in che modo ci assicuriamo che le tipologie di prodotti selezionati come casi studio forniscano linee guida di progettazione adattabili ai processi produttivi della Cornaglia e, soprattutto, al modello? In risposta, possiamo considerare come la precisione dei casi studio venga assicurata dal processo di ricerca sistemica con il quale verranno selezionati i prodotti. Per poter svolgere un'accurata selezione dei prodotti finali, verranno definiti in anticipo i requisiti progettuali che i casi studio dovranno rispettare per entrare a far parte della selezione, valutando la loro compatibilità con i processi produttivi, con i nuovi materiali compound ed infine con i nuovi mercati di destinazione nel quale la Cornaglia ha già competenze operative. Una volta delineati i requisiti progettuali definiti dal modello di sistema, la ricerca dei casi studio sarà filtrata da questi parametri, ottenendo come risultato solo le tipologie di prodotti in grado di rispettare tutti i requisiti del modello.



### A Tech: Rotazionale

I requisiti di processo delle tecnologie sono spesso il veicolo che meglio orienta le scelte progettuali. La produzione di determinati prodotti affronta come barriera iniziale proprio la processabilità tecnologica.

### A Tech: Iniezione & Soff.

E' importante, in questa fase, distinguere i due ruoli separati della singole tecnologie: quelle che generano lo scarto e quelle che lo processano.

### B Compound organico

Il modello di sistema ha rivelato necessaria l'implementazione di un nuovo compound lavorato chimicamente. La possibilità di effettuare il compounding su più matrici organiche, aumenta la libertà fornita al progettista.

### B Compound polimerico

In assenza di disponibilità organiche, il modello può adattarsi al compounding tra polimero vergine e polimero riciclato, attraverso una lavorazione fisica.

### C Nuovi prodotti sistemici

Le destinazioni di prodotto previste dal sistema possono innescare la creazione di nuove nicchie di mercato, originate da una riscoperta dello scarto come risorsa funzionale.

### C Prod. sistemici sostitutivi

Se il sistema rileva la pura volontà di difendere la vulnerabilità economica dell'azienda, il modello può fornire le istruzioni per andare ad acquisire nuove marginalità su mercati diversi, nel quale dovranno essere presenti prodotti raggiungibili dalle prestazioni del polimero rigenerato.

### **13) REQUISITI DELLA PROGETTAZIONE.**

I requisiti che un prodotto generico deve rispettare all'interno di un processo produttivo sono vari e numerosi, e riguardano principalmente la sua compatibilità con i macchinari e con la materia prima utilizzata. Tutte quelle che sono le istruzioni sulle tirature e le tempistiche di produzione, riguardano invece la compatibilità dei prodotti con i requisiti dei clienti e dei mercati di destinazione. L'insieme totale delle specifiche di prodotto, riguardanti le necessità interne ed esterne allo stabilimento, compongono infine il quadro delle informazioni necessarie alla progettazione per avviare un nuovo processo produttivo. Definendo nei paragrafi che seguono i requisiti che tali specifiche di prodotto devono rispettare, andremo a creare un elenco di requisiti con il quale selezionare i casi studio, arrivando alla definizione dei prodotti sistemici maggiormente compatibili con il processo produttivo della Cornaglia, con il suo mercato d'azione e con le nuove soluzioni di compound.

### **13.1) REQUISITI DEL PRODOTTO PER LA PROCESSABILITÀ TECNOLOGICA.**

Il primo e più importante fattore da monitorare riguarda la compatibilità delle soluzioni progettuali ipotizzate con le possibilità produttive raggiungibili dalle tecnologie, presenti in stabilimento. La compatibilità con le tecnologie produttive non riguarda solo la processabilità dei prodotti da parte dei macchinari, ma anche la possibilità di realizzazione degli stampi, fondamentali per fissare la materia prima in forme e dimensioni precise. Gli stampi sono classificati in base alla tipologia di materiale con il quale vengono costruiti, ed ogni classificazione è più favorevole alla produzione di specifiche categorie di prodotti. Affronteremo in modo più approfondito, nel seguente paragrafo, le motivazioni dietro la scelta della tipologia di stampo per ognuna delle tre tecnologie, premettendo che queste si differenziano principalmente nel materiale, tra l'acciaio/alluminio per prodotti complessi ad alta tiratura e la lamiera per prodotti semplici a bassa tiratura.

Entrando nello specifico dell'analisi, definiremo di seguito i limiti che ognuna delle tre tecnologie impone sulla progettazione e sulle linee guida, schematizzando la valutazione attraverso le cinque principali aree di studio del prodotto industriale: dimensione, geometria, finitura, materiale e tiratura. Identificati i limiti e le opportunità progettuali imposti dalla tecnologia nelle diverse aree progettuali, si valuterà, sempre per specifico macchinario, quali di queste influenze maggiormente il progettista a scegliere di realizzare i prodotti con una tecnologia specifica, piuttosto che con un'altra. Infatti, per poter raggiungere l'identificazione dei casi studio maggiormente compatibili con le esigenze del nuovo modello, è importante che questi prodotti pilota rispondano positivamente non solo ai requisiti produttivi o di mercato, ma anche agli obiettivi con il quale si avvia la progettazione.



- Necessità di progettare tenendo in considerazione la temperatura di deflessione termica della matrice polimerica, più il peso del carico generante flessione. Per il PE= 65°, per PA-PP= 160°

- Matrici polimeriche termoplastiche supportate dal rotazionale sono: PE - PVC - PP - PA6 - PC.

- Progettare curando lo spessore in funzione dei raggi di raccordo, prevedendo il grado di sformo degli angoli.

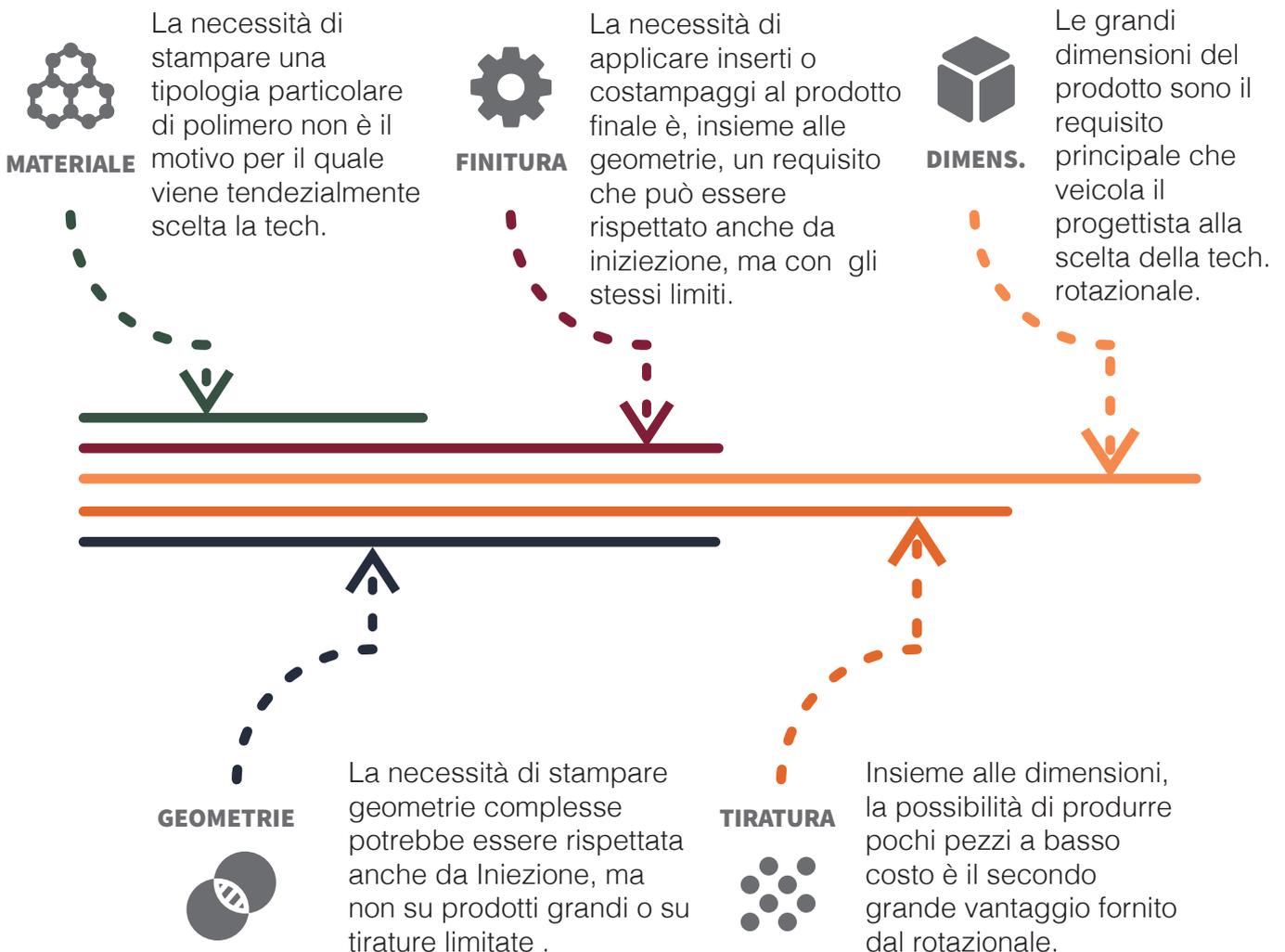
- Definire tolleranze dimensionali su parametri di ritiro del polimero.

non influente

poco influente

influyente

molto influente



## Requisiti del prodotto rotazionale:

- **Dimensioni:** il prodotto processato dalla tecnologia rotazionale può variare il proprio ingombro tra le medie o le grandi dimensioni, con un diametro sferico massimo raggiungibile dagli stampi pari a 3500 mm. I prodotti rotazionali non sono però esenti da complicazioni, infatti, bisogna calibrare correttamente l'ampiezza delle superfici piane dei prodotti, per evitare che queste incurvino a causa delle dimensioni elevate. Infine, è necessario calcolare le dimensioni finali del prodotto tenendo in considerazione il coefficiente di espansione termica dei polimeri utilizzati, che in fase di post-stampaggio potrebbero subire fenomeni di ritiro.
- **Geometrie:** la caratteristica che differenzia lo stampaggio rotazionale da quello a soffiaggio, data la possibilità condivisa di poter produrre in grandi dimensioni, è la peculiarità del rotazionale di poterlo fare fornendo al prodotto finale geometrie molto più complesse. I prodotti possono raggiungere una precisione del dettaglio sferico variabile dai 25 ai 50 mm, con uno spessore delle pareti anch'esso variabile a scelta del progettista, da 1 mm fino a 50 mm. Le forme che ricevono le sollecitazioni maggiori devono essere disposte lontano dalle zone del prodotto coincidenti con le linee di divisione dello stampo, in quanto meccanicamente più fragili. Il requisito più importante a livello geometrico è infine quello di evitare forme di sottosquadro che, al momento dell'estrazione, potrebbero impedire l'uscita del pezzo dallo stampo.
- **Finitura:** la finitura del prodotto rotazionale è in stretto rapporto con le funzionalità finali che il prodotto deve concedere, e viene determinata attraverso le lavorazioni post-stampaggio più utili per raggiungere tale obiettivo. Per destinazioni semplici, come quelle dell'arredo, le fasi di finitura non vanno oltre la pulizia del prodotto, effettuata su bave superficiali e sfridi della linea di divisione stampo. Per prodotti che richiedono invece funzionalità più dinamiche, possono essere realizzate integrazioni con inserti specifici dopo lo stampaggio, o possono direttamente essere costampati nel pezzo elementi di materiali diversi.
- **Materiale:** la tipologia di polimero tendenzialmente usata appartiene alla famiglia dei termoplastici e viene inserito nel macchinario non come granulo ma come polvere di polimero. Successivi al parametro più importante, ovvero la configurazione a polvere della materia prima, seguono una serie di requisiti che non riguardano la processabilità del materiale, quanto le caratteristiche finali del prodotto. Il polimero polverizzato inserito nel macchinario deve infatti possedere qualità chimico/fisiche in grado di: avere una bassa viscosità una volta raggiunta la fusione, un'ottima resistenza ad impatto ed una buona resistenza a trazione, flessione ed allungamento. Tutto ciò per trasformare in modo ottimale le proprietà della materia in proprietà del prodotto finale.

- **Tiratura:** la possibilità di realizzare gli stampi per i prodotti rotazionali con investimenti decisamente minori rispetto alle altre tecnologie, permette al processo di non dover produrre a tirature così elevate per rientrare nel bilancio economico. Per questo motivo, la tecnologia rotazionale permette tirature più ridotte, sebbene a livello strutturale possa sopportare tirature che arrivano anche a 100.000 unità l'anno. Per un costo ridotto delle attrezzature di tooling si paga però un prezzo in termini di tempo, in quanto i tempi ciclo del rotazionale sono di diversi minuti, decisamente maggiori rispetto ai tempi ciclo delle altre due tecnologie.

Con la valutazione di queste cinque categorie, un progettista che si affaccia alla produzione con tecnologia rotazionale può intuitivamente capire se tale processo sia compatibile con l'idea di prodotto che ha in mente. La fattibilità di produzione passa, in modo sistemico, dalle caratteristiche dimensionali del prodotto rapportato al grado di complessità delle geometrie ed al numero di pezzi da mandare in produzione. La definizione di questi tre fattori è di estrema importanza per capire quanto sia conveniente effettuare una produzione in rotazionale piuttosto che con un'altra tecnologia. Le ultime considerazioni che possiamo lasciare sono consigli progettuali relativi alla necessità di progettare tenendo in considerazione la temperatura di deflessione termica della matrice polimerica insieme al peso del carico generante flessione, per evitare deformazioni inaspettate del prodotto finale. Altri consigli utili riguardano la necessità di progettare curando lo spessore della parete in funzione dei raggi di raccordo, prevedendo il grado di sforno degli angoli, ed infine la necessità di definire le tolleranze dimensionali sui parametri di ritiro del polimero.

### **Requisiti del prodotto ad iniezione:**

- **Dimensioni:** I prodotti ad iniezione sono tendenzialmente prodotti con un alto grado tecnico ed una dimensione medio-piccola. Infatti, la dimensione massima raggiungibile da uno stampo è mediamente di 300 mm x 500 mm. Per pezzi di medie dimensioni è possibile effettuare uno stampaggio alla volta, è possibile invece per i pezzi di piccole dimensioni realizzare stampi multicavità, nel quale il polimero iniettato va ad inserirsi per permettere l'estrazione dal macchinario di più pezzi, realizzati contemporaneamente.

- **Geometrie:** Ad un elevato grado tecnico dei prodotti uscenti corrisponde, sovente, un grado di complessità delle geometrie abbastanza elevato. Lo stampaggio ad iniezione permette la realizzazione precisa di pezzi con geometrie molto complesse, per questo motivo è la tecnologia maggiormente utilizzata



- Necessità di progettare tenendo in considerazione il grado di umidità acquisito dal granulo termoplastico, riducendolo attraverso le necessarie lavorazioni.

- Matrici polimeriche termoplastiche supportate dall'iniezione sono: PE - PP - PA6 - PC.

- Progettare curando la velocità di iniezione del polimero in rapporto alla pressione esercitata dalla vite d'iniezione

- Definire anticipatamente livello di densità del materiale alla temperatura di plastificazione.

non influente

poco influente

influyente

molto influente



**FINITURA**

La finitura post iniezione è quasi assente, non è un requisito fondamentale richiesto dal processo.



**DIMENS.**

I prodotti processabili rientrano nel range delle medio-piccole dimensioni, ovvero la maggioranza dei prodotti plastici



**MATERIALE**

La necessità di mantenere un processo preciso e continuativo, veicola la scelta della materia prima ideale da processare.

**GEOMETRIE**



La necessità di stampare elevati numeri di pezzi con geometrie medio complesse rende molto valida la soluzione di produrre per iniezione.

**TIRATURA**



L'elevata tiratura e velocità di produzione sono il requisito principale per il quale si sceglie di produrre con tech. ad iniezione, sebbene costi iniziali elevati.

nelle produzioni di ambito tecnico. La precisione delle forme è garantita dalle caratteristiche del macchinario, ma soprattutto dagli stampi, fattore fondamentale per la definizione della forma finale. Sebbene la tecnologia non possa produrre elementi a configurazione cava, può garantire ai prodotti uno spessore variabile da un minimo di 0,5 mm ad un massimo di 4 mm. L'ultimo elemento da valutare, durante lo studio geometrico del prodotto, è la localizzazione del punto d'iniezione, ovvero la zona specifica del prodotto dal quale partirà l'iniezione del polimero, punto che rimarrà visibile una volta che questo sarà uscito dal macchinario.

- **Finitura:** Oltre che per la pulizia a seguito di alcune tipologie di punti di iniezione generanti materiale in eccesso, chiamate “attacchi di iniezione” o “materozze”, lo stampaggio ad iniezione richiede minori operazioni di finitura sul prodotto uscente dallo stampo. Ciò a causa dell'elevata precisione del pezzo stampato, che soventemente non necessita di pulizia delle bave o rimozione degli sfridi. Durante lo stampaggio è possibile effettuare attività di accoppiamento dello stampo con inserti metallici, aprendo diverse possibilità di integrazione per co-stampaggi applicabili direttamente nello stampo. La qualità finale del pezzo uscente, oltre che essere definita dalla precisione e qualità degli stampi, è ottenuta anche attraverso una corretta gestione delle velocità di iniezione dei polimeri, da settare in base ai requisiti finali del prodotto.

- **Materiale:** la tecnologia ad iniezione permette l'inserimento della materia prima termoplastica attraverso la configurazione granulare. Anche in questo caso, è necessario che le caratteristiche chimico/fisiche dei polimeri siano favorevoli alle attività richieste dallo stampaggio. La materia prima dovrà infatti possedere basse viscosità nello stato di fusione, così da ottenere basse resistenze con i canali di iniezione. In più, il polimero dovrà possedere un'ottima stabilità termica, così da mantenere un adeguato grado di fusione per tutta la durata del processo di iniezione, evitando alterazioni delle proprietà nel prodotto finale.

- **Tiratura:** l'elevato costo delle attrezzature per lo stampaggio ad iniezione rende necessario mettere in atto produzioni di grande volume, al fine di ammortizzare i costi degli investimenti. Dall'altro lato, lo stampaggio ad iniezione può però produrre pezzi con tempi ciclo brevissimi, di appena pochi secondi, riuscendo a realizzare un numero notevole di prodotti in pochissimo tempo.

Anche in questo caso, con la valutazione sistematica di queste cinque categorie, un progettista che si affaccia alla produzione ad iniezione può intuitivamente capire se tale processo sia compatibile con l'idea di prodotto che ha in mente. Nel caso della tecnologia ad iniezione, la fattibilità di produzione passa dalle condizioni di recupero degli investimenti, che genera la necessità di effettuare elevati volumi di produzione in ambiti di produzione tecnica. La definizione di questi due fattori,

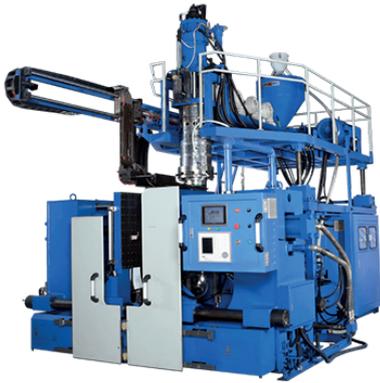
tiratura e complessità delle geometrie, è di estrema importanza per capire quanto sia conveniente effettuare una produzione ad iniezione, in rispetto dell'uso di altre tecnologie. Le ultime considerazioni che possiamo lasciare sono consigli progettuali relativi alla necessità di regolare il processo produttivo, tenendo in considerazione il grado di umidità acquisito dal granulo termoplastico e riducendolo attraverso le necessarie lavorazioni. Risulta inoltre necessario definire anticipatamente livello di densità del materiale alla temperatura di plastificazione, per evitare otturazioni dei canali di iniezione, curando la velocità di iniezione del polimero in rapporto alla pressione esercitata dalla vite d'iniezione.

### **Requisiti del prodotto a soffiaggio:**

- **Dimensioni:** Le dimensioni raggiungibili dai prodotti realizzati tramite soffiaggio spaziano notevolmente di più in rispetto delle tecnologie precedentemente descritte. Lo stampaggio a soffiaggio può infatti essere utilizzato per lo stampaggio di prodotti che vanno dalla piccola alla grande dimensione, mantenendo in ogni dimensione la configurazione cava dei prodotti.

- **Geometrie:** Ciò per cui si contraddistinguono le soluzioni realizzate tramite soffiaggio è la semplicità delle geometrie. Sebbene possa rispondere a numerosi requisiti dimensionali, il soffiaggio si scontra pesantemente contro la complessità delle geometrie di prodotto. Per il carattere del macchinario, anche rilevabili nella tipologia presente nella Cornaglia, è necessario calcolare correttamente, in fase progettuale, la variazione dei diametri del prodotto, comprendendo in anticipo in che modo saranno proiettate le curvature dei raccordi. Queste informazioni forniranno supporto alla scelta relativa alla tipologia di soffiaggio da effettuare: tradizionale o tridimensionale. Inoltre, nella progettazione di componenti flessibili, è molto importante stabilire i limiti che le sollecitazioni meccaniche possono imporre sul prodotto.

- **Finitura:** La fase di finitura relativa al soffiaggio tradizionale può risultare molto intensa, ciò a causa delle notevoli attività di pulizia necessaria alla rimozione del polimero, pinzato dallo stampo per ottenere il prodotto finale. Nel caso dello stampaggio per soffiaggio tridimensionale le fasi di finitura sono invece molto ridotte, essendo il macchinario predisposto a seguire il movimento del prodotto nello spazio, senza generare polimero di scarto. In entrambi i casi è comunque molto difficoltoso l'inserimento di inserti post stampaggio in materiali diversi, con gli unici casi di multimatericità riscontrabili nell'estrusione di materiali sequenziati direttamente nel parison iniziale.



- Necessità di progettare minimizzando la quantità di materiale “pinzato” dallo stampo, per cui verrà richiesta la rimozione in fase di finitura.
- Matrici polimeriche termoplastiche supportate dal soffiaggio sono: PE - PP - PA6. E' possibile stampare in sequenza materiali diversi.

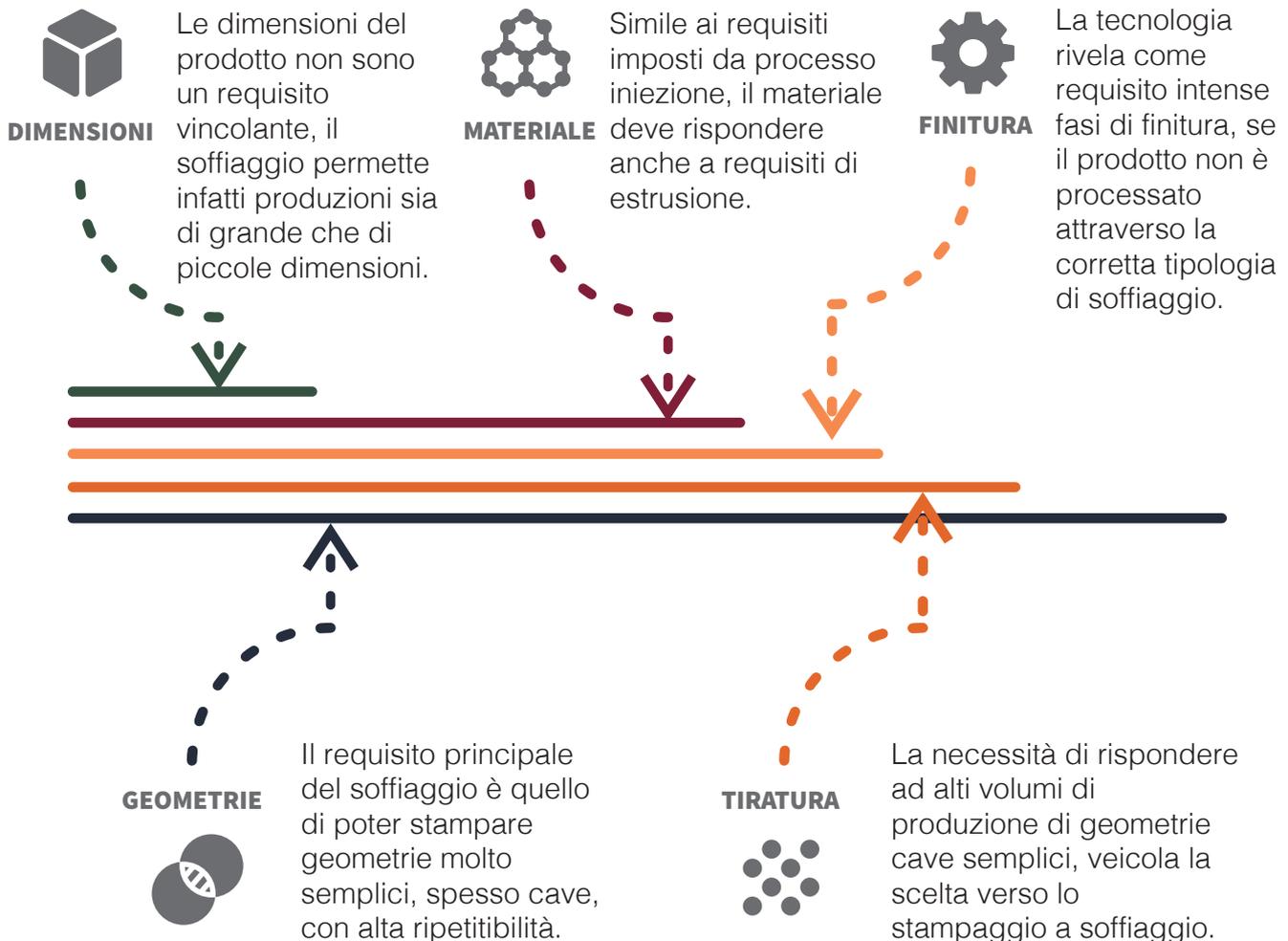
- Progettare curando la tipologia di ingombro del prodotto, se lineare o libera nello spazio tridimensionale, per determinare tipologia di soffiaggio da utilizzare.
- Definire anticipatamente livello di densità del materiale alla temperatura di plastificazione.

non influente

poco influente

influyente

molto influente



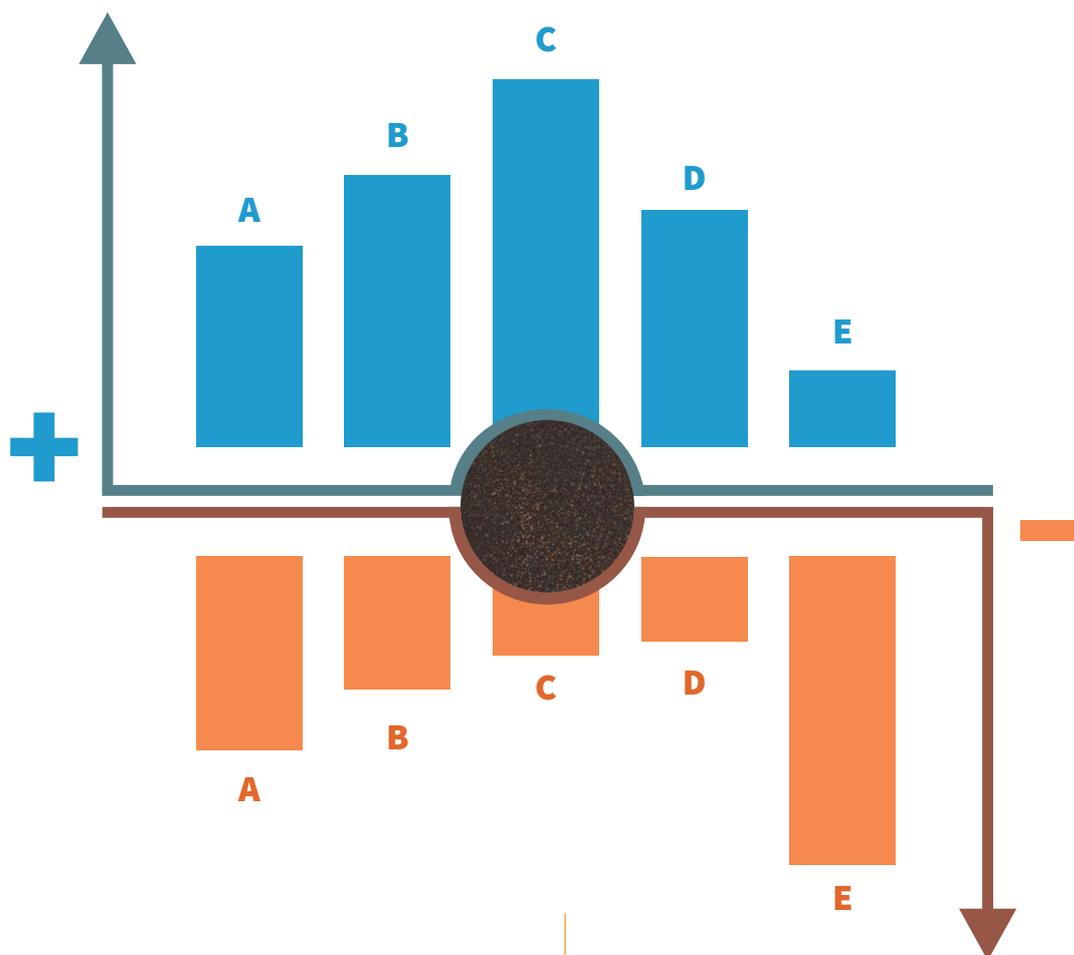
● **Materiale:** Anche in questo caso, la materia prima termoplastica dovrà avere configurazione granulare, con la possibilità, anticipata precedentemente, di sequenziare granuli di polimeri diversi durante l'estrusione iniziale del materiale. Al fine di ottenere il mantenimento delle proprietà, garantite dallo stato di fusione, anche al prodotto finale, il polimero dovrà possedere una buona stabilità termica ed ottime caratteristiche di allungamento.

● **Tiratura:** Sebbene il costo delle attrezzature sia decisamente minore rispetto a quello della tecnologia ad iniezione, rimane comunque più alto di quello rilevabile per la tecnologia rotazionale. Per questo motivo, il soffiaggio risulta un'ottimo compromesso nell'avviamento di produzioni ad alta tiratura di prodotti semplici a configurazione cava, qualunque sia la dimensione. Un vantaggio in questo senso è la durata dei tempi ciclo, abbastanza vicina a quella della tecnologia ad iniezione, ma comunque estremamente più breve di quella rilevata nello stampaggio rotazionale.

Analizzando le cinque categorie di requisiti progettuali relativi all'ultima tecnologia in esame, il soffiaggio, anche qui il progettista può intuitivamente capire se tale processo sia compatibile con l'idea di prodotto che ha in mente. Nel caso della tecnologia a soffiaggio, la fattibilità di produzione passa dalle condizioni di semplicità geometrica di un prodotto che, a causa di un costo comunque sostenuto delle attrezzature, necessita di effettuare tirature elevate. La definizione di questi due fattori, complessità delle geometrie e tiratura, è il driver che permette al progettista di capire quanto sia efficace effettuare una produzione a soffiaggio, e quale tipologia scegliere: tradizionale o tridimensionale. Le ultime considerazioni che possiamo lasciare riguardo alcuni consigli progettuali, sono relative alla di necessità di progettare curando la tipologia di ingombro del prodotto, se lineare o libera nello spazio tridimensionale, per determinare tipologia di soffiaggio da utilizzare. Nel caso si scelga di avviare un processo di soffiaggio tradizionale, bisognerà conseguentemente cercare di minimizzare la quantità di materiale "pinzato" dallo stampo, per cui verrà richiesta la rimozione in fase di finitura, generando ulteriore scarto plastico.

## 13.2) REQUISITI DEL PRODOTTO PER LA COMPATIBILITÀ CON IL NUOVO COMPOUND.

Come citato precedentemente, la progettazione si scontra con due limiti principali rilevati in fase produttiva, ovvero la compatibilità del prodotto con i macchinari e con la materia prima a disposizione. Definito l'insieme di requisiti progettuali da rispettare per garantire la processabilità all'interno della tecnologia, possiamo a questo punto spostare la nostra attenzione sul secondo grande fattore di compatibilità: il compound organico ed il compound polimerico. Entrambi i compound presentano caratteristiche funzionali specifiche per la loro composizione e, a seconda di quale si avrà a disposizione, si dovranno avviare percorsi progettuali specifici e differenziati. Oltre alle caratteristiche fisiche e funzionali, i requisiti delle due progettazioni differiscono anche nelle motivazioni di mercato con il quale vengono giustificati gli avviamenti del processo produttivo. Infatti, mentre l'utilizzo del compound organico apre la strada verso nuovi mercati con funzionalità innovative del prodotto, il compound polimerico è orientato alla sostituzione di prodotti con funzionalità semplici, già presenti sul mercato, ma che propongono un valore aggiunto attraverso l'innovazione del processo produttivo e del modello organizzativo dell'azienda. Data la differenza degli obiettivi aziendali imposti alle due tipologie di materiale, risulta chiaro che gli obiettivi della progettazione saranno specifici per ognuno dei due compound. Andremo di seguito a schematizzare i requisiti che la progettazione deve rispettare per valorizzare le caratteristiche materiche e, per ognuna delle due tipologie di compound, definiremo in che modo questa influisce sulle cinque caratteristiche fondamentali del prodotto: funzionalità, prestazioni, proprietà fisiche, percentuale di carica della materia prima e numero di pezzi realizzabili. Seguendo questa linea, andremo quindi ad approfondire i fattori che i prodotti e la progettazione dovranno tenere in considerazione per valorizzare le caratteristiche del materiale.



## A Pattern superficiale

Possibilità di ottenere un pattern superficiale richiamante i grani del caffè, attraverso aumento carica organica

## B % di carica organica

Possibilità di settare % di carica organica per requisiti percettivi, a discapito di quelli meccanici o prestazionali.

## C Prestazione percettiva

Capacità del materiale di rilasciare nell'ambiente l'aroma del caffè, insieme agli stimoli visivi.

## D Funzione decorativa

Possibilità di integrare materiale in strutture composite per la decorazione ambientale.

## E Tiratura variabile (Rotazionale)

Fornitura della carica organica dipendente da ritmi di consumo.

## A Stabilità strutturale

Scarsa stabilità strutturale del prodotto all'aumentare della percentuale di caffè.

## B % di matrice polimerica

Percentuale troppo ridotta di matrice polimerica diminuisce stabilità di processo.

## C Prestazione meccanica

Aumentando le prestazioni percettive del prodotto, diminuiscono le prestazioni meccaniche.

## D Funzione tecnica

Con qualità percettive elevate è impossibile attribuire al materiale una funzione tecnica.

## E Accumulo polimero

Ritmo di consumo lenti della matrice organico fanno accumulare scarto polimerico.

## Compound con matrice organica: prodotto finale

● **Funzionalità decorativa:** la funzionalità che offre maggiori stimoli verso l'innovazione è sicuramente quella decorativa, in grado di fornire valore aggiunto alla progettazione di prodotti generati da processi di recupero. Infatti, le potenzialità fornite dalle prestazioni percettive del prodotto possono aprire la strada a nuove modalità di decorazione ambientale, non più solo finalizzate solo all'ottenimento dell'impatto visivo e cognitivo, ma anche in grado di abbracciare l'utente attraverso una serie di stimoli multisensoriali. Unico limite della funzione decorativa garantita dal compound, è l'impossibilità di rispondere in modo eccessivo a funzioni tecniche o meccaniche.

**Prestazione percettiva:** Il prodotto finale deve sfruttare in modo ottimale gli alti valori percettivi che il compound organico è in grado di fornire. Per questo motivo, è importante che la destinazione finale del prodotto sia mirata ad esaltare le capacità percettive, richiedendo la necessità di creare un ambiente isolato ed unico. Anche in questo caso, all'aumentare della richiesta di prestazioni percettive, diminuiscono in maniera proporzionale le prestazioni meccaniche del prodotto.

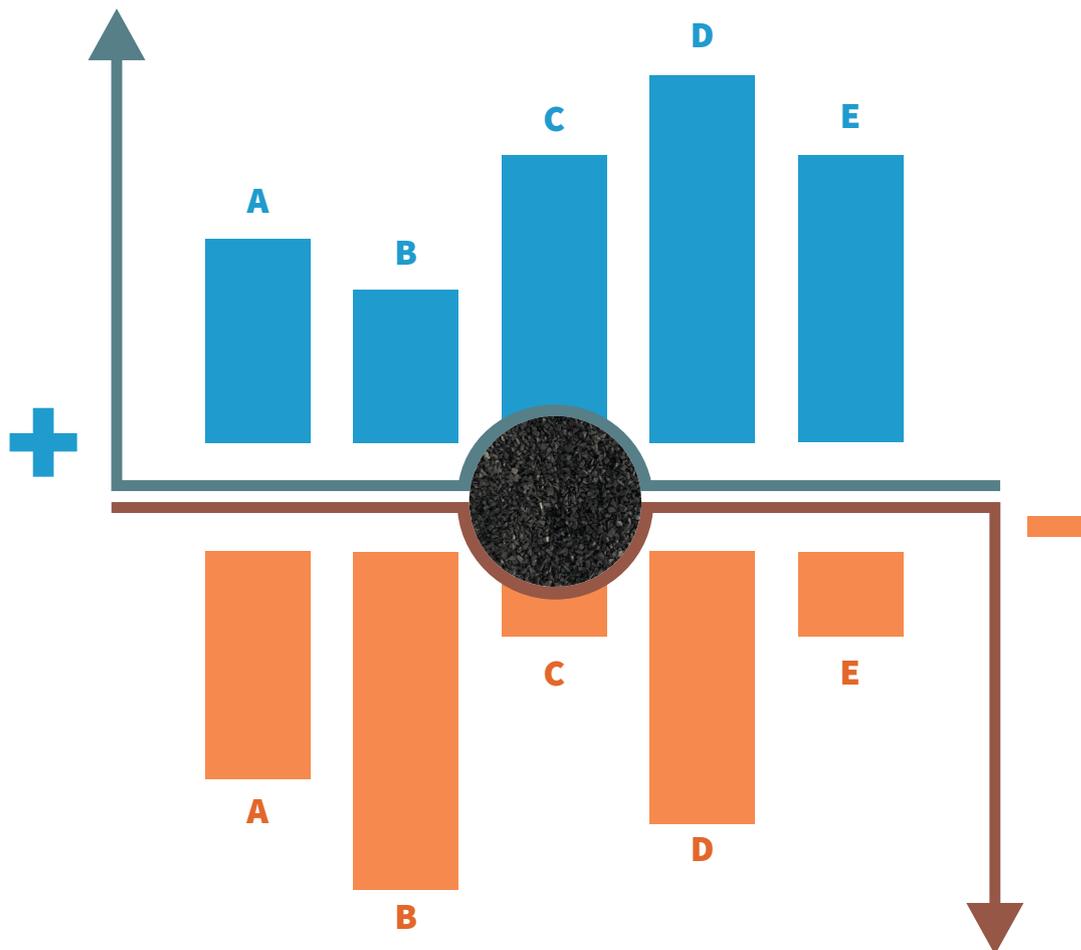
● **Proprietà del pattern superficiale:** Insieme alle qualità percettive che riguardano il senso dell'olfatto, è importante mantenere il coinvolgimento multisensoriale anche relativo agli altri sensi, integrando un'ulteriore percezione visiva dello scarto di caffè all'interno del prodotto, attraverso il pattern superficiale. Regolando in modo mirato la percentuale di carica organica, è infatti possibile raggiungere risultati molto soddisfacenti relativi al pattern che va a definire la superficie esterna del prodotto, attribuendogli caratteristiche visive in grado di legarsi perfettamente a quelle olfattive. Bisogna però fare attenzione con il dosaggio della carica organica, in quanto all'aumentare di questa, diminuiscono considerevolmente le proprietà strutturali intrinseche al prodotto.

● **Percentuale di carica organica:** la percentuale di carica organica ottimale per raggiungere i requisiti percettivi desiderati, mantenendo la fattibilità tecnica, è stata riscontrata essere, in peso, del 40% di PP ed il 60% di scarto di caffè. La percentuale di carica è stata settata sulla base dei parametri di compatibilità delle tecnologie con cui verrà processata, potrebbe essere diversa se lavorata diversamente o se realizzata per obiettivi diversi. Generalmente, possiamo affermare come all'aumentare della carica organica, aumenti anche la complessità di lavorazione del prodotto, se questo dispone solo di tecnologie di produzione appartenenti al mondo termoplastico.

● **Tiratura a ritmo limitato:** Sebbene la presenza di disponibilità polimerica sia data quasi per certo, diversamente è per la quantità di scarto di caffè. Le due matrici di scarto, provenienti da ambiti di produzione ed ambiti di consumo diversi, presentano ritmi non sempre sincronizzabili. Lo scarto di caffè, in particolar modo, proviene da uno scenario di consumo legato principalmente al singolo utente e raggiunge, nella sua massima estensione, le attività di media- piccola distribuzione, come bar o rivenditori. Le aziende di produzione plastica viaggiano invece con ritmi di scarto consolidati, appunto intese come presenze fisiologiche per le dimensioni della struttura, mentre il caffè dipende strettamente dalle tendenze di consumo privato. Per questo motivo, non è possibile programmare una produzione continuativa e prolungata nel tempo, senza rischiare di incorrere in blocchi del processo causati dalla mancanza di disponibilità della materia prima.

## Compound con matrici polimeriche: prodotto finale

- **Funzionalità tecnica:** le funzionalità garantite dal compound polimerico rimangono fedeli all'ambito tecnico, ma sono destinate a soluzioni con minore richiesta meccanica rispetto al prodotto di scarto dal quale si è originata la materia prima. Sebbene i prodotti realizzati con il compound polimerico possano essere reinseriti nel mercato di provenienza dello scarto, i costi di pulizia dello scarto per assicurare il mantenimento delle proprietà non permettono l'adozione di tale metodo. Per questo motivo, l'integrazione di una matrice polimerica con alto grado di resistenza alla degradazione, con una matrice termoplastica comune, potrebbe essere molto utile per mantenere funzionalità tecniche adeguate nei prodotti finali.
- **Prestazione meccanica:** date le proprietà di resistenza alla degradazione della componente polimerica principale con il quale è stato formulato il compound, le prestazioni meccaniche del rimacinato finale sono simili a quelle del materiale vergine. Per questo motivo, sebbene non si possano destinare i prodotti verso le stesse aree di mercato, è possibile progettare le prestazioni dei nuovi prodotti tenendo come riferimento le prestazioni meccaniche dei prodotti di scarto, dal quale si è generato il compound.
- **Proprietà strutturali:** come nel caso delle prestazioni meccaniche, anche le proprietà strutturali dei prodotti realizzati con il compound polimerico rispecchiano quelle dello scarto a monte della filiera. In questo caso, alcune caratteristiche contaminanti della matrice termoplastica generica possono però incidere sulle proprietà del prodotto finale.
- **Percentuale di carica polimerica:** la percentuale di carica polimerica è stata ottenuta integrando, in peso, un 70% di Hytrel con un 30% di polimero termoplastico.
- **Tiratura a ritmo elevato:** non dipendendo da ritmi di produzioni lontani dall'ambito industriale, la fornitura di materia prima polimerica è un flusso sicuro, che garantisce la continuità della disponibilità. Per questo motivo, attraverso l'implementazione di un nuovo modello organizzativo aziendale, è possibile avviare processi di produzione continuativi e prolungati, utilizzando come materia prima il compound polimerico, originato dagli stessi macchinari nel quale viene reinserito.



## A Proprietà strutturali

Possibilità di riottenere la stessa qualità di partenza delle proprietà fisiche con una corretta tracciabilità del polimero.

## B % di rimacinato

Possibilità futura di riutilizzare fino al 100% di rimacinato se correttamente gestito.

## C Prestazione meccanica

Prestazioni meccaniche del rimacinato simili a materiale vergine, grazie a scarsa degradazione di Hytel.

## D Funzione tecnica

Possibilità di riutilizzo del rimacinato nelle stesse linee di produzione dal quale si è generato.

## E Tiratura elevata (Iniezione - Soffiaggio)

Adattabilità a tecnologie ad alta tiratura come iniezione e soffiaggio.

## A Tolleranza contaminazioni

Proprietà fisiche del prodotto finale sono stabili se non sono presenti nel rimacinato contaminazioni di altri polimeri.

## B % mat. vergine

Rapporto attuale tra polimero vergine e rimacinato pari a 70 % - 30%.

## C Prestazione percettiva

Impossibilità del materiale di comunicare la propria appartenenza ad un processo circolare.

## D Gestione pre-lavorazione

Per soddisfare qualità meccaniche Hytel deve essere preparato attraverso lavaggi e macinature.

## E Accumulo polimero

Accumulo di polimero viene solo posticipato se non si cura correttamente la fine del suo ciclo vita.

### **13.3) REQUISITI DEL PRODOTTO PER L'IMPLEMENTAZIONE DI NUOVI MERCATI.**

I nuovi prodotti, in seguito ad aver ottenuto la compatibilità di processo interna allo stabilimento, necessitano di un ultimo step di analisi progettuale prima di essere avviati alla produzione. L'ultimo fattore con il quale i nuovi prodotti devono scontrarsi è la loro efficacia di vendita o distribuzione nei mercati di riferimento, elemento in grado di determinare l'effettivo "successo" del modello di studio proposto. Per valutare la possibile efficacia del modello, ipotizzeremo due mercati principali di destinazione, compatibili con le caratteristiche di modello e di prodotto rilevate fino a questo punto.

Per rinfrescare la memoria, il modello è partito con la missione di generare valore dallo scarto plastico della Cornaglia, rilevando le esigenze di sistema necessarie per raggiungere tale obiettivo, ed identificando due fasi principali della strategia: diversificare il mercato di destinazione e mantenere la stabilità produttiva. Per fare ciò è stata quindi proposta la formulazione di un nuovo materiale, originato dagli scarti ed in grado di trasformarli in valore economico, declinato poi in due differenti composizioni di materia prima, una finalizzata a prodotti di diversificazione del mercato ed una ai prodotti per il mantenimento della stabilità produttiva. Da qui, con il bagaglio di requisiti rilevati e la missione dei due prodotti ben chiara, siamo riusciti ad identificare due tipologie di mercati di destinazione nel quale valorizzare al meglio le linee guida fornite dal modello e dalle specifiche del processo, attraverso una proposta di prodotto sistemico. Di seguito, andremo perciò a schematizzare le due tipologie di settori scelti, definendo in modo preliminare la loro macro-struttura, per poi approfondire le caratteristiche che rendono ognuno di questi il mercato di destinazione ideale per la promozione del prodotto sistemico, nuovo o sostitutivo. Possiamo declinare le due macro-aree di mercato che andremo ad occupare, con i prodotti uscenti dal modello, in questo modo:

## **Nuovi prodotti sistemici per l'implementazione di nuovi mercati.**

Questa categoria di prodotti può essere concretizzata attraverso l'uso di diverse tipologie di approcci al mercato. L'unico limite è che il raggiungimento della fattibilità produttiva del nuovo prodotto sistemico è strettamente influenzato dall'abilità del progettista nel comunicare in modo efficace al mercato il valore aggiunto del progetto; in questo caso identificato nell'innovazione del processo produttivo e delle funzionalità dei materiali. L'approccio al mercato è dunque una delle modalità più importanti con il quale valorizzare le potenzialità del nuovo prodotto sistemico. Il percorso definito da questo progetto prevede l'implementazione di nuovi prodotti sistemici con linee guida di progettazione molto legate al processo ed ai materiali, non alle funzionalità o alle geometrie. Il fattore "innovativo" garantito dai nuovi prodotti sistemici non è inerente alle nuove funzionalità tecnologiche o estetiche del prodotto, ma riguarda il processo produttivo e le modalità di connessione dei nuovi flussi materici. Al fine di valorizzare gli aspetti di processo e le funzioni garantite dai nuovi materiali, l'individuazione dei casi studio deve quindi essere coerente con le necessità espresse dal modello proposto. Per fare ciò, è utile seguire un preciso metodo di ricerca dei casi studio:

- **1- Individuazione dello scenario di mercato:** il progettista dovrà condurre la ricerca di uno scenario di destinazione seguendo il driver dei ritmi di richiesta potenziali, che dovranno essere allineati ai ritmi di fornitura della matrice organica del nuovo materiale; o qualunque altra sia la matrice che garantisce al compound le nuove funzionalità ed il nuovo processo produttivo.
  
- **2- Identificazione delle funzioni principali:** all'interno dell'ambiente di destinazione, il progettista dovrà in seguito individuare le attività principali, selezionando all'interno di tali attività le tipologie di prodotti che garantiscono la funzionalità principale.
  
- **3- Comparazione delle proprietà:** si effettua un'analisi comparativa tra le proprietà fornite dal compound e quelle necessarie al prodotto per svolgere correttamente la sua funzione base. Le proprietà comparate sono puramente meccaniche, da verificare per garantire la fattibilità strutturale del prodotto.
  
- **4- Futuribilità del prodotto nel nuovo modello:** una volta identificato il prodotto, appartenente ad una delle attività principali che si svolgono nell'area di destinazione, bisogna verificarne la fattibilità industriale, ovvero la sua capacità di essere riproducibile attraverso dinamiche di processo che richiedono efficienti gradi di ripetitività.

## **Prodotti sistemici sostitutivi per l'ampliamento dei mercati attuali.**

Sebbene la scelta di mantenere attiva una produzione destinata ai mercati attuali possa sembrare una strategia di secondaria importanza, rispetto alle strategie di diversificazione a parità di tecnologia, in realtà non è così. Il fattore che può far sottovalutare l'importanza della strategia è il fatto che essa coesista con una strategia che ha obiettivi opposti, che mira alla creazione di nuovi mercati e non al mantenimento di quelli vecchi. L'esigenza rilevate per la Cornaglia costringono però il progettista a muoversi molto cautamente nella diversificazione di mercato, non essendo il modello organizzativo ancora pronto a reggere un cambio di rotta così drastico. Risulta perciò necessario raggiungere la diversificazione di mercato in modo graduale, permettendo alla Cornaglia di avere tempo e risorse economiche per mantenere attive le strategie di diversificazione. La continuità della produzione per i mercati attuali non significa però realizzare gli stessi prodotti, né farlo allo stesso modo. Il fattore di innovazione organizzativa che il modello vuole implementare serve, appunto in questo senso, a garantire all'azienda una costante visione verso l'esterno, verso l'evoluzione del mercato, verso i fattori che mantengono vivo lo sviluppo dei prodotti e delle necessità produttive, rispondendo in modo efficace e reattivo agli stimoli del mondo esterno. L'azienda deve avere parte propositiva nelle valutazioni del proprio mercato, cercando non solo di rispondere alle necessità attuali, ma predisponendo i volumi produttivi per quelle future, anticipando le necessità di mercato. Per fare ciò, e prevedere le tipologie di prodotti ed i volumi sul quale si sposterà maggiormente la richiesta di mercato, anche in questo caso bisognerà seguire un metodo di ricerca precisa:

- **1- Prospettiva di evoluzione del mercato:** bisogna valutare gli scenari nel quale è possibile che evolva il mercato dell'automotive, relativamente alle tendenze di produzione e di acquisto, insieme all'evoluzione di tutta la componentistica e le attrezzature accessorie. Il fattore che maggiormente condiziona l'evoluzione del mercato automotive è sicuramente il passaggio all'elettrico, ed al nuovo concetto di mobilità sostenibile, che incide notevolmente sull'evoluzione delle componenti accessorie che ruotano intorno al prodotto "automobile".
- **2- Ricerca delle aree di prodotto sostituibili:** una volta valutato lo scenario più plausibile riguardo il possibile sviluppo del settore automotive e dei suoi prodotti, si passerà ad ricerca per valutare quali saranno i prodotti maggiormente richiesti per le nuove esigenze del mercato dell'auto. Si indagheranno le aree di prodotto, principali o accessorie, raggiungibili dalle tecnologie in possesso all'azienda e compatibili con il processo produttivo che la Cornaglia deve raggiungere.

● **3- Definizione prodotti futuribili:** definite le aree generali di prodotto, si valuterà la tipologia specifica da sostituire, indagando, oltre la compatibilità tecnologica, anche il livello di prestazioni meccaniche fornite dal compound che sostituisce il polimero vergine. Mantenendo orientata l'attenzione produttiva verso un mercato così tecnico come quello automotive, la fattibilità della sostituzione materica è raggiungibile una volta rispettate le prestazioni tecniche e meccaniche base richieste dal prodotto finale. Dopo aver ottenuto l'identificazione di un prodotto processabile dalle tecnologie interne, ed in grado di rispettare le funzioni tecniche richieste dal mercato anche con l'utilizzo del compound polimerico, la Cornaglia può porre le basi per un piano di sviluppo prodotto; indirizzato verso il futuro elettrico della componentistica automotive.



## PRODOTTI SOSTITUTIVI IN MERCATI DIVERSI

### **Medesime prestazioni e funzionalità.**

Attraverso una miscelatura di Hytrel vergine al 70 % e di rimacinato al 30%, sono attualmente realizzati prodotti automotive che rispettano le prestazioni richieste al prodotto standard dal quale proviene lo scarto.

1

### **Prodotti diversi con minori prestazioni.**

La degradazione delle proprietà, causata da impurità del rimacinato, può orientare il riutilizzo del materiale in prodotti tecnici con meno restrizioni meccaniche rispetto ai prodotti del settore automotive.

2

### **Prodotti resistenti all'inflazione polimerica.**

Attraverso una corretta pulizia dell'Hytrel, si potrebbe riutilizzare fino al 100% del rimacinato, permettendo il reinserimento totale nel processo di provenienza

3

### **Prodotti originati da gestione aziendale dello scarto**

Il sistema di circolazione delle risorse di scarto rimane interno al perimetro aziendale, aumentando il valore della risorsa ma anche il grado di responsabilità.

4





## PRODOTTI INNOVATIVI IN MERCATI NUOVI

1

### **Nuove funzionalità e prestazioni raggiungibili.**

Individuazione nel mercato di prodotti con prestazioni raggiungibili dai requisiti meccanici raggiunti dal compound, con il valore aggiunto della componente di origine organica.

2

### **Prodotti nuovi con prestazioni innovative.**

Nuovi requisiti percettivi- decorativi possono permettere la realizzazione di tipologie di prodotto con nuove funzionalità e destinazioni, agevolando la nascita di nuove nicchie di mercato.

3

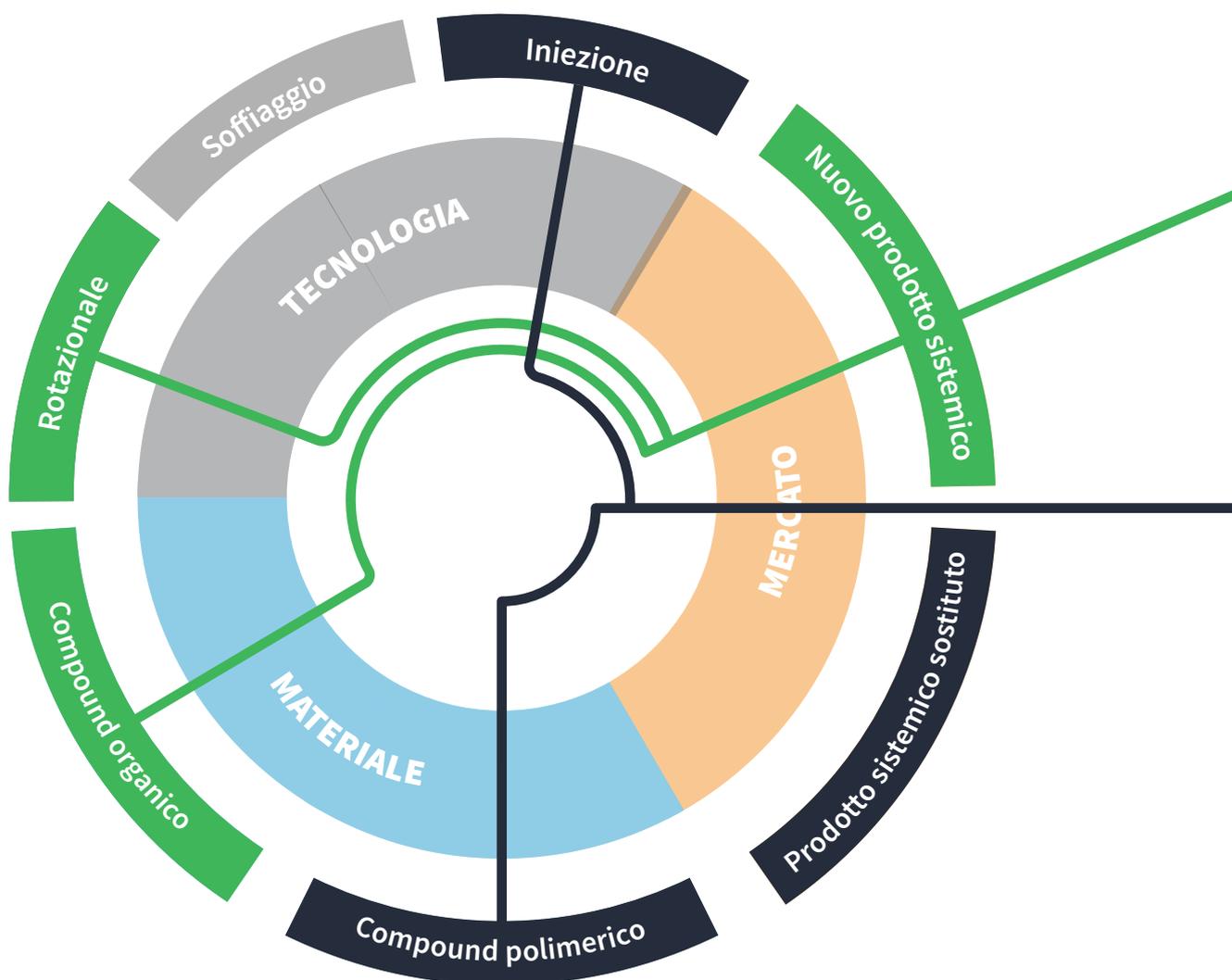
### **Prodotti valorizzanti approccio sistemico.**

La possibilità di integrazione del rifiuto solido urbano incentiverebbe la produzione di prodotti sistemici a partire dalla base polimerica.

4

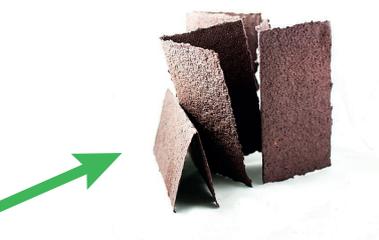
### **Prodotti originati da modello di riutilizzo dello scarto.**

Attraverso l'implementazione di un nuovo attore di mercato, la gestione dello scarto rimarrebbe esterna ed esenterebbe l'azienda dall'acquisizione di responsabilità riguardo la gestione e la trasformazione in risorsa.



### 1 Casi studio e sviluppo linee guida.

Verranno selezionati due casi studio, uno per configurazione, in grado di poter sostenere il percorso produttivo proposto dal modello. Da questi, verranno poi estratte le linee guida principali che permettono l'adattabilità al sistema circolare proposto.



### **N**uovo prodotto sistemico

Non è ancora stato individuato il caso studio che meglio valorizza le funzionalità garantite dal compound a carica organica.



### **P**rodotto sistemico sostitutivo

E' stato individuato come caso studio, dal quale ricavare le linee guida di prodotto, la sostituzione dei tradizionali contenitori di batteria al litio, con una versione ottenuta puramente da Hytrel rigenerato.



## **LINEE GUIDA FINALI DEI PRODOTTI**

## **14) DEFINIZIONE DELLE LINEE GUIDA DI PRODOTTO.**

Il precedente paragrafo era strutturato per ottenere la comprensione dei limiti di progettazione imposti dalle specifiche del materiale, dei requisiti di processo e delle destinazioni di mercato. Una volta tratteggiato il perimetro progettuale, riguardante i prodotti in grado di rispondere positivamente alle necessità, possiamo a questo punto declinare, sempre per tipologia di compound, le due aree prodotto identificate, ed i relativi sottoprodotti presenti al loro interno. Tali prodotti saranno selezionati seguendo il driver della compatibilità con il modello proposto, definendo come casi studio finali i prodotti con maggiori potenzialità di conversione e maggiore adattabilità al nuovo sistema produttivo della Cornaglia. Per fare ciò, verrà svolta nei seguenti paragrafi un'operazione di raccolta dei casi studio, nel quale verranno enunciate le caratteristiche, le motivazioni di scelta e le linee guida progettuali, relative alle cinque caratteristiche principali del prodotto di ogni caso studio. Le linee guida dei prodotti presentati non saranno però riferite alla loro condizione "attuale", ovvero quella nel quale si trovavano prima di essere selezionati, ma saranno bensì descritti utilizzando le linee guida che dovranno possedere per essere processati dal nuovo sistema della Cornaglia, rimanendo comunque simili nelle geometrie e nelle dimensioni. Dopo aver riordinato le informazioni e verificato la fattibilità della conversione sistemica, si eseguirà un'attenta esplorazione dello scenario risultante, e, per ognuna delle cinque categorie, si estrapoleranno le linee guida che incidono con più influenza sulla compatibilità di prodotto con il nuovo modello produttivo. Tali specifiche di progettazione verranno poi schematizzate nell'ultimo paragrafo, nel quale si riassumeranno le informazioni dei singoli casi studio, estrapolando le linee guida finali di progettazione per le due categorie di prodotto principali: il nuovo prodotto sistemico ed il prodotto sistemico sostitutivo.

### **14.1) STUDIO E SVILUPPO DEI CASI STUDIO DI PRODOTTO.**

Per poter procedere ad una corretta definizione dei casi studio, ed ottenere le caratteristiche che saranno poi il punto di partenza della progettazione futura, bisogna separare a monte le due tipologie di prodotto sistemico al quale tali casi studio fanno riferimento. Infatti, ciò che conta di più in questa fase non sono i casi studio finali, ma la qualità del metodo di ricerca con il quale si individuano, da strutturare sulla base delle possibilità aziendali; non è infatti utile alla progettazione l'identificazione di un caso studio che non sia integrabile nel processo aziendale. Separando le due tipologie di prodotto sistemico, si separeranno perciò anche le modalità di ricerca dei casi studio, che, come anticipato nel paragrafo 13.3, seguiranno un iter specifico per ognuna delle due categorie.

## **Nuovo prodotto sistemico.**

Il processo di definizione delle aree studio di prodotto, che si otterranno alla fine di questa fase, viene determinato dal punto di origine di tutte le attività, ovvero l'identificazione dello scenario di riferimento. La fase di partenza, come in tutte le cose, determina in modo critico il conseguimento degli obiettivi finali; è utile perciò dedicare massima qualità progettuale, e metodo, alla scelta dello scenario di destinazione. Al fine di trovare l'area di prodotto nel quale il compound possa valorizzare le sue proprietà, e che sia allo stesso tempo raggiungibile dalle tecnologie in uso, bisogna fare riferimento a ciò che sappiamo della Cornaglia, in particolare riguardo i tentativi di diversificazione di mercato svolti in passato. Durante l'analisi dell'identità aziendale, effettuata su Cornaglia nel secondo paragrafo del primo capitolo, si è evidenziata la volontà dell'azienda di orientare la propria produzione verso il mercato dell'arredamento e del retail. Queste attività, sebbene partecipino in modo marginale al volume produttivo totale della Cornaglia, evidenziano una conoscenza di processo legata al mondo dell'arredamento/retail già ben implementata all'interno dei processi produttivi. Si intuisce chiaramente il vantaggio di sfruttare le basi di know how preesistenti, facendo sì che la diversificazione di mercato avvenga in un settore del quale si sono già creati dei precedenti produttivi, piuttosto che integrare un nuovo sistema di conoscenze, attività lunga e dispendiosa di energie.

Selezionato il mondo dell'arredamento come possibile destinazione data la forte compatibilità con i processi produttivi, bisogna ora considerare il secondo driver di scelta, ovvero la compatibilità con la materia prima; in particolare con i suoi ritmi di fornitura e richiesta. I ritmi di fornitura della materia prima, come già citato precedentemente, sono molto variabili, e non permettono perciò di rispondere a richieste di produzione con ritmi continuativi. Per questo motivo, risulterebbe utile selezionare un'area dei prodotti d'arredo nel quale la richiesta sia sporadica o comunque ben determinata, in spazi di tempo limitati. Tenendo in considerazione questi fattori, bisogna poi verificare quale degli scenari sporadici dell'arredamento siano le culle ideali per valorizzare le proprietà fornite dal nuovo materiale, e dove tali proprietà possano andare ad innovare le funzioni dei prodotti base.



Foto EkardConcepts\_ Moccona coffee



## Exhibit degli stand fieristici.

Lo scenario di destinazione è stato identificato sulla base dei requisiti tecnici e di riproducibilità dei prodotti presenti all'interno, selezionando la categoria degli eventi fieristici.

Gli eventi fieristici richiedono infatti prestazioni tecniche/strutturali non troppo elevate. In più, la frequenza delle attività è allineata con la bassa frequenza di riproducibilità che richiedono i prodotti da inserire.

Di seguito elencheremo le tre funzioni principali coperte dai nuovi prodotti:



### Illuminazione dell'ambiente

L'illuminazione dell'ambiente è il fattore che maggiormente incide sul risalto degli spazi e delle funzioni espositive promosse dall'exhibit.



### Decorazione murale

La decorazione degli spazi perimetrali di divisione è il secondo fattore principale in grado di generare un'impatto sul pubblico, in senso attrattivo o di gradimento complessivo dell'ambiente.



### Piano di appoggio per il consumo

Oltre alle funzioni espositive, si è identificato come ultimo fattore rilevante l'elemento dello stand che permette la fruizione del prodotto proposto, ovvero le superfici di appoggio sul quale si consuma il caffè.

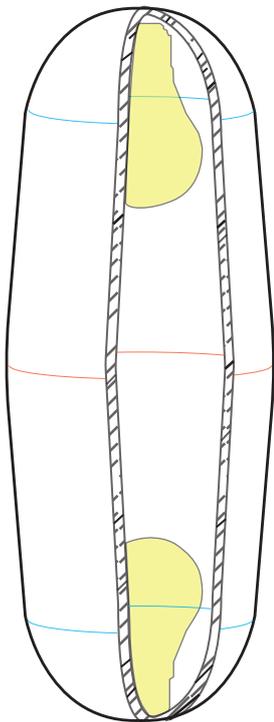
Riunendo i requisiti richiesti per i ritmi di processo, per la valorizzazione della materia prima e per il consolidamento di un nuovo mercato, possiamo trovare nell'ambito fieristico alimentare un degno candidato come scenario di destinazione. Per il suo ritmo organizzativo, le necessità di progettazione funzionale richieste all'ambiente interno, ed il carattere organico dei prodotti promossi, l'exhibit fieristico relativo agli stand di promozione della bevanda "caffè" risulta essere la destinazione ideale per il compound organico, soprattutto grazie ai vantaggi esperienziali che può fornire all'utente finale. Le esperienze offerte durante lo svolgimento della fiera coinvolgono diverse attività parallele, ma quelle identificate come principali possono essere riassunte come l'attrazione verso l'utente, la decorazione degli spazi ed il consumo del prodotto promosso. In questo senso, si sono ricercati all'interno dell'esperienza fieristica i prodotti che definivano i nuclei funzionali delle diverse attività, valutando la loro compatibilità con il nuovo modello di sistema e con il nuovo compound organico. Durante l'analisi, si sono rilevate numerose compatibilità di prodotto, ma non tutte erano compatibili con le necessità del modello. Infatti, è capitato che i prodotti maggiormente compatibili non appartenessero alle funzioni principali dell'ambiente, risultando perciò non futuribili nello scenario, o, dall'altro lato, è capitato che prodotti futuribili appartenenti alle funzioni principali non potessero essere raggiunti attraverso gli standard produttivi della Cornaglia. Da questo fitto intreccio di limiti e requisiti da rispettare, siamo infine riusciti ad estrapolare i casi studio finali appartenenti alle tre funzioni principali degli stand fieristici: attrarre l'utente, creare benessere, facilitare il consumo. I prodotti risultanti appartengono alle tipologie riportate di seguito:

- **Componentistica per l'illuminazione;**
- **Pannelli per la decorazione murale;**
- **Superfici d'appoggio per il consumo.**

## Elementi cavi per l'illuminazione.

Attraverso la tech Rotazionale è possibile realizzare paralumi per l'illuminazione degli spazi. Il caso studio che maggiormente si allinea con i requisiti ricercati dal modello è il progetto del designer spagnolo Raul Lauri, che realizza l'integrazione con il caffè attraverso processi "artigianali".

Al fine di rendere coerente il caso studio con il modello proposto, verranno perciò convertite le linee guida del prog. originale per renderlo realizzabile attraverso un processo industriale.



- Ingombro di massima del prodotto: **350 mm x 200 mm x 200 mm**
- Ingombro stampo: **750 mm x 250 mm x 250 mm**  $V = 0,36 \text{ m}^3$
- Circonferenza **da: 628 mm circ. mediana a 565 mm circ. vertici.**
- Spessore variabile da: 5 a 7 mm.



- **Geometria semplice** a configurazione cava
- Raccordo sui cambi di diametro variabile da 2 mm a 4 mm
- Linea di divisione dei due pezzi su linea di divisione dello stampo.
- Forme semplici a bassa tiratura permettono **stampo in lamiera.**



- Possibilità di **utilizzo multistampo** su singolo braccio.
- Divisione del pezzo uscente, controllo e pulizia delle bave.
- Costampaggio dei **supporti filettati** per l'illuminazione.



- Percentuale di carica: **Polipropilene al 40%, scarto caffè al 60 %.**
- Mantenimento delle proprietà tecniche ad alte  $T^\circ$  di esercizio ( $95^\circ$ )
- Ottime proprietà di **isolamento elettrico e termico.**



- Stampaggio **Rotazionale**: tirature limitate ed intermittenti.
- Ritmo di produzione: 2 pezzi, 4 lampade ogni 4 minuti circa.

Foto Raul Lauri\_ Raul Lauri Material District

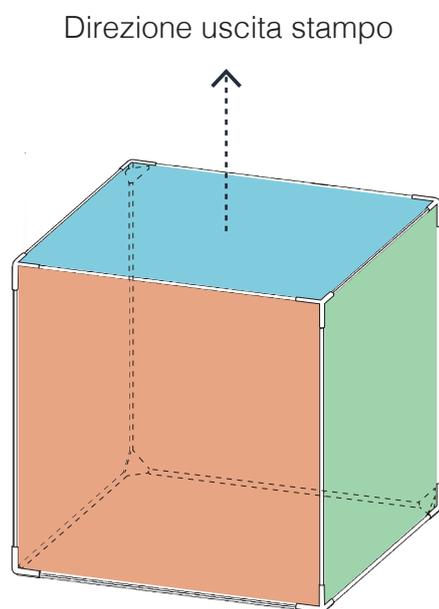


## Nuove funzioni decorative degli elementi dell'exhibit

Verranno realizzati pannelli decorativi non strutturali per la divisione degli spazi di exhibit, con pattern diversi legati a geometrie dello stampo. Verranno prodotti cubi di grandi dimensioni, attraverso stampi con geometrie diverse ogni lato.

## Nuove prestazioni cognitive/percettive

La prestazione innovativa consiste nella nuova modalità di decorazione ambientale, non più solo estetica visiva ma anche coinvolgimento multisensoriale e percettivo.



- Dimensioni del lato: **1500 m x 1500 m.** Volume: **3,4 m3**
- Spessore variabile da **5 mm a 6 mm.**
- Raggio raccordo vertice: 2,5 mm



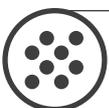
- Geometria **semplice** a forma di cubica- Elevato ingombro.
- Patter superficiale: organico/ disallineato / celle esagonali
- Lati con pattern diversi per evitare sottosquadro.



- Linea di divisione stampo coincidente con vertici cubo.
- **Separazione e pulizia** lati del cubo per singoli pannelli.
- Applicazione **inserti laterali** per connessioni.



- Percentuale carica: **PP al 40%, scarto caffè al 60 %.**
- Resistenza agli urti ed a trazione, alta durezza, alta rigidità.
- Ottimi **valori percettivi** ed **isolamento acustico.**



- Stampaggio **Rotazionale:** tirature limitate e intermittenti
- Ritmo di produzione: un cubo ogni 4 minuti , 6 pannelli.

Foto Steward Design Panels, 2021

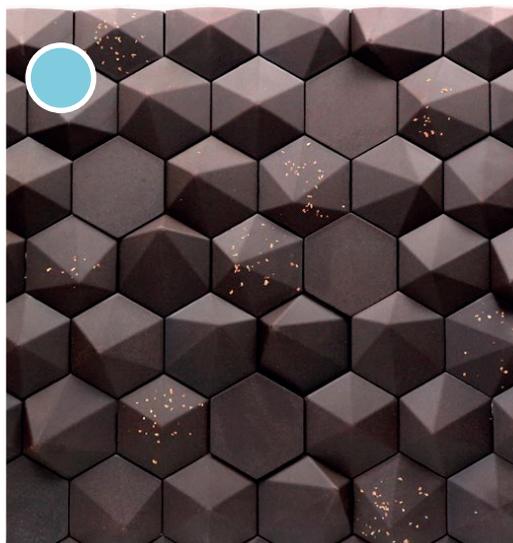
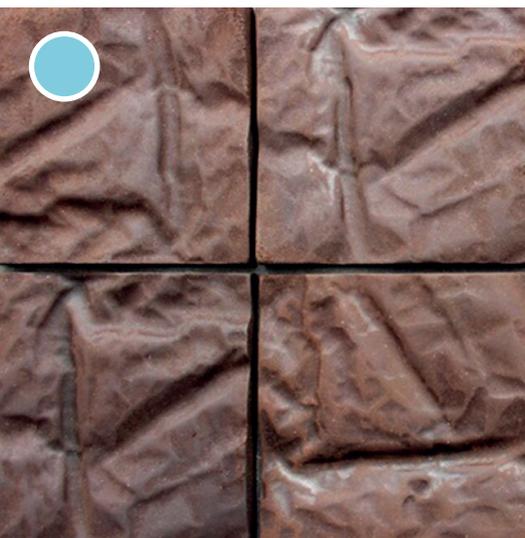
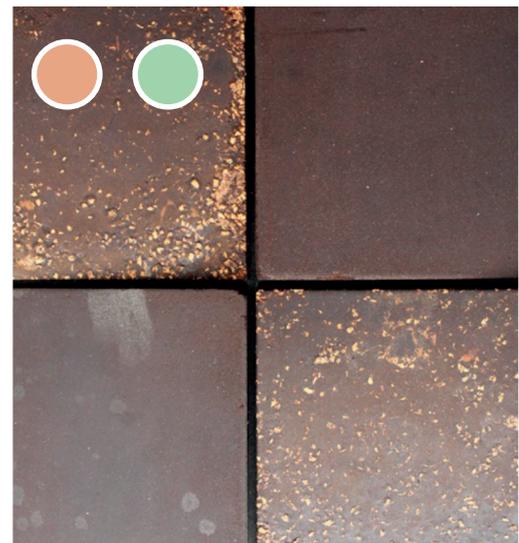


Foto Tarawa Surfaces, 2020





### Nuove funzioni percettive degli spazi interattivi

Verranno realizzati layer non strutturali per l'integrazione in supporti compositi, che andranno ad occupare le superfici d'appoggio degli spazi. Verranno prodotti cubi di grandi dimensioni, attraverso stampi con geometrie uguali su ogni lato.

### Implementazione di un nuovo "habitat di consumo"

La prestazione innovativa consiste nell'implementazione di una nuova atmosfera durante il consumo, legata non solo alla bevanda ma anche al coinvolgimento sensoriale dell'ambiente.



- Dimensioni del lato: 1500 mm x 1500 m. Volume: 3,4 m<sup>3</sup>
- Spessore variabile da 5 mm a 6 mm.
- Raggio raccordo vertice: 2,5 mm



- Geometria semplice a forma di cubica.
- Patter superficiale: liscio o poroso.
- Customizzazioni superficiali applicabili in "**Mold Decoration**"



- Linea di divisione stampo coincidente con vertici cubo.
- Separazione e pulizia dei lati del cubo per singoli pannelli.
- **Ritaglio ed assemblaggio** forma finale richiesta.



- Percentuale carica: Polipropilene al 40%, scarto caffè al 60 %.
- Superficie estremamente liscia, resistenza agli urti.
- Ottimi valori percettivi, **resistenza all'acqua**.



- Stampaggio **Rotazionale**: tirature limitate ed intermittenti.
- Ritmo di produzione: un cubo ogni 4 minuti circa.

## **Prodotto sistemico sostituto.**

Per la definizione dei casi studio, compatibili con gli obiettivi del compound polimerico, il percorso è abbastanza diverso, sebbene anche in questo caso si rilevi la necessità di diversificare il prodotto finale. Sorge però una differenza, ovvero che questa volta il processo è destinato verso il proprio mercato di appartenenza. Al fine di mantenere quindi futuribile il prodotto diversificato, è importante che esso non risponda solo alle necessità dell'attuale condizione di mercato, ma che sia allineato ai desideri che nasceranno da lì a breve, appena evolveranno i prodotti al suo interno. Nel caso della Cornaglia, ci è molto facile prevedere l'evoluzione che subirà il suo mercato principale, essendo l'automotive un settore sul quale punta notevole attenzione mediatica. Approfondendo le fonti che ci circondano, possiamo intuire come l'automotive stia evolvendo intorno ad un fattore di vitale importanza, ovvero quello relativo all'energia di alimentazione, che sta spostando il baricentro dell'energia verso l'uso di fonti elettriche, in sostituzione dei combustibili fossili tradizionali. Questo cambiamento radicale ha già modificato alcuni rami produttivi del settore, aprendo la strada allo sviluppo di nuova componentistica di batterie ed attrezzatura dedicata ai moderni modelli elettrici. Il prodotto principale del mercato automotive del futuro, l'auto elettrica, porterà infatti con sé un'ampia gamma di nuove necessità per il mercato, come il drastico aumento della velocità delle informazioni e dei canali di connessione, portando la valutazione delle aziende ad essere strutturata non solo sulla qualità dei servizi ma soprattutto sulla reattività di risposta.

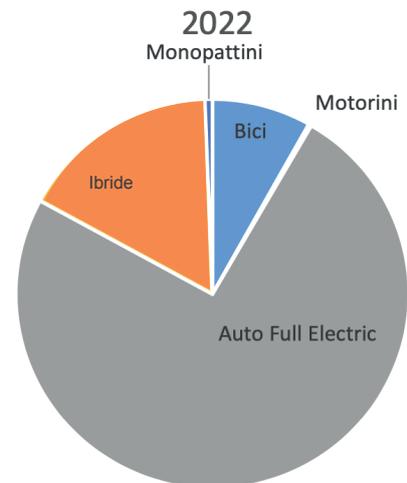
Intrecciando lo schema di necessità scaturito dall'evoluzione di mercato, con le possibilità raggiungibili dal processo produttivo della Cornaglia, si è individuata l'area di prodotto ottimale per l'implementazione del compound polimerico. Essendo la Cornaglia una produttrice di componentistica automotive fortemente legata al modello del veicolo a combustione, risulta però difficile avviare una produzione di componenti dello stesso grado tecnologico, anche per i modelli elettrici. Il sistema aziendale non è infatti ancora pronto a riconvertire completamente le proprie linee di competenza in favore della linea elettrica, sia a causa dei tempi di conversione sia degli investimenti necessari per ricerca e formazione.

Per superare il problema si sono perciò ricercate, tra le aree di componentistica che ruotano intorno al prodotto elettrico, le soluzioni per il quale non era necessario distruggere il sistema di conoscenze attuali. Ridotte all'essenziale le trasformazioni drastiche, si permetterà quindi all'azienda di mantenere attivi i processi di diversificazione, mantenendo contemporaneamente bassi gli investimenti, con il sostentamento di una solida base di conoscenze ed una forte stabilità di processo, e senza il rischio di incorrere in interruzioni delle strategie causate da problemi economici.

Al fine di raggiungere tali obiettivi, nel caso della Cornaglia, la ricerca ha quindi evidenziato una particolare tipologia di prodotto, compatibile con tutti i requisiti sopracitati. Il prodotto identificato, per semplicità e futuribilità, appartiene alla categoria dei contenitori di batterie al litio, per il trasporto e per lo stoccaggio. Declinabile in due diverse configurazioni, per dimensioni e tipologia di utilizzo, è un oggetto relativamente semplice, integrabile facilmente nel sistema produttivo della Cornaglia, e del quale si è previsto un incremento esponenziale della richiesta nel futuro del mercato automotive. In aggiunta, sebbene la strategia sia finalizzata al mantenimento del mercato dell'auto, la scelta di produzione di tale prodotto apre la strada verso la raccolta di batterie provenienti da altri veicoli elettrici, di dimensioni ridotte e con volumi delle celle più piccoli.



- Nel caso dei veicoli full electric il pacco batteria è molto grande e pesante, con circa 250 kg di peso.
- La stima per la durata delle batterie è di 10 anni circa, con un tasso di ritorno causato da incidenti di circa il 10%.
- Ottenere il numero preciso di batterie da riciclare è complesso, per via delle dinamiche di mercato, legate a soggetti come Carmakers e Demolitori, che non godono di un sistema organizzato di raccolta.



- Nel caso delle bici elettriche il pacco batteria è molto ridotto e leggero, circa 3,5 kg.
- La stima per la durata delle batterie è intorno ai 5 anni circa, con un tasso di ritorno causato dall'end of life che può oscillare tra il 60% ed il 30% nei casi peggiori.
- Per quanto riguarda invece i dati delle batterie degli altri dispositivi si può considerare come valore di stima il 3% delle quantità vendute delle bici elettriche:

Cars <sup>5-6</sup>

Bikes <sup>7</sup>

5.012	<b>2018</b>	173.000
1.253.000	<b>2018</b>	605.500
10.566	<b>2019</b>	200.000
2.642.000	<b>2019</b>	700.000
14.512	<b>2020</b>	216.000
3.628.000	<b>2020</b>	756.000
16.800	<b>2021</b>	233.280
4.200.000	<b>2021</b>	814.480
19.400	<b>2022</b>	251.942
4.850.000	<b>2022</b>	881.798
22.500	<b>2023</b>	272.098
5.625.000	<b>2023</b>	952.342

kg batterie	n° batterie
-------------	-------------

<sup>5-6</sup>\* Rielaborazione dati ANFIA + Reportlinker, 2019 per Vetture elettriche

<sup>7</sup>\* Dati Conebi, 06/2020 per Bici Elettriche

Di seguito, andremo a descrivere, in modo più approfondito, le linee guida necessarie ai contenitori di batterie al litio per essere compatibili con il processo produttivo ed il materiale imposto dal nuovo modello. Anche in questo caso, lo faremo separando la ricerca per tipologia di prodotto:

- **Contenitori di grandi dimensioni UN con ADR;**
- **Contenitori di piccole dimensioni UN.**



### Descrizione tecnica del prodotto

Contenitore per lo stoccaggio ed il trasporto di batterie al litio danneggiate, provenienti da vetture elettriche o altri veicoli elettrici di grandi dimensioni, con omologazione UN ai sensi delle disposizioni 376 e 377 su imballaggio e trasporto di merci pericolose.

### Prestazioni e funzioni verso le batterie.

Il contenitore per batterie di piccole-medie dimensioni è un prodotto di facile impiego e riutilizzabile a lungo. Protegge le batterie da fenomeni di “thermal runaway” e reazioni isotermiche. La dimensione massima della batteria da stoccare è: 901 mm x 708 mm x 400 mm



Foto Database Cornaglia



- Dimensioni esterne: **1230 mm x 1030 mm x 835 mm.** Volume: **299 L**
- Dimensioni interne: **966 mm x 766 mm x 405 mm.**
- Peso Lordo massimo: 456 kg.



- Geometria semi complessa con dimensioni medie.
- Capacità massima di carico merce pericolosa: **291,8 kg.**
- Forme complesse ad alta riproducibilità = stampo in **alluminio/acciaio**



- Linea di divisione stampo coincidente con spigoli delle geometrie.
- **Pulizia bave** post uscita dallo stampo.
- Applicazione di **inserti metallici** per l'integrazione con **ruote e sistemi di apertura**



- Percentuale carica: **Hytrel 100%** rimacinato o **70/30 %** rimacinato Hytrel + rimacinato Polimero
- Colore superficiale del polimero: Grigio scuro/nero.
- Proprietà tecniche pari a materiale vergine.



- Stampaggio **Rotazionale**: tirature elevate e continuative.
- Ritmo di produzione: un cassone ogni 4-5 minuti circa.



## Descrizione tecnica del prodotto

Contenitore per lo stoccaggio ed il trasporto di batterie al litio danneggiate, provenienti da vetture elettriche o altri veicoli elettrici di grandi dimensioni, con omologazione UN ai sensi delle disposizioni 376 e 377 su imballaggio e trasporto di merci pericolose.

## Prestazioni e funzioni verso le batterie.

Il contenitore per batterie di piccole-medie dimensioni è un prodotto di facile impiego e riutilizzabile a lungo. Protegge le batterie da fenomeni di "thermal runaway" e reazioni isotermiche. La dimensione massima della batteria da stoccare è: 901 mm x 708 mm x 400 mm



Foto Database Cornaglia



- Dimensioni esterne: **400 mm x 300 mm x 235 mm.** Volume: **18 L**
- Dimensioni interne: **360 mm x 260 mm x 195 mm.**
- Peso Lordo massimo: 13 kg.



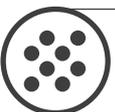
- Geometria semi complessa con dimensioni medie.
- Capacità massima di carico merce pericolosa: **8,1 kg.**
- Forme semi complesse ad alta riproducibilità = stampo in **alluminio/acciaio**



- Linea di divisione stampo coincidente con spigoli delle geometrie.
- **Nessuna pulizia** post uscita dallo stampo.
- Applicazione di **inserti metallici** per integrazione con **sistemi di apertura.**



- Percentuale carica: **Hytrel 100%** rimacinato o **70/30 %** rim.Hytrel + rim. Polimero
- Colore superficiale del polimero: Grigio scuro/nero.
- T° di utilizzo consentito va da -20° a 80° C



- Stampaggio ad **Iniezione:** tirature elevate e continuative.
- Ritmo di produzione: un cassone ogni 30 secondi circa.

## 14.2) LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE DEI PRODOTTI SISTEMICI FUTURIBILI.

Quest'ultimo paragrafo segna la chiusura della proposta di modello relativa al nuovo sistema produttivo per l'azienda Cornaglia. Infatti, in seguito ad aver estrapolato le linee guida progettuali da ognuno dei casi studio, in questo paragrafo si selezioneranno le informazioni e le linee guida riassuntive estrapolate dal contenuto del precedente paragrafo, al fine di ottenere le linee guida finali del prodotto sistemico proposto dal modello, nuovo o sostitutivo. Infatti, sebbene le modalità di ricerca ed analisi olistica siano già state definite a partire dal secondo capitolo, le modalità di implementazione delle soluzioni, direttamente collegate alle esigenze di sistema, raggiungono invece la conclusione attraverso le informazioni espresse in questo paragrafo.

Per chiarire il senso logico del percorso svolto fino ad ora, possiamo dire che nel primo capitolo si è preparata la base di conoscenze necessarie ad affrontare l'analisi, mentre nel secondo si sono svolte le attività di ricerca delle criticità di sistema e la definizione delle possibili soluzioni applicabili a livello produttivo ed organizzativo. Nel terzo capitolo si è proposta la soluzione di materiale, individuata nel modello compound, per rispondere alle esigenze rilevate, in particolare modo verso la necessità principale di creare valore dallo scarto plastico. Infine, con quest'ultimo paragrafo, si forniranno le linee guida di progettazione dei prodotti sistemici uscenti dal modello, la cui definizione è necessaria per valorizzare le soluzioni sequenziate dai capitoli precedenti. Con le linee guida di prodotto espresse in questo paragrafo, il nuovo modello di produzione industriale verrà quindi finalizzato attraverso una concreta soluzione progettuale. Per la stesura delle linee guida finali, utilizzeremo la consueta divisione per tipologia di prodotto, che verranno declinati a loro volta attraverso le cinque categorie del prodotto con cui si sono analizzati i casi studio; con in aggiunta la descrizione delle funzionalità innovative fornite dai nuovi materiali.

### **Nuovo prodotto sistemico:**

- **Funzionalità:** Il nuovo prodotto sistemico dovrà possedere funzionalità innovative all'interno dello scenario di destinazione. Le prestazioni base, in questo caso di carattere strutturale, dovranno essere comunque garantite. Le funzioni innovative dovranno essere prefigurate come valore aggiunto del prodotto nel contesto d'applicazione, garantito dall'utilizzo di nuovi materiali e nuove modalità di processo.
- **Dimensioni:** Le dimensioni supportate dagli obiettivi di processo identificano il prodotto di medie-grandi dimensioni come soluzione ottimale per l'adattabilità al modello sistemico. Le dimensioni medio grandi forniscono ai prodotti finali numerosi

vantaggi, sia dal punto di vista della tiratura che della gestione della complessità geometrica, riuscendo ad ottimizzare l'uso del compound organico ed a effettuare tirature di minor quantità ma con elevata precisione delle forme. Ultimo fattore molto importante, specifico per il caso in questione, è la stretta correlazione tra dimensioni e prestazioni percettive del prodotto che, all'aumentare della grandezza, disperde maggiori quantità di aroma nell'ambiente circostante. La dimensione ideale, così come anche gli altri fattori, dovrà quindi essere valutata in base al grado di valorizzazione delle funzioni innovative del nuovo prodotto sistemico, insieme ai requisiti della tecnologia di produzione. Per le dimensioni riportate, la tecnologia maggiormente compatibile con il nuovo prodotto è lo stampaggio rotazionale.

● **Geometrie:** Essendo la componente innovativa del prodotto fornita dalle proprietà intrinseche del materiale, piuttosto che dalle funzioni formali e strutturali di quest'ultimo, le geometrie finali dovranno mantenere un alto grado di semplicità. Le caratteristiche geometriche del prodotto finale dovranno essere finalizzate alla valorizzazione dei caratteri percettivi del prodotto, insieme ai requisiti di fattibilità richiesti dal processo di produzione. Le geometrie del prodotto saranno quindi finalizzate all'ottimizzazione delle proprietà di processo e di materiale, mentre la definizione della forma finale, con cui saranno presentati i prodotti nello scenario di destinazione, sarà completamente attribuibile alla fase di finitura. Durante la progettazione, è perciò importante seguire la definizione degli aspetti geometrici del prodotto finale tenendo in alta considerazione le possibilità di trasformazione garantite dalle lavorazioni post stampaggio.

● **Finitura:** Le lavorazioni eseguite in finitura saranno la fase finale di trasformazione del prodotto uscente dallo stampo nel prodotto da proporre sul mercato. In questa fase verranno infatti effettuate le operazioni di taglio, di pulizia e, quando necessario, di integrazione dei diversi moduli. Queste operazioni, essendo complementari alle lavorazioni effettuate dal macchinario, dovranno essere programmate precedentemente alle fasi produttive, per evitare incongruenze tra i prodotti uscenti e le possibilità di lavorazione.

● **Materiale:** Il materiale utilizzato all'interno dei nuovi prodotti sistemici è un compound che si origina dall'integrazione del rifiuto solido urbano, in grado di valorizzare e sfruttare le proprietà della matrice organica al suo interno, mantenendo allo stesso tempo un grado di processabilità adeguato alle tecnologie in possesso all'azienda. Nel caso specifico del compound proposto dal modello, si è cercato di utilizzare lo scarto di caffè per valorizzare le potenzialità di dispersione aromatica e di condizionamento percettivo dell'ambiente circostante; contemporaneamente si sono cercati di rispettare i requisiti imposti dalla tecnologia rotazionale sulla materia prima.

● **Tiratura:** Essendo i ritmi di produzione direttamente allineati ai ritmi di fornitura della materia prima, a sua volta strettamente correlata ai ritmi di consumo degli utenti privati, la tiratura del nuovo prodotto sistemico presenta una tiratura variabile e non costante. Per questo motivo, la scelta della tecnologia deve essere allineata alla disponibilità di materia prima, identificando le soluzioni nel quale i costi degli investimenti e delle attrezzature possano essere sostenuti da cicli di produzione brevi e discontinui nel tempo.

### **Prodotto sistemico sostituto:**

● **Funzionalità:** Il prodotto sistemico sostitutivo non dovrà preoccuparsi di implementare nuove funzionalità per essere attraente sul mercato, ma dovrà occuparsi di riuscire ad identificare e raggiungere delle funzionalità di riferimento, attualmente espresse da altri prodotti presenti sul mercato. A parità di funzione, il valore aggiunto garantito dal prodotto sistemico sarà determinato dai vantaggi forniti dal processo di recupero con il quale è realizzato, vantaggi potenzialmente percepibili sia a livello economico che a livello di immagine aziendale.

● **Dimensioni:** L'implementazione del prodotto sistemico sostituto è ottimale quando è riscontrabile nel campo delle piccole - medie dimensioni. Sebbene con range di dimensioni diverse dal prodotto organico, anche in questo le dimensioni del prodotto finale sono strettamente correlate con gli obiettivi sistemici che questo trascina con sé. La necessità di mantenere una linea di produzione tecnica ad alte tirature, che localizza la sua base nel mercato automotive, costringe la caratteristica dimensionale del prodotto ad essere di medie o piccole dimensioni, per essere favorevole ai fattori di mercato, in particolar modo a quelli relativi alla velocità di produzione e volume della richiesta. Per le dimensioni ed i requisiti di processo riportati, la tecnologia maggiormente compatibile con il prodotto sostitutivo è lo stampaggio ad iniezione, con possibilità di integrazione di alcuni prodotti anche nello stampaggio rotazionale con bracci multistampo.

● **Geometrie:** Le geometrie del prodotto realizzato attraverso il compound polimerico, dato l'ambito tecnico di appartenenza, saranno di maggiore complessità rispetto al prodotto organico. Queste, dovranno infatti rispettare l'aspetto formale dei prodotti che andranno a sostituire, o potranno addirittura evolverlo nel caso in cui l'azienda voglia attuare operazioni di riprogettazione. Date le specifiche di tiratura e le possibilità offerte dai macchinari di stampaggio, le geometrie del prodotto sistemico potranno essere tranquillamente gestite anche con un alto grado di complessità.

● **Finitura:** Le operazioni di finitura saranno minime, almeno nello scenario di utilizzo della tecnologia ad iniezione. Grazie alla precisione geometrica fornita dalle proprietà dello stampaggio ad iniezione, le fasi di finitura richieste sul prodotto uscente sono minime e principalmente destinate alle integrazioni con le componenti accessorie o la pulizia dei punti d'iniezione. Nel caso venga integrata anche una linea produttiva rotazionale, la fase di finitura si intensificherà nelle attività di pulizia, ma diminuiranno considerevolmente le attività di integrazione degli accessori in materiali diversi, che potranno essere inseriti direttamente nello stampo.

● **Materiale:** Il materiale utilizzato all'interno dei prodotti sistemici sostitutivi è un compound polimerico, originato dal processo di recupero di più matrici polimeriche diverse, la cui integrazione è funzionale alla realizzazione di un materiale con qualità meccaniche specifiche. Nel caso del compound polimerico proposto dal modello, si è selezionata una matrice polimerica con alta resistenza al downcycling, cioè l'Hytrel, integrandola con una matrice di Polipropilene, la cui presenza è funzionale al raggiungimento delle prestazioni tecniche richieste dal prodotto finale.

● **Tiratura:** I ritmi di produzione dello scarto plastico sono drasticamente veloci ed in molti casi fisiologici alla produzione aziendale, per questo motivo, la possibilità che capiti un'assenza di fornitura è pressoché nulla. Con una stabile fornitura di materia prima originata da processi di recupero, ed una solida competitività di mercato, la produzione di prodotti sistemici sostitutivi può seguire senza problemi i ritmi di tiratura richiesti dal mercato, in particolar modo per la tipologia di prodotto che andrà a sostituire. In questo senso, la scelta della tecnologia ad iniezione per il mercato automotive è un'ottima soluzione per rendere sostenibili le elevate tirature previste.

## **CAPITOLO 5: CONCLUSIONI**

### **15) CONCLUSIONI E RISULTATI FINALI DEL PROGETTO.**

Completato il percorso di ricerca, bisogna fare una piccola constatazione. Sebbene la verifica delle attività proposte sia stata abbondantemente monitorata, registrando la fattibilità empirica delle varie porzioni di processo, non si è potuto fare lo stesso con il modello completo. Infatti, la completa ristrutturazione del processo produttivo da parte di uno studente laureando non è mai stata un'ipotesi realistica, né per me né per la Cornaglia. Durante le fasi di avvio del progetto e della ricerca, si era già compreso pienamente che non si sarebbe potuto concretizzare il modello nella sua interezza, in quanto questo avrebbe richiesto una ristrutturazione completa dell'organismo industriale dell'azienda, e la Cornaglia non era al momento orientata ad effettuare azioni strategiche di tale intensità. Il modello non poteva però essere "indebolito" dalla volontà di non metterlo in pratica nella sua completezza, e si è comunque proposto come uno strumento estremamente utile se usato al massimo delle potenzialità.

Per poter fornire delle conclusioni relative all'efficacia finale del modello, si è dovuto quindi teorizzare la sua totale applicazione sul sistema industriale della Cornaglia, cercando di individuare le aree nel quale si sono percepiti chiaramente i maggiori benefici; anche senza il bisogno di portare il modello nella pratica industriale.

#### **15.1) BENEFICI DEL RIUTILIZZO PLASTICO PER IL FUTURO SETTORE INDUSTRIALE.**

I benefici forniti dal modello sistemico, proposto in questa tesi, saranno percepibili in modo concreto quando si necessiterà di riutilizzare la plastica preesistente in modo radicale. Durante lo svolgimento della tesi, abbiamo verificato come il successo del modello sia influenzato dal corretto coordinamento delle azioni, effettuate da parte degli attori principali come le aziende produttrici, i laboratori, i gestori dei rifiuti ed il mercato di riferimento. Nel caso in cui uno di questi attori non venga coinvolto, il modello scenderebbe di efficacia, mutando il suo scopo finale. Infatti, con gli attori sopracitati coinvolti in modo attivo, il modello mira a fornire un nuovo sistema produttivo per il settore industriale, basato sull'approccio sistemico ed integrato con i principi dell'economia circolare.

Il mancato raggiungimento del coinvolgimento generale degraderebbe il modello ad uno strumento di sensibilizzazione produttiva, attuata esclusivamente nei confronti

dell'utilizzo della plastica; azione indubbiamente positiva, ma la cui continuità nel tempo sarebbe costantemente minacciata dalla staticità del panorama industriale italiano.

Una volta proposta la soluzione di modello e le condizioni di mantenimento, necessarie perché questo risulti futuribile nel tempo, possiamo delineare qui di seguito quali sono i benefici principali identificati per lo scenario del settore industriale, attuale e futuro.

I benefici generati dal riutilizzo della plastica, considerando lo scenario previsto per il futuro del settore industriale, si orientano verso il mantenimento della sostenibilità di processo, nell'ambito produttivo ed economico. Per questo motivo, il beneficio principale è stato identificato essere il mantenimento del costo d'acquisto della plastica, al fine di rendere fattibili i processi di produzione che la vedono come materia prima. Sebbene questo beneficio sembri totalmente indirizzato verso il settore industriale, è in realtà un fattore chiave per rendere attrattivo il recupero della plastica da parte delle aziende del settore, che potrebbero essere in grado di incentivare le azioni di recupero dei polimeri presenti nell'ambiente e nelle aree nel quale sono accumulati. Queste azioni di "pulizia del pianeta" porteranno conseguentemente ad una diminuzione della produzione di polimeri vergini ed a un minor utilizzo di combustibili fossili; non solo perché giusto per l'ambiente, ma anche perché conveniente a livello economico.

Viviamo purtroppo in uno scenario industriale nel quale il profitto è il driver decisionale più influente. Per poter essere prese seriamente, le azioni sistemiche si devono dunque vestire del buonismo teorico che porta i loro risultati ad essere impraticabili per il tessuto industriale contemporaneo. Al contrario, la soluzione sistemica per l'azienda deve calibrare i problemi tecnici del sistema analizzato e proporre una risposta efficiente e pratica, che tenga in considerazione i limiti tecnologici ed umani, accettando compromessi temporanei, ma valutando il progetto sempre attraverso il driver della futuribilità nel tempo. Il fattore relativo alla "continuità nel tempo" è infatti la vera chiave di successo della proposta sistemica, fattore che include al suo interno la verifica della sostenibilità ambientale e sociale, ma soprattutto la valutazione dell'azienda nel sopravvivere ed adattarsi alle evoluzioni dell'ambiente esterno.

## 15.2) BENEFICI DEL NUOVO MODELLO ORGANIZZATIVO SUL SISTEMA AZIENDALE.

Sebbene i benefici del riutilizzo plastico siano facilmente percepibili, perchè incidono l'azienda riguardo la sostenibilità economica del processo, sono le modalità con il quale è strutturata l'organizzazione di tale processo ad essere il vero generatore della catena del valore. I benefici forniti dal modello al sistema organizzativo dell'azienda sono infatti il fattore che influisce maggiormente sulle probabilità di successo del modello sistemico, essendo l'organizzazione delle informazioni, e delle risorse, la base di qualsiasi processo produttivo industriale.

L'implementazione del modello di riconversione del processo produttivo porta di per sè una serie di variazioni della sfera organizzativa che, se correttamente gestite, possono portare notevoli benefici all'azienda. Questi benefici riguardano in particolar modo la capacità di rendere più snelle le dinamiche e le decisioni, garantendo un aumento sostanziale della velocità delle informazioni, insieme ad una maggiore reattività ad aggiornarsi sulla base delle richieste esterne. La collaborazione della Cornaglia con una rete di aziende multi-settore, in grado di abituare il sistema ad una collaborazione proattiva, genererebbe una crescita sostanziale delle competenze multidisciplinari, incrementando l'abilità aziendale nel generare innovazione, che sia di processo o di prodotto, attraverso una rete collaborativa sperimentale. La Cornaglia è stata infatti coinvolta in questo senso in una "collaborazione di prova" durante il corso di "Open Systems" del Politecnico, nella facoltà di Design Sistemico, per testare l'efficienza dei canali collaborativi.

Il modello propone quindi una trasformazione del sistema aziendale che si basa su un nuovo approccio industriale, non più centralizzato sulle tecnologie o le risorse fisiche, ma bensì incentrato sulle conoscenze e sulla loro velocità di condivisione. Il nuovo approccio permetterà alla struttura industriale di essere più snella, più veloce, più reattiva ai cambiamenti generati dal mondo esterno, ma, soprattutto, più flessibile nel seguire i ridimensionamenti delle tendenze di consumo. Infatti, le aziende con un approccio industriale proattivo, saranno in grado di avvicinarsi con maggiore efficacia al cliente finale, attraverso l'estensione e l'ampliamento della rete organizzativa. In questo modo anche le industrie più lontane potranno stabilire un contatto diretto con l'utente finale, suggerire proposte di sviluppo e ricevere feedback utili a migliorare il servizio/prodotto, segmentando in modo preciso le abitudini di consumo della propria utenza; tutto ciò minimizzando a monte gli sprechi generati dagli eccessi o dagli errori di produzione.

## 16) CONSIDERAZIONI PERSONALI SUL FUTURO RAPPORTO TRA PLASTICA ED INDUSTRIA.

Il mondo dell'industria si sta evolvendo con una linea evolutiva che ascende in modo esponenziale, parallela all'incremento della velocità delle informazioni. L'industria di domani sarà strutturata da un sistema organizzativo che seguirà i principi della quarta rivoluzione industriale, ed al cui centro verranno poste le soft skills, le conoscenze, le connessioni ed i canali comunicativi. L'industria di domani si contraddistinguerà per la velocità con cui raggiungerà l'innovazione, insieme alla flessibilità del modello lavorativo con cui sono strutturate le varie attività. Un primo esempio, introdotto da Tesla nel 2017 con l'introduzione della linea per la Model 3, ha fatto capire al settore industriale automotive le potenzialità del concetto di "connettività", pur implementando tale concetto in un prodotto "vecchio", come l'automobile.

La flessibilità con cui il modello lavorativo di Tesla incorpora aziende con aree disciplinari completamente diverse, come SpaceX o SolarCity, appartenenti comunque allo stesso "gruppo di potere", è la vera chiave di rivoluzione del modello lavorativo offerto dalla quarta rivoluzione industriale. Infatti, le attività che Tesla sviluppa parallelamente al settore automotive sono orientate all'ambito aerospaziale ed energetico, e rivelano una visione aziendale estremamente orientata verso l'innovazione multidisciplinare. Gli obiettivi ultimi che le aziende della quarta rivoluzione intendono raggiungere sono molto simili a quelli di Tesla; sono allo stesso modo finalizzati ad innovare il prodotto finale attraverso l'innovazione del modello organizzativo. Da qui, con un know how correttamente sviluppato, Tesla potrebbe innovare il prodotto automotive applicando le competenze raggiunte con SolarCity e SpaceX, implementando nuove fonti energetiche sostenibili e nuovi materiali, o brevetti tecnici, per arrivare a soluzioni finali di prodotto estremamente innovative. Estremizzando il pensiero, ci possiamo dunque chiedere: in un mondo di auto alimentate ad energia solare, nel quale saranno applicate tecnologie e materiali del mondo aerospaziale, che ruolo potrà avere la plastica?

Nello scenario in cui verranno sostituite le tradizionali fonti energetiche, la plastica costerà troppo per mantenere la sostenibilità economica dei processi produttivi. Perso l'enorme vantaggio di convenienza economica, ed a parità di prestazioni offerte, la plastica potrà essere sostituita da materiali molto più competitivi, anche dal punto di vista economico, come metalli o lamiera. Tale spostamento dell'attenzione innescherebbe di conseguenza una svalutazione generalizzata della plastica, che vedrebbe scomparire la maggioranza delle sue destinazioni produttive. Ciò causerebbe l'impossibilità di reinserire i materiali polimerici all'interno dei processi di recupero, non essendo più disponibili le destinazioni di mercato necessarie a comprenderne il valore aggiunto. Tutta la plastica prodotta ed abbandonata fino ad oggi non avrebbe quindi nessun motivo di essere riutilizzata,

finendo per essere bruciata o accumulata nell'ambiente fino alla sua degradazione naturale.

Per poter riconoscere alla plastica un valore utile, mantenendo vantaggioso il suo utilizzo nei futuri processi produttivi almeno finchè non si sarà recuperato tutto l'eccesso accumulato nel mondo, bisognerà evolvere le prestazioni offerte dai polimeri, contestualizzando in modo specifico l'innovazione nella sua destinazione finale. La plastica dovrà quindi evolversi intorno ai contesti applicativi ed alle loro necessità, come quelle citate precedentemente per l'ambito dell'automotive, e vedrà una progressiva crescita della richiesta di innovazione materica, relativa alla formulazione di plastiche intelligenti o estremamente strutturali. Per evitare che l'aumento dei prezzi della plastica generi disastri ambientali a lungo termine, causati da ulteriori accumuli di polimero inutilizzato o abbandonato, bisognerà dunque focalizzare l'attenzione sulla sperimentazione chimica dei materiali polimerici, al fine di preservarne la competitività sul mercato, ottimizzando in modo innovativo le funzioni, le prestazioni, e, soprattutto, la gestione del suo ciclo vita.

## CAPITOLO 6: RIFERIMENTI, BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA.

### CAPITOLO 1

1\_ S. Ankrah a , O. AL-Tabbaa, “Universities–industry collaboration: A systematic review”, 2015, pp 391-395

2\_ D. Boddy, D. Macbeth, B. Wagner, “implementing Collaboration Between Organizations: An Empirical Study Of Supply Chain Partnering”, UK, 2000.

3\_ <https://europeanplasticspact.org/>

4\_ Elen Macarthur Foundation, “Activities: New plastic economy report”, UK, 2017

5\_ <http://www.cornagliagroup.com/index.php/history>

6\_ Harold James, Kevin O’Rourke, “Italy and the First Age of Globalization, 1861-1940”, Quaderni di Storia Economica, Paper presented at the Conference “Italy and the World Economy, 1861-2011” , Roma, 2011

7\_ <https://www.britannica.com/place/Italy/The-economic-miracle>

8\_ G. Valente, “L’incidenza del settore Automotive nell’economia italiana.”, LUISS Guido Carli, Tesi di Laurea in Scienze delle Finanze, Dipartimento di Impresa e Management, Roma, 2018-2019, pp. 21- 24.

9\_ S. Mcdowell Mudanbi, “L’importanza del branding nei mercati industriali”, Tesi di Dottorato, Università di Warwick, Marketing e Gestione Strategica, Regno Unito, 1998. pp. 87-90.

10\_ S. A. Salvi, “ Plastica, Tecnologia, Design”, Hoepli, Milano, 1997.

11\_ [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio\\_a\\_iniezione](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio_a_iniezione)

12\_ [https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio\\_per\\_soffiaggio](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampaggio_per_soffiaggio)

13\_ <https://it.wikipedia.org/wiki/Rotostampaggio>

14\_ Denkstatt GmbH, “The impact of plastic packaging on life cycle energy consu-

mption and greenhouse gas emissions in Europe”, Scientific publication, Vienna, 2010

15\_ Giovanni Azzone, Paolo Borzatta, Daniele Ferrari, Paolo Savona, “The excellence of the plastics supply chain in relaunching manufacturing in Italy and Europe”, the European House - Ambrosetti for M&G Finanziaria, Milano, 2013

16\_ R. Zerbetto, “La Gestalt. Terapia della consapevolezza”, Xenia, Milano, 1998

17\_ E. Hollnagel, “Cognitive Systems Engineering: New wine in new bottles”, International Journal of Man-Machine Studies, 1983, pp. 589.

18\_ T. Mühlbradt, P. Kuhlang, “Industrial Cognitive Engineering”, Working paper MTM Association, Hamburg, 2016

19\_ V. Kalakosk, S. Selinheimo, T. Valtonen, “Effects of a cognitive ergonomics workplace intervention (CogErg) on cognitive strain and well-being.”, BMC Psychol 8, 2020.

20\_ AIAG, “Statistical Process Control”, Publication, July 2005

21\_ W. Gielingh, “Cognitive Product Development: A method for continuous improvement of products and processes.”, Conference Paper, Delft University of Technology, 2008

22\_ U. Neisser, “Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology.”, Times Book, San Francisco, 1976

23\_ United Nations Environmental Programme, “Converting waste plastic into a resource”, Assessment Guidelines, Osaka/Shiga, 2009, pp. 7-10, pp. 42-45.

24\_ J. Jambeck, B. Denise, A.L. Brooks, T. Friend, “Challenges and emerging solutions to the land-based plastic waste issue in Africa”, Mar. Policy, 96 (2018), pp. 256-263.

25\_ EPA, “Summary of Expert Discussion Forum on Possible Human Health Risks From Microplastics in the Marine Environment”, EPA Reports, 2015.

26\_ I. S. Arvanitoyannis, L. A. Bosnea, “Recycling of polymeric materials used for

food packaging: current status and perspectives.”, *Food Rev. Int.* 17, Hellas, Greece, 2001, pp. 291–346.

27\_ J. Hopewell, R. Dvorak, E. Kosior, “Plastics recycling: challenges and opportunities.”, *Journal Article*, The Royal Society Publishing, London, 2009.

28\_ M. Fisher, “Plastics recycling.”, In *Plastics and the environment*, Wiley Interscience, Hoboken, New Jersey, 2004 pp. 563–627.

29\_ J.A. Dutton, “Lesson 2- Economic, Environmental, and Societal Issues in Materials Science: Limits of polymers recycling”, Penn State College, Earth and Mineral Sciences, Pennsylvania, 2014.

30\_ J. Pakkanen, P. Huhtala, T. Juuti, T. Lehtonen, “ Achieving benefits with design reuse in manufacturing industry”, *Open Access Article*, 26th CIRP Design Conference, Stockholm, Sweden, 2016.

31\_ A. H. Duffy, A. F. Ferns, “An analysis of design reuse benefits”, UK, 1998, pp. 799–804

32\_ S. Sivaloganathan , T. M. M. Shahin, “Design reuse: An overview”, Brunel University, UK, 1999, pp. 641-654.

33\_ J. S. Busby, “The problem with design reuse: An investigation into outcomes and antecedent”, *Journal of Engineering Design*, London, UK, 1999, pp. 277–296.

34\_ J. Gasset, L. Iannotti, “ Market analysis for treatment of plastic waste market”, *PlastiCircle*, Foundation Knowledge Innovation Market, Grant Agreement No 730292, 2018, pp. 63-69.

35\_ Association of Plastic Manufacturers, “ An analysis of European plastics production, demand and waste data”, *PlasticEurope.org*, Belgium, 2020, pp. 60-61.

36\_ H. Dijkstra, P. van Beukering, R. Brouwer, “Business models and sustainable plastic management: A systematic review of the literature”, *Journal of Cleaner Production*, Volume 258, Institute for Environmental Studies (IVM), Amsterdam, Netherlands, 2020.

37\_ M. Geissdoerfer, “Sustainable business model innovation: a review”, Journal of Cleaner Production, Volume 198, University of Cambridge, UK, 2018, pp. 401-416.

38\_ N.M.P. Bocken, “A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes”, Journal of Cleaner Production, Volume 65, Cambridge University, UK, 2013, pp. 42-56.

39\_ Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives.

40\_ R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law, “Production, use and fate of all plastic ever made”, Science Advances Magazine, <http://advances.sciencemagazine.org> , 2017.

## CAPITOLO 2

1\_ P. Bertoldo, “ Soffiaggio tridimensionale di tubi in materiale polimerico per applicazioni veicolistiche”, Tesi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Politecnico di Torino, a.a 2000/2001, Prof. A. De Filippi, Ing. D. Bajkovic.

2\_ P. Cavigliasso, R. Giovanetti, M. Carvani, “Lo stampaggio Rotazionale”, Palazzago (BG), 2007, pp. 104-110, pp. 141-142.

## CAPITOLO 3

1\_ M. Saberian, J. Li, “Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review” , Journal of Cleaner Production, n° 289 pr. 4, Melbourne, Gennaio 2021,

2\_ <https://materialdistrict.com/material/coffee-based-material/>

## CAPITOLO 4

- 1\_ <https://www.yatzer.com/DECAFE-Raul-Lauri-Pla>
- 2\_ <https://www.designpanels.com/nl-nl/>
- 3\_ <https://www.gobeyondmatter.com/allsurfaces/p/coffee-wall-panels-pladec>
- 4\_ <https://www.atticusdurnell.com/thats-caffeine-tiles>
- 5\_ <https://www.anfia.it/en/studies-and-statistics>
- 6\_ <https://www.reportlinker.com/ci02294/Automotive.html>
- 7\_ <https://www.conebi.eu/index.php/industry-market-reports/>



