

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**  
*CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE*

**TESI DI LAUREA**

in

Resources and Recycling

**ECOSOSTENIBILITA' E MASSIMIZZAZIONE DEL VALORE.  
L'APPROCCIO CIRCOLARE ALL'UTILIZZO DELL'ACCIAIO:  
IL CASO CEPI**

**CANDIDATO:**  
Tumello Enrico

**RELATORE:**  
Prof.ssa Alessandra Bonoli

**CORRELATORI:**  
Ing. Marco Ricci  
Stefania Montalti

*II Seconda Sessione*  
*Anno Accademico 2023-2024*



## **PAROLE CHIAVE**

Economia circolare, Ellen MacArthur, Material Circularity Indicator, MCI, acciaio, AISI 304, sostenibilità, CEPI, intervista.



## Sommario

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Introduzione</b>                                                                           | 6  |
| <b>Cap.1 Economia Circolare</b>                                                               | 8  |
| 1.1 Economia Circolare: definizione e principi                                                | 9  |
| 1.2 Dati e analisi delle motivazioni che sostengono l'economia circolare                      | 10 |
| 1.3 Politiche e programmi europei                                                             | 13 |
| 1.4 Focus sul settore siderurgico                                                             | 15 |
| <b>Cap.2 Ellen MacArthur Foundation: nascita e strumenti principali</b>                       | 17 |
| 2.1 Ellen MacArthur: vita ed esperienze significative                                         | 18 |
| 2.2 Ellen MacArthur Foundation                                                                | 19 |
| 2.3 Alcuni strumenti della EMF                                                                | 21 |
| 2.3.1 Il Material Circularity Indicator (MCI)                                                 | 21 |
| 2.3.1.1 Motivazioni per l'utilizzo dell'MCI                                                   | 24 |
| 2.3.1.2 Vantaggi e svantaggi dell'utilizzo dell'MCI                                           | 24 |
| <b>Cap.3 CEPI Silos Spa, il caso</b>                                                          | 26 |
| 3.1 Presentazione dell'azienda                                                                | 27 |
| 3.2 Prodotti CEPI                                                                             | 28 |
| 3.2.1 Prodotti per lo stoccaggio                                                              | 30 |
| 3.2.2 Sistemi di trasporto                                                                    | 32 |
| 3.2.3 Sistemi di dosaggio                                                                     | 33 |
| 3.3 Descrizione del caso                                                                      | 34 |
| <b>Cap.4 Studio della situazione AS-IS</b>                                                    | 37 |
| 4.1 Analisi dei parametri dell'MCI                                                            | 38 |
| 4.2 Analisi degli impianti e dei materiali                                                    | 39 |
| 4.2.1 PLM di RuleDesigner                                                                     | 42 |
| 4.2.2 Acciaio AISI 304                                                                        | 43 |
| 4.3 Trattamento degli sfridi                                                                  | 45 |
| <b>Cap.5 Indagine sul mercato dell'acciaio: interviste e ricerca di soluzioni sostenibili</b> | 47 |
| 5.1 Presentazione dell'indagine di mercato                                                    | 48 |
| 5.2 Motivazioni ed analisi preliminare                                                        | 49 |
| 5.3 Interviste dirette                                                                        | 51 |
| 5.3.1 Contenuto delle interviste                                                              | 53 |
| 5.4 Oiki Acciai Inossidabili Spa                                                              | 56 |
| 5.5 Indagine compilativa estesa                                                               | 58 |
| 5.5.1 Scelta degli intervistati                                                               | 59 |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 5.5.2 Sviluppo della survey .....     | 60        |
| <b>Conclusione.....</b>               | <b>63</b> |
| <b>Bibliografia e Sitografia.....</b> | <b>65</b> |

## Introduzione

Il presente elaborato è stato prodotto durante il periodo di Tirocinio nell'ufficio tecnico presso l'azienda CEPI silos Spa, realtà in forte ascesa con sede a Forlì, specializzata nella produzione di impianti per lo stoccaggio, il trasporto e il dosaggio di materie prime.

Negli ultimi anni, il concetto di economia circolare ha acquisito un ruolo centrale nel dibattito sulle soluzioni per affrontare le sfide ambientali e sociali globali. Il passaggio da un modello economico lineare, caratterizzato da produzione, consumo e scarto, ad un sistema circolare, nel quale il riutilizzo, il riciclo e la riduzione dei rifiuti sono elementi chiave, è ormai considerato essenziale per garantire un futuro sostenibile. Questo elaborato si inserisce in tale contesto, approfondendo le strategie, gli strumenti e le sfide legate all'adozione di strumenti di economia circolare, con particolare attenzione al settore siderurgico e alla relativa supply chain.

La ricerca sarà strutturata in due sezioni. In primo luogo, sarà esposta una disamina teorica al fine di fornire strumenti conoscitivi ed informazioni generali reperite in letteratura riguardo gli argomenti oggetto di studio, unitamente ad un'analisi del contesto attuale dell'ambiente di riferimento. Successivamente verrà presentata una descrizione dettagliata del processo di analisi ed implementazione di strategie volte al miglioramento della circolarità di impianti industriali descritti all'interno del caso di studio. Tale sezione prevederà l'illustrazione dei passaggi seguiti nel processo di analisi, partendo dall'estrapolazione dei dati e le conseguenti scelte metodologiche per arrivare all'implementazione e validazione degli stessi. Il seguente lavoro di ricerca si suddivide in cinque capitoli, ognuno dei quali si prefigge di approfondire specifici aspetti legati allo sviluppo di una strategia efficace per il miglioramento di pratiche sostenibili concrete nella scelta dei materiali e gestione dei rifiuti.

Il primo capitolo introduce concetti fondamentali dell'economia circolare, esplorandone i principi ed analizzando dati che ne giustificano la necessità. Particolare attenzione è rivolta alle politiche europee, che svolgono un ruolo determinante nella promozione di questo paradigma economico. Il settore siderurgico, uno dei più rilevanti in termini di consumo di risorse e produzione di rifiuti, è trattato con particolare approfondimento, evidenziando come l'economia circolare possa offrire soluzioni concrete per ridurre l'impatto ambientale di questo comparto industriale.

Il secondo capitolo è dedicato alla Ellen MacArthur Foundation, una delle organizzazioni più influenti nella promozione dell'economia circolare. Viene descritta la storia della fondazione ed il contributo della sua fondatrice, Ellen MacArthur, ex velista che ha trasformato le sue esperienze in mare in una

missione per la sostenibilità. Viene infine presentato il Material Circularity Indicator (MCI), uno degli strumenti chiave condivisi dalla fondazione per misurare il grado di circolarità di prodotti e processi, e fondamentale tema di partenza per lo sviluppo del caso aziendale.

Nel terzo capitolo si analizza nel dettaglio il caso aziendale di CEPI Silos Spa. Attraverso il seguente caso di studio, viene esaminato come l'azienda possa implementare strategie sostenibili nel proprio ciclo produttivo, sfruttando strumenti come l'MCI, per migliorare la sostenibilità dei propri impianti prodotti.

Il quarto capitolo approfondisce l'analisi della situazione AS-IS di CEPI, concentrandosi sui materiali ed i processi produttivi. È stata prestata una particolare attenzione all'acciaio inossidabile AISI 304, essendo la lega maggiormente utilizzata dall'azienda. Si evidenziano successivamente le opportunità di miglioramento nella gestione degli scarti e nell'utilizzo di materiali riciclati, al fine di aumentare la circolarità dell'azienda e degli impianti prodotti.

Infine, il quinto capitolo presenta un'indagine sul mercato dell'acciaio inossidabile, attraverso interviste rivolte ai fornitori al fine di identificare soluzioni alternative maggiormente sostenibili ed innovazioni in grado di ridurre l'impatto ambientale del settore. Questa parte dell'elaborato esplora le sfide legate all'approvvigionamento di materiali riciclati e le opportunità offerte dall'adozione di pratiche più sostenibili lungo l'intera catena di fornitura.

Con il capitolo finale si conclude la ricerca e verranno brevemente riportate le fasi dell'analisi, le conclusioni e gli obiettivi raggiunti, sia operativi che personali.

In conclusione, il seguente elaborato si propone di dimostrare, da un punto di vista pratico, come l'economia circolare, se applicata con efficacia, possa rappresentare una risposta concreta alle sfide di un mercato sempre più sensibile a questi temi, contribuendo non solo alla riduzione degli sprechi e al miglior utilizzo delle risorse, ma anche alla creazione di valore economico e alla crescita sostenibile.

## **Cap.1 Economia Circolare**

Negli ultimi anni l'Economia Circolare è emersa come un modello innovativo per affrontare le sfide ambientali e sociali associate ai tradizionali modelli economici, volta a inquadrare e rendere possibile un futuro più sostenibile. Il seguente capitolo si propone dunque di fornire una conoscenza di base riguardo a tale tema e alle politiche di supporto, prevalentemente europee, concludendosi con un focus sul settore di riferimento dell'elaborato, ovvero quello siderurgico.

## 1.1 Economia Circolare: definizione e principi

Per attribuire al concetto di Economia Circolare il giusto significato partiamo dalla sua definizione riportata dal parlamento europeo: “L’economia circolare è un modello di produzione e consumo che implica condivisione, prestito, riutilizzo, riparazione, ricondizionamento e riciclo dei materiali e prodotti esistenti il più a lungo possibile”.

Questo paradigma economico-sociale rappresenta dunque un nuovo modo di gestire la creazione di valore che si contrappone al modello lineare “approvvigionamento → produzione → utilizzo → scarto”, la cui implementazione può avvenire a vari livelli, dalle singole aziende fino alle regioni ed ai governi nazionali. Esso propone una gestione delle risorse basata su cicli chiusi, un virtuoso e sinergico riutilizzo di tutte le risorse (materie prime, energia, spazio, momento di consumo ecc.) che ri-alimentano, in un processo rinnovabile, il ciclo produzione-consumo, con evidenti impatti positivi dal punto di vista ambientale, sociale ed economico.



Figura 1: Schema modello di Economia Circolare

Esprimendo il concetto con parole più semplici, l’economia circolare mira a ridurre al minimo gli sprechi e a prolungare il ciclo di vita dei prodotti attraverso il cosiddetto modello delle “6R”:

- **RIPENSARE** => Ripensare le modalità di utilizzo del prodotto per renderlo più efficiente, allo scopo di ridurre il consumo di energia e di altre risorse naturali. Oppure perché venga usato per scopi più importanti;

- **RIDURRE** => In ogni fase del suo ciclo di vita, il prodotto deve ridurre il consumo di energia e di altre risorse naturali non rinnovabili;
- **RIMPIAZZARE** => Sostituire le sostanze pericolose per l'uomo, per gli animali, per le piante e più in generale per l'ambiente con altre più bio ed eco-compatibili;
- **RICICLARE** => Progettare e costruire i prodotti in modo che sia semplice poi smontarli a fine vita per recuperare i materiali che possono essere riciclati. Il riciclo consente di risparmiare energia, previene l'inquinamento, permette di ridurre la quantità di rifiuti che termina negli inceneritori e nelle discariche, garantisce indubbi vantaggi economici creando posti di lavoro e salvaguarda le risorse naturali;
- **RIPARARE** => Costruire i prodotti in modo che siano semplici da riparare, così che non debbano essere rimpiazzati in caso di guasto;
- **RIUTILIZZARE** => Progettare i prodotti in modo che i componenti o i prodotti stessi possano essere riutilizzati.

## 1.2 Dati e analisi delle motivazioni che sostengono l'economia circolare

Per meglio comprendere le ragioni che sostengono l'adozione dell'economia circolare risulta necessario analizzare da un punto di vista più quantitativo la situazione attuale.

In primo luogo, si evidenzia come la quantità di materie prime (risorse minerarie, combustibili fossili, biomasse, metalli ecc.) estratte nell'ultimo decennio del 1900, pari a 6 miliardi di tonnellate all'anno, sia cresciuta fino a circa 60 miliardi nel 2010, abbia superato i 100 miliardi nel 2020, stimando infine un continuo incremento che arriverà a circa 180 miliardi di tonnellate nel 2050, cioè quasi il doppio rispetto al consumo attuale.

Allo stesso modo, guardando ai rifiuti prodotti, ovvero a quello che può considerarsi l'output del nostro sistema lineare, si conferma l'urgenza di intervenire: il trend prevede una crescita della produzione annua di rifiuti solidi che toccherà quota 2,59 miliardi di tonnellate nel 2025 (secondo le stime e i rapporti delle Nazioni Unite e Banca Mondiale), rispetto ai circa 2,2 miliardi del 2020.

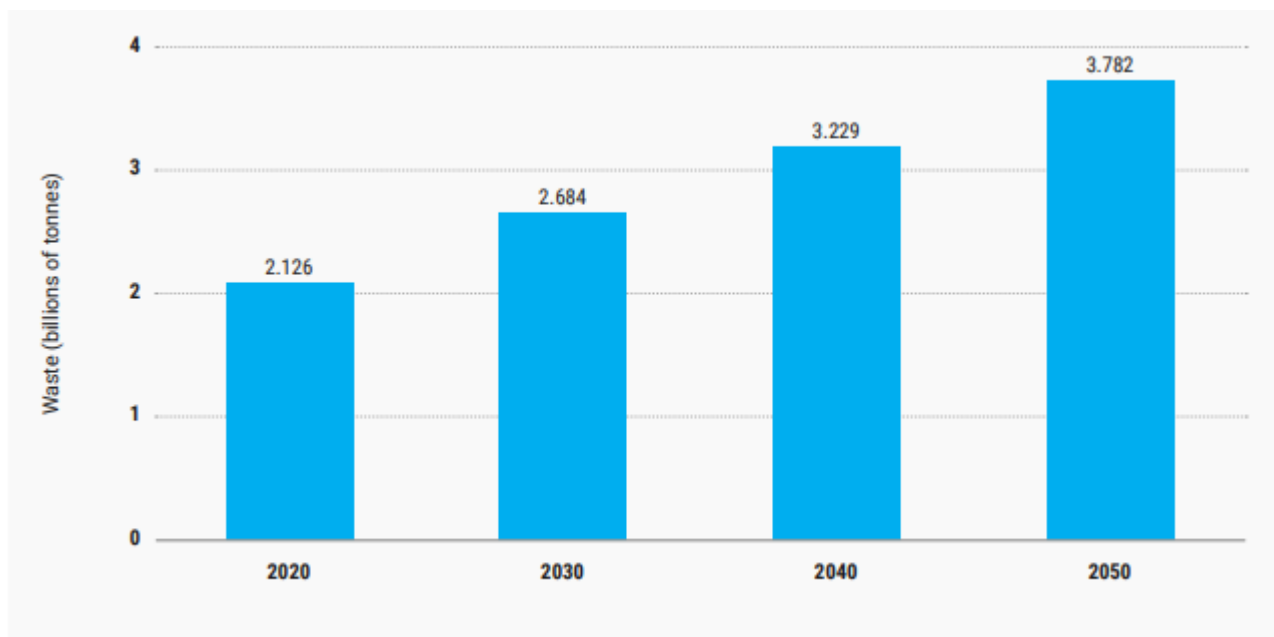


Figura 2: Stima dell'andamento della produzione di rifiuti a livello globale

Da questi dati risulta evidente il problema della pressione sugli ecosistemi in termini di inquinamento e di disponibilità di risorse naturali sufficienti a soddisfare la nuova domanda, la quale continuerebbe quindi il suo incremento in modo drammatico, con impatti anche sui costi di materie prime ed energia, generando una volatilità nei prezzi critica da gestire per qualsiasi entità impegnata a pianificare e programmare gli input ai propri sistemi di produzione.

Non possiamo quindi pensare ad un futuro di sviluppo materialmente sostenibile esposto alle condizioni appena descritte. Non è possibile immaginarlo nemmeno se si prosegue nell'utilizzare risorse non rinnovabili, nel concepire prodotti con un tasso di obsolescenza elevato o che vengono utilizzati solo per una minima parte del loro potenziale. A tal proposito basta pensare all'utilizzo che facciamo di molti prodotti in plastica ed ai numerosi oggetti che una volta acquistati vengono utilizzati solo poche volte, e, infine, continuiamo a gettare via interi prodotti i cui sub-componenti potrebbero essere vantaggiosamente recuperati e re-immessi nel ciclo economico.

Da questo quadro emerge quindi un'opportunità concreta di creare nuovi modelli economico-produttivi basati sull'uso di fonti energetiche e materiali rinnovabili, sul recupero, riuso e riciclo di materiali e componenti, i quali spesso contengono un importante valore economico residuo anche in termini di energia e lavoro impiegati per realizzarli, sulla progettazione di prodotti e soluzioni a cicli di vita estesi, il cui utilizzo possa essere condiviso, fino ad arrivare a modelli innovativi basati sulla vendita del prodotto come servizio o sulla condivisione dei prodotti stessi. Ad esempio dell'ultimo spunto citato, Philips ha sviluppato modelli di business basati sul concetto di "product as a service",

attraverso i quali i clienti pagano per l'uso di un prodotto piuttosto che per il prodotto stesso, migliorando così la sostenibilità e la fedeltà del cliente.

Questi nuovi approcci richiedono la creazione di ecosistemi innovativi, ibridi, che sono in parte digitali e in parte di ingegneria e che svolgono un ruolo importante, fungendo da ponte tra il mondo fisico e digitale. Essi, rappresentati tipicamente da tecnologie di controllo su asset fisici e/o sui flussi di materiali, permettono di tracciare digitalmente lo storico, la posizione, lo stato e l'impiego delle risorse e, al tempo stesso, forniscono nuove modalità per raccogliere, trattare e riprocessare i dati. Tale processo di cambiamento permette ai confini di risorse fisiche e soluzioni tecnologiche di integrarsi e completarsi sempre più tra loro, andando potenzialmente a mutare i concetti stessi di catena del valore, di filiera, di confini tra settori, imprese for profit e imprese sociali, di rapporto cliente-fornitore, sia esso business to business o business to consumer.

Tra le infinite motivazioni che spingono verso l'adozione di questi nuovi modelli si possono identificare in primo luogo gli elementi economici puri, come la scarsità e volatilità dei prezzi di input (materie prime) o la pressione a creare valore nel lungo termine, ma non dobbiamo dimenticare la rilevanza dell'impatto sociale della massa crescente di consumatori sensibili al contenuto di trasparenza e sostenibilità dei prodotti e servizi che acquistano.

Quest'ultimo è un attore efficace nel compensare, attraverso le proprie iniziative, situazioni in cui l'intervento di operatori economici tradizionali può risultare ancora, in alcuni casi, antieconomico, ovvero per attività strategiche di advocacy e sensibilizzazione, che facilitino anche nei decisori il cambio culturale necessario ad adottare con urgenza gli approcci innovativi offerti dall'economia circolare e da soluzioni sostenibili in senso ancora più ampio.

I benefici che si possono ottenere con l'adozione di questo approccio sono evidenti e significativi: dalla generazione di vantaggio competitivo per le aziende che lo adottano nelle loro catene del valore, grazie alla migliore gestione delle risorse, ai benefici di sistema (come i risparmi di energia primaria, la ridotta produzione di rifiuti, le ridotte emissioni in atmosfera), fino al risparmio degli stock di materie prime vergini (che, se non rinnovabili, sono esposte per loro natura a esaurimento).

Infine, guardando all'aspetto economico, ci si attende che l'adozione di pratiche di economia circolare possa generare ulteriori benefici. Riprendendo la “Comunicazione della Commissione Europea Verso un'Economia Circolare” (2014), il programma per un'Europa a zero rifiuti, si afferma:

“Si stima che un uso più efficiente delle risorse lungo l'intera catena di valore potrebbe ridurre il fabbisogno di fattori produttivi materiali del 17%-24% entro il 2030, con risparmi per l'industria europea dell'ordine di 630 miliardi di euro l'anno. Secondo studi commissionati da

imprese e basati sulla modellizzazione a livello di prodotti, adottando approcci fondati sull'economia circolare l'industria europea potrebbe realizzare notevoli risparmi sul costo delle materie e innalzare potenzialmente il PIL dell'UE fino al 3,9%, attraverso la creazione di nuovi mercati e nuovi prodotti e grazie al relativo valore per le aziende” (Commissione Europea, 2014).

Seguendo tale ragionamento vi sono ulteriori studi a riguardo, come quello del 2018 del Club of Rome, il quale ha stimato che l'economia circolare potrebbe creare fino a 18 milioni di nuovi posti di lavoro a livello globale entro il 2030.

Come sempre in un mondo competitivo, questa nuova opportunità sarà colta da chi interpreterà al meglio questa dinamica ormai ineludibile e da chi si muoverà per primo. In epoca di globalizzazione, a muoversi meglio, più organicamente e tempestivamente dovranno essere le imprese, ma anche i sistemi geografici locali, regionali, nazionali ed internazionali. Nonostante i numerosi vantaggi, la transizione verso un'economia circolare presenta anche diverse sfide. Tra queste, vi è la necessità di sviluppare nuove tecnologie e infrastrutture, modificare i comportamenti dei consumatori e superare le barriere normative e di mercato esistenti.

Un tema di simile portata e impatto economico e sociale potrà senza dubbio essere affrontato con maggiore successo grazie alla convergenza tra privato e pubblico, tra profit e non profit, tra libero mercato e regolamentazione. Economia e politica, nel più alto rispetto delle rispettive autonomie e prerogative, devono saper trovare un rapporto dialettico costruttivo che rinnovi il vantaggio reciproco, a beneficio di imprese, collettività ed individui.

### 1.3 Politiche e programmi europei

La crescente consapevolezza da parte dei consumatori, dei mercati e delle politiche mondiali ha spinto molti paesi e organizzazioni internazionali verso lo sviluppo di azioni concrete per promuovere l'impegno nel seguire i paradigmi imposti dall'Economia Circolare.

L'Unione Europea ha implementato una serie di politiche a tale fine, mirando a una gestione più sostenibile delle risorse, alla riduzione dei rifiuti e al supporto dell'innovazione nei settori chiave, con l'obiettivo finale di raggiungere la neutralità climatica e migliorare la resilienza economica.

A supporto di queste idee è necessario ricordare in primo luogo il Green Deal Europeo, un'iniziativa strategica della Commissione Europea lanciata nel dicembre 2019, con l'obiettivo di rendere l'Europa il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050. Un piano ambizioso che prevede una serie di misure e politiche per affrontare le sfide climatiche e ambientali, promuovendo la sostenibilità economica e sociale.

Altra importante iniziativa che supporta tali concetti e funge da complementare al Green Deal è la **Joint Initiative on Circular Economy (JICE)**, presentata sempre nel 2019, la quale ha contribuito significativamente mobilitando circa 8,9 miliardi di euro per progetti di sviluppo sostenibile e “circolari” entro la fine del 2022, cifra che ha come prospettiva quella di raggiungere i 16 miliardi entro il 2025. Questa iniziativa sostiene una vasta gamma di progetti che coprono tutte le fasi della catena del valore e del ciclo di vita dei prodotti, dal design al recupero del valore. Tra i progetti finanziati vi sono iniziative innovative come la produzione di carta igienica da paglia, il riciclaggio biologico di PET e numerosi altri.

Una delle iniziative più recenti e importanti è il **Nuovo piano d'azione per l'Economia Circolare - Per un'Europa più pulita e più competitiva**, adottato nel marzo 2020, il quale fissa obiettivi che includono misure per promuovere la durabilità, la riparabilità, la riciclabilità dei prodotti e misure legate all'intero processo produttivo, riducendo così la loro impronta ambientale. Esso copre vari settori, tra i quali l'elettronica, i veicoli, gli imballaggi, la plastica, il tessile e le costruzioni.

Un altro importante progresso è stato l'adozione del **Monitoraggio rivisto dell'Economia Circolare** nel maggio 2023, che amplia e introduce nuovi indicatori per misurare l'efficienza delle risorse e la produttività materiale, ovvero il contributo alla neutralità climatica e alla resilienza. Questo framework evidenzia la necessità di accelerare la transizione verso un'economia circolare, data la persistente alta domanda di materiali, in continua crescita, e i bassi tassi di riciclaggio per molti materiali critici.

Per quanto riguarda invece la produzione e lo smaltimento dei rifiuti, la Commissione Europea ha adottato nuove regole sui rifiuti di imballaggio e una strategia per le plastiche biobased, biodegradabili e compostabili nel novembre 2022. Questi regolamenti mirano a ridurre la produzione di rifiuti di plastica e a promuovere l'uso di materiali sostenibili.

In conclusione, al crescente sostegno e interesse da parte dei governi, delle aziende e della società civile, risulta promettente la via verso un futuro più sostenibile e prospero.

## 1.4 Focus sul settore siderurgico

Gli argomenti trattati fino al paragrafo 1.3 hanno analizzato a livello generale i temi di Economia Circolare e diversi temi ad essi correlati, tuttavia il focus dell'elaborato verterà sull'acciaio, risulta dunque particolarmente utile concentrarsi anche sulle iniziative europee legate a questo particolare settore. Vi sono in tale ottica programmi di ricerca e innovazione, come **Horizon Europe**, il programma quadro dell'Unione Europea per finanziare la ricerca e l'innovazione di vari settori industriali, compreso quello siderurgico, per il periodo 2021-2027. Con un budget complessivo di 95,5 miliardi di euro, rappresenta il più grande programma di ricerca e innovazione mai finanziato dall'UE.

Più specifico del settore analizzato è la **European Steel Technology Platform (ESTEP)**, iniziativa nata nel 2004 che riunisce aziende, centri di ricerca e associazioni legati all'industria siderurgica europea, i quali lavorano insieme per identificare le sfide tecnologiche che deve affrontare il settore e per incoraggiare la ricerca e lo sviluppo di soluzioni innovative. Iniziativa specifica dell'ESTEP è il progetto **Green Steel for Europe** che si concentra sullo sviluppo di tecnologie e soluzioni innovative per la produzione di acciaio a basso carbonio, inoltre si pone obiettivi quali:

- **Diminuire le emissioni di gas serra** => L'obiettivo è ridurre significativamente l'impatto ambientale del settore siderurgico;
- **Sviluppare tecnologie all'avanguardia** => Si tratta di trovare soluzioni innovative per la produzione di acciaio verde.
- **Promuovere la collaborazione tra industria e ricerca** => Il progetto favorisce la cooperazione tra aziende siderurgiche, centri di ricerca e istituzioni pubbliche.

La **Direttiva sui Veicoli Fuori Uso (ELV)** <sup>1</sup> e le certificazioni volontarie come il **ResponsibleSteel Standard** promuovono ulteriormente la trasparenza e le pratiche sostenibili, la ELV ad esempio regola la gestione di prodotti a fine vita, imponendo il riciclo dei materiali metallici, inclusi quelli in acciaio, per ridurre i rifiuti e migliorare il recupero delle risorse.

Infine, strumenti di supporto finanziario, tra cui i **Fondi Strutturali e di Investimento Europei (ESIF)** (la cui proposta di regolamento per la loro attuazione è stata presentata dalla Commissione Europea il 6 ottobre 2011) e il pacchetto **NextGenerationEU** (27 maggio 2020, concepito come

---

<sup>1</sup> La Direttiva di origine risulta essere la 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso, particolare riferimento va fatto alla Direttiva di modifica (UE) 2018/849.

strumento di ripresa economica in seguito alla pandemia di Covid-19), sostengono la transizione verso un'industria siderurgica più verde e resiliente.

Va evidenziato che anche a livello globale il mercato dell'acciaio sta affrontando un periodo di trasformazione significativo verso la sostenibilità e l'economia circolare, spinto da una combinazione di politiche governative, innovazioni tecnologiche e pressioni di mercato. In molti paesi, sono state introdotte normative ambientali rigorose per ridurre le emissioni di gas serra e migliorare l'efficienza energetica. In particolare, la **China's Steel Industry Transformation and Upgrade Plan** (2016) mira a ridurre la capacità produttiva e migliorare le tecnologie di riciclo e riduzione delle emissioni. Negli Stati Uniti, l'iniziativa **Buy Clean California Act** (2017) impone l'uso di materiali da costruzione con basse emissioni di carbonio, favorendo l'acciaio riciclato.

Inoltre, l'industria siderurgica globale sta investendo massicciamente in ricerca e sviluppo per implementare tecnologie innovative come l'uso dell'idrogeno come agente riducente al posto del carbone da coke, esemplificato dal progetto **Hybrit**<sup>2</sup> in Svezia, che mira a produrre acciaio senza emissioni di CO<sub>2</sub>. L'adozione di forni elettrici ad arco (EAF), che utilizzano principalmente rottame di acciaio riciclato, sta crescendo, soprattutto in paesi con un'elevata disponibilità di rottame di alta qualità, come gli Stati Uniti e la UE.

In conclusione, è proprio la collaborazione tra aziende siderurgiche, governi e istituti di ricerca che risulta essere cruciale per raggiungere questi obiettivi di sostenibilità. Progetti di partenariato pubblico-privato stanno emergendo in molte regioni per sviluppare infrastrutture di riciclo avanzate e migliorare la raccolta e la separazione dei rottami metallici. In definitiva, la combinazione di regolamentazioni stringenti, incentivi economici e innovazioni tecnologiche sta spingendo l'industria siderurgica globale verso un futuro più sostenibile e circolare, offrendo un interessante campo di studio e applicazione per l'ingegneria gestionale.

---

<sup>2</sup> Iniziativa del 2016 che ha l'ambizione di rivoluzionare il settore siderurgico proposta dalle compagnie SSAB, LKAB e Vattenfall.

## **Cap.2 Ellen MacArthur Foundation: nascita e strumenti principali**

Nel seguente capitolo teorico viene presentata la Ellen MacArthur Foundation, nota per il suo impegno e la sua funzione internazionale in tema di transizione verso un'economia più circolare. A partire dalle motivazioni e le dinamiche che hanno portato alla sua fondazione, si arriva alla presentazione di alcuni degli strumenti da essa sviluppati. Il Material Circularity Indicator è infine lo strumento presentato con un focus particolare, rappresentando uno dei punti di partenza per lo sviluppo del successivo caso aziendale discusso nell'elaborato.

## 2.1 Ellen MacArthur: vita ed esperienze significative

Ellen MacArthur, nata l'8 luglio 1976 a Whatstandwell, nel Derbyshire, Regno Unito, è una velista di fama internazionale. La sua passione per la vela inizia in tenera età, ispirata dalle storie di avventura marina che lesse durante l'infanzia, supportata successivamente dall'acquisto di una piccola barca con i risparmi accumulati. La sua determinazione e il suo talento la portarono rapidamente ai vertici del mondo della vela, culminando con l'impresa record che l'ha resa celebre a livello mondiale. Nel 2005, a bordo del trimarano B&Q, ha stabilito il record per la circumnavigazione in solitaria più veloce, percorrendo oltre 27.000 miglia nautiche (Più di 50.000 km) in 71 giorni, 14 ore, 18 minuti e 33 secondi. Questo record, mantenuto fino al 23 novembre 2007, è stato un punto di svolta nella sua carriera e l'ha consacrata come una delle migliori veliste di sempre.



Figura 3: Ellen MacArthur a bordo del suo trimarano B&Q

Oltre al record del mondo, Ellen MacArthur ha partecipato a numerose altre regate oceaniche, dimostrando sempre un'eccezionale capacità di adattamento e resistenza. Ha affrontato in ogni sua impresa condizioni meteo estreme e solitudine prolungata, superando ogni volta i propri limiti.

Risulta essere proprio grazie alle esperienze vissute durante i suoi viaggi che MacArthur sviluppa una crescente consapevolezza dei limiti delle risorse naturali. Navigando per lunghi periodi, ha imparato a gestire con estrema efficienza le scorte limitate a bordo, una lezione che si rende immediatamente applicabile alla gestione delle risorse del pianeta. Tale consapevolezza successivamente si traduce nella fondazione della Ellen MacArthur Foundation, nel settembre del 2010.

## 2.2 Ellen MacArthur Foundation

La Ellen MacArthur Foundation, presentata pubblicamente il 2 settembre 2010, è un'organizzazione no-profit dedicata alla promozione e allo sviluppo dell'economia circolare a livello globale. Partendo dal semplice assunto che l'attuale economia lineare si basa sul consumo di risorse che si esauriranno, la EMF, con sede principale nell'isola di Wight, Inghilterra, cerca appunto di ribaltare la prospettiva lineare in un disegno circolare.

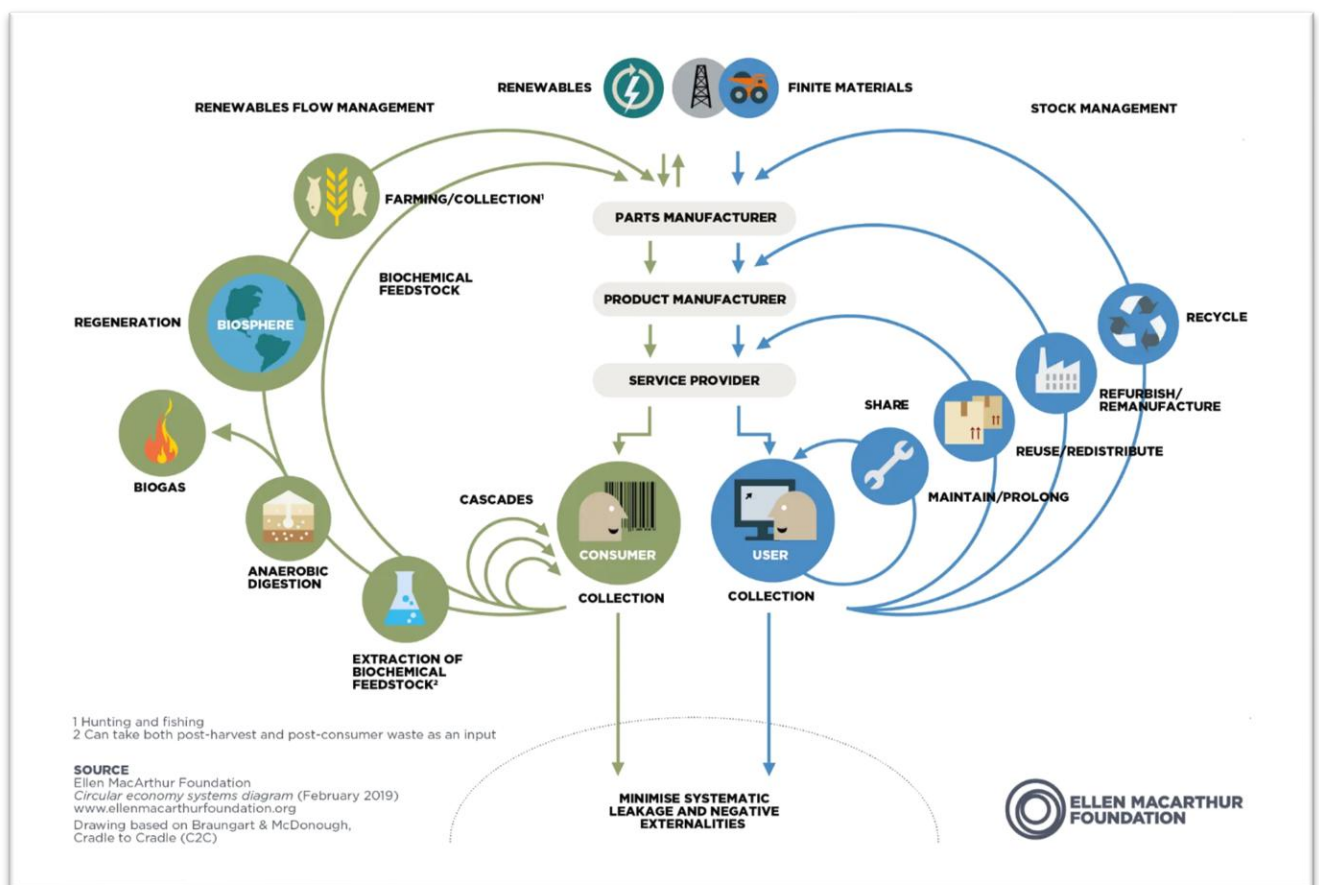


Figura 4: Butterfly Diagram presentato dalla Ellen MacArthur Foundation come rappresentazione dell'economia circolare

Principalmente il suo operato avviene su tre livelli:

- Fornire strumenti per la comunicazione e l'istruzione;
- Realizzare studi e ricerche;
- Coinvolgere aziende e istituzioni nel cambiamento.

L'obiettivo finale è cambiare non solo le attività di qualche impresa, ma l'intero sistema economico mondiale, per questo la Fondazione interviene anche a livello culturale ed istituzionale, cercando di influenzare il modo in cui le persone pensano. Come ha dichiarato una volta la stessa MacArthur: "siamo davanti ad un fallimento sistemico, per risolverlo bisogna andare alla radice e ridisegnare il modo in cui tutto funziona". Ulteriore idea è quella di un'economia a rifiuti zero, dove qualsiasi prodotto deve essere consumato e smaltito senza lasciar traccia, identificando la questione principale nel design: quando si progetta un prodotto è essenziale pensare in prima battuta a come renderlo riparabile, riutilizzabile o ricondizionabile.

Con uno stile diretto, mirato non alla critica o alla colpevolizzazione, ma all'ispirazione e alla ricerca di una soluzione positiva per tutti gli attori, la Ellen MacArthur Foundation è riuscita ad aprire porte ed a ricevere attenzioni anche da quegli ambienti storicamente scettici nei confronti della causa ambientalista. Per riuscire in questa impresa ha scelto di parlare la "lingua dei soldi", volendo dimostrare ad aziende, politici e semplici cittadini che l'innovazione necessaria per mettere in piedi un'economia circolare può portare benefici a tutti, soprattutto a livello economico e lavorativo, stimando la possibilità di generare un valore complessivo di circa 630 miliardi di dollari l'anno adottando i paradigmi da essa descritti.

Ad ulteriore sostegno di quanto sopra affermato è possibile riportare quanto la Fondazione negli ultimi quattro anni sia riuscita ad incrementare gli asset gestiti da fondi focalizzati sull'economia circolare. Per esempio, il fondo lanciato da BlackRock, importante società di investimento con sede a New York, ha raccolto quasi 1 miliardo di dollari nel primo anno, partendo da un finanziamento iniziale di 20 milioni di dollari nell'ottobre 2019, ed ha raggiunto 1,6 miliardi di dollari a dicembre 2023. Inoltre, tra il 2020 e il 2021, sono stati emessi almeno dieci bond aziendali con focus sull'economia circolare, per un totale di 10 miliardi di dollari. Questi includono bond emessi da grandi aziende come PepsiCo, Philips, BASF e Alphabet. Anche il settore bancario ha giocato un ruolo cruciale: per esempio, Intesa Sanpaolo ha emesso una linea di credito di 5 miliardi di euro dedicata all'economia circolare.

Gli investimenti si sono concentrati su vari settori ad alto potenziale di crescita per l'economia circolare, quali imballaggi di plastica, moda, alimentari, materiali da costruzione, elettronica e apparecchiature. Questi settori sono stati identificati come aree strategiche non solo per ridurre l'impatto ambientale, ma anche per creare nuove opportunità di business e di valore economico. Il Global Commitment della fondazione, in collaborazione con il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente, ha inoltre mobilitato oltre 500 firmatari, comprese aziende di primo piano come L'Oréal,

Nestlé, PepsiCo e Unilever, rappresentando il 20% di tutti gli imballaggi di plastica prodotti a livello globale.

Questi dati evidenziano come la Ellen MacArthur Foundation stia riuscendo non solo a promuovere la consapevolezza dell'economia circolare, ma anche a mobilitare significative risorse finanziarie per supportare la transizione verso modelli di business più sostenibili. Seguendo tale ragionamento risulta chiaro che innovazione, creatività e scienze dei materiali diventano ambiti chiave attorno a cui ruota la nuova economia, generando una sfida che oggi, grazie a strumenti digitali, IA e Big Data è più alla portata di quanto non sia mai stata.

## 2.3 Alcuni strumenti della EMF

La Ellen MacArthur Foundation ha sviluppato una serie di strumenti innovativi per misurare ed incentivare la transizione verso modelli economici più sostenibili. Questi strumenti sono progettati per aiutare e supportare le aziende a valutare il loro livello di circolarità, identificare aree di miglioramento ed implementare pratiche più efficienti nell'uso delle risorse. Tra i numerosi strumenti introdotti dalla fondazione, risultano largamente utilizzati il Material Circularity Indicator (MCI) e il Circulytics. Queste due metodologie offrono una panoramica dettagliata e quantitativa delle performance circolari a livello di prodotto (MCI) e organizzazione aziendale (Circulytics). Essi quindi non solo forniscono metriche oggettive per misurare la circolarità di un prodotto o un processo, ma supportano anche le aziende nella definizione di strategie mirate a ridurre i rifiuti ed a massimizzare il valore dei materiali lungo l'intero ciclo di vita del loro operato.

### 2.3.1 Il Material Circularity Indicator (MCI)

L'MCI è di particolare interesse per lo svolgimento dell'elaborato, in quanto risulta essere il punto di partenza per le attività svolte durante il mio tirocinio per tesi, verrà quindi ripreso nel successivo capitolo e trattato nel dettaglio del caso aziendale.

Il progetto del 2015 per sviluppare tale strumento è stato realizzato dalla Ellen MacArthur Foundation (attualmente non più partner di sviluppo dell'MCI) insieme a Granta Design (ora Ansys), è stato inoltre cofinanziato dallo strumento finanziario LIFE<sup>3</sup> dell'Unione Europea.

L'MCI rappresenta un approccio metodologico per quantificare il grado di circolarità dei materiali impiegati in un prodotto o in un'organizzazione. Si tratta di uno strumento gratuito basato su Excel, il quale include una valutazione di:

- Input => di cosa è fatto il prodotto e da dove provengono i componenti;
- Output => cosa succede alla fine del ciclo di vita del prodotto.

Esso può essere utilizzato per valutare e confrontare i punteggi di "circolarità" di singoli prodotti, portafogli di prodotti, e/o aggregati a livello aziendale. Ad esempio, i progettisti di prodotto possono sfruttarlo per informare sulle decisioni di progettazione, nonché per la valutazione dell'economia circolare interna, rendicontazione delle prestazioni e decisioni in materia di approvvigionamento. Tale metodologia è inoltre stata aggiornata nel 2019 per includere i materiali di origine biologica nell'ambito di valutazione, consentendo la valutazione di tutti i tipi di materiali.

L'MCI utilizza una serie di parametri (riportati nella Figura 5<sup>4</sup>) che riflettono l'efficienza dell'uso delle risorse e la capacità di un prodotto di essere reintegrato nel ciclo economico alla fine del suo ciclo di vita. Tuttavia, la sua formulazione completa e ufficiale include questi parametri, ma può differire significativamente a seconda del prodotto o del processo in esame. Proprio per tale motivo la EMF presenta agli enti che vogliono sfruttare l'MCI come KPI, documenti e fogli di calcolo che permettono una corretta modellazione matematica dello specifico caso di interesse. Il sito web della EMF consente inoltre di consultare con libero accesso diversi casi studio, notizie ed articoli inerenti al tema.

---

<sup>3</sup> Storico programma di finanziamento dell'Unione Europea dedicato ai progetti ambientali e climatici presentato per la prima volta nel 1992.

<sup>4</sup> Ellen MacArthur Foundation. (2021). *Material Circularity Indicator: Methodology*. Estratto dal sito ufficiale <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>.

| Symbol   | Definition                                                                                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $M$      | Mass of a product                                                                                                                                                                            |
| $F_R$    | Fraction of mass of a product's feedstock from recycled sources                                                                                                                              |
| $F_U$    | Fraction of mass of a product's feedstock from reused sources                                                                                                                                |
| $F_S$    | Fraction of a product's biological feedstock from Sustained Production. Biological material that is recycled or reused is captured as recycled or reused material, not biological feedstock. |
| $V$      | Material that is not from reuse, recycling or, for the purposes of this methodology, biological materials from Sustained Production.                                                         |
| $C_C$    | Fraction of mass of a product being collected to go into a composting process                                                                                                                |
| $C_E$    | Fraction of mass of a product being collected for energy recovery where the material satisfies the requirements for inclusion.                                                               |
| $C_R$    | Fraction of mass of a product being collected to go into a recycling process                                                                                                                 |
| $C_U$    | Fraction of mass of a product going into component reuse                                                                                                                                     |
| $E_C$    | Efficiency of the recycling process used for the portion of a product collected for recycling                                                                                                |
| $E_E$    | Efficiency of the energy recovery process for biological materials satisfying the requirements for inclusion.                                                                                |
| $E_F$    | Efficiency of the recycling process used to produce recycled feedstock for a product                                                                                                         |
| $B_C$    | The carbon content of a biological material, by default a value of 45% is used unless supported by evidence to the contrary.                                                                 |
| $W$      | Mass of unrecoverable waste associated with a product                                                                                                                                        |
| $W_0$    | Mass of unrecoverable waste through a product's material going into landfill, waste to energy and any other type of process where the materials are no longer recoverable                    |
| $W_C$    | Mass of unrecoverable waste generated in the process of recycling parts of a product                                                                                                         |
| $W_F$    | Mass of unrecoverable waste generated when producing recycled feedstock for a product                                                                                                        |
| $LFI$    | Linear Flow Index                                                                                                                                                                            |
| $F(X)$   | Utility factor built as a function of the utility $X$ of a product                                                                                                                           |
| $X$      | Utility of a product                                                                                                                                                                         |
| $L$      | Actual average lifetime of a product                                                                                                                                                         |
| $L_{av}$ | Average lifetime of an industry-average product of the same type                                                                                                                             |
| $U$      | Actual average number of functional units achieved during the use phase of a product                                                                                                         |
| $U_{av}$ | Average number of functional units achieved during the use phase of an industry-average product of the same type                                                                             |
| $MCI_P$  | Material Circularity Indicator of a product                                                                                                                                                  |
| $N_i$    | Normalising factor used to aggregate product-level MCIs using a weighted average approach; the index $i$ refers to a specific product range or department                                    |
| $MCI_C$  | Material Circularity Indicator of a company                                                                                                                                                  |

Figura 5: Variabili MCI corrispondenti ai fattori del prodotto considerati per il modello di calcolo

Per concludere la presentazione teorica di tale KPI è possibile riportare, attraverso specifici paragrafi, le motivazioni, i vantaggi e gli svantaggi che si possono riscontrare attraverso il suo utilizzo.

### 2.3.1.1 Motivazioni per l'utilizzo dell'MCI

Vi sono diverse ragioni solide per adottare l'MCI come strumento di valutazione della circolarità nelle strategie aziendali:

- **Conformità a normative e aspettative di mercato:** esso permette alle aziende di allinearsi con regolamenti e aspettative sempre più orientati alla sostenibilità.
- **Miglioramento della reputazione aziendale:** il suo utilizzo può rafforzare la percezione pubblica di un'azienda come sostenibile e responsabile.
- **Innovazione e competitività:** l'MCI stimola l'innovazione nel design di prodotti sostenibili, aiutando le aziende a ottenere vantaggi competitivi in un mercato sempre più attento alle pratiche sostenibili.
- **Riduzione dei costi a lungo termine:** adottare l'MCI supporta la riduzione dei costi operativi legati alla gestione dei materiali e dei rifiuti, promuovendo l'efficienza lungo l'intera catena del valore.

### 2.3.1.2 Vantaggi e svantaggi dell'utilizzo dell'MCI

L'utilizzo dell'MCI offre diversi vantaggi e alcuni limiti di applicazione, riportati di seguito.

Vantaggi:

- **Misurazione quantitativa della circolarità:** esso fornisce una valutazione oggettiva e numerica del livello di circolarità di un prodotto, aiutando le aziende a monitorare il loro impatto ambientale.
- **Standardizzazione e comparabilità:** essendo un indicatore riconosciuto a livello internazionale, l'MCI consente di confrontare le performance di circolarità tra diversi prodotti e aziende, promuovendo trasparenza e responsabilità.
- **Supporto alle decisioni strategiche:** facilita l'identificazione di opportunità per ridurre costi associati alla gestione dei rifiuti e all'approvvigionamento di materie prime, incentivando il design sostenibile.

- **Allineamento con le normative:** la sua adozione permette alle aziende di conformarsi meglio a normative e aspettative di mercato che favoriscono la sostenibilità, migliorando la reputazione aziendale.
- **Stimolo all'innovazione:** L'MCI incoraggia lo sviluppo di prodotti più circolari e sostenibili, con benefici a lungo termine in termini di efficienza operativa e riduzione dei costi.

Per quanto riguarda invece i limiti e gli svantaggi evidenziati nella sua applicazione:

- **Complessità di calcolo:** il calcolo richiede dati dettagliati e specifici, che possono essere difficili da ottenere e rilevare, soprattutto nelle fasi iniziali del ciclo di vita di un prodotto.
- **Valutazione ambientale limitata:** esso non considera direttamente altri impatti ambientali significativi, come le emissioni di gas serra o l'uso delle risorse idriche, limitando la valutazione complessiva della sostenibilità.
- **Flessibilità limitata:** La metodologia standardizzata dell'MCI può non adattarsi perfettamente a tutti i settori o contesti produttivi, riducendo la sua applicabilità e/o accuratezza in alcune situazioni specifiche.

### **Cap.3 CEPI Silos Spa, il caso**

In questo capitolo verrà presentata l'azienda oggetto del caso di studio, CEPI Spa. Sarà ripercorsa la storia dell'impresa e la rapida espansione degli ultimi anni. Successivamente verranno presentate alcune tipologie di prodotto e le attività di produzione presenti nello stabilimento di Forlì, soffermandosi sulle peculiarità, fornendo loro impianti estremamente personalizzati. In aggiunta vi sarà una prima descrizione del progetto e delle criticità che verranno affrontate, enfatizzando le problematiche che hanno portato alla realizzazione dell'elaborato.

### 3.1 Presentazione dell'azienda



*Figura 6: Logo CEPI*

CEPI è un'azienda a conduzione familiare fondata nel 1985 e con sede in Italia, specializzata nella progettazione, costruzione ed installazione di impianti per lo stoccaggio, il trasporto e il dosaggio di materie prime di origine alimentare o chimico, con integrazione di automazione avanzata e tecnologie applicabili a vari processi produttivi. Nel 2021 CEPI si trasferisce nella sede a La Selva, zona industriale di Forlì, e possiede attualmente un'area produttiva di 15000mq e più di 160 dipendenti.



*Figura 7: Sede CEPI situata a La Selva (FC)*

L'azienda opera a livello globale, coordinando le attività nel mercato asiatico attraverso i suoi uffici in Malesia e collaborando con una rete di partner locali distribuiti nei cinque continenti. Ciò le permette di vantare una lunga esperienza di collaborazione con le principali realtà dell'industria alimentare, distinguendosi per una visione orientata alla ricerca, alla personalizzazione e alla flessibilità fin dall'inizio della sua attività.

La missione di CEPI si estende oltre il semplice assemblaggio di macchinari, ma punta alla realizzazione di impianti chiavi in mano che coprono l'intero ciclo produttivo, dallo stoccaggio al

dosaggio delle materie prime. Risulta quindi essenziale lo sviluppo di soluzioni specializzate per rispondere alle esigenze diversificate e in costante evoluzione a livello globale, e ciò è reso possibile dalla sala prove e prototipazione di 240 mq. Le tecnologie progettate sono finalizzate a preservare le proprietà organolettiche degli alimenti, minimizzando al contempo il consumo di energia e materiali.

CEPI adotta un approccio olistico, considerando l'intero impianto come il proprio prodotto e la personalizzazione come il proprio servizio distintivo. Tale filosofia si estende alla vasta gamma di servizi offerti dall'azienda, che spaziano dall'analisi di processo e prodotto, con particolare attenzione alla gestione dell'igiene e della sicurezza, al supporto tecno-alimentare, alla progettazione meccanica ed elettronica, arrivando fino alla produzione diretta, installazione, avviamento ed assistenza. Ogni fase del progetto è gestita internamente, garantendo continuità nelle operazioni e un supporto globale, con l'obiettivo di costruire relazioni durature per progetti duraturi nel tempo.

Grazie ai tanti anni di esperienza CEPI ha consegnato circa 4800 impianti nel mondo, offre quindi una conoscenza approfondita delle materie prime, dei contesti ambientali e dei mercati, supportata da una continua attività di ricerca che contribuisce allo sviluppo di oltre 300 impianti ogni anno.

### 3.2 Prodotti CEPI

Per meglio comprendere l'operato dell'azienda e l'analisi dei materiali che verrà trattata nel prossimo capitolo, occorre presentare alcuni esempi di prodotto, i più comuni, e descriverne le funzioni.

Come specificato in precedenza, CEPI consegna come prodotto finito un impianto chiavi in mano e costruito sulle basi delle esigenze del cliente, dunque la flessibilità di progettazione viene definita come importante componente di servizio. Caratteristica fondamentale di tale servizio è che spesso un impianto da consegnare deve adattarsi e lavorare sinergicamente con altri impianti, o porzioni di essi, già presenti in casa del cliente, richiedendo dunque uno studio ad hoc per ogni specifico caso.



## TURN-KEY SYSTEMS

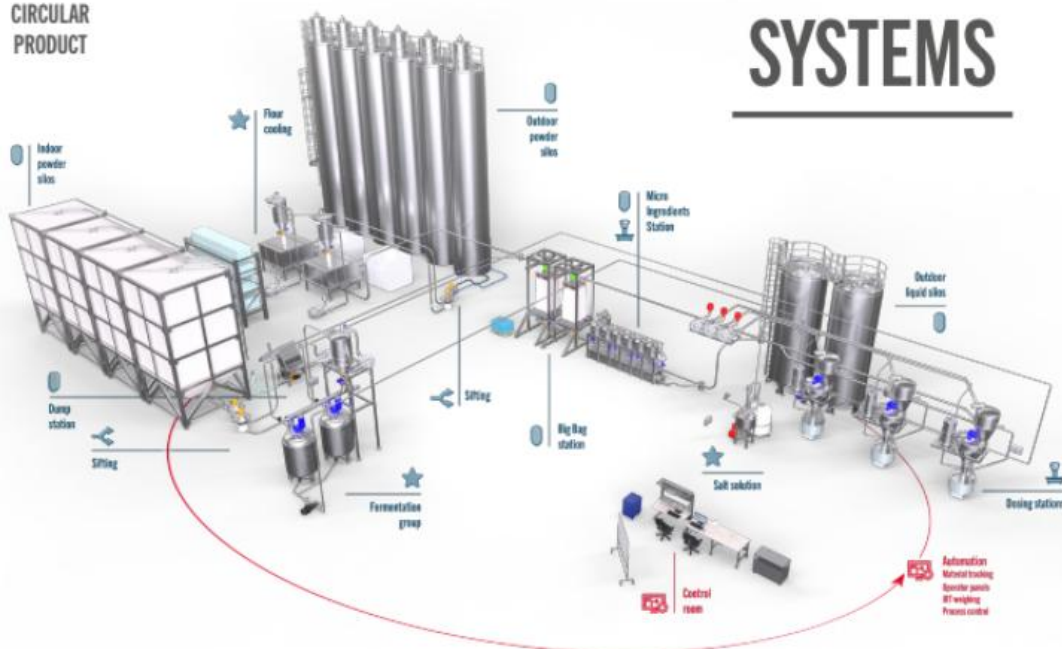


Figura 8: Generico impianto completo con stoccaggio, trasporto, dosaggio e componenti speciali

Entriamo ora nel dettaglio delle caratteristiche del prodotto, come distinzione risulta utile individuare quattro macrocategorie composte sulla base della propria funzione primaria:

- 1- **Stoccaggio**=> a sua volta può essere suddiviso in base a diversi fattori, come il tipo e la dimensione del materiale stoccato e/o se si tratta di stoccaggio in ambiente interno o esterno;
- 2- **Trasporto**=> anche in questo caso è possibile effettuare una distinzione in base al materiale da trasportare e per tipo di trasporto, pneumatico e meccanico;
- 3- **Dosaggio**=> essenziale distinguere per tipo e dimensione dei materiali dosati e tipo di dosaggio richiesto, continuo o batch;
- 4- **Speciale**=> possiede una funzione particolare e specifica per il processo produttivo del cliente.

L'intero impianto è inoltre gestito, interconnesso e monitorato da sistemi di automazione integrata con controllo remoto e tracciabilità delle fasi di processo, i quali consentono una facile supervisione delle operazioni e delle diverse fasi da seguire, come ad esempio i sistemi di pesatura e dosaggio di precisione in tempo reale.

Di seguito vengono presentati alcuni dei prodotti<sup>5</sup>, divisi per categoria, i quali si evidenziano come più presenti nell'analisi dei materiali che verrà trattata ed approfondita nel capitolo successivo.

### 3.2.1 Prodotti per lo stoccaggio

#### **GLOBOSILO**

Silos per esterni in acciaio inossidabile, utile per lo stoccaggio di macro-ingredienti. L'estrazione può essere con cono vibrante o letto fluido per lo scarico completo e cronologico del prodotto stoccato. Possono essere equipaggiati con sistema anticondensa per il controllo e la regolazione della temperatura interna, e sistemi di isolamento o essiccazione in accordo con prodotto in stoccaggio o nel caso di particolari condizioni metereologiche.



*Figura 9: Globosilo CEPI per lo stoccaggio esterno di ingredienti alimentari*

---

<sup>5</sup> Le immagini riportate sono reperibili su <https://www.cepisilos.com/it/>.

## SILBOX

Silos per interni in acciaio inox o alluminio, modulari ed estensibili per avere massima flessibilità nello stoccaggio di tutti gli sfarinati ed ingredienti in polvere. Può essere dotato di letto fluido per uno svuotamento completo del prodotto con logica first in first out (FIFO), assicurando anche piena tracciabilità del prodotto e massima efficienza nella gestione dei rifiuti. L'estrazione di prodotti abrasivi come zucchero e sale è gestita con cono vibrante. Sono disponibili versioni speciali per cous-cous e pasta corta.



*Figura 10: Gruppo di Silbox CEPI*

### 3.2.2 Sistemi di trasporto

Il trasporto pneumatico, di prodotti in polvere e granulari, avviene in aspirazione o compressione a bassa pressione o base densa, a differenza del trasporto meccanico che sfrutta sistemi quali coclee, nastri e catene. Le pompe centrifughe e volumetriche, invece, vengono utilizzate per prodotti liquidi.

Per quanto riguarda le vie di trasporto, vengono utilizzate tubazioni in acciaio inox, con la possibilità di essere coibentate o riscaldate per particolari esigenze di temperatura.

Elementi fondamentali sono inseriti lungo le diverse vie di trasporto per permettere il corretto funzionamento dell'impianto, per proteggere da esplosioni ed evitare contaminazioni di ciò che viene movimentato, vediamo alcuni esempi di seguito:

#### **DEVIATORE LIFT**

Deviatore per la separazione di linee di trasporto pneumatico, a passaggio integrato con vie separate per evitare contaminazioni di prodotto e parte a contatto in acciaio inox. Adatto a tutti i tipi di polveri. Sfrutta un sistema ad aria compressa per permettere il movimento della camera interna, di conseguenza permette la separazione delle vie durante il trasporto.



*Figura 11: Deviatore Lift CEPI*

## VALVOLA STELLARE

Componente di estrazione e chiusura che garantisce tenuta a pressioni fino a 1.5 bar. Essa nel trasporto garantisce nessuna fuoriuscita e nessuna perdita di carico. Adatta a tutte le polveri e ai prodotti abrasivi grazie alla guarnizione in gomma antiabrasiva di lunga durata. Corpo in ghisa verniciata, disco in acciaio inox, attuatore pneumatico a doppio effetto e finecorsa induttivi. Temperatura di esercizio fino a 100°C.

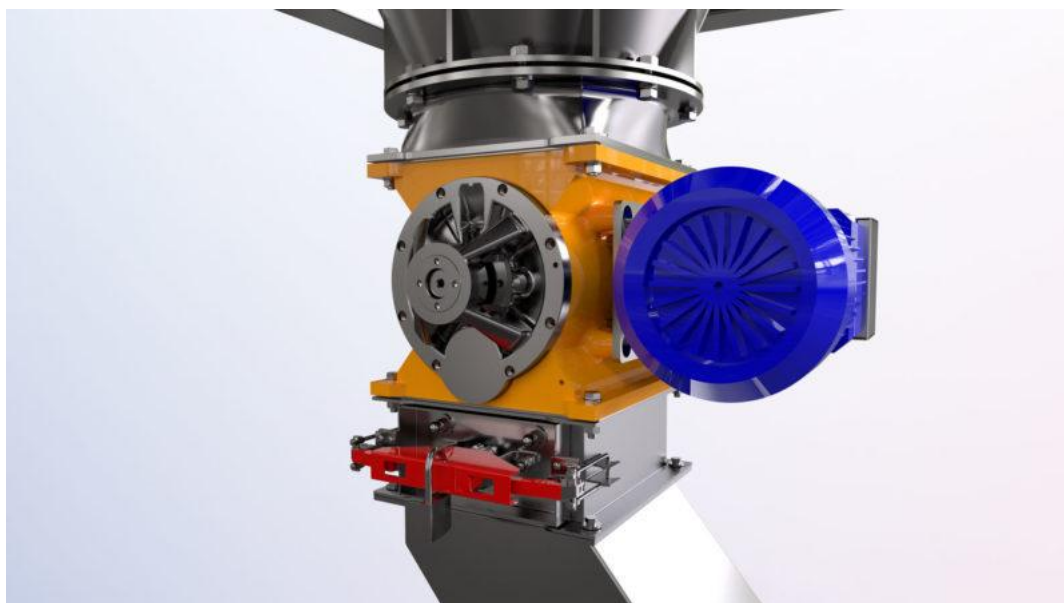


Figura 12: Valvola stellare CEPI

### 3.2.3 Sistemi di dosaggio

CEPI offre una vasta gamma di soluzioni per il dosaggio dei materiali sfusi, progettate per garantire precisione, efficienza e automazione nei processi di produzione. Il sistema di dosaggio può essere applicato a vari tipi di materiali, dai solidi ai liquidi, e copre le esigenze di piccole e grandi quantità. Il dosaggio può essere di diverse tipologie: ponderale, volumetrico, in perdita di peso o in continuo. Come quasi ogni elemento dell'intero impianto il processo di dosaggio è gestito da un sistema di automazione integrata coordinato da un pannello operatore per la gestione dei processi produttivi (con funzioni di ricetta, produzione, parametrizzazione prodotti e bilance). Il prodotto più comune per il dosaggio è la **TRAMOGGIA**, presente in forme personalizzate a seconda delle richieste del cliente sulla base dell'utilizzo finale. Esse sono progettate per essere integrate con altri impianti, come silos, sistemi di trasporto pneumatico e linee di produzione, garantendo un flusso ottimale dei

materiali. Al fine di garantire resistenza alla corrosione, lunga durata e igiene sono costruite principalmente in acciaio inossidabile, caratteristica particolarmente importante in settori come quello alimentare, dove è essenziale mantenere standard igienici elevati.



*Figura 13: Gruppo tramogge CEPI per granulari*

### 3.3 Descrizione del caso

Nel 2023 CEPI Silos ha sviluppato una valutazione dei propri prodotti sfruttando il Material Circularity Indicator (MCI) in collaborazione con aziende consulenti specializzate (StudioFieschi e WarrantHub), con l'obiettivo di misurare il grado di circolarità dei propri impianti. Il MCI, come già descritto in precedenza, è un indicatore chiave sviluppato dalla Ellen MacArthur Foundation nell'ambito dell'economia circolare, il quale valuta l'efficienza con cui un prodotto utilizza risorse circolari, considerando la proporzione di materiali riciclati, la possibilità di riuso e riciclo, la quantità di materiali avviati allo smaltimento e altri parametri come la durabilità e l'intensità d'uso.

Nello specifico, l'analisi si è sviluppata considerando un impianto tipico di circa 14.000 kg, per il quale sono stati valutati una serie di parametri determinati dall'approccio metodologico e che influenzano direttamente il calcolo dell'MCI. La **frazione derivante da riciclo**, ovvero la percentuale di materiali riciclati presenti nel prodotto finale, rappresenta un aspetto fondamentale per migliorare la circolarità. Aumentare questa frazione consente di ridurre la dipendenza da materiali vergini, contribuendo così alla riduzione dell'impatto ambientale associato all'estrazione e alla lavorazione di nuove risorse. Tuttavia, la **quantità di materiale vergine** impiegata rimane una variabile critica, specialmente in settori dove il rispetto di norme e standard tecnici impone l'uso di determinati materiali per garantire sicurezza e performance. Il bilanciamento tra queste due componenti diviene essenziale per ottimizzare l'indice di circolarità, senza compromettere la qualità del prodotto.

Un altro parametro rilevante è la **frazione avviabile a riuso**, che si riferisce alla capacità del prodotto di essere riutilizzato in futuro, magari attraverso attività di manutenzione, riparazione o rifabbricazione. Questo aspetto rappresenta una leva strategica per allungare il ciclo di vita degli impianti e ridurre la necessità di nuovi prodotti, favorendo un modello di business basato sul "prodotto come servizio" o sulla vendita di prodotti rigenerati. Parallelamente, si valuta la **frazione avviabile a riciclo**, ossia la porzione del prodotto che, al termine del ciclo di vita, può essere recuperata e trasformata in nuove risorse. Migliorare l'efficienza di questo processo richiede non solo un'accurata progettazione del prodotto per facilitarne lo smontaggio e il riciclo, ma anche una rete di raccolta e trattamento dei materiali efficace.

Non trascurabile è l'**efficienza delle operazioni di riciclo**, la quale costituisce un altro fattore chiave per il calcolo dell'MCI. Essa indica la percentuale di materiali che, una volta avviati al riciclo, riescono effettivamente ad essere trasformati in nuove risorse utili, anziché disperdersi lungo il processo. Un'alta efficienza è indicativa di un sistema industriale ben progettato e capace di trasformare i rifiuti in risorse, minimizzando le perdite. L'efficienza può essere migliorata ottimizzando sia la qualità dei materiali riciclati che le tecnologie impiegate per la loro raccolta e trattamento.

Altri fattori di rilievo includono la **durabilità** del prodotto e la sua **durata media di settore**. La durabilità si riferisce alla capacità dell'impianto di mantenere le proprie prestazioni nel tempo, mentre la durata media di settore rappresenta il tempo medio stimato prima che un impianto venga sostituito o dismesso. In linea con i principi dell'economia circolare, allungare il ciclo di vita dei prodotti è fondamentale per ridurre l'impatto ambientale complessivo. Questo non solo evita l'uso di nuove risorse per la produzione, ma riduce anche i rifiuti generati.

Infine, l'**intensità d'uso** riguarda il modo in cui il prodotto viene utilizzato nel corso della sua vita. Un utilizzo intensivo e ben distribuito può massimizzare il valore estratto da un prodotto prima che raggiunga la fine del suo ciclo di vita, incrementando la circolarità. Questo parametro è particolarmente influenzato da fattori come la progettazione del prodotto per usi multipli o la sua adattabilità a diverse funzioni.

Di seguito viene riportata la base di calcolo e i valori calcolati degli indici appena descritti:

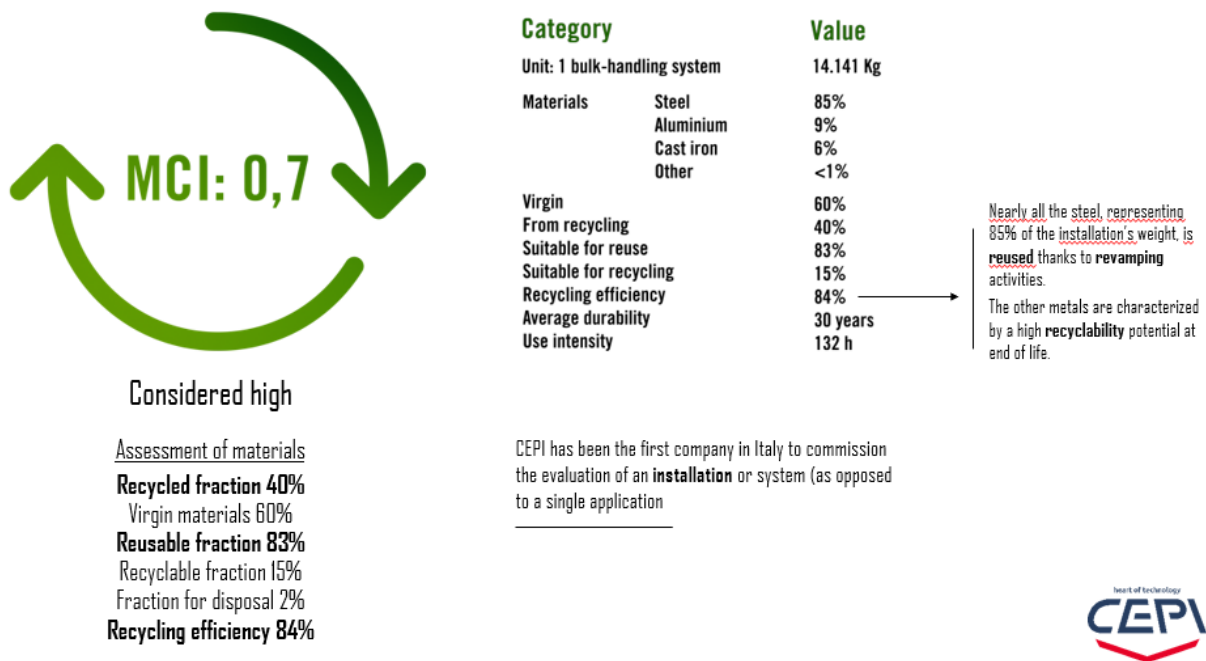


Figura 14: Report sul calcolo del Material Circularity Indicator (MCI) di un impianto CEPI

Dai risultati mostrati si evince che la valutazione iniziale presenta un livello di circolarità che, pur rappresentando un buon risultato per il settore, offre margini significativi di miglioramento. Pertanto, il presente studio si pone l'obiettivo di identificare strategie efficaci ed indicazioni pratiche per aumentare il valore dell'MCI dall'originale 0,7, migliorando la circolarità dei prodotti CEPI e integrando nelle future strategie aziendali soluzioni più sostenibili e circolari. La capacità di ridurre l'impatto ambientale attraverso un approccio olistico, che consideri tutte le variabili sopra descritte, consentirà all'azienda di distinguersi come esempio nell'adozione di pratiche industriali sostenibili e innovative.

## Cap.4 Studio della situazione AS-IS

Nel capitolo che segue, si affronta in prima istanza l'analisi dei parametri utilizzati per il calcolo dell'MCI (Material Circularity Indicator) al fine di comprendere quali giocano effettivamente un ruolo cruciale nell'aumentare la circolarità degli impianti CEPI. Si esaminano allo stato attuale i materiali ed i componenti chiave utilizzati nella produzione, concentrandosi in particolare sull'uso dell'acciaio AISI 304 e sul miglioramento dell'avviabilità a riciclo. Il capitolo si conclude con un'analisi dettagliata delle proprietà dell'acciaio AISI 304 ed evidenziando l'importanza di ridurre gli scarti, al fine di promuovere un ciclo produttivo più sostenibile.

## 4.1 Analisi dei parametri dell'MCI

È stato presentato nel precedente capitolo il punto di partenza del progetto da seguire, ovvero capire come aumentare il risultato di calcolo dell'MCI e di conseguenza la circolarità degli impianti CEPI. Come prima cosa risulta essenziale comprendere a fondo quali siano i valori maggiormente incidenti nel calcolo e, da questi, decidere quali siano effettivamente migliorabili con pratiche sostenibili per l'azienda.

Al fine di migliorare l'accuratezza di tale analisi, è stato fondamentale il colloquio ed il supporto del Relationship Manager di Warrant Hub, il Dottor Paolo Neri, e del Dottor Giordano Mancini, entrambi coinvolti nel progetto di CEPI del 2023. Essi hanno fornito il materiale ed i fogli di calcolo impiegati<sup>6</sup>, offrendo il loro supporto nella comprensione dei temi e delle criticità sviluppate nel calcolo "originale" dell'MCI.

A seguire, il processo di analisi inizia con una valutazione approfondita della composizione degli impianti, esaminando i materiali impiegati e le loro caratteristiche. È fondamentale comprendere quali parti dell'impianto sono costituite da materiali riciclati e quali, invece, derivano da fonti vergini, al fine di individuare aree di intervento per aumentare l'uso di risorse circolari. Successivamente, occorre analizzare la durabilità e la possibilità di riuso e riciclo di ciascun componente, nonché l'efficienza delle operazioni di riciclo, per stabilire come ottimizzare questi processi e ridurre le perdite.

Alla luce di queste considerazioni, si individuano principalmente due fattori su cui si può intervenire in maniera rapida ed efficace, essi sono: **l'impiego di materie prime riciclate** e **il miglioramento dell'avviabilità a riciclo**. In particolare, è consigliabile aumentare l'utilizzo di acciaio riciclato, in quanto dall'applicazione dell'MCI si evince che la frazione derivante da riciclo è solamente il 40%, valore che richiede un incremento. Ciò risulterebbe possibile cercando fornitori che garantiscano materiali di qualità ed ottimizzando la progettazione dei prodotti per facilitare lo smontaggio e la separazione dei materiali al termine del loro ciclo di vita, migliorando così la frazione avviabile a riciclo. Questi interventi, pur richiedendo un adattamento delle pratiche aziendali e della supply chain, possono portare a un significativo incremento dell'MCI, avvicinando CEPI agli obiettivi di sostenibilità e circolarità prefissati.

---

<sup>6</sup> Per motivi di privacy e sicurezza verranno presentate solamente porzioni di tali materiali nei paragrafi a seguire.

## 4.2 Analisi degli impianti e dei materiali

Come primo passaggio è stata condotta un'analisi considerando la natura altamente personalizzata degli impianti prodotti da CEPI, realizzati su specifica commissione del cliente, il che rende necessario un approccio metodologico dettagliato per la valutazione dei materiali e delle loro proprietà.

Sono stati quindi presi in esame come campione rappresentativo due impianti “completi” (ovvero non estensivi di impianti preesistenti, ma costruiti ad hoc per gestire un'intera linea produttiva) e già consegnati ai relativi clienti. La procedura di analisi si è così sviluppata attraverso vari passaggi distinti, ognuno finalizzato ad ottenere dati precisi ed affidabili relativi alla composizione degli impianti.

Come primo step, si è eseguita un'analisi dettagliata delle Distinte Basi (Bill of Materials, BOM), utilizzando il **software PLM<sup>7</sup> di RuleDesigner**, che ha permesso di ricostruire in modo sistematico l'architettura degli impianti. Partendo dal diagramma funzionale (vedi Figura 15) dell'impianto, il quale descrive la disposizione e il funzionamento dei diversi componenti, sono stati estrapolati i singoli elementi e le loro principali caratteristiche tecniche. Questo ha consentito di individuare le parti chiave dell'impianto, le loro specifiche dimensionali, i materiali che lo compongono e le funzioni operative.

Il secondo step ha previsto la ricerca e l'identificazione di tali componenti all'interno delle Distinte Basi della commessa, con particolare focus sui materiali che li compongono. Attraverso l'utilizzo e la costruzione di filtri specifici di peso e materiale, il software ha consentito di isolare immediatamente i dati rilevanti per la valutazione. Questo processo ha facilitato l'individuazione delle componenti più pesanti e delle relative percentuali di materiale rispetto alla massa totale dell'impianto.

Tuttavia, nel corso dell'analisi, è emerso che alcuni componenti, in particolare quelli di medio-piccole dimensioni, erano riportati a sistema con pesi errati, talvolta sbagliati per ordini di grandezza, o addirittura mancanti. Questa discrepanza è risultata frequente per pezzi particolari e raramente utilizzati nelle commesse, la cui presenza nei database aziendali non sempre corrispondeva alla realtà fisica. Per risolvere tali incongruenze, si è reso necessario procedere ad una pesatura manuale di questi

---

<sup>7</sup> il PLM (Product Lifecycle Management) è uno strumento strategico che permette di centralizzare tutte le informazioni legate al prodotto, migliorando la collaborazione tra i vari reparti aziendali coinvolti nello sviluppo e nella gestione del prodotto, particolarmente utile per la gestione di documenti tecnici.

**STAZIONE DI DOGGIOGIO**

| Descrizione    | Quantità | Unità |
|----------------|----------|-------|
| 1.000.000.000  | 1        | kg    |
| 2.000.000.000  | 2        | kg    |
| 3.000.000.000  | 3        | kg    |
| 4.000.000.000  | 4        | kg    |
| 5.000.000.000  | 5        | kg    |
| 6.000.000.000  | 6        | kg    |
| 7.000.000.000  | 7        | kg    |
| 8.000.000.000  | 8        | kg    |
| 9.000.000.000  | 9        | kg    |
| 10.000.000.000 | 10       | kg    |

**Q. ELET. + CANI**

**PLC**

**SCHMA FUNZIONALE D'IMPianto**

**LA FOLNICE DORRE LORANIE**

**LINEA 6**

**4648**

**51778**

40

Un ulteriore passaggio ha riguardato l'analisi specifica del sistema di trasporto all'interno degli impianti, costituito, nei campioni studiati, da tubazioni in **acciaio AISI 304** destinate al trasporto di materiali granulari. Questo sottosistema ha richiesto un approccio diverso, in quanto la lunghezza, il diametro e la densità dei materiali rivestono un ruolo fondamentale per determinare il peso totale. Le verghe standard, utilizzate per la realizzazione delle tubazioni, sono standardizzate con lunghezza pari a 6 metri e possiedono diametri nominali di 100, 80 o 60 mm, ma vengono spesso adattate tramite taglio e saldatura per soddisfare le esigenze del cliente.

Per calcolare il peso di queste tubazioni, si sono utilizzate le specifiche di progetto come altezza, larghezza, diametri esterni ed interni, che hanno permesso di determinare il volume dei componenti. Una volta ottenuti questi valori, grazie alla densità nota dell'acciaio AISI 304 (pari a 7900 kg/m<sup>3</sup>), è stato possibile applicare una semplice formula inversa per calcolare il peso effettivo delle tubazioni. Tale procedimento è stato utilizzato allo stesso modo per il calcolo del peso delle mensole di supporto del sistema di trasporto in quota, anch'esse interamente in acciaio AISI 304. Questa metodologia si è dunque rivelata particolarmente efficace per garantire una stima piuttosto precisa dei pesi delle componenti principali, in termini di peso, del sistema di trasporto.

| MACROMONENTE IMPIANTO        | SINGOLO COMP.                      | N°COMP. | PESO COMP. [Kg] | MATERIALE PRINCIPALE         |
|------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------|------------------------------|
|                              | Terminale di carico                | 1       | 7,25            | AISI 304                     |
|                              | Silo STX1 54.1mc                   | 1       | 1866,6          | Fe 360 B                     |
|                              | Saccone STX1 per farina            | 1       | 124,28          | Poliestere                   |
|                              | Cielo a 3 uscite $\phi$ 500        | 1       | 14,73           | AISI 304                     |
|                              | Curva 90° flangiata con asole      | 1       | 2,07            | AISI 304                     |
|                              | Valvola di sovrappressione 180x190 | 1       | 1,5             | AISI 304                     |
|                              | Porta sonda asta cielo             | 1       | 1,1             | AISI 304                     |
| GRUPPO SILO STX1 PER FARINA  | Sonda asta cielo                   | 1       | 4,45            | Alluminio e A2               |
|                              | Supporto a collare $\phi$ 100 STX1 | 1       | 1,44            | Fe 360 B                     |
|                              | Pesatura anti ribaltamento STX1    | 4       | 22,93           | HV200, HV450, Fe 360 B, Fe   |
|                              | Cono vibrante $\phi$ 1200          | 1       | 82,3            | AISI 304                     |
|                              | Controcono completo $\phi$ 700     | 1       | 20,21           | AISI 304                     |
|                              | Vibratore elettrico VS700          | 1       | 27,5            | Ghisa e materiale elettrico  |
|                              | Serranda manuale $\phi$ 250        | 1       | 4,57            | AISI 304                     |
|                              | Piccola componentistica            | 1       | 6,85            | HV200, HV450, A2, Alluminio  |
|                              | Tee con 2 tronchetti 3" $\phi$ 80  | 1       | 2,28            | AISI 304                     |
|                              | Valvola sfera autom. 3" DN80       | 2       | 11,74           | Gommide, Alluminio, Fe 360 B |
| INNESTO TEE COMPLETO         | Filtro Inox 3"                     | 1       | 1,1             | AISI 304                     |
|                              | Tronchetto 3"/Tubo $\phi$ 80 L150  | 1       | 0,87            | AISI 304                     |
|                              | Manicotto tubo $\phi$ 80           | 2       | 1,49            | AISI 430                     |
|                              | Raccordo a T con tubo PVC          | 1       | 0,035           | Ottone e PVC                 |
|                              | Corpo VST con fiancata             | 1       | 30,04           | Alluminio                    |
| VALVOLA STELLARE 11Lt. LINEA | Rotore con palette                 | 1       | 35,78           | AISI 304                     |
|                              | Riduzione VST completa $\phi$ 80   | 1       | 2,29            | AISI 304                     |
|                              | Piccola componentistica            | 1       | 0,35            | A2, Alluminio, PTFE          |
|                              | Telaio VBV 800                     | 1       | 14,07           | AISI 304                     |
|                              | Corpo VBV con tubi e flange        | 1       | 54,49           | AISI 304                     |
|                              | Tela VBV filo 0.6                  | 1       | 0.61            | AISI 304                     |

Figura 16: Porzione del foglio di calcolo dei pesi di un impianto oggetto di studio

Infine, l'insieme di questi passaggi ha fornito una panoramica completa e accurata sulla composizione dei materiali utilizzati per la realizzazione degli impianti analizzati, oltre che sul loro effettivo funzionamento, permettendo di stimare con precisione la percentuale di acciaio utilizzato rispetto al peso complessivo ed identificare eventuali margini di miglioramento in termini di efficienza dei materiali e sostenibilità. In particolare, come si evince dalle immagini sotto riportate, si comprende l'utilità di concentrare l'attenzione per il proseguimento del progetto su un tipo di materiale in particolare, ovvero l'**acciaio AISI 304**.

|                      |  |                   |  |                              |  |
|----------------------|--|-------------------|--|------------------------------|--|
| <b>TOTALE PESO</b>   |  |                   |  |                              |  |
| <b>3722,64</b>       |  |                   |  |                              |  |
| <b>PESO AISI 304</b> |  | <b>% AISI 304</b> |  |                              |  |
| <b>1125,97</b>       |  | <b>30,24</b>      |  |                              |  |
| <b>PESO Fe 360 B</b> |  | <b>% Fe 360 B</b> |  | <b>% AISI 304 e Fe 360 B</b> |  |
| <b>2201,54</b>       |  | <b>59,14</b>      |  | <b>89,39</b>                 |  |

Figura 17: Distribuzione percentuale dei pesi su un impianto di piccole dimensioni

#### 4.2.1 PLM di RuleDesigner

RuleDesigner, anche nome dell'azienda con sede a Ravenna, è una suite di applicazioni PLM completa e basata su web, progettata per offrire un ambiente di lavoro integrato. Essa consente agli utenti di creare, gestire, distribuire e utilizzare in modo collaborativo le informazioni di prodotto, coprendo tutte le fasi del suo ciclo di vita, dalla concezione fino ai servizi post-vendita, permettendo alle aziende di ridurre la complessità organizzativa e migliorare la produttività aziendale.

In quanto soluzione modulare, gli strumenti offerti da RuleDesigner possono essere utilizzati singolarmente o in combinazione, rispondendo così alle esigenze delle diverse funzioni aziendali. Tra queste vi sono il marketing, la gestione degli ordini di lavoro e dei progetti, la gestione dei dati di prodotto (PDM), la gestione della struttura del prodotto, la gestione delle relazioni con clienti e partner, nonché la gestione dei ricambi. RuleDesigner è inoltre in grado di creare configurazioni di prodotto generando geometrie CAD, distinte base (BOM), documenti e automatizzando i processi rappresentando quindi una soluzione flessibile, rapida da implementare e semplice da configurare.

In definitiva, tale sistema si configura come una console aziendale in grado di interagire con i sistemi già implementati all'interno di un'organizzazione, supportando la collaborazione e la condivisione delle informazioni tra tutti i reparti aziendali.

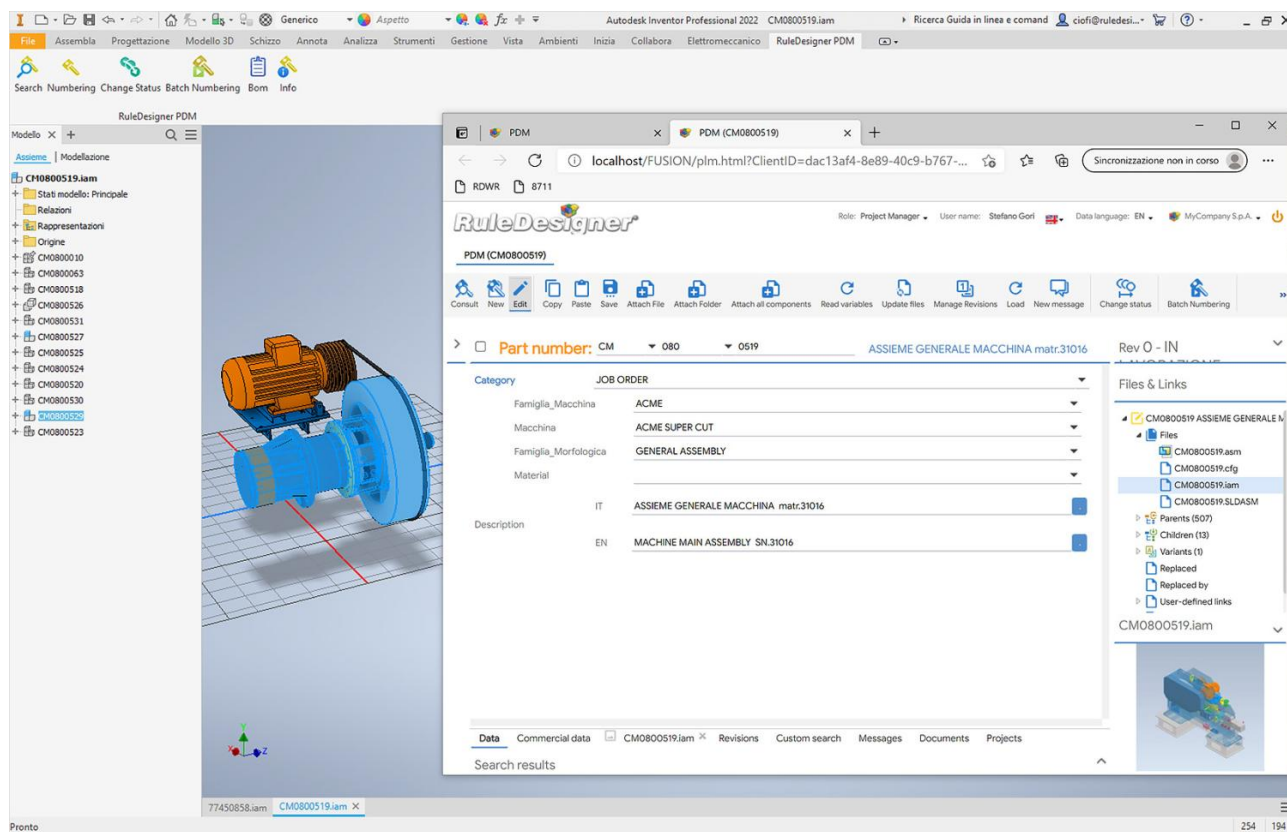


Figura 18: Interfaccia di RuleDesigner durante la visualizzazione della BOM di un componente

#### 4.2.2 Acciaio AISI 304

L'acciaio commercialmente conosciuto come AISI 304 prende il nome dalla sigla dell'American Iron and Steel Institute (AISI), ovvero l'ente che ha standardizzato la nomenclatura degli acciai inossidabili. Attraverso l'indice "304" si identifica una specifica lega amagnetica appartenente alla serie "300" degli acciai austenitici a basso tenore di Carbonio. Tale acciaio è composto prevalentemente da ferro, cromo (18-20%) e nichel (8-10.5%), con tracce di altri elementi, come manganese e silicio. Questa composizione chimica conferisce all'AISI 304 una notevole resistenza alla corrosione e stabilità a temperature elevate, rendendolo particolarmente adatto per applicazioni in ambienti aggressivi e per l'industria alimentare, chimica e farmaceutica (in linea con i settori di applicazione degli impianti CEPI).

Il processo di produzione prevede la fusione e la colata della lega seguita da trattamenti di laminazione a caldo e a freddo, più eventuali trattamenti superficiali, per conferire al materiale le proprietà strutturali desiderate, tra cui una buona duttilità e malleabilità di lavorazione. Dal punto di vista della lavorabilità, l'AISI 304 è quindi facilmente formabile e saldabile, rendendolo ideale per la realizzazione di componenti complessi tramite processi di lavorazione meccanica e formatura.

La sua versatilità ne fa uno dei materiali più utilizzati nel settore manifatturiero, con un'ampia domanda a livello globale. Il mercato dell'AISI 304 è dominato da settori quali l'automotive, l'edilizia, l'industria degli elettrodomestici e l'industria pesante, dove l'acciaio inossidabile è valorizzato per la sua lunga durata e resistenza.

In termini di sostenibilità, l'AISI 304 risulta particolarmente interessante, poiché è completamente riciclabile. L'acciaio inossidabile, infatti, può essere rifuso numerose volte senza perdere le sue caratteristiche strutturali, contribuendo a ridurre il consumo di risorse naturali e le emissioni di carbonio associate alla produzione di nuovo materiale. Risulta quindi particolarmente che il riciclo dell'acciaio AISI 304, unito alla crescente attenzione verso l'economia circolare, rappresenta un'opportunità significativa per promuovere pratiche sostenibili nell'industria e ridurre l'impatto ambientale.

Alla luce delle informazioni finora riportate, occorre fare delle osservazioni legate al progetto con CEPI:

- In primo luogo, va specificato che, per quanto riguarda alcune particolari commesse, i componenti d'impianto che sono stati valutati come prodotti in AISI 304 sono invece costruiti in AISI 316. Questa variante riguarda specifici impianti che servono per lo stoccaggio, movimentazione e dosaggio di prodotti particolarmente corrosivi, come sale o soluzioni chimiche. Poiché si tratta di casistiche non molto comuni, temi riguardanti tale tipologia di acciaio non verranno approfonditi nell'elaborato.
- Nella valutazione dei pesi riportata in Figura 17 si evidenzia una ingente percentuale, in termini di peso del materiale sul peso totale dell'impianto, di Fe360B. Esso rappresenta un acciaio al carbonio non legato, caratterizzato da una bassa percentuale di carbonio (circa 0.17%) e senza aggiunte significative di elementi come cromo o nichel. Queste caratteristiche lo rendono un acciaio più economico, ma meno resistente alla corrosione. Grazie al supporto dell'Ing. Marco Ricci, Direttore di Produzione in CEPI, si è evidenziato come anche questa

casistica risultasse rara e che, nella quasi totalità degli impianti prodotti e consegnati, al suo posto venisse utilizzato l'acciaio AISI 304.

#### 4.3 Trattamento degli sfridi

Nelle considerazioni conclusive del paragrafo 4.1 si parla di miglioramento dell'avviabilità a riciclo, tale punto va però descritto con maggiore dettaglio. Di seguito vengono quindi presentate le specifiche che servono per comprendere maggiormente il tema:

- 1) A livello macroscopico, l'avviabilità a riciclo di prodotti composti da una così alta percentuale di acciaio inossidabile risulta piuttosto elevata. Tuttavia, occorre concentrarsi anche sulla scomponibilità di tali prodotti, ovvero quanto risulta facile effettivamente suddividerli per tipologia materiale e di conseguenza poterli differenziare quando rifiuti. Su questo tema CEPI risulta, per caratteristiche di operato aziendale, ad un ottimo punto di partenza. Essa, infatti, fornisce impianti costruiti in maniera modulare con successivo assemblaggio per garantire grande flessibilità e favorire le attività di revamping (le quali sono fondamentali anche per estendere la durata di vita di un impianto). Occorre però precisare che gli impianti vengono venduti in praticamente tutto il mondo, risulta quindi praticamente impossibile parlare di avviabilità a riciclo effettiva quando si parla del fine vita di un prodotto CEPI. Risulta invece più semplice e corretto analizzare tale concetto dal punto di vista dei processi di lavorazione e assemblaggio dell'impianto, questo ragionamento porta al tema qui sotto descritto.
- 2) L'azienda esegue nella propria officina lavori di carpenteria, tra i quali taglio e trattamenti superficiali di lamine e tubi di acciaio, che producono sfridi che devono essere raccolti e differenziati. Questi sfridi, trattandosi quasi sempre di AISI 304, se correttamente raccolti offrono due diverse possibilità di trattamento. La prima consiste nella più comune vendita al rottamaio, il quale a sua volta o lo reimmette nel mercato come acciaio da fondere o lo fonde lui stesso, se provvisto di fucina. La seconda, più specifica e che richiede condizioni particolari di rapporto all'interno della propria supply chain, consiste nel far utilizzare il proprio sfrido per la produzione di pezzi specifici CEPI (in particolare vengono attualmente riformate le "Valvole a farfalla 250 CEPI"). In quest'ultimo modo si genererebbe un sistema circolare con zero scarti effettivi. Analizzando le bolle d'acquisto e di vendita al rottamaio è

stato possibile evidenziare la seguente suddivisione di trattamento dei rottami per quanto riguarda l'intero anno solare del 2023:

|                                                                         |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Quantità di rottame rivenduta [Kg]</b>                               | 22080 |
| <b>Quantità di rottame recuperata da acciaieria per pezzi CEPI [Kg]</b> | 1991  |
| <b>Quantità totale di rottame di AISI 304 raccolto [Kg]</b>             | 24071 |

Alla luce di quanto affermato fino ad ora, risulta evidente che, se si invertisse il trend del 2023, si genererebbe per CEPI un valore aggiunto sia economico, lo scarto attualmente viene venduto a circa 1 Euro/Kg e il riacquisto di coil d'acciaio si aggira intorno ai 3 Euro/Kg, sia dal punto di vista della sostenibilità, il rottame rientrerebbe sempre nel ciclo produttivo dell'azienda, eliminando completamente rifiuti da acciaio. Chiaramente il poter perseguire tale fine richiede lo sviluppo di rapporti di fiducia con rottamai in aree produttive limitrofe e dotati degli strumenti necessari a riformare i pezzi necessari.

## **Cap.5 Indagine sul mercato dell'acciaio: interviste e ricerca di soluzioni sostenibili**

Il capitolo che segue riprende inizialmente gli obiettivi della ricerca. Viene successivamente evidenziata l'importanza delle differenze tra i fornitori di CEPI e il loro operato. Questa analisi è fondamentale per contestualizzare le interviste condotte, dalle quali emergono informazioni di mercato significative, inclusa la presenza di prodotti in acciaio quasi interamente riciclato. Successivamente vi è un paragrafo dedicato ad una visita presso una delle aziende intervistate, il quale arricchisce la comprensione delle sfide e opportunità nel campo dell'industria siderurgica. Per concludere, viene presentato l'avvio ad un'indagine su ampia scala che ha l'obiettivo di raccogliere dati esaustivi inerenti alla produzione e alla vendita di acciaio ecosostenibile.

## 5.1 Presentazione dell'indagine di mercato

Nei capitoli precedenti sono stati esaminati nel dettaglio i principali aspetti del caso studio, selezionati per la loro rilevanza rispetto all'analisi e alla formulazione di ipotesi di miglioramento dell'indice di circolarità MCI applicabile agli impianti CEPI. Di seguito si riassumono i punti salienti:

- 1) **Avviabilità al riciclo e gestione degli sfridi:** È stato approfondito il tema relativo all'avviabilità a riciclo dei materiali, con particolare enfasi sulla gestione interna degli sfridi in acciaio di produzione. Come discusso in precedenza, il focus principale è stato posto sul riciclo "in house", considerato più facilmente implementabile rispetto al riciclo a fine vita dei materiali degli impianti, i quali sono caratterizzati da una notevole dislocazione geografica (ogni paese può infatti differire per regole e leggi riguardanti la separazione e il riciclo dei materiali). Questo approccio interno permette una gestione ottimizzata e una maggiore controllabilità del processo di selezione e di riciclo dei rottami, rispetto alla complessità logistica e operativa derivante dalla gestione di componenti alla fine del loro ciclo di vita.
- 2) **Materiali critici per la circolarità, con focus sull'acciaio AISI 304:** È emerso con chiarezza che uno dei materiali chiave su cui intervenire per migliorare l'indice di circolarità degli impianti è l'acciaio AISI 304. La scelta di concentrarsi su questo materiale deriva dalla sua preponderante presenza nei componenti degli impianti analizzati. I dati forniti da WarrantHub e Studio Fieschi, attraverso fogli di calcolo accurati, hanno rivelato che solo il 40% dell'acciaio impiegato per la produzione deriva da rottami riciclati, mentre il restante 60% è costituito da materiale vergine. Questo dato risulta particolarmente sorprendente se si considera l'elevato potenziale di riciclabilità dell'acciaio AISI 304, caratteristica che lo rende teoricamente ideale per un approccio più circolare e sostenibile alla gestione dei materiali.

Il presente capitolo si pone quindi l'obiettivo di approfondire le cause che hanno portato ad un contenuto così ridotto di acciaio riciclato nei prodotti CEPI. A tal fine, verrà condotta un'analisi sistematica che includerà una valutazione della catena di fornitura e una dettagliata indagine di mercato volta a individuare materiali alternativi con migliori performance dal punto di vista della sostenibilità, in particolar modo in termini di contenuto di rottame riciclato nella sua produzione. Questo percorso sarà supportato da una serie di interviste realizzate con attori chiave della supply chain, operanti a vari livelli dimensionali e settoriali, i quali hanno fornito contributi essenziali per la comprensione del problema e per l'identificazione di soluzioni concrete in termini di acciai ecocompatibili.

L'obiettivo finale è quello di offrire una panoramica critica e propositiva sulle strategie da adottare per incrementare l'uso dei materiali riciclati, promuovendo così un'ulteriore evoluzione verso una gestione circolare ed efficiente degli impianti CEPI.

## 5.2 Motivazioni ed analisi preliminare

Per comprendere meglio il ragionamento che verrà sviluppato e per contestualizzare le interviste che seguiranno nei prossimi paragrafi, è necessario chiarire rapidamente il modo in cui CEPI si relaziona ai produttori o distributori di prodotti in acciaio, come coil, profilati o lamiere. L'approccio di CEPI varia sostanzialmente in base alla tipologia di prodotto da acquistare e alle quantità richieste, offrendo due principali opzioni operative:

- 1) **Centri di Servizio:** Agiscono come intermediari tra produttori di acciaio e clienti finali, fornendo una gamma di servizi indispensabili. Essi offrono operazioni di taglio, lavorazione e finitura di lamiere, nastri o tubi d'acciaio, adattando il prodotto alle specifiche tecniche richieste dal cliente. Inoltre, gestiscono lo stoccaggio e la distribuzione dei prodotti siderurgici, con l'obiettivo di ottimizzare la logistica e ridurre i tempi di consegna. Un altro servizio chiave è la consulenza tecnica su materiali e trattamenti, che aiuta il cliente a selezionare e adattare il prodotto in base alle proprie esigenze specifiche. In sintesi, i centri di servizio permettono alle aziende di accedere a prodotti su misura, migliorando l'efficienza della supply chain e facilitando l'approvvigionamento di prodotti lavorati, riducendo così la complessità operativa e i tempi di risposta.
- 2) **Acciaierie/Produttori:** In quanto produttori diretti, svolgono un ruolo essenziale in tutta la filiera. Le loro funzioni principali comprendono innanzitutto l'approvvigionamento delle materie prime, come ferro, cromo, nichel e altri elementi in lega necessari per la produzione dell'acciaio inossidabile AISI 304, con particolare attenzione alla gestione dei costi delle materie prime. Il processo produttivo utilizza forni di fusione (ad esempio forni elettrici ad arco), attraverso cui le materie prime vengono fuse e trasformate in acciaio inossidabile, seguito da trattamenti termici, laminazione ed eventuali finiture, come la spazzolatura o la lucidatura. Oltre alla produzione, le acciaierie sono responsabili della distribuzione, spesso in collaborazione con centri di servizio o magazzini regionali, per garantire un flusso continuo

di prodotti e minimizzare i tempi di attesa per i clienti. Un altro aspetto cruciale è il controllo della qualità, che avviene attraverso test rigorosi sulla composizione chimica e le proprietà meccaniche dell'acciaio, per assicurare che il prodotto finale soddisfi le specifiche richieste. Infine, esse adottano spesso pratiche di sostenibilità, come il riciclo dei rottami di acciaio e l'ottimizzazione dell'efficienza energetica, riducendo così l'impatto ambientale della produzione.

Il prezzo di vendita dell'acciaio varia naturalmente in funzione del tipo di prodotto acquistato e delle lavorazioni richieste: tendenzialmente più lavorazioni comporta, maggiore sarà il costo. Tuttavia, ragionando in termini verosimili, il prodotto maggiormente trattato da CEPI risulta essere il **coil in acciaio inossidabile AISI 304**, il cui prezzo, in condizioni di mercato stabili, si aggira intorno ai 3 euro/Kg. Questo valore dipende ovviamente dalla disponibilità del prodotto, dai costi delle materie prime e dal valore dei rottami, tutti fattori che possono variare significativamente.

Alla luce di quanto appena descritto, è possibile ora analizzare le ragioni che hanno determinato il basso contenuto di acciaio proveniente da rottami riciclati negli impianti CEPI. Dall'analisi dei dati presenti nei fogli di calcolo dell'MCI emerge che gli acquisti di acciaio effettuati risalgono prevalentemente al 2022. Approfondendo la questione con Monia Vittori, Responsabile dell'Ufficio Acquisti, e osservando gli ordini d'acquisto di coil in AISI 304 relativi a quel periodo, è emersa una chiara disparità geografica tra i fornitori. I dati mostrano una predominanza di ordini provenienti da zone asiatiche, chiaramente visibili nella Figura 19<sup>8</sup>.

| Aziende                                        | Quantità  | % riciclato |            | Dato da letteratura | % riciclato completa |
|------------------------------------------------|-----------|-------------|------------|---------------------|----------------------|
|                                                | 255.555   | 94%         |            |                     | 94%                  |
|                                                | 122.815   | 28%         |            |                     | 28%                  |
|                                                | 161.423   | Letteratura | Cina       | 21,90%              | 22%                  |
|                                                | 117.608   | Letteratura | Vietnam    | 21,90%              | 22%                  |
|                                                | 479.315   | Letteratura | Cina       | 21,90%              | 22%                  |
|                                                | 30.215    | 90%         |            |                     | 90%                  |
|                                                | 24.890    | 66%         |            |                     | 66%                  |
|                                                | 56.281    | 83%         |            |                     | 83%                  |
|                                                | 3.846     | Letteratura | Europa + F | 49,65%              | 50%                  |
|                                                | 4.922     | ND          | Europa     | 58%                 | 58%                  |
|                                                | 21.720    | 50%         |            |                     | 50%                  |
|                                                | 5.024     | ND          | Europa     | 58%                 | 58%                  |
|                                                | 28.980    | 95%         |            |                     | 95%                  |
|                                                | 1.312.593 |             |            |                     |                      |
| Media pesata<br>contenuto di riciclato<br>CEPI | 44%       |             |            |                     |                      |

Figura 19: Calcolo della quantità di materiale riciclato in un impianto CEPI

Durante quel particolare contesto storico, l'incertezza sulla disponibilità dei materiali, legata agli effetti della pandemia di Covid-19, ha avuto un impatto notevole sul settore industriale dell'acciaio.

<sup>8</sup> Il nome delle aziende è stato oscurato per motivi di privacy.

Tale incertezza ha provocato un significativo aumento dei prezzi delle materie prime, con picchi che hanno superato il doppio dell'attuale prezzo di vendita. Questo scenario ha spinto le aziende a rivolgersi a fornitori asiatici, poiché il mercato asiatico aveva mantenuto prezzi più competitivi.

Tuttavia, questa tendenza ha comportato alcune conseguenze negative, tra cui il forte decremento del consumo di acciaio prodotto in Europa e, più specificamente, una netta riduzione dell'utilizzo di rottami riciclati. È chiaramente visibile dai dati mostrati che, all'interno del mercato europeo, si ha una media di oltre il 75% di contenuto di rottame. Il mercato asiatico, invece, è caratterizzato da una produzione meno regolamentata rispetto a quella europea e si basa ancora fortemente sull'estrazione del minerale di ferro, con conseguente produzione di acciaio ad alto contenuto di materia prima vergine.

### 5.3 Interviste dirette

Questa prima fase di interviste ha avuto l'obiettivo di analizzare, comprendere e successivamente quantificare come la porzione di mercato rilevante, con particolare attenzione alla supply chain a monte di CEPI, sia cambiata in maniera "fisiologica", ovvero senza l'applicazione di interventi mirati, rispetto al contesto storico del 2022. L'analisi si concentra quindi su mutamenti naturali e spontanei del mercato, dovuti a fattori esogeni o endogeni, in un periodo di riferimento caratterizzato da diverse turbolenze economiche e di approvvigionamento.

Le interviste condotte in questa prima fase sono di natura diretta, basate su un contatto personale con l'intervistato, sia in modalità presenziale sia tramite videochiamate su piattaforme digitali ampiamente utilizzate (ad esempio, Microsoft Teams o Google Meet). Si tratta inoltre di interviste semi-strutturate, le quali seguono una traccia di domande prestabilite per garantire una certa coerenza nei temi trattati, ma che lasciano al tempo stesso spazio a domande integrative ed alla possibilità di esplorare ulteriori argomenti emersi durante la conversazione. Questo approccio flessibile permette di raccogliere informazioni più approfondite e di cogliere sfumature che potrebbero non essere rilevate in un contesto di intervista strettamente strutturata.

La realizzazione delle interviste è stata resa possibile grazie al supporto della Communications Manager e Sustainability Strategy Coordinator di CEPI, Stefania Montalti, la quale ha partecipato attivamente a tutte le sessioni. La sua presenza ha garantito una comprensione approfondita delle

dinamiche interne dell'organizzazione e ha facilitato il dialogo con gli interlocutori, arricchendo il processo di raccolta dei dati.

Le interviste sono state condotte con aziende direttamente collegate a CEPI, nello specifico trattasi di due centri di servizio ed una multinazionale del settore siderurgico. Le aziende intervistate sono state accuratamente selezionate per il loro ruolo rilevante nella supply chain di CEPI, in particolar modo nel mercato dell'acciaio inossidabile, e per la loro capacità di fornire un quadro esaustivo delle dinamiche operative e gestionali del settore. Di seguito viene fornita una breve descrizione delle tre realtà aziendali coinvolte:

- 1) **Oiki Acciai Inossidabili S.p.A.:** Si tratta di un centro di servizio con sede a Parma, attivo da oltre cinquanta anni nel settore dell'acciaio inossidabile. L'azienda si distingue per la sua lunga esperienza e la sua specializzazione nelle lavorazioni di questo materiale, fornendo un ampio ventaglio di prodotti e servizi ad alto valore aggiunto. Nel corso del progetto, verrà approfondita ulteriormente l'esperienza di questa azienda, in particolare nel Paragrafo 5.4, poiché è stata anche organizzata una visita presso la loro sede operativa. All'intervista ha partecipato il Sig. Stefano Bavutti, Area Manager di Oiki, il quale ha offerto preziosi spunti sulla gestione operativa e commerciale della società.
- 2) **Lasa Metalli S.p.A.:** Fondata a Modena nel 1961, Lasa Metalli si è affermata inizialmente come fornitore specializzato per il settore artigianale e industriale della provincia modenese. Nel corso degli anni, l'azienda ha ampliato la propria presenza territoriale, estendendo il proprio servizio a numerose città limitrofe e diversificando la propria offerta per rispondere alle esigenze di un mercato in continua evoluzione. Lasa Metalli si è strutturata in più divisioni specialistiche, operanti nei segmenti dell'acciaio ferroso, acciaio inossidabile e alluminio, oltre ad altri settori di nicchia come pannelli coibentati, policarbonati, e utensileria professionale. Negli ultimi anni, seguendo una strategia di continua innovazione, ha investito risorse significative per offrire lavorazioni aggiuntive all'interno del proprio centro servizi, quali taglio, spianatura e satinatura. L'intervista è stata condotta con il Sig. Luca Gambetti, Funzionario vendite, che ha fornito dettagli sulla politica aziendale orientata al servizio e sulla gestione dei clienti industriali.
- 3) **Outokumpu:** Outokumpu è una multinazionale finlandese che rappresenta uno dei principali leader mondiali nella produzione di acciaio inossidabile. Fondata nel 1910, l'azienda ha origini minerarie, concentrandosi inizialmente sull'estrazione di rame dalla miniera di Outokumpu, dalla quale prende il nome. Nel corso del XX secolo, Outokumpu ha ampliato

progressivamente il proprio core business, evolvendosi in uno dei più importanti produttori di acciaio inossidabile a livello globale, grazie a una serie di acquisizioni strategiche, tra cui l'integrazione della divisione acciai inossidabili di Thyssenkrupp nel 2012. Oggi, l'azienda è impegnata nello sviluppo di soluzioni sostenibili, con particolare attenzione alla riduzione dell'impatto ambientale nella produzione di acciaio. La partecipazione del Sig. Gabriele Severi all'intervista, Rappresentante vendite Emilia-Romagna, Toscana e Marche presso Outokumpu srl, ha fornito un punto di vista globale sulle dinamiche di un grande gruppo industriale e sulla sostenibilità nel settore siderurgico.

Dopo aver presentato il contesto aziendale e settoriale, si procederà ora a illustrare le domande poste durante le interviste e le risposte che emergono come particolarmente rilevanti per lo sviluppo del presente progetto. Questi contributi permetteranno di analizzare in profondità le pratiche gestionali e operative che contraddistinguono le aziende leader nel comparto dell'acciaio inossidabile.

### 5.3.1 Contenuto delle interviste

Prima di riportare i contenuti e i temi di maggior importanza affrontati nelle diverse interviste, occorre fare la seguente premessa: nessuna produzione in Europa prevede il solo utilizzo di materia prima vergine; quindi, di seguito con la denominazione "acciaio vergine" intenderemo il materiale con produzione standard e contenuto di rottame al di sotto del 80%.

- 1) Proprietà meccaniche:** Come differiscono le proprietà meccaniche dell'acciaio vergine rispetto a quelle dell'acciaio riciclato? Ci sono limitazioni nell'uso dell'acciaio riciclato in applicazioni specifiche?

Le proprietà meccaniche dell'acciaio riciclato sono equivalenti a quelle dell'acciaio vergine, in quanto il processo di riciclo non altera le caratteristiche fondamentali del materiale. Di conseguenza, non vi sono limitazioni in termini di applicazioni industriali o strutturali nell'utilizzo di acciaio riciclato. Infatti, le prestazioni meccaniche, quali la resistenza alla trazione, la duttilità, e la resilienza, rimangono invariate rispetto all'acciaio prodotto da materie prime vergini. Questo rende l'acciaio riciclato una scelta altamente sostenibile e tecnicamente valida, permettendo di ridurre significativamente l'impatto ambientale del ciclo produttivo senza compromettere la qualità o la

2) **Certificazioni:** La vostra azienda offre acciaio con certificazioni specifiche per il contenuto riciclato? In tal caso, quali certificazioni sono disponibili?

Diversamente, nel caso di Outokumpu, l'azienda offre una linea di prodotti specifica, denominata "Circle Green", caratterizzata da un contenuto particolarmente elevato di acciaio riciclato, oltre il 94%, e da una ridottissima impronta di carbonio, che è tra le più basse del settore. Per questa linea di prodotti, viene rilasciato un certificato dedicato che attesta sia l'alto contenuto di acciaio riciclato sia le ridotte emissioni di CO<sub>2</sub> associate al processo produttivo. Tale certificato rappresenta una garanzia di sostenibilità ambientale e viene presentato nella documentazione visibile nella Figura 20.

Figura 20: Certificato rilasciato da Outokumpu per l'acciaio Circle Green

**3) Disponibilità:** Qual è la disponibilità e quali sono i tempi di consegna di acciaio vergine e riciclato? Ci sono fluttuazioni stagionali o altre limitazioni che potrebbero influenzare i tempi di consegna nei due diversi casi?

Alle attuali condizioni di mercato, non si riscontrano problematiche significative riguardo la disponibilità di acciaio, sia esso vergine o riciclato. La domanda e l'offerta di entrambe le tipologie risultano essere sufficientemente stabili per rispondere alle esigenze del settore. Tuttavia, il mercato siderurgico è caratterizzato da una ciclicità che comporta fluttuazioni sia nella disponibilità che nei prezzi dei materiali. Tali variazioni possono ripercuotersi sui tempi di consegna, che risultano essere strettamente legati alla capacità produttiva delle acciaierie e all'andamento della domanda complessiva sul mercato. In particolare, nei periodi di maggiore richiesta, il carico di lavoro a monte della supply chain può aumentare, determinando un conseguente allungamento dei tempi di consegna.

Un caso peculiare riguarda i prodotti della linea Circle Green di Outokumpu, infatti, i tempi di consegna in questo caso risultano generalmente leggermente più lunghi rispetto a quelli richiesti per il coil tradizionale. Tale differenza temporale è dovuta principalmente alla specificità del processo produttivo, che richiede una maggiore attenzione al rispetto degli elevati standard di sostenibilità. Tuttavia, l'interesse crescente da parte dei clienti verso materiali a basso impatto ambientale, come quelli offerti dalla linea Circle Green, sta progressivamente contribuendo ad una riduzione dei tempi di approvvigionamento, grazie all'ottimizzazione dei processi interni all'azienda. Attualmente, i tempi medi di consegna per questi prodotti si attestano intorno alle 7-8 settimane, ma la tendenza verso una maggiore domanda potrebbe portare a una loro ulteriore riduzione in futuro.

**4) Quantità minime d'ordine:** Quali sono le quantità minime d'ordine per l'acciaio vergine e riciclato? Ci sono differenze tra i due? Quali sono i relativi prezzi?

Oiki e Lasa Metalli si interfacciano regolarmente anche con aziende di piccole dimensioni, offrendo spesso lavorazioni personalizzate in base alle esigenze specifiche dei clienti. Proprio per questa ragione, non esiste una quantità minima d'ordine predefinita in termini generali, poiché essa dipende strettamente dal tipo di prodotto richiesto e dalle lavorazioni necessarie. Nel caso specifico dei coil di acciaio AISI 304, il prezzo medio si aggira intorno ai 3000 euro per tonnellata, anche se tale valore varia a seconda delle dimensioni standard del coil, come larghezza e spessore, e del peso, che solitamente si aggira nell'ordine delle tonnellate.

Un altro fattore che incide sul costo è il tipo di laminazione alla quale l'acciaio è stato sottoposto. Generalmente, l'acciaio laminato a caldo presenta un costo di produzione inferiore rispetto a quello

laminato a freddo, poiché il processo di laminazione a caldo è meno complesso, richiede meno lavorazioni aggiuntive e presenta una finitura estetica meno raffinata. Tutto ciò si traduce in un prezzo di vendita più basso rispetto all'acciaio laminato a freddo, che invece offre una maggiore precisione dimensionale e una migliore qualità superficiale.

Nel caso dei prodotti innovativi di Outokumpu, come la linea Circle Green, le dinamiche di acquisto sono differenti. A causa della sua innovatività e della sua attuale diffusione limitata sul mercato, è necessario ordinare quantità superiori rispetto ai materiali tradizionali e ad un prezzo aumentato di circa il 10%. Nello specifico, per acquistare il materiale Circle Green, è richiesto l'acquisto del mother coil, che ha un peso di circa 20 tonnellate per larghezza 1250 mm, 24 tonnellate per larghezza 1500 mm e 21 tonnellate per larghezza 2000 mm. Al momento, non è possibile ordinare quantità ridotte, come i 500 kg per spessore comunemente richiesti per il materiale ordinario, poiché la produzione del Circle Green richiede processi e logistiche differenti rispetto ai coil standard.

In conclusione, le interviste condotte hanno fornito una comprensione più approfondita dei meccanismi di approvvigionamento all'interno della supply chain dell'acciaio inossidabile. Allo stesso tempo, hanno consentito di analizzare in modo dettagliato le differenze nell'approccio alla sostenibilità tra un'azienda produttrice, come un'acciaieria, e il ruolo che gli intermediari, rappresentati dai centri di servizio, assumono nel contesto della medesima filiera. Inoltre, le interviste hanno portato alla scoperta di prodotti innovativi, come la linea Circle Green, i quali, se implementati nei processi produttivi di CEPI, potrebbero contribuire significativamente all'incremento dell'indice di circolarità degli impianti, migliorando sia le prestazioni ambientali che la competitività dell'azienda nel lungo termine.

#### 5.4 Oiki Acciai Inossidabili Spa

In data 31 luglio 2024, si è svolta, su invito, una visita presso Oiki, finalizzata ad ottenere una comprensione più approfondita delle dinamiche operative e delle funzioni svolte da un'impresa con tali caratteristiche dimensionali e di mercato. Inizialmente, è stato realizzato un colloquio conoscitivo con Giovanni Bettuzzi, Direttore di Amministrazione Finanza e Controllo, nonché membro del Consiglio di Amministrazione. Durante questo incontro, sono stati ripresi e approfonditi i temi già

trattati nell'intervista con l'Area Manager, Stefano Bavutti, focalizzandosi, in particolare, sulla sostenibilità e sulle implicazioni che la sua implementazione comporta per le aziende europee.



*Figura 21: Vista dall'alto dello stabilimento di Oiki Acciai Inossidabili Spa*

È emersa una riflessione sulla complessità che deve affrontare un'impresa operante in questo settore, costretta a conformarsi a rigide normative sui prezzi ed a standard di produzione specifici, sia dal punto di vista ambientale che della sicurezza. Tali requisiti pongono l'azienda in una posizione sfavorevole rispetto a mercati, come quello asiatico, che godono di maggiore libertà di movimento e, di conseguenza, sono in grado di ridurre i prezzi rendendo i loro prodotti più competitivi rispetto a quelli fabbricati in Europa. Nonostante l'esistenza di dazi e penali volti a limitare l'importazione e a sostenere lo sviluppo del mercato europeo, spesso questi strumenti si rivelano insufficienti al contrasto di questa dinamica competitiva. Questa pressione di mercato ha contribuito a una contrazione del consumo di acciaio inossidabile prodotto in Europa, che nel 2023 ha registrato un calo superiore all'8%, seguito da una estremamente lieve ripresa nel 2024. Successivamente, si è svolto un tour dell'area produttiva, durante il quale sono state illustrate le operazioni delle macchine spianatrici e le specifiche fasi di correzione necessarie per la spianatura di un coil di AISI 304. È stata poi presentata la procedura di taglio a cesoia, evidenziando il sistema di raccolta dei rifiuti generati, i quali vengono successivamente venduti per essere reimmessi nel ciclo produttivo. Infine, sono stati mostrati diversi trattamenti superficiali, tra cui la spazzolatura e la fioritura, evidenziando come queste tecniche influenzino significativamente l'aspetto del prodotto finale, migliorandone sia l'estetica che le proprietà funzionali.



Figura 22: Macchina spianatrice in funzione

## 5.5 Indagine compilativa estesa

La serie di interviste precedentemente descritta ha costituito un'importante opportunità per facilitare un dialogo significativo, consentendo non solo di rispondere a domande specifiche, ma anche di esplorare ed approfondire temi e riflessioni che potrebbero non essere stati considerati in un contesto di questionario standardizzato. Questo approccio ha garantito un significativo grado di libertà espressiva agli intervistati, il che ha contribuito ad ottenere una comprensione più sfumata e complessa delle dinamiche operative all'interno del mercato di CEPI. Tuttavia, è essenziale notare che tale modalità di intervista è stata realizzabile esclusivamente con un numero limitato di fornitori, ciascuno dei quali ha una connessione diretta e consolidata CEPI.

Questo ragionamento ci conduce a considerare una seconda fase di interviste, che si propone di ampliare notevolmente il campione di intervistati. L'obiettivo di questa nuova fase è quello di includere una varietà più ampia di attori, non limitandosi ai fornitori già coinvolti, ma estendendosi anche a produttori di acciaio inossidabile al di fuori del contesto europeo. Questa espansione non solo arricchirà il corpus di dati raccolti, ma offrirà anche una visione globale e comparativa delle pratiche e delle sfide affrontate da produttori di acciaio inossidabile in contesti differenti, contribuendo così ad una più profonda analisi delle tendenze del mercato e delle opportunità emergenti.

In tal modo, si auspica che l'inclusione di queste diverse prospettive possa fornire un quadro più completo e integrato, essenziale per la formulazione di strategie efficaci e sostenibili per CEPI e per l'intero settore dell'acciaio inossidabile.

5.5.1 Scelta degli intervistati

Il primo e fondamentale passaggio nell'ambito della presente ricerca consiste nella selezione del campione di intervistati. A tal fine, è stato intrapreso uno studio preliminare delle bolle d'acquisto emesse da CEPI negli anni 2023 e 2024. Questo studio preliminare si configura come essenziale, in quanto ha il duplice scopo di supportare l'analisi in due direzioni principali:

- 1) Come precedentemente evidenziato, l'indice MCI, rispetto al valore iniziale di 0.7, ha probabilmente registrato un incremento "fisiologico" attribuibile ad una progressiva evoluzione del settore verso una produzione maggiormente sostenibile e controllata. Tale evoluzione è stata favorita anche dalla cessazione delle turbolenze produttive causate dalla pandemia di Covid-19, che ha permesso approvvigionamenti presso fornitori di acciaio con maggiore contenuto proveniente da riciclo. Lo studio dei certificati d'acquisto, integrato con i dati che emergeranno dalle risposte alla survey, consentirà di stimare con maggiore precisione l'entità dell'aumento della **frazione derivante dal riciclo**, una delle variabili chiave nel calcolo del MCI.
- 2) Le bolle d'acquisto permettono di risalire all'origine del produttore del lotto di acciaio inossidabile, fornendo un quadro completo delle fonti di approvvigionamento. Saranno proprio questi produttori a fornire i dati necessari per completare l'analisi e garantire una raccolta dati esaustiva.

Di seguito viene illustrato il calcolo dei quantitativi di coil di AISI 304 acquistati nel corso del 2023 e nei primi quattro mesi del 2024:

|           | 2023     | 2024    |
|-----------|----------|---------|
| Qtà 20/10 | 16175 Kg |         |
| Qtà 25/10 | 16302 Kg | 7980 Kg |

|                  |           |          |
|------------------|-----------|----------|
| <b>Qtà 30/10</b> | 31860 Kg  | 20120 Kg |
| <b>Qtà 40/10</b> | 19620 Kg  | 12085 Kg |
| <b>Qtà 50/10</b> | 24580 Kg  |          |
| <b>TOTALE</b>    | 108537 Kg | 40185 Kg |

Dall'analisi dei quantitativi acquistati è emerso che, nel corso del 2023, circa la metà del volume complessivo di coil acquisiti proveniva da impianti produttivi situati in Europa. Tuttavia, nel primo quadrimestre del 2024 si è osservata una significativa inversione di tendenza, con la quasi totalità degli acquisti risultanti di produzione europea, ad eccezione di un singolo ordine riguardante un coil di dimensioni 3x1500 mm (spessore e larghezza rispettivamente), proveniente da un'acciaieria ubicata in Malesia.

Successivamente, sono stati identificati e selezionati i principali produttori che saranno coinvolti nella fase successiva di raccolta dati, attraverso la somministrazione della survey appositamente sviluppata e descritta nel paragrafo seguente. Considerando che molti di questi produttori sono grandi aziende con numerose sedi dislocate su scala globale, si è proceduto ad una selezione mirata delle sedi da contattare. Tale selezione è stata condotta con l'obiettivo di ottenere dati che riflettano la più ampia distribuzione geografica possibile, al fine di garantire una rappresentatività adeguata delle diverse aree di produzione e dei contesti locali in cui operano queste imprese. Questo approccio consente di cogliere eventuali differenze tra le varie regioni produttive, offrendo così una visione più completa e dettagliata delle dinamiche del settore a livello globale.

### 5.5.2 Sviluppo della survey

L'ultimo passaggio del progetto ha richiesto la scelta di un canale comunicativo che fosse semplice da gestire, diretto e in grado di consentire una tracciabilità rapida ed efficiente dei dati e delle risposte ottenute. Per rispondere a tali esigenze, è stato deciso di collaborare con una realtà specializzata nella comunicazione sostenibile, la GoodCom Srl.

GoodCom Srl è un'agenzia italiana, con sede in provincia di Macerata, specializzata in comunicazione etica e sostenibile, che si propone di aiutare aziende ed organizzazioni a sviluppare una comunicazione efficace, rispettando valori legati alla sostenibilità sociale, ambientale e relazionale.

L'azienda collabora con imprese commerciali e organizzazioni di volontariato per elaborare strategie comunicative che valorizzino i contenuti e massimizzino l'impatto delle iniziative sostenibili. Essa si distingue per un approccio creativo e multidisciplinare, che integra branding, visual design, comunicazione digitale e social media. Tra i servizi offerti vi sono la consulenza strategica, la realizzazione di progetti comunicativi inclusivi e il supporto nella gestione della comunicazione aziendale attraverso un team composto da professionisti con background in diversi settori.

Tale collaborazione, guidata dal CEO Alessandra Mallamo, si è rivelata particolarmente preziosa nel processo di sviluppo della survey. Grazie alla sua esperienza, è stato possibile strutturare un questionario caratterizzato da domande mirate, capaci di ottenere risposte efficaci e dirette, garantendo al contempo l'accuratezza e la rilevanza dei dati raccolti. Questo ha permesso di massimizzare l'efficienza della raccolta dati, assicurando che il processo fosse coerente con gli obiettivi del progetto e che le informazioni ottenute fossero di elevata qualità.

La survey è stata introdotta attraverso un messaggio sintetico e mirato, volto a comunicare al destinatario in maniera chiara e immediata le motivazioni alla base del suo sviluppo. L'obiettivo principale di tale comunicazione era fornire all'intervistato una spiegazione concisa riguardo l'importanza della raccolta dati, con particolare riferimento al tema della circolazione di acciaio sostenibile.

---

## COMMUNICATION OF SUSTAINABILITY

Cepi S.p.A. is conducting a survey in order to improve our collaboration with our steel suppliers, to better map our steel supply chain and to enhance knowledge about the sustainability and circularity of our plants. We kindly ask you to take a few minutes to fill in the following questionnaire. It is important to note that all steels contain a portion of scrap; by "recycled steel" we mean those products containing more than 80% scrap. Your answers will help us better understand your work and improve our supply processes.

Thank you for your cooperation.

*Figura 23: Introduzione esplicativa della survey distribuita*

Attraverso l'impiego di domande specificamente concepite, di cui un esempio esplicativo è riportato nelle immagini seguenti, si intende raccogliere informazioni relative alle percentuali di rottame riciclato effettivamente coinvolto nel processo produttivo. Allo stesso tempo, la si cerca di sondare la conoscenza e l'applicazione di nuovi prodotti che rispondano ai criteri di sostenibilità ricercati da CEPI. Questo approccio strutturato consentirà di ottenere dati utili non solo per comprendere le attuali

dinamiche di produzione, ma anche per individuare eventuali margini di miglioramento nel settore della produzione sostenibile, contribuendo così al raggiungimento di obiettivi più ampi in termini di innovazione e sviluppo sostenibile.

**What's the difference between the production cost of recycled steel compared to virgin steel? \***

- ☐ Recycled cost is lower than virgin material
- ☐ Cost is 2-10% higher
- ☐ Cost is 10-20% higher
- ☐ Cost is 20-30% higher
- ☐ Cost is over 30% higher

**How much stainless steel can you supply monthly? (Focus on AISI 304 and 316) \***

- ☒ Less than 100 tons
- ☐ 100-250 tons
- ☐ 250-500 tons
- ☐ Over 500 tons

*Figura 24: Esempi di domande presenti nella survey distribuita*

## Conclusione

Il capitolo conclusivo ha l'obiettivo di riassumere i principali risultati e contributi emersi dal caso studio trattato. L'elaborato si è concentrato sull'analisi della circolarità dei materiali e sull'implementazione di soluzioni sostenibili negli impianti industriali prodotti dall'azienda CEPI Silos Spa. In particolare, l'adozione del Material Circularity Indicator (MCI), sviluppato dalla Ellen MacArthur Foundation, ha rappresentato lo strumento metodologico centrale per misurare e migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse all'interno dell'impresa. L'analisi preliminare sui materiali utilizzati in produzione ha evidenziato come l'acciaio inossidabile AISI 304 risulti essere uno dei principali materiali impiegati da CEPI e come il suo potenziale di riciclabilità, nonostante i progressi, non sia ancora pienamente sfruttato.

Uno degli aspetti fondamentali emersi è la necessità di aumentare la frazione di acciaio riciclato impiegato nella produzione, attualmente inferiore alle sue reali possibilità. L'analisi della catena di fornitura e l'indagine di mercato hanno permesso di evidenziare non solo i margini di miglioramento nella scelta dei fornitori, ma anche le opportunità legate alla creazione di sinergie con aziende specializzate nel recupero e riciclo degli scarti. A questo proposito, la gestione degli sfridi di acciaio, generati durante le lavorazioni in area produttiva, offre un chiaro esempio di come le pratiche interne di raccolta e riutilizzo dei materiali possano essere ottimizzate, consentendo un impatto positivo sia in termini economici che ambientali.

Sebbene l'attenzione crescente verso pratiche sostenibili stia diventando una priorità per molte aziende, perseguire tali obiettivi non è esente da difficoltà. L'integrazione di materiali riciclati e l'adozione di pratiche di economia circolare possono incontrare barriere legate ai costi iniziali, alla disponibilità di materie prime sostenibili e alla complessità di modificare processi consolidati. In aggiunta, l'incertezza normativa e la volatilità del mercato delle materie prime, in particolare quelle derivanti da processi di riciclo, possono rappresentare un ulteriore ostacolo per le imprese che cercano di bilanciare sostenibilità ambientale e competitività economica. È in questo contesto che l'approccio proattivo di CEPI risulta cruciale, mirando non solo a ridurre l'impatto ambientale, ma volto anche a sviluppare una resilienza strategica all'interno di un mercato in continua evoluzione.

Le interviste condotte, attraverso modalità differenti, con attori del settore siderurgico, selezionati attraverso apposita diversificazione di caratteristiche dimensionali e dislocazione geografica, hanno contribuito ad identificare nuove strategie di approvvigionamento di acciaio inossidabile con un maggior contenuto di materiale riciclato, in linea con gli obiettivi di sostenibilità perseguiti

dall'azienda. Infine, lo studio ha messo in luce come l'approccio olistico alla circolarità dei materiali, integrando processi interni di progettazione, produzione e gestione dei rifiuti, rappresenti un percorso essenziale per CEPI nel rafforzare il proprio impegno verso la sostenibilità ambientale e il miglioramento delle performance economiche, attraverso la creazione di valore aggiunto per i clienti.

In conclusione, l'esperienza di tirocinio e la stesura dell'elaborato hanno permesso di approfondire numerose tematiche e competenze, comunicative ed informatiche, che risulteranno di fondamentale importanza nel futuro, nonché la capacità di lavorare in un contesto stimolante ed in rapido sviluppo.

## Bibliografia e Sitografia

- Leuk, J. K. L., Shek, C. H., & Lo, K. H. (2018). *Stainless Steels: An Introduction and Their Recent Developments*. Bentham Books.
- Webster, K. (2017). *The Circular Economy: A Wealth of Flows* (2nd ed.). Ellen MacArthur Foundation Publishing.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380.
- Lacy, P., Rutqvist, J., & Lamonica, B. (2016). *Circular economy: Dallo spreco al valore*. Egea.
- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545-558.
- Astone, F. (2024, 4 Giugno). *Assofermet: Acciaio inox e CBAM*. Industria Italiana. <https://www.industriaitaliana.it/assofermet-acciaio-inox-cbam/>
- Neri, P. (2023, 2 Febbraio). *Allungare la vita degli impianti produttivi*. Digigreen. <https://www.digigreen.it/2023/02/02/allungare-la-vita-degli-impianti-produttivi/>
- Mitchell, P., & Stall, R. (2021, 20 Luglio). *Five actions to improve the sustainability of steel*. Ernst & Young. [https://www.ey.com/en\\_gl/energy-resources-mes/five-actions-to-improve-the-sustainability-of-steel](https://www.ey.com/en_gl/energy-resources-mes/five-actions-to-improve-the-sustainability-of-steel)
- **Ellen MacArthur Foundation. (2015).** *Circularity indicators: An approach to measuring circularity*. Recuperato da <https://ellenmacarthurfoundation.org>
- [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)
- [www.visualcapitalist.com](http://www.visualcapitalist.com)

- [www.ruledesigner.com](http://www.ruledesigner.com)
- [www.siderweb.com](http://www.siderweb.com)
- [www.cepisilos.com](http://www.cepisilos.com)
- [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)
- [www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)
- [www.oiki.com](http://www.oiki.com)
- [www.lasametalli.com](http://www.lasametalli.com)
- [www.goodcom.it](http://www.goodcom.it)

