



**Politecnico  
di Torino**

Tesi di Laurea Magistrale

Corso di Laurea Magistrale  
In Ingegneria Gestionale

# **La simbiosi industriale e la sua evoluzione nel contesto internazionale**

**Relatori:**

Prof.ssa. Alfieri Arianna., Relatrice  
Prof. Erica Pastore, Co-Relatrice  
Prof. Castiglione Claudio, Co-Relatore

**Candidato**

Alessandro Vitali Salatino

Anno accademico 2022/2023



*A mia madre, mio padre e mia sorella*

*A tutta la famiglia*

## Sommario

Indice delle figure.....	4
Introduzione.....	5
I Capitolo - La simbiosi industriale.....	7
1.1 La sfida all'ecologia industriale.....	7
1.2 La simbiosi industriale e i mezzi per realizzarla .....	12
1.2 Processi di economia Circolare .....	14
1.3 La simbiosi industriale per le aziende .....	17
1.4.1 Strumenti per la misurazione del potenziale di eco-innovazione .....	22
II Capitolo - I cambiamenti .....	28
2.1 Gli impatti della simbiosi industriale.....	28
2.2 Valutazione della simbiosi industriale.....	31
2.3 L'attività di simbiosi industriale in Europa .....	34
2.3.1 Piano d'azione per l'economia circolare .....	38
2.3.2 Accordo verde europeo.....	38
2.4 Osservazione della legislazione UE.....	42
2.4.1. Normativa nazionale sui sottoprodotti.....	43
2.4.2 Situazione italiana.....	44
III Capitolo - La Simbiosi industriale nel mondo.....	47
3.1 L'uso delle risorse .....	47
3.2 I mercati emergenti.....	50
3.3 Paesi dei mercati di frontiera .....	52
IV Capitolo - Le teorie sovietiche sulla simbiosi industriale .....	63
4.1 Il ruolo dell'ex Unione Sovietica.....	63
4.2 Esempi di simbiosi industriale sovietica.....	69
4.3 Discussione sullo studio della SI nell'ex Unione sovietica .....	74
Conclusioni.....	81
Bibliografia.....	84
Sitografia .....	96

## **Indice delle figure**

Figura 2.1 – Obiettivi del green deal UE ([european-council.europa.eu/eu-green-deal/](https://european-council.europa.eu/media/eu-in-action/eu-green-deal/)) 39

## Introduzione

Nell'era moderna, caratterizzata da una crescente preoccupazione per l'ambiente e la sostenibilità, l'approccio tradizionale all'industria e alla produzione sta subendo una profonda trasformazione. L'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale, ottimizzare l'efficienza delle risorse e promuovere una gestione responsabile dei rifiuti è diventato imperativo per le società e le economie di tutto il mondo. In questo contesto, la Simbiosi Industriale (SI) emerge come un concetto innovativo e potente, che può rivoluzionare la nostra visione della produzione industriale e della gestione delle risorse.

Questo lavoro di tesi si propone di esplorare a fondo il concetto di Simbiosi Industriale, una strategia che promuove la collaborazione e la condivisione di risorse tra diverse industrie al fine di ridurre gli sprechi, migliorare l'efficienza e ridurre l'impatto ambientale complessivo. La SI non solo mira a creare un ambiente industriale più sostenibile ma promuove anche l'innovazione e la crescita economica.

Il nostro viaggio inizia con un'analisi teorica e una revisione della letteratura, dove esamineremo le radici concettuali e i principi fondamentali della Simbiosi Industriale. Successivamente, attraverso un'analisi pratica, esploreremo lo stato dell'arte della SI in tutto il mondo, dall'Europa alla Cina, fino all'ex Unione Sovietica. Questo approccio ci consentirà di comprendere come la SI si sia sviluppata nel corso del tempo e come sia stata implementata in contesti geografici e culturali diversi.

In particolare, dedicheremo attenzione all'Italia, dove nonostante la mancanza di una regolamentazione specifica, la Simbiosi Industriale è emersa come una strategia importante nelle politiche regionali. Analizzeremo anche il ruolo dell'Unione Europea nel promuovere l'economia circolare attraverso la SI e l'importanza della legislazione nazionale in materia di gestione dei rifiuti.

Tuttavia, nonostante le promettenti prospettive teoriche e pratiche della Simbiosi Industriale, ci rendiamo conto che ci sono sfide significative da affrontare. Nei paesi in via di sviluppo ed emergenti, la mancanza di infrastrutture adeguate rappresenta un ostacolo importante per l'attuazione di strategie di SI.

Si tratterà, inoltre, il fenomeno della SI anche nell'ex Unione Sovietica e su come questa strategia in realtà ha radici abbastanza datate, ma non per questo motivo risulta essere stata sviluppata in maniera eccellente e in tutto il suo potenziale. Anche l'ex Unione sovietica ha la necessità di mettere a punto un piano valido per implementare in maniera corretta e coerente tale strategia.

Infine, concludiamo sottolineando che, nonostante gli sforzi compiuti, il mondo deve fare di più per raggiungere obiettivi soddisfacenti in termini di sostenibilità ambientale e gestione delle risorse. La Simbiosi Industriale si presenta come uno strumento promettente per raggiungere questi obiettivi, ma richiede la collaborazione di governi, imprese e ricerca industriale. Lavorando insieme, possiamo avviare un cambiamento positivo che ci porterà verso un futuro più sostenibile ed efficiente dal punto di vista delle risorse.

## **I Capitolo - La simbiosi industriale**

La transizione verso un'economia più sostenibile ha portato in primo piano l'importanza dell'ecologia industriale e della simbiosi industriale. Questa trasformazione, benché necessaria, non è priva di sfide. Le imprese, in particolare le PMI, sono chiamate a rivoluzionare i propri modelli operativi, focalizzandosi sull'eco-innovazione e cercando collaborazioni simbiotiche con altre imprese, al fine di ottimizzare l'uso delle risorse. Questo percorso, sebbene sembri arduo, non è senza supporto. La ricerca, come dimostra la vasta gamma di studi emersi dalla revisione sistematica della letteratura, offre numerosi strumenti e metodologie per aiutare le imprese a navigare in questa nuova era. Tuttavia, la sfida non riguarda solo la tecnologia o le tecniche; riguarda la conoscenza, sia essa esplicita che tacita. E mentre le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (TIC) hanno il potenziale per facilitare la condivisione della conoscenza, l'importanza della comunicazione umana e delle relazioni basate sulla fiducia non può essere sottovalutata. Questa introduzione fornisce una panoramica di diversi aspetti cruciali dell'eco-innovazione e della simbiosi industriale, ponendo le basi per una discussione più approfondita sugli sviluppi recenti, le sfide e le opportunità in questo ambito.

### **1.1 La sfida all'ecologia industriale**

La simbiosi industriale indica il trasferimento di risorse tra più industrie diverse tra loro. Per risorse si intendono materiali, sottoprodotti e rifiuti, ma anche cascami energetici, servizi ed altro.

La SI descrive reti industriali che ottimizzano in modo cooperativo i flussi di risorse per ottenere un beneficio collettivo superiore alla somma dei benefici individuali, e che, quindi, si potrebbero ottenere agendo da soli.



Tali reti spesso scambiano sottoprodotti, condividono risorse e infrastrutture e si impegnano collettivamente in progetti ambientali correlati. La più nota è in Danimarca (Ehrenfeld, J. and N. Gertler 1997), ma ne esistono molte in tutto il mondo.

I legami di SI spesso si formano tra aziende di diversi settori industriali che non hanno relazioni consolidate con i clienti/fornitori e, quindi, richiedono una comunicazione che trascende la rete di clienti/fornitori esistente. Per affrontare questa sfida, sono stati sviluppati molti strumenti TIC, a supporto delle SI. Tuttavia, la maggior parte di questi strumenti è caduta in disuso, avendo avuto uno scarso impatto sullo sviluppo dei collegamenti tra le SI:

- **Valutazione del Ciclo di Vita (LCA):** Questa metodologia esamina gli effetti ambientali di un prodotto o servizio dall'inizio alla fine del suo ciclo di vita, includendo la produzione, l'utilizzo e la fase di smaltimento. L'obiettivo è quello di identificare e quantificare il consumo di risorse, l'energia impiegata e le emissioni prodotte, al fine di individuare le opzioni più rispettose dell'ambiente.
- **MIPS (Material Input per Unit of Service):** Questo indice, misura la quantità di materiali necessari per fornire un prodotto o servizio specifico. Viene utilizzato per determinare quanta efficienza viene raggiunta nell'utilizzo delle risorse e per valutare l'impronta ambientale di un determinato processo o attività.
- **Valutazione del Rischio Ambientale (ERA):** Questa è una procedura finalizzata a identificare e gestire i potenziali pericoli ambientali legati a sostanze chimiche, prodotti o attività. L'analisi considera gli effetti possibili sull'ambiente e sulla salute delle persone, con l'obiettivo di creare piani di intervento per ridurre tali rischi.
- **Analisi del Requisito Energetico Cumulativo (CERA):** Questa analisi si concentra sulla quantità totale di energia necessaria in ogni fase di vita di un prodotto, dall'estrazione delle materie prime, alla produzione, all'uso, fino al suo smaltimento. Serve per identificare aree di miglioramento energetico.

- **Analisi Input-Output (IOA):** Questo è un approccio economico che esplora come i vari settori industriali e commerciali interagiscono tra loro. Studia la dinamica delle risorse impiegate (come materie prime, energia e manodopera) e ciò che ne esce (prodotti, servizi ed emissioni), fornendo una visione d'insieme delle interdipendenze economiche.
- **Analisi Costi-Benefici (CBA):** Questo strumento si presta per valutare e confrontare i costi di un progetto rispetto ai benefici che può generare. Lo scopo è quello di determinare se un'azione o investimento è economicamente vantaggioso, osservando l'equilibrio tra spese e rendimenti.
- **Valutazione dell'Acqua (WA):** Questa metodologia analizza l'uso e la gestione dell'acqua, studiando l'impatto delle attività sull'ecosistema idrico. Si focalizza sul riconoscimento dei rischi e delle potenzialità legati all'uso delle risorse idriche, promuovendo pratiche più sostenibili e rispettose dell'ambiente.

Valutare l'evoluzione degli strumenti TIC per le SI, rispetto ai requisiti di conoscenza delle stesse, fornisce una spiegazione per i primi risultati contrastanti e per i percorsi di sviluppo futuri. I primi sistemi TIC sono stati pesantemente criticati per la loro tendenza a concentrarsi sulla conoscenza esplicita, mentre la conoscenza tacita, come il capitale sociale e la fiducia, è essenziale per le interazioni mutualistiche e non di mercato richieste per le SI (Desrochers, P. 2004).

La teoria economica basata sulla conoscenza fornisce un quadro di riferimento per spiegare i risultati contrastanti delle TIC per le Sic (Grant, R. M. 1996). Per capire come viene comunicata la conoscenza è necessario distinguere tra due tipi di conoscenza:

- Conoscenza esplicita o informazione;
- Conoscenza tacita o know-how.

La conoscenza esplicita o informazione è facilmente comunicabile, codificata o centralizzata utilizzando strumenti come le statistiche. La conoscenza tacita, invece, è complessa e non è codificata.

A differenza di beni come i metalli riciclati, che possono essere scambiati solo sulla base di conoscenze esplicite, i materiali di scarto sono tipicamente non standard, fuori specifica o di composizione molto variabile.

Le simbiosi industriali, rispetto ai tradizionali scambi di merci, sono caratterizzate da flussi di conoscenza e applicazioni più tacite. Questa distinzione permette di comprendere molte osservazioni attuali documentate nella letteratura sulla SI.

La conoscenza tacita o il know-how non possono essere trasferite verticalmente attraverso una gerarchia, o da e verso un'autorità centrale (Grant, R. M. 1996).

Se la SI si basa sulla conoscenza tacita, questa limitazione predice:

- 1) I concetti di capitale sociale e fiducia come precursori chiave per lo sviluppo della SI (Ehrenfeld, J. And N. Gertler. 1997);
- 2) L'importanza di un modello di rete per il successo (Berends, F. B. A. M. 2001);
- 3) Il fallimento di una pianificazione autocratica analoga a quella di un'economia pianificata centralmente (Desrochers, P. 2004); e
- 4) La capacità di alimentare o accelerare la SI laddove se ne è già riscontrata l'esistenza (Chertow, M. 2007).

La prospettiva basata sulla conoscenza apre una ricchezza di ricerche a cui si può attingere per identificare strategicamente le opportunità di uno sviluppo di successo. La capacità delle TIC di consentire la comunicazione della conoscenza esplicita è comunemente intesa.

Molte ricerche recenti si concentrano sulla capacità delle TIC di promuovere la condivisione di conoscenze esplicite e tacite attraverso la creazione di comunità, capitale sociale e fiducia.

Tradizionalmente, l'instaurazione della fiducia favorisce la "compresenza e la co-localizzazione" e "affinché le TIC assistano il trasferimento di conoscenza a distanza, gli individui coinvolti devono riuscire a creare un luogo virtuale in cui condividono un quadro istituzionale sociale e culturale comune.

La necessità di soddisfare questo prerequisito limita la portata della comunicazione tecnologicamente assistita come sostituzione del contatto faccia a faccia" (Roberts, J. 2000). In alcuni casi, la comunicazione faccia a faccia può essere un prerequisito per la fiducia nella comunicazione mediata dal computer (Hossain, L. and R. T. Wigand. 2004).

I critici sostengono che le TIC minacciano l'interazione intima della comunità (come recensito da Wellman 1999) e tendono a compartimentare la conoscenza, esprimendo solo i lati espliciti, suggerendo che la conoscenza possa esistere indipendentemente dai suoi soggetti conoscenti e rafforzando le strutture organizzative che non consentono lo sviluppo della conoscenza (come recensito in Hendriks 2001).

Tuttavia, la crescente ricerca in sociologia, scienze comportamentali e gestione della conoscenza contribuisce a una nuova consapevolezza che le TIC possono favorire direttamente le comunità rafforzando il capitale sociale. In particolare, Internet rafforza le strutture comunitarie esistenti attraverso una maggiore comunicazione (Blanchard, A. and T. Horan. 1998).

I sistemi TIC sono progettati con l'obiettivo specifico di promuovere il capitale sociale e la fiducia della comunità e di facilitare la trasferibilità di una conoscenza tacita altrimenti molto sfuggente. I termini "comunità online" e "comunità virtuali" sono emersi per descrivere i gruppi sociali mediati dal computer (Preece, J. 2000).

L'attuale ricerca e sviluppo delle comunità online è incentrata sull'usabilità (interazione uomo-computer) e sulla socievolezza (interazione uomo-uomo). Ad esempio, Xerox ha affrontato una sfida di condivisione delle conoscenze quando ha

scoperto che i suoi rappresentanti del servizio di assistenza avevano successo “principalmente allontanandosi dai processi formali” (Brown, J. S. and P. Duguid. 2000).

Piuttosto che affidarsi ai manuali di riparazione o ai bollettini, si scoprì che i rappresentanti dell’assistenza localizzavano le conoscenze attraverso reti di legami deboli tenute insieme dalla narrazione di storie durante le colazioni, i pranzi, le pause caffè e le attività fuori orario.

## **1.2 La simbiosi industriale e i mezzi per realizzarla**

La Simbiosi Industriale (SI) è di vitale importanza per facilitare il passaggio a un’economia circolare. Aiuta le industrie e le imprese a cooperare nello scambio di risorse naturali e infrastrutture di produzione.

Una forte leadership del settore pubblico e privato e legami solidi tra l’industria e gli istituti di ricerca sono essenziali per iniziative efficaci di SI. Per facilitare il processo, Nordregio, insieme ai partner del progetto BSR Stars S3<sup>1</sup>, ha studiato casi di successo e ha creato un precetto in 11 fasi su come implementare la SI nei settori pubblico e privato.

La simbiosi industriale porta molti benefici, tra cui il risparmio sui costi, la riduzione del consumo di risorse naturali e l’eliminazione dei rifiuti. Tuttavia, permangono alcune sfide nella sua attuazione, tra cui l’insufficiente facilitazione da parte delle autorità pubbliche, i bassi livelli di investimenti pubblici e privati, i deboli

---

<sup>1</sup> BSR Stars S3 - Specializzazione intelligente in bioeconomia, economia circolare e digitale nella Regione del Mar Baltico. Il concetto di specializzazione intelligente ha sfidato le regioni europee a stabilire strategie di sviluppo orientate all'innovazione che si concentrino sulle aree di forza e di vantaggio competitivo. Il progetto BSR Stars S3 mira a potenziare le opportunità di crescita nella regione del Mar Baltico, concentrandosi sui settori dell'economia bio/circolare e digitale. L'obiettivo principale è migliorare le capacità delle regioni di attuare strategie regionali di specializzazione intelligente (RIS3) attraverso strumenti e metodi che coinvolgano le imprese e la ricerca bio-circolare, supportino la gestione dei processi di innovazione e rafforzino le opportunità di cooperazione transnazionale.

legami tra l'industria e gli istituti di ricerca e la necessità di migliorare i flussi di informazioni per aumentare la consapevolezza delle parti interessate sui benefici delle collaborazioni di SI.

In base allo studio *Industrial Symbiosis in the Baltic Sea Region: Current Practices and Guidelines for New Initiatives*, l'attuazione della SI richiede<sup>2</sup>:

- **FIDUCIA** - Incoraggiare un ruolo di leadership attiva da parte delle autorità pubbliche nel motivare e facilitare la collaborazione nei cluster e nelle reti regionali di SI per costruire la fiducia tra le industrie, le organizzazioni di sviluppo aziendale e gli istituti di ricerca.
- **MAPPATURA** - Aumentare gli sforzi per includere le attività di SI e di economia circolare nelle strategie regionali, mappando le aree di forza della SI regionale e il potenziale di sviluppo in workshop di scoperta imprenditoriale con esperti locali.
- **INCENTIVI** - Fornire incentivi finanziari all'industria e agli istituti di ricerca affinché si impegnino in iniziative di SI, come esenzioni fiscali e finanziamenti per gli appalti pubblici a livello nazionale o europeo.
- **FINANZIAMENTO** - Esplorare modelli di finanziamento della SI nel settore privato, ad esempio società private di piattaforma a scopo di lucro.
- **DOMANDA** - Stabilire legami più forti tra l'industria locale e gli Istituti di Ricerca per garantire che la ricerca, la formazione e i modelli di business della SI rispondano alle esigenze del settore privato.
- **FORTE LEAD** - Incoraggiare l'industria ad assumere un ruolo di primo piano nel coordinare lo sviluppo delle piattaforme di SI, sensibilizzando sui potenziali benefici del coinvolgimento.

---

<sup>2</sup> *Industrial Symbiosis in the Baltic Sea Region: Current Practices and Guidelines for New Initiatives*

<https://nordregio.org/11-steps-to-implement-industrial-symbiosis/>

- **FLUSSI MATERIALI** - Incoraggiare le autorità pubbliche, le università e gli istituti di ricerca a mappare i flussi materiali regionali e gli attori della SI.
- **MIGLIORI PRATICHE<sup>3</sup>**- Diffondere informazioni sulle migliori pratiche di SI per promuovere l'apprendimento tra gli stakeholder regionali.
- **VISIONE** - Incoraggiare lo sviluppo di visioni regionali di SI a lungo termine e di strumenti di supporto alla pianificazione attraverso lo sviluppo di tabelle di marcia strategiche e piani di scenari futuri.
- **PROMOZIONE** - Pubblicizzare le iniziative regionali di SI presso il pubblico internazionale per promuovere le buone pratiche e l'immagine sostenibile della regione e massimizzare il potenziale di collaborazioni transnazionali.
- **CONDIZIONI** - Le autorità pubbliche locali devono promuovere le condizioni per la simbiosi industriale nelle aree urbane e facilitare l'interesse e le capacità del settore pubblico e privato di formare simbiosi industriali nei distretti urbani.

## 1.2 Processi di economia Circolare

Morseletto (Morseletto P. 2020) ha definito l'economia circolare (EC) come un modello economico finalizzato all'uso efficiente delle risorse attraverso la minimizzazione dei rifiuti, la conservazione del valore a lungo termine, la riduzione delle risorse primarie e il ciclo chiuso di prodotti, parti di prodotti e materiali entro i limiti della protezione ambientale e dei benefici socioeconomici. La letteratura che

---

<sup>3</sup> Industrial Symbiosis in the Baltic Sea Region: Current Practices and Guidelines for New Initiatives  
<https://nordregio.org/11-steps-to-implement-industrial-symbiosis/>

cerca di definire l'EC è recente, significativa e in crescita) Walker AM, Opferkuch K, Roos Lindgreen E, Simboli A, Vermeulen WJV, Raggi A. 2021).

L'Unione Europea ha fornito un'utile definizione di EC e le si può attribuire un certo merito di leadership politica. *“In un'economia circolare il valore dei prodotti e dei materiali viene mantenuto il più a lungo possibile; i rifiuti e l'uso delle risorse vengono ridotti al minimo e le risorse vengono mantenute all'interno dell'economia quando un prodotto ha raggiunto la fine del suo ciclo di vita, per essere utilizzate ancora e ancora per creare ulteriore valore”* (European Commission 2020) .

I “confini” definitivi dell'EC sono diventati poco chiari, in quanto si estendono alla gestione aziendale e alla dimensione sociale. L'EC è un modello economico in cui la pianificazione, l'approvvigionamento, la produzione e il riciclaggio sono progettati e gestiti, sia come processo che come risultato, per massimizzare il funzionamento dell'ecosistema e il benessere umano (Murray A, Skene K, Haynes K 2017).

Nel 2009 è entrata in vigore la legge cinese che promuove i flussi di materiali EC, favorendo la circolazione “circolare”, in contrapposizione a quella tipicamente lineare, attraverso la SI (Moreau V, Sahakian M, van Griethuysen P, Vuille F 2017). Ciò ha dato un notevole impulso all'emergere di ricerche accademiche su questo nuovo campo di studio.

Moreau et al. (Moreau V, Sahakian M, van Griethuysen P, Vuille F (2017) hanno sostenuto che, mentre l'EC sta guadagnando slancio nella promozione dei cicli chiusi dei materiali, del riutilizzo dei prodotti e della promozione delle catene di produzione e fornitura per migliorare l'efficienza delle risorse, non si estende alle dimensioni economiche istituzionali (e sociali) di livello superiore.

Hanno evidenziato il problema che l'EC non si avventura nelle dimensioni del lavoro e della governance e si chiedono chi, oltre alle imprese, debba sostenere i costi associati.

Le Nazioni Unite (United Nations 2015) hanno adottato la Risoluzione 70/1 nel 2015. L'intento di questa risoluzione è lo sviluppo sostenibile a livello mondiale e ha elencato 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, con i relativi target.



Cecchin et al. (2020), analizzando gli obiettivi delle Nazioni Unite, hanno identificato 7 obiettivi a cui la SI potrebbe dare un contributo, identificando ulteriormente gli obiettivi specifici rilevanti che possono essere applicati alla voce “SI”.

Facendo riferimento ancora una volta a Morsetto (2020), è stato suggerito che la pratica della governance è un modo o un requisito comune nella transizione verso l’EC, attraverso la definizione di obiettivi politici.

Si osserva che: l’EC è emersa come quadro di riferimento contemporaneo, anche se ancora emergente, per la SI e per diversi altri quadri di riferimento. Sebbene si ritenga che l’EC operi su una scala geografica più ampia, si ritiene che non stia avanzando come previsto.

Molte delle ragioni possono essere attribuite agli stessi problemi che si verificano a livello geografico locale, dove la sostenibilità degli attuali modelli di produzione significa una maggiore probabilità di raggiungere la competitività economica a lungo termine.

Nella loro revisione della letteratura relativa ai campi dell’EC e della sostenibilità (S), Nikolaou et al. (Nikolaou IE, Jones N, Stefanakis A 2021) hanno individuato una crescita significativa e crescente del materiale pubblicato nell’ultimo decennio. Nel loro documento, hanno individuato una crescente connessione tra la letteratura relativa all’EC e alla SI, insieme a un’attenzione sempre maggiore per le attività a livello macroeconomico (rispetto ai livelli micro e mesolevel di ricerca), dove l’attuazione di politiche e progetti governativi ha un’influenza a livello regionale o nazionale.

Hanno inoltre osservato che, mentre gran parte della letteratura era costituita da ricerche teoriche e scientifiche provenienti dai settori dell’ingegneria e del management, la maggior parte degli articoli inclusi nella loro ricerca si trovava nei campi di ricerca dell’ingegneria e delle scienze naturali.

Questo futuro sembra essere un nuovo paradigma all’interno del quale la traiettoria evolutiva della SI diventa semplicemente una parte di un contesto molto più

ampio in cui le attività (umane e aziendali) si allineano verso un obiettivo di rifornimento. Il quadro quadridimensionale KIC4 descritto da Oughton et al. (2021) è in linea con le conclusioni di Nikolaou e, oltre all'applicazione ipotizzata a livello di area industriale locale, può essere uno strumento di analisi potenzialmente applicabile a livelli economici superiori (regionale, nazionale e oltre) per sostenere la spinta dell'industria verso una sostenibilità economica e ambientale di ordine superiore.

### **1.3 La simbiosi industriale per le aziende**

Le imprese sono al centro della maggior parte degli impatti ambientali causati dalla società (Commission of the European Communities 2003), contribuendo a generare impatti lungo l'intero ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime e dalla produzione, fino alla distribuzione, all'uso del prodotto e alla fine dell'utilizzo/fine vita.

Le piccole e medie imprese (PMI) svolgono un ruolo importante in questo contesto, in quanto rappresentano la grande maggioranza delle aziende esistenti. Queste generano più della metà del valore aggiunto totale in Europa (Ruiz Puente, M.C.; Arozamena, E.R.; Evans, S. 2016) attraverso la produzione e la fornitura di prodotti e servizi.

Inoltre, le PMI incontrano ancora una serie di difficoltà nell'integrare la sostenibilità nei loro processi aziendali principali, essendo ancora in gran parte reattive alle questioni ambientali (Ormazabal, M.; Prieto-Sandoval, V.; Puga-Leal, R.; Jaca, C., 2018). Attualmente sono disponibili numerosi concetti e strumenti per sostenere l'integrazione della sostenibilità nel core business delle aziende.

L'eco-innovazione è considerata uno degli approcci chiave per le PMI, grazie al suo potenziale di miglioramento della competitività verde di queste attraverso lo sviluppo di prodotti, processi e capacità organizzative innovative (Ruiz Puente, M.C.; Arozamena, E.R.; Evans, S.2016).

I fattori determinanti per il potenziamento delle attività di eco-innovazione all'interno delle PMI sono legati a:

- (i) L'istituzione di politiche di sostegno;
- (ii) Una maggiore percezione della sua importanza strategica;
- (iii) Il supporto di consulenza tecnologica;
- (iv) I metodi per l'eco-innovazione di prodotto e di processo;
- (v) La collaborazione all'interno delle reti di fornitura (de Jesus Pacheco, D.A.; ten Caten, C.S.; Jung, C.F.; Ribeiro, J.L.D.; Navas, H.V.G.; Cruz-Machado, V.A.2017).

L'eco-innovazione può essere applicata a tre livelli principali:

- (a) strategia aziendale;
- (b) modello aziendale;
- (c) operazioni.

Ed è utilizzata in una moltitudine di aree di ricerca (Klewitz, J.; Hansen, E.G.,2014), tra cui:

- L'ecologia industriale e la simbiosi industriale (Jacobsen, N.B 2006);
- La produzione più pulita;
- La valutazione del ciclo di vita;
- La produzione sostenibile;
- L'ecodesign;
- L'economia circolare.

L'economia circolare può essere vista come un concetto ombrello su cui si basano diversi altri concetti, come la simbiosi industriale e il concetto di ciclo di vita (Blomsma, F.; Brennan, G. 2017).

Nonostante i suoi potenziali benefici, l'adozione di approcci di simbiosi industriale è generalmente limitata in tutto il mondo; tuttavia, ultimamente stanno guadagnando molta attenzione con l'affermarsi dell'agenda dell'economia circolare.

Per quanto riguarda le PMI, le esperienze sono ancora molto poche (Ruiz Puente, M.C.; Arozamena, E.R.; Evans, S. **2015**). Caratterizzate da flussi relativamente piccoli, queste spesso presentano difficoltà a gestire i costi associati alla creazione di un'iniziativa di simbiosi industriale e alla regolare raccolta e scambio di dati relativi ai loro flussi di risorse in entrata e in uscita. (Cecelja, F.; Raafat, T.; Trokanas, N.; Innes, S.; Smith, M.; Yang, A.; Zoraios, Y.; Korkofygas, A.; Kokossis, A. **2015**).

Le barriere per una maggiore diffusione della simbiosi industriale sono legate a impegno per lo sviluppo sostenibile (Ormazabal, M.; Prieto-Sandoval, V.; Puga-Leal, R.; Jaca, C. **2018**)

- Accesso a dati qualitativi/quantitativi dettagliati sui flussi di residui; cooperazione e fiducia tra le aziende (O'Hare, J.A.; Mcalooone, T.C.; Pigosso, D.C.A, 2017).
- Fattibilità tecnica;
- Quadro normativo;
- Limitata consapevolezza della comunità;
- Mancanza di un chiaro business case (Golev, A.; Corder, G.D.; Giurco, D.P. **2015**).

In questo contesto, gli organi della pubblica amministrazione sembrano svolgere un ruolo chiave nel consentire il rafforzamento delle iniziative eco-innovative (Fernández-Viñé, M.B.; Gómez-Navarro, T.; Capuz-Rizo, S.F. **2013**).

Anche se consolidata in misura elevata nei cosiddetti parchi di simbiosi industriale o parchi eco-industriali, (Herczeg, G.; Akkerman, R.; Hauschild, M.Z. **2016**) la creazione di relazioni simbiotiche tra le PMI non situate all'interno dei parchi

industriali è ancora limitata, nonostante la loro vicinanza relativamente ampia e l'elevato potenziale di collaborazione (Nulkar, G. 2014).

Inoltre, recenti definizioni di simbiosi industriale evidenziano che il concetto non è necessariamente legato alla geografia, ma è radicato nell'innovazione e nelle reti per la condivisione delle conoscenze, con conseguente miglioramento dell'efficienza nell'uso dei materiali (Lombardi, D.R.; Laybourn, P. 2012).

Le reti regionali di innovazione sono viste come fattori abilitanti per l'impegno delle PMI nella simbiosi industriale. L'identificazione di simbiosi industriali tra PMI vicine all'interno di una determinata regione può consentire una maggiore adozione dell'eco-innovazione, portando a una minimizzazione dei loro impatti ambientali negativi e consentendo la creazione dei cosiddetti modelli di business verdi.

Per rendere possibili tali iniziative, è necessario esplorare ulteriormente l'identificazione del potenziale dell'impresa di impegnarsi in iniziative di eco-innovazione.

Mentre l'eco-innovazione può essere misurata a diversi livelli (ad esempio, aziendale, settoriale, di cluster/parco, regionale, nazionale e internazionale) (Park, M.S.; Bleischwitz, R.; Han, K.J.; Jang, E.K.; Joo, J.H., 2006), si sono visti pochi sforzi per misurare il potenziale di eco-innovazione a livello aziendale.

Strumenti identificati a livello aziendale, sono classificati in base ai loro obiettivi e focus (eco-innovazione (EI), simbiosi industriale (SI) e modello di business (BM)). È possibile individuare alcuni aspetti interessanti del settore delle PMI (Park, M.S.; Bleischwitz, R.; Han, K.J.; Jang, E.K.; Joo, J.H., 2006):

- Forte predominanza di strumenti di simbiosi industriale, dei quali si è parlato nel primo paragrafo della tesi, incentrati sullo scambio di flussi di materiali ed energia. Solo uno strumento è legato ai modelli di business (attraverso una griglia di maturità), mentre cinque strumenti sono focalizzati sull'eco-innovazione;

- Numero limitato di strumenti multidisciplinari: solo due strumenti combinano simbiosi industriale ed elementi di eco-innovazione (a livello di rete e regionale); e solo uno strumento combina simbiosi industriale e modelli di business (incentrato sulla collaborazione industriale regionale);
- La maggior parte degli strumenti di simbiosi industriale identificati si concentra sullo sviluppo di piattaforme e database basati sulla conoscenza per consentire l'identificazione di potenziali sinergie simbiotiche tra le aziende, piuttosto che sulla comprensione del potenziale a livello aziendale;
- La maggior parte degli strumenti è applicata a livello di rete/catena di fornitura (o di prodotto) - nessuno degli strumenti identificati si concentra sul livello aziendale, il che può essere considerato un'importante lacuna nell'attuale stato dell'arte.

Oltre agli strumenti descritti, sono stati identificati diversi strumenti di ottimizzazione della simbiosi industriale (Ren, J.; Liang, H.; Dong, L.; Sun, L.; Gao, Z. **2016**), nonché strumenti legati alle politiche (Deutz, P.; Ioppolo, G. **2015**).

- Ottimizzazione nell'uso delle risorse.
- Prevenzione della produzione dei rifiuti.
- Attenuazione della pressione sull'ambiente e delle emissioni.
- Mancato smaltimento in discarica.
- Riduzione emissioni di CO<sub>2</sub>.
- Riduzione produzione rifiuti.
- Eliminazione di materiali tossici per l'ambiente.

Inoltre, molte pubblicazioni recenti evidenziano direttamente il legame tra simbiosi industriale ed economia circolare (Merli, R.; Preziosi, M.; Acampora, A. **2018**), un concetto emergente. Queste pubblicazioni si concentrano sullo sviluppo di strumenti per facilitare lo scambio di risorse tra le aziende, su una revisione dello stato dell'arte che collega l'economia circolare con la simbiosi industriale e i concetti correlati e

sull'esplorazione delle barriere non tecniche e dei driver per l'implementazione dell'economia circolare attraverso la simbiosi industriale (Lombardi, R. 2017).

#### **1.4.1 Strumenti per la misurazione del potenziale di eco-innovazione**

Per identificare lo stato dell'arte degli strumenti esistenti per la misurazione del potenziale di eco-innovazione nelle aziende, è stata condotta una revisione sistematica della letteratura (SLR).

La SLR si è concentrata sull'identificazione degli strumenti di eco-innovazione correlati, utilizzando Scopus come database principale, data la sua rilevanza per l'argomento.

Le stringhe di ricerca utilizzate comprendono TITLE-ABS-KEY ("tool" e "eco-innovation") e TITLE-ABS-KEY ("tool" e "industria" e "simbiosi"). Le ricerche, aggiornate l'ultima volta a giugno 2018 (senza delimitazioni temporali), hanno portato a un totale di 253 studi, che sono stati successivamente controllati per quanto riguarda l'ambito e il focus.

In un campo multidisciplinare come l'ecologia industriale, ci sono filoni di molte discipline e percorsi di ricerca che sono all'origine della comprensione attuale.

Sebbene la quantità di letteratura sulla simbiosi industriale e sui parchi eco-industriali sia piuttosto limitata vi è una parte della letteratura correlata.

Nella misura in cui la simbiosi industriale ha a che fare con le economie locali e regionali, c'è un certo legame con la letteratura sull'economia ambientale che riconosce la dimensione spaziale dei sistemi ambientali e delle risorse e cerca di modellare gli input, gli output e i residui (Kneese A, Sweeney J. 1985).

Più direttamente, esiste una letteratura significativa sui vantaggi localizzativi, tra cui Piore e Sabel (1984), Krugman (1991) e Porter (1998) che si basa sul corpo della

teoria economica che cerca di spiegare e prevedere il modello spaziale della localizzazione degli agenti economici (Pearce DW, ed. 1992).

Questa letteratura economica ha considerato a lungo l'effetto della vicinanza ai principali fattori di produzione e dei costi di trasporto nel determinare le decisioni di localizzazione delle imprese e il conseguente modello di sviluppo spaziale, ma non ha considerato l'effetto che la collocazione strategica di strutture con esigenze di input/output complementari può avere sul vantaggio localizzativo.

La letteratura sui distretti industriali risale a cento anni fa, quando l'economista Alfred Marshall li esaminò per comprendere la leadership britannica nella produzione tessile.

Una recente tesi di dottorato ha riunito alcuni di questi argomenti per discutere di come la collocazione industriale e la creazione di reti interaziendali possano portare a significative economie nella gestione ambientale legata alle infrastrutture, ai flussi di informazioni e all'applicazione delle normative, nonché alla diminuzione dei conflitti per l'uso del territorio (Kassinis GI. 1997).

Nello sviluppo internazionale, il termine zona industriale viene utilizzato per descrivere "un grande appezzamento di terreno, suddiviso e sviluppato per l'uso di più imprese contemporaneamente, che si distingue per le infrastrutture condivisibili e la vicinanza delle imprese" (Peddle MT. 1993)

Nel 1997 il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente ha pubblicato uno studio sulla gestione ambientale delle aree industriali. Sebbene la gestione delle aree industriali in modo ecocompatibile sia diversa dalla simbiosi industriale, questo studio cita Kalundborg e descrive come le aree industriali siano luoghi eccellenti per applicare i principi della simbiosi industriale, poiché le aree contengono industrie diverse e possono realizzare economie di scala (Environ. Programme Ind. Environ. 1997)

Nel 1989, Frosch & Gallopoulos (1998), ispirarono gran parte dell'ecologia industriale che sarebbe venuta in seguito quando scrissero di "un ecosistema industriale" in cui il consumo di energia e di materiali è ottimizzato e gli effluenti di un processo [...] servono come materia prima per un altro processo (Ibid. 142).



Nello stesso anno Ayres ha scritto che la biosfera e l'economia industriale "sono sistemi di trasformazione dei materiali" e che lo studio di questo "metabolismo industriale" potrebbe portare a cambiamenti nella direzione di una maggiore efficienza dei flussi di materiali e dei rifiuti (Ayres R. 1989).

In effetti, nel numero inaugurale del *Journal of Industrial Ecology*, il caporedattore Reid Lifset ha commentato lo scambio simbiotico di materiali e l'entusiasmo per Kalundborg, ma ha rassicurato i lettori che il *Journal* "non si occupa semplicemente di impianti co-localizzati che scambiano rifiuti (Lifset R. 1997).

Un numero speciale sull'ecologia industriale del *Journal of Cleaner Production* contiene un articolo sulle origini dell'ecologia industriale del giornalista scientifico Suren Erkman. Erkman ha fatto risalire alcune delle idee alla base della simbiosi industriale alle agenzie delle Nazioni Unite negli anni '70, tra cui i documenti presentati a una riunione del 1976 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite sulla "tecnologia e la produzione senza rifiuti" (Erkman S. 1997).

Per quanto riguarda la letteratura sulla sostenibilità, gli studiosi dei sistemi socioeconomici regionali hanno ipotizzato che la transizione da insostenibile a sostenibile sia un processo evolutivo che si introduce molto probabilmente a livello locale.

Chiamando queste "isole di sostenibilità", si pensa che, come l'evoluzione biologica, si muovano in un processo "verso tassi più elevati di circolazione dei materiali all'interno del sistema e verso un aumento del flusso totale di energia solare attraverso il sistema", la simbiosi industriale è specificamente citata in questa letteratura come sul percorso evolutivo verso una maggiore diversità e complessità dei sistemi regionali (Wallner H, Narodoslowsky M. 1996).

Dopo aver conosciuto Kalundborg, due ricercatori austriaci si sono chiesti se il concetto di sistema di "rete di riciclaggio industriale" fosse unico a Kalundborg. Hanno scoperto una rete con un maggior grado di diversità e complessità nella provincia austriaca della Stiria, che ha portato benefici alla regione dal punto di vista ecologico ed economico.

In particolare, è emerso che: *“Nel 1992 sono state riciclate le seguenti quantità aggregate: 34.000 tonnellate di gesso di centrali elettriche, >200.000 tonnellate di scorie di acciaieria, ~85.000 tonnellate di scorie di altoforno, 28.300 tonnellate di segatura (macinata fine), 15.600 tonnellate di segatura di legno non rivestito, 100.820 tonnellate di carta e cartone riciclabili, 445.000 tonnellate di legno residuo, 28.000 tonnellate di corteccia, 310 tonnellate di scarti tessili, 650 tonnellate di canapuli o capecchi, 5.500 tonnellate di pneumatici usati e trucioli di pneumatici, 4.500 tonnellate di coke da petrolio, 5.400 tonnellate di scarti di macellazione e di carne, 45.000 tonnellate di malto esaurito, 3.100 tonnellate di foraggio annuo, 350 tonnellate di pannelli di colza, 130.000 tonnellate di rottami di ferro non legato. Inoltre, teleriscaldamento, ceneri volanti, olio usato, solventi senza alogeni, siero di latte, plastica e torta d'uva sono stati distribuiti attraverso la rete”* (Schwarz E, Steininger K. 1995).

Come hanno commentato gli autori, entrambe le regioni geografiche si sono sviluppate nel tempo, ma mentre i partecipanti di Kalundborg sono diventati consapevoli delle caratteristiche ambientali dei loro scambi, le aziende della Stiria non sono state rese consapevoli della rete globale nei flussi di materiali regionali e probabilmente non hanno colto i benefici di una funzione di coordinamento come quella esistente a Kalundborg, che cerca di aumentare gli scambi e migliorare la comunicazione interna ed esterna.

Un altro esempio di rete inconsapevole è descritto da Korhonen et al. (Korhonen J, Wihersaari M, Savolainen I. 1999) nella città di Jyväskylä, in Finlandia, dove l'approvvigionamento energetico è organizzato intorno alla coproduzione di calore ed elettricità e comprende rifiuti industriali utilizzati come combustibili in un sistema altamente efficiente.

Come nel caso di Kalundborg e della Stiria, il sistema è nato per motivi economici e normativi, ma non è mai stato etichettato come ecologia industriale o simbiosi industriale. È probabile che molti altri esempi di questo tipo vengano scoperti e aggiunti alla letteratura, anche se rifuggono consapevolmente da un'etichetta ambientale.

In diversi articoli i ricercatori hanno esaminato l'applicazione di una disciplina o di uno strumento correlato a luoghi specifici in cui potrebbe verificarsi la simbiosi industriale.

Audra Potts Carr ha esaminato il potenziale di riadattamento di un parco industriale esistente di 107 acri a Choctaw, Oklahoma, in un parco eco-industriale come nuova sfida per gli architetti del paesaggio (Carr AJP. 1998).

Boyle & Baetz (Boyle CA, Baetz BW. 1997) hanno testato l'uso di un sistema di supporto decisionale basato sulla conoscenza in una zona industriale di Trinidad. Il team ha utilizzato questo sistema di supporto per identificare i rifiuti prodotti da quattro impianti industriali, specificando sia la massa che le caratteristiche dei rifiuti in modo più dettagliato rispetto a quanto fatto in precedenza.

Dall'analisi sono scaturite raccomandazioni per la minimizzazione dei rifiuti, considerando gli input e gli output, nonché il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti. Keckler & Allen hanno utilizzato un modello di programmazione lineare per valutare gli scenari di riutilizzo dell'acqua in un grande parco industriale di Houston, in Texas.

Il modello prevedeva l'aggiunta o la cancellazione di strutture, la separazione o la miscelazione dell'acqua e la differenziazione dei tipi di trattamento. I ricercatori hanno riscontrato una serie di opportunità di riutilizzo dell'acqua economicamente interessanti (Keckler SE, Allen DT. 1999)

Negli anni '70 Nemerow proponeva di creare un "complesso industriale equilibrato dal punto di vista ambientale", che comprendesse aziende in collocazione che utilizzassero i rifiuti delle altre come materie prime. Esistono inoltre diversi manuali o approcci "how-to" che sintetizzano gran parte delle conoscenze sulla simbiosi industriale, tra cui un progetto canadese guidato da Ray Cote della Dalhousie University in Nuova Scozia chiamato "Designing and Operating Industrial Parks as Ecosystems" (Cote R, Ellison R, Grant J, Hall J, Klynsta P. et al. 1994)

Più o meno nello stesso periodo, Ernie Lowe di Indigo Development ha guidato la preparazione del Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks, preparato per la US Environmental Protection Agency nell'ambito di un accordo di cooperazione

con il Research Triangle Institute in North Carolina (Lowe EA, Moran SR, Holmes DB. 1995).

Il Business Council for Sustainable Development of the Gulf of Mexico (BCSD-GM) ha pubblicato nel 1997 un manuale sulla “sinergia dei sottoprodotti”, un termine che utilizza come sinonimo di “gemellaggio verde”, “simbiosi industriale”, “rifiuti zero/emissioni zero/100% di operazioni sui prodotti”.

## **II Capitolo - I cambiamenti**

L'Europa e l'Italia stanno intraprendendo passi significativi verso l'adozione di un'economia circolare attraverso l'implementazione di politiche, regolamenti e iniziative. La Simbiosi Industriale (SI) emerge come un concetto chiave, promuovendo la condivisione di risorse tra le industrie per massimizzare l'efficienza e ridurre gli sprechi. Mentre esistono studi e modelli che dimostrano i benefici ambientali e finanziari della SI, la loro implementazione pratica presenta sfide, come la definizione dei confini del sistema, l'allocazione delle risorse e la valutazione precisa dell'impatto ambientale.

A livello politico, l'European Green Deal e il Piano d'azione per l'economia circolare dell'UE sono iniziative emblematiche che mirano a guidare l'Europa verso una sostenibilità profonda. La Commissione Europea gioca un ruolo cruciale in questo processo, fornendo direzione e fondi. L'Italia, in risposta, ha adottato piani nazionali come il piano di ripresa e resilienza e la Strategia nazionale per l'economia circolare, mostrando un impegno sia a livello nazionale che europeo.

Tuttavia, l'adozione di un'economia circolare e la transizione ad essa non sono esenti da sfide. Queste includono la valutazione corretta dei benefici, la distribuzione equa dei costi e benefici tra le parti interessate, e l'implementazione pratica in un contesto in evoluzione. Inoltre, per garantire l'efficacia delle iniziative, è fondamentale una stretta collaborazione tra enti governativi, imprese, ricercatori e altre parti interessate.

### **2.1 Gli impatti della simbiosi industriale**

I benefici della SI possono essere valutati sia quantitativamente che qualitativamente. Chertow e Lombardi (2005) suggeriscono che “i benefici ambientali della simbiosi industriale sono quantificati misurando i cambiamenti nel consumo di

risorse naturali e nelle emissioni nell'aria e nell'acqua, grazie all'aumento del riciclo di materiali ed energia". Sebbene questo modo di contabilizzare i benefici possa escludere gli effetti secondari, come l'uso efficiente degli edifici, del personale, la possibilità di consegne comuni e l'uso di servizi che potrebbero ridurre i trasporti, eccetera, è comunque un modo ragionevole di semplificare il sistema e di concentrarsi sugli effetti della simbiosi industriale. Esistono tuttavia alcune difficoltà nell'eseguire tale quantificazione.

Utilizzando un modello, è possibile confrontare le prestazioni del sistema integrato di simbiosi industriale con le prestazioni del sistema direttamente gestito in modo autonomo. Tuttavia, questo potrebbe non essere del tutto corretto, poiché diverse tecnologie potrebbero essere vantaggiose a seconda del grado di integrazione del sistema.

D'altra parte, se l'impatto ambientale di un sistema di simbiosi industriale viene valutato utilizzando un qualche tipo di misurazione su un sistema reale, è difficile capire se i benefici ambientali sono dovuti alla simbiosi industriale o ad altri fattori che influenzano le aziende.

Brings Jacobsen (2006) afferma che è difficile effettuare un calcolo ingegneristico dettagliato degli effetti della SI, poiché le condizioni sono cambiate nel corso degli anni e perché l'accesso ai dati tecnici rilevanti e agli scenari decisionali in prospettiva storica.

Esiste anche un problema di allocazione quando si considerano gli ecosistemi industriali e la simbiosi industriale, cioè come i costi e i benefici, ambientali o finanziari, della SI dovrebbero essere ripartiti tra le entità partecipanti.

Il successo della condivisione dei profitti è cruciale per l'implementazione della SI, ma anche per i benefici ambientali è di estrema importanza per le entità partecipanti, poiché le prestazioni ambientali di determinate entità influenzano le tasse, i sussidi, il consenso ambientale, ecc.

È importante anche negli studi LCA dei prodotti realizzati nei sistemi IS, dove l'allocazione è un problema classico. Ekvall e Weidema (2004) suggeriscono alcuni

approcci per il problema dell'allocazione negli approcci multifunzionali. Suggestiscono approcci diversi, o una loro combinazione, per diversi tipi di processi multifunzionali e per il riciclaggio.

Se il sistema di simbiosi industriale è visto come un processo multifunzionale con molti prodotti e dipendenze diverse, il problema dell'allocazione diventa molto complesso, poiché le relazioni tra le diverse unità produttive possono essere complesse, includendo sia le materie prime, i sottoprodotti, il riciclo dei materiali di scarto, i sistemi comuni per la fornitura di calore e l'uso dell'acqua, eccetera.

La questione dei confini del sistema è presente in tutte le ricerche sui sistemi. L'intera idea della simbiosi industriale può essere vista come una visione sistemica dell'industria; allargando i confini del sistema, un'intera area di industrie contenenti diverse entità potrebbe essere ottimizzata per ottenere migliori prestazioni economiche e ambientali rispetto a quelle che si otterrebbero ottimizzando separatamente tutte le entità partecipanti.

Tuttavia, si pone la questione di quanto debba essere ampio questo confine del sistema. Se è troppo piccolo, possono verificarsi sub-ottimizzazioni, mentre se è troppo ampio, il sistema diventa così complesso da essere quasi impossibile da gestire.

Quando si valutano i benefici ambientali della simbiosi industriale è anche importante considerare i confini del sistema per garantire che i sistemi confrontati siano davvero comparabili.

In caso contrario, c'è il rischio di incoerenza nel confronto, quando i due sistemi hanno condizioni al contorno diverse o includono processi completamente diversi. Se i processi vengono aggiunti o rimossi dal sistema, si devono considerare usi e produzioni alternativi. Inoltre, per garantire la pertinenza dei risultati, è importante mostrare chiaramente quali confini del sistema sono stati utilizzati.

## 2.2 Valutazione della simbiosi industriale

Le sinergie dei sottoprodotti legati alla simbiosi industriale sono spesso ritenute in grado di fornire benefici ambientali, contribuendo all'obiettivo generale di sostenibilità che l'ecologia industriale si prefigge di raggiungere.

Si presume inoltre che si ottengano benefici finanziari, descrivendo la simbiosi come una situazione "win-win". Tuttavia, la mancanza di studi sul campo che confermino questa teoria è evidente. Sono stati fatti pochissimi tentativi di quantificare questi benefici, sia teoricamente che attraverso casi di studio, e molti degli studi esistenti spesso non presentano né ipotesi né metodi di calcolo.

Nemmeno a Kalundborg, l'esempio di simbiosi industriale più documentato in letteratura, è stata fatta una valutazione approfondita. Brings Jacobsen (2006) ha effettuato una valutazione quantitativa di alcune parti del sistema di simbiosi industriale di Kalundborg, ma limitandosi a una sola risorsa - gli scambi idrici - e ha trovato un certo sostegno alle teorie sulla motivazione economica e su alcuni benefici ambientali.

Sono state fatte anche alcune stime dei risparmi di acqua, petrolio equivalente e gesso naturale per la rete SI di Kalundborg (Symbiosis institute, 2007; Christensen, 2007), ma queste sono tipicamente presentate senza tener conto delle ipotesi o del metodo di calcolo.

Singh et al. (2006) hanno eseguito una valutazione dell'impatto ambientale di tipo LCA per diversi schemi di progettazione di un ecosistema industriale, utilizzando uno strumento software.

Tuttavia, i diversi schemi di progettazione utilizzati includono diversi impianti e processi, nonché nuovi prodotti, il che rende difficile capire in che misura i benefici ambientali possano essere attribuiti alla simbiosi industriale in particolare.

Chertow e Lombardi (2005) hanno effettuato una valutazione di una rete di simbiosi industriale proposta a Porto Rico, simile al complesso di Kalundborg,



riscontrando alcuni benefici economici, normativi e ambientali per le diverse aziende coinvolte.

La cassetta degli attrezzi dell'ecologia industriale prende in prestito da tutte le discipline che vi contribuiscono e comprende molti approcci diversi, come studi di casi, analisi dei flussi di materiali ed energia, valutazione del ciclo di vita e progettazione per l'ambiente (van Berkel et al. 1997; Graedel e Allenby, 2003).

Tuttavia, quando si valutano gli effetti di sistemi di simbiosi industriale reali, è necessario superare alcune difficoltà. Una di queste è che è difficile determinare quali risparmi derivino dall'effettiva integrazione dell'azienda nella simbiosi industriale e quali misure sarebbero state adottate comunque, o potrebbero essere attribuite ad altri mezzi per una produzione più pulita.

Inoltre, poiché gli esperimenti reali su sistemi di grandi dimensioni, come parchi industriali e reti, sono a causa della struttura complessa e dei costi elevati, la valutazione può essere fatta solo sulla base di dati storici. È inoltre difficile decidere a quale sistema di riferimento con cui confrontare la SI: con un sistema stand-alone simile, al parco industriale di origine, che potrebbe anche non contenere le stesse aziende dell'attuale sistema, oppure alla più probabile alternativa di sviluppo più probabile (cfr. Brings Jacobsen, 2006).

Queste preoccupazioni e il numero limitato di esempi, rendono i risultati di queste valutazioni difficili da generalizzabili e da utilizzare come implicazioni politiche per nuove, potenziali simbiosi industriali.

Un modo per superare il problema della generalizzazione è quello di utilizzare i modelli come supporto alle decisioni, sia per le affermazioni generali sia per la valutazione di sistemi specifici.

Tradizionalmente, gli ecologi industriali utilizzano bilanci di materia ed energia per pianificare e valutare gli ecosistemi industriali. Tuttavia, quando i sistemi diventano più complessi, possono essere difficili da gestire senza utilizzare strumenti di modellazione informatica che facilitino la valutazione dei flussi di materia ed energia.

Diwekar (2005) suggerisce che, poiché il processo decisionale è guidato da obiettivi diversi come i costi, l'impatto ambientale ecc. è necessaria una modellazione che includa le incertezze nella previsione di questi diversi obiettivi. L'analisi dei processi e la CPS (Chemical Process Simulation), originariamente concepita per analizzare le operazioni delle unità industriali, è stata proposta da diversi autori come strumento per analizzare ecosistemi industriali più complessi (Diwekar, 2005; Diwekar e Small, 2002; Casavant e Côté, 2004).

Casavant e Côté suggeriscono che le CPS possono essere utilizzate per valutare e confrontare quantitativamente i potenziali benefici finanziari e ambientali dei collegamenti tra materiali ed energia, per risolvere problemi di progettazione, retrofit e funzionamento, per identificare soluzioni complesse e spesso controintuitive e per valutare scenari "what-if".

Per l'integrazione dei siti sono stati sviluppati anche strumenti software basati sulle tecniche di integrazione dei processi che utilizzano la programmazione matematica.

Lambert e Boons (2002) hanno riscontrato che l'integrazione dei processi è ampiamente applicata e ha un grande potenziale per i complessi industriali, ma è un argomento relativamente nuovo, con un potenziale relativamente nuovo, con un potenziale marginale, per i parchi industriali misti.

Per quanto riguarda la valutazione ambientale, ci sono anche molte difficoltà generali, discusse in letteratura, come le questioni dei confini e delle prospettive temporali, i problemi di allocazione, la mancanza di conoscenze su come certe emissioni influenzano l'ambiente, le lacune nei dati e la valutazione e la ponderazione dei diversi problemi ambientali (ad esempio Ammenberg, 2003; Finnveden, 2000; Russel et al. 2005) che influenzano anche la SI.

Utilizzando degli indicatori, alcuni di questi problemi potrebbero essere superati (ad esempio Tyteca et al. 2002, Svensson et al. 2006), e questo è un metodo spesso utilizzato nella ricerca sui sistemi energetici, utilizzando le emissioni di CO<sub>2</sub> come

unica misura della pressione ambientale. come unica misura della pressione ambientale.

Tuttavia, a seconda del tipo di indicatore, possono permanere problemi quali i confini del sistema, la contabilizzazione delle emissioni, l'allocazione, ecc. È inoltre importante rendersi conto che gli indicatori spesso riflettono le questioni ambientali in primo piano in quel momento e che la loro utilità può dipendere dal tipo di processo o prodotto studiato e dal sistema in cui opera (Svensson et al. 2006).

### **2.3 L'attività di simbiosi industriale in Europa**

Una revisione della letteratura sulle SI in Europa rivela tre flussi principali di contributi:

- Il primo flusso di contributi riguarda la segnalazione e la revisione di casi di studio sulle SI in Europa;
- Il secondo flusso principale riguarda i contributi allo sviluppo di quadri di valutazione per l'attività delle SI;
- La terza area chiave di ricerca riguarda i principali driver e gli interventi politici per le SI, comprese le analisi comparative.

Partendo dal caso di studio di Kalundborg, spesso indicato come modello di reti di SI (Jacobsen, 2006), negli ultimi anni si è assistito allo “svelamento” (Chertow, 2007) e alla presentazione di casi di studio di SI come esempi di strategie per aumentare l'efficienza e il recupero delle risorse.

L'attività di simbiosi industriale nella regione nordica è stata mappata nel rapporto del 2015 “Il potenziale della simbiosi industriale come motore chiave della crescita verde nelle regioni nordiche”.

Questo rapporto include riferimenti agli accordi istituzionali, alle politiche e alle condizioni della struttura economica che guidano l'adozione di soluzioni di simbiosi industriale.

Il rapporto evidenzia diversi tipi di modelli strategici che vanno da politiche proattive dall'alto verso il basso in Danimarca e Finlandia ad approcci più orientati al basso verso l'alto in Islanda, Norvegia e Svezia.

Anche i progetti di ricerca finanziati dalla CE hanno riportato i progressi dell'implementazione delle SI in Europa. Evans et al. (2016) hanno raccolto un database di casi di simbiosi industriale e scambi collegati nell'ambito del progetto MAESTRI, finanziato dalla CE H2020, "Sistemi di gestione dell'energia e delle risorse per una maggiore efficienza nelle industrie di processo". Il database registra 46 casi di studio riportati in letteratura, 35 dei quali corrispondono all'analisi di reti basate nell'UE in 6 Paesi dell'Unione, Italia, Svezia, Regno Unito, Germania, Danimarca e Portogallo.

Il Regno Unito e l'Italia registrano la maggior parte dei casi come esempi di sinergie facilitate da NISP e NI SI nel Regno Unito e dall'ENEA in Italia. Un altro progetto finanziato dall'UE sull'eco-innovazione comprendeva un'indagine sulle iniziative di eco-innovazione in Europa e a livello internazionale (Sofies, 2014).

L'indagine registra 116 iniziative in Europa, anche se il campo di azione è più ampio della rete di SI e dei parchi eco industriali per includere anche altre iniziative verdi sia nei parchi urbani che in quelli industriali (ad esempio parchi tecnologici, imprese verdi, ecc.).

Diversi altri contributi hanno riportato attività di SI incipienti in regioni e aree industriali specifiche o hanno cercato di identificare il potenziale non realizzato di SI. Taddeo et al. (2012) analizzano un cluster chimico della regione Abruzzo, in Italia, per comprendere le opportunità di SI esistenti e potenziali.

Lo studio svela alcuni elementi di SI attraverso lo scambio di sabbia silicea non reagita, il recupero dell'acido solforico esausto e la cascata di vapore e acqua

mineralizzata, ma indica anche altre aree e opportunità in cui i progetti di SI potrebbero generare benefici economici e ambientali.

Il metodo è stato testato nel settore della produzione di biocarburanti, mostrando il potenziale della SI per ridurre l'onere ambientale e i costi associati alla produzione di biocarburanti.

L'altro principale filone di lavoro si concentra sulle politiche e sugli approcci per promuovere o favorire la nascita e lo sviluppo di soluzioni di SI. Nonostante casi paradigmatici come Kalundborg, una domanda chiave che rimane senza risposta è perché i progressi nell'implementazione delle SI in Europa si dimostrino timidi e lenti.

La letteratura in tema ha cercato di rispondere a questa domanda esaminando i fattori che spingono e ostacolano la promozione della SI. Basandosi sull'analisi di casi di studio europei, Taddeo et al. (2012) forniscono una sintesi delle principali barriere, concludendo che l'attività di SI è limitata da ostacoli normativi e legislativi, ma anche da ostacoli finanziari e dalla mancanza di "supporto sul campo" ai progetti di SI.

Zander et al. (2016) studiano l'emergere della cooperazione nell'industria del legno in Germania. Sebbene l'attenzione sia più ampia della cooperazione in materia, comprendendo qualsiasi cooperazione per la sostenibilità, i fattori contestuali che contribuiscono alla governance della rete non sono dissimili da altri discussi nella letteratura sulla SI, come la fiducia, lo scambio di conoscenze e informazioni e la vicinanza geografica.

Costa et al. (2010) discutono i fattori chiave nello sviluppo della simbiosi industriale, evidenziando il ruolo di quadri politici favorevoli e di adeguate politiche sui rifiuti che incentivano l'uso efficiente delle risorse sottoutilizzate.

Costa e Ferrao (2010) sottolineano il ruolo del quadro politico per consentire un processo di interazione tra gli stakeholder e l'allineamento della strategia e dell'azione politica, combinando iniziative top-down e bottom-up, per sostenere la nascita e lo sviluppo delle SI.

Analogamente, Paquin e Howard Grenvillen (2011) distinguono tra processi di rete serendipici e processi di rete orientati agli obiettivi nello sviluppo delle SI. I

processi serendipici si osservano generalmente nelle fasi iniziali delle reti auto-organizzate.

In questi casi, i benefici della rete e i fattori economici sono forti e le imprese hanno facile accesso l'una all'altra e cooperano per creare valore. Il ritmo di sviluppo, tuttavia, può essere lento e, in genere, geograficamente limitato; d'altro canto, i processi di rete Goal-directed possono accelerare l'espansione della rete attraverso l'allineamento delle strategie.

Entrambi i processi possono svolgere ruoli diversi in fasi diverse dell'evoluzione delle reti. L'analisi della letteratura rivela che, sebbene esistano numerose analisi di casi di studio che valutano la struttura, le condizioni e le prestazioni delle iniziative di SI in Europa, manca ancora una panoramica generale aggiornata dell'attività di SI in Europa.

Uno dei primi passi della nuova Commissione europea guidata da Ursula von der Leyen è stato quello di adottare, nel dicembre del 2019, il Green Deal, un percorso volto a rendere l'Unione europea leader mondiale dell'economia circolare e delle tecnologie pulite.

È fondamentale sottolineare che la transizione verso l'economia circolare deve essere guidata da percorsi specifici per ogni Stato membro, regione e città, basati su fattori geografici, ambientali, economici, legislativi e sociali. Per questo motivo, è auspicabile che le regioni all'interno di una strategia nazionale sull'economia circolare, dopo aver consultato tutti gli stakeholder, elaborino la prima documentazione strategica e i primi piani che contengano, ad esempio, le priorità locali, le misure previste e le risorse disponibili, in modo da fornire agli stakeholder locali, regionali e nazionali un'indicazione chiara sulle attività di pianificazione a lungo termine.

La valorizzazione dei residui come prodotti secondari nei percorsi di simbiosi industriale consente soluzioni vincenti in cui gli attori possono beneficiare di interazioni reciproche. Le politiche e le legislazioni svolgono un ruolo fondamentale nel favorire questo tipo di collaborazioni.

### **2.3.1 Piano d'azione per l'economia circolare**

Il Piano d'azione per l'economia circolare dell'UE [13] (CEAP) è un vasto insieme di azioni legislative e non legislative adottate nel 2015, che mirano alla transizione dell'economia europea da un modello lineare a uno circolare. Il Piano d'azione ha tracciato 54 attività e quattro proposte legislative sui rifiuti.

Queste proposte legislative sono state presentate dalla Commissione europea insieme al Piano d'azione e comprendono obiettivi per il conferimento in discarica, il riutilizzo e il riciclaggio, da raggiungere entro il 2030 e il 2035, oltre a nuovi obblighi per la raccolta differenziata dei rifiuti tessili e biologici.

Il Piano copre diverse aree politiche, flussi di materiali e settori, oltre a misure trasversali per sostenere questo cambiamento sistemico attraverso l'innovazione e gli investimenti.

Sono state, inoltre, attuate delle strategie settoriali per la plastica. Per la transizione sono stati stanziati oltre 10 miliardi di finanziamenti pubblici tra il 2016 e il 2020. Tutte le 54 azioni sono state adottate o attuate entro il 2019. L'UE è ora riconosciuta come leader nella definizione di politiche per l'economia circolare. La legislazione sui rifiuti è stata adottata nel 2018, dopo i negoziati con il Parlamento europeo e gli Stati membri.

Secondo Eurostat, i posti di lavoro legati alle attività dell'economia circolare sono aumentati del 6% tra il 2012 e il 2016 nell'UE. Il piano d'azione ha inoltre incoraggiato 14 Stati membri, otto regioni e 11 città ad attuare strategie di economia circolare.

### **2.3.2 Accordo verde europeo**

L'European Green Deal (C. Fetting 2020) presenta una tabella di marcia per rendere sostenibile l'economia dell'UE, trasformando le sfide climatiche e ambientali

in opportunità in tutti i settori politici e rendendo la transizione giusta e inclusiva per tutti.

Il Green Deal europeo mira a promuovere l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, arrestando il cambiamento climatico, annullando la perdita di biodiversità e riducendo l'inquinamento.

Il documento illustra gli investimenti necessari e gli strumenti di finanziamento disponibili e spiega come garantire una transizione equa e inclusiva.

Il Green Deal europeo copre tutti i settori dell'economia, in particolare i trasporti, l'energia, l'agricoltura, gli edifici e le industrie come l'acciaio, il cemento, le TIC, il tessile e la chimica.

Esso abbraccia diverse aree politiche. Inoltre, fornisce un piano d'azione per incrementare l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare, ripristinando la biodiversità e riducendo l'inquinamento.

Le azioni coinvolte nel Green Deal dell'UE influenzano la simbiosi industriale sono:

- Il Pacchetto Economia Circolare è stato adottato per incrementare la competitività globale, promuovere una crescita economica sostenibile e generare nuovi posti di lavoro. Hanno riguardato due piani d'azione dell'UE per l'economia circolare (2015 e 2020), con misure che coprono l'intero ciclo di vita dei prodotti: dalla produzione e dal consumo alla gestione dei rifiuti e al mercato delle materie prime secondarie. Il CEAP II si è concentrata sui settori ad alta intensità di risorse con un elevato potenziale di circolarità, con l'obiettivo di mantenere le risorse nei cicli economici il più a lungo possibile. Il piano si rivolge a catene di valore di prodotti critici: elettronica e ICT, batterie e veicoli, imballaggi, plastica, tessili e alimenti.



- La proposta di regolamento sulla progettazione ecocompatibile di prodotti sostenibili riguarda la progettazione dei prodotti, che determina fino all'80% dell'impatto ambientale del ciclo di vita di un prodotto. Stabilisce nuovi requisiti per rendere i prodotti più durevoli, affidabili, riutilizzabili, aggiornabili, riparabili, più facili da mantenere, ristrutturare e riciclare e più efficienti dal punto di vista energetico e delle risorse. Inoltre, i requisiti di informazione specifici per i prodotti garantiranno che i consumatori conoscano l'impatto ambientale dei loro acquisti. Tutti i prodotti regolamentati avranno un passaporto digitale di prodotto, che renderà più facile la riparazione o il riciclaggio dei prodotti e faciliterà la tracciabilità delle sostanze che destano preoccupazione lungo la catena di approvvigionamento.

La nuova proposta estende il quadro della progettazione ecocompatibile in due modi: in primo luogo, per coprire la più ampia gamma possibile di prodotti e, in secondo luogo, per ampliare la portata dei requisiti a cui i prodotti devono conformarsi.

- La nuova Strategia per la Biodiversità 2030 è un piano a lungo termine completo, sistemico e ambizioso per proteggere la natura e invertire il degrado degli ecosistemi.

È un pilastro fondamentale del Green Deal europeo e della leadership dell'UE nell'azione internazionale per i beni pubblici globali e gli obiettivi di sviluppo sostenibile. Per recuperare la biodiversità in Europa entro il 2030, la Strategia definisce nuovi modi per attuare la legislazione in modo più efficace, nuovi impegni, misure, obiettivi e meccanismi di governance.

- Il Piano d'azione "Inquinamento zero" fornisce una bussola per integrare la prevenzione dell'inquinamento in tutte le politiche dell'UE, per accelerare l'attuazione della legislazione europea applicabile e per

individuare eventuali lacune. Include obiettivi su aria, acqua, suolo, inquinamento acustico, produzione di rifiuti e biodiversità.



Figura n.2.1 L'obiettivo generale del Green Deal europeo (<https://euinasean.eu/eu-green-deal/>)

Come emerge dalla Figura n.2.1, l'obiettivo generale del Green Deal europeo è quello di raggiungere l'azzeramento delle emissioni di gas serra all'interno dell'UE e di realizzare un ambiente privo di inquinamento entro il 2050. Sono necessari progressi nei trasporti, nei sistemi agricoli, negli ecosistemi e nella biodiversità, nonché sforzi per sviluppare ulteriormente un'economia circolare che garantisca il riutilizzo e il riciclo dei prodotti. Dal 2021 al 2027, il 35% dei fondi di ricerca dell'UE sarà dedicato allo sviluppo di tecnologie rispettose del clima.

## **2.4 Osservazione della legislazione UE**

La Commissione europea svolgerà un ruolo centrale nella promozione di tutte le riforme politiche. Collaborerà con gli Stati membri, le regioni e le città per utilizzare al meglio i fondi UE.

I fondi della politica di coesione aiuteranno le Regioni ad attuare strategie di economia circolare, rafforzando il loro tessuto industriale e le catene del valore. La Commissione sfrutterà inoltre il potenziale degli strumenti e dei fondi di finanziamento dell'UE per garantire che tutte le regioni beneficino della transizione.

Come dichiarato dalla Commissione nel CEAP 2020, la transizione verso un'economia circolare sarà sistemica, profonda e trasformativa. Le conseguenze di tale transizione, in alcuni casi, potrebbero essere destabilizzanti, poiché alcune regioni dovranno affrontare cambiamenti socioeconomici rilevanti. Inoltre, come sottolineato dalla Presidente della Commissione europea, Ursula von der Leyen, “la trasformazione che ci attende è senza precedenti. E funzionerà solo se sarà giusta - e se funzionerà per tutti”.

La Commissione precisa a questo proposito che “richiederà l'allineamento e la cooperazione di tutte le parti interessate a tutti i livelli, comunitario, nazionale, regionale e locale, e internazionale”.

Di conseguenza, l'Italia dovrebbe avere il supporto di un'agenzia nazionale per l'economia circolare, come hanno fatto altri Paesi, non solo in Europa. Sfruttando le competenze e le strutture disponibili e collaborando con le varie regioni, tale organizzazione potrebbe favorire una corretta regolamentazione dei sottoprodotti, stimolando l'audit delle risorse e la simbiosi industriale.

Questa attività porterebbe all'implementazione di un efficace sistema di gestione integrata delle risorse in un'ottica di economia circolare con un approccio coerente su tutto il territorio nazionale. In questa direzione, nel 2016 l'ENEA ha promosso l'iniziativa SUN (Symbiosis Users Network), con l'intento di dare impulso all'applicazione della simbiosi industriale in Italia attraverso il coinvolgimento di diversi stakeholder.

### **2.4.1. Normativa nazionale sui sottoprodotti**

La normativa italiana sul sottoprodotto è contenuta negli articoli 183 e 184-bis del Decreto Legislativo n. 152/2006 [Environmental regulations. Decree 3 april 2006, n. 152 - environmental regulations. 2008]. L'articolo 183, comma 1, definisce il sottoprodotto come “qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa le condizioni di cui all'articolo 184 bis, comma 1, o che risponde ai criteri di cui all'articolo 184-bis, comma 2”.

In particolare, l'articolo 184-bis, paragrafo 2, prevede la possibilità, sulla base delle condizioni di cui al paragrafo 1, di adottare misure per stabilire criteri qualitativi o quantitativi da rispettare affinché determinati tipi di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti. Tali criteri sono adottati con uno o più decreti del Ministro dell'Ambiente.

Nel 2016 il Ministero dell'Ambiente ha emanato il Decreto 13 ottobre 2016, n.264. “Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualificazione dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti” che è entrato in vigore il 2 marzo 2017. (“I SOTTOPRODOTTI DI ORIGINE AGRICOLA - BERNARDINO ALBERTAZZI”)

Come specificato anche dalla Circolare esplicativa n. 7619 del 30 maggio 2017 del Ministero dell'Ambiente, il Decreto 264/2016 non innova la disciplina generale del settore. Tuttavia, vuole essere uno strumento di chiarimento a disposizione delle imprese, delle amministrazioni e degli organi di controllo in merito alla dimostrazione delle condizioni previste dall'art. 184 bis.

Inoltre, il Decreto Ministeriale n. 264/16, per favorire la cessione e la vendita dei sottoprodotti, prevede l'istituzione presso le Camere di Commercio di un elenco pubblico di sottoprodotti al quale possono iscriversi produttori e utilizzatori. L'iscrizione a tale elenco non costituisce un requisito abilitante, ma ha solo una funzione conoscitiva e mira alla mera facilitazione degli scambi.

La qualificazione di un materiale come sottoprodotto non dipende dall'iscrizione del produttore o dell'utilizzatore in tale elenco, essendo legata esclusivamente alla

dimostrazione delle condizioni previste dall'articolo 184-bis. Infine, poiché la disciplina dei sottoprodotti ha carattere eccezionale e derogatorio rispetto alla disciplina ordinaria dei rifiuti, l'onere della prova delle condizioni sopra indicate deve essere assolto da chi produce il residuo e lo gestisce come sottoprodotto.

#### **2.4.2 Situazione italiana**

Dopo una crisi senza precedenti dovuta alla pandemia, il piano di ripresa e resilienza dell'Italia ha risposto all'urgente necessità di promuovere una forte ripresa e preparare il futuro del Paese.

Le riforme e gli investimenti previsti dal programma (2,1 miliardi dedicati al CE) aiuteranno l'Italia a diventare più sostenibile, resiliente e meglio preparata alle sfide e alle opportunità della transizione verde e digitale. "A tal fine, il piano prevede 132 investimenti e 58 riforme." ("Piano nazionale di ripresa e resilienza PNRR")

Le riforme affrontano le strozzature che impediscono una crescita duratura e sostenibile, mentre gli investimenti sono mirati a promuovere la transizione digitale e verde e ad affrontare i divari sociali e territoriali.

Tutte le riforme e gli asset devono essere attuati in tempi stretti (agosto 2026), come prevede il regolamento sullo strumento di ripresa e resilienza. Nell'elaborazione del piano, le autorità italiane hanno consultato le parti sociali nazionali e regionali e gli stakeholder, portando avanti uno stretto dialogo con la Commissione prima della presentazione formale del piano il 30 aprile 2021.

Il 22 giugno 2021, la Commissione ha dato il suo via libera al piano. La Presidente von der Leyen ha trasmesso la valutazione della Commissione al Primo Ministro Draghi durante una visita a Roma. Il 13 luglio il Consiglio ha adottato il piano, aprendo la strada alla sua attuazione.

Per quanto riguarda le politiche climatiche e ambientali, l'Italia sta migliorando nella gestione dei rifiuti e delle risorse idriche e nel rafforzamento dell'efficienza energetica degli edifici.

La nuova Strategia nazionale per l'economia circolare [M. Ministero della Transizione Ecologica 2021] si è concentrata su due pratiche: l'eco-design e l'eco-efficienza. Entrambi gli approcci affrontano l'inizio dello sviluppo del prodotto.

Per favorirne l'adozione, infatti, vengono introdotti nuovi strumenti amministrativi e fiscali per rafforzare il mercato delle materie prime secondarie, estendere le responsabilità di produttori e consumatori, diffondere la condivisione e il modello di business del "prodotto come servizio", sostenere il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica e definire una roadmap di azioni e obiettivi misurabili entro il 2040.

Il nuovo NSCE riguarderà l'eco-design, l'innovazione di prodotto, la bio-economia, la blue economy e le materie prime critiche. Sono previste le seguenti azioni e strumenti:

- Elaborazione di un nuovo sistema digitale di tracciabilità dei rifiuti che consenta, da un lato, di sviluppare un mercato per le materie prime secondarie e, dall'altro, di migliorare il controllo e la prevenzione della gestione illegale dei rifiuti;
- Sviluppare sistemi di incentivi fiscali per sostenere l'utilizzo di materiali provenienti dalle filiere del riciclo;
- Rivedere il sistema di tassazione per rendere il riciclaggio più conveniente della discarica;
- Promuovere il diritto al riutilizzo e alla riparazione;
- Riformare i sistemi EPR (Extended Producer Responsibility) e i consorzi per sostenere gli obiettivi dell'UE;

- Rafforzare gli strumenti normativi esistenti (legislazione sull'End of Waste, criteri ambientali minimi (MEC)) e applicarli a settori strategici come l'edilizia, il tessile, la plastica e i RAEE;
- Sostenere i progetti di simbiosi industriale, anche attraverso strumenti normativi e finanziari.

## **III Capitolo - La Simbiosi industriale nel mondo**

I mercati di frontiera, come Croazia, Estonia e Vietnam, attraggono gli investitori grazie al loro elevato potenziale di crescita. Questi paesi offrono opportunità di rendimento elevato, ma sono esposti a sfide legate ai cambiamenti globali e alla gestione sostenibile. La Simbiosi Industriale (SI) emerge come soluzione, promuovendo il riutilizzo dei rifiuti industriali e incentivando le sinergie aziendali. Tuttavia, la sua adozione è limitata a causa di diverse barriere, come mancanza di consapevolezza, resistenza da parte della dirigenza, e infrastrutture obsolete. Paesi come Cina e Brasile sono leader nell'implementazione della SI, ma per avere successo a livello più ampio, è fondamentale la collaborazione tra vari stakeholder. Infine, le soluzioni dei paesi sviluppati potrebbero non essere direttamente applicabili ai paesi di frontiera a causa delle differenze culturali e strutturali. La promozione dell'innovazione attraverso l'uso di tecnologie digitali e l'incoraggiamento dell'adozione di modelli di business sostenibili sono essenziali per il progresso in questi paesi.

### **3.1 L'uso delle risorse**

La necessità di ridurre i problemi ambientali associati alla grande quantità di rifiuti generati dall'attività industriale e all'esaurimento delle risorse naturali ha creato diverse sfide globali. Una di queste è rappresentata dai rifiuti e dai residui, che sono diventati una delle principali cause di inquinamento ambientale quando non vengono riutilizzati nei processi industriali (Ajwani-Ramchandani, R.; Figueira, S.; Torres de Oliveira, R.; 2021).

Diversi autori sostengono che per mitigare l'uso delle risorse naturali e ridurre i rifiuti senza compromettere i consumi, è necessario implementare obiettivi di sostenibilità che spesso consistono in sforzi di partner intersettoriali. (Frig, M.; Sorsa, V.P. 2020).



Allo stesso modo, è necessario proporre soluzioni alle sfide ecologiche e socioeconomiche derivanti dal crescente consumo di risorse non rinnovabili, dalla produzione di rifiuti e dall'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria, nonché dalla scarsità di risorse. (Goyal, S.; Chauhan, S.; Mishra, P. **2021**).

Attualmente, la norma è adottare una prospettiva “take-make-waste”, in cui i materiali necessari per la produzione vengono raccolti, fabbricati e scartati in modo tale che il loro valore intrinseco sia sottoutilizzato e, allo stesso tempo, vadano a inquinare le risorse comunemente utilizzate (ad esempio, l'aria, i corpi idrici e il terreno).

Queste problematiche rendono necessaria l'attuazione di strategie che consentano alle aziende di aumentare la competitività, generare filiere produttive, sfruttare i rifiuti o i sottoprodotti, stimolare l'economia e ridurre l'impatto ambientale dei rifiuti.

In un mondo in cui le sfide ambientali, economiche e sociopolitiche sono sempre più evidenti, si sta facendo strada l'idea di passare a pratiche di produzione e consumo più sostenibili. Di conseguenza, vi è un crescente interesse per la circolarità all'interno e tra le catene di valore delle risorse e dei rifiuti; in questo contesto, i concetti di economia circolare e di SI diventano rilevanti, comprendendo la SI come parte dell'economia circolare.

Come detto in precedenza, l'economia circolare si concentra sul raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità, sulla realizzazione di una gestione efficiente della produzione e sull'individuazione di nuove procedure o metodologie di lavoro per migliorare l'efficienza delle risorse e il rispetto dell'ambiente (Lim, M.K.; Lai, M.; Wang, C.; Lee, S.Y **2022**).

La SI rappresenta anche una sfida per le aziende; l'implementazione della simbiosi dei rifiuti introduce nuove relazioni tra domanda e offerta e forma una rete di filiera collaborativa tra aziende precedentemente non collegate (Herczeg, G.; Akkerman, R.; Hauschild, M.Z. **2018**).

In Nord America, Asia ed Europa, diversi progetti in fase di sviluppo implementano la SI e molti dei loro prodotti sono piuttosto promettenti; tuttavia, la SI dovrebbe essere intesa come un concetto di applicazione globale, rilevante per i Paesi con economie emergenti e non solo per i Paesi sviluppati. Diversi studi hanno identificato e monitorato i casi di successo della SI in tutto il mondo, concentrandosi principalmente sui Paesi con economie sviluppate e con una grande esperienza nella creazione di industrie verdi e di produzione sostenibile, dove due o più istituzioni interagiscono per ottenere vantaggi reciproci.

L'implementazione delle SI nei Paesi emergenti e di frontiera richiede l'adattamento e l'adozione di strategie volte alla condivisione delle risorse e alla possibilità di sviluppare una strategia di sviluppo eco-industriale per quelle aree.

I “Paesi dei mercati emergenti” sono una classificazione che raggruppa quelle aree che non sono più Paesi in via di sviluppo ma che non hanno ancora raggiunto lo status di Paesi sviluppati (Ji, Y.; Liu, Z.; Wu, J.; He, Y.; Xu, H. **2020**)

I “Paesi dei mercati di frontiera” comprendono quei Paesi le cui economie sono ancora più volatili di quelle dei mercati emergenti.

L'attenzione ai mercati emergenti e di frontiera è motivata da diversi fattori. In primo luogo, nei Paesi non sviluppati il settore industriale, l'utilizzo integrato delle risorse, i mercati dei capitali e i sistemi di regolamentazione sono deboli (Chourou, L.; Grira, J.; Saadi, S. 2021).

Secondo Earley, (2017), la SI permette di instaurare relazioni commerciali in cui vengono scambiate risorse umane, beni, idee e risorse, collaborazioni grazie alle quali le aziende possono aumentare la loro produzione e avere un margine di profitto più elevato, oltre a minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente e ridurre l'inquinamento derivante dalla produzione di nuovi rifiuti.

La SI può essere considerata come un sottocampo dell'ecologia industriale e permette a entità e aziende tradizionalmente separate di cooperare nella condivisione delle risorse, contribuendo ad aumentare la sostenibilità e portando benefici

ambientali, economici e sociali. (Neves, A.; Godina, R.; Azevedo, S.G.; Matias, J.C.O. 2020).

La SI coinvolge industrie in cui avvengono scambi fisici di materiali, energia e servizi (Chertow, M.R. 2000). Si tratta principalmente di rifiuti derivanti dai processi produttivi, che possono essere utilizzati da altri processi, appartenenti a un'altra azienda o alla stessa azienda, per sostituire gli input di produzione (materie prime, rifiuti, acqua, energia) o per generare nuovi prodotti, che vengono poi venduti sui mercati.

Pertanto, le industrie che decidono di implementare la SI possono ottenere benefici economici e ambientali, riducendo contemporaneamente i costi di produzione e generando benefici ambientali e sociali per l'intera collettività.

La necessità di ridurre l'impatto delle operazioni industriali sull'ambiente e la crescita della domanda di nuove risorse hanno recentemente richiamato l'attenzione sulla necessità di scalare le pratiche di SI a livello regionale per ottenere risultati più efficaci.

### **3.2 I mercati emergenti**

Le economie emergenti sono Paesi in fase di transizione, né troppo ricchi, né troppo poveri, né troppo chiusi ai capitali stranieri, con sistemi normativi e finanziari non ancora completamente maturati (Ashraf, B.N.; Qian, N.; Shen, Y. 2021); in altre parole, si tratta di un'economia che sta vivendo una notevole crescita economica e che possiede alcune, ma non tutte, le caratteristiche di un'economia sviluppata. Per essere considerato emergente, un Paese deve possedere le seguenti caratteristiche:

- **Reddito pro capite inferiore alla media:** Questi mercati hanno un reddito pro capite inferiore alla media dei Paesi sviluppati. La Banca Mondiale

definisce i Paesi in via di sviluppo come quelli con un reddito pro capite pari o inferiore a 3995 dollari USA<sup>4</sup>.

- Alti tassi di crescita economica: I governi tendono ad attuare politiche che favoriscono una rapida crescita economica e l'industrializzazione in questi Paesi. Queste politiche portano a un aumento del reddito disponibile pro capite, a una riduzione della disoccupazione, a migliori infrastrutture e a maggiori investimenti. D'altro canto, i Paesi sviluppati, come gli Stati Uniti, la Germania e il Giappone, registrano bassi tassi di crescita economica a causa della precoce industrializzazione.
- Volatilità del mercato: La volatilità del mercato è dovuta all'instabilità politica, ai movimenti esterni dei prezzi e/o agli shock della domanda e dell'offerta dovuti a calamità naturali. L'aumento dei tassi di cambio e la volatilità dei tassi di cambio aumentano i costi dei fattori di produzione, aumentano i costi di prestito, innescano aspettative di crisi finanziaria e influiscono negativamente sulla spesa per consumi e investimenti. (Erdoğan, S.; Gedikli, A.; Çevik, E.İ. 2020).
- Potenziale di crescita e di investimento: I mercati emergenti sono spesso interessanti per gli investitori stranieri grazie all'elevato ritorno sugli investimenti che possono offrire. Nella transizione da un'economia basata sull'agricoltura a un'economia sviluppata, i Paesi hanno spesso bisogno di un grande afflusso di capitali dall'estero a causa della carenza di capitale interno. Di conseguenza, questi Paesi si concentrano sull'esportazione di beni a basso costo verso le nazioni più ricche, il che fa crescere il PIL, i prezzi delle azioni e i rendimenti per gli investitori<sup>5</sup>.

Morgan Stanley Capital International ha presentato i risultati dell'analisi dell'accessibilità del mercato globale 2021, che rispecchiano le attuali classifiche di

---

<sup>4</sup> The World Bank. World Bank Country and Lending Groups. Available online: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>

<sup>5</sup> CFI. Emerging Markets. Corporate Finance Institute. Available online: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/emerging-markets/>

mercato. L'indice dei mercati emergenti elenca 27 Paesi: Cina, Brasile, Cile, Colombia, Argentina, India, Corea, Sudafrica, Repubblica Ceca, Pakistan, Egitto, Polonia, Grecia, Ungheria, Indonesia, Kuwait, Malesia, Messico, Thailandia, Perù, Filippine, Qatar, Russia, Arabia Saudita, Taiwan, Turchia, Emirati Arabi Uniti, Benin, Burkina Faso, Costa d'Avorio, Guinea-Bissau, Mali, Niger, Senegal e Togo.

### **3.3 Paesi dei mercati di frontiera**

I Paesi dei mercati di frontiera sono diventati destinazioni importanti per gli investitori stranieri che cercano di ottenere vantaggiosi benefici di diversificazione perché hanno molto più spazio per crescere<sup>6</sup>.

Il motivo principale del crescente interesse, nonostante il rischio più elevato, è che i mercati di frontiera offrono potenziali di rendimento più elevati e non sono correlati con altri mercati internazionali. È necessario comprendere i Paesi, i loro sistemi politici e le loro sfide economiche perché sono vulnerabili ai cambiamenti globali nel commercio, nelle valute e nelle politiche delle banche centrali.

Secondo l'indice elaborato da Morgan Stanley Capital International, i Paesi di frontiera sono Croazia, Estonia, Islanda, Lituania, Kazakistan, Romania, Serbia, Slovenia, Kenya, Mauritius, Marocco, Nigeria, Tunisia, Bahrain, Giordania, Oman, Bangladesh, Sri Lanka e Vietnam (*MSCI Global Market Accessibility Review*; MSCI: New York, NY, USA, 2021).

I paesi dei mercati emergenti e di frontiera devono affrontare una sfida significativa legata al miglioramento socioeconomico dei settori di attività e alla riduzione dei rifiuti e delle emissioni di particelle inquinanti, al fine di passare alla riconversione economica, che consentirà l'ammodernamento dell'apparato produttivo,

---

6

il rafforzamento dei settori economici emergenti e la promozione dello sviluppo delle imprese.

L'individuazione delle barriere e dei driver che promuovono o inibiscono la partecipazione delle imprese alla SI è di grande importanza per lo sviluppo e la fattibilità di questo approccio nei paesi emergenti e di frontiera.

Alcune pratiche SI funzionano bene, mentre alcuni tentativi hanno problemi o falliscono, anche se, a prima vista, la SI sembra presentare una relazione reciprocamente vantaggiosa per le parti coinvolte. La risposta è strettamente correlata alle barriere e ai fattori che influenzano lo sviluppo di tali attività e, quindi, all'importanza di individuare i fattori che influenzano la partecipazione delle imprese dei paesi emergenti e di frontiera alle attività di SI.

Vi è una mancanza di consapevolezza e di sensibilizzazione riguardo ai benefici dell'impresa nell'attuazione di strategie di SI; alcune parti interessate si occupano solo di realizzare profitti dalle vendite dei prodotti e non sono a conoscenza dei ricavi associati al commercio di materiali di scarto. Gli impianti industriali dovrebbero essere suscettibili di creare sinergie e adattarsi ai cambiamenti strutturali e di mercato.

Pochi casi sviluppano la SI nei paesi emergenti e di frontiera, tranne in Cina, Brasile, Singapore e India. Il settore delle imprese comprende la necessità di combinare le opzioni di riciclaggio con fattori quali la tecnologia e l'integrazione di risorse incentrate sull'uso sostenibile degli input.

La mancanza di conoscenza della SI nella gestione di alto livello è un ostacolo significativo allo sviluppo di attività integrate di utilizzo delle risorse; pertanto, lo sviluppo della SI deve essere pienamente integrato nel sistema di gestione e pianificazione.

Mentre i benefici commerciali ed economici sono o possono essere un fattore importante per incoraggiare le imprese a partecipare agli scambi materiali, l'alta dirigenza in genere non ha il tempo, l'impegno o le capacità per identificare e sfruttare queste opportunità, o hanno una comprensione insufficiente della terminologia SI, a

causa della mancanza di meccanismi per educare i potenziali interessati (Ji, Y.; Liu, Z.; Wu, J.; He, Y.; Xu, H. **2020**).

I quadri normativi sono fondamentali per promuovere le attività di SI. La politica del governo dovrebbe essere progettata e attuata per svolgere un “ruolo abilitante” fornendo politiche, coordinamento e sostegno all’istruzione e alle infrastrutture.

La mancanza di politiche favorevoli indica che gli incentivi economici dei partecipanti alle pratiche di SI, in particolare per quanto riguarda il sostegno agli utilizzatori di rifiuti o prodotti, sono troppo deboli.

Tale ostacolo è sostenuto dal fatto che una legislazione ambientale meno rigorosa o l’applicazione di norme in materia di rifiuti industriali comportano, ad esempio, la miscelazione di rifiuti industriali (spesso pericolosi) con altri materiali di scarto prima dello smaltimento.

Per avere successo, le strategie ambientali devono comprendere una combinazione di strumenti politici innovativi basati sulla creazione di una domanda di conformità e applicazione. Inoltre, le politiche governative (ad esempio, gli sgravi fiscali) dovrebbero essere attuate per stimolare e regolare la SI.

Nella maggior parte dei paesi emergenti e di frontiera sembra più facile dirottare i rifiuti verso una vicina stazione di trasferimento o discarica piuttosto che istituire un meccanismo per lo scambio di rifiuti a livello di fabbrica. La situazione è aggravata dall’assenza di una tassa per i rifiuti non pericolosi.

Per un’industria, in particolare, il fatto che vi sia meno personale coinvolto nel dirottamento dei rifiuti verso le discariche piuttosto che nello scambio di rifiuti rende la pratica della SI ancora più difficile (Mauthoor, S.; Mohee, R.; Kowlessar, P.; Musruck, R..**2015**). Inoltre, le attuali normative in materia di riduzione dell’inquinamento e di conservazione delle risorse sono generalmente meno rigide, insieme a un’applicazione lassista in alcune aree, che consente alle imprese di scaricare i rifiuti illegalmente.

Le questioni di riservatezza sono una delle principali ragioni che impediscono la creazione di una rete industriale, in quanto la mancanza di fiducia e di comunicazione

tra le imprese impedisce la condivisione delle caratteristiche dei rifiuti, che di conseguenza inibisce qualsiasi possibilità di riciclaggio.

La fiducia tra i membri che collaborano in una rete SI è un prerequisito per la collaborazione, in quanto, la maggior parte delle industrie hanno un meccanismo di cooperazione minimo o inesistente, che può portare a preoccupazioni circa la proprietà intellettuale o la fuga di informazioni riservate.

Le preoccupazioni in merito alla proprietà intellettuale o alle fughe segrete costituiscono un ostacolo significativo per i produttori di rifiuti e di sottoprodotti, mentre le difficoltà nel raggiungere accordi spesso riguardano gli utilizzatori di rifiuti e sottoprodotti. Questi problemi indicano che lo sviluppo dell'IS richiede un notevole coordinamento.

La mancanza di ricerca richiede azioni tecniche che favoriscano l'innovazione. La partecipazione di nuovi attori regionali, delle PMI esistenti o delle startup innovative e delle istituzioni locali può sostenere queste azioni tecniche (Morales, E.M.; Diemer, A.; Cervantes, G.; Carrillo-González, G. **2019**).

È necessario individuare e integrare le migliori tecnologie disponibili per l'innovazione che rafforzeranno gli sforzi per sviluppare le attività di SI, vale a dire le tecnologie di conservazione dell'energia, la produzione più pulita di energia, acqua e materiali nei processi di produzione industriale, e l'adozione di tecnologie efficienti

Molte industrie e aziende locali non hanno accesso alla tecnologia verde e fanno ancora affidamento sulla tecnologia convenzionale, soprattutto nei paesi emergenti e di frontiera.

Inoltre, le barriere istituzionali, normative e finanziarie aggravano ulteriormente le barriere tecnologiche ostacolando la creazione di nuove tecnologie. Se queste barriere non saranno affrontate e la tecnologia verde non verrà creata, sarà ancora più difficile affrontare il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e altri problemi ambientali in futuro.

Uno scambio sostenibile di sottoprodotti richiede un'infrastruttura ben costruita (Bacudio, L.R.; Benjamin, M.F.D.; Eusebio, R.C.P. **2016**). Le infrastrutture obsolete sono



diffuse sia nei Paesi sviluppati che in quelli emergenti e di frontiera. Senza la sostituzione di queste infrastrutture obsolete, non è facile assumere i compiti necessari per costruire catene di approvvigionamento verdi. Senza le infrastrutture più elementari, come strade e reti di comunicazione, i Paesi emergenti e di frontiera non possono trasferire e implementare attività di SI di successo (Li, J.; Pan, S.Y.; Kim, H.; Linn, J.H. 2015).

In una specifica area geografica, può esserci un'abbondanza di input primari con un basso costo di acquisto, che potrebbe ridurre significativamente la probabilità di implementazione della SI. D'altro canto, la scarsità di input in una determinata area geografica potrebbe ridurre le barriere contro l'implementazione della SI in termini di sostituzione di questi input primari con rifiuti (Yazan, D.M.; Fraccascia, L.2020).

Le barriere sociali sono i prerequisiti per la partecipazione delle aziende alla creazione di soluzioni tecnologiche e logistiche. Le barriere di natura più sociale, tra cui l'informazione, la cooperazione, la comunità e l'impegno per lo sviluppo sostenibile, sono state identificate come fattori che influenzano il successo delle applicazioni della SI, motivo per cui sarebbe necessario superare queste barriere affinché le aziende condividano strategie comuni sull'implementazione della conversione e dell'utilizzo dei rifiuti che consentano una migrazione verso il sistema dell'economia circolare (Ceglia, D.; de Abreu, M.C.S.; Da Silva Filho, J.C.L. 2017).

È stato analizzato il ruolo dei manager brasiliani nell'affrontare i temi della sostenibilità, stabilendo che, sebbene esprimano un impegno a rispettare le persone e a proteggere l'ambiente naturale, esiste in realtà una barriera culturale che implica un "atteggiamento egoistico" (de Paiva Duarte, F. Barriers, 2015).

La disponibilità di materiali e lo squilibrio che si genera quando l'offerta di materiali è maggiore della domanda o quando la domanda di materiali è maggiore dell'offerta, ostacolano anche le relazioni tra le imprese di SI. La continuità delle relazioni di scambio di materiali dipende da ulteriori ricerche in ogni caso specifico, per trovare nuove applicazioni per i materiali e i rifiuti generati che devono essere utilizzati in modo integrato (Sellitto, M.A.; Murakami, F.K.; Butturi, M.A.; Marinelli, S.; Kadel, N.; Rimini, B. Barriers, 2021).

Lo squilibrio tra disponibilità e domanda è un'asimmetria, un vincolo che richiede azioni tecniche, come lo sviluppo di strumenti per condividere informazioni e ottimizzare le reti di scambio di materiali (Yeo, Z.; Masi, D.; Low, J.S.C.; Ng, Y.T.; Tan, P.S.; Barnes, S. 2019).

Va notato che in questi Paesi l'utilizzo di residui, sottoprodotti e rifiuti delle attività industriali è ben al di sotto del loro potenziale e che le fonti energetiche fossili, come il carbone e il gas, sono in via di esaurimento a causa di anni di sfruttamento di queste risorse, insieme ai problemi ambientali generati. Dall'analisi dei casi di SI riportati in letteratura nei Paesi emergenti e di frontiera, è emerso che i fattori che promuovono la creazione di relazioni di SI possono essere classificati come segue:

### **1. Finanza: controllo dei costi e rafforzamento dell'efficienza**

Il fattore più citato è la riduzione dei costi (Yeo, Z.; Masi, D.; Low, J.S.C.; Ng, Y.T.; Tan, P.S.; Barnes, S. 2019), principalmente legata ai cambiamenti del mercato che inaspriscono la concorrenza, come la sostituzione delle materie prime, i materiali vergini, i sottoprodotti, il pagamento per la riduzione degli acquisti di nuovi materiali e il recupero di energia (Sellitto, M.A.; Murakami, F.K.; Butturi, M.A.; Marinelli, S.; Kadel 2021).

Le aziende ottengono un vantaggio competitivo attraverso la riduzione dei costi dovuta al riutilizzo; da una prospettiva operativa, per lo sviluppo di strategie nelle relazioni di SI utilizzando le dinamiche aziendali. La letteratura riconosce ampiamente che le aziende sono spinte a esplorare le opportunità di SI attraverso il potenziale vantaggio economico di evitare lo scarico dei rifiuti, per ridurre i costi diretti di acquisto degli input e i costi aggiuntivi di cooperazione (Yazan, D.M.; Fraccascia, L. 2020).

A fini industriali, molte materie prime importate possono essere sostituite da rifiuti o sottoprodotti industriali disponibili localmente, che possono generare benefici economici per le aziende partecipanti.

## **2. Governance - Creare fiducia e promuovere risultati finanziari positivi**

Il governo e i diversi settori dell'economia svolgono un ruolo importante nell'indurre le aziende a trasformare le loro attività verso lo sviluppo sostenibile (Wu, B.; Fang, H.; Jacoby, G.; Li, G.; Wu, Z. 2021).

Pertanto, i governi dovrebbero mantenere buoni rapporti con le imprese locali e creare un ambiente commerciale più flessibile e favorevole che motivi le imprese a partecipare attivamente e a sviluppare le attività di SI. Le ragioni ambientali e sociali sono i fattori che più spesso spingono i governi a promuovere la SI.

Un modo per realizzare questa sinergia è promuovere il rispetto delle normative ambientali (Geissdoerfer, M.; Savaget, P.; Bocken, N.M.P.; Hultink, E.J. 2017). Pertanto, le normative ambientali favoriscono il sistema di SI. Inoltre, in qualità di regolatore ambientale, il governo dovrebbe stabilire tasse sul carbonio e limiti di emissione ragionevoli per i produttori, in modo da migliorare il loro entusiasmo nel realizzare la riduzione delle emissioni e la produzione di rifiuti a condizione che siano efficacemente monitorati dalle agenzie governative competenti.

## **3. Comprendere il mercato più ampio e riconoscere le mega-tendenze**

Per i Paesi emergenti e di frontiera è necessario ridurre le emissioni di gas serra, la combustione di rifiuti e l'utilizzo di residui agroindustriali, forestali e agricoli e di colture energetiche per produrre elettricità e/o calore.

Questi temi sono diventati gradualmente sempre più importanti negli ambienti economici di queste nazioni, grazie ai casi di successo riportati in letteratura in tutto il mondo, soprattutto in Paesi sviluppati come Stati Uniti, Svizzera, Regno Unito, Australia e Giappone, tra gli altri.

Da un lato, considerando la SI e l'economia circolare, è possibile proporre, creare e fornire valore attraverso nuove opportunità per modelli di business innovativi che sono fondamentali per mantenere un vantaggio competitivo in materia di

sostenibilità, fornendo opportunità per proporre, creare e fornire valore attraverso l'efficienza dei costi e la gestione strategica (de Souza, F.F.; Ferreira, M.B.; Saraceni, A.V.; Betim, L.M.; Pereira, T.L.; Petter, R.R.H.; Pagani, R.N.; de Resende, L.M.M.; Pontes, J.; Piekarski, C.M. 2020).

D'altro canto, queste situazioni si trasformano in opportunità per i manager governativi e aziendali di continuare i loro sforzi per sviluppare e creare SI; questa collaborazione tra i diversi attori della società, come le istituzioni private, le agenzie pubbliche, i governi, il mondo accademico e le comunità è essenziale se si vuole raggiungere la sostenibilità ambientale, l'adozione di pratiche innovative e la promozione dello sviluppo economico locale.

#### **4. Tecnologia digitale e miglioramento della produttività**

La modellazione, l'ottimizzazione e la simulazione delle attività di SI possono essere utili per lo sviluppo futuro e le potenziali applicazioni nei Paesi emergenti e di frontiera, da cui le industrie possono implementare la cooperazione nella condivisione delle risorse e analizzare i flussi tra le imprese in una rete simbiotica.

L'applicazione di argomenti tecnologici può generare strategie ottimali per i partecipanti al sistema di SI in condizioni e vincoli diversi. La simulazione dei processi di questi processi dovrebbe contenere la struttura tecnologica del sistema di simbiosi, definire i confini del sistema stesso e ottenere una valutazione delle prestazioni (Cao, X.; Wen, Z.; Zhao, X.; Wang, Y.; Zhang, H. 2020).

#### **5. Innovazioni - Modelli di business circolari come vantaggio competitivo**

Le operazioni basate sul pensiero ecosistemico porranno nuove sfide e richiederanno maggiori adattamenti tecnici e commerciali rispetto ai metodi di produzione centralizzati e lineari tradizionalmente seguiti dalle industrie. Un caso di successo è rappresentato da una simbiosi industriale-urbana innovativa e ibrida che ha

preso in considerazione la sinergia dei processi, il riciclo dei rifiuti urbani e l'utilizzo dell'energia di scarto in una particolare città cinese. I risultati evidenziano il fatto che la simbiosi industriale-urbana "rinverdisce" le industrie e le utilizza per contribuire allo sviluppo urbano, per formulare politiche di pianificazione urbana di nuova generazione e per far luce sullo sviluppo urbano sostenibile (Dong, L.; Liang, H.; Zhang, L.; Liu, Z.; Gao, Z.; Hu, M. 2017).

## **6. Persone: trattenere i dipendenti e sviluppare squadre di alta qualità**

Le persone, in particolare i responsabili delle decisioni nelle imprese, svolgono un ruolo cruciale nello sviluppo delle attività di SI. Dal punto di vista di un'elevata consapevolezza ambientale dell'azienda e dei dipendenti, è possibile soddisfare i requisiti di un sistema di gestione ambientale, i requisiti ambientali, la responsabilità sociale e il morale dell'azienda (Ji, Y.; Liu, Z.; Wu, J.; He, Y.; Xu, H. 2020).

È possibile concludere il discorso sostenendo che, Cina, Brasile, Singapore, India, Taiwan e Malesia, tra gli altri, mostra che la SI è una possibile strategia di pianificazione ambientale in grado di promuovere l'economia circolare, lo sviluppo sostenibile, il miglioramento delle condizioni di business e l'utilizzo di materiali e sottoprodotti precedentemente considerati rifiuti.

Inoltre, l'analisi della letteratura ha individuato che l'utilizzo dell'approccio può far leva sul dinamismo economico attraverso sinergie materiali con le attività produttive e di ricerca circostanti.

Cina, Brasile, Singapore e India sono i Paesi che hanno riportato il maggior numero di casi in letteratura. Sebbene i casi riportati nei Paesi africani siano estremamente scarsi, è stato possibile trovare casi di simbiosi. Il settore manifatturiero è stato il più diffuso nelle relazioni di SI, a causa dei rifiuti generati e della capacità di integrare rifiuti e sottoprodotti nel ciclo produttivo.

All'interno di questa categoria, le attività che ricorrono più frequentemente nelle SI sono le aziende di bioraffinazione, l'utilizzo dei rifiuti nei parchi industriali, le

industrie forestali, le aziende di trattamento dei rifiuti, il trattamento delle acque reflue e la produzione di mobili.

I Paesi emergenti e di frontiera hanno una lunga strada da percorrere se vogliono attuare azioni reali di sviluppo sostenibile, riducendo gli impatti ambientali generati dalle attività commerciali e dalla diversificazione economica. In questi Paesi, è necessario adottare pratiche innovative in materia di sostenibilità e implementare attività commerciali rispettose dell'ambiente, con politiche nazionali che facilitino le attività di SI.

Inoltre, il comportamento collaborativo tra gli attori coinvolti è fondamentale per il successo dello sviluppo della SI, motivo per cui le istituzioni private, le agenzie pubbliche, i governi, il mondo accademico e le comunità devono cooperare in modo articolato, ricercando la sostenibilità attraverso l'adozione di pratiche innovative; queste considerazioni sono necessarie se si vuole avanzare nella costruzione di sinergie e nella promozione dello sviluppo economico locale.

Sebbene l'implementazione di reti di imprese simbiotiche e di SI sia generale e applicabile a qualsiasi Paese, è necessario analizzare le particolarità di ogni regione in termini di norme, considerazioni sociali e culturali e regolamenti ambientali.

A causa del numero limitato di pubblicazioni nei Paesi emergenti e di frontiera, si raccomanda di valutare il potenziale di nuove sinergie, ossia di esaminare in dettaglio la capacità industriale di questi Paesi a livello locale e di identificare vincoli e benefici, nonché di realizzare potenziali applicazioni di SI che promuovano la diffusione e il posizionamento di queste pratiche, incentrate sull'utilizzo sostenibile delle risorse.

I modelli di business e i quadri normativi sperimentati e praticati nei Paesi sviluppati non sono necessariamente applicabili ai Paesi emergenti o di frontiera, a causa delle differenze non solo negli stadi di sviluppo, ma anche nei quadri sociali, politici e culturali (Relva, S.G.; da Silva, V.O. 2021). In questo contesto, è essenziale identificare le differenze nei campi di applicazione delle strategie di SI applicabili alle industrie dei Paesi emergenti e di frontiera e a quelle dei Paesi sviluppati.

Come opportunità di sviluppo, è necessario stimolare la conservazione di risorse come l'acqua e l'energia attraverso l'ottimizzazione numerica e la modellazione matematica, che presenta pochi progressi. La ricerca condotta in Cina e Brasile si rivolge a uno spettro più ampio rispetto al resto dei Paesi, generando divari tra i settori industriali di queste nazioni.

Come sfida, è necessario assicurare processi di SI che garantiscano l'integrazione delle risorse e che tutte le parti coinvolte ne beneficino economicamente. Ciò rappresenta un'ottima opportunità per generare tecniche di raccolta di energia verde, a causa della forte dipendenza da fonti energetiche non rinnovabili e dello spreco di risorse rinnovabili incorporate nei processi di SI in questi Paesi.

La corretta implementazione delle strategie di SI nei Paesi emergenti richiede capacità economiche, politiche e di pianificazione, nonché lo sviluppo di infrastrutture fisiche e tecniche su larga scala, dal livello nazionale a quello locale, cosa che non è sempre possibile per la maggior parte dei Paesi in via di sviluppo. (Browning, S.; Beymer-Farris, B.; Seay, J.R. **2021**). Pertanto, è necessario condurre più studi nei diversi settori economici dei Paesi emergenti e di frontiera.

Questi dovrebbero identificare le pratiche comuni che possono o devono essere adottate per stabilire accordi standard per lo sviluppo di politiche e strategie, dal punto di vista della SI, che generino benefici sociali, ambientali ed economici dagli scambi fisici di rifiuti, residui e materiali (Negri, M.; Cagno, E.; Colicchia, C.; Sarkis, J. **2021**).

## **IV Capitolo - Le teorie sovietiche sulla simbiosi industriale**

La simbiosi industriale, che si riferisce all'interazione ottimizzata tra diversi processi e settori industriali per ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza, è stata ampiamente sperimentata nell'Unione Sovietica. Esempi evidenti possono essere visti in settori come la metallurgia, l'estrazione mineraria, l'industria dei prodotti forestali e la generazione di calore. Questi sforzi miravano a massimizzare l'uso delle risorse e a minimizzare i rifiuti.

Tuttavia, nonostante questi sforzi, la pianificazione centralizzata dell'Unione Sovietica ha presentato numerose sfide nella realizzazione pratica della simbiosi industriale. Mentre l'obiettivo era ottimizzare l'uso delle risorse, la visione a breve termine e l'enfasi sulla produzione immediata hanno spesso portato a soluzioni non sostenibili e dannose per l'ambiente. La rigidità della pianificazione centralizzata, combinata con la mancanza di informazioni dettagliate e specifiche a livello locale, ha limitato la capacità del sistema di adattarsi alle esigenze in evoluzione e ai problemi ambientali emergenti.

In sintesi, anche se l'Unione Sovietica ha fatto passi significativi verso l'implementazione di principi di simbiosi industriale, le limitazioni della sua struttura di pianificazione e la mancanza di flessibilità hanno ostacolato il suo vero potenziale. La lezione da trarre è l'importanza di equilibrare l'efficienza immediata con la sostenibilità a lungo termine, nonché la necessità di un approccio flessibile e adattabile alla gestione delle risorse e alla produzione industriale.

### **4.1 Il ruolo dell'ex Unione Sovietica**

Per comprendere le condizioni in cui la simbiosi industriale poteva svilupparsi nell'ex Unione Sovietica, è istruttivo considerare la tecnologia e l'industria nel contesto dello sviluppo della società sovietica.



A differenza di altri Paesi, come il Giappone o gli Stati Uniti, o per quelli in via di sviluppo, come visto nel capitolo precedente, per i quali l'industrializzazione era una singola (anche se importante) fase di un percorso di sviluppo più lungo, l'Unione Sovietica è stata parzialmente definita proprio in termini di industrializzazione.

Al momento della creazione dell'Unione Sovietica, la Russia e la maggior parte delle altre repubbliche sovietiche erano in gran parte società non industrializzate con economie contadine (Blackwell, W.L. 1994). L'industrializzazione ha avuto un ruolo centrale nella costruzione mentale del nuovo Stato sovietico.

Lenin (1920), affermando che “il comunismo è il potere sovietico più l'elettrificazione di tutto il Paese”, presentava il suo obiettivo supremo - il comunismo - non in termini economici, ma soprattutto in termini politici e tecnologici.

L'elettrificazione, tuttavia, fu solo la prima di una serie di panacee tecnologiche che i leader sovietici perseguirono. Le successive comprendevano la meccanizzazione, la chimicizzazione, l'automazione e la cibernetica.

In quest'ottica, Kruscev (Khrushchev, N. 1963) aggiornò la formula di Lenin affermando che “comunismo significa potere sovietico più elettrificazione dell'intero Paese, più chimicizzazione dell'economia”.

Lenin e altri leader sostenevano che l'industria su larga scala avrebbe creato al meglio la base materiale di una società comunista. Per aumentare la produttività industriale, promossero una forma di simbiosi industriale definita “produzione combinata”.

Un anno prima della rivoluzione bolscevica, Lenin delineò i vantaggi economici della produzione combinata, una pratica che descrisse come: “il raggruppamento in un'unica impresa di diversi settori industriali, che rappresentano fasi consecutive nella lavorazione delle materie prime (ad esempio, la fusione del minerale di ferro in ghisa, la conversione della ghisa in acciaio e l'ulteriore fabbricazione di diversi prodotti a partire dall'acciaio), o la cooperazione tra settori industriali (ad esempio, l'utilizzo di materiali di scarto o sottoprodotti, la produzione di materiali da imballaggio, ecc.” (Khrushchev, N. 1963).

Influenzati dalle direttive di Lenin, Efimov e Zhukova hanno classificato tre forme di produzione combinata nell'industria sovietica. In primo luogo, hanno parlato di combinazione attraverso il coordinamento di diversi processi di produzione, in cui tutti o molti degli attori industriali necessari per produrre un determinato prodotto sono geograficamente vicini.

Un esempio di questo tipo era l'acciaiera di Magnitogorsk, in cui si trovavano tutte le fasi della produzione metallurgica, dall'estrazione dei minerali alla produzione di metallo laminato, oltre alla produzione di coke e di altri fattori produttivi necessari.

In secondo luogo, hanno rilevato la combinazione attraverso l'utilizzo complesso delle materie prime, in cui da una determinata materia prima si ottengono più prodotti finiti o intermedi.

Ad esempio, carbone, petrolio o minerali metallici complessi sono sottoposti a vari processi termici e chimici per rendere utilizzabili tutti gli elementi della risorsa in ingresso.

Infine, hanno riconosciuto la combinazione attraverso l'utilizzo dei rifiuti, che è simile all'utilizzo complesso di cui sopra, ma si concentra sui sottoprodotti della lavorazione industriale di altri materiali principali. Un esempio è l'ulteriore utilizzo dei residui della lavorazione del legno che derivano dalla produzione di legname segato.

Efimov, (Efimov, A.N. and Zhukova, L.M. 1969) ha descritto così i vantaggi della produzione combinata:

*“La produzione combinata assicura l'uso più completo possibile delle materie prime e degli scarti rimasti dopo la loro lavorazione primaria, riduce gli investimenti e aumenta gli indici di efficienza della produzione. Riduce le spese di spedizione delle materie prime e dei prodotti semilavorati, accelera i processi produttivi, assicura l'utilizzo degli scarti, dà vita a prodotti e materiali assolutamente nuovi (sintetici, plastici, ecc.), rende più economiche le operazioni di estrazione perché consente l'utilizzo di tipi di materie prime più scadenti, permette un uso più completo delle materie prime già portate in superficie e riduce la gamma di impiego delle materie*

*prime organiche e, di conseguenza, gli importi spesi per ottenerle*” (Efimov, A.N. and Zhukova, L.M. 1969).

Si noti che i vantaggi elencati sono quelli che aumentano la produzione o diminuiscono i costi, senza dare rilievo ai potenziali benefici ambientali che ne possono derivare.

Negli anni '70, tuttavia, quando la consapevolezza ambientale iniziò a crescere, lo scienziato georgiano Davitaya (1977), percepì l'analogia tra i sistemi industriali e quelli naturali come un modello per una transizione auspicabile verso una produzione più pulita: “La natura opera senza prodotti di scarto. Ciò che viene scartato da alcuni organismi fornisce cibo ad altri. L'organizzazione dell'industria secondo questo principio - con i prodotti di scarto di alcuni settori industriali che forniscono materia prima ad altri - significa in effetti utilizzare i processi naturali come modello, perché in essi la risoluzione di tutte le contraddizioni che sorgono è la forza motrice del progresso”.

Nella teoria sovietica, i problemi ambientali avevano una base sociale ed erano generati da specifiche condizioni sociali. Le cause e le soluzioni del degrado ambientale dipendono dalle forze sociali che prevalgono nella società e dagli interessi che queste forze perseguono.

I problemi derivano dal fatto che la tecnologia nel mondo occidentale è di proprietà di una specifica classe sociale che la usa per estrarre profitti e arricchirsi piuttosto che per beneficiare la società nel suo complesso. Solo il comunismo, secondo questa teoria, è libero dalla proprietà privata e da altri interessi egoistici ed è quindi in grado di trovare la soluzione ottimale per soddisfare le aspirazioni di tutti gli strati sociali.

Tuttavia, è stato riconosciuto che: “nel socialismo” i problemi urgenti della protezione dell'ambiente sorgono nel corso del progresso scientifico e tecnologico. Ciò accade soprattutto perché i Paesi socialisti non hanno ancora sviluppato nella misura desiderata le nuove forze produttive che renderebbero minimo l'inquinamento

ambientale, soprattutto creando un processo produttivo a ciclo chiuso e senza rifiuti” (Granov 1980).

In questo modo, la chiusura dei cicli materiali veniva vista come una soluzione definitiva ai problemi ambientali, da raggiungere attraverso il continuo sviluppo economico e tecnologico. L’affermazione della validità di quella che in seguito sarebbe stata definita la curva di Kuznets ambientale permetteva di continuare a perseguire l’aumento della produzione industriale, tenendo conto della crescente preoccupazione per i problemi ambientali.

L’approccio specifico utilizzato da scienziati e ingegneri sovietici è stato definito “tecnologia senza sprechi” (bezotkhodnoyi tekhnologii).

Questo concetto, introdotto alla fine degli anni ‘70, aveva molto in comune con le precedenti idee di produzione combinata, anche se poneva l’accento non solo sull’aumento degli indici di utilizzo delle risorse, ma anche sulla riduzione degli indici di emissione dei rifiuti:

“La politica sovietica incoraggia l’ampio uso di processi tecnologici privi di rifiuti e l’introduzione di metodi efficaci per l’uso complesso di materie prime e rifiuti. Gli specialisti sottolineano il potenziale tecnologico scientifico moderno per passare da metodi estensivi di utilizzo delle risorse naturali a tecnologie intensive e a risparmio di risorse. Questa transizione è importante perché le tecnologie che riducono i rifiuti e non ne producono risolvono con successo i problemi di degrado ambientale e di inquinamento. Pertanto, i criteri per la selezione delle nuove tecnologie non saranno solo l’effetto economico, ma terranno conto di tutte le conseguenze socioeconomiche dell’uso incompleto delle risorse” (Turkebaev, E.A. and Sadikov, G.X. 1988).

Verso questo obiettivo di produzione industriale a ridotto impatto ambientale, lo sviluppo di complessi ecosistemi industriali e “importanza della diversità degli attori sono stati riconosciuti dagli scienziati sovietici che hanno affermato che: “Il principio della tecnologia senza sprechi non può sempre essere introdotto in una singola impresa, ma è sicuramente applicabile in un grande sistema economico industriale, ad esempio un complesso industriale territoriale con una gestione strutturale

multisetoriale. Qui, sulla base di una profonda cooperazione intersettoriale, si potrebbe sviluppare l'uso ciclico di materie prime e rifiuti in diverse industrie. Questo tipo di utilizzo delle risorse offre uno stretto intreccio dei flussi di risorse iniziali e di materiali di scarto tra i settori regionali dei complessi industriali e agroindustriali. La simbiosi ideale dell'industria nel prossimo futuro dovrebbe essere un ciclo in cui non c'è inizio né fine" (Turkebaev, E.A. and Sadikov, G.X. 1988).

Nonostante queste considerazioni progressiste, e nonostante la crescente consapevolezza della gravità dei problemi ambientali, in pratica la principale ragione d'essere della simbiosi industriale sovietica continuava a essere l'aumento della produzione.

Di fronte alla crescente domanda sociale di un maggiore benessere materiale ma con mezzi limitati per soddisfare tutte le richieste, la simbiosi industriale era parte di un tentativo da parte dei pianificatori centrali di cavarsela "a buon mercato".

Nel Piano quinquennale di sviluppo economico e sociale per il periodo 1986-1990, i funzionari del Partito Comunista dichiararono che:

"la conservazione delle risorse dovrebbe essere trasformata nel mezzo principale per soddisfare la crescente domanda nell'economia nazionale. La soddisfazione del 75-80% della crescente domanda di riscaldamento, energia e materiali dovrebbe essere coperta utilizzando le risorse in modo più economico...[attraverso]...l'uso complesso delle risorse naturali e materiali, la massima riduzione delle perdite e del consumo non razionale, e una più ampia integrazione delle risorse primarie e delle risorse secondarie nella circolazione economica" (Komunisticheskaia Partia Sovetskogo Soiuz: Communist Party of the Soviet Union 1986).

Sembra quindi che la simbiosi industriale fosse diventata l'ultima delle panacee tecnologiche designate dai leader sovietici per soddisfare le richieste materiali della società.

Con il crollo dell'Unione Sovietica nel 1991, l'integrazione economica delle repubbliche sovietiche venne dissolta e l'attività industriale complessiva diminuì sostanzialmente (Oldfield, J.D. 2000).

Un'eredità duratura rimane nell'infrastruttura fisica creata durante decenni di pratiche di produzione combinate. Non è chiaro, tuttavia, in che misura l'attuale produzione industriale nelle ex repubbliche sovietiche continui a beneficiare della sua eredità di simbiosi industriale.

#### **4.2 Esempi di simbiosi industriale sovietica**

Per illustrare l'implementazione delle tecniche di simbiosi industriale nell'Unione Sovietica è possibile usare degli esempi di produzione combinata e tecnologia senza sprechi in diversi settori: un impianto metallurgico in Ucraina, attività minerarie in Kazakistan, il settore dei prodotti forestali in Lettonia e calore a cascata in molte aree dell'Unione Sovietica.

##### **Metallurgia**

L'impianto di ferroleghie di manganese di Nikopol in Ucraina era un grande complesso di produzione elettrometallurgica che comprendeva operazioni di fusione, sinterizzazione e produzione di elettrodi, oltre a produzione di elettricità, operazioni di trasporto e laboratori ausiliari (Zubanov, V.T. and Velichko, B.F. 1988).

Il complesso produceva circa 1,5 milioni di tonnellate di scorie all'anno, che venivano semplicemente scaricate in cumuli di scorie che coprivano il terreno agricolo precedentemente fertile.

Questo era rappresentativo di altri impianti di metallurgia ferrosa in tutta l'URSS, dove un totale di oltre 75 milioni di tonnellate di scorie venivano prodotte ogni anno dalla produzione di ferro e acciaio.

Un progetto intitolato "Rifiuti" (Otkhody) è stato implementato nel complesso negli anni '80, con l'obiettivo dichiarato di utilizzare in modo efficiente i materiali di

scarto della produzione e di ridurre i problemi di inquinamento atmosferico. È stato perseguito l'utilizzo di quattro tipi di materiali di scarto: gas, polvere, fanghi e scorie.

È stato raccolto il gas d'altoforno generato durante la produzione delle ferroleghie. Dopo opportuna depurazione, il gas veniva utilizzato come combustibile per processi industriali e per il riscaldamento degli edifici domestici.

Altri sottoprodotti idonei al ritrattamento erano polveri e fanghi derivanti dalla pulizia a secco e ad umido del gas di altoforno. I fanghi dell'impianto di sinterizzazione venivano pellettizzati e restituiti come materia prima per la produzione di ferroleghie.

Una parte dei fanghi è stata utilizzata nei materiali da costruzione in calcestruzzo e sono stati sviluppati piani futuri per l'utilizzo dei fanghi come additivo nella produzione di fertilizzanti ricchi di manganese.

Gli scienziati hanno scoperto che le scorie cristallizzate avevano qualità di elevata resistenza all'usura, resistenza al calore, resistenza meccanica, stabilità termica e carattere dielettrico, e quindi erano adatte a vari usi. Hanno determinato quattro direzioni principali per il ritrattamento delle scorie. Una parte veniva frantumata e utilizzata come ghiaia per la costruzione di strade e fondazioni di edifici, zavorra per le ferrovie e aggregato per il calcestruzzo.

Alcune scorie furono frantumate e separate, ottenendo un concentrato di metallo che comprendeva circa il 60% di manganese. Veniva utilizzato nella produzione di ferroleghie e veniva anche venduto come materia prima contenente manganese.

Le scorie fuse granulate a contatto con l'acqua sono state utilizzate come additivo per costruzioni in cemento armato e massiccio, per blocchi di calcestruzzo utilizzati come isolamento termico e per il riempimento.

Infine, la "pietra di scoria" (shlakokamennoe) veniva prodotta mediante fusione o stampaggio di scorie fuse. La chiave di questo metodo era la regolazione della cristallizzazione delle scorie. I prodotti in scoria prodotti includevano blocchi refrattari, rivestimenti refrattari, tubi e pannelli.

## **Estrazione mineraria**

L'estrazione mineraria era un importante settore industriale in Kazakistan durante l'era sovietica, e continua ad esserlo. I minatori kazaki estraggono carbone, ferro, manganese, cromo, nichel, cobalto, rame, molibdeno, piombo, zinco, bauxite, oro e uranio, oltre a petrolio e gas naturale.

Turkebaev e Sadikov (Turkebaev, E.A. and Sadikov, G.X. 1988), descrissero le tradizionali tecniche minerarie nel Kazakistan sovietico che portavano a un recupero solo del 50% circa delle risorse minerarie utili, a causa dell'uso incompleto di processi tecnologici per ridurre al minimo le perdite e della mancanza di sistemi sufficienti per la contabilità, il controllo e la gestione delle risorse minerarie. responsabilità nell'uso delle risorse naturali.

Hanno suggerito che un ulteriore 25% potrebbe essere recuperato attraverso l'uso di un approccio minerario più completo che includa l'elaborazione secondaria per estrarre risorse concomitanti.

Per aumentare l'efficienza dell'uso complessivo delle risorse, gli scienziati sovietici in Kazakistan raccomandarono questa sequenza di metodi per l'uso razionale e complesso dei materiali minerali:

- “Estrazione efficace di minerali grezzi e sottoprodotti
  - Sviluppo di tecnologie per la massima estrazione dei principali componenti dei minerali
  - Studio completo di tutte le sostanze contenute nei minerali
  - Determinazione del valore di queste sostanze e delle possibilità tecnologiche della loro estrazione
  - Valutazione delle sostanze che non possono essere estratte tecnologicamente, ma che costituiscono componenti significative dei minerali
  - Caratterizzazione equilibrata di tutti i tipi di rifiuti generati
  - Valutazione complessa dell'influenza dei rifiuti sull'ambiente”
- (Turkebaev, E.A. and Sadikov, G.X. 1988).



Un esempio della potenziale attuazione di questo processo è la regione di Jezkazgan dove si dice che esistano circa 17 elementi minerali utili, solo 12 dei quali sono stati sfruttati.

Attraverso la lavorazione secondaria dei materiali scaricati come residui di miniera, è stato possibile estrarre in modo economico anche ulteriori risorse di cadmio, selenio, tellurio, bismuto e nichel. Un altro esempio è la regione di Shalkiya, dove durante il processo primario di estrazione di zinco, cadmio, gallio e argento, il materiale di copertura sarebbe stato adatto per essere utilizzato come aggregato per calcestruzzo e asfalto.

### **Prodotti forestali**

Vikulina (Vikulina, E. 1983) ha descritto gli sforzi compiuti nella Lettonia sovietica per aumentare l'efficienza complessiva delle industrie forestali e di lavorazione del legno. Parte di questa iniziativa prevedeva il recupero e l'utilizzo dei sottoprodotti delle attività forestali.

In particolare, sono stati recuperati i residui del taglio, compresi rami, aghi e cime degli alberi, precedentemente lasciati nella foresta dopo la raccolta del legname commerciale. La potenziale risorsa disponibile era dell'ordine di 20 milioni di tonnellate all'anno.

Gli usi per i residui del disboscamento includevano fibra di cellulosa per la carta, farina vitaminica (un integratore alimentare per bovini a base di ramoscelli di conifere portanti aghi) e prodotti farmaceutici, tra cui pasta di clorofilla carotene ed etere di petrolio. Uno dei problemi riscontrati era che i vari componenti dei residui del disboscamento erano mescolati, riducendone l'idoneità per applicazioni specializzate.

La separazione manuale era lenta e inefficiente. Basandosi sulla tecnologia utilizzata nelle macchine per la pulizia delle sementi nel settore agricolo, i tecnici

sovietici svilupparono un separatore a ciclone per dividere le varie frazioni di residui di disboscamento destinati a diversi usi.

Le frazioni più leggere come aghi, foglie e rametti venivano utilizzate per farine vitaminiche e prodotti farmaceutici. Le frazioni più pesanti potrebbero essere utilizzate per la produzione di pasta di cellulosa o come biocarburante. È proseguita la ricerca sullo sviluppo di macchinari per separare questa frazione in trucioli di pasta di legno di alto valore e biocarburante di valore inferiore.

Un vantaggio segnalato derivante dalla maggiore efficienza nell'uso dei prodotti forestali è stata la potenziale riduzione del prelievo forestale totale necessario.

### **Cascata di calore**

La cascata di risorse termiche è stata ampiamente implementata nell'Unione Sovietica sotto forma di generazione combinata di calore ed elettricità e di recupero di calore dai processi industriali.

Già negli anni '20, le centrali elettriche in Ucraina non solo producevano elettricità ma fornivano anche acqua calda per riscaldare serre, allevamenti ittici e altre imprese adiacenti (Hewes, A.K. 2005).

Nel 1975, circa il 29% di tutta l'elettricità generata nell'Unione Sovietica proveniva da centrali di cogenerazione, funzionanti con un'efficienza di conversione complessiva fino al 70%, rispetto al 40% di efficienza degli impianti a vapore che fornivano solo elettricità (Dienes, L. and Shabad, T. 1979).

Il tasso di utilizzo relativamente elevato è stato parzialmente attribuito alle differenze nei diritti di proprietà tra l'Unione Sovietica e alcuni paesi occidentali, che portano a differenze nei costi di transazione e nel trattamento delle esternalità che favoriscono l'utilizzo del teleriscaldamento e della produzione combinata di calore ed elettricità (Mcintyre, R.J. and Thornton, J.R. 1978).

Molto diffuso è stato il recupero del calore dei processi industriali, in particolare nel settore metallurgico. La produzione di una tonnellata di metallo ferroso, ad

esempio, ha richiesto il riscaldamento di 100 tonnellate di acqua che potrebbe poi essere utilizzata per scopi secondari.

Ulteriore calore di scarto è stato recuperato dalle scorie e dal gas di altoforno. È stato riferito che il 55% del calore recuperabile nel settore metallurgico veniva utilizzato come risorsa secondaria (Efimov, A.N. 1968).

### **4.3 Discussione sullo studio della SI nell'ex Unione sovietica**

Dato il crollo delle attività industriali avvenuto con la disgregazione dell'Unione Sovietica, si può affermare che l'industria sovietica alla fine non è riuscita a raggiungere un obiettivo fondamentale dell'organizzazione industriale, che è quello di soddisfare la domanda sociale di beni materiali. Molti fattori economici e politici contribuirono al crollo dell'Unione Sovietica, rendendo difficile trarre conclusioni isolate sull'efficacia industriale.

Gli sforzi sovietici verso la simbiosi industriale, nonostante il loro obiettivo primario di consentire una maggiore produzione a costi inferiori, erano di per sé insufficienti a rendere l'industria sovietica economicamente sostenibile a lungo termine.

Inoltre, data la gravità e l'entità dei problemi ambientali derivanti dalle attività industriali nell'Unione Sovietica, riportati sia da fonti ufficiali sovietiche (ad esempio, Goskompriroda, 1989) che da fonti occidentali, si può concludere che il anche l'obiettivo secondario della simbiosi industriale sovietica di ridurre l'impatto ambientale delle attività industriali fu un fallimento.

Diverse questioni possono essere esplorate mentre si cerca di comprendere sia gli aspetti positivi che quelli negativi della simbiosi industriale nell'Unione Sovietica, e il modo in cui hanno contribuito allo sviluppo iniziale e alla transizione, alla fine infruttuosa, verso la sostenibilità dell'industria sovietica.

Una questione importante è quella tra pianificazione centrale e organizzazione spontanea delle interazioni industriali e, più in generale, il ruolo del governo nel rappresentare gli interessi ambientali nei confronti degli agenti e degli interessi economici.

Da un lato, si tratta di una questione di responsabilità pubblica rispetto a quella privata per i rifiuti e l'inquinamento, ed è intrinsecamente legata alla questione dei diritti di proprietà.

Ad un altro livello, coinvolge questioni più meccaniche di disponibilità della conoscenza per un processo decisionale efficace. In linea di principio, le economie di mercato sono coordinate dal flusso di informazioni sui prezzi e le decisioni sulle attività industriali sono prese individualmente dagli agenti di mercato.

Al contrario, le decisioni economiche nell'Unione Sovietica venivano prese a livello centrale, con l'attività industriale coordinata dalle autorità centrali. I prodotti di scarto di un'impresa, che in un'economia di mercato potrebbero essere valutati e utilizzati da un'impresa adiacente, potrebbero semplicemente essere stati scartati da un direttore di fabbrica sovietico obbedendo alle decisioni sul flusso di materiale prese da pianificatori lontani che non erano consapevoli delle condizioni locali (Åhlander, A-M.S. 1994).

Pertanto, la conoscenza specifica della disponibilità dei sottoprodotti e del potenziale utilizzo può essere disponibile a livello locale, ma l'autorità e il processo decisionale nelle economie pianificate centralmente erano distanti, un punto sollevato anche da Desrochers e Ikeda (2003).

È possibile sostenere che la pianificazione centralizzata fosse un metodo organizzativo efficace durante la prima fase dell'industrializzazione nell'Unione Sovietica, quando le risorse naturali e i servizi ambientali erano relativamente illimitati.

In quella fase, la gestione del capitale per creare infrastrutture industriali e la concentrazione degli sforzi del lavoro industriale erano necessarie per sviluppare sistemi di produzione industriale, e le tecniche di pianificazione centralizzata

raggiungevano questo obiettivo così come lo facevano le tecniche di libero mercato nei paesi occidentali.

Tuttavia, durante la fase successiva dello sviluppo, quando le risorse naturali e i servizi ambientali erano diventati limitati, la pianificazione centrale mancava della precisione e della conoscenza su scala dettagliata delle condizioni locali necessarie per utilizzare in modo efficace le risorse.

La questione dell'avvicinamento ai limiti ambientali solleva inevitabilmente la questione più profonda degli obiettivi dell'industria e della società che essa serve. Se l'obiettivo principale è aumentare il consumo materiale (cioè, la crescita fisica), allora aumentare marginalmente l'efficienza tecnica dei processi industriali non eliminerà i problemi ambientali, ma nella migliore delle ipotesi li posticiperà.

Nel pensiero sovietico, “il progresso tecnologico offre la possibilità di fare un uso più efficace delle risorse economiche e di ottenere un effetto economico maggiore con una spesa relativamente bassa. Ciò crea un'opportunità per aumentare sostanzialmente i tassi di crescita della produzione di beni di consumo” (Efimov, A.N. 1968).

Pertanto, la simbiosi industriale sovietica era il cosiddetto “effetto rimbalzo” di Jevons – l'aumento dell'efficienza dell'utilizzo delle risorse con l'intento specifico di aumentare la produzione e il consumo totali. Ciò è in contrasto con il moderno concetto di ecologia industriale, che si concentra sulla riduzione dell'impatto ambientale complessivo causato dalle attività industriali. “La domanda analitica [in IE] è semplice: quale configurazione porta al livello più basso di danno ambientale a un dato livello di produzione economica?” (Chertow, M.R. 2000).

L'importanza dell'entità del “dato livello di produzione economica” sta guadagnando apprezzamento nel pensiero moderno. Tale apprezzamento mancava nel pensiero sovietico, che rimase incentrato sulla produzione. Inquadrata nei termini del dibattito sulla modernizzazione ecologica (Huber, J. 2000), l'organizzazione industriale sovietica non era orientata alla sufficienza, in cui la produzione e il consumo erano intenzionalmente limitati per armonizzarsi con i limiti ecologici.

La produzione sovietica era invece orientata all'efficienza, applicando principi di razionalizzazione input-output per aumentare la produttività delle risorse specifiche.

Il sistema sovietico non fece alcun tentativo di coerenza, il che avrebbe portato a flussi di materiali industriali e ad un uso energetico di natura compatibile con l'ambiente. Resta da vedere se il moderno sistema industriale di produzione e consumo raggiungerà uno sviluppo sostenibile attraverso la modernizzazione ecologica, e quale ruolo potrà svolgere la simbiosi industriale.

Come nell'industria sovietica, gli sforzi moderni verso la simbiosi industriale si concentrano principalmente sull'aumento dell'efficienza nell'uso dei materiali e dell'energia.

La rete industriale di Kalundborg, ad esempio, è incentrata su una centrale elettrica che dipende dai combustibili fossili. Sebbene l'efficienza tecnica di tale sistema possa essere migliorata, non potrà mai diventare sostenibile. Per raggiungere questo obiettivo è necessario considerare quali fonti di energia e quali tipi di materiali vengono utilizzati. Sono stati offerti vari quadri (Azar, C., Holmberg, J. and Lindgren, K. 1996) come criteri per raggiungere la sostenibilità "reale" o assoluta.

Queste idee, sempre più apprezzate dagli attori industriali moderni, apparentemente non furono prese in considerazione nelle teorie sovietiche sulla simbiosi industriale. La simbiosi industriale, sia nella sua forma sovietica che in quella moderna, è opportunistica e limitata da vincoli tecnici ed economici di potenziali interazioni.

La chiusura del ciclo dei materiali che coinvolgono rifiuti e sottoprodotti, ad esempio, è limitata dalle opportunità di riutilizzo dei materiali.

Gille (2000) ha descritto l'accumulo di materiali di scarto che venivano recuperati per decreto centrale in Ungheria, ma che non avevano più alcun utilizzo nell'industria. Un esempio moderno è l'emissione di anidride carbonica come spreco della combustione del carburante e delle reazioni di processo.

Gli usi attuali dell'anidride carbonica come input industriale sono molto limitati rispetto alle quantità disponibili, quindi l'eccesso viene rilasciato nell'ambiente. I

principi termodinamici suggeriscono che la produzione congiunta di output indesiderati è una conseguenza inevitabile della produzione di beni desiderati (Baumgärtner, S., Dyckhoff, H., Faber, M., Proops, J. and Schiller, J. 2001).

Questa limitazione in definitiva limita il potenziale della simbiosi industriale per eliminare l'impatto ambientale, sebbene rimanga la possibilità di modificare i processi e le interazioni industriali per ridurre gli impatti. La questione del prezzo o della valutazione delle risorse naturali e dei costi esterni è importante sia nei sistemi sovietici che in quelli moderni. L'uso di principi economici per guidare l'allocazione efficiente delle risorse scarse dipende dall'esistenza di adeguate misure di valore. Nell'Unione Sovietica, i pianificatori centrali svilupparono metodologie non di mercato per assegnare valori alle risorse e ai prodotti naturali (Thornton, J.A. 1978).

Questo metodo è stato criticato per l'allocazione inefficiente che contribuisce al degrado ambientale. In prossimità del crollo dell'Unione Sovietica, gli scienziati sovietici hanno ammesso che: "a causa della crescita economica, ci sono anche crescenti problemi con l'utilizzo dei materiali di scarto. Ma nel risolvere questo problema di utilizzazione emerge un lato negativo dell'attuale sistema di stimolazione economica dell'industria. Di solito, le industrie cercano una riduzione immediata delle spese, non sono interessate all'uso complesso delle materie prime e non tengono conto del danno ambientale. L'influenza negativa delle persone sull'ambiente sta crescendo e in alcune regioni ha superato un punto critico" (Turkebaev, E.A. and Sadikov, G.X. 1988).

I moderni sistemi industriali sono stati criticati anche per la mancanza di un'adeguata valutazione delle risorse naturali e dei servizi ambientali. Nella pratica della moderna economia delle risorse, l'uso "ottimale" delle risorse ambientali e il livello di inquinamento più "efficiente" possono essere coerenti con l'insostenibilità ambientale.

Le esternalità ambientali, che furono tardivamente riconosciute dalle autorità sovietiche come dannose per il benessere sociale (USSR State Committee for the Protection of Nature, 1989) sono potenzialmente significative anche nei moderni sistemi industriali. Altre questioni di valutazione includono questioni di equità

intergenerazionale legate alle scelte dei tassi di sconto, equità intragenerazionale basata sulla capacità di partecipare all'economia di mercato e differenziazione delle risorse non rinnovabili e rinnovabili.

Per queste ragioni si potrebbe sostenere che, mentre il sistema sovietico mancava di segnali adeguati a breve e medio termine per allocare adeguatamente le risorse naturali, il sistema industriale moderno potrebbe non avere i segnali necessari per allocare adeguatamente le risorse a medio e lungo termine. La simbiosi industriale, sia nella sua forma sovietica che in quella moderna, è una rappresentazione incompleta dei flussi di materiali ed energia, nella misura in cui i consumatori e il consumo vengono omessi. In un ecosistema naturale, produttori, consumatori e riciclatori svolgono tutti un ruolo importante nel ciclo dei materiali. Praticando la simbiosi industriale, i sottoprodotti e gli scarti del processo produttivo vengono utilizzati in modo più efficiente trasmettendoli ad altri produttori, mentre una parte significativa del flusso totale di materiale lascia il sistema sotto forma di prodotti finiti.

Per chiudere efficacemente i cicli dei materiali, è necessario affrontare anche il riciclo post-consumo. Prove aneddotiche suggeriscono che, ad esempio, il riutilizzo dei contenitori per bevande e il riciclaggio domestico di carta e metalli erano relativamente diffusi nell'Unione Sovietica. Sono tuttavia necessarie ulteriori ricerche per giungere a conclusioni sui flussi di materiali al di fuori dei settori industriali.

Qui è stato delineato il contesto e le teorie della simbiosi industriale sovietica e presentato brevi esempi di produzione combinata e tecnologia senza rifiuti praticata nell'ex Unione Sovietica.

Ciò che è possibile individuare è che gli elementi di simbiosi industriale furono apprezzati e praticati fin dai primi anni dell'Unione Sovietica. Al momento del crollo, la simbiosi industriale era vista dai leader sovietici come un approccio importante per aumentare l'efficienza industriale.



Le teorie sovietiche sulla simbiosi industriale erano ben sviluppate e includevano elementi della moderna ecologia industriale come l'analogia tra ecosistemi naturali ed ecosistemi industriali e i vantaggi di avere una vasta gamma di attori all'interno di un ecosistema industriale.

Tuttavia, anche se i potenziali benefici ambientali della simbiosi industriale furono infine riconosciuti, i leader sovietici perseguirono la simbiosi industriale principalmente come mezzo per aumentare la produzione. Anche se si deve concludere che l'impresa sovietica fu un fallimento, sia in termini economici che ambientali, potrebbe essere possibile imparare da quel fallimento. L'esperienza indica che la disponibilità di informazioni attuali e locali sulle possibilità di integrazione dei processi industriali, così come la motivazione istituzionale all'azione, influenzano il successo dell'impresa simbiotica.

Ciò è rilevante per la questione di una strategia organizzativa volta a incoraggiare gli scambi locali spontanei o a imporre scambi pianificati a livello centrale. Riconoscere gli impatti ambientali derivanti dalla produzione industriale è un passo necessario, ma non sufficiente, verso un'industria sostenibile. Una questione critica sembra essere la definizione degli obiettivi, e non solo i metodi utilizzati per raggiungerli.

Appare necessaria l'integrazione del rispetto dei principi ecologici nei meccanismi economici utilizzati per orientare le decisioni di produzione e consumo. La considerazione dei flussi di materiali ed energia al di fuori dei settori della produzione industriale può consentire una comprensione più completa dell'impatto ambientale complessivo e delle possibilità di riduzione.

La simbiosi industriale non è una panacea tecnologica che consente una produzione illimitata ed ecologica, ma potrebbe essere un elemento di una strategia più ampia volta a trasformare i modelli di produzione e consumo della società verso forme più sostenibili. In un tale contesto, la simbiosi industriale ha il potenziale per svolgere un ruolo più prezioso per un periodo di tempo più lungo rispetto all'ex Unione Sovietica.

## Conclusioni

Il lavoro di tesi condotto si è focalizzato sull'indagine del ruolo della Simbiosi Industriale. Inizialmente, l'attenzione è stata rivolta verso una revisione approfondita della letteratura esistente. Questa indagine ha permesso di tracciare lo stato dell'arte della Simbiosi Industriale in diverse parti del mondo, dall'Europa alla Cina, passando per l'ex Unione Sovietica.

Per quanto riguarda l'Italia, ciò che emerge è che, nonostante questa strategia non sia espressamente richiesta dalla regolamentazione italiana, la SI è stata recentemente incoraggiata e considerata uno strumento strategico nelle politiche regionali italiane; è il caso delle strategie di specializzazione intelligente S3 in alcune regioni del Bel Paese.

Il nuovo Ciclo di Programmazione 2014-2020 della Politica di Coesione prevede, come condizione ex-ante per l'utilizzo delle risorse comunitarie, che le autorità nazionali e regionali sviluppino strategie di ricerca ed innovazione finalizzate alla "specializzazione intelligente"; tutto questo al fine di consentire un utilizzo più efficiente dei fondi strutturali e di aumentare le sinergie tra le autorità dell'UE, nazionali e regionali.

Per ciò che riguarda l'Europa, quindi, tutte le Regioni degli Stati membri sono state chiamate ad elaborare le proprie linee di Strategia di Specializzazione Intelligente, sulla base delle risorse e delle attitudini disponibili, individuando i vantaggi competitivi e le specializzazioni tecnologiche coerenti con il loro potenziale di innovazione e dettagliando gli investimenti pubblici e privati necessari, con particolare riguardo alla ricerca, allo sviluppo tecnologico e all'innovazione (Strategia di specializzazione intelligente (SSS), 2014).

In modo particolare il Governo italiano finanzia lo sviluppo economico con un Fondo per la Crescita Sostenibile (DM, 2013). L'obiettivo è promuovere l'innovazione attraverso progetti di ricerca e sviluppo, realizzati da PMI, utilizzando tecnologie definite.

L'applicazione della Simbiosi Industriale in Italia risente della subordinazione al quadro legislativo sui rifiuti, in primo luogo alla Legge 152 del 2006, recepimento della Direttiva quadro sui rifiuti 2008/98/CE, (Direttiva CE, 2008)) e alla sua modifica, attraverso la Legge 205 (2010).

Nei paesi in via di sviluppo ed in quelli emergenti vi sono complessità di altro genere e nei quali, nella maggior parte dei casi, vi è una netta carenza delle infrastrutture per poter attuare tali strategie.

Nel caso dell'ex Unione Sovietica si evince la necessità di attuare un piano d'integrazione del rispetto dei principi ecologici nei meccanismi economici utilizzati per orientare le decisioni di produzione e consumo. La considerazione dei flussi di materiali ed energia al di fuori dei settori della produzione industriale può consentire una comprensione più completa dell'impatto ambientale complessivo e delle possibilità di riduzione.

È possibile concludere sostenendo che, nonostante in teoria i processi di SI abbiano un futuro roseo e tutti i presupposti per essere implementati, il mondo intero è abbastanza lontano dal raggiungere, nel complesso, risultati soddisfacenti.

La sostenibilità nella gestione dei rifiuti e nell'efficienza delle risorse è uno dei principali obiettivi definiti dalla maggior parte dei governi, per andare verso un'industria più forte per la crescita e la ripresa economica.

La Simbiosi Industriale si è dimostrata un buono strumento per raggiungere gli obiettivi validi da un punto di vista ecologico. Le pubbliche amministrazioni, le imprese private e la ricerca industriale sono gli attori da coinvolgere in questa evoluzione. Partendo da buone politiche, i Governi potrebbero avviare un percorso positivo, in grado di cambiare il comportamento delle Pubbliche Amministrazioni, delle industrie e dei ricercatori, fornendo loro gli strumenti per attivare un'efficace politica.



## Bibliografia

1. Aberkane, I.J. (2015) 'From waste to kwaste: on the Blue Economy in terms of knowledge flow', CS-DC '15 World e-conference, Tempe, United States. [Online] Available at: hal-01291106.
2. Alexandru, J.E. & Taşnadi, A. (2014) 'From Circular Economy to Blue Economy', *Management Strategies Journal*, vol. 26, pp. 197-203.
3. Ayres, R.U. (1989) 'Industrial Metabolism', in *Technology and Environment*. National Academy Press: Washington D.C., pp. 23-49.
4. Ayres, R.U. (1994) 'Industrial metabolism: Theory and policy', in Simonis, U.K. (Ed.), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press: Tokyo, pp. 3-20.
5. Baas, L. (2005) *Cleaner Production and Industrial Ecology; Dynamic Aspects of the Introduction and Dissemination of New Concepts in Industrial Practice*. Eburon Academic Publishers.
6. Circular Economy Network (2021) III Rapporto sull'economia circolare in Italia.
7. Città di Termini Imerese (2007) Piano Strategico Territoriale: Termini Imerese 2015. Il quadro conoscitivo dell'area.
8. Chertow, M.R. (2004) 'Industrial Symbiosis', *Encyclopedia of energy*, vol. 3, The Massachusetts Institute of Technology and Yale University, pp. 407-415.
9. Commissione Europea (2019) Il Green Deal Europeo. COM (2019) 640 final.
10. DI TOMMASO, M.R. & BELLANDI, M. (2006) Il Fiume delle Perle – la dimensione locale dello sviluppo industriale e il confronto con l'Italia. Rosenberg & Sellier.
11. GRAEDEL, T.E. & ALLENBY, B.R. (2010) *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*. Pearson.
12. Gessa, R. & Conti, G. (2010) 'Parchi Eco Industriali e simbiosi industriale', *Ambiente Risorse e Salute*, vol. 4, n. 127.
13. La Monica, M. & Cutaia, L. (2014) 'La simbiosi industriale come modello per lo sviluppo sostenibile economici territoriali', p.152, XXVI Convegno annuale di Sinergie.
14. Nicholson, M. (1971) *La Rivoluzione Ambientale*. Garzanti: Milano.
15. Padula, L. (2007) *Dall'industria tradizionale a quella sostenibile*. Università degli studi di Cassino: Cassino.
16. Pulselli, F.M., Bastianoni, S., Marchettini, N. & Tiezzi, E. (2007) *La soglia della sostenibilità, ovvero quello che il Pil non dice*. Donzelli: Roma.
17. Ehrenfeld, J. and Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67-80.
18. Desrochers, P. (2004). Industrial symbiosis: The case for market coordination. *Journal of Cleaner Production*, 12(8–10), 1099-1110.
19. Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17(Winter), 109–122.
20. Kogut, B. and Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, 3(3), 383-397.
21. Gibbs, D. (2003). Trust and networking in inter-firm relations: The case of eco-industrial development. *Local Economy*, 18(3), 222-236.
22. Berends, F. B. A. M. (2001). Stretching the boundary: The possibilities of flexibility as an organizational capability in industrial ecology. *Business Strategy and the Environment*, 10(2), 115-124.
23. Mirata, M. (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: Determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production*, 12(8–10), 967-983.

24. Mirata, M. and Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona Industrial Symbiosis Programme. *Journal of Cleaner Production*, 13(10–11), 993-1002.
25. Chertow, M. (2007). Uncovering industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11-30.
26. Roberts, J. (2000). From know-how to show-how? Questioning the role of information and communication technologies in knowledge transfer. *Technology Analysis & Strategic Management*, 12(4), 429-443.
27. Hossain, L. and Wigand, R. T. (2004). ICT enabled virtual collaboration through trust. *Journal of Computer Mediated Communication*, 10(1).
28. Wellman, B. (1999). *Networks in the global village: Life in contemporary communities*. Boulder, CO: Westview Press.
29. Hendriks, P. H. J. (2001). Many rivers to cross: From ICT to knowledge management systems. *Journal of Information Technology*, 16, 57-72.
30. Swan, J., Newell, S., and Robertson, M. (2000). Limits of IT-driven knowledge management initiatives for interactive innovation processes: Towards a community-based approach. Paper presented at the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 4–7 January, Maui, Hawaii.
31. Blanchard, A. and Horan, T. (1998). Virtual communities and social capital. *Social Science Computer Review*, 16(3), 293-307.
32. DiMaggio, P., Hargittai, E., Neuman, W. R., and Robinson, J. P. (2001). Social implications of the internet. *Annual Review of Sociology*, 27, 307-336.
33. Preece, J. (2000). *Online communities: Designing usability, supporting sociability*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
34. Brown, J. S. and Duguid, P. (2000). Balancing act: How to capture knowledge without killing it. *Harvard Business Review*, (May–June), 73-80.
35. Morsetletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources Conservation and Recycling*, 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
36. Walker, A. M., Opferkuch, K., Roos Lindgreen, E., Simboli, A., Vermeulen, W. J. V., and Raggi, A. (2021). Assessing the social sustainability of circular economy practices: industry perspectives from Italy and the Netherlands. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 831–844.
37. European Commission. (2020). *Circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe*. European Union.
38. Murray, A., Skene, K., and 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. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
39. Moreau, V., Sahakian, M., van Griethuysen, P., and Vuille, F. (2017). Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 497–506. <https://doi.org/10.1111/jiec.12598>
40. United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*.
41. Cecchin, A., Salomone, R., Deutz, P., Raggi, A., and Cutaia, L. (2020). *Industrial symbiosis for the circular economy*. Springer International Publishing.
42. Nikolaou, I. E., Jones, N., and Stefanakis, A. (2021). Circular economy and sustainability: the past, the present and the future directions. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00030-3>
43. Oughton, C., Anda, M., Kurup, B., and Ho, G. (2021). Water circular economy at the Kwinana industrial area, Western Australia—the dimensions and value of industrial symbiosis. *Circular Economy and Sustainability*, 1, 995–1018.

44. Commission of the European Communities. (2003). *Integrated Product Policy: Building on Environmental Life-Cycle Thinking: Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*. Office for Official Publications of the European Communities: Brussels, Belgium, p. 30.
45. Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., and Jaca, C. (2018). Circular economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185, 157–167.
46. Ruiz Puente, M.C., Arozamena, E.R., and Evans, S. (2015). Industrial symbiosis opportunities for small and medium sized enterprises: Preliminary study in the Besaya region (Cantabria, Northern Spain). *Journal of Cleaner Production*, 87, 357–374.
47. O’Hare, J.A., Mcalooone, T.C., Pigosso, D.C.A., and Howard, T.J. (2017). *UNEP Eco-i Manual: Eco-Innovation Implementation Process*. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.
48. Klewitz, J. and Hansen, E.G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 57–75.
49. Ruiz Puente, M.C., Arozamena, E.R., and Evans, S. (2015). Industrial symbiosis opportunities for small and medium-sized enterprises: Preliminary study in the Besaya region (Cantabria, Northern Spain). *Journal of Cleaner Production*, 87, 357-374.
50. Klewitz, J. and Hansen, E.G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 57-75.
51. de Jesus Pacheco, D.A., ten Caten, C.S., Jung, C.F., Ribeiro, J.L.D., Navas, H.V.G., and Cruz-Machado, V.A. (2017). Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs: Systematic review and research directions. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2277-2287.
52. Jacobsen, N.B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 239-255.
53. Clark, G. (2007). Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme’s (UNEP) supporting activities. *Journal of Cleaner Production*, 15, 492-498.
54. Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment. (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for Competitive Europe*. Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK.
55. Blomsma, F. and Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 603-614.
56. Cecelja, F., Raafat, T., Trokanas, N., Innes, S., Smith, M., Yang, A., Zorogios, Y., Korkofygias, A., and Kokossis, A. (2015). E-symbiosis: Technology-enabled support for industrial symbiosis targeting small and medium enterprises and innovation. *Journal of Cleaner Production*, 98, 336-352.
57. Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., and Jaca, C. (2018). Circular economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185, 157-167.
58. Golev, A., Corder, G.D., and Giurco, D.P. (2015). Barriers to industrial symbiosis: Insights from the use of a maturity grid. *Journal of Industrial Ecology*, 19, 141-153.
59. Fernández-Viñé, M.B., Gómez-Navarro, T., and Capuz-Rizo, S.F. (2013). Assessment of the public administration tools for the improvement of the eco-efficiency of small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 47, 265-273.
60. Herczeg, G., Akkerman, R., and Hauschild, M.Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1058-1067.
61. Valentine, S.V. (2016). Kalundborg symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks. *Journal of Cleaner Production*, 118, 65-77.
62. Nulkar, G. (2014). SMEs and environmental performance—A framework for green business strategies. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 133, 130-140.
63. Lombardi, D.R. and Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16, 28-37.

64. Park, M.S., Bleischwitz, R., Han, K.J., Jang, E.K., and Joo, J.H. (2017). Eco-innovation indices as tools for measuring eco-innovation. *Sustainability*, 9, 2206.
65. Ren, J., Liang, H., Dong, L., Sun, L., and Gao, Z. (2016). Design for sustainability of industrial symbiosis based on energy and multi-objective particle swarm optimization. *Science of the Total Environment*, 562, 789-801.
66. Cimren, E., Fiksel, J., Posner, M.E., and Sikdar, K. (2011). Material flow optimization in by-product synergy networks. *Journal of Industrial Ecology*, 15, 315-332.
67. Tan, R.R., Andiappan, V., Wan, Y.K., Ng, R.T.L., and Ng, D.K.S. (2016). An optimization-based cooperative game approach for systematic allocation of costs and benefits in interplant process integration. *Chemical Engineering Research and Design*, 106, 43-58.
68. Deutz, P. and Ioppolo, G. (2015). From theory to practice: Enhancing the potential policy impact of industrial ecology. *Sustainability*, 7, 2259-2273.
69. Lehtoranta, S., Nissinen, A., Mattila, T., and Melanen, M. (2011). Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. *Journal of Cleaner Production*.
70. Merli, R., Preziosi, M., and Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703-722.
71. Lombardi, R. (2017). Non-technical barriers to (and drivers for) the circular economy through industrial symbiosis: A practical input. *Economic Policy Energy Environment*, 2017, 171-189.
72. Kneese, A. and Sweeney, J. (1985). *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, Vol. 1. New York: Elsevier.
73. Piore, M. and Sabel, C. (1984). *The Second Industrial Divide*. New York: Basic Books.
74. Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483-499.
75. Porter, M. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, Nov-Dec, 77-90.
76. Pearce, D.W. (ed.) (1992). *IT Dictionary of Modern Economics*. Cambridge, MA: MIT Press. 4th ed.
77. Kassinis, G.I. (1997). *Industrial reorganization and inter-firm networking in search of environmental co-location economies*. PhD dissertation. Princeton University, Princeton, NJ.
78. Peddle, M.T. (1993). Planned industrial and commercial developments in the United States: a review of the history, literature, and empirical evidence regarding industrial parks and research parks. *Economic Development Quarterly*, 7(1), 107-124.
79. UN Environment Programme Industrial Environment. (1997). *The Environmental Management of Industrial Estates*. Paris, France: Hermione.
80. Frosch, R.A. and Gallopoulos, N.E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 266, 144-152.
81. Ayres, R. (1989). Industrial metabolism. In J.H. Ausubel & H.E. Sladovich (Eds.), *Technology and the Environment* (pp. 23-49). Washington, DC: National Academy Press.
82. Lifset, R. (1997). A metaphor, a field, and a journal. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 1-3.
83. Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), 1-10.
84. Wallner, H. and Narodslawsky, M. (1996). Evolution of regional socio-economic systems toward "islands of sustainability." *Journal of Environmental Systems*, 24(3), 221-240.
85. Schwarz, E. and Steininger, K. (1995). The industrial recycling-network enhancing regional development. Research Memo. No. 9501, April. Graz, Austria: Dept. of Economics, University of Graz.



86. Korhonen, J., Wihersaari, M., and Savolainen, I. (1999). Industrial ecology of a regional energy supply system: the case of Jyväskylä region. *Journal of Greener Management International*, 26, 57-67.
87. Carr, A.J.P. (1998). Choctaw Eco-Industrial Park: an ecological approach to industrial land-use planning and design. *Landscape and Urban Planning*, 42, 239-257.
88. Boyle, C.A. and Baetz, B.W. (1997). A prototype knowledge-based decision support system for industrial waste management: II. Application to a Trinidadian industrial estate case study. *Waste Management*, 17(7), 411-428.
89. Keckler, S.E. and Allen, D.T. (1999). Material reuse modeling: a case study of water reuse in an industrial park. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 79-92.
90. Cote, R., Ellison, R., Grant, J., Hall, J., Klynsta, P. et al. (1994). *Designing and Operating Industrial Parks as Ecosystems*. Report. Project "The Industrial Park as an Ecosystem," Dalhousie University, School of Resource and Environmental Studies, Halifax, Nova Scotia.
91. Lowe, E.A., Moran, S.R., and Holmes, D.B. (1995). *Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks*. Draft Report. Oakland, CA: Indigo Development Co.
92. Business Council for Sustainable Development, Gulf of Mexico. (1997). *By-Product Synergy: A Strategy for Sustainable Development—A Primer*. Austin, Texas: Business Council for Sustainable Development, Gulf of Mexico.
93. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. (2016). Decreto 13 ottobre 2016, n. 264 - regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualificazione dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti.
94. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. (2017). Circolare esplicativa del 30 maggio 2017, n. 7619 per l'applicazione del Decreto ministeriale 13 ottobre 2016, n. 264.
95. Ajwani-Ramchandani, R., Figueira, S., Torres de Oliveira, R., and Jha, S. (2021). Enhancing the circular and modified linear economy: The importance of blockchain for developing economies. *Resources Conservation and Recycling*, 168, 105468.
96. Frig, M. & Sorsa, V.P. (2020). Nation branding as sustainability governance: A case comparative case analysis. *Business & Society*, 59, 1153–1180.
97. Goyal, S., Chauhan, S., & Mishra, P. (2021). Circular economy research: A bibliometric analysis (2000–2019) and future research insights. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125011.
98. Ajwani-Ramchandani, R., Figueira, S., Torres de Oliveira, R., & Jha, S. (2021). Enhancing the circular and modified linear economy: The importance of blockchain for developing economies. *Resources Conservation & Recycling*, 168, 105468.
99. Södergren, K. & Palm, J. (2021). The role of local governments in overcoming barriers to industrial symbiosis. *Clean Environment Systems*, 2, 100014.
100. Lim, M.K., Lai, M., Wang, C., & Lee, S.Y. (2022). Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 130–144.
101. Karuppiyah, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S.M., Jabbour, C.J.C., & Bhalaji, R.K.A. (2021). Inhibitors to circular economy practices in the leather industry using an integrated approach: Implications for sustainable development goals in emerging economies. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1554–1568.
102. Foong, S.Z.Y. & Ng, D.K.S. (2021). Simultaneous design and integration of multiple processes for eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126797.
103. Herczeg, G., Akkerman, R., & Hauschild, M.Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1058–1067.

104. De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczyńska, K., Limosani, M., & Ioppolo, G. (2021). A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124942.
105. Chiu, A.S.F. & Yong, G. (2004). On the industrial ecology potential in Asian developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 12, 1037–1045.
106. The Balance. (n.d.). MSCI Index and What It Measures. Available online: [URL].
107. Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D., & Roman, L. (2019). Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe: typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resources Conservation & Recycling*, 141, 76–98.
108. Chourou, L., Grira, J., & Saadi, S. (2021). Does empathy matter in corporate social responsibility? Evidence from emerging markets. *Emerging Markets Review*, 46, 100776.
109. Earley, K. (2015). Industrial symbiosis: Harnessing waste energy and materials for mutual benefit. *Renewable Energy Focus*, 16, 75–77.
110. Neves, A., Godina, R., Azevedo, S.G., & Matias, J.C.O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113.
111. Chertow, M.R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment*, 25, 313–337.
112. Simboli, A., Taddeo, R., Morgante, A., & Erkman, S. (2015). The potential of Industrial Ecology in agri-food clusters (AFCs): A case study based on valorisation of auxiliary materials. *Ecological Economics*, 111, 65–75.
113. Taddeo, R., Simboli, A., Morgante, A., & Erkman, S. (2017). The Development of Industrial Symbiosis in Existing Contexts. Experiences from Three Italian Clusters. *Ecological Economics*, 139, 55–67.
114. Vahidzadeh, R., Bertanza, G., Scaffoni, S., & Vaccari, M. (2021). Regional industrial symbiosis: A review based on social network analysis. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124054.
115. Ashraf, B.N., Qian, N., & Shen, Y. (2021). The impact of trade and financial openness on bank loan pricing: Evidence from emerging economies. *Emerging Markets Review*, 47, 100793.
116. The Balance. (n.d.). MSCI Index and What It Measures. [Online] Available at: <https://www.thebalance.com/msci-index-what-is-it-and-what-does-it-measure-3305948>
117. The World Bank. (n.d.). World Bank Country and Lending Groups. [Online] Available at: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>
118. CFI. (n.d.). Emerging Markets. Corporate Finance Institute. [Online] Available at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/emerging-markets/>
119. Erdoğan, S., Gedikli, A., & Çevik, E.İ. (2020). Volatility spillover effects between Islamic stock markets and exchange rates: Evidence from three emerging countries. *Borsa Istanbul Review*, 20, 322–333.
120. MSCI. (2021). MSCI Global Market Accessibility Review. MSCI: New York, NY, USA.
121. Santa-Maria, T., Vermeulen, W.J.V., & Baumgartner, R.J. (2021). Framing and assessing the emergent field of business model innovation for the circular economy: A combined literature review and multiple case study approach. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 872–891.
122. Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2018). Sustainable business model innovation: A review. *Journal of Cleaner Production*, 198, 401–416.
123. Cuentas, S., Peñabaena-Niebles, R., & Garcia, E. (2017). Support vector machine in statistical process monitoring: A methodological and analytical review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91, 485–500.
124. Mileva-Boshkoska, B., Rončević, B., & Uršič, E.D. (2018). Modeling and evaluation of the possibilities of forming a regional industrial symbiosis networks. *Social Sciences*, 7, 13.

125. Guarnieri, P., Cerqueira-Streit, J.A., & Batista, L.C. (2020). Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. *Resources Conservation & Recycling*, 153, 104541.
126. Pereira, T., & Fernandino, G. (2019). Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 179, 104839.
127. Park, J., Duque-Hernández, J., & Díaz-Posada, N. (2018). Facilitating business collaborations for industrial symbiosis: The pilot experience of the sustainable industrial network program in Colombia. *Sustainability*, 10, 3637.
128. Singh, M.P., Chakraborty, A., & Roy, M. (2018). Developing an extended theory of planned behavior model to explore circular economy readiness in manufacturing MSMEs, India. *Resources Conservation & Recycling*, 135, 313–322.
129. Cheah, S.L.Y., Ho, Y.P., & Li, S. (2020). How the effect of opportunity discovery on innovation outcome differs between DIY laboratories and public research institutes: The role of industry turbulence and knowledge generation in the case of Singapore. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120250.
130. Wu, C.Y., Hu, M.C., & Ni, F.C. (2021). Supporting a circular economy: Insights from Taiwan's plastic waste sector and lessons for developing countries. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 228–238.
131. Huang, Y.F., Azevedo, S.G., Lin, T.J., Cheng, C.S. & Lin, C.T. (2021). Exploring the decisive barriers to achieve circular economy: Strategies for the textile innovation in Taiwan. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1406–1423.
132. United Nations. (2008). *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC), Rev. 4*. Department of Economic and Social Affairs: New York, NY, USA.
133. Wu, W., Sheng, L., Tang, F., Zhang, A. & Liu, J. (2021). A system dynamics model of green innovation and policy simulation with an application in Chinese manufacturing industry. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 987–1005.
134. Lu, C., Wang, S., Wang, K., Gao, Y. & Zhang, R. (2020). Uncovering the benefits of integrating industrial symbiosis and urban symbiosis targeting a resource-dependent city: A case study of Yongcheng, China. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120210.
135. Zhang, B., Du, Z. & Wang, Z. (2018). Carbon reduction from sustainable consumption of waste resources: An optimal model for collaboration in an industrial symbiotic network. *Journal of Cleaner Production*, 196, 821–828.
136. Baldwin, R. & Lopez-Gonzalez, J. (2015). Supply-chain Trade: A Portrait of Global Patterns and Several Testable Hypotheses. *World Economy*, 38, 1682–1721.
137. Sousa-Zomer, T.T., Magalhães, L., Zancul, E. & Cauchick-Miguel, P.A. (2018). Exploring the challenges for circular business implementation in manufacturing companies: An empirical investigation of a pay-per-use service provider. *Resources Conservation & Recycling*, 135, 3–13.
138. Vannozzi Brito, V. & Borelli, S. (2020). Urban food forestry and its role to increase food security: A Brazilian overview and its potentialities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126835.
139. Felicio, M., Amaral, D., Esposto, K. & Gabarrell Durany, X. (2016). Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. *Journal of Cleaner Production*, 118, 54–64.
140. Kerdlap, P., Low, J.S.C., Tan, D.Z.L. & Ramakrishna, S. (2020). M3-IS-LCA: A Methodology for Multi-level Life Cycle Environmental Performance Evaluation of Industrial Symbiosis Networks. *Resources Conservation & Recycling*, 161, 104963.
141. Khurana, S., Haleem, A., Luthra, S. & Mannan, B. (2021). Evaluating critical factors to implement sustainable oriented innovation practices: An analysis of micro, small, and medium manufacturing enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125377.
142. Bain, A., Ashton, W. & Shenoy, M. (2009). Resource reuse and recycling in an Indian industrial network: Efficiency and flexibility considerations. In *Proceedings of the 2009*

Second International Conference on Infrastructure Systems and Services: Developing 21st Century Infrastructure Networks (INFRA), Nagar, India, 9-11 December 2009, pp. 1–7.

143. Kim, H.W., Ohnishi, S., Fujii, M., Fujita, T. & Park, H.S. (2018). Evaluation and Allocation of Greenhouse Gas Reductions in Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 22, 275–287.
144. King, S., Lusher, D., Hopkins, J. & Simpson, G.W. (2020). Industrial symbiosis in Australia: The social relations of making contact in a matchmaking marketplace for SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122146.
145. Al-Saidi, M., Das, P. & Saadaoui, I. (2021). Circular Economy in Basic Supply: Framing the Approach for the Water and Food Sectors of the Gulf Cooperation Council Countries. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1273–1285.
146. Lawal, M., Wan Alwi, S.R., Manan, Z.A. & Ho, W.S. (2021). Industrial symbiosis tools—A review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124327.
147. Jato-Espino, D. & Ruiz-Puente, C. (2021). Bringing Facilitated Industrial Symbiosis and Game Theory Together to Strengthen Waste Exchange in Industrial Parks. *Science of The Total Environment*, 771, 145400.
148. Oliveira Pavan, M., Soares Ramos, D., Yones Soares, M. & Carvalho, M.M. (2021). Circular business models for bioelectricity: A value perspective for sugar-energy sector in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127615.
149. Chen, P.C. & Liu, K.H. (2021). Development of an interactive industrial symbiosis query system with structured industrial waste database in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126673.
150. Kerdlap, P., Low, J.S.C., Tan, D.Z.L., Yeo, Z. & Ramakrishna, S. (2020). M3-IS-LCA: A Methodology for Multi-level Life Cycle Environmental Performance Evaluation of Industrial Symbiosis Networks. *Resources Conservation & Recycling*, 161, 104963.
151. Momirski, L.A., Mušič, B. & Cotič, B. (2021). Urban strategies enabling industrial and urban symbiosis: The case of Slovenia. *Sustainability*, 13, 4616.
152. Misrol, M.A., Wan Alwi, S.R., Lim, J.S. & Manan, Z.A. (2021). An optimal resource recovery of biogas, water regeneration, and reuse network integrating domestic and industrial sources. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125372.
153. Chertow, M.R., Gordon, M., Hirsch, P. & Ramaswami, A. (2019). Industrial symbiosis potential and urban infrastructure capacity in Mysuru, India. *Environmental Research Letters*, 14, 75003.
154. Mahmood, D., Javaid, N., Ahmed, G., Khan, S. & Monteiro, V. (2021). A review on optimization strategies integrating renewable energy sources focusing uncertainty factor—Paving path to eco-friendly smart cities. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 30, 100559.
155. Yong, W.N., Liew, P.Y., Woon, K.S., Wan Alwi, S.R. & Klemeš, J.J. (2021). A pinch-based multi-energy targeting framework for combined chilling heating power microgrid of urban-industrial symbiosis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 150, 111482.
156. Ng, R.T.L., Hassim, M.H., Ng, D.K.S., Tan, R.R. & El-Halwagi, M.M. (2014). Multi-Objective Design of Industrial Symbiosis in Palm Oil Industry. *Computer Aided Chemical Engineering*, 34, 579–584.
157. Yin, C.Y. & Lee, L.Y. (2019). Teaching chemical engineering students' industrial symbiosis using online resources: A Singapore case study. *Education for Chemical Engineers*, 27, 28–34.
158. Cao, X., Wen, Z., Zhao, X., Wang, Y. & Zhang, H. (2020). Quantitative assessment of energy conservation and emission reduction effects of nationwide industrial symbiosis in China. *Science of The Total Environment*, 717, 137114.
159. Dong, L., Liang, H., Zhang, L., Liu, Z., Gao, Z. & Hu, M. (2017). Highlighting regional eco-industrial development: Life cycle benefits of an urban industrial symbiosis and implications in China. *Ecological Modelling*, 361, 164–176.

160. Yeşilkaya, M., Daş, G.S. & Türker, A.K. (2020). A multi-objective multi-period mathematical model for an industrial symbiosis network based on the forest products industry. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106883.
161. Ji, Y., Liu, Z., Wu, J., He, Y. & Xu, H. (2020). Which factors promote or inhibit enterprises' participation in industrial symbiosis? An analytical approach and a case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118600.
162. Mauthoor, S., Mohee, R., Kowlessar, P. & Musruck, R. (2015). An analysis of the wastes emanating from edible oil refineries in Mauritius: A SIDS perspective. *Waste Management*, 40, I–II.
163. Morales, E.M., Diemer, A., Cervantes, G. & Carrillo-González, G. (2019). “By-product synergy” changes in the industrial symbiosis dynamics at the Altamira-Tampico industrial corridor: 20 Years of industrial ecology in Mexico. *Resources Conservation & Recycling*, 140, 235–245.
164. Bacudio, L.R., Benjamin, M.F.D., Eusebio, R.C.P., Holaysan, S.A.K., Promentilla, M.A.B., Yu, K.D.S. & Aviso, K.B. (2016). Analyzing barriers to implementing industrial symbiosis networks using DEMATEL. *Sustainable Production and Consumption*, 7, 57–65.
165. Li, J., Pan, S.Y., Kim, H., Linn, J.H. & Chiang, P.C. (2015). Building green supply chains in eco-industrial parks towards a green economy: Barriers and strategies. *Journal of Environmental Management*, 162, 158–170.
166. Yazan, D.M. & Fraccascia, L. (2020). Sustainable operations of industrial symbiosis: An enterprise input-output model integrated by agent-based simulation. *International Journal of Production Research*, 58, 392–414.
167. Ceglia, D., de Abreu, M.C.S. & Da Silva Filho, J.C.L. (2017). Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. *Journal of Environmental Management*, 187, 375–383.
168. de Paiva Duarte, F. (2015). Barriers to Sustainability: An Exploratory Study on Perspectives from Brazilian Organizations. *Sustainable Development*, 23, 425–434.
169. Sellitto, M.A., Murakami, F.K., Butturi, M.A., Marinelli, S., Kadel, N. & Rimini, B. (2021). Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 443–454.
170. Yeo, Z. et al. (2019). Tools for promoting industrial symbiosis: A systematic review. *Journal of Industrial Ecology*, 23, 1087–1108.
171. Huang, L., Zhen, L. & Yin, L. (2020). Waste material recycling and exchanging decisions for industrial symbiosis network optimization. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124073.
172. Wu, B. et al. (2021). Environmental regulations and innovation for sustainability? Moderating effect of political connections. *Emerging Markets Review*, 50, 100835.
173. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P. & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
174. de Souza, F.F. et al. (2020). Temporal comparative analysis of industrial symbiosis in a business network: Opportunities of circular economy. *Sustainability*, 12, 1832.
175. Ji, Y. et al. (2020). Which factors promote or inhibit enterprises' participation in industrial symbiosis? An analytical approach and a case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118600.
176. Cao, X. et al. (2020). Quantitative assessment of energy conservation and emission reduction effects of nationwide industrial symbiosis in China. *Science of The Total Environment*, 717, 137114.
177. Dong, L. et al. (2017). Highlighting regional eco-industrial development: Life cycle benefits of an urban industrial symbiosis and implications in China. *Ecological Modelling*, 361, 164–176.
178. Relva, S.G. et al. (2021). Enhancing developing countries' transition to a low-carbon electricity sector. *Energy*, 220, 119659.

179. Browning, S., Beymer-Farris, B. & Seay, J.R. (2021). Addressing the challenges associated with plastic waste disposal and management in developing countries. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 32, 100682.
180. Negri, M., Cagno, E., Colicchia, C. & Sarkis, J. (2021). Integrating sustainability and resilience in the supply chain: A systematic literature review and a research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 30, 2858–2886.
181. Blackwell, W.L. (1994) *The Industrialization of Russia: A Historical Perspective*, 3rd ed. Harlan Davidson Inc.: Arlington Heights, USA.
182. Lenin, V.I. (1920) *Lenin's Collected Works*, 4th English ed. (printed 1965). Progress Publishers: Moscow, Vol. 31, p. 149.
183. Khrushchev, N. (1963) 'Address to the Central Committee of the Soviet Communist Party', *Pravda*, 10 December, p.2.
184. Efimov, A.N. & Zhukova, L.M. (1969) *Kontsentratsiya, Spetsializatsiya, Kooperirovaniye i Kombinirovaniye v Mashinostroenii*. Visshaia Shkola Publisher: Moscow (in Russian).
185. Davitaya, F. (1977) 'Changes in the atmosphere and some problems of its protection', in *Society and the Environment: A Soviet View*. Progress Publishers: Moscow, pp.99–110.
186. Granov (1980) 'The ideological struggle and ecological problems', *International Affairs, USSR Foreign Ministry*, December, Vol. 12, pp.87–95.
187. Turkebaev, E.A. & Sadikov, G.X. (1988) *Kompleksnoye Ispol'zovaniye Syr'ia i Otkhodov Prom'ishlennosti*. Kazakstan Publishers: Alma-Ata (in Russian).
188. KPCC (1986) *Record of the XXVII Meeting of the Communist Party of the Soviet Union*. Moscow (in Russian).
189. Oldfield, J.D. (2000) 'Structural economic change and the natural environment in the Russian federation', *Post-Communist Economies*, Vol. 12, No. 1, pp.77–90.
190. Zubanov, V.T. & Velichko, B.F. (1988) *Effekt Bezotkhodnoyi Tekhnologii*. Promin Publisher: Dnepropetrovsk (in Russian).
191. Vikulina, E. (1983) 'Specific wood quality in industrial plantations', *Tekhnika*, Vol. 11, pp.43–53 (in Russian).
192. Hewes, A.K. (2005) *The Role of Champions in Establishing Eco Industrial Parks*. PhD Dissertation, Antioch New England Graduate School: USA.
193. Dienes, L. & Shabad, T. (1979) *The Soviet Energy System: Resource Use and Policies*. V.H. Winston and Sons: Washington, DC.
194. McIntyre, R.J. & Thornton, J.R. (1978) 'Urban design and energy utilization: a comparative analysis of Soviet practice', *Journal of Comparative Economics*, Vol. 2, No. 4, pp.334–354.
195. Efimov, A.N. (1968) *Soviet Industry*. Progress Publishers: Moscow.
196. Goskompriroda (1989) *Sostoyanie Prirodnoi Sredy v SSSR v 1988 g.* VINITI: Moscow (in Russian).
197. Peterson, D.J. (1993) *Troubled Lands: The Legacy of Soviet Environmental Destruction*. Westview Press: Boulder.
198. Åhlander, A-M.S. (1994) *Environmental Problems in the Shortage Economy: The Legacy of Soviet Environmental Policy*. Edward Elgar Publishing Ltd: Hants, UK.
199. Desrochers, P. & Ikeda, S. (2003) 'On the failure of socialist economies to close the loop on industrial by-products: insights from the Austrian critique of planning', *Environmental Politics*, Vol. 12, No. 3, pp.102–122.
200. Efimov, A.N. (1968) *Soviet Industry*. Progress Publishers: Moscow, p.15.
201. Chertow, M.R. (2000) 'Industrial symbiosis: literature and taxonomy', *Annual Review of Energy and Environment*, Vol. 25, pp.313–337.
202. Hertwich, E.G. (Ed.) (2005) *Special issue on 'Consumption and industrial ecology'*, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 9, Nos. 1–2.

203. Herring, H. & Moezzi, M. (Eds.) (2004) Special issue on 'Energy efficiency towards more consumption or sufficiency?', *Energy and Environment*, Vol. 5, No. 6.
204. Huber, J. (2000) 'Towards industrial ecology: sustainable development as a concept of ecological modernization', *Journal of Environmental Policy and Planning*, Vol. 2, pp.269–285.
205. Azar, C., Holmberg, J. & Lindgren, K. (1996) 'Socio-economic indicators of sustainability', *Ecological Economics*, Vol. 18, No. 2, pp.89–112.
206. Gille, Z. (2000) 'Legacy of waste or wasted legacy? The end of industrial ecology in post-socialist Hungary', *Environmental Politics*, Vol. 9, No. 1, pp.203–231.
207. Baumgärtner, S., Dyckhoff, H., Faber, M., Proops, J. & Schiller, J. (2001) 'The concept of joint production and ecological economics', *Ecological Economics*, Vol. 36, No. 3, pp.365–372.
208. Thornton, J.A. (1978) 'Soviet methodology for the valuation of natural resources', *Journal of Comparative Economics*, Vol. 2, No. 4, pp.321–333.
209. Goldman, M.I. (1972) *The Spoils of Progress: Environmental Pollution in the Soviet Union*. MIT Press: Cambridge.
210. Turkebaev, E.A. & Sadikov, G.X. (1988) *Kompleksnoye Ispol'zovaniye Syr'ia i Otkhodov Prom'ishlennosti*. Kazakstan Publishers: Alma-Ata (in Russian).
211. Goskompriroda (1989) *Sostoyanie Prirodnoi Sredy v SSSR v 1988 g.* VINITI: Moscow (in Russian).
212. Azar, C., Holmberg, J. and Lindgren, K. (1996) 'Socio-economic indicators of sustainability', *Ecological Economics*, Vol. 18, No. 2, pp.89–112.
213. Baumgärtner, S., Dyckhoff, H., Faber, M., Proops, J. and Schiller, J. (2001) 'The concept of joint production and ecological economics', *Ecological Economics*, Vol. 36, No. 3, pp.365–372.
214. Central Intelligence Agency (CIA) (1989) 'Industrial pollution in the USSR: growing concerns but limited resources', *Intelligence Assessment*, Langley, Virginia: CIA Directorate of Intelligence.
215. Coyle, R. (1996) 'Managing environmental issues at large-scale industrial estates: problems and initiatives in central and Eastern Europe and the former Soviet Union', *UNEP Industry and Environment*, Vol. 19, No. 4, pp.45–47.
216. Desrochers, P. (2005) 'Learning from history or from nature or both?: recycling networks and their metaphors in early industrialisation', *Progress in International Ecology*, Vol. 2, No. 1, pp.19–34.
217. Dienes, L. and Shabad, T. (1979) *The Soviet Energy System: Resource Use and Policies*, Washington, DC: V.H. Winston and Sons.
218. Ekins, P. (1996) 'Towards an economics for environmental sustainability', in R. Costanza, O. Segura and J. Martinez-Alier (Eds.) *Getting Down to Earth: Practical Applications of Ecological Economics*, Washington, DC: Island Press.
219. Erkman, S. (1997) 'Industrial ecology: an historic view', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 5, Nos. 1–2, pp.1–10.
220. Erkman, S. (2002) 'The recent history of industrial ecology', in R.U. Ayres and L.W. Ayres (Eds.) *A Handbook of Industrial Ecology*, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Ltd.
221. Goldman, M.I. (1972) *The Spoils of Progress: Environmental Pollution in the Soviet Union*, Cambridge: MIT Press.
222. Graedel, T.E. and Allenby, B.R. (2003) *Industrial Ecology*, 2nd ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
223. Granov (1980) 'The ideological struggle and ecological problems', *International Affairs, USSR Foreign Ministry*, December, Vol. 12, pp.87–95.

224. Pigosso, Daniela C. A., Andreas Schmiegelow, and Maj Munch Andersen. 2018. "Measuring the Readiness of SMEs for Eco-Innovation and Industrial Symbiosis: Development of a Screening Tool" *Sustainability* 10, no. 8: 2861. <https://doi.org/10.3390/su10082861>
225. Mont, O., Plepys, A. and Durkin, M. (1999) 'Transferring cleaner production to Eastern Europe: experiences from Cleaner Production Training Programme in Roslavl, Russia, 1998', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 7, pp.307–311.
226. Thornton, J.A. (1978) 'Soviet methodology for the valuation of natural resources', *Journal of Comparative Economics*, Vol. 2, No. 4, pp.321–333.
227. Vikulina, E. (1983) 'Specific wood quality in industrial plantations', *Teknika (Technology)*, (in Russian), Vol. 11, pp.43–53.
228. Zubanov, V.T. and Velichko, B.F. (1988) *Effekt Bezotkhodnoyi Tekhnologii (Effect of Waste-Free Technology)*, Dnepropetrovsk: Promin Publisher (in Russian).
229. Yazıcı, E., Alakaş, H.M. & Eren, T. (2022) Analysis of operations research methods for decision problems in the industrial symbiosis: a literature review. *Environ Sci Pollut Res* 29, 70658–70673 . <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22507-w>
230. Tiziana Beltrani, Marco La Monica (2020) Il ruolo della simbiosi industriale per la prevenzione della produzione di rifiuti: a che punto siamo? The role of industrial symbiosis for waste prevention: where are we at?;
231. Cecchin, A., Salomone, R., Deutz, P. et al. (2021) What Is in a Name? The Rising Star of the Circular Economy as a Resource-Related Concept for Sustainable Development. *Circ.Econ.Sust.*, 1, 83–97. URL: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00021-4>
232. Chertow, M.R. (2007) "Uncovering" Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11: 11-30. URL: <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
233. Holgado, María, Dai, Morgan & Evans, Steve. (2016) Exploring the scope of Industrial Symbiosis: implications for practitioners.
234. Nikolaou, I.E., Jones, N. & Stefanakis, A. (2021) Circular Economy and Sustainability: the Past, the Present and the Future Directions. *Circ.Econ.Sust.*, 1, 1–20. URL: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00030-3>
235. Lütje, Anna, and Volker Wohlgemuth. (2020) Requirements Engineering for an Industrial Symbiosis Tool for Industrial Parks Covering System Analysis, Transformation Simulation and Goal Setting. *Administrative Sciences*, 10, no. 1: 10. URL: <https://doi.org/10.3390/admsci10010010>
236. Avdiushchenko, Anna. (2018) Toward a Circular Economy Regional Monitoring Framework for European Regions: Conceptual Approach. *Sustainability*, 10, no. 12: 4398. URL: <https://doi.org/10.3390/su10124398>
237. Yıldız, Ö. & Kaygın, B. (2022). TR 81 Düzey 2 Bölgesi Orman Ürünleri Sanayinin Endüstriyel Simbiyoz Potansiyeli ve Endüstriyel Aktörlerin Altyapı Kapasite Uygunluğu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24 (3), 488-503. URL: <https://doi.org/10.24011/barofd.1159541>



## Sitografia

1. <https://ageei.eu/la-ue-punta-a-rendere-eco-il-settore-tessile-e-ledilizia-stop-allusa-e-getta/>
2. [https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2021/atti\\_sun\\_2020.pdf](https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2021/atti_sun_2020.pdf)
3. <https://it.linkedin.com/pulse/condizioni-e-criteri-per-gestire-un-residuo-di-come-paolo-pipere>
4. <http://www.ineuropanews.com/2019/12/nuovo-green-deal-europeo-la-roadmap-verso-la-neutralita-climatica-entro-il-2050/>
5. Industrial Symbiosis in the Baltic Sea Region: Current Practices and Guidelines for New Initiatives (<https://nordregio.org/11-steps-to-implement-industrial-symbiosis/>)
6. CFI. Emerging Markets. Corporate Finance Institute. Available online: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/emerging-markets/>