



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

"ECONOMIA CIRCOLARE NEL SETTORE SIDERURGICO"

RELATORE:

CH.MA PROF.SSA DE MARCHI VALENTINA

LAUREANDA: ALICE MILAN

MATRICOLA N. 1138224

ANNO ACCADEMICO 2018 – 2019

INDICE

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1 – ECONOMIA CIRCOLARE	8
1.1. PASSAGGIO DAL SISTEMA ECONOMICO LINEARE AL SISTEMA ECONOMICO CIRCOLARE	8
1.2. ECONOMIA CIRCOLARE E PRINCIPI FONDAMENTALI	10
1.3. LA CREAZIONE DEL VALORE NELL’ECONOMIA CIRCOLARE	12
1.4. VANTAGGI DELL’APPLICAZIONE DEL MODELLO ECONOMICO CIRCOLARE	14
CAPITOLO 2 – SETTORE SIDERURGICO E SOSTENIBILITÀ	17
2.1 IL MERCATO DELL’ACCIAIO	17
2.2 L’APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL’ECONOMIA CIRCOLARE NEL CONTESTO DELL’ACCIAIO	19
2.3 IL RUOLO DELLE ASSOCIAZIONI DI CATEGORIA A SUPPORTO DELLA DIFFUSIONE DELL’ECONOMIA CIRCOLARE	21
2.4 DIRETTRICI DI SVILUPPO PROMOSSE DALLE ISTITUZIONI EUROPEE	24
CAPITOLO 3 – L’ECONOMIA ITALIANA NEL SETTORE SIDERURGICO	27
3.1 IL SETTORE SIDERURGICO IN ITALIA	27
3.2 LA PERFORMANCE AMBIENTALE DEL SETTORE SIDERURGICO ITALIANO	30
3.2.1 MINIMIZZAZIONE DEL CONSUMO DI MATERIE PRIME	30
3.2.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA	31
3.2.3 TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE	32
3.2.4 GESTIONE DEI RIFIUTI	32
3.2.5 GESTIONE DELLE RISORSE ENERGETICHE	33
3.3 CASI AZIENDALI	34
3.3.1 AFV ACCIAIERIE BELTRAME	35
3.3.2 PITTINI GROUP	36
CONCLUSIONE	39
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	42

INTRODUZIONE

I cambiamenti che si stanno manifestando nel nostro Pianeta derivano in buona parte dall'impatto generato dalle attività umane nei confronti degli ecosistemi, che spesso provocano un'alterazione degli equilibri naturali presenti, rendendo così necessaria l'adozione di approcci alternativi rispetto a quelli da sempre utilizzati, basati sul soddisfacimento dei desideri potenzialmente infiniti che caratterizzano l'istinto umano. Le azioni umane si sviluppano a seguito delle spinte motivazionali che hanno come obiettivo la soddisfazione di un desiderio che, una volta realizzato, ne lascia spazio ad un altro e così all'infinito. Questo tipo di istinto ha, in origine, fatto adottare alle aziende operanti nei sistemi economici un modello di tipo lineare, basato sull'utilizzo degli input, con il fine di generare un output in grado di far fronte alle necessità che hanno dato inizio al processo. Tuttavia, questo tipo di approccio presenta oggi delle inefficienze che rendono necessario il passaggio ad un'altra tipologia di modello, basato sulla generazione di un circuito chiuso in cui gli sprechi vengono ridotti e in cui viene esteso il ciclo di vita dei prodotti.

Nel primo capitolo vengono presentate le inefficienze che stanno portando sempre più al passaggio da un sistema economico lineare verso un modello di Economia Circolare, attraverso un'analisi dei principi e dei criteri fondamentali di applicazione, e con in seguito un approfondimento sui vantaggi che i sistemi economici possono trarre attraverso l'applicazione di questo approccio.

Nel secondo capitolo viene focalizzata l'attenzione su uno dei settori meglio in grado di provvedere al riutilizzo delle risorse e alla generazione di un sistema chiuso senza sprechi, il settore siderurgico. Vengono approfondite le caratteristiche del mercato dell'acciaio, con particolare attenzione ai suoi diversi ambiti di applicazione, per poi analizzare le modalità attraverso le quali il settore riesce ad applicare i principi dell'Economia Circolare, in particolare vengono descritte le cosiddette 4R, elaborate dalla World Steel Association, una delle più autorevoli organizzazioni mondiali, con lo scopo di promuovere lo sviluppo sostenibile nel settore siderurgico.

Infine, nel terzo capitolo, viene riportato l'andamento attuale, a livello mondiale e italiano, che sta caratterizzando il settore dell'acciaio negli ultimi anni, per poi passare ad un'analisi dettagliata riguardante la performance ambientale delle imprese italiane in materia di minimizzazione del consumo di materie prime, riduzione delle emissioni in atmosfera, tutela della risorsa idrica, gestione dei residui e delle risorse energetiche. Per concludere, vengono analizzati alcuni dei progetti adottati, in materia di Economia Circolare, da parte di due aziende

emblematiche del Nord Italia, che stanno impiegando modelli di sviluppo orientati alla sostenibilità ambientale e alla riduzione dei residui che si generano nei processi produttivi, il gruppo AFV Acciaierie Beltrame, di Vicenza e il Gruppo Pittini, con sede principale a Udine.

CAPITOLO 1 - ECONOMIA CIRCOLARE

Il modello di crescita economica che ha caratterizzato gli ultimi 150 anni di storia viene definito come il modello economico lineare *take-make-dispose*, basato sull'utilizzo di risorse ed energia, ritenute tradizionalmente disponibili in quantità illimitate. Tuttavia, nel corso degli ultimi decenni, è aumentato l'interesse nei confronti di un modello alternativo, quello dell'Economia Circolare, capace di autorigenerarsi attraverso il riutilizzo dei materiali in successivi cicli produttivi e riducendo al minimo gli sprechi.

1.1 PASSAGGIO DAL SISTEMA ECONOMICO LINEARE AL SISTEMA ECONOMICO CIRCOLARE

“L'inquinamento è una forma di spreco economico, che implica l'utilizzo non necessario, inefficiente o incompleto di risorse. Spesso le emissioni sono un segnale di inefficienza, e impongono a un'organizzazione il compimento di attività che non generano valore, quali la gestione, lo stoccaggio e lo smaltimento dei rifiuti prodotti. Alla base di sforzi di riduzione degli sprechi e di massimizzazione del profitto vi sono alcuni principi comuni, quali l'uso efficiente degli input, la sostituzione dei materiali, e la minimizzazione delle attività non necessarie” (Porter 1995 in Iraldo & Bruschi, p.4).

Porter, con questo pensiero, ha concettualizzato il modello economico lineare, secondo il quale le aziende estraggono gli input, ritenuti disponibili in quantità illimitate, li trasformano utilizzando lavoro ed energia in output, i quali vengono poi distribuiti ai consumatori che, una volta utilizzati, procedono allo smaltimento e all'eliminazione degli scarti e degli stessi prodotti.

Secondo l'approccio *take-make-dispose*, i flussi di materia ed energia persi sotto forma di residui di produzione, le emissioni in atmosfera o le perdite di calore che si manifestano durante i processi produttivi, sono inefficienze che generano esternalità negative per l'ambiente e la società.

Questo modello, che pone alla base l'illimitatezza delle risorse, si sta rivelando sempre meno adatto alle dinamiche evolutive attuali a livello globale, reso evidente attraverso l'analisi di alcuni dati significativi riguardanti: la scarsità delle materie prime, la produzione di rifiuti, l'instabilità economica e i danni provocati all'ecosistema.

Per quanto riguarda la scarsità delle risorse, secondo le stime riportate dalla Ellen MacArthur Foundation (2013), sono state introdotte nel sistema economico circa 65 miliardi di tonnellate di materie prime nel 2010 e si prevede l'aumento di queste fino a circa 82 miliardi di tonnellate nel 2020. Nel lungo periodo, questo andamento determinerà un inevitabile aumento della difficoltà di reperimento di tali risorse, che diventeranno sempre meno abbondanti generando un conseguente aumento dei prezzi.

Come dimostra uno studio effettuato dall'Osservatorio sulla Green Economy dell'Università Bocconi (Iraldo & Bruschi, 2015), i prezzi reali dei beni prodotti e delle risorse primarie, incluse quelle naturali, hanno subito un incremento pari a quasi il 150% fra il 2002 e il 2010, inoltre è stato stimato che alcune fondamentali risorse per l'industria quali oro, argento, tungsteno, iridio e altri, rischiano di terminare, se non si provvede ad una ridefinizione delle modalità di sfruttamento e di utilizzo.

Con riferimento alla produzione di rifiuti, è emerso nella ricerca svolta dalla Ellen MacArthur Foundation (2013), che solo il 40% dei 65 miliardi di tonnellate di materiali introdotti nel sistema produttivo, sono stati recuperati alla fine del loro ciclo di vita. Ciò genera una inevitabile perdita delle risorse, le quali potrebbero essere state riutilizzare più efficientemente all'interno del sistema, in vista anche del problema della scarsità illustrata precedentemente.

L'instabilità economica che ha caratterizzato l'ultimo decennio, risulta evidente osservando la volatilità dei prezzi e delle merci come riportato dal McKinsey Commodity Price Index 2011 che ha osservato come i prezzi di cibo, prodotti agricoli per il consumo non umano, metalli ed energia sono aumentati più velocemente di sempre negli ultimi anni. Tale volatilità è stata determinata da una serie di fattori riconducibili anche alla necessità di utilizzo di tecnologie più avanzate per poter accedere ai giacimenti minerali, in quanto la maggior parte di quelli di facile accesso si stanno esaurendo (Curcuruto et al., 2018).

Un ulteriore aspetto da analizzare, riguarda i danni provocati agli ecosistemi naturali, resi evidenti dai dati dell'associazione no profit, Global Footprint Network¹, che ha calcolato il numero di giorni dell'anno che la bio-capacità terrestre riesce a provvedere all'impronta ecologica umana. L'Earth Overshoot Day del 2019 si è manifestato il 29 luglio, come giorno in cui la popolazione ha consumato il budget totale delle risorse naturali disponibili per l'intero anno. Il costante superamento della bio-capacità della Terra, che continua ad avvenire nel corso

¹ www.footprintnetwork.org

degli anni, genera delle inevitabili conseguenze come la distruzione degli ecosistemi, l'estinzione delle specie viventi più a rischio, ma anche l'aumento del carbonio nell'atmosfera.

Di rilevante importanza è, inoltre, l'analisi riferita all'aumento demografico in previsione per i prossimi anni; dallo studio effettuato dalla McKinsey Global Institute riportato dalla Ellen MacArthur Foundation (2013), è stato previsto un aumento della popolazione di tre miliardi in più rispetto agli attuali 7,5 miliardi circa, entro il 2030. Questo aumento caratterizzerà principalmente la popolazione della classe media dei paesi della regione Asia-Pacifico, e avrà un impatto negativo sull'utilizzo delle risorse naturali che risultano essere già scarse.

Questi dati dimostrano i limiti esistenti nell'applicazione del modello economico lineare e suggeriscono l'individuazione di un sistema chiuso alternativo, denominato Economia Circolare.

1.2 ECONOMIA CIRCOLARE E PRINCIPI FONDAMENTALI

Il concetto di Economia Circolare ha profonde radici che derivano da diverse correnti di pensiero, per questo motivo non viene ricondotto ad un singolo padre o ad una precisa data di origine, tuttavia le prime applicazioni ai modelli economici e ai sistemi produttivi si sono verificate verso la fine degli anni Settanta.

Nel corso degli ultimi anni, un numero sempre maggiore di imprese, hanno deciso di avviare progetti di sviluppo in un'ottica più sostenibile che sia in grado di promuovere un uso più appropriato delle risorse, in linea con il progetto della Ellen MacArthur Foundation, l'ente più autorevole in materia.

Tale fondazione è nata nel 2010 come ente indipendente, con lo scopo di promuovere lo sviluppo di un nuovo modello di business più "verde" e un impiego innovativo delle risorse.

L'Economia Circolare è stata esplicitata come un'economia industriale che è concettualmente rigenerativa e riproduce la natura nel migliorare e ottimizzare in modo attivo i sistemi mediante i quali opera (Ellen MacArthur Foundation, 2013). È un modello pensato per riprogettare e rigenerare i prodotti, i componenti e i materiali utilizzati incrementando la loro utilità e il loro valore nei successivi cicli produttivi, riducendo al minimo gli sprechi.

In questo sistema, i flussi di materiali vengono suddivisi in due cicli differenti: quello biologico, in cui i materiali o nutrienti biologici sono progettati per essere reintegrati nella biosfera, e

quello tecnico, in cui i materiali o nutrienti tecnici sono progettati per essere rivalorizzati e reintegrati nei cicli produttivi senza generare impatti nella biosfera.

Questo tipo di economia si basa su un'attenta ri-progettazione dei cicli produttivi, e tra gli obiettivi vede l'utilizzo di fonti energetiche di tipo rinnovabile, per ridurre il più possibile il consumo di sostanze chimiche tossiche, in modo tale da eliminare la produzione di rifiuti e di sprechi.



Figura 1 - Funzionamento dell'Economia Circolare - Fonte: Parlamento Europeo, 2015

La Ellen MacArthur Foundation (2015) ha delineato tre principi fondamentali che devono essere considerati da coloro che operano in un'ottica di sistema chiuso, che sono:

- I. preservare e rigenerare il capitale naturale, attraverso il controllo degli stock limitati e preferire i processi e le tecnologie che utilizzano risorse rinnovabili, mantenendo il flusso bilanciato;
- II. ottimizzare i rendimenti delle risorse attraverso la circolazione dei prodotti, dei materiali e dei componenti in uso, mantenendo l'utilità massima in ogni momento del ciclo produttivo, sia di quello tecnico sia di quello biologico;
- III. favorire l'efficacia del sistema individuando ed eliminando le esternalità negative.

Sulla base dei tre principi sopra elencati, la Ellen MacArthur Foundation (2013) specifica ulteriori cinque criteri, necessari per l'implementazione dell'Economia Circolare, in modo da consentire il funzionamento del sistema economico in un'ottica chiusa.

- **ECOPROGETTAZIONE:** progettare prodotti con caratteristiche tali da consentire l'eliminazione dei rifiuti. In particolare, per quanto riguarda i materiali biologici, questi possono essere restituiti al suolo con il compostaggio o la digestione anaerobica; i materiali tecnici, invece, devono essere progettati con caratteristiche tali da consentirne lo smontaggio o la ristrutturazione, cercando di ridurre al minimo l'energia utilizzata e massimizzando la durata del valore.
- **MODULARITÀ E VERSATILITÀ:** conferire ai prodotti caratteristiche in grado di renderli capaci ad adattarsi ai continui cambiamenti del sistema economico. La diversità rappresenta un elemento fondamentale della flessibilità e della resilienza, in quanto le economie necessitano di modularità e versatilità per essere in grado di utilizzare le molteplici connessioni che esistono tra i sistemi, i quali risultano più resistenti di fronte agli shock esterni, rispetto ai sistemi costruiti con il solo obiettivo di massimizzare l'efficienza.
- **ENERGIE RINNOVABILI PER ALIMENTARE L'ECONOMIA:** abbandonare progressivamente la dipendenza dalle fonti fossili per favorire l'utilizzo di energia proveniente da fonti rinnovabili, aumentando la resilienza dei sistemi.
- **APPROCCIO ECOSISTEMICO:** adottare un pensiero olistico, ponendo l'attenzione sulle parti del sistema e su come queste interagiscano tra di loro, considerando tali elementi in relazione al contesto ambientale e sociale in cui si trovano.
- **RIUTILIZZO DEI MATERIALI:** favorire l'utilizzo degli scarti come input per lo sviluppo di nuovi prodotti, consentendo la sostituzione delle materie prime vergini con materie prime secondarie provenienti da filiere di recupero capaci di conservarne le qualità. Tale processo può avvenire, non solo con risorse appartenenti allo stesso settore, ma anche attraverso l'intersezione tra settori che risultano apparentemente molto diversi.

1.3 LA CREAZIONE DEL VALORE NELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Adottare un approccio di tipo circolare consiste nel riprogettare le fasi della produzione prestando attenzione all'intera supply chain coinvolta nel ciclo produttivo.

Sono stati individuati quattro tipi di cicli gestionali in grado di creare valore sulla base dei principi sopra esposti, validi per tutti i processi e per tutte le fasi (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

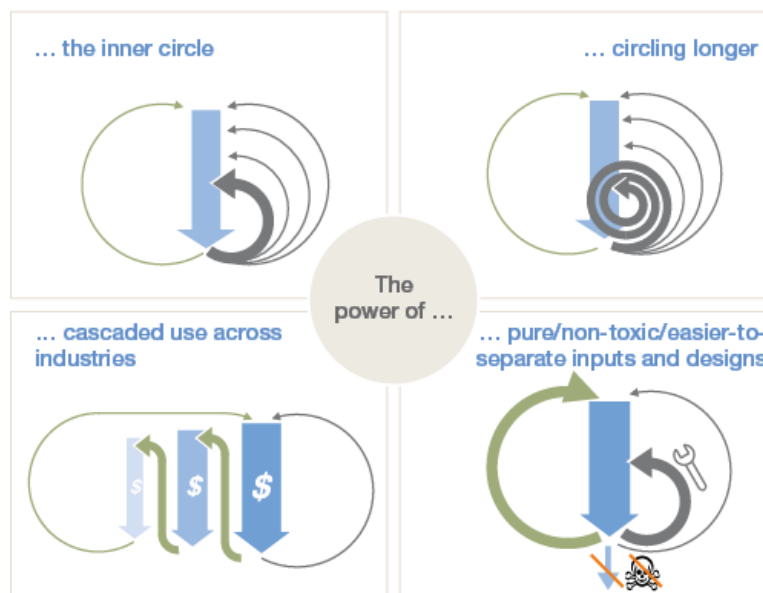


Figura 2 - Modelli di creazione del valore – Fonte: Ellen MacArthur Foundation, 2013

1. **CICLI CORTI (inner circle)**: i prodotti vengono recuperati per essere rimessi in circolo in un punto vicino a quello di vendita, attraverso la riutilizzazione o il ripristino. In questo modo, tanto più il materiale rientra nel processo vicino alla fine del ciclo di vita, tanto maggiori saranno i vantaggi associati al risparmio in termini di costi di manodopera, energia, materiali, con anche una riduzione delle esternalità negative come ad esempio le emissioni di gas serra o di sostanze tossiche.
2. **CICLI MULTIPLI (circling longer)**: i prodotti vengono progettati per restare più a lungo all'interno dei cicli produttivi, attraverso, ad esempio, più passaggi consecutivi di ricondizionamento che consentano di preservare più a lungo l'utilità del capitale di materiali, energia e lavoro, riducendo la dispersione di questi nell'ambiente esterno.
3. **CICLI A CASCATA (cascaded use)**: consistono nell'utilizzo degli scarti che si generano nel ciclo produttivo, i quali possono essere adoperati come sottoprodotti in sostituzione delle materie prime vergini, creando in questo modo una nuova catena del valore. L'utilizzo di tali scarti può avvenire all'interno degli stessi settori, ma anche tra settori industriali molto differenti.

4. CICLI PURI (pure, non-toxic, easier-to-separate): i prodotti vengono progettati in modo tale da evitare le inefficienze che si potrebbero generare nel momento della suddivisione dei materiali componenti, i quali vengono creati ricorrendo all'utilizzo di materiali puri, senza risorse tossiche o nocive, che ne possano rendere difficile il riciclaggio o il recupero.

I modelli economici illustrati evidenziano l'importanza dell'estensione dei principi cardini dell'Economia Circolare, non solo alla riprogettazione del ciclo produttivo, ma anche alle regole poste alla base della value chain, la quale dovrebbe essere aggiornata per rendere possibile l'utilizzo delle sinergie che si generano tra le attività di produzione, consumo e post-consumo.

1.4 VANTAGGI DELL'APPLICAZIONE DEL MODELLO ECONOMICO CIRCOLARE

I vantaggi derivanti dall'applicazione del modello dell'Economia Circolare illustrati sono molteplici e si manifestano non solo nei confronti delle imprese, ma anche per l'intero sistema economico, fino ad arrivare ai consumatori finali.

È stato introdotto questo tipo di approccio come sviluppo alternativo al sistema *take-make-dispose*, a fronte delle dinamiche evolutive che si stanno manifestando a livello globale. Dall'applicazione dei principi dell'Economia Circolare ne traggono beneficio anche gli utenti finali, in quanto possono risparmiare e aumentare la qualità della loro vita grazie alla disposizione di prodotti più durevoli e innovativi.

Per quanto riguarda la qualità ambientale del suolo, l'utilizzo di tali principi potrebbe portare alla diminuzione della dipendenza da sostanze artificiali tossiche, attraverso il riutilizzo dei nutrienti biologici, i quali possono essere riconsegnati al suolo, aumentandone la produttività, attualmente riconducibile ad una perdita annuale di circa 40 miliardi di dollari (Curcuruto et al., 2018).

Secondo uno studio effettuato dal Parlamento Europeo nel 2015, i benefici stimati dall'applicazione di politiche volte a prevenire i rifiuti, riprogettare i prodotti e riutilizzare i materiali, porterebbero le imprese europee a raggiungere un risparmio netto di circa 600 miliardi di euro, pari all'8% del fatturato annuo. Questo vantaggio si può generare in seguito al

miglioramento dell'efficienza nell'utilizzare le risorse, in quanto, i prodotti vengono fatti rimanere il più a lungo possibile nei cicli di produzione. Inoltre, grazie all'implementazione del modello a ciclo chiuso, le imprese potrebbero immettere minori esternalità negative nell'ambiente, in particolare è stata stimata dall'analisi del Parlamento Europeo, una possibile riduzione del 2-4% delle emissioni totali annue di gas serra.

Il sistema economico potrebbe trarre vantaggio dall'adozione di un'economia di tipo circolare, in qualità di risparmio di materiali che potrebbe portare ad una riduzione della volatilità dei prezzi. In questo senso è stato stimato un risparmio di circa 600 miliardi, che rappresentano il 20% dei costi degli input dei prodotti e a circa il 3,5 del PIL globale annuo. Questo risparmio potrebbe essere in grado di generare una riduzione dei costi di approvvigionamento che le imprese sono tenute a sostenere e una conseguente riduzione della domanda e quindi anche del livello di volatilità dei prezzi (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Secondo un rapporto redatto dalla European Environment Agency (2016), le politiche europee in materia di riciclaggio, prevenzione dei rifiuti e riprogettazione hanno un potenziale di risparmio sul consumo di risorse primarie stimato essere tra il 10% e il 17% ogni anno, che potrebbe aumentare fino a raggiungere il 24% entro il 2030 grazie all'introduzione di nuove tecnologie di produzione e riciclo.

Il passaggio da un sistema economico lineare ad un sistema di Economia Circolare consente, a fronte dei vantaggi elencati, di generare benefici per le singole aziende e per le economie globali ponendo alla base non solo la salvaguardia dell'ambiente, ma favorendo anche miglioramenti in termini economici a fronte di una diminuzione dei costi che le imprese possono raggiungere grazie al riutilizzo e al riciclo delle risorse, generando una migliore stabilità economica e un più efficiente utilizzo delle energie. Secondo questa prospettiva, uno dei materiali più versatili e resistenti, in grado di essere utilizzato e riciclato senza perdere le sue caratteristiche fondamentali tra cui la formabilità, la flessibilità e la resistenza, è l'acciaio. Data la sua importanza in ambito di progettazione sostenibile dell'Economia Circolare e di riciclaggio, verrà effettuata un'analisi approfondita nei capitoli successivi.

CAPITOLO 2 - SETTORE SIDERURGICO E SOSTENIBILITÀ

A partire dalla seconda metà degli anni Novanta, il mercato mondiale dell'acciaio ha mostrato una forte crescita, dovuta soprattutto all'aumentare della domanda proveniente dai paesi appartenenti alla regione Asia-Pacifico, e in particolar modo dalla Cina, che hanno portato al raddoppiamento della produzione mondiale del settore in meno di vent'anni.

Questa crescita è avvenuta in quanto l'acciaio è un materiale che svolge una funzione fondamentale in tutte le economie moderne grazie alle sue molteplici capacità di impiego in ogni attività e in ogni fase della vita quotidiana, per questo motivo, si ritiene che il successo futuro del sistema economico globale nell'affrontare i cambiamenti climatici, l'aumento della popolazione, la scarsità delle risorse e l'energia limitata, sarà determinato, in buona parte, dalle applicazioni che si riusciranno a fornire di questo materiale.

2.1 IL MERCATO DELL'ACCIAIO

L'acciaio è una lega metallica a base di ferro con un ridotto contenuto di carbonio, e rappresenta il materiale sostenibile per eccellenza, grazie alle sue proprietà in termini di resistenza, duttilità e formabilità, per la capacità di poter essere riutilizzato infinite volte senza perdere le sue proprietà originarie, che lo portano ad essere considerato il materiale più riciclato al mondo, denominato per questo motivo *materiale permanente*.

Gli elementi in acciaio, provenienti dai prodotti che hanno terminato la loro vita utile quali costruzioni, veicoli, tubi, edifici, vengono raccolti e trasformati attraverso processi di riciclo, a fronte del mantenimento costante nel tempo delle proprietà meccaniche appartenenti alla lega metallica, e reinseriti nella fabbricazione di altri prodotti, aumentando così la durata del ciclo di vita utile del materiale e riducendo le quantità sia in termini di rifiuti emessi nel sistema economico, sia di energia impiegata.

Come viene specificato dalla Fondazione Promozione Acciaio², ciò viene reso possibile attraverso il processo di fusione dell'acciaio che consente di far assumere al metallo qualsiasi tipologia di funzione grazie all'utilizzo di processi produttivi con forno elettrico ad arco.

² www.promozioneacciaio.it

Nel contesto anglosassone tale proprietà viene denominata con il termine *up-cycling*, per indicare la pratica di trasformazione degli oggetti in prodotti più duraturi e utili che non perdono le loro caratteristiche originarie, mentre vengono definiti *down-cycling* quei materiali che, una volta riciclati, perdono alcune delle loro proprietà e vengono impiegati in applicazioni di livello inferiore.

L'acciaio è uno dei materiali più largamente utilizzati a livello mondiale grazie alle sue numerose tipologie, che lo rendono applicabile ad infiniti settori, infatti, moltissimi prodotti sono costituiti interamente da tale metallo, contengono almeno una parte o un componente in acciaio, o comunque vengono realizzati attraverso l'utilizzo di macchinari e impianti a loro volta composti in acciaio.

Secondo la World Steel Association³, una delle più autorevoli associazioni del mondo in termini di rappresentanza dei produttori di acciaio, i principali settori di applicazione, che continueranno a crescere notevolmente in conseguenza delle inevitabili sfide alle quali viene sottoposto l'attuale contesto economico, sono:

- **EDILIZIA:** più della metà dell'acciaio prodotto in tutto il mondo viene utilizzato nella costruzione di edifici e infrastrutture che, a seguito del costante aumento della popolazione previsto per i prossimi decenni, continuerà a generare un aumento della necessità di urbanizzazione e di domanda di tali costruzioni.
- **TRASPORTO:** oltre il 15% dell'acciaio prodotto a livello mondiale viene adoperato per la costruzione di vie di comunicazione come stazioni, aeroporti, strade e porti, che consentono la mobilità delle merci, e rappresentano uno degli elementi essenziali per le economie globalizzate attuali.
- **SETTORE AUTOMOBILISTICO:** gli acciai avanzati ad alta resistenza vengono impiegati nei nuovi modelli, in quanto consentono una riduzione del peso del veicolo del 25-39% rispetto a quello che si sarebbe verificato con l'utilizzo dell'acciaio convenzionale. Di conseguenza il peso complessivo viene ridotto, e questo, a sua volta, genera un risparmio dei gas ad effetto serra emessi nel corso dell'intero ciclo di vita, che risultano essere notevolmente inferiori rispetto a quelli che si sarebbero generati con l'utilizzo del medesimo veicolo con peso maggiore.
- **PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE DI ENERGIA:** l'acciaio è fondamentale per le operazioni di recupero, produzione, distribuzione e stoccaggio di energia, la quale rappresenta un elemento essenziale per lo sviluppo della società.

³ www.worldsteel.org

- **CIBO E ACQUA:** l'acciaio viene utilizzato sia per coltivare, conservare e consegnare il cibo, ma anche per la raccolta, lo stoccaggio, la depurazione e la distribuzione dell'acqua; in particolare, le lattine in acciaio sono in grado di risparmiare energia grazie alle loro proprietà di refrigerazione e congelamento e sono inoltre riciclabili al 100%.
- **STRUMENTI E MACCHINARI:** la maggior parte dei prodotti viene realizzata con sistemi produttivi che utilizzano macchinari costituiti in acciaio come quelli necessari per produrre frigoriferi, parti di automobili in plastica, telai dei computer, occhiali...

A fronte delle molteplici applicazioni che si possono effettuare, è possibile oggi, sfruttare il progresso e le innovazioni in campo tecnologico sviluppate dall'industria siderurgica, in termini di generazione di prodotti in grado di poter essere riutilizzati, recuperati e rigenerati, con riferimento al modello dell'Economia Circolare, in grado di far fronte ai cambiamenti irreversibili che stanno avvenendo nel sistema economico attuale.

2.2 L'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE NEL CONTESTO DELL'ACCIAIO

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, la transizione da un modello di sviluppo lineare ad uno di tipo circolare presuppone il coinvolgimento di diversi attori politici, economici e sociali, in particolar modo delle imprese, che devono trasformare i loro processi produttivi in modo da consentire una maggiore efficienza nell'uso delle risorse, garantendo la circolarità dei processi.

L'acciaio, a differenza di molti altri materiali considerati riciclabili, è ritenuta una delle risorse che meglio sintetizza il concetto di Economia Circolare e di sostenibilità, grazie alle sue innumerevoli ed eccezionali capacità di riutilizzo.

All'interno dell'analisi annuale riferita al settore siderurgico redatta dalla fondazione Federacciai (2017), il maggior ente rappresentante delle imprese siderurgiche italiane, vengono delineate alcune delle principali caratteristiche possedute dall'acciaio, che lo rendono un metallo unico, in quanto difficili da riscontrare in altri materiali, che sono:

- dispone di una maggiore facilità nel momento di separazione dei componenti al termine della vita dei prodotti, grazie alle proprietà fisiche che lo caratterizzano;

- può essere riciclato un'innumerabile quantità di volte senza perdere le sue caratteristiche iniziali;
- dispone di un ciclo di vita potenzialmente lungo grazie alla sua resistenza e durevolezza;
- viene riutilizzato facilmente anche attraverso lo sfruttamento della capacità di fusione che possiede;
- è uno dei materiali più importanti in materia di sostenimento dei settori che supportano la green economy come ad esempio le energie rinnovabili, l'efficienza energetica degli edifici, il trasporto e la gestione delle risorse idriche.

A fronte di quanto è stato descritto, possono essere individuate, più nel dettaglio, le cosiddette *simbiosi industriali*, ossia la “possibilità di scambio di risorse tra due o più industrie di settori diversi, intendendo con risorse non solo i materiali (sottoprodotti o rifiuti), ma anche cascami energetici, servizi o altro, attraverso soluzioni che possono risultare vantaggiose per entrambi i soggetti e allo stesso tempo utili per la tutela dell'ambiente e delle risorse naturali” (Federacciai 2017, p.42).

Tali sinergie presenti tra i settori sono state individuate da Eurofer (2016), un'organizzazione internazionale no profit con sede in Belgio, che ha evidenziato, tra le tecniche da applicare, le seguenti:

- la loppa d'altoforno, un sottoprodotto che viene utilizzato nei processi di produzione della ghisa, durante il quale si formano grandi quantità di scorie di composizione;
- le scorie siderurgiche da forno elettrico o da convertitore, le quali possono essere impiegate nel settore edilizio per realizzare costruzioni quali manti stradali, conglomerati bituminosi o cemento;
- le scorie da affinazione, le quali possono essere utilizzate in sostituzione della calce;
- le scaglie di laminazione, le quali possono essere utilizzate nell'industria chimica o nella produzione di cemento;
- le polveri da abbattimento fumi, che possono essere reintrodotti nel ciclo della produzione metallurgica;
- i gas siderurgici di processo (gas di cokeria, gas d'altoforno, gas di acciaieria), che possono essere in grado di sostenere le centrali per la produzione di calore ed energia elettrica;
- i cascami termici di varia natura derivanti dai processi siderurgici, i quali possono essere impiegati sia come servizio di altre utenze esterne o interne, sia per progetti di teleriscaldamento a servizio del territorio.

La possibilità di sfruttare le sinergie tra i settori è un elemento chiave per l'implementazione dei principi dell'Economia Circolare, in quanto consentono la generazione di benefici a favore dell'intero sistema mondiale. "I vantaggi ambientali derivanti dalla valorizzazione dei residui di produzione, sia recuperati internamente sia destinati ad altri processi di produzione o utilizzo, sono evidenti: minimizzazione della produzione di rifiuti da avviare allo smaltimento, riduzione dello sfruttamento delle risorse naturali, riduzione delle attività impattanti sul territorio (quali ad esempio le cave per l'estrazione di inerti), risparmio energetico e diminuzione di emissioni" (Federacciai 2017, p.43).

Nell'ottica di un futuro improntato alla sostenibilità, è stato istituito un ente con lo scopo di promuovere la crescita del settore siderurgico, orientando le imprese all'implementazione di strategie in termini di sostenibilità ambientale, sociale ed economica, la World Steel Association.

2.3 IL RUOLO DELLE ASSOCIAZIONI DI CATEGORIA A SUPPORTO DELLA DIFFUSIONE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

La World Steel Association, spesso abbreviata in Worldsteel, è un'organizzazione internazionale senza scopo di lucro, che rappresenta l'industria siderurgica a livello globale. È stata fondata inizialmente con il nome di Iron and Steel Institute nel 1967, poi cambiato in World Steel Association nel 2008, alla quale appartengono 160 produttori di acciaio, di cui 9 delle 10 maggiori società siderurgiche al mondo, numerose associazioni nazionali, regionali e istituti di ricerca, fino a rappresentare circa l'85% della produzione mondiale di acciaio.

Lo scopo di questa fondazione è quello di promuovere lo sviluppo sostenibile del settore siderurgico con il fine di massimizzare il valore delle materie prime impiegate, incoraggiando pratiche quali il riutilizzo e il riciclaggio, consentendo una riduzione delle perdite che si generano nei processi produttivi e incrementando il numero dei prodotti in acciaio.

Per comprendere le prestazioni a livello ambientale di un prodotto, è stata promossa dalla World Steel Association, l'adozione da parte delle imprese aderenti di un approccio che tenga in considerazione l'intero ciclo di vita, in riferimento al concetto di *Life Cycle Thinking (LCT)*. Questo tipo di metodo consente di comprendere le prestazioni in termini di impatto ambientale di un prodotto o di un servizio, analizzando gli effetti che vengono generati nell'arco della vita utile, prima che avvenga la progettazione, realizzazione e distribuzione. In questo senso

vengono implementati i concetti alla base dell'Economia Circolare in termini di controllo di risorse, energia ed emissioni generate.

Gli obiettivi di sostenibilità che la World Steel Association si prefigge di raggiungere, come viene riportato all'interno dell'apposito rapporto redatto dalla stessa organizzazione nel 2016, sono:

- l'impegno a promuovere l'eco-efficienza dei prodotti durante il loro ciclo di vita attraverso le operazioni di recupero, riciclaggio e riutilizzo dell'acciaio;
- sviluppare e condividere la conoscenza accumulata attraverso report e analisi, che siano in grado di aiutare le imprese del settore nello sviluppo di sistemi di produzione più sostenibili;
- promuovere il benessere attraverso un ambiente di lavoro che garantisca la sicurezza e la salute dei dipendenti;
- gestire le attività in modo efficiente e finanziariamente sostenibile, fornendo prodotti e servizi che siano in linea alle esigenze dei clienti e degli stakeholder in generale;
- promuovere iniziative che dimostrino l'interesse dell'associazione nel rispetto dei valori della comunità e delle persone che entrano in relazione con le attività svolte;
- condurre attività che siano coerenti con standard etici nei confronti dei dipendenti, dei clienti, dei fornitori e dell'intera comunità;
- coinvolgere gli stakeholder attraverso la costruzione di una comunicazione diretta e attiva con lo scopo di implementare uno sviluppo sostenibile.

Un'economia chiusa improntata alla sostenibilità è quella in cui si riescono a ridurre le perdite che la natura subisce a causa del prelevamento degli input, attraverso il mantenimento delle risorse in utilizzo il più a lungo possibile. In questo senso sono state individuate dalla World Steel Association le *4R* dell'Economia Circolare da applicare al settore siderurgico.



Figura 3 - Le 4R dell'acciaio - Fonte: www.worldsteel.org

1. **RIDURRE (reduce)**: avviene con la limitazione delle quantità di materie, energia e altre risorse impiegate al fine di diminuire il peso dell'acciaio utilizzato nei prodotti. Secondo l'analisi riportata nel sito dell'associazione, l'industria siderurgica, negli ultimi 50 anni, ha destinato ingenti investimenti in tecnologia e ricerca per creare nuove tipologie di acciai, le quali hanno consentito un calo del peso dei prodotti fino al 40%. Inoltre, oggi per produrre una tonnellata di acciaio viene richiesto solo il 40% dell'energia che sarebbe stata necessaria nel 1960, riducendone così drasticamente l'utilizzo.
2. **RICICLARE (recycle)**: avviene con l'alterazione della forma fisica dei beni attraverso la fusione dei prodotti in acciaio al termine della loro vita utile, rendendone così possibile la creazione di nuovi, grazie alla capacità di mantenere nel tempo le proprietà intrinseche originarie; per questo motivo l'acciaio viene riciclato innumerevoli volte in un circuito chiuso.
3. **RECUPERARE (reuse)**: avviene attraverso lo sfruttamento continuo di un oggetto o materiale, sia per il suo scopo originario, sia per uno scopo simile, senza alterare in maniera significativa la forma fisica dell'oggetto. Il riutilizzo di un prodotto dovrebbe essere considerato sin dalle prime fasi della progettazione per consentirne un ulteriore

utilizzo una volta che il fine iniziale è stato soddisfatto, come sostenuto dall'approccio LCT. Attualmente la maggior parte dei sottoprodotti che si generano nella fabbricazione dell'acciaio vengono adoperati in nuovi prodotti, riducendo al minimo le quantità di rifiuti inviati alle discariche, le emissioni generate e vengono così salvaguardate le materie prime. Inoltre, alcuni residui di produzione, come ad esempio le scorie siderurgiche, possono essere valorizzati come sottoprodotti o veri e propri prodotti destinati a diversi settori come valida alternativa alle materie prime vergini.

4. FAR DURARE E RIUSARE (remanufacture): avviene attraverso il processo di rigenerazione dei prodotti in acciaio che smettono di compiere le loro funzioni, grazie allo sfruttamento della facilità di separazione tipica dei componenti, i quali riescono a garantire la conservazione dell'energia già utilizzata, sfruttandola nella creazione di nuovi oggetti.

2.4 DIRETTRICI DI SVILUPPO PROMOSSE DALLE ISTITUZIONI EUROPEE

Il settore siderurgico è quello che meglio sintetizza i principi alla base dell'Economia Circolare e deve essere in grado di cogliere le opportunità che si presentano in vista dei cambiamenti che stanno avvenendo al sistema produttivo globale.

A fronte di questo è necessario che le imprese adottino una serie di provvedimenti in grado di generare uno sviluppo normativo e tecnico, a partire dalle attuali proposte promosse dalle istituzioni europee. All'interno del documento emesso da Federacciai nel 2017, sono state individuate quattro direttrici principali che le aziende dovrebbero considerare allo scopo di implementare tali principi.

La prima direttrice riguarda la promozione, in Unione Europea, dell'utilizzo di materiali completamente riciclabili, adatti al riciclo multiplo e al riutilizzo. In questo senso possono essere impiegati una serie di strumenti quali l'ecoprogettazione e la responsabilità estesa al produttore, denominata ERP (Extended Producer Responsibility) che si basa sull'ampliamento della responsabilità del produttore anche alla gestione del rifiuto al termine della vita del prodotto. In linea con l'applicazione dell'approccio Life Cycle Thinking dei prodotti, è opportuno che le imprese rendano disponibili una serie di documenti con lo scopo di poter valutare, quantificare e comunicare la sostenibilità ambientale dei prodotti realizzati, come ad esempio l'Environmental Product Declaration (EPD) e la Product Environmental Footprint

(PEF), che si basano sull'analisi del ciclo di vita, consentendo di definire gli impatti ambientali che il singolo prodotto genera attraverso specifici indicatori, come ad esempio le emissioni di gas serra, il consumo idrico e il consumo di risorse.

La seconda, si basa sul sostenimento del riciclo delle risorse impiegate nei processi produttivi, garantendone la disponibilità e la qualità, con l'obiettivo di sviluppare un mercato delle materie prime secondarie in Europa, in particolare del rottame ferroso. L'Unione Europea è esportatrice netta di rottami e presenta un differenziale in crescita negli ultimi anni, di cui oltre il 20% di quello generato in UE proviene dai Paesi Terzi, come viene riportato dall'associazione Federacciai. Con riferimento allo slogan sostenuto dalla Commissione Europea, *Closing the loop*, è importante fare in modo che le risorse utilizzate nel territorio comunitario vengano mantenute, una volta utilizzate, al suo interno, in coerenza con i principi di riciclaggio e riuso, in quanto l'utilizzo del rottame ferroso consente di risparmiare elevate quantità di materiali impiegati nei processi e delle emissioni di anidride carbonica nell'ambiente.

La terza direttrice ha come obiettivo quello di accrescere lo sviluppo delle sinergie tra le industrie e l'impiego sostenibile dei residui e dei sottoprodotti che si generano nel corso dei processi produttivi. È quindi necessaria una riduzione degli ostacoli che si possono presentare dal punto di vista normativo, ma anche economico e culturale, tra i diversi paesi, per riuscire a rendere possibile la generazione di benefici derivanti dall'utilizzo efficiente dei residui di produzione. Tali benefici possono essere realizzati con il recupero interno, ovvero l'utilizzo dei residui in altri processi produttivi, per poter favorire lo sviluppo delle sinergie industriali. In quest'ottica, è importante eliminare le differenze esistenti a livello nazionale e locale attraverso la promozione di una legislazione uniforme che coinvolga tutti i paesi appartenenti all'Unione Europea.

Infine, la quarta direttrice si basa sul sostenimento della ricerca e dell'innovazione sia per quanto riguarda lo sviluppo dei processi produttivi, sia per quanto riguarda le modalità di recupero a fine vita dei prodotti. Gli incentivi destinati alla ricerca di metodi in grado di facilitare il disassemblaggio dei prodotti per il recupero di materiali ferrosi, porterebbero le aziende a ridurre in maniera sostanziale i loro costi e incrementerebbero notevolmente i tassi di recupero e, con opportuni finanziamenti nella ricerca di tecnologie adeguate, potrebbero inoltre essere migliorate, anche dal punto di vista qualitativo, le materie prime reimpiagate nei processi produttivi incrementando l'efficienza e il risparmiando di energia. In questo modo le aziende avrebbero una riduzione della parte dei residui destinati alle discariche, che

diminuirebbero gli impatti ambientali generati facendo fronte al problema relativo allo smaltimento delle risorse che sta affliggendo il sistema mondiale, soprattutto negli ultimi anni.

A seguito di queste analisi, sono rese evidenti le sfide che il settore siderurgico si sta trovando a dover affrontare per sostenere i livelli di produzione attuali, considerando anche i cambiamenti globali, che non possono più essere trascurati. Risulta quindi necessaria l'adozione di misure che siano in grado di migliorare le performance delle aziende, sia in termini di sostenibilità ambientale, sia per quanto riguarda la crescita e lo sviluppo del mercato dell'acciaio nel suo complesso, con riferimento al concetto di minimizzazione degli input e massimizzazione degli output generati, portando ad una riduzione dei costi.

CAPITOLO 3 - L'ECONOMIA ITALIANA NEL SETTORE SIDERURGICO

La siderurgia rappresenta uno dei settori più importanti su cui un'economia nazionale moderna si fonda ed è uno degli indicatori meglio in grado di rappresentare la performance economica e industriale di un Paese, rispetto alle diverse fasi del ciclo economico che si può trovare a dover affrontare.

In questo capitolo viene presentata inizialmente un'analisi riguardante l'andamento attuale dell'industria siderurgica, con particolare attenzione al trend a livello italiano, per poi analizzare le performance ambientali derivanti dall'applicazione di tecniche in linea con i principi dell'Economia Circolare, e, infine, vengono approfondite due aziende italiane rappresentative che stanno ponendo in essere al loro interno progetti riguardanti la sostenibilità ambientale, la valorizzazione degli scarti di produzione e il risparmio idrico ed energetico.

3.1 IL SETTORE SIDERURGICO IN ITALIA

Il settore siderurgico è quello che meglio rappresenta, insieme ad altre industrie quali ad esempio la chimica e la meccanica, il grado di sviluppo del sistema economico di un paese, in quanto le diverse tipologie e modalità di utilizzo dell'acciaio rendono possibile lo sviluppo del mondo moderno. Dato l'ampio grado di utilizzo e versatilità della lega metallica, diviene importante il sostenimento di investimenti volti ad aumentare la crescita del settore, in considerazione anche delle caratteristiche di versatilità e formabilità che contraddistinguono l'acciaio rendendolo un fattore chiave per lo sviluppo dell'economia di un paese.

Analizzando i dati riguardanti l'industria siderurgica a livello mondiale, si può notare che è avvenuta una crescita elevata, nel corso del 2017, della produzione di acciaio che attualmente ammonta a 1,7 Mld.t., in particolare è stata registrata la maggiore crescita assoluta e relativa manifestatasi dal 2013. Si è rilevato un aumento del 3,8% (+62,4 M.t.) rispetto al 2016 anche se la crescita è avvenuta con andamenti diversificati, ad esempio la Cina ha registrato un massimo storico con un aumento del 3%, mentre il resto del mondo ha avuto un aumento del 4,7%, con riferimento all'anno precedente (Federacciai, 2018).

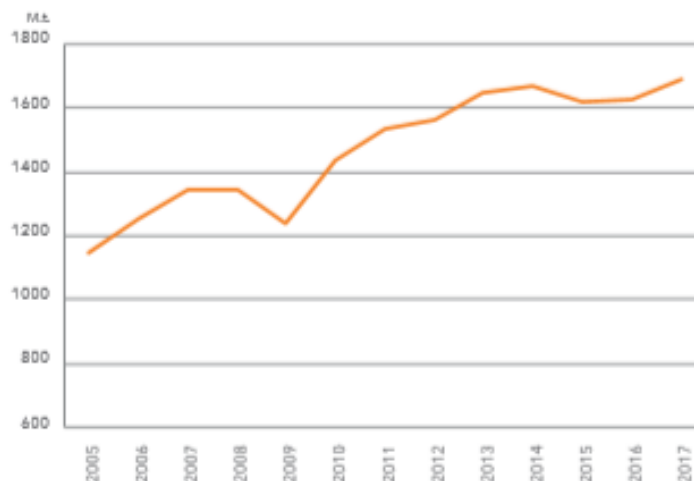


Grafico 1 - Produzione mondiale di acciaio - Fonte: Federacciai, 2018

M.t.	2013	2014	2015	2016	2017	var.% 17/16	quota 2017
Unione Europea (28)	166,4	169,3	166,1	162,0	168,4	4,0%	10,0%
Altri Europa	38,6	38,4	35,8	37,7	42,3	12,4%	2,5%
C.S.I.	108,4	106,1	101,6	102,1	100,8	-1,3%	6,0%
Nord America	119,0	121,1	110,9	110,6	115,8	4,6%	6,9%
Sud America	45,8	45,0	43,9	40,2	43,7	8,6%	2,6%
Africa	16,0	14,9	13,7	13,1	15,1	14,9%	0,9%
Medio Oriente	27,0	30,0	29,4	31,5	34,5	9,5%	2,0%
Asia	1.123,6	1.139,2	1.112,9	1.123,9	1.162,9	3,5%	68,8%
Oceania	5,6	5,5	5,7	5,8	6,0	2,1%	0,4%
Mondo	1.650,4	1.669,5	1.620,0	1.627,0	1.689,4	3,8%	100,0%

Tabella 1 - Produzione acciaio per macro-aree e quota sul totale 2017 - Fonte: Federacciai, 2018

Come illustrato nella tabella 1, se vengono prese in considerazione le variazioni percentuali di sviluppo del settore in termini assoluti, è possibile notare che la crescita maggiore è avvenuta in Asia che è aumentata del 3,5% (+39 M.t.), a seguire l'Unione Europea con un incremento del 4% (+6,4 M.t.), Nord America che è cresciuta del 4,6% (+5,1 M.t.) e a seguire gli altri Paesi europei con 12,4% (+4,7 M.t.).

In questo contesto globale, l'Italia risulta essere tra i maggiori paesi produttori di acciaio a livello mondiale, posizionandosi al decimo posto con 24,1 M.t. prodotte nel 2018, come viene evidenziato dalla classifica stilata dalla World Steel Association (2019), superata, a livello

europeo, solo dalla Germania, a sottolineare l'importanza ricoperta dal settore per quanto riguarda il progresso economico del Paese.

Come viene evidenziato nel grafico 2, a partire dal 2017, si è manifestato un trend positivo per l'Italia che è riuscita a raggiungere quote di produzione tali da consentire il ritorno a livelli di output simili a quelli precedenti al 2013, manifestazione del superamento degli anni 2014-2016 in cui il mercato dell'acciaio italiano ha subito una battuta d'arresto, permettendo il conseguimento di un risultato significativo; infatti, nel 2018 sono state introdotte 600 000 t. in più (+2,9%) rispetto al 2017 (Meneghella, 2018).

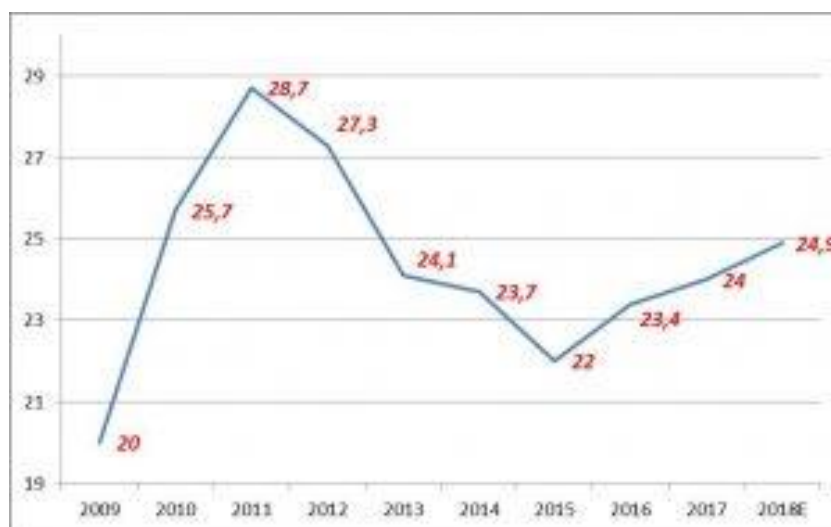


Grafico2 - Produzione acciaio in Italia - Fonte: Dorini, 2018 su dati World Steel Association e Federacciai

La siderurgia costituisce un elemento focale per l'industria italiana, in quanto concorre a formare il fatturato del settore manifatturiero in maniera diretta al 3,5% e indirettamente per circa il 35% attraverso le attività dei settori utilizzatori, posizionandosi al vertice della catena di approvvigionamento nei confronti dei settori strategici.

Dato il peso e l'importanza del settore dell'acciaio nell'economia mondiale, e in particolar modo in quella italiana, è elevato l'impatto che tale settore genera nel sistema economico, per questo è necessario che le imprese impiegate riescano a dedicare risorse sufficienti per implementare sistemi produttivi sostenibili in grado di dare vita ad un processo chiuso, per far fronte ai cambiamenti che stanno avvenendo a livello globale che non consentono più l'impiego di un approccio lineare senza conseguenze negative, che, se non adeguatamente prese in considerazione, potrebbero portare a ingenti incrementi dei costi per le stesse aziende.

L'Italia, è inoltre un paese povero di materie prime e di risorse energetiche, per questo motivo il settore dell'acciaio si è sviluppato cercando di massimizzare i vantaggi della riciclabilità che il materiale consente di raggiungere date le sue proprietà caratterizzanti, illustrate nel capitolo precedente.

Inoltre, le acciaierie italiane presentano una struttura flessibile, che permette loro di adattarsi ai cambiamenti che avvengono nel mercato, in particolare, se si effettua un confronto con la Germania, la filiera italiana risulta essere caratterizzata da aziende più piccole, con meno disponibilità di materia prima e con una filiera molto più frammentata rispetto a quella tedesca, nonostante ciò, il settore siderurgico italiano ha dimostrato elevati livelli di efficienza, soprattutto negli anni seguenti alla crisi (2009-2015), mantenendo una posizione rilevante per quanto riguarda le quote di mercato detenute a livello europeo (Casini, 2018).

3.2 LA PERFORMANCE AMBIENTALE DEL SETTORE SIDERURGICO ITALIANO

Il processo produttivo dell'acciaio genera un'inevitabile influenza nei confronti dell'ambiente circostante, sia in maniera diretta, sia in quella indiretta, per questo motivo le imprese del settore, in Italia, hanno cercato di adottare soluzioni in grado di ridurre tale impatto, in particolare nei confronti: della minimizzazione del consumo di materie prime, della riduzione delle emissioni in atmosfera, della tutela della risorsa idrica, della gestione dei residui e delle risorse energetiche.

3.2.1 MINIMIZZAZIONE DEL CONSUMO DI MATERIE PRIME

Uno degli elementi chiave dello sviluppo del settore siderurgico italiano è rappresentato dal mercato nazionale del *rottame ferroso*, il quale si genera, in parte dagli scarti che si formano nei processi siderurgici e in parte dall'acciaio che ha terminato la sua vita utile. Il rottame ferroso rappresenta un fattore strategico per le imprese, non solo perché rappresenta il 70% del fabbisogno delle aziende impiegate nel settore dell'acciaio, ma anche da un punto di vista logistico, in quanto le industrie che basano parte del loro fabbisogno di materie prime nell'utilizzo dei rottami ferrosi, presentano una maggiore regolarità per quanto riguarda gli approvvigionamenti, come sostiene Paolo Pozzato, presidente di Assofermet Rottami (Palumbo 2018).

L'Italia, essendo un paese che non presenta grandi quantità di materie prime e risorse, ha avuto la necessità di provvedere all'adozione di sistemi in grado di massimizzare il consumo di materie prime, in particolare del rottame ferroso, proprio per riuscire a far fronte a questa scarsità e ridurre i costi che le imprese devono sostenere in termini di approvvigionamento di risorse vergini. Il rottame ferroso può essere parzialmente riutilizzato grazie ad un processo di riciclo che avviene mediante la fusione dello stesso, che consente di recuperare gli scarti e impiegarli in nuovi processi di produzione, garantendo in questo modo lo sviluppo sostenibile caratteristico dell'approccio dell'Economia Circolare.

Le acciaierie italiane hanno registrato tassi di riciclo complessivi che ammontano ad oltre 19 milioni di tonnellate di rottame ferroso nel 2016, pari al 75,7% del materiale utilizzato. Se vengono confrontati questi dati con quelli mondiali, in cui la percentuale di riciclo ammonta a circa il 20% della produzione in acciaio e quelli dell'Unione Europea dove la percentuale si aggira intorno al 40%, e la Cina, primo produttore al mondo, dove solo il 10-15% della produzione originaria da rottame viene riciclata, si comprende il contributo che il settore siderurgico italiano ha in materia di risparmio ambientale e di capacità di utilizzo efficiente delle risorse naturali, facendo risultare il Paese come uno tra i più all'avanguardia in riferimento ai principi alla base dell'approccio circolare (Federacciai, 2017).

3.2.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Il cambiamento climatico è una tra le sfide più importanti che sta affrontando l'industria siderurgica attuale a livello globale per riuscire a ridurre le emissioni di gas serra che si generano durante il ciclo di vita dei prodotti allo scopo di preservare gli ecosistemi e la biodiversità. Infatti, nel 2017 sono state prodotte 1,7 Mld.t. di acciaio nel mondo che hanno generato il 7% delle emissioni globali di CO₂ di quell'anno; a fronte di ciò, risulta evidente l'impatto del settore dell'acciaio e il conseguente coinvolgimento che è tenuto a sostenere in materia di riduzione delle emissioni di gas serra (ArcelorMittalItalia, 2019).

La produzione di acciaio genera inevitabilmente l'emissione di anidride carbonica a seguito dello svolgimento delle varie fasi del processo produttivo, tuttavia, grazie all'implementazione di tecnologie più efficienti nei processi di captazione, aspirazione e filtrazione degli impianti, le imprese italiane sono riuscite, nel complesso, ad abbattere notevolmente le quantità di emissioni di anidride carbonica generate, come dimostrano i dati pubblicati dall'ISTAT per quanto riguarda l'ammontare degli investimenti destinati dalle imprese nei confronti della

prevenzione all'inquinamento atmosferico, che ammontano mediamente al 41% degli investimenti ambientali totali tra il 2010-2014 sostenuti dalle imprese (Federacciai, 2017).

Come evidenziano i dati pubblicati dalle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, si è manifestata una sostanziale riduzione delle emissioni di CO₂, di circa il 40% in termini assoluti e di circa il 35% in termini specifici, tra il 1990 e il 2014, a dimostrazione dell'efficacia degli investimenti effettuati dalle imprese siderurgiche italiane per quanto riguarda la riduzione delle emissioni in atmosfera, in linea con i principi del Protocollo di Kyoto.

Uno degli elementi principali di intervento sono le polveri emesse dai camini dagli impianti di produzione dell'acciaio che hanno contribuito in maniera determinante alla minimizzazione delle emissioni totali, le quali si sono ridotte drasticamente dal 2005 raggiungendo livelli molto bassi che sono stati mantenuti negli anni a seguire (Federacciai, 2017).

Per questi motivi, il settore dell'acciaio italiano viene considerato tra quelli più all'avanguardia dal punto di vista della prevenzione all'inquinamento atmosferico grazie ai notevoli risultati raggiunti attraverso la continua innovazione degli impianti e dei sistemi produttivi resi più efficienti dal punto di vista delle esternalità negative prodotte.

3.2.3 TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE

Nel ciclo produttivo dell'acciaio vengono impiegate risorse idriche con lo scopo di raffreddare i macchinari, le materie prime, i prodotti della lavorazione e i materiali di scarto. A fronte del suo scopo, le acque prelevate non necessitano di una qualità particolarmente elevata, e quindi possono essere utilizzate, come fonti di approvvigionamento idrico, le acque marine o le acque prelevate da sistemi idrici superficiali, che possono essere reimpiegate più volte nel corso del ciclo produttivo generando una riduzione dei consumi di tale risorsa.

Grazie alle innovazioni in termini di impianti di raffreddamento, si sono registrati in Italia, negli ultimi anni, livelli di riciclo pari al 98% e una riduzione dei prelievi idrici del 22% in termini assoluti tra il 2010 e il 2016 (Federacciai, 2017).

3.2.4 GESTIONE DEI RESIDUI

I residui prodotti dai processi siderurgici possono essere di diverse tipologie e presentano caratteristiche che li rendono facilmente utilizzabili o all'interno di nuovi sistemi oppure come sottoprodotti, sia all'interno degli stessi processi, sia impiegati in altri settori industriali.

Come viene descritto dalla World Steel Association, l'efficienza dei materiali è parte integrante dei moderni processi di produzione dell'acciaio, in quanto l'obiettivo è quello di riuscire ad utilizzare tutte le materie prime al pieno della loro capacità in modo tale da emettere la quantità minore possibile di rifiuti da inviare in discarica, riuscendo al contempo ad utilizzare i sottoprodotti che si formano nell'arco dei processi produttivi, in un'ottica propriamente circolare.

Uno dei principi alla base dell'implementazione dell'approccio circolare, riguarda la riduzione degli scarti emessi e la minimizzazione dei rifiuti destinati alle discariche. In quest'ottica è stato stimato che il 90% dei rifiuti prodotti dall'industria siderurgica viene classificato come rifiuto non pericoloso, per questo è realizzabile il loro reimpiego.

I dati elaborati all'interno del rapporto redatto dall'associazione Federacciai (2017), evidenziano che la siderurgia italiana riesce a recuperare circa il 66% dei rifiuti generati e che in media il 58% dei rifiuti derivanti dai processi di produzione diretta di acciaio e il 95% di quelli derivanti dalla trasformazione dello stesso, vengono destinati a processi di recupero.

3.2.5 GESIONE DELLE RISORSE ENERGETICHE

Il settore siderurgico ha alla base delle sue attività l'utilizzo di risorse energetiche, il cui costo risulta essere fondamentale tra quelli sostenuti dalle imprese in materia di incidenza sui costi totali. È stato stimato, infatti, che gli acquisti di energia rappresentano tra il 20-40% dei costi di trasformazione sostenuti per la produzione di acciaio base e che le società impiegate nel settore siderurgico sono riuscite a ridurre il consumo energetico per tonnellata di acciaio prodotta del 61% dal 1960 (World Steel Association, 2019).

Le imprese impiegate nel settore siderurgico in Italia, hanno adottato, negli ultimi anni, una serie di strumenti per ottimizzare l'utilizzo e la gestione di energia elettrica consentendo così una riduzione dei consumi della stessa. Dal 1995 ad oggi l'industria italiana impiegata nel settore, ha infatti ridotto del 25% i consumi energetici totali per tonnellata di acciaio prodotto, grazie alle politiche di sviluppo e innovazione attuate dalle imprese e dall'implementazione di sistemi di gestione delle risorse più efficienti, orientati alla riduzione degli sprechi (Federacciai, 2017).

Grazie a queste politiche l'industria siderurgica italiana risulta essere tra le più efficienti, rispetto alle concorrenti europee e internazionali come la Germania, la Francia e l'Inghilterra

sia in termini assoluti che di trend, per quanto riguarda i consumi specifici di energia totali per tonnellata di acciaio prodotto, come viene illustrato nella tabella seguente.

	Unità di misura	1995	2000	2005	2010	2013	2014	Delta % 1995 - 2014	Delta % 2005 - 2014
Francia	toe/t acc	0,34	0,32	0,32	0,34	0,33	0,36	5,88	12,50
Germania	toe/t acc	0,36	0,33	0,32	0,33	0,33	0,32	-11,11	0,00
Italia	toe/t acc	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21	0,21	-25,00	-16,00
Spagna	toe/t acc	0,27	0,25	0,26	0,19	0,21	0,19	-29,63	-26,92
Regno Unito	toe/t acc	0,45	0,36	0,39	0,37	0,37	0,35	-22,22	-10,26
Unione Europea	toe/t acc	0,38	0,35	0,32	0,30	0,31	0,30	-21,05	-6,25

toe = tonnellate equivalente di petrolio

Tabella 2 - Efficienza energetica della siderurgia. Confronto europeo dal 1995 al 2014 - Fonte: Federacciai, 2017

A fronte delle analisi effettuate, emerge che le imprese impiegate nel settore siderurgico italiano stiano adottando sistemi di sviluppo all'avanguardia, con riferimento ai principi alla base dell'approccio economico circolare, che consentono un miglioramento delle tecniche di produzione dell'acciaio, in termini di minori costi, e una riduzione degli impatti ambientali con riferimento alla visione LCT dei prodotti utilizzati.

3.3 CASI AZIENDALI

Il mercato della siderurgia italiana sta registrando, come abbiamo visto, un andamento positivo, soprattutto grazie alla crescita acquisita da parte di alcuni poli siderurgici regionali, in particolare in Veneto e in Lombardia, che rappresentano il fulcro dell'industria italiana dell'acciaio (Il Nord Est Quotidiano, 2019).

In questo senso vengono considerati due gruppi che hanno mostrato segnali di crescita nel settore siderurgico italiano nel corso degli ultimi anni e che adottano al loro interno politiche rivolte alla salvaguardia degli ecosistemi e alla riduzione degli scarti prodotti: la società AFV Acciaierie Beltrame e il Gruppo Pittini (Dorini, 2018).

In particolare, vengono approfonditi i progetti che il gruppo AFV Acciaierie Beltrame, leader a livello europeo nella produzione di laminati, mercantili e di profili speciali per molteplici ambiti di impiego, sta realizzando in materia di sostenibilità ambientale, attraverso l'utilizzo del report contenuto nel sito dell'azienda, all'interno del quale sono illustrate tali iniziative.

Il Gruppo Pittini, invece, viene approfondito attraverso l'utilizzo delle informazioni presenti nell'omonimo sito e all'interno del report elaborato da Federacciai nel 2017, in quanto modello di società che è stata in grado di attuare una riorganizzazione del sistema produttivo consentendo la minimizzazione degli scarti generati durante il processo, rendendoli riutilizzabili in un'ottica di sistema chiuso (Meneghello, 2018).

3.3.1 AFV ACCIAIERIE BELTRAME

Tra le imprese italiane impiegate nel settore siderurgico che hanno adottato progetti innovativi in materia di sostenibilità ambientale, emerge la AFV Acciaierie Beltrame, un'impresa fondata a Vicenza nel 1869, che produce laminati destinati alle costruzioni edili, alla cantieristica navale e alle macchine movimentazione terra. Come viene evidenziato nel profilo del gruppo, tra i principali obiettivi perseguiti ci sono, in particolare, quelli riguardanti la sostenibilità ambientale e il risparmio energetico a sostegno dei quali sono stati attuati dei progetti specifici. AFV Acciaierie Beltrame gestisce le proprie attività secondo la prospettiva del ciclo di vita dei prodotti propria dell'approccio circolare (LCT), per ridurre gli impatti che gli impianti e l'intero sistema produttivo generano, implementando progetti di sviluppo sostenibile in ambito di recupero dei residui prodotti, uso efficiente della risorsa energetica e risparmio idrico.

In materia di recupero dei residui prodotti, l'azienda è in grado di riutilizzare più di 3 milioni di tonnellate di residui di acciaio in un anno introducendoli nuovamente nel mercato e consentendo quindi un risparmio nelle risorse naturali utilizzate, prevenendo lo sfruttamento di cave e miniere per un ammontare di 1400 kg di minerale di ferro, 740 kg di carbone e 120 kg di calcare rispetto al normale ciclo integrale da minerale di ferro. A sostegno di ciò, è stato avviato un progetto, *All Waste Recovered* (AWaRe) con l'obiettivo di eliminare il quantitativo di rifiuti avviati in discarica, entro il 2020, in quanto attualmente il gruppo Beltrame risulta essere in grado di recuperare circa il 97% dei rifiuti provenienti dai processi produttivi (AFV Beltrame Group, 2017).

Per quanto riguarda l'uso efficiente della risorsa energetica, l'impresa fa parte di un progetto denominato *Energy Saving*, che ha come obiettivo la riduzione degli sprechi al fine di garantire

una maggiore sostenibilità aziendale, attuato dal gruppo attraverso l'utilizzo di illuminazioni tramite lampade a LED, motori elettrici ad alta prestazione e sistemi di gestione dei forni in grado di garantire performance efficienti degli impianti che utilizzano gradi quantitativi di energia.

Anche il risparmio nell'uso della risorsa idrica è un elemento chiave della strategia sostenibile di AFV Acciaierie Beltrame, per questo vengono adottati cicli a cascata e sistemi di raffreddamento in grado di ridurre al minimo i consumi d'acqua, consentendo un risparmio fino al 98% della risorsa idrica totale impiegata.

Il Gruppo Beltrame ha, inoltre, ottenuto nel 2014 l'Environmental Product Declaration (EPD), uno strumento internazionale di comunicazione con il quale viene dichiarato il rispetto dei principi e dei requisiti stabiliti dalle politiche comunitarie europee, che consente la quantificazione dettagliata dei dati relativi alle prestazioni del ciclo di vita dei prodotti, permettendo così a tutti coloro che sono in contatto con l'impresa, di comprendere le interazioni che si generano tra prodotto e ambiente circostante.

3.3.2 PITTINI GROUP

Tra le best practice, in Italia, c'è il progetto *Zero Waste* avviato dal Gruppo Pittini nel 1995, grazie al quale sono state implementate politiche di sviluppo circolare del processo produttivo con il fine di valorizzare e recuperare gli scarti di produzione.

Il Gruppo Pittini è nato nel 1955 a Udine e si occupa della copertura dell'intero ciclo produttivo dell'acciaio, dal rottame ferroso al prodotto finito, con una capacità produttiva annua di oltre 3 milioni di tonnellate di acciaio, rendendolo uno dei più autorevoli produttori di riferimento del settore, sia a livello italiano che internazionale. Il Gruppo può, inoltre, contare su 19 stabilimenti ubicati in diversi paesi, che garantiscono la protezione del sistema produttivo dell'acciaio in modo da controllare la qualità del prodotto in tutte le sue diverse fasi.

Tra le priorità della società, c'è quella di conformarsi ai principi dell'Economia Circolare in modo da contenere le emissioni prodotte nell'ambiente, utilizzare in modo razionale le risorse e gestire in maniera sostenibile gli impianti.

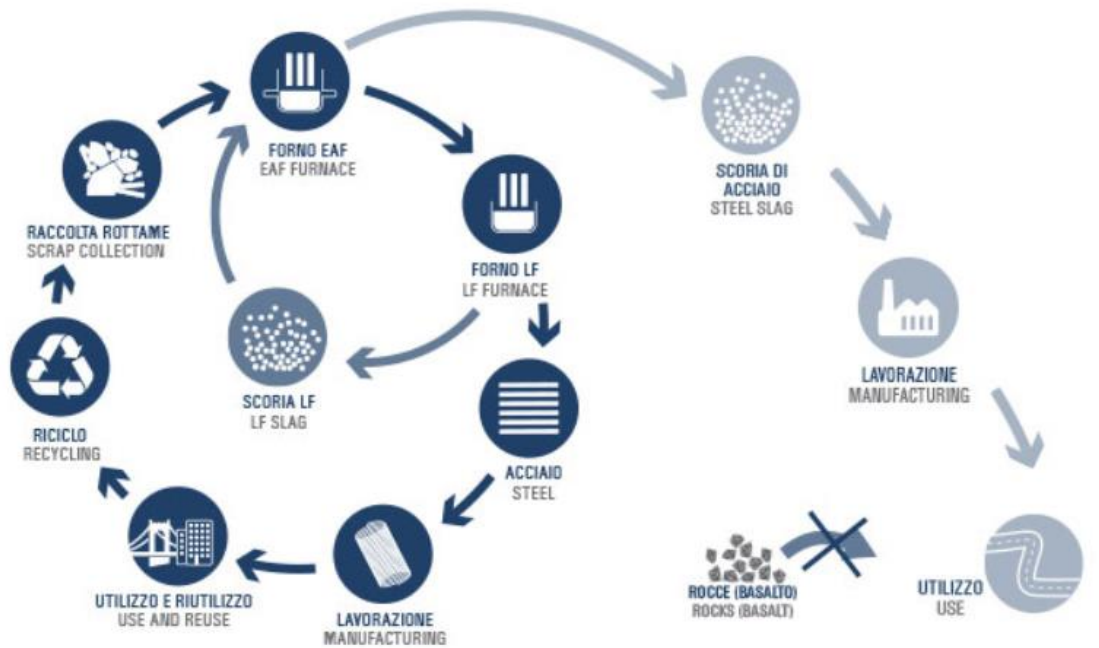


Figura 4 - Ciclo produttivo Gruppo Pittini - Fonte: www.pittini.it

In particolare, il Gruppo Pittini ha cercato di perseguire tali scopi adottando il progetto Zero Waste, con il quale vengono riutilizzati gli scarti della produzione e rivalutati come prodotti all'interno del ciclo economico. Il progetto ha consentito di destinare i materiali secondari a nuovi impieghi in sostituzione di altre materie prime altrimenti estratte in miniere o cave, per questo è stato avviato un processo produttivo dedicato, grazie al quale dalla scoria di acciaieria si ottiene la Granella®, un prodotto certificato Ce dal 2005, che consente da un lato di ottenere una valida alternativa agli inerti naturali nella produzione di manti bituminosi e nella realizzazione di conglomerati cementizi, dall'altro il recupero e la valorizzazione dei sottoprodotti industriali che altrimenti sarebbero stati destinati a rifiuto.

Come viene evidenziato dalla figura 4, il progetto prende in considerazione i materiali ausiliari (scorie di acciaio) del processo di produzione dell'acciaio con forno elettrico, solitamente destinati dalle aziende alle discariche come rifiuti, impiegandoli ad esempio nei manti drenanti autostradali, in sostituzione del basalto o del porfido di origine naturale.

Questo tipo di sviluppo consente all'azienda di adottare soluzioni sostenibili e innovative in un'ottica basata sull'approccio dell'Economia Circolare, permettendo la realizzazione di strade ed infrastrutture con un processo sostenibile, assicurando la qualità e l'efficienza delle varie fasi del ciclo produttivo del gruppo (Gruppo Pittini, 2018).

CONCLUSIONI

Lo scopo di questo elaborato è quello di mettere in evidenza l'importanza ricoperta dal settore siderurgico in termini di riduzione dell'impatto ambientale prodotto dalle attività economiche, considerando che generalmente la siderurgia viene percepita come una delle industrie più inquinanti, in quanto occupata nel settore dell'estrazione e dell'impiego di materiali ferrosi.

Il sistema produttivo attuale è sottoposto ad una serie di cambiamenti, quali l'aumento della popolazione, la riduzione delle risorse naturali, la produzione di scarti, che rendono necessaria l'implementazione di sistemi alternativi in grado di sostenere tali mutamenti. È quindi importante l'adozione di un approccio alternativo che consenta di minimizzare gli sprechi e incrementare l'utilità nel tempo dei prodotti per evitare un esaurimento delle risorse e delle fonti energetiche necessarie per il sostentamento delle attività umane.

È stato preso in particolare considerazione il settore siderurgico, il quale provvede con le sue attività al soddisfacimento di gran parte dei bisogni che caratterizzano le necessità umane; tale settore, risulta essere in grado di provvedere all'implementazione dei principi facenti riferimento all'approccio di Economia Circolare, in quanto, come si è visto, l'acciaio con le sue proprietà caratterizzanti, e a fronte dei suoi vasti campi di applicazione, rende possibile lo sviluppo di prodotti e processi sempre più sostenibili, con riferimento ai concetti di riduzione, riciclo, recupero e riutilizzo, e con l'adozione di un approccio Life Cycle Thinking che tenga in considerazione in maniera integrata l'intero ciclo di vita dei prodotti.

Tuttavia, i miglioramenti e gli investimenti da effettuare sono ancora molteplici, la consapevolezza maturata sul tema della sostenibilità non risulta essere ancora tale da permettere il raggiungimento di risultati sostanziali per le sorti del Pianeta, anche in considerazione del continuo aumento della popolazione che avviene in particolare nei paesi appartenenti alla regione Asia-Pacifico, in cui il tema della sostenibilità ambientale non sempre viene percepito come un problema di peculiare importanza.

A fronte di quanto analizzato, la siderurgia e in particolare quelle imprese che si stanno conformando ai principi riguardanti la creazione di un ciclo chiuso, può essere considerato un settore emblematico capace di adottare sistemi in grado di far fronte ai cambiamenti che stanno caratterizzando il Pianeta negli ultimi anni. Sono ancora molti i miglioramenti da effettuare, tuttavia, un'efficace risultato lo stanno generando quegli enti, come la World Steel Association, che si impegnano a livello globale in queste tematiche e instaurano relazioni con le imprese per consentire lo sviluppo di una tipologia di approccio integrato dei sistemi produttivi.

Dai dati riportati nel terzo capitolo, risulta evidente l'importanza ricoperta dal settore siderurgico all'interno dell'economia italiana, in particolare le imprese produttrici di acciaio hanno investito, soprattutto nel corso degli ultimi anni, in politiche volte a promuovere lo sviluppo sostenibile dei sistemi di produzione attraverso l'adozione di progetti che hanno permesso alle imprese di raggiungere risultati significativi, come è stato riportato per le due società italiane analizzate AFV Acciaierie Beltrame e Pittini Group. È evidente la necessità di maturazione di una consapevolezza che il settore siderurgico italiano sta attuando, in funzione di un'ottica di sistema chiuso in cui gli sprechi e gli scarti vengono minimizzati, trovando il giusto reimpiego, per riuscire a ridurre le emissioni in atmosfera, la produzione dei rifiuti e l'esaurimento delle risorse che, se non limitati e controllati, potrebbero generare delle conseguenze irreversibili per l'intero Pianeta.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ARCELORMITTAL ITALIA, 2018. *L'acciaio e l'Economia Circolare: costruire una vita migliore per tutti* [online]. Disponibile su <https://italia.arcelormittal.com/it/innovation/steel-and-the-circular-economy-building-a-better-life-for-all> [data di accesso: 22/08/2019].

AFV ACCIAIERIE BELTRAME, 2017. *Green Thinking* [online]. Disponibile su: <http://www.gruppobeltrame.com/corporate-responsibility/ambiente-e-sicurezza/> [data di accesso: 26/08/2019].

CASINI, S., 2018. Che cosa succederà all'acciaio italiano e quindi all'industria? *Industria italiana* [online]. Disponibile su: <https://www.industriaitaliana.it/strategie-per-lacciaio-italiano-tra-acquisizioni-e-innovazione/> [data di accesso: 22/08/2019].

CURCURUTO, S., et al., 2018. *EMAS ed Economia Circolare. Il caso studio del settore manifatturiero del metallo*. Istituto Superiore per la ricerca e la Protezione e la Ricerca Ambientale.

DORINI, L., 2018. L'industria siderurgica italiana è viva e lotta insieme a noi. Ecco perché. *Il Sole 24 Ore* [online]. Disponibile su: <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2018/10/23/industria-siderurgica-italiana-acciaio/> [data di accesso: 22/08/2019].

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013. *Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015. *Towards the Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*.

EUROFER, 2016. *Annual Report 2016*. Bruxelles: Eurofer The European Steel Association.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2016. *Circular Economy in Europe. Developing the knowledge base*. Lussemburgo: Publications Office of the European Union.

FEDERACCAI, 2017. *Rapporto di sostenibilità 2017*. Milano, 18/09/2017. Milano: Assemblea Annuale 2017.

FEDERACCAI, 2018. *L'industria siderurgica italiana 2017*. Milano, 11/10/2018. Milano: Assemblea Annuale 2018.

FONDAZIONE PROMOZIONE ACCIAIO. *Economia Circolare: acciaio e riciclo* [online]. Fondazione promozione acciaio. Disponibile su <https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6637-economia-circolare-acciaio-e-riciclo.asp> [data di accesso: 17/08/2019].

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. *Sito organizzazione* [online]. Global Footprint Network. Advancing the Science of Sustainability. Disponibile su: <https://www.footprintnetwork.org/> [data di accesso: 24/08/2019].

GRUPPO PITTINI, 2018. *Steel Ahead* [online]. Disponibile su: <https://www.pittini.it/> [data di accesso: 26/08/2019].

IL NORD EST QUOTIDIANO, 2019. Mercato siderurgico in crescita anche nel 2019 grazie al nuovo polo tra Lombardia e NordEst. *Il Nord Est Quotidiano* [online]. Disponibile su: <http://www.ilnordestquotidiano.it/2019/05/23/mercato-siderurgico-in-crescita-anche-nel-2019-grazie-al-nuovo-polo-tra-lombardia-e-nordest/> [data di accesso: 22/08/2019].

IRALDO, F., BRUSCHI, I., 2015. *ECONOMIA CIRCOLARE: principi guida e casi studio*. Osservatorio sulla Green Economy, Università Commerciale Luigi Bocconi, Istituto di Economia e Politica dell'Energia e dell'Ambiente.

MENEGHELLO, M., 2018. Valorizzazione dei residui, la miniera della siderurgia. *Il sole 24 ore* [online]. Disponibile su <https://www.ilsole24ore.com/art/valorizzazione-residui-miniera-siderurgia-AEIHFfG> [data di accesso: 17/08/2019].

MENEGHELLO, M., 2018. L'Italia resta nella top ten dei produttori di acciaio. *Il Sole 24 Ore* [online]. Disponibile su: <https://www.ilsole24ore.com/art/l-italia-resta-top-ten-produttori-acciaio-AEJZX1rD> [data di accesso: 22/08/2019].

PARLAMENTO EUROPEO, 2015. *Economia Circolare: definizione, importanza e vantaggi* [online]. Disponibile su: <http://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi> [data di accesso: 17/08/2019].

PORTER, M., 1995. In: IRALDO, F., BRUSCHI, I., 2015. *ECONOMIA CIRCOLARE: principi guida e casi studio*. Osservatorio sulla Green Economy, Università Commerciale Luigi Bocconi, Istituto di Economia e Politica dell'Energia e dell'Ambiente, p.4.

WORLD STEEL ASSOCIATION, 2016. *Sustainable Steel: Policy and indicators 2016*.

WORLD STEEL ASSOCIATION, 2016. *Steel – Permanent material in the Circular Economy*.

WORLD STEEL ASSOCIATION, 2019. *World steel in figures 2019*.

WORLD STEEL ASSOCIATION, 2019. *Steel's contribution to a low carbon future and climate resilience societies*.

WORLD STEEL ASSOCIATION. *Sito associazione* [online]. World Steel Association.

Disponibile su: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets.html> [data di accesso: 26/08/2019].