Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Marzo 2022

La Supply Chain ai tempi del Covid-19

Due anni dopo il primo impatto

Relatore:
Prof. Carlo Rafele

Candidato:
Flavio Berardi

INDICE

INTRODUZIONE 4

1. SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT 6

1.1 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT 6

1.1.1 Introduzione al SCM 6

1.1.2 Industria 4.0 13

1.1.3 Dimensioni del mercato 17

1.2 SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT 20

1.2.1 Introduzione al SCRM 21

1.2.2 Analisi del Rischio 23

1.2.3 Risposta al Rischio 26

1.3 SUPPLY CHAIN DISRUPTION 29

2. LA SUPPLY CHAIN AI TEMPI DEL COVID 37

2.1 IL COVID-19: LA PANDEMIA 37

2.2 L'IMPATTO SULL'ECONOMIA 42

2.2.1 Impatto sui PIL mondiali 42

2.2.2 Problemi di liquidità 48

2.2.3 Impatto sulle imprese italiane 50

2.3 SHOCK della DOMANDA e dell'OFFERTA 56

2.3.1 La domanda 59

2.3.2 Shock della domanda 60

2.3.3 Shock dell'offerta 62

2.4 EFFETTO BULLWHIP 65

2.4.1 cos'è il Bullwhip Effect 65

2.4.2 Mitigare l'effetto bullwhip (prima della pandemia) 67

2.4.3 Mitigare l'effetto bullwhip (dovuto alla pandemia) 71

3. COSTRUIRE LA RESILIENZA 76

3.1 LA RESILIENZA 76

3.2 SUSTAINABILITY 82

3.3 LA DIGITALIZZAZIONE 84

3.3.1 Tecnologie 4.0 91

3.3.2 Costruzione della resilienza per mezzo di I4.0 97

3.3.3 Il caso del settore automobilistico 101

3.3.4 Approfondimento: intelligenza artificiale 104

3.3.5 Approfondimento: la blockchain 110

3.4 LA DIVERSIFICAZIONE 116

3.5 IL RESHORING 120

4. CASO DI STUDIO 126

4.1 METAL SUPPLY CHAIN DISRUPTION 127

4.2 SCENARI FUTURI 129

4.3 COSTRUIRE LA RESILIENZA 132

4.3.1 Uso circolare delle risorse, prodotti sostenibili e innovazione 133

4.3.2 Approvvigionamenti diversificati 135

4.3.3 Abilitazione tecnologica 136

4.4 IL MERCATO DEI VEICOLI ELETTRICI 138

4.5 L'IMPATTO DEL COVID-19 SU EV E SCENARI FUTURI 144

CONCLUSIONI 151

BIBLIOGRAFIA 156

RINGRAZIAMENTI 166

INTRODUZIONE

L'inizio del 2020 ha visto l'arrivo di un evento inaspettato quanto terribile, la pandemia di Covid-19. Gli impatti hanno spaziato in tutti i settori, dall'ambito medico, con milioni di contagi, malati e purtroppo morti, a quello sociale, portando, per esempio, alla limitazione degli spostamenti. Dal punto di vista economico, le chiusure forzate delle attività lavorative, e le distorsioni della domanda hanno portato all'immediata interruzione generale delle supply chain internazionali, con poche eccezioni.

Scoprire ed analizzare gli impatti e le conseguenze che il virus ha avuto e avrà sulle supply chain globali moderne risulta fondamentale per comprenderle appieno; mentre provare a proporre una soluzione per i numerosi problemi emersi durante questi anni risulta molto attuale quanto un buon esercizio per eventuali scenari futuri che andranno a sconvolgere l'equilibrio dei mercati. In molti casi l'impatto del Covid-19 e le sue conseguenze possono essere viste come opportunità; infatti, la pandemia ha solo anticipato dei problemi che in ogni caso sarebbero emersi, più o meno tardi nel tempo. Questa tesi, si offre innanzitutto di proporre i principali metodi per costruire delle catene di approvvigionamento resilienti e sostenibili, sia per mitigare l'impatto del Covid-19, che dopo due anni non è stato ancora totalmente assorbito dalla maggior parte delle aziende, sia per fronteggiare eventuali criticità future, come interruzioni con urto simile alla pandemia da Covid-19. A tale scopo, attraverso un'elaborazione della letteratura esistente, nel primo capitolo è presentato il ruolo del supply chain management e del supply chain risk management. Questi sono sì concetti introduttivi ma anche la prima arma che un manager ha per rendere una supply chain resiliente.

Poi nel secondo capitolo si approfondiscono gli effetti a breve e lungo termine della pandemia: lo shock della domanda e dell'offerta ed il conseguente effetto bullwhip. Nel capitolo tre si presentano alcuni dei temi ritenuti fondamentali per la costruzione della resilienza in una catena logistica ovvero l'introduzione delle tecnologie dell'industria 4.0, con particolari approfondimenti sull'intelligenza artificiale e la blockchain, il ruolo della diversificazione e del reshoring. Il capitolo conclusivo prevede un caso di studio ovvero un approfondimento sulla supply chain dei metalli, con enfasi sull'impatto della pandemia sulla catena di approvvigionamento dei veicoli elettrici.

I risultati di quest' ampia panoramica confermano che la resilienza della catena di approvvigionamento gioca un ruolo fondamentale per le supply chain moderne, che diventano ogni giorno sempre più complesse e quindi sempre più a rischio di interruzioni, sia su piccola che su larga scala.

CAPITOLO 1

SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT

1.1 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Di seguito verranno introdotti i concetti fondamentali riguardo al supply chain management, presentando la storia e le diverse definizioni attribuite dagli studiosi nel corso degli ultimi decenni. È anche presentato il ruolo delle catene di approvvigionamento globali, approfondendone le attività e il loro rapporto con le tecnologie, in particolare dopo la quarta rivoluzione industriale. Infine, sono anche proposti dati e grafici riguardo alle dimensioni del mercato, strumenti utili a far emergere la centralità di questo fenomeno nell'economia globale, sempre più globalizzata e con catene di approvvigionamento sempre più dilatate e difficili da gestire.

1.1.1 INTRODUZIONE AL SCM

La **supply chain**, o catena di approvvigionamento, argomento chiave di questa tesi, è l'insieme di processi che permette ad un prodotto o servizio di essere trasferito dal fornitore al cliente finale (Saad Zighan, 2021).
Il primo campo nella storia in cui si fa uso della logistica è quello militare, il cui scopo era quello di assicurare i rifornimenti di viveri, armi e foraggio per gli animali; Ai tempi di Alessandro Magno, per esempio, per pianificare la campagna di conquista della Persia, erano stati coinvolti i migliori esperti di logistica per raccogliere informazioni sul terreno (attraversamenti fluviali, passi montani), sulle distanze e i relativi tempi di spostamento. Era anche nominato un ufficiale superiore dedicato al treno dei bagagli, responsabile del benessere degli animali da soma e del flusso dei rifornimenti. Anche **so**tto Gaio Giulio Cesare è appositamente creata la figura del "logista", responsabile degli approvvigionamenti, che appartiene alla cerchia degli ufficiali delle legioni romane (Easylogistic, 2015); si rivolgeva ad assicurare che truppe, viveri e soldati si spostassero in totale efficienza e semplicità e che si occupava della cura dei feriti sul

campo di battaglia e dell'ospedalizzazione del personale invalido. Tuttavia, il concetto di Logistica, fino ad un centinaio di anni fa era molto poco sviluppato al di fuori del mondo dell'arte militare.

A partire dai primi decenni del Novecento, grazie al progresso tecnico dei mezzi di trasporto (basti pensare al potenziamento dei sistemi di trasporto navale, aereo, ferroviario e su strada) e di comunicazione, è stato possibile iniziare ad eliminare gradualmente gli ostacoli posti al commercio internazionale. Questo processo, detto globalizzazione, ha fatto sì che si riducessero i tempi (di qualsiasi spostamento all'interno del Pianeta) e quindi avvicinato i luoghi, interessando l'economia, la cultura, il rapporto con l'ambiente naturale e lo stile di vita. Il primo impatto di questo fenomeno è stato l'**internalizzazione dei mercati** di beni, di servizi e finanziari; Con il tempo le grandi aziende hanno iniziato a delocalizzare la produzione in Paesi dove la manodopera e la tassazione hanno un costo minore, oppure ad appoggiarsi interamente a rifornimenti di materie prime provenienti da mercati esteri come Cina o Sudamerica. Al giorno d'oggi sul mercato sono presenti miliardi di prodotti, provenienti da svariati mercati, o composti grazie a materie prime arrivate da altri continenti, spesso in concorrenza tra di loro per quanto riguarda prezzi e qualità. Ed è a questo punto che entra in gioco il supply chain management.

Nel 1982, due studiosi, Oliver e Webber, coniarono il termine "Supply Chain" e lo definirono come una tecnica di riduzione delle scorte in aziende facenti parte la stessa filiera. Il termine supply chain management si utilizzava per parlare della gestione del magazzino e delle scorte all'interno di una catena di approvvigionamento (Saad Zighan, 2021). In seguito, furono coniate altre definizioni:

- Stevens (1989) "L'obiettivo della gestione della catena di approvvigionamento è quello di sincronizzare le esigenze del cliente con il flusso di materiali dai fornitori per realizzare un equilibrio tra quelli che sono spesso visti come obiettivi contrastanti di un alto servizio al cliente, una bassa gestione delle scorte e un basso costo unitario" (Saad Zighan).

- Ellram (1991) "Una rete di aziende che interagiscono per fornire prodotti o servizi al cliente finale, collegando i flussi dalla fornitura di materie prime alla consegna finale" (Saad Zighan).

- Berry*et* (1994) “La gestione della catena di approvvigionamento mira a costruire la fiducia, lo scambio di informazioni sui bisogni del mercato, lo sviluppo di nuovi prodotti e la riduzione della base di fornitori a un particolare produttore di apparecchiature originali per liberare risorse di gestione per lo sviluppo di relazioni significative e a lungo termine" (Saad Zighan).

- La Londe e Masters (1994) "SCM comporta che due o più aziende in una catena di approvvigionamento entrino in un accordo a lungo termine; sviluppando fiducia e impegno nella relazione; integrando le attività logistiche che coinvolgono la condivisione della domanda e dei dati di vendita (Saad Zighan).

- Mentzer*et* (2001) “…il coordinamento sistematico e strategico delle funzioni aziendali tradizionali e delle tattiche tra queste funzioni aziendali all'interno di una particolare azienda e tra le aziende della catena di approvvigionamento, per migliorare le prestazioni a lungo termine delle singole aziende e della catena di approvvigionamento nel suo complesso" (Saad Zighan).

- Christopher (2005) "...rete di organizzazioni che sono coinvolte, attraverso collegamenti a monte e a valle, nei diversi processi e attività che producono valore sotto forma di prodotti e servizi nelle mani del cliente finale" (Saad Zighan).

- Ellram e Murfield (2019) "La gestione della catena di approvvigionamento comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nel sourcing e nell'approvvigionamento, la conversione e tutte le attività di gestione logistica (Saad Zighan).

Inizialmente, infatti, il supply chain management guardava più al funzionamento interno dell'azienda che agiva sul mercato come una entità a sé stante, senza collegamenti sostanziali con le altre aziende. Oggi invece, grazie anche alla diffusione capillare di internet, e altri mezzi informatici, si può agire in interconnessione con tutte le aziende che entrano nel processo di distribuzione e di logistica, per arrivare a realizzare un prodotto finale diretto al cliente.

Un'altra definizione fu coniata da Mentzer nel 2001: "il Supply Chain Management può essere definito come un coordinamento sistematico delle tradizionali funzioni aziendali e delle tattiche, all'interno di ogni organizzazione e lungo la catena di distribuzione, che ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni di lungo periodo dei diversi attori che operano lungo la supply chain" (Saad Zighan). Per Mentzer, la catena di distribuzione è l'insieme di tre o più soggetti direttamente coinvolti – a monte o a valle – nel flusso di beni, servizi, denaro, informazioni, partendo dalla materia prima fino ad arrivare al cliente finale.

Infine, nel 2007 "The Council of SCM Professionals" ha definito che il Supply Chain Management "comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche (Council Of Supply Chain Management Professionals, 2007). Include, inoltre, la coordinazione, l'integrazione e la collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, distributori e clienti, come mostrato in Figura 1. In poche parole, il SCM integra e coordina la supply chain e la gestione dei rapporti tra i vari attori della supply chain stessa".

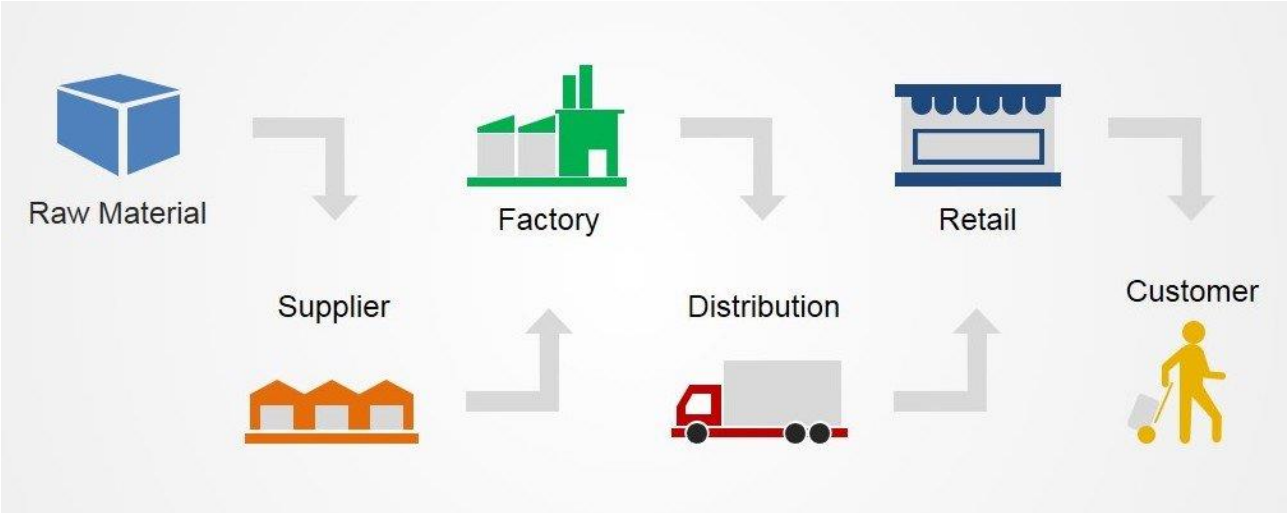

Figura 1: Esempio dei vari livelli di una supply chain

Come mostrato in Figura 2 nei mercati moderni e globalizzati la supply chain management coinvolge più figure professionali attivando numerosi processi dell'ecosistema-impresa: pianificazione, esecuzione e controllo a partire dal flusso di materie prime legato ai processi di produzione, fino alla logistica distributiva che provvede a far arrivare il bene acquistato al cliente. Essa può anche fare riferimento agli aspetti più manageriali della catena di distribuzione, con cui ci si riferisce alle attività di coordinamento (di informazioni, di prodotto e di aspetti finanziari) o di procurement che servono ad ottimizzare i singoli livelli della catena di approvvigionamento. Le catene di approvvigionamento diventano ogni giorno più complesse in termini di velocità, flessibilità, precisione ed efficienza richieste.

Figura 2: I vari processi della Supply Chain

È bene sottolineare che c'è differenza tra parlare di supply chain e logistica (Rafele C., 2021); in generale potremmo dire che prima si riferisce al flusso completo che un prodotto attraversa dalla fase di produzione fino alla sua vendita, compreso il coordinamento tra diverse entità come fornitori, intermediari, clienti e aziende terze (per esempio di trasporti). La logistica, invece, è parte della catena di approvvigionamento ed è l'insieme di attività organizzative e strategiche che un'impresa mette in atto per gestire i flussi di materiali, lo stoccaggio delle materie prime e la distribuzione dei propri prodotti (Rafele C.). Si può quindi affermare che la logistica si occupa di fornire il prodotto giusto, al momento giusto e nel posto giusto nel rispetto degli accordi presi con il cliente (qualità, costi e così via). Per esempio, la logistica di un piccolo negozio di arredamento si focalizzerebbe sulle operazioni di acquisto dei mobili, di stoccaggio in magazzino e di preparazione per la consegna finale. Il responsabile della logistica del negozio progetterà i percorsi delle flotte tenendo conto delle attività di assemblaggio al momento della consegna al cliente finale. La supply chain del settore arredamento, al contrario, non è circoscritta alle attività operative di movimentazione e stoccaggio, ma abbraccia tutte le fasi che confluiscono alla fine nella vendita di una sedia: dall'approvvigionamento del legno,

passando alla sua trasformazione nella fabbrica di mobili, fino all'assemblaggio finale e alla successiva distribuzione verso i punti vendita (step che anticipa il trasporto finale fino al domicilio del cliente).

Nello specifico le attività della logistica possono essere definite come:

- **Marketing**: raccolta di informazioni sia interne (produttività, budget) che esterne (rischi, mercato, clienti) all'azienda per formulare obiettivi e implementare strategie operative.
- **Rapporto con i fornitori**: ottimizzazione dei processi di acquisto attraverso la valutazione di più variabili come le tipologie di prodotti, la reperibilità, deperibilità, la logistica nel trasporto, la continuità della fornitura e la contrattualistica, che culmina con l'offerta al fornitore.
- **Approvvigionamenti**: le attività svolte per assicurare la regolare disponibilità (nei tempi, nelle quantità, nelle qualità e nei luoghi) dei beni e dei servizi necessari per lo svolgimento delle funzioni dell'impresa.
- **Gestione e stoccaggio**: la fase che prevede l'immagazzinamento e la movimentazione sia di materie prime, di semilavorati che di prodotti finiti. Oltre al controllo periodico dell'inventario comprende anche i relativi controlli di qualità e quantità in entrata, di etichettatura, picking e packaging in uscita.
- **Produzione**: la gestione della produzione è il processo decisionale attraverso il quale sono organizzate le risorse produttive. Comprende le fasi di pianificazione, programmazione, controllo.
- **Gestione ordini clienti**: fase in cui ci si occupa degli ordini dei clienti dove l'obiettivo è la minimizzazione dei tempi d'evasione mantenendo alta l'accuratezza delle giacenze, della merce destinata ai clienti e dei relativi documenti (documenti di trasporto e fatturazione)
- **Gestione delle consegne**: la fase che prevede di assicurare la consegna della merce (nei tempi, nelle quantità, nelle qualità e nei luoghi) al cliente o ad un'azienda terza che si occuperà del trasporto; può anche essere gestita attraverso drop-point; eventuale gestione burocratica delle dogane (paesi extra EU)

- **Logistica di ritorno**: la fase che prevede la gestione e valutazione dei resi che tornano indietro dai clienti, la loro eventuale riparazione e sostituzione (reverse logistic).

Tutti i processi logistici sopracitati sono tutte svolti per garantire la capacità di soddisfare sette condizioni:

- The right product
- In the right quantity
- At the right moment
- In the right conditions
- In the right place
- For the right client
- At the lowest cost

Quest'ultima condizione rappresenta l'obiettivo di efficienza, mentre le precedenti l'obiettivo di efficacia della gestione logistica.
Si può dire che supply chain e logistica sono oggi più che mai elementi interdipendenti i cui obiettivi e risultati incidono direttamente sulla redditività dell'azienda e ruotano attorno al cliente, fulcro di tutto il sistema di distribuzione, che si avvale anche di specifiche consulenze di personale esperto nel settore per avere il massimo con il minimo impiego di risorse.

1.1.2 INDUSTRIA 4.0

Un fattore che ha recentemente iniziato ad influenzare e influenzerà ampiamente la Supply Chain per i prossimi anni è la cosiddetta quarta rivoluzione industriale. Con essa si intende la crescente compenetrazione tra mondo fisico, digitale e biologico. È una somma dei progressi in intelligenza artificiale (IA), robotica, Internet delle Cose (IoT), stampa 3D, ingegneria genetica, computer quantistici e altre tecnologie (Sachin Modgil & Rohit Kumar Singh, 2021). Questo argomento sarà trattato approfonditamente nel Capitolo 3, come elemento per costruire la resilienza nella

supply chain. L'industria 4.0 è la forza collettiva che sta dietro molti prodotti e servizi che stanno rapidamente diventando indispensabili per la vita moderna. Si pensi ai sistemi GPS che suggeriscono il percorso più veloce per raggiungere una destinazione, agli assistenti virtuali ad attivazione vocale come Siri di Apple, ai suggerimenti personalizzati di Netflix e alla capacità di Facebook di riconoscere il tuo volto e taggarti nella foto di un amico.

Anche se la quarta rivoluzione industriale (detta anche 4IR o Industria 4.0) sta cambiando la società come mai prima d'ora, si basa su fondamenta gettate dalle prime tre rivoluzioni industriali (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel, 2021)*. L'avvento del motore a vapore nel XVIII secolo ha portato alla prima rivoluzione industriale, consentendo per la prima volta la meccanizzazione della produzione e promuovendo un cambiamento sociale spinto dall'urbanizzazione delle persone. Nella seconda rivoluzione industriale, l'elettricità e altri progressi scientifici hanno portato alla produzione di massa. La terza rivoluzione industriale, iniziata negli anni '50, ha visto la nascita dei computer e della tecnologia digitale. Questo ha portato alla crescente automazione della produzione e allo sconvolgimento di settori come quello bancario, dell'energia e delle comunicazioni.

La persona che ha etichettato i progressi odierni come nuova rivoluzione è Klaus Schwab, fondatore e direttore esecutivo del World Economic Forum e autore di un libro intitolato *La quarta rivoluzione industriale*. In un articolo del 2016, Schwab ha scritto che *"come le rivoluzioni che l'hanno preceduta, la quarta rivoluzione industriale ha il potenziale di innalzare i livelli globali di reddito e migliorare la qualità della vita per i popoli di tutto il mondo"*. Ha affermato anche: *"Nel futuro, le innovazioni tecnologiche porteranno anche a un miracolo sul lato dell'offerta, con benefici a lungo termine per l'efficienza e la produttività. I costi di trasporto e comunicazione caleranno, la logistica e le supply chain globali diventeranno più efficienti e il costo del commercio diminuirà; tutto questo aprirà nuovi mercati e promuoverà la crescita economica"*. Non ci sono solo buone notizie, però. Schwab ha suggerito anche che la rivoluzione potrebbe portare a una maggiore disuguaglianza, *"specialmente nel suo potenziale di sconvolgere i mercati del lavoro"*. Inoltre, il mercato del lavoro potrebbe diventare sempre più fossilizzato sui ruoli "bassa competenza/basso stipendio" e "alta competenza/alto stipendio", e questo potrebbe esacerbare le tensioni sociali. Secondo

Schwab, *"i cambiamenti sono tanto profondi che, dal punto di vista della storia dell'uomo, non c'è mai stato un periodo più promettente o potenzialmente pericoloso"*.

La Figura 3 ci mostra le dimensioni del mercato dell'Industria 4.0 in Italia dal 2017 al 2021, che si attesta attorno ai 3 miliardi di euro, con previsioni fino al 2024. Si può notare il calo del 2020 dovuto alla pandemia, con una netta risalita nel 2021 e una previsione di crescita netta per i prossimi anni (Statista Research Department, 2022).

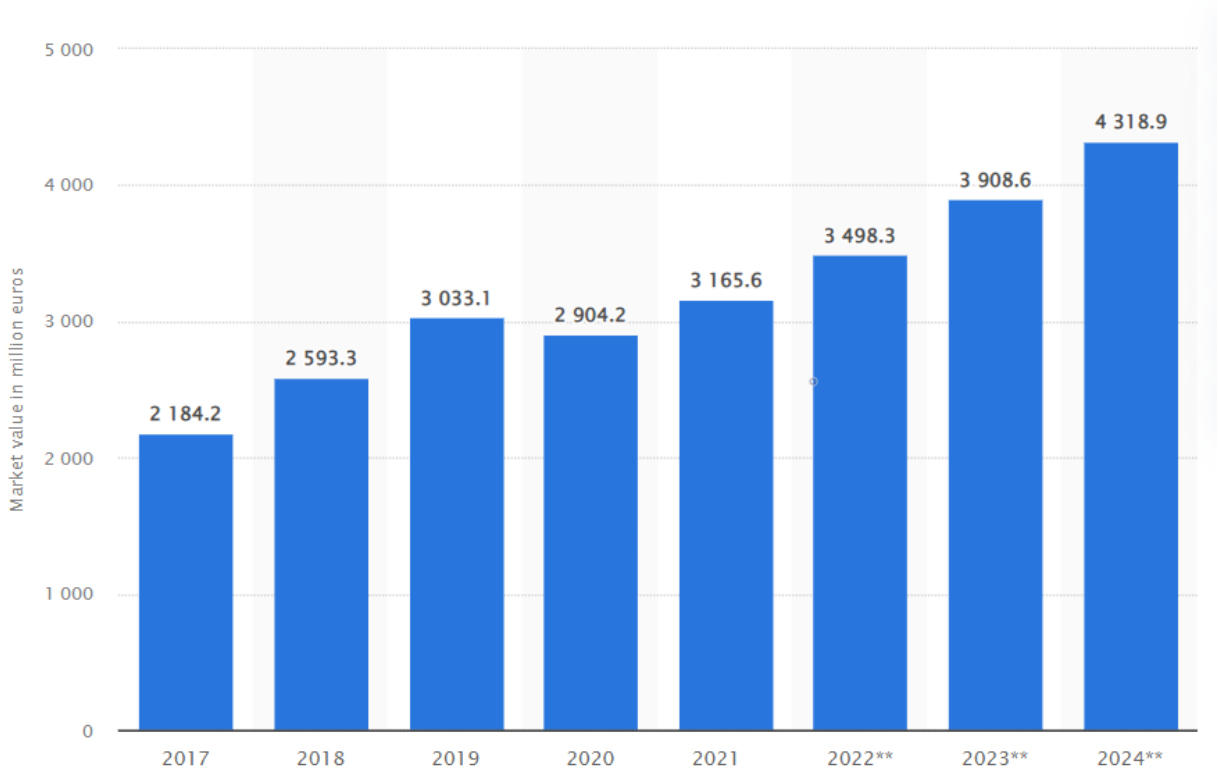

Figura 3: Dimensioni di mercato dell'industria 4.0

L'Industria 4.0 offre un'importante opportunità di evoluzione alla Supply Chain in termini di rapidità, scalabilità, AI, Cloud, connettività e interconnessione (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). In alcune aziende, è già possibile osservare i risultati dell'applicazione delle tecnologie ai processi di Supply Chain. Processi automatizzati e connessioni in Cloud già adottati, ma nelle prospettive future si punta all'implementazione dei robot, dell'intelligenza artificiale e dei Big Data nelle PMI italiane. Un altro cambiamento che si può notare, nell'ambito dell'Industria 4.0, sono le caratteristiche evolutive dei prodotti: connessi, intelligenti e proattivi. Questi prodotti

ricevono e trasmettono i dati in tempo reale; attraverso queste informazioni le aziende sviluppano nuovi modelli di business e servizi associati ai beni. Grazie alla raccolta dati “real-time” dà alle aziende quel vantaggio competitivo di offrire ai clienti diverse modalità di pagamento in base all’effettivo utilizzo o alla performance del bene. Il contesto 4.0 favorisce, dunque, un’evoluzione continua e costante delle aziende per rimanere competitive. Infatti, la digitalizzazione nelle aziende è un fenomeno sempre più crescente data la forte pressione di fornitori, partner, mercato e competitor. Impiegando queste tecnologie, le aziende sono capaci di generare miglioramenti nei processi e nei prodotti offerti.

Le tecnologie 4.0 sono considerate il mezzo per ottenere un’offerta, in termini di qualità, maggiore rispetto a quella dei concorrenti che non hanno effettuato il passaggio verso la trasformazione digitale. La trasversalità delle tecnologie determina la possibilità di utilizzarle all’interno di tutte le aree aziendali. Considerando che la gestione della supply chain è definita come l’insieme delle attività volte a organizzare e migliorare le prestazioni e l’efficienza dei flussi, di seguito sono riportate le tecnologie 4.0 maggiormente utilizzate nella catena del valore (Francesco Cafagna*, 2021*):

- **L'Intelligenza artificiale** (IA): i sistemi dotati di intelligenza artificiale hanno delle caratteristiche simili a quelle umane; sono computer che sanno "pensare" come le persone ovvero riconoscere modelli complessi, elaborare informazioni, trarre conclusioni e formulare consigli. L'IA attraverso l’apprendimento automatico, è in grado di imparare a svolgere una determinata azione anche non programmata: dall'individuare schemi in enormi quantità di dati non strutturati all'alimentare il correttore automatico di un telefono cellulare.
- La **blockchain** (BC) è un modo sicuro, decentralizzato e trasparente di registrare e condividere dati, senza doversi affidare a intermediari terzi. Questa tecnologia è utilizzata per rendere tracciabili le supply chain, proteggere i dati sensibili in forma anonima e combattere le frodi. La valuta digitale Bitcoin è l'applicazione più nota della blockchain.
- Le **nuove tecnologie computazionali** (in inglese Big Data Analysis, BDA) stanno rendendo i computer più intelligenti. Permettono di elaborare enormi quantità di dati più velocemente che mai per supportare le decisioni aziendali; L’avvento del "cloud", invece ha consentito alle aziende di archiviare e accedere in modo sicuro alle proprie informazioni da ogni luogo con accesso a internet,

in ogni momento. Le tecnologie di computazione quantistica in attuale fase di sviluppo renderanno infine i computer milioni di volte più potenti. Questi computer avranno il potenziale di dare slancio all'IA, creando in pochi secondi modelli di dati molto complessi, e di velocizzare la scoperta di nuovi materiali

- La **realtà virtuale** (VR) offre esperienze digitali a 360 gradi (grazie a un visore VR) che simulano il mondo reale, mentre la realtà aumentata unisce il mondo digitale a quello fisico trasformando le informazioni e le analisi in immagini o animazioni che rendono più veloce e efficiente l'apprendimento e la fase decisionale;
- **Robot collaborativi**: sono capaci di condividere lo spazio di lavoro con l'operatore umano, in completa sicurezza e con semplicità di riprogrammazione; Anche se gli assistenti robotici non sono ancora in ogni casa, i progressi tecnologici hanno reso questi robot sempre più complessi e sofisticati. Vengono usati in campi di vasto respiro come produzione, salute e sicurezza e assistenza alle persone.
- **Additive Manufacturing** (AM): è la tecnologia che consente di realizzare componenti dalla forma complessa, partendo da un modello digitale in 3D, abbattendo costi e tempi e con una totale personalizzazione;
- IoT (**Internet of Things**): qui rientrano tutte le soluzioni di localizzazione che registrano i movimenti e le soluzioni di rilevamento dello stato dei macchinari e degli impianti; Le aziende hanno il grande vantaggio di poter raccogliere dati sui clienti da prodotti sempre connessi; questo permette loro di valutare meglio il modo in cui i clienti usano i prodotti e di creare campagne di marketing su misura basandosi su questi dati. Oltre alle applicazioni industriali, sono numerose quelle nel settore primario, come ad esempio l'installazione di sensori IoT nei campi per monitorare le caratteristiche del terreno e decidere i momenti adatti per le opportune lavorazioni.

1.1.3 DIMENSIONI DEL MERCATO

Oggi viviamo in un'economia mondiale altamente interconnessa che organizza milioni di aziende che operano in diverse regioni o paesi. Dato che il buon coordinamento

economico è una precondizione per il buon funzionamento dell'economia globale, la gestione della catena di approvvigionamento offre il servizio più necessario per garantire una forte rete tra un'azienda e i suoi fornitori per fabbricare o produrre, quindi per distribuire beni ai clienti. In quanto sistema commerciale di organizzazioni, risorse, informazioni e persone, la rete della catena di approvvigionamento forma una rete di domanda e offerta complessa e dinamica tra una moltitudine di agenti economici. L'espansione del commercio internazionale ha ulteriormente rafforzato l'importanza della gestione della catena di approvvigionamento, ad esempio, nel 2010 il mercato globale del supply chain management valeva circa 16 miliardi di dollari. Nell'ultimo decennio, i software di gestione della catena di approvvigionamento e il mercato degli appalti si sono espansi più del doppio (Statista Research Department, 2020). Queste reti di catene di approvvigionamento formano le cosiddette catene del valore globali (Global Value Chain), che è il metodo di interazione prevalente nelle relazioni commerciali internazionali.

Ogni singolo nodo, come un'azienda o un'organizzazione, su una rete di filiera, ha il potenziale per modellare e influenzare l'intero sistema. L'aggregazione delle dinamiche aziendali per fornire i servizi della catena di approvvigionamento esibiti in tutto il mondo determina la direzione, il potenziale e il percorso di crescita del mercato globale per la gestione della catena di approvvigionamento. Nel 2020, SAP e Oracle sono stati i principali fornitori di software di gestione della supply chain in tutto il mondo in base ai ricavi. Durante quel periodo, la società tedesca SAP ha generato dal suo segmento di supporto software oltre 11,5 miliardi di euro di entrate (Statista Research Department). Dopo che una nuova innovazione è stata introdotta sul mercato, la diffusione dell'idea avviene a un ritmo rapido. Più di un terzo dei professionisti della supply chain intervistati ha dichiarato che la propria azienda ha già adottato strumenti all'avanguardia per l'inventario e l'ottimizzazione della rete per sostenere il vantaggio competitivo sul mercato. Oltre alla massimizzazione dei profitti, la necessità di mitigare la catastrofe del cambiamento climatico spinge anche le aziende della catena di approvvigionamento a reagire (Statista Research Department). Ad esempio, circa il 45% dei professionisti del settore della logistica ha rivelato che i propri piani sono rimasti invariati nell'attuazione di pratiche sostenibili dal punto di vista ambientale. In Figura 4 sono mostrate le **dimensioni del mercato globale** della gestione della catena di approvvigionamento in tutto il mondo dal 2020 al 2026. Come possiamo

notare i valori si aggirano sull'ordine di grandezza dei miliardi, evidenziando come la Supply chain sia oramai un elemento imprescindibile per il mercato globale (Statista Research Department).

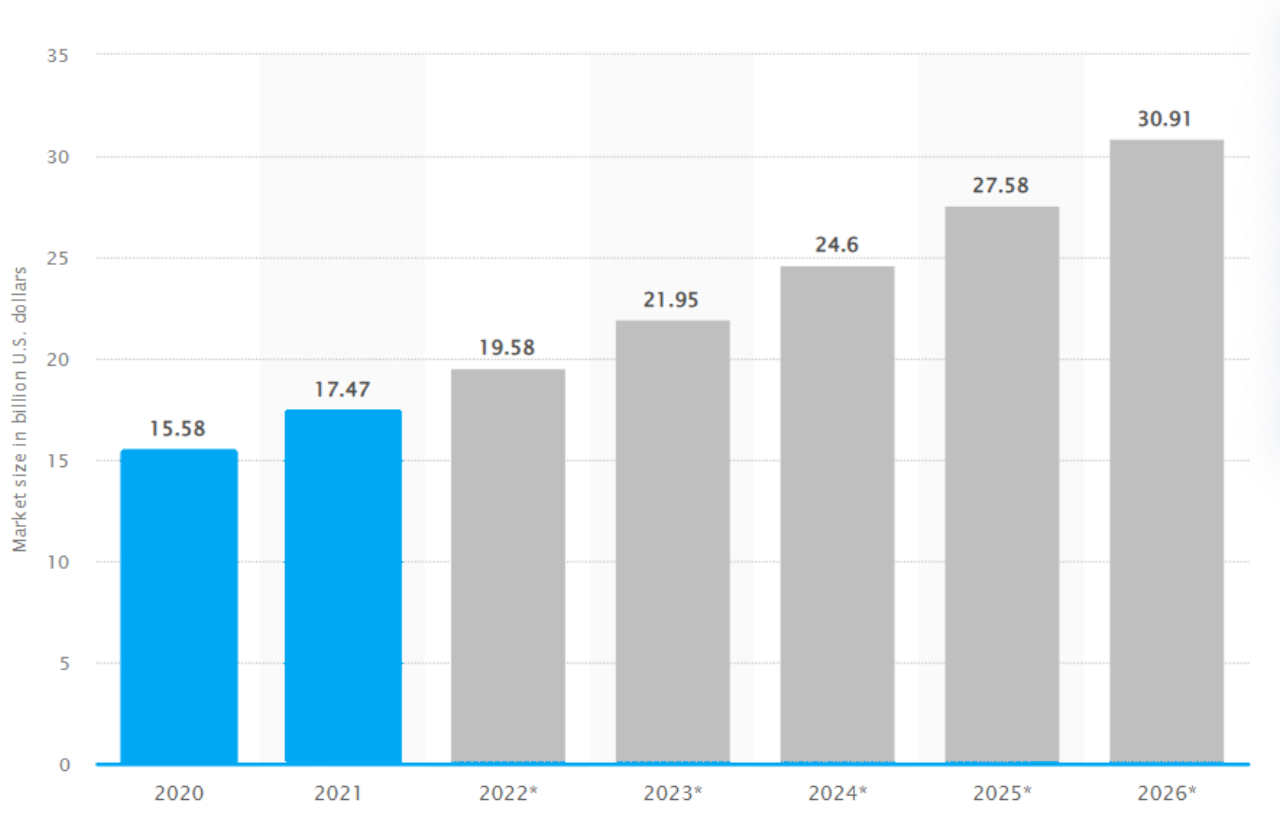

Figura 4: Dimensioni di mercato delle supply chain globali

Nonostante la pandemia di lunga durata del coronavirus (COVID-19), che ha colpito immensamente le catene del valore globali, la gestione della catena di approvvigionamento rimarrà e diventerà una parte più integrante di un'economia globale in crescita negli anni a venire. Durante il prossimo decennio, si prevede che il mercato globale della gestione della catena di approvvigionamento raddoppierà di dimensioni, mentre il mercato del software di gestione della catena di approvvigionamento dovrebbe seguire una tendenza simile nei prossimi due anni. Sebbene vi sia la possibilità che l'intero meccanismo di produzione cambi a seguito della quarta rivoluzione industriale, non è ancora sicuro dire in modo definitivo come sarà influenzata la gestione della catena di approvvigionamento. Finché la produzione

industriale complessiva e l'interazione economica tra regioni o paesi aumenteranno, seguirà anche il mercato della gestione della catena di approvvigionamento.

1.2 SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT

Mentre il Covid-19 ha comandato l'agenda strategica di quasi tutte le organizzazioni della supply chain nel 2020, bisogna riconoscere che le complicazioni della pandemia globale stanno amplificando diverse tendenze. Queste tendenze stanno plasmando l'industria logistica da anni, come la necessità di resilienza, la sostenibilità e la maturità tecnologica nelle organizzazioni della catena di approvvigionamento. L'efficienza è stata a lungo la priorità numero uno della supply chain per la maggior parte delle aziende (Toy Jordan et al., 2020). Gli sforzi per minimizzare i costi complessivi hanno guidato lo sviluppo di strategie di sourcing a basso costo e la consegna just-in-time in molti settori. Per la maggior parte, questi approcci hanno avuto grande successo, ma eventi recenti, dalle guerre commerciali al Coronavirus, hanno portato le loro debolezze sotto i riflettori. La domanda volatile, le interruzioni di fornitura e l'imposizione di nuove tariffe lasciano le aziende a lottare per riconfigurare le loro catene di fornitura. Questo può essere difficile da fare quando c'è poco allentamento nel sistema o quando i materiali critici sono disponibili solo da un singolo fornitore o da una singola regione. Per la maggior parte delle aziende, la gestione del rischio della catena di approvvigionamento è un processo reattivo: quando si verificano dei problemi, un'azienda crea una task force temporanea per gestire i problemi su una base ad hoc (Toy Jordan et al.). Questa strategia funziona, ma può significare perdere tempo prezioso coordinare il personale, le risorse e le informazioni necessarie per organizzare una risposta efficace. La frequenza e la gravità delle recenti interruzioni incoraggiano molte organizzazioni a ripensare il loro approccio al rischio della supply chain. Le aziende leader stanno ora costruendo sistemi proattivi di gestione del rischio con un focus su strumenti digitali e strategie di mitigazione ben collaudate.

Dopo un'introduzione volta a presentare il mondo delle catene logistiche globali, sia dal punto di vista tecnologico che di dimensioni del mercato, ora è introdotto il ruolo del risk management nelle supply chain. L'obiettivo del sottocapitolo 1.2 è quello di introdurre i concetti principali per evidenziare il ruolo del risk management come processo fondamentale per **costruire resilienza** innanzitutto nelle aziende, ma di rimando a tutta la catena, partendo dai fornitori, fino ai distributori dei beni o servizi ai clienti finali. Nella prima parte si analizzano approfonditamente le due fasi del supply chain risk management, ovvero l'analisi al rischio e la risposta al rischio, presentandone i vari processi. Infine, è presentato il concetto di disruption, ovvero di interruzione: proprio nel corso del 2020 le supply chain mondiali si sono trovate di fronte a questo tipo di fenomeno, in seguito all'impatto della pandemia di Covid-19. L'obiettivo è suggerire i metodi per prevenire e mitigare eventi di questa portata.

1.2.1 INTRODUZIONE AL SCRM

La definizione di **rischio** in lingua italiana è la seguente:
Eventualità di subire un danno (più incerto di quello implicito in pericolo). In varie determinazioni del linguaggio economico, commerciale, contabile, l'eventualità di una perdita (Dizionario Lingua Italiana-G. Treccani)

Una definizione più tecnica, legata al risk management, può essere:
Evento o condizione incerti che, se si dovessero verificare, avrebbero un effetto positivo o negativo sugli obiettivi di progetto. (Rafele C., 2020)
Infatti, nel risk management, il concetto di rischio non ha solamente un'accezione positiva, ma può essere:

- Rischio negativo (minaccia): probabilità di subire un danno
- Rischio positivo (opportunità): probabilità di ottenere un vantaggio
- Rischio certo (vincolo progettuale): certezza che accada un determinato evento
- Fatalità: imprevedibilità assoluta, impossibilità di rimedio

Il concetto di rischio ha anche un legame con quello di incertezza; mentre il primo rappresenta ogni possibile alternativa tra un insieme di possibili effetti la cui probabilità di accadimento è nota (o comunque stimabile), l'incertezza deriva un insieme di possibili effetti la cui probabilità di accadimento non è nota. Dunque, si può dire che il rischio è un'incertezza misurabile, mentre l'incertezza è un rischio non misurabile: quest'ultima si riferisce a una scarsa conoscenza dei possibili effetti di un evento, nonché della sua natura e delle probabilità di accadimento.
Il rischio è necessario affrontarlo in modo metodico e con la giusta assegnazione di risorse umane, economiche e temporali; infatti, è necessaria un'accurata analisi tecnico-economica per determinare i rischi su cui intervenire e i loro costi di intervento: non è conveniente eliminare tutti i fattori di rischio che sono in grado di produrre danni ad un progetto.

Il risk management, all'interno di un'azienda o un progetto, può essere definito come "L'insieme delle attività (come identificare, analizzare, rispondere) volte a massimizzare la probabilità e le conseguenze derivanti da eventi positivi, e a minimizzare la probabilità e le conseguenze provenienti da eventi negativi" (Rafele C.)
Il risk management fino a poche decine di anni fa era esclusivamente rivolto a progetti di enormi dimensioni o di grande impatto ambientale, come per esempio quelli, militare, aeronautico, spaziale e nucleare. Attualmente invece è applicato a molti progetti in svariati campi a causa delle tolleranze sempre più strette per quanto riguarda il budget a disposizione.

Il Risk Management può essere distinto dal Project Management per una serie di ragioni. Innanzitutto, quest'ultimo opera in un contesto più ampio, includendo al suo interno il primo: il project management si focalizza sui rischi divenuti visibili e diventati quindi dei problemi. L'obiettivo operativo è l'intervento volto a risolvere il problema, mentre quello strategico (ovvero più a lungo termine, che spazia tra diversi ambiti) quello della buona riuscita del progetto.

Il risk management si compone di due fasi principali: L'Analisi del Rischio (Risk Assessment), dove vengono identificati e analizzati i possibili rischi, e la Risposta al Rischio (Risk Response), dove si implementano e monitorano le attività di risposta (Rafele C.).

1.2.2 ANALISI DEL RISCHIO

L'identificazione del rischio è la prima fase. Innanzitutto, i rischi si possono suddividere tra interni ed esterni. Quelli di natura interna sono quelli che possono verificarsi all'interno dell'organizzazione aziendale, come quelli commerciali (politica prezzi della concorrenza, arrivo sul mercato di prodotti alternativi), tecnici (tecnologie, processi innovativi, avaria di attrezzature, incendio, esplosioni, guasti) o umani (infortuni, reperimento skill adeguati, turn-over, malattie). Quelli di origine esterna invece non possono essere controllabili dall'azienda, possono essere rischi di natura naturale (alluvioni, uragani, terremoti), finanziario-politica (tasso di sconto, tassi bancari, mercato finanziario, recessione economica).

È molto importante anche valutare l'impatto che i rischi possono avere sull'organizzazione; i danni possono essere diretti, come perdite di denaro, slittamenti temporali o il mancato raggiungimento degli obiettivi nei tempi stabiliti, o indiretti, come ritardi di fatturazione, deterioramento dell'immagine. Gli impatti possono essere più o meno gravi a seconda del tipo di minaccia e dalla probabilità che il rischio si verifichi, della durata delle conseguenze e dall'efficacia delle eventuali misure prese per mitigare il problema (Rafele C.).

Esistono diversi metodi utilizzati per identificare **cause ed effetti dei rischi (**Rafele C.). Un primo metodo è l'**analisi SWOT**, che è condotta su quattro punti; Punti di forza e opportunità (per coglierne i vantaggi), punti di debolezza e minacce (per difendersi da eventuali impatti negativi). Poi attraverso Interviste, checklist o questionari; con questi metodi si stila un elenco di possibili rischi legata all'esperienza del project manager, del gruppo di progetto e degli esperti, oppure attraverso la consultazione delle interviste dei progetti passati. La **What if analysis** è l'analisi delle fasi del progetto attraverso un semplice schema a domande del tipo "What if?", ovvero "Cosa succede se?"; l'obiettivo è fare emergere le eventuali situazioni critiche, le relative conseguenze e le contromisure da prendere tenendo anche conto di quelle già esistenti. Un altro metodo è quello chiamato **diagramma causa-effetto** (diagramma di Ishikawa); esso prevede l'identificazione dell'insieme degli effetti indesiderati, individuando a ritroso (agendo in maniera backward) la catena causale, da effetti a cause.

Grazie all' **albero degli eventi** è possibile definire in precedenza una lista completa dei rischi sui quali si effettuerà l'analisi; il procedimento considera un evento iniziale e segue con metodo induttivo i diversi percorsi di sviluppo e i differenti risultati finali che tale evento può avere sul sistema. Esso agisce in maniera *forward*: da effetti/eventi iniziali a effetti/eventi finali (cause implicite). Inoltre, la Failure Mode and Effects Analysis (**FMEA**) è un'analisi orientata ad individuare preventivamente le eventuali modalità di guasto o difetto nei processi, gli effetti negativi su impianti e processi nel caso si verifichino dei guasti e a pianificare le strategie per minimizzarne gli effetti negativi. Infine, uno dei possibili metodi è quello dell'utilizzo delle **tecniche reticolari**. Se usate con metodi deterministici (CPM) mettono in risalto i momenti nevralgici del progetto (milestones). Se usate con metodi probabilistici (PERT) danno rilevanza allo studio della probabilità di raggiungere gli obiettivi temporali del progetto (utili nella fase di ANALISI). In fase di identificazione dei rischi, l'analisi del reticolo del progetto consente di individuare i sovraccarichi di risorsa e quindi le attività che fanno parte del percorso critico. Tali attività sono quelle più rischiose ai fini del corretto avanzamento del progetto e la loro individuazione può consentire una analisi mirata delle componenti di rischio che possono interessarle.

Una volta identificati i rischi con i metodi più consoni agli obiettivi, la fase successiva è quella di stilare un report in cui si individuino gli elementi scatenanti, la probabilità di accadimento, il contesto di riferimento e la portata delle conseguenze, in modo da portare all'attenzione tutte le criticità possibili (Rafele C.). È molto più semplice lavorare su un problema preventivato che su un qualcosa di inaspettato.

Completata la prima sottofase, i possibili rischi sono stati identificati e si passa alla vera e propria analisi del rischio. Dato un rischio si cerca di ottenere la Risk Exposure, indicata con R. La valutazione di R può essere calcolata come P*I; P è la probabilità che possa concretizzarsi il rischio R, I è l'impatto (o magnitudo) che il rischio R ha in caso si concretizzi. La valorizzazione del rischio può essere eseguita in modo qualitativo (attraverso una scala di giudizi), quantitativo (attraverso una scala numerica) o semi-quantitativo (un ibrido delle due precedenti) (Rafele C.).

A ragion di ciò, esistono diversi metodi per analizzare i rischi. Innanzitutto, l'Expert **Judgement**; si sottopone ad esperti provenienti da diversi ambiti un questionario

suddiviso in tre fasi (esplorativa, analitica, valutativa) via a via più dettagliate dove essi danno il loro giudizio sui possibili rischi. Poi, la **Risk Breakdown Structure** (RBS) è la struttura di scomposizione dei rischi che potrebbero affliggere il progetto e fornisce l'incertezza raggruppata per aree omogenee, attraverso un sistema gerarchico sviluppato ad albero; è utilizzata per mettere in relazione le attività con le relative minacce che possono minare tali attività. Inoltre uno dei metodi è quello **FMECA**, (acronimo dell'inglese Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis, ovvero Analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti). Esso sviluppa un'analisi di criticità per valutare, mediante opportuni diagrammi, la gravità delle conseguenze di un guasto correlata con la probabilità del suo verificarsi.

Infine, molto importanti sono i **processi decisionali**; i processi decisionali sono processi logici che si sviluppano attraverso una serie di passi successivi, in corrispondenza di ciascuno dei quali si assumono determinate decisioni che possono produrre guadagni (o perdite). I processi logici sono, in ordine, la formulazione del problema, l'individuazione delle alternative e degli eventi futuri, la costruzione di una tabella di ritorni per ogni coppia decisione-evento e infine la scelta di un modello decisionale e di un criterio per il confronto tra le alternative. La valutazione del modello decisionale scelto può essere sia decisionale semplice che decisionale probabilistico, ovvero che associa ad ogni evento una probabilità di accadimento. I processi decisionali più in uso sono la **Matrice dei Guadagni e dei Ritorni,** dove si stimano i guadagni (o le perdite) nelle varie ipotesi, e **L'albero degli Eventi**, un diagramma di flusso utile a presentare i possibili eventi futuri, e di come essi siano influenzati dalle azioni compiute nel presente. Esistono infine diversi tipi di **tecniche di simulazione**, come il metodo Montecarlo, che simula la situazione nella quale si vuole calcolare la probabilità di un certo evento; I modelli per la determinazione dei costi, come **CPM** e **PERT**, che evidenziano le attività critiche, i loro slittamenti e il discostamento dei costi rispetto al budget.

1.2.3 RISPOSTA AL RISCHIO

A questo punto, l'obiettivo di questa attività è di mettere in pratica le azioni che sono state progettate al fine di governare il rischio ed in particolare quelle di prevenzione, sorveglianza e contrasto.

La prima sottofase della Risposta è la Pianificazione del Rischio. È impossibile e antieconomico considerare tutte le minacce e i rischi che potrebbero verificarsi, soprattutto perché alcuni rischi, come quelli esterni, non sono dominabili; dunque, l'obiettivo di questa fase è definire interventi mirati per massimizzare le opportunità e minimizzare le minacce. Si procede con l'elaborazione del Risk Plan del progetto dove si valuta, per ogni rischio individuato, quale strategia implementare (Rafele C.). Le risposte, come mostrato in Figura 5, possono essere di quattro tipi:

- **Evitare**: è una risposta strategica che utilizzata per l'eliminazione dell'incertezza. Si tratta di Rinunciare al progetto o ad attività troppo rischiose, modificare gli obiettivi, considerare soluzioni tecniche alternative e ridurre i vincoli. Solitamente si implementa questa risposta strategica in caso di rischi ad alto impatto e alta probabilità di accadimento.

- **Trasferire**: è una seconda risposta strategica volta a trasmettere a terze parti gli effetti finanziari. Può trattarsi di trasferire il rischio ai fornitori, di trasferimento non assicurativo (committenza esterna, base contrattuale diversa) o di trasferimento delle conseguenze economiche grazie ad assicurazioni

- **Mitigare**: è una risposta tattica che porta ad una riduzione di cause ed effetti modificando procedure e processi di lavoro standard; Consiste nel programmare le attività rischiose fuori dal percorso critico di progetto per ridurre gli impatti, di pianificare correttamente le risorse critiche o scarse per evitare impatti negativi, effettuare riunioni collettive di design review per documenti di progettazione critici, rinforzare le ispezioni e l'accelerazione delle forniture critiche;

- **Accettare**: è il secondo tipo di risposta tattica che mira a ridurre i rischi residui o secondari con monitoraggio e controllo. Consiste nell' inserire piani di monitoraggio diversificati per attività rischiose, nel pianificare piani di recupero e allocare le risorse per contenere gli effetti dei rischi, e in vari processi di ritenzione come accantonamenti contabili, imputazione alle spese correnti, ricorso al credito bancario, autoassicurazione.

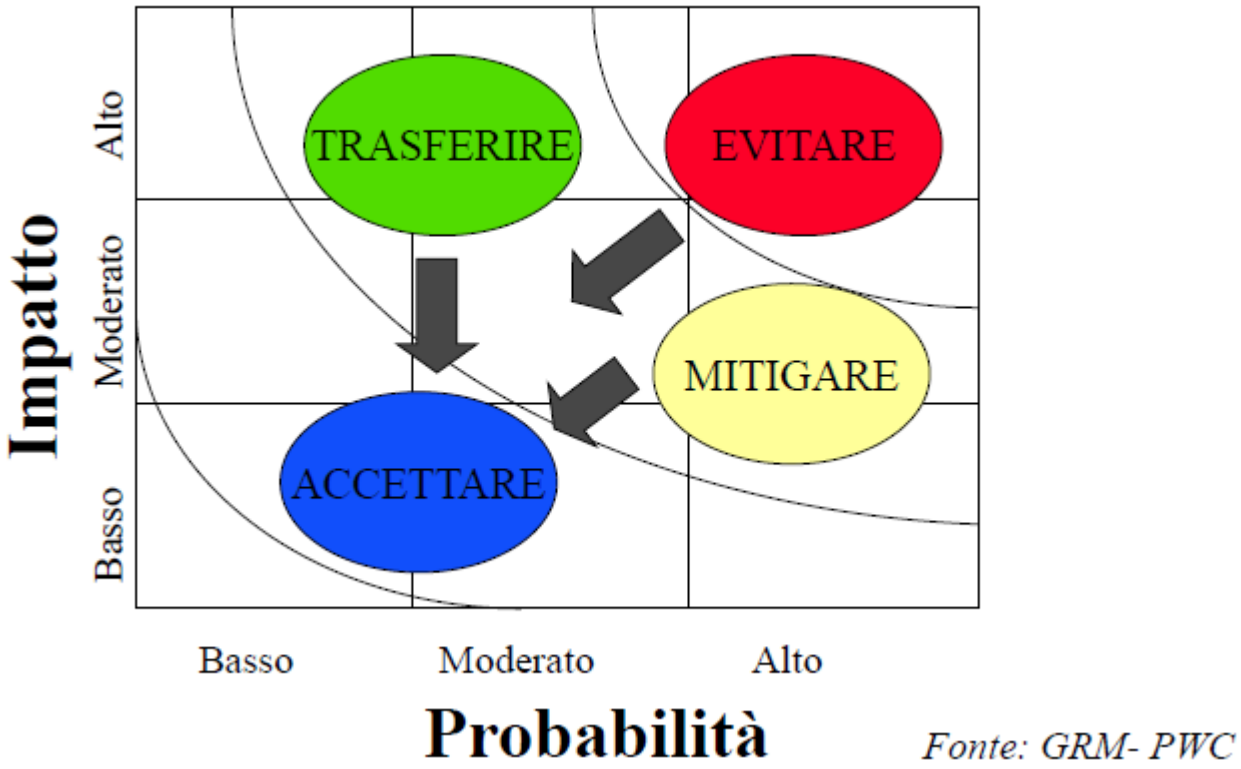

Figura 5: Le quattro possibili scelte di risposta al rischio

Dopo aver deciso la strategia da implementare per ogni rischio individuato, è il momento di radarre alcuni documenti molto importanti. Il **contingency plan**, o piano di emergenza, è un documento che tutte le organizzazioni e nello specifico i Project Team dovrebbero stilare prima di iniziare a lavorare ad un progetto per capire come intervenire in caso di incidenti e imprevisti (Rafele C.). Nella maggior parte dei casi, nessun progetto si conclude senza intoppi o incidenti, anche se minimi. Per non ritardare rispetto al programma pianificato e per soddisfare tutte le richieste concordate

con il cliente a livello qualitativo relativamente al rilascio del prodotto, è fondamentale che un Project Manager rediga e abbia sempre sotto controllo un contingency plan accurato e aggiornato in modo tale da avere già stabilito come intervenire e come muoversi per risolvere eventuali problemi. Il mitigation plan è una misura preventiva e il suo scopo è quello di diminuire le probabilità che un rischio si verifichi o ridurre la portata delle sue conseguenze, per questo risulta fondamentale che venga implementato appena possibile. Il contingency plan, invece, è una misura correttiva e viene messo in atto quando il rischio si è ormai verificato al fine di arginarlo il più velocemente possibile e con le minori conseguenze auspicabili, limitando eventuali danni o ritardi. La redazione di un contingency plan è spesso vista come un'attività in cui investire poco budget: poiché un eventuale incidente può non verificarsi mai e quindi il contingency plan potrebbe non essere mai messo in atto, si tende a sottovalutarne la reale importanza. Questa superficialità potrebbe in realtà portare al fallimento del progetto.

In questa fase è bene anche presentare i diversi tipi di budget che si possono stanziare. La **riserva di contingency** è quella parte del budget di progetto destinata alla gestione di rischi noti per i quali è stata svolta una analisi approfondita ed individuate una serie di strategie di risposta. Pertanto, la riserva di contingency consente di sostenere i costi legati all'implementazione di determinate strategie di risposta qualora le minacce analizzate si presentino realmente e per gestire gli eventuali rischi residui una volta che le strategie sono state introdotte.

La **riserva di gestione** (o riserva di management) per un progetto costituisce una parte del budget destinata alla gestione di situazioni impreviste per cui non sono state svolte analisi approfondite e per cui non è stato predisposto un budget di contingency (Rafele C.). La necessità di predisporre una riserva di gestione dipende dalla tolleranza al rischio dell'organizzazione che sviluppa un progetto e costituisce quindi una barriera contro quei rischi che non è stato possibile valutare attentamente in sede di pianificazione. In molte realtà non c'è l'abitudine di predisporre una riserva di gestione e le situazioni di emergenza vengono affrontate con ripetute procedure di escalation tra project manager, project sponsor, steering board e vertice aziendale. Spesso questo fatto produce risposte non tempestive ed inefficienti per via della fretta di porre rimedio. Naturalmente al termine del progetto non è detto che le riserve di gestione e

di contingency siano state intaccate completamente. Può essere che alcuni rischi analizzati non si siano presentati e che non ci siano stati altri interventi imprevisti. In tal caso i fondi stanziati e non allocati saranno disponibili per utilizzi futuri. L'importo, solitamente come percentuale del valore del progetto in corso, potrebbe anche essere basato sugli over budget dei progetti aziendali passati. L'utilizzo di questo budget deve essere approvato sia dal project manager che dal referente interno del progetto all'interno del top management o del consiglio.

Nell'ultima fase l'obiettivo è quello di valutare l'adeguatezza sul campo del piano di gestione del rischio, al fine di confermarne la validità o di innescare una fase di revisione del sistema di gestione del rischio. È previsto il rilascio di un rapporto di valutazione per la Direzione e per gli attori interessati e l'aggiornamento del risk plan. Tra i possibili eventi rischiosi previsti, il primo passo è verificarne l'accadimento; Se il rischio si è verificato è bene analizzare quanto la nostra previsione si sia discostata dalla realtà e cercare di individuare le cause scatenanti. A questo punto si valutano le azioni correttive da mettere in pratica attingendo alle risorse economiche della riserva di contingency. Nel caso in cui il rischio non si sia verificato, rimane disponibile la contingency associata; tuttavia essa è prontamente destinata ad altri usi come l'aumento di contingency future e la copertura di rischi imprevisti (sia già accaduti che futuri).

1.3 SUPPLY CHAIN DISRUPTION

Dopo aver analizzato a fondo i concetti di Supply Chain e di Risk Management, si può introdurre il concetto di Disruption. Nel capitolo seguente verrà presentato l'evento della pandemia di Covid-19, uno degli eventi di disruption che ha impattato più fortemente sulle catene di approvvigionamento globali. Con il termine Disruption, in italiano -interruzione- si definisce l'evento, o la serie di eventi non pianificati, che interrompono il flusso regolare di un evento, di prodotti o materiali, di un'attività o un processo all' interno della supply chain (Beatrice Orlando et al., 2021).

Dunque, una disruption nella supply chain è un evento molto grave. Recenti avvenimenti che hanno provocato questo tipo di interruzioni sono stati:

- Incendi nel marzo del 2000 presso gli stabilimenti PHILIPS, New Mexico
- Attentato terroristico alle torri gemelle dell'11 settembre 2001, New York,USA
- Bancarotta della società Lehman Brother, nel settembre 2008
- Lo scandalo riguardante il sistema frenante Toyota nel dicembre 2009
- La perdita di petrolio causata da una petroliera nel Golfo del Messico nell'aprile 2010
- Il terremoto avvenuto in Giappone nel marzo del 2011, che causa un disastro nucleare nella centrale di Fukushima
- La guerra protrattasi a partire dal 2014 nel vicino oriente, condotta dai combattenti dello Stato islamico
- La guerra combattutasi dal 2014 al 2018 tra Russia e Ucraina, che ha visto anche l'istituzione di embargo nei confronti della Russia
- Uscita della Gran Bretagna dall'Unione Europea (BREXIT)
- Pandemia di COVID-19 (2020-tuttora in corso)
- Nel marzo 2021 una nave portacontainer si blocca nel canale di Suez per una settimana, bloccando centinaia di altre navi.

Eventi di questa portata possono comprendere ritardi nei trasporti e chiusure di porti, incidenti e disastri naturali, scarsa comunicazione, carenza di parti e problemi di qualità, problemi operativi, controversie sindacali, terrorismo. A seconda poi dell'intensità dell'impatto questi eventi possono avere un forte impatto negativo sul ritorno delle vendite, sul rendimento delle azioni, sull'immagine dell'azienda, sulla sicurezza dell'acquirente e del fornitore e sulle prestazioni complessive della catena di approvvigionamento (tra cui la perturbazione a lungo termine, la propagazione, l'effetto ripple, gli impatti sulle infrastrutture, la domanda e l'offerta) (*Jamal El Baz, Salom´Ee Ruel, 2020).*

Fino a qualche decina di anni fa le interruzioni impattavano semplicemente sulle singole imprese, infatti, era solito parlare dell'"anello spezzato della catena". Tuttavia, oggi, le complesse reti di fornitura sono raramente così semplici: la supply chain sta diventando sempre più complessa a causa della crescente imprevedibilità della

domanda e dell'offerta, i cicli di vita tecnologici e di prodotto più brevi, la globalizzazione del mercato e l'aumento dell'utilizzo di partner di distribuzione, produzione e logistica. L'impatto quindi si propaga oggi sulle prestazioni complessive della catena di fornitura, causando danni immensi.
Numerose aziende si rendono conto che possibili interruzioni della catena di approvvigionamento al giorno d'oggi sono inevitabili a causa della sua complessità; infatti, la supply chain moderna è molto avvezza al rischio (Rafele C.); tra i rischi più comuni si possono annoverare:

- interruzioni
- ritardi
- sistemi
- previsioni
- proprietà intellettuale
- approvvigionamento
- crediti
- inventario
- capacità di magazzino
- ritardi nella consegna delle scorte
- guasti alle macchine
- prodotti consegnati che non sono di alta qualità
- uso di sistemi informativi che creano forti problemi di integrità dei dati o dei sistemi

Man mano che la catena di approvvigionamento diventa più complicata e interdipendente, la possibilità di fallimento e la entità dell'impatto aumentano: è necessario uno studio approfondito per ridurre l'incertezza nei vari anelli della supply chain e quindi ridurre al minimo il rischio di un'interruzione.

La prima sfida su cui porre maggiormente l'attenzione è quello di riuscire a rilevare effettivamente un'interruzione in maniera rapida, anticiparla e riconoscerla per quello che è. Durante un'analisi di processo quindi, il punto centrale è quello di focalizzare maggiormente l'attenzione sulla distinzione delle attività "anormali" dalle "normali"

attività di base. La natura dell'interruzione e la dinamica della risposta dell'azienda possono essere caratterizzate dalle seguenti otto fasi (Rafele C.):

- **Preparazione**: In alcuni casi, un'azienda può prevedere e prepararsi all'interruzione, riducendo al minimo i suoi effetti. In altri casi, come l'11 settembre, c'è poco o nessun avvertimento. La prima fase è quella di preparazione all'accadimento dell'evento disruption: in questa fase risulta emblematica riuscire ad anticipare i rischi e prevedere i segnali delle eventuali minacce.
- **Disruptive event**: la seconda fase è la concretizzazione dell'evento negativo che comporta l'interruzione della catena logistica e ha ripercussioni sull'intera operatività aziendale; per esempio, il tornado colpisce, la bomba esplode, un fornitore fallisce o il sindacato inizia uno sciopero selvaggio.
- **Prima risposta**: Che si tratti di un'interruzione fisica, di un'azione lavorativa o di un'interruzione della tecnologia dell'informazione, la prima risposta è volta a controllare la situazione, salvare o proteggere vite umane, spegnere i sistemi interessati e prevenire ulteriori danni. Terminata la fase di crisi iniziale, vi è la fase della first response, ovvero il primo degradamento a cui è possibile già dare una prima risposta al sistema.
- **Impatto iniziale**: il pieno impatto di alcune interruzioni si fa sentire immediatamente.
- **Impatto completo**: Che sia immediato o ritardato, una volta che l'impatto completo colpisce, le prestazioni spesso calano precipitosamente. L'accelerazione della crisi è repentina, infatti si parla nella quarta fase come impatto ritardato. Quest'ultimo si converte in un vero e proprio "crollo della performance" del sistema, punto fondamentale da cui è necessario elaborare un piano di recupero.
- **Preparativi per il recupero**: I preparativi per il recupero iniziano tipicamente in parallelo con la prima risposta e talvolta anche prima dell'interruzione, se è stata prevista.
- **Ripristino:** Per tornare ai normali livelli operativi, molte aziende compensano la perdita di produzione funzionando con un utilizzo superiore al normale, utilizzando gli straordinari e le risorse dei fornitori e dei clienti.

- **Impatto a lungo termine**: Solitamente ci vuole tempo per riprendersi dalle interruzioni, ma se le relazioni con i clienti sono danneggiate, l'impatto può essere particolarmente duraturo e difficile da recuperare. Quest'ultima fase di recupera trova il suo culmine nel lungo termine in cui l'andamento aziendale inizia ad assestarsi.

Il focus su cui l'azienda deve tendere relativamente alla gestione di disruption consiste nell'azione in maniera preventiva volta a ridurre l'impatto e la vulnerabilità. Dall'altra parte invece, una volta che si è verificata la disruption, è necessario capire come essere resiliente cioè saper riprendere la capacità di recuperare le performance e l'operatività.

Data la frequenza sempre maggiore relativa all'accadimento di eventi "negativi" o "minacce", la questione di preliminare importanza è il reale riconoscimento di un'interruzione, l'effettiva distinzione tra un evento negativo sfavorevole o se è possibile parlare realmente di "disruption". È importante rimarcare che raramente una disruption si verifica in modo improvviso. Per tale ragione, sarebbe consigliato analizzare in maniera costante gli eventuali avvertimenti che possono preannunciarne il verificarsi.

Mediante una dettagliata analisi del processo è possibile individuare quei segnali deboli che, in un'ottica di lungo periodo, potrebbero preannunciare l'accadimento di un evento raro. La scrematura del processo aziendale, in sistemi complessi, verte sui fenomeni che in termini di probabilità e di accadimento, sono quelli che hanno una frequenza minore ma un impatto maggiore. Generalmente, molte imprese non hanno un processo formale per anticipare una disruption e, in luce di ciò detto, per stimare correttamente il "likelihood", si fa affidamento su quello che viene definito "stima soggettiva" dei managers.

Nel mondo anglosassone, un evento estremamente improbabile e con conseguenze estreme è chiamato **Black Swan**, cigno nero. Prima che gli inglesi scoprissero l'Australia, erano fermamente convinti che tutti i cigni fossero bianchi. Da allora, "cigno nero" è servito da metafora per eventi estremamente improbabili. Non solo sono difficilmente prevedibili, ma hanno anche conseguenze estreme (Rafele C.).

Come è evidenziato dalla Figura sottostante, ciò che viene comunemente indicato come “White Swan”, presenta una distribuzione normale a campana. La gestione del rischio di un evento da “cigno bianco” prevede l’analisi sui punti di massimo, trascurando le code. D’altra parte, invece, il “Black Swan”, l’evento raro di maggior rischio e impatto, presenta un andamento crescente in maniera esponenziale. In ragion di ciò, è importante monitorarne il comportamento tramite un’analisi di Pareto ABC, per cui pochi rischi avranno impatto rilevante e significativo.

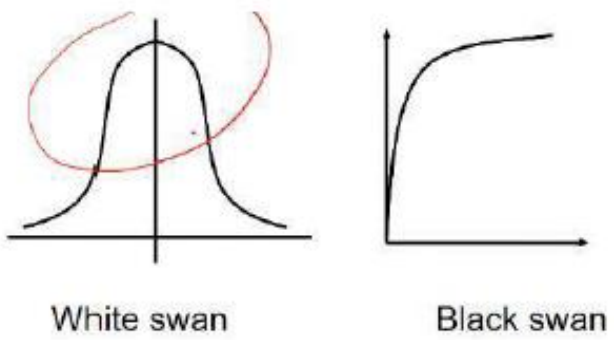

Figura 6: analisi delle code, differenza tra White e Black swan

Il concetto di Black Swan rimanda alla teoria di Nassib Nicholas Taleb, uno studioso specializzato in problemi pratici, filosofici e matematici, il quale analizza come i diversi sistemi gestiscono il disturbo. Nel suo libro " The Black Swan ", Taleb spiega che i Black Swan sono “eventi rari, valori anomali, aberrazioni”. Tali eventi hanno una bassa probabilità che si verifichino ma causano impatti estremamente elevati. Vengono spiegati solo dopo che sono accaduti, e a quel punto è possibile individuarne le cause. Al contrario, Taleb sfrutta la teoria del cigno nero per spiegare anche i cosiddetti” White Swan”, ossia eventi di proporzioni drammatiche che erano stati predetti. Infine, the “Green Swan, d’altra parte, sono eventi realizzati che riguardano tematiche di sostenibilità ambientale riferita nello specifico all’ambiente, ai cambiamenti climatici, la distruzione degli ecosistemi, la contaminazione del pianeta e la destabilizzazione del clima. Quest’ultimi sono diversi dai Black Swans perché si ha la certezza del loro verificarsi, ma non si ha la certezza della pericolosità del loro impatto.

I cigni neri hanno il potenziale per innescare sconvolgimenti politici, crisi economiche, epidemie sanitarie e disastri ambientali. Taleb, suo libro del 2001 “Fooled by Randomness” ha delineato i tre attributi che definiscono un evento del cigno nero:

- Un evento imprevedibile.

- Un evento cigno nero si traduce in gravi e diffuse conseguenze.

- Dopo il verificarsi di un evento del cigno nero, le persone razionalizzeranno l'evento come prevedibile (noto come pregiudizio del senno di poi).

La teoria del cigno nero è una metafora che descrive un evento non previsto, che ha effetti rilevanti e che, a posteriori, viene razionalizzato in maniera non appropriata e giudicato prevedibile. La teoria è stata sviluppata per spiegare:

- L'importanza sproporzionata di determinati eventi di grande impatto, difficili da prevedere e molto rari, che esulano da ciò che normalmente ci si attende in campo storico, scientifico, finanziario e tecnologico.

- L'impossibilità di calcolare con metodi scientifici la probabilità di tali eventi rari e carichi di conseguenze (a causa della natura stessa delle probabilità molto piccole).

- Le distorsioni psicologiche che impediscono alle persone (sia come individui sia come collettività), di cogliere l'incertezza e il ruolo enorme degli eventi rari nell'andamento della storia.

Un esempio Black Swan si può trovare negli Stati Uniti; Il 2008 è ricordato da tutti i cittadini poiché quest'anno è considerato un capitolo oscuro della loro storia e si è verificato il crollo del mercato azionario. L'intera Wall Street era in un bagno di sangue e, in questi eventi, una delle più grandi banche di investimento degli Stati Uniti: Lehman Bros, ha presentato istanza di fallimento del capitolo 11. Ha provocato una situazione catastrofica nella borsa valori degli Stati Uniti; l'effetto di questa catastrofe è stato enorme e ha colpito quasi tutta la borsa del mondo. L'enorme quantità di dollari

spazzata via dal mercato. Nessuno può nemmeno immaginare che uno dei più prestigiosi istituti finanziari della nazione con una storia così d'oro nell'economia degli Stati Uniti dovrà fare questo passo. Ha provocato una situazione catastrofica nella borsa valori degli Stati Uniti; l'effetto di questa catastrofe è stato enorme e ha colpito quasi tutta la borsa del mondo. L'enorme quantità di dollari spazzata via dal mercato.

Un altro esempio di Black Swan si è verificato nel 2008, in Zimbabwe: l'iperinflazione ha raggiunto un livello così alto che il prezzo del pane è aumentato di settantanove miliardi di volte rispetto al prezzo normale. L'inflazione è uno degli indicatori significativi della salute economica di qualsiasi nazione e ci si aspetterebbe che il prezzo del pane possa essere raddoppiato o triplicato durante una situazione di alta inflazione; tuttavia, si pensi quanto un evento del genere, che non è possibile prevedere abbia generato caos in tutta la nazione.

CAPITOLO 2
LA SUPPLY CHAIN AI TEMPI DEL COVID

2.1 IL COVID-19: LA PANDEMIA

Per capire come la disruption delle supply chain globali ha preso piede, è importante presentare innanzitutto la causa: il Covid-19. Tutto inizia con un'apparente polmonite in una regione della Cina centrale a Wuhan, città cinese di undici milioni di abitanti nella provincia di Hubei. I primi casi si riscontrano perlopiù tra coloro che avevano avuto contatti con il mercato del pesce e di animali vivi della città, con sintomi di una "polmonite con causa sconosciuta". Il 31 **dicembre** 2019 le autorità cinesi comunicano l'emergenza (OMS, 2021), tuttavia a partire da Wuhan inizia un veloce processo di contagio in tutto il Paese; non è affatto un fenomeno isolato.

La malattia, che si scopre trasmissibile da uomo a uomo, e non solamente tra animale e uomo, è identificata come covid-19, acronimo dell'inglese **Co**rona **VI**rus **D**isease **19** (del 2019); La causa è il virus denominato SARS-CoV-2 appartenente alla famiglia dei coronavirus che agisce sull'apparato respiratorio e risulta alquanto contagioso.
Durante il mese di gennaio a Wuhan scatta il lockdown ma comunque, complice anche la festività cinese del Capodanno, i contagi continuano a crescere in tutto il paese; iniziano anche ad essere identificati i primi casi in Paesi al di fuori della Cina, come in Italia.

Figura 7: etimologia del termine Covid-19

A **febbraio** in Italia sebbene i casi inizino a moltiplicarsi, soprattutto nelle zone di Codogno e Vò Euganeo, non si attuano particolari misure, probabilmente sottovalutando la malattia; con il passare dei giorni il numero di pazienti ricoverati aumenta e così il governo inizia ad attuare una serie di misure d'emergenza. L'11 **marzo** del 2020 l'Organizzazione Mondiale della Sanità dichiara che si è di fronte ad una pandemia globale: chiudono le scuole, si attuano le prime chiusure zonali, infine tutto il Paese entra lockdown (OMS). Subito la preoccupazione delle conseguenze economiche globali a causa del virus investe i mercati finanziari. Il Ftse Mib chiude le contrattazioni con una flessione del 16,92%, mettendo a segno la peggiore seduta della sua storia. Due giorni dopo Wall Street segna il peggior calo giornaliero dal 1987: -12% (Lab 24, 2021).

Si è soliti parlare di pandemia quando "un'epidemia si diffonde su più continenti o in tutto il mondo". Prima dell'influenza da H1N1 del 2009 la definizione teneva conto anche della gravità della malattia che doveva causare "numeri molto alti di morti e malati". Attualmente la differenza tra pandemia ed epidemia segue solo un criterio di diffusione geografica, anche se psicologicamente una pandemia è percepita dall'opinione pubblica come più grave di un'epidemia. La maggior parte dei disastri naturali colpisce più rapidamente a livello locale e ha impatti immediatamente visibili. Al contrario, le pandemie crescono, persistono o ricompaiono ovunque per periodi di mesi e anni. Inoltre, la differenza più evidente tra pandemie e altri disastri è che il danno economico non è causato dalla pandemia in sé, ma dalla risposta. E così è iniziato lo sforzo dei Paesi per contenere il virus e fermare la malattia.

A **maggio** l'Italia entra nella "fase 2" dove iniziano lente riaperture; Nel frattempo quasi tutti i paesi del mondo hanno dovuto affrontare con metodi più o meno efficaci il propagarsi del virus. Mentre la Cina sembra oramai aver arginato il propagarsi del virus, l'epicentro della pandemia si sposta negli Stati Uniti e nell'America Latina. Nel corso della seconda parte del 2020 si assiste ad una lenta ricrescita dei casi fino alla primavera del 2021 dove, per il secondo anno di fila, tornano severe restrizioni, questa volta suddivise per "zone" (gialla, arancione, rossa).

Quando un individuo infetto tossisce o starnutisce, il virus COVID-19 si trasmette in gran parte attraverso il respiro, provenienti dalle goccioline di saliva o di muco nasale.

La maggior parte delle persone infettate dal COVID-19 ha sintomi respiratori da lievi a gravi come tosse, affaticamento e fiato corto, inoltre è anche molto comune la febbre e il mal di gola; altri sintomi possono essere mal di testa, diarrea, naso che cola e/o chiuso e dolore al corpo (Ministero della Salute, 2020).

Come da raccomandazioni dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) corso della pandemia si sono proposti alla popolazione dei test diagnostici per la suddetta malattia utili a monitorare l'epidemiologia e a sopprimere la trasmissione del virus. Gli scienziati si sono impegnati a sviluppare un test sensibile per rilevare il materiale genetico del virus in campioni, infatti il test SARS-COV-2 basato su tampone faringeo è altamente consigliato quando si captano alcuni tra i sintomi sopra descritti. Il test va a rivelare persone che hanno il virus che si replica al loro interno. È infatti importante ricordare che i tamponi che vengono effettuati per determinare i casi di infezione ricadono in due categorie:

-quelli «**diagnostici**» che corrispondono sostanzialmente a casi di pazienti con sintomi che vengono, una volta certificata l'infettività, messi in quarantena o in ricovero ospedaliero; in questi casi il «rapporto tra tamponi e infetti» (nel giorno specifico) è un numero non lontano dal 100%;

- quelli di «**screening o di tracciamento**» che corrispondono al tracciamento di persone collegate a focolai o a contatti con «infetti attivi» noti. In questo caso il «rapporto tra tamponi e infetti» (nel giorno specifico) è un numero più piccolo, che nel corso della pandemia ha oscillato tra qualche punto percentuale e il 30% (Ministero della Salute). Inoltre, tracciando i contatti si trovano molti asintomatici che, per definizione, non vengono identificati attraverso il canale dei tamponi diagnostici, in quanto riguardano persone che, non mostrando, sintomi non si farebbero visitare.

Il Covid-19 mostra un aspetto insidioso che lo rende molto peggiore di quasi qualsiasi altra pandemia precedente: molte persone infette non mostrano sintomi ma sono ugualmente contagiose. L'aspetto emblematico di tale questione è relativo al fatto questi ultimi non hanno mai rivelato alcun sintomo ma avrebbero potuto ugualmente diffondere la malattia: i cosiddetti *positivi asintomatici*. Tali trasmissioni asintomatiche rendono il virus molto più difficile da combattere, perché un semplice test con risultati immediati (come il controllo della temperatura corporea o la domanda sui sintomi) non è in grado di rilevarli. Diversi fattori hanno contribuito alla diffusione internazionale ed

esponenziale del Covid-19: la prevalenza dei viaggi aerei, la trasmissione asintomatica e gli eventi di super-diffusione. Per rallentare la diffusione della malattia, i responsabili politici e gli esperti di salute pubblica in molti paesi hanno sviluppato un catalogo di misure che vengono applicate in misura variabile nella maggior parte dei paesi del mondo, comprese le restrizioni al contatto interpersonale, all'assemblea e ai viaggi, raccomandazioni per l'igiene, l'uso di maschere nei luoghi pubblici, l'isolamento rapido dei pazienti infetti e l'uso di dispositivi di protezione individuale durante il trattamento dei pazienti colpiti. Il COVID-19 ha un ampio spettro clinico con pazienti che mostrano solo una malattia lieve e subclinica durante la fase iniziale della malattia. In alcuni casi, gli individui presentano sintomi tali da essere ospedalizzati, poiché si sviluppa una grave malattia respiratoria acuta che richiede cure intensive e ossigeno integrativo. Anziani e individui più deboli o con malattie pregresse sono a maggior rischio di attacco da parte del virus, hanno più probabilità che la situazione sanitaria si aggravi e porti quindi alla terapia intensiva e, talvolta, alla morte (Ministero della Salute).

A **gennaio 2021** avviene ciò che sembra essere la svolta per combattere il virus: i vaccini. I vaccini sperimentati e attualmente in commercio sono AstraZeneca, Pfizer, Moderna e Johnson and Johnson. La somministrazione soprattutto in Italia è stata molto lenta, ma i risultati evidenti: se prima i governi erano costretti a mettere in atto misure come quarantene o isolamenti, interrompendo le attività di molti impianti di produzione e strutture logistiche nelle regioni colpite, grazie ai vaccini il tasso di aziende chiuse è calato drasticamente. Una doppia o terza dose di vaccino in un individuo non riduce a zero la probabilità né di essere contagiato né di contagiare, ma la riduce drasticamente, così come riduce la probabilità di ospedalizzazione in caso di contagio (OMS). A partire da agosto è stato introdotto il Green Pass: un documento rilasciato a chi è stato vaccinato contro il Covid, ha ottenuto un risultato negativo al test molecolare o antigenico, o è guarito dal covid. Nell' inverno a cavallo tra il 2021 e il 2022 ci si è di nuovo trovati di fronte ad un'intensa ondata che però grazie perlopiù alla protezione che le due dosi (e oramai quasi per tutti la terza) di vaccini, e ulteriori restrizioni riguardanti i non vaccinati, non ha portato gravi perturbazioni nella vita di tutti i giorni, a differenza delle misure prese nei 24 mesi precedenti. Nei grafici sottostanti (Figura 7 e Figura 8) è presentato il numero di contagi mondiali e di morti rispetto agli stati maggiormente colpiti dalla pandemia, aggiornato al 31 gennaio 2021. Possiamo notare che la Cina, epicentro della diffusione del virus, non è presente nella

classifica: ha combattuto la propagazione in modo efficace. Da sottolineare gli USA come primo paese al mondo sia per contagi che per morti, l'Italia all' ottavo posto, con quasi nove milioni di contagi e 146.149 morti (John Eflein, 2021) nel corso dei due anni di pandemia.

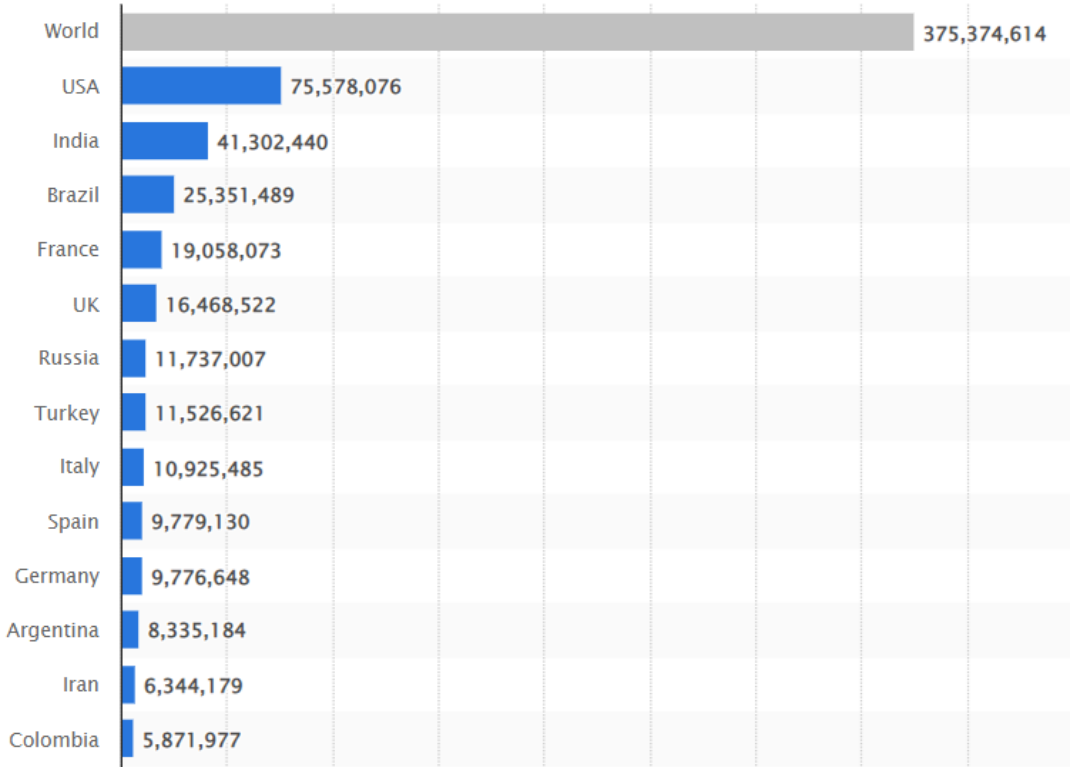

Figura 7: contagi totali di Covid-19 dall'inizio della pandemia al 31/01/2022

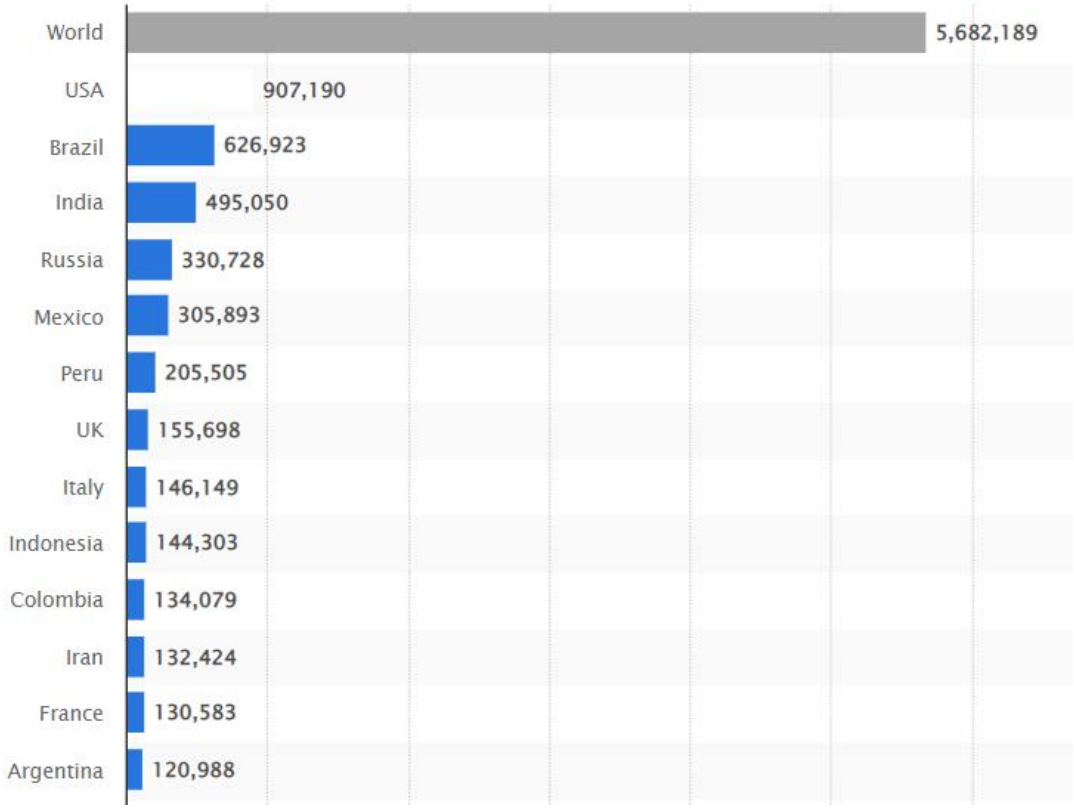

Figura 8: morti totali per Covid-19 dall'inizio della pandemia al 31/01/2022

2.2 L'IMPATTO SULL'ECONOMIA

2.2.1 IMPATTO SUI PIL MONDIALI

Anche se ci sono alcune somiglianze tra la pandemia di influenza spagnola del 1918 e il Covid-19, il mondo in cui viviamo ora per quanto riguarda il commercio globale e la complessità delle supply chain globali, è molto diverso da quello di circa un secolo fa nel 1918 dopo la Prima guerra mondiale. Lo scenario attuale differisce anche da altre pandemie nella storia umana a causa di modelli economici drasticamente diversi. Quando la SARS ha colpito nel 2003, la Cina, per esempio, generava circa il 4% del PIL globale, mentre oggi in Cina si genera circa il 17-20% del prodotto interno lordo mondiale (Rahma Lahyani et al. 2021), il che lo rende la pandemia attuale notevolmente più impattante e pericolosa dal punto di vista industriale. La disruption dovuta al Covid-19 si distingue da altri tipi di interruzione e instabilità; infatti, il suo

effetto sulla catena di approvvigionamento è molto più ampio di qualsiasi evento incontrato in precedenza: in termini di scala regionale, la devastazione dell'uragano Katrina (USA, agosto 2005) e gli incendi in Australia (2020), per esempio, erano limitati a una singola area o nazione. Il Covid-19, invece, ha avuto e continua ad avere un impatto su paesi e aziende di tutto il mondo e di tutti i settori. Un ulteriore esempio è l'uragano Harvey (USA, agosto 2017), che ha portato una disruption nell'industria petrolifera; tuttavia, le raffinerie in altre regioni del paese non furono colpite e furono in grado di colmare rapidamente eventuali carenze.

L'effetto attuale di questa pandemia sulle aziende è stato molto grave, e si prevede che le conseguenze a medio-lungo termine saranno molto peggiori di quelle di precedenti epidemie globali come la SARS nel 2003 e l'H1N1 nel 2009. Secondo studi più recenti, il COVID-19 ha causato instabilità nel 94% delle aziende Fortune 1.000, ovvero una rivista che classifica le 1000 maggiori imprese societarie statunitensi misurate sulla base del loro fatturato, inoltre, mentre il 75% delle aziende ha avuto impatti negativi sul proprio business, il 55% delle aziende prevede di ridurre la propria crescita (Atif Saleem Butt, 2020). Secondo uno studio di Dun and Bradstreet (2020), 51.000 imprese globali hanno una o più fornitori diretti a Wuhan, e almeno 5 milioni di imprese hanno uno o più fornitori di livello due nell'area di Wuhan. Come mostrato nel grafico seguente, le esportazioni cinesi verso il resto del mondo a partire da gennaio 2020 sono calate drasticamente: verso l'Europa di circa il 19%, mentre verso il nord America addirittura del 28%.

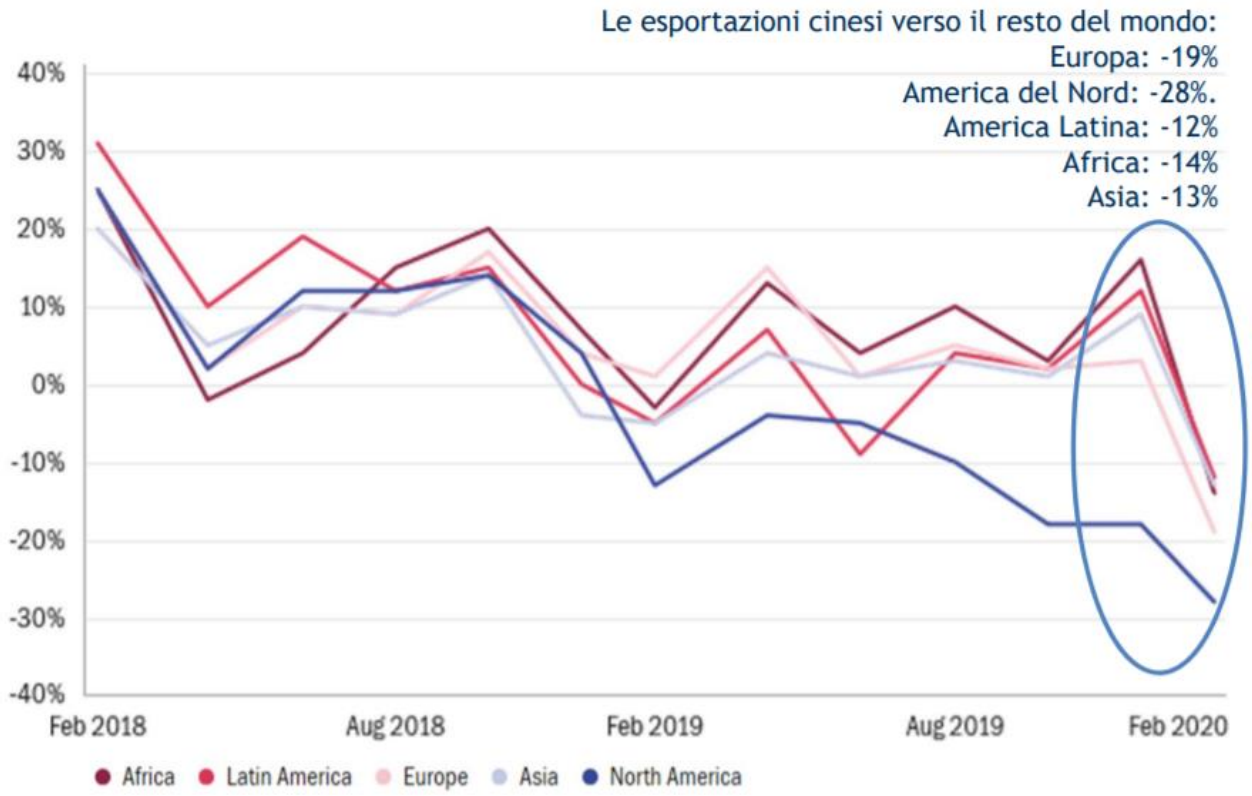

Figura 9 : le esportazioni cinesi verso il resto del mondo

COVID-19 ha avuto un impatto significativo sui **PIL** delle nazioni. Per esempio, a causa della COVID-19, il PIL del Regno Unito è sceso del 21,7% nel secondo trimestre, seguendo solo il calo del PIL della Spagna del 22,1% (Commissione Europea, 2021). Allo stesso modo, la COVID-19 sta distruggendo le imprese, impattando negativamente le operazioni e riducendo la redditività. Le poste tedesche, per esempio, hanno annunciato una perdita EBIT tra i 60 e i 70 milioni di euro, nel mese di febbraio 2020, i prezzi al dettaglio in Cina sono saliti in media del 21,9% e Apple ha annunciato un calo dei guadagni trimestrali (Atif Saleem Butt). In seguito all'interruzione delle attività di produzione del COVID-19 l'epidemia ha reso inattivo oltre il 9% delle flotte di navi portacontainer alla fine di febbraio 2020, e gli indici di produzione cinesi hanno raggiunto la loro posizione più bassa dalla Grande Recessione (Atif Saleem Butt). In Italia, come mostra la figura sottostante, il PIL ha avuto un decremento di 6 punti percentuali durante il 2020, così come altri indicatori che direttamente o indirettamente sono collegati alla crescita economica, come i

consumi e gli investimenti, le esportazioni e l'occupazione. Nel corso del 2021 si è poi evidenziata una tendenza in crescita; dopo la gravissima crisi dell'anno precedente le aziende italiane si sono assestate, grazie anche agli aiuti governativi, anche se tuttavia non si è ancora tornati ai livelli pre-pandemia, e probabilmente, saranno ancora necessari diversi anni (Confindustra, 2021).

	2019	2020	2021
Prodotto Interno Lordo	0,3	-6,0	3,5
Consumi delle famiglie residenti	0,4	-6,8	3,5
Investimenti fissi lordi	1,4	-10,6	5,1
Esportazioni di beni e servizi	1,2	-5,1	3,6
Occupazione totale (ULA)	0,3	-2,5	2,1
Indebitamento della PA[1]	1,6	5,0	3,2

Figura 10: dati Confindustria sulla situazione italiana dal 2019 al 2021

Uno dei più grandi problemi che hanno impattato sulle supply chain globali è che il COVID-19 fa sì che si verifichino simultaneamente forti fluttuazioni sia della domanda che dell'offerta; e ciò si ripercuote sul mercato producendo un effetto a cascata che si estende attraverso i vari settori (acquirenti, distributori, fornitori) della supply chain (Saad Zighan).

Il primo problema emerso è stato quello dello **shock dell'offerta**: nei primi mesi del 2020 poiché il COVID-19 ha messo a dura prova la **Cina**, ci si è trovati di fronte ad interruzioni nella disponibilità delle merci provenienti dal primo paese colpito dalle chiusure, a causa sia della mancanza di prodotti finiti in vendita che di materie prime che servivano nelle fabbriche.

Nel resto del mondo il problema di disruption si è subito propagato. Da una parte ci sono i **governi**. I governi sono preoccupati per l'aggravarsi della crisi pandemica e per

il punto di rottura dell'assistenza sanitaria e reagiscono perlopiù istituendo blocchi. Le misure adottate dai governi sono la restrizione agli spostamenti delle persone e ai trasporti per ridurre la propagazione. Allo stesso tempo, i governi devono essere pronti a compensare le chiusure, per non distruggere l'economia del Paese attraverso sussidi ai consumatori, per prevenire il crollo dei consumi, e spese governative per scongiurare il fallimento delle aziende e il licenziamento collettivo. Non c'è mai stato un periodo in cui le catene di approvvigionamento siano state sottoposte ad una così grande pressione come quando le politiche introdotte dai governi di tutto il mondo hanno limitato il libero flusso di beni e servizi attraverso lockdown totali o regionali. Ciò ha comportato:

- da una parte l'interruzione della produzione, dovuta alla chiusura degli stabilimenti o dalla mancanza di rifornimenti (a causa della chiusura degli stabilimenti a monte della catena logistica);
- dall'altra parte la diminuzione della domanda in molti settori, e un inatteso aumento repentino sempre della domanda, ma in altri settori, come quello farmaceutico e alimentare (beni di prima necessità).

La principale preoccupazione delle **aziende** riguarda l'impatto su lavoro, sull'offerta e sulle vendite. A causa della situazione, sono costrette a ridurre l'attività commerciale e quindi a ridurre le vendite e gli acquisti, mantenendo l'equilibrio: una vera sfida per i fornitori e i loro dipartimenti di logistica. Inoltre, l'offerta ridotta e una domanda sostanzialmente non influenzata hanno portato ad un'impennata dei prezzi; In terzo luogo, l'afflusso di denaro, perlopiù per i dettaglianti si è improvvisamente fermato: la rotazione del contante è drasticamente rallentata, tranne che per i fornitori di beni essenziali. Un'ultima conseguenza evidenziata è la carenza di manodopera a causa dei cittadini, spesso chiusi in casa a causa del contagio o di contatti con persone contagiate.

Dal punto di vista dei **consumatori** la situazione è la seguente: man mano che la minaccia del virus aumenta, il consumatore è preoccupato di essere infettato. Ciò richiede alla persona di adottare misure, supportate dal comportamento del governo, come aumentare il distanziamento sociale, mantenere l'acquisto di base ma ridurre gli acquisti discrezionali. Questo è legato all'ambiente lavorativo instabile, e quindi al

reddito incerto, ma anche alla necessità di schivare luoghi affollati e potenzialmente contagiosi. Ciò si riflette anche nell'ambiente delle aziende che possono contare su un ridotto contributo di manodopera e acquisti.

L'impatto immediato e più notevole della COVID-19 è stato l'improvviso picco della domanda globale di forniture mediche relative al virus; in poco tempo la domanda ha superato i massimi livelli di produzione nazionale, creando stockout, con conseguente aumento della domanda e dei prezzi. Al contrario, per la maggior parte degli altri settori, si è di fronte ad una riduzione della spesa delle famiglie che porta ad un calo della domanda complessiva dei consumatori dovuto allo shock derivante dall'aumento delle spese sanitarie, e ancora peggio, alla distorsione dei modelli di consumo e le conseguenti anomalie di mercato derivanti da acquisti di panico tra i consumatori a causa del cambiamento delle preferenze per alcuni beni.

Tutto ciò ha creato sul mercato qualcosa di completamente nuovo: lo **shock della domanda**; Se da una parte i cittadini hanno ridotto i loro consumi di moltissimi prodotti, dall'altra le persone fanno scorta di beni di prima necessità per rispettare le restrizioni sui movimenti, in alcuni casi acquistando quantità nettamente superiori alla media di merce in un solo giorno. L'esempio più discusso, la carta igienica, è ironicamente di solito l'esempio di riferimento di prodotto perfettamente prevedibile, dal momento che il consumo finale è generalmente piuttosto stabile. Anche il caso del **lievito** in Italia risulta emblematico: per un certo tempo a causa di questo shock gli scaffali dei supermercati sono risultati spesso vuoti e sembrava esserci il timore che le catene di approvvigionamento alimentare non sarebbero state in grado di rispondere a questa impennata senza precedenti della domanda. Fortunatamente, con poche eccezioni, le catene di approvvigionamento alimentari hanno risposto alla chiamata: gli scaffali sono stati riforniti e questo ha fornito una misura di rassicurazione alle persone in un periodo angosciante. Tuttavia, il problema della **resilienza** è meno rilevante per le filiere alimentari poiché tendono ad esserlo molto di più filiere locali rispetto a tutte le altre.

L'interruzione delle catene di approvvigionamento prodotta dal COVID-19 ha avuto due direttrici fondamentali: da un lato la gestione del rischio da parte dei flussi fisici delle filiere, ovvero lo shock dell'offerta e, dall'altro, la gestione dei flussi immateriali e quindi lo shock della domanda.

La filiera è normalmente costituita da due flussi principali detti flussi tangibili (fisici):

- Il flusso di beni e servizi dell'azienda, dall'azienda ai distributori e infine ai rivenditori per raggiungere i consumatori.

- Il flusso di cassa o finanziario, che inizia con i pagamenti dei clienti per beni e servizi ricevuti, e termina i pagamenti ai partner commerciali per le forniture e tutte le altre risorse utilizzate lungo la catena.

Flussi immateriali: si tratta di altri quattro flussi principali, che circolano in entrambe le direzioni; essi sono fondamentali per comprendere il processo di gestione end-to-end:

- Il flusso di informazioni: la gestione del volume di big data in maniera continuativa nella catena
- Scambio di livello di rischi: la gestione e il trasferimento dei rischi esistenti tra gli agenti della filiera
- Relazione personale
- Scambio di idee e innovazioni all'interno dell'azienda e tra l'azienda e gli agenti esterni

2.2.2 PROBLEMI DI LIQUIDITÀ

Con la diffusione della pandemia in tutto il mondo, sempre più aziende hanno dovuto affrontare problemi di liquidità, a causa del rallentamento dell'economia. La maggior parte delle aziende, infatti, devono gestire i costi fissi senza ricavi ma in qualche modo devono cercare di proteggere il business dando solidità finanziaria all'azienda. In una fase di contrazione economica come quella a cui il Paese va incontro è necessario evitare che gli effetti sull’economia reale si trasferiscano al settore del credito, causando ulteriori impatti negativi su famiglie, imprese ed enti locali, oltre che sul sistema finanziario. Tanto le famiglie quanto le imprese e gli enti locali rischiano di vedere significativamente erose le proprie entrate e ciò pregiudica la loro capacità di

far fronte ad impegni finanziari pregressi e potrebbe rendere anche difficoltoso l'accesso al credito. Da ultimo, nel Decreto cd "Agosto" 2020, è stata assicurata continuità nel tempo all'operatività del Fondo PMI ed estesa la durata della moratoria su prestiti e mutui. Inoltre, le banche centrali di tutto il mondo hanno adottato misure per infondere liquidità riducendo i **tassi di riferimento** (Ministero dell'economia e delle finanze, 2020). Ciò ha determinato un massiccio rialzo dei rendimenti dopo un taglio di 150 punti base da parte della *Federal Reserve* statunitense. Il tasso LIBOR a tre mesi (il principale parametro di riferimento per i prestiti denominati in FC) è sceso a livelli inferiori all'1%. Il Giappone e l'Eurozona hanno un regime di tassi di interesse negativi, che consente essenzialmente di contrarre prestiti a tasso di interesse zero più livelli di spread creditizio (Ministero dell'economia e delle Finanze).

Dal punto di vista aziendale, il problema della liquidità è stato affrontato in diversi modi, alcuni esempi sono:

- Taglio dei costi: il taglio dei costi di solito comporta il taglio della retribuzione dei lavoratori, ma anche il ritardo degli investimenti e il taglio della spesa discrezionale. Quest'ultima voce è strettamente connessa alla tendenza che le aziende affrontano in tempi di crisi. Solitamente smettono di investire e, in alcuni casi estremi, come quello pandemico, tagliano la produzione di alcuni articoli specifici, a determinate condizioni e annullando i lanci di nuovi prodotti;

- Una seconda misura per ridurre i costi consiste nel modificare il ciclo di conversione in contanti, ovvero il ciclo che coinvolge la tempistica degli eventi relativi a fornitori, clienti e magazzino. Le aziende possono risparmiare denaro ritardando la velocità con cui pagano i loro fornitori; d'altro canto, però ciò porta a danneggiare finanziariamente i fornitori, portando all'interruzione della fornitura.

- Politiche per incentivare la vendita dei prodotti a magazzino. Le scorte a magazzino bloccano il denaro che può essere rilasciato vendendo

l'inventario e riducendo il tempo che le parti e i prodotti trascorrono fermi o in viaggio nella supply chain. Così facendo si migliorano i livelli di cassa ma aumentano anche i rischi relativi al livello di servizio in caso di aumento della domanda, rischiando di andare in stockout e quindi generare un'interruzione delle forniture.

2.2.3 IMPATTO SULLE IMPRESE ITALIANE

La diffusione della pandemia non ha seguito un andamento lineare né in fase di crescita e di sviluppo né tantomeno in fase di decrescita e di miglioramento. Per tale ragione, risulta particolarmente difficile riuscire a definire a livello numerico e quantistico l'impatto finanziario di settori/imprese che durante periodi ristretti hanno visto alternarsi fasi di totale chiusura a fasi di lavoro scandite da parziali restrizioni, costretti a adeguarsi, inoltre, a diverse modalità (asporto o consegna a domicilio, e-commerce). In uno scenario così particolare, alcuni settori sono riusciti a rispondere bene o comunque a resistere, seppur registrando perdite; invece, altri settori, i quali la loro esistenza non era compatibile con la diffusione della pandemia in questione per le modalità di erogazione del servizio richieste, sono rimasti totalmente chiusi per mesi registrando così solamente delle perdite.

La crisi economica generata dall'emergenza Covid-19 ha inflitto gravi danni al nostro sistema economico con forti perdite per le imprese italiane, penalizzate dal lockdown e dalle altre restrizioni logistiche legate al contenimento dell'epidemia e colpite dal forte stallo della domanda interna e globale. Le imprese italiane hanno perso il 12,7% dei propri ricavi nel 2020, per poi riprendersi nell'anno successivo, in cui è avvenuto un aumento dell'11,2% che comunque non ha riportato i fatturati ai livelli del 2019 (-2,9%) (Cerved, 2021).

Dal punto di vista settoriale, seppur in un contesto generalizzato di forte contrazione dei fatturati, gli impatti sarebbero molto diversificati nell'economia. Gli effetti della crisi sono particolarmente severi per i comparti della logistica (-12,7%), dei servizi non

finanziari (-8,4%) e dei mezzi di trasporto (-8,2%). Gli unici comparti a far registrare performance positive al termine del periodo di previsione sono il chimico-farmaceutico (+7%) e, in misura minore, l'elettrotecnica e informatica (+0,3%); Dopo questi due anni anche il comparto agricolo si è riportato su valori di fatturato superiori al 2019 (+0,8%) (Cerved).

Analizzando i trend ad un maggiore livello di dettaglio, il settore più colpito risulta essere quello della proiezione cinematografica, che perde il 65%, del trasporto aereo di passeggeri (-60,8%), con riflessi anche nella gestione degli aeroporti (-56,7%). In forte difficoltà anche il settore turistico, con cali fino al 55% per agenzie viaggi e tour operator e al 52,9% per gli alberghi. Inoltre, un altro settore molto colpito per quanto riguarda i ricavi è stato quello della ristorazione, che durante il 2020 ha bruciato un terzo dei ricavi (Prometeia).

	2019	2020/19
ATTIVITA' DI PROIEZIONE CINEMATOGRAFICA	510	-65,0%
TRASPORTI AEREI DI PASSEGGERI	1.744	-50,8%
GESTIONE AEROPORTI	3.378	-46,7%
TRASPORTI PUBBLICI LOCALI	6.686	-44,2%
AGENZIE VIAGGI E TOUR OPERATOR	9.288	-43,8%
ALBERGHI	12.519	-42,9%
TAXI E NOLEGGIO AUTO CON CONDUCENTE	512	-40,0%
ORGANIZZAZIONE DI FIERE E CONVEGNI	2.893	-40,0%
STRUTTURE RICETTIVE EXTRA-ALBERGHIERE	2.644	-35,4%
RISTORAZIONE	24.724	-33,8%

Figura 11: dettaglio dei settori in maggiore perdita nel 2020, in relazione al 2019

Viceversa, alcuni settori hanno beneficiato dell'emergenza in seguito ai cambiamenti indotti dal virus e dal lockdown nelle abitudini e nelle preferenze di consumatori e imprese. In particolare, si è vista una crescita molto significativa per il commercio on line (+35%), in grande espansione soprattutto nel ramo del food delivery. Si registrano previsioni positive anche per i settori maggiormente impattati all'interno delle catene del valore dell'emergenza sanitaria, come la fabbricazione di dispositivi per la respirazione artificiale (16,8%), di vetro per laboratori, farmacie e ad uso igienico (10%), di attrezzature e articoli di vestiario protettivi (12,3%) e la produzione di tessuti

non tessuti (11,3%). Inoltre, anche per le specialità farmaceutiche (+ 10,6%) e per i canali della distribuzione alimentare caratterizzati da maggiore prossimità, come i supermercati, i discount e i minimarket (+10,7%) (Cerved).

	2019	2020/19
COMMERCIO ON LINE	4.327	35,0%
FABBRICAZIONE DI DISPOSITIVI PER LA RESPIRAZIONE ARTIFICIALE	11	16,8%
ATTREZZATURE E ARTICOLI DI VESTIARIO PROTETTIVI DI SICUREZZA	20	12,3%
TESSUTI NON TESSUTI E ALTRI TESSILI TECNICI E INDUSTRIALI	3.186	11,3%
SUPERMERCATI, DISCOUNT, MINIMARKET	62.946	10,7%
SPECIALITA' FARMACEUTICHE	25.731	10,6%
FABBRICAZIONE DI VETRO PER LABORATORI, FARMACIE E AD USO IGIENICO	162	10,0%
FABBRICAZIONE DI CASSE FUNEBRI	84	9,7%
MATERIE PRIME FARMACEUTICHE	4.375	7,9%
COMMERCIO AL DETTAGLIO PRODOTTI SURGELATI	223	7,0%

Figura 12: dettaglio dei settori in maggiore rialzo nel 2020, in relazione al 2019

Nel corso del 2021 l'industria manifatturiera italiana è riuscita a intercettare le opportunità offerte dalla ripresa economica interna e internazionale, dove le economie mature hanno recuperato il testimone da quelle emergenti, accelerando nel percorso di ripresa del fatturato già intrapreso nella seconda metà del 2020. Nei primi cinque mesi del 2021, la crescita del giro d'affari è stata del 31% in termini tendenziali, a valori correnti (risentendo del confronto con i punti di minimo toccati in marzo e aprile dello scorso anno, durante la fase di fermo impianti) e del 5.3% rispetto ai livelli pre-Covid del gennaio-maggio 2019 (Prometeia, 2021).

Un sostegno parziale è giunto dai prezzi, +1.9% sempre nei primi cinque mesi dell'anno, che riflettono i rincari diffusi sui mercati delle materie prime, particolarmente intensi per alcuni settori. Anche l'indice della produzione industriale ha colmato buona parte delle perdite accusate durante la fase più acuta della crisi sanitaria 2020, registrando un +24% di crescita tendenziale nei primi cinque mesi dell'anno e accorciando a -2.6% il divario con i corrispondenti livelli produttivi del 2019. Meno dinamico il recupero di Germania (-8% rispetto al gennaio-maggio 2019), Francia (-7.4%) e Spagna (-5.1%) (Prometeia).

Gli investimenti trainano la ripresa del mercato domestico: nel primo trimestre 2021 hanno mostrato un'accelerazione rispetto alla dinamica già positiva di fine 2020, mettendo a segno un +3.7% di crescita congiunturale, a fronte di un +0.4% di media Ue (Prometeia), sintesi di un'evoluzione meno brillante in Germania e Francia e di un calo in Spagna. La buona performance dell'Italia è da attribuirsi sia agli investimenti in macchinari e attrezzature sia agli investimenti in costruzioni (sostenuti dagli incentivi per l'edilizia residenziale e non residenziale, in particolare nel settore pubblico), dove il nostro Paese ha conseguito in assoluto la performance migliore tra i concorrenti europei, a fronte di un fisiologico rallentamento degli investimenti in mezzi di trasporto.

Meno dinamici i consumi nel primo trimestre 2021, rispetto agli investimenti: il -2% di calo congiunturale in Italia è frutto di acquisti di servizi e beni semidurevoli ancora penalizzati dal permanere di restrizioni (Prometeia). In aumento i consumi di beni durevoli, invece, sostenuti dagli incentivi sulle vetture a basse emissioni inquinanti (da poco rinnovati), i cui effetti sono già visibili sulle immatricolazioni: il peso dei veicoli ibridi ed elettrici (HEV) sul totale delle nuove vetture immatricolate è aumentato in misura considerevole (verso una quota del 68%), anche nel confronto con le altre maggiori manifatture europee.

L'export italiano si dimostra reattivo nell'agganciare il ritrovato dinamismo degli scambi mondiali. Anche la componente estera del fatturato ha superato abbondantemente i livelli pre-Covid (+2.1% rispetto ai primi cinque mesi del 2019, a valori correnti), grazie al buon andamento delle esportazioni. L'export italiano di beni manufatti si è mostrato reattivo nell'agganciare la ripresa degli scambi mondiali, collocandosi su livelli stabilmente superiori alla situazione pre-Covid (in parte influenzata dagli strascichi della guerra dei dazi tra Stati Uniti e Cina e dalla crisi del settore automotive). Il +4% a valori correnti messo a segno tra gennaio e aprile 2021, rispetto ai primi quattro mesi del 2019, supera il +3.1% dell'export spagnolo. Ancor più lontane le altre manifatture concorrenti di Germania e Francia, che registrano un divario di export dell'1.4% e del 6.7% rispettivamente, sempre rispetto al gennaio-aprile 2019. Il recupero italiano è stato sostenuto soprattutto dalla domanda proveniente dai mercati europei, dove le vendite sono cresciute del 6.2%, a fronte di un +1.4% sui mercati extra-Ue (Prometeia).

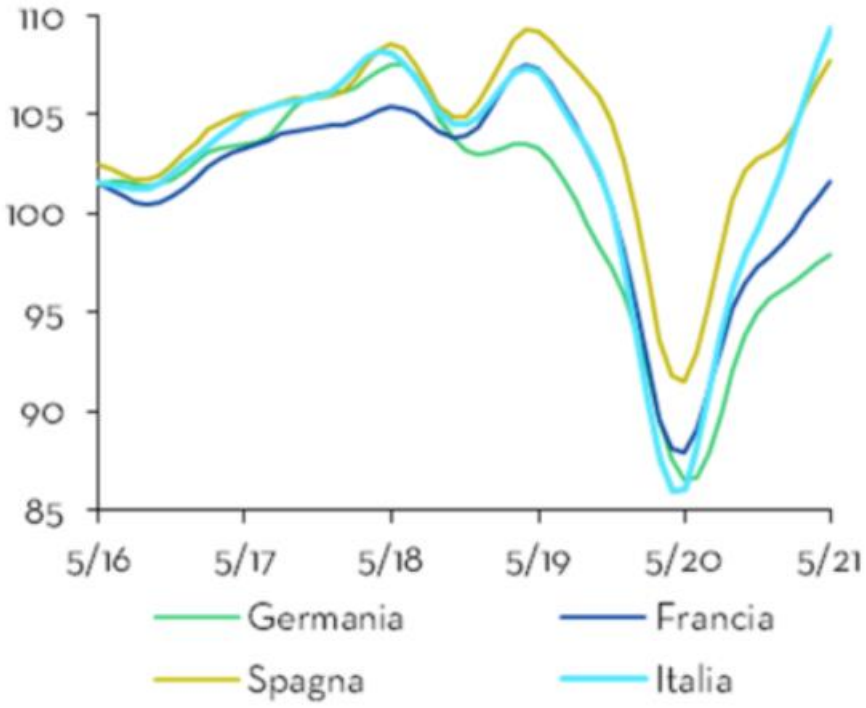

Figura 13: Produzione manifatturiera nei principali paesi europei

Il recupero dei livelli di fatturato pre-Covid è diffuso alla quasi totalità dei settori: in termini merceologici, il vantaggio italiano sui concorrenti europei si spiega attraverso il superamento dei livelli pre-Covid da parte dei settori attivi lungo la filiera delle costruzioni, sia in termini di fatturato che di produzione. In testa al ranking Elettrodomestici (+25.7% il fatturato complessivo gennaio-maggio 2021 a valori correnti, rispetto al corrispondente periodo 2019) e Mobili (+11.3%) (Prometeia), che hanno ricevuto una notevole spinta dagli incentivi e dal rinnovato interesse nel vivere l'ambiente domestico indotto dalla pandemia, anche in ottica di lavoro e studio. Si tratta, infatti, di una tendenza visibile anche nei dati francesi e, parzialmente, in quelli tedeschi e spagnoli (dove spicca la crescita degli Elettrodomestici ma non dei Mobili). Seguono in classifica i Prodotti e materiali da costruzione (+9.6%, sempre in termini di fatturato) (Prometeia).

I livelli gennaio-maggio 2019 sono stati superati, in termini di fatturato e produzione, anche da parte di alcuni settori produttori di beni intermedi (Metallurgia +14.8% il fatturato complessivo dei primi cinque mesi del 2021, a valori correnti, Elettrotecnica

+11.8%, Intermedi chimici +11.7%, Prodotti in metallo +7.5%, Altri intermedi +3.7%) che hanno beneficiato tanto del traino delle costruzioni quanto delle spinte di recupero di altri importanti settori attivanti, quali automotive e Meccanica (Prometeia).

Si tratta di due settori, questi ultimi, che hanno ripreso slancio a partire dalla seconda metà del 2020 chiudendo il gap di fatturato rispetto al pre-Covid (+5% gli Autoveicoli e moto nel gennaio-maggio 2021, sul corrispondente periodo 2019, +2.8% la Meccanica) (Prometeia), ma che ancora non hanno raggiunto un pieno recupero dei livelli produttivi pre-crisi. Il confronto con Germania, Francia e Spagna fa emergere, comunque, un'Italia più avanti nel percorso di risalita della produzione, non solo nella Meccanica, settore di punta del nostro manifatturiero, sostenuto sia da un mercato interno in vivace ripresa sia da un ritrovato dinamismo dell'export di macchinari, ma anche nell'automotive, tra i settori più colpiti dai provvedimenti di lockdown 2020.

In fisiologico rallentamento, nei profili di evoluzione di fatturato e produzione, due settori che hanno ricevuto un grande impulso di crescita durante la prima fase della pandemia, quali Alimentare e bevande (+3.6% il fatturato, rispetto ai primi cinque mesi del 2019) e Largo consumo (-1.6%), dove convivono specializzazioni trainate dalle nuove abitudini di consumo (ad esempio alcune tipologie di alimenti assoggettabili a scorte, come pasta e prodotti dell'industria molitoria, e i prodotti per la detergenza della casa e della persona) e altre specializzazioni che ancora risentono della situazione variabile della crisi sanitaria (i comparti dell'Alimentare e bevande legati al canale Ho.Re.Ca. e la cosmetica) (Prometeia). Evoluzioni contrastanti tra segmenti di specializzazione si rilevano anche all'interno della Farmaceutica e dell'Elettronica, che pareggiano i livelli 2019 in termini di fatturato ma non di produzione. Il settore farmaceutico si trova, di fatto, in attesa di un pieno reintegro dei piani di cura ordinari, rallentati dalle cure Covid. L'Elettronica mostra tassi di crescita significativi nei dati più recenti ma sconta, ancora, un rimbalzo contenuto del comparto dei semiconduttori. Il Sistema moda si conferma in coda alla classifica quale settore più colpito dagli effetti della recessione, in quanto legato a doppio filo alla socialità e al turismo, sia in Italia (-13.7% il fatturato dei primi cinque mesi 2021, rispetto al 2019) sia nelle altre principali manifatture europee. In Francia, dove il segmento del lusso riveste un ruolo di primo piano al pari dell'Italia, sono emersi segnali di recupero più intenso nei dati più recenti, che potrebbero però essere smorzati dall'aggravio della situazione di incertezza

mondiale.

L'indice PMI (Purchasing Manager's Index) manifatturiero si mantiene al momento sopra la soglia espansiva dei 50 punti raggiunta nel luglio 2020, sia in Italia sia nei Paesi europei diretti concorrenti come Germania, Francia e Spagna (Prometeia).

L'industria manifatturiera si trova a fronteggiare pressioni al rialzo sui costi di approvvigionamento, che potrebbero smorzare gli effetti di ripresa del fatturato, comprimendo margini e redditività nei prossimi mesi. Alcuni dei driver rialzisti sono di carattere transitorio, quali i colli di bottiglia nelle filiere produttive (come i semiconduttori) e l'aumento dei costi di trasporto, sia del costo dei noli sia delle tariffe container, la cui origine è da ricercarsi nell'asincronia di ripresa tra Cina ed economie avanzate. Qualche elemento di preoccupazione in più resta per i rincari delle materie prime, i cui prezzi hanno mantenuto un profilo espansivo nel primo semestre del 2021, raggiungendo picchi senza precedenti storici recenti negli acciai, nei metalli non ferrosi, nelle plastiche e nei prodotti forestali (Prometeia). Parte dei rialzi, legati a doppio filo ai trasporti e alle difficoltà dell'offerta nel tenere il passo con la domanda, è attesa rientrare in modo graduale entro fine anno. Alcune commodity, tuttavia, sono destinate a mantenere quotazioni strutturalmente più elevate, sostenute dai piani di stimolo all'economia varati dai diversi governi del mondo e dalla spinta alla transizione ambientale. Quest'ultima potrà imporre, inoltre, extra-costi ai settori più energivori, legati ai diritti di emissione e all'introduzione di un sistema di tassazione dei prodotti a carbon footprint, che stanno già destando preoccupazione tra gli operatori e che potrebbero essere traslati lungo le filiere, penalizzando i comparti più frammentati e/o collocati a valle dei processi produttivi.

2.3 SHOCK DELLA DOMANDA E DELL'OFFERTA

Come un tipico evento di disruption, il COVID-19, ha colto il mondo di sorpresa. Per tale ragione, ci si chiede se potrebbe essere proprio l'accadimento del cigno nero a costringere molte aziende e intere industrie, a ripensare e a trasformare il loro modello di catena di fornitura globale. Quando si verificano eventi di questa portata, che

causano interruzioni della catena di approvvigionamento, una supply chain basata su modelli di resilienza e flessibilità è chiaramente avvantaggiata. Ciò che tuttavia comporta e ha comportato enormi impatti sociali, logistici, economici e finanziari è stato proprio l'accadimento stesso di un evento "raro", non previsto e quindi la non capacità di riuscire a trovare piani alternativi efficienti in tempi brevi. Una supply chain più **flessibile**, invece, sarebbe riuscita ad apportare modifiche per soddisfare le esigenze dei consumatori, per un recupero più rapido e con minori costi.

Il mondo delle supply chain globali è stato sfidato da focolai di malattie senza precedenti, comportando in ogni occasione effetti negativi sulla società nella sua totalità e quindi anche sull'efficienza delle operazioni di business delle catene di approvvigionamento. L'accadimento di un semplice evento raro comporta un effetto "a catena" causando interruzioni globali sull'intero flusso logistico da monte a valle e viceversa. Nonostante siano stati numerose le epidemie/pandemie che hanno colpito le supply chain, COVID-19 risulta essere considerata come una malattia di vasta portata e senza precedenti, estremamente contagiosa e con impatti distruttivi. Ma il coronavirus è semplicemente un esempio di come una pandemia possa devastare le catene di approvvigionamento in tutto il mondo. Allo stesso modo, i blocchi e i limiti commerciali e di spostamento imposti dai governi nazionali necessari ad appiattire la curva dei contagi ha colpito in maniera rapida come un meteorite, spingendo l'economia globale nella peggiore recessione dai tempi della Seconda guerra mondiale. In merito ai rilevanti shock logistici riscontrati durante la pandemia, un articolo di Deloitte del 2020 riporta che: "poiché la Cina è considerata una fabbrica mondiale, le interruzioni della pandemia alle SC in tutto il mondo sono iniziate lì prima di diffondersi altrove". Inoltre, sempre Deloitte, nella sua analisi epidemiologica ha riportato che, settori come la moda e l'elettronica hanno subito cali significativi della domanda, laddove alcune altre categorie, come quella dei prodotti per l'igiene personale, hanno assistito a una crescita mai vista prima. Tutto ciò ha avuto inevitabili ripercussioni sulla catena di approvvigionamento e ha costretto le aziende a rivedere i piani e le attività per affrontare tali cambiamenti. Secondo un sondaggio realizzato dall'Institute for Supply Management (SCMP), a inizio marzo 2020, periodo di dichiarazione ufficiale della pandemia globale, più dell'80% delle imprese coinvolte riteneva che avrebbe incontrato difficoltà a causa della COVID-19 e, alla fine del mese, tale percentuale è salita al 95%. Le supply chain sono definite come reti economiche

che utilizzano la produzione di risorse naturali, la produzione di prodotti, il trasporto e la vendita al dettaglio per fornire tutte le tipologie di beni necessari alla vita umana.

Nel dettaglio, il Covid-19 ha innescato tre categorie di interruzioni in termini di supply chain e catene logistiche globali:

1. In primo luogo, la pandemia ha interrotto le forniture quando le strutture sono state chiuse a causa di focolai di infezione e blocco del governo. Il COVID-19 ha interrotto lunghi tratti di fornitura “a basso costo” da Oriente verso Occidente: "il grande impianto di produzione del mondo" è rimasto in ginocchio e ha messo in luce tutta la fragilità delle imprese occidentali (Supply Shock).

2. In secondo luogo, la pandemia ha interrotto la domanda poiché le persone hanno interrotto o ridotto il consumo di alcuni articoli a causa della disoccupazione, degli ordini di blocco o dei cambiamenti nei bisogni e nei desideri. Le aziende di medio-grande dimensione si sono attivate al fine di acquistare “Stock Strategico” (più materiale del necessario, al fine di non fermare le linee) e correre verso fornitori “più vicini”, al fine di riqualificarli e rendere le filiere “più vicine e flessibili”. Tuttavia, una volta messa in sicurezza la produzione a Occidente, il virus ha allargato il suo raggio di azione muovendo ad Ovest e determinando quindi il fermo anche di larga parte dei mercati finali (Demand Shock). Lato demand, si voglia rammendare un processo inverso dovuto al fatto che la pandemia ha aumentato in modo significativo la domanda di altri articoli, come forniture mediche (DPI, ventilatori, cure del giorno), prodotti per la pulizia, determinati alimenti e molti altri prodotti adatti allo stile di vita di un rifugio sul posto (macchine per il pane, farina, lievito, puzzle, attrezzi ginnici, tinture per capelli, ecc.).

3. In conclusione si è verificato un Bullwhip Effect (aumento della variabilità della domanda man mano che ci si allontana dal mercato finale e si risale la catena di fornitura) di proporzioni enormi, forse mai viste prima, che ha travolto un largo numero di settori: il solo turismo in Europa risentirà del fatto che circa l’85% dei voli è stato cancellato o, ad esempio, in UK le vendite di pasta hanno subito un tracollo del -168%.

2.3.1 LA DOMANDA

La domanda nel mercato di un certo bene o servizio `e costituita dal gruppo di persone che è disposto a pagare denaro per acquistare quantità del bene o servizio. La curva di domanda, o la funzione di domanda, è la relazione tra prezzo del bene e quantità che i compratori sono disposti ad acquistare a quel determinato prezzo (Valente Marco, 2020).

La domanda, tuttavia, non è mai stabile e dipende da molti fattori

- Le preferenze dei consumatori: se un bene piace di più, allora a parità di prezzo se ne comprerà una quantità maggiore.
- Le informazioni dei consumatori: se i consumatori si rendono conto della utilità di un bene, che prima non conoscevano, saranno disposti a comprarne di più allo stesso prezzo.
- Il reddito dei consumatori: Se i consumatori hanno più soldi di prima, compreranno maggiori quantità a parità di prezzo.
- Il numero di consumatori: se aumentano i consumatori, ad esempio per migrazioni, aumenterà la quantità venduta.
- Le aspettative dei consumatori: se i consumatori ritengono che il prezzo salirà, allora chi voleva comprare il bene in futuro anticiperà l'acquisto.
- Il prezzo di altri beni collegati. Se la quantità acquistata di un bene alternativo o complementare cambia, avrà effetti anche sulle quantità di beni collegati allo stesso prezzo.

La previsione della domanda può essere definita come: "il tentativo di determinare oggettivamente la natura e l'entità di ciascuna richiesta che un'azienda può ragionevolmente attendersi in un prefissato orizzonte di tempo" (Melloni, 2020).
La previsione è fondamentale perché serve per conoscere gli investimenti e le risorse che un'azienda deve allocare alla gestione delle scorte, al piano di produzione e alla sua capacità.

2.3.2 SHOCK DELLA DOMANDA

La previsione della domanda, in particolare, è essenziale se in un'azienda il tempo di approvvigionamento dei materiali unito a quello necessario per la fabbricazione e per la consegna risulta essere maggiore di quello che il consumatore è disposto ad aspettare. Negli ultimi anni le aziende hanno speso molto per potenziare la propria capacità di pianificazione della domanda, implementando processi di S&OP, sfruttando al meglio i sistemi ERP evoluti e introducendo strumenti di intelligenza artificiale. La pandemia COVID-19 ha scombussolato la normale operatività, generando uno shock della domanda mai registrato prima in un intervallo di tempo così breve. Da gennaio, l'impatto dell'epidemia è passato da essere uno shock dell'offerta localizzato e incentrato sulla Cina, che ha comunque generato ripercussioni sulle catene di fornitura mondiali, ad essere un violento shock della domanda, danneggiando i consumi e gli investimenti non più solo in Cina, ma anche in Europa, Stati Uniti e America Latina. In prima istanza è doveroso rimarcare che la strategia di mitigazione imposta dai governi in risposta alla pandemia in corso riguardava l'adozione di misure di confinamento e mitigazione come l'allontanamento sociale o la totale chiusura di alcuni settori dell'economia. È proprio questa la causa scaturente di quello che è definito demand shock.

I consumatori stessi hanno ridotto il consumo dei servizi maggiormente coinvolti dal blocco generalizzato: poiché i lavoratori di alcuni di questi servizi perdono il lavoro e il reddito, riducono anche gli acquisti di altri beni e servizi. Questo, combinato con l'incertezza sull'evoluzione della pandemia, porta a una riduzione della domanda di beni e servizi su tutta la linea, che non riguarda solo questi settori bloccati. Uno shock della domanda, d'altra parte, è qualcosa che riduce la capacità o la volontà dei consumatori di acquistare beni e servizi a determinati prezzi. Ma è necessario analizzare l'evoluzione di questo fenomeno di demand shock: da un lato le persone che stanno a casa e non vanno al ristorante o al cinema per paura del contagio sono un esempio di shock della domanda, ossia non contribuiscono alla crescita dell'economia aggregata. La politica monetaria e fiscale convenzionale può essere utilizzata per compensare gli shock della domanda aggregata, ma altre politiche possono essere più appropriate per stabilizzare l'economia dopo uno shock

dell'offerta. Capire se uno shock è causato dalla domanda o dall'offerta è quindi molto importante per la progettazione e l'attuazione delle politiche di stabilizzazione in quanto il governo potrebbe, tuttavia, indirizzare le politiche (come la politica fiscale o di credito) a settori che non fanno parte del blocco ma sono soggetti a shock aggregati.

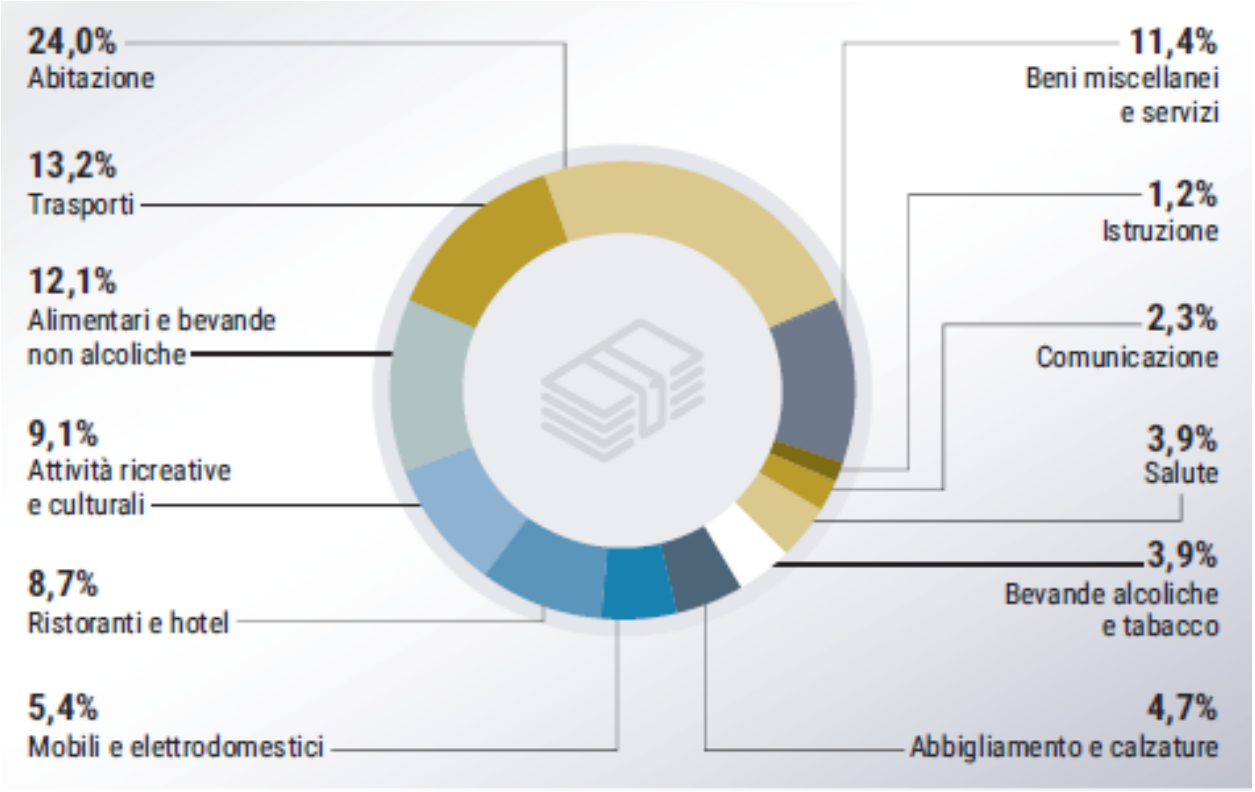

Figura 13: spesa delle famiglie europee per settore

Con specifico riferimento ai volumi di domanda richiesti dai clienti durante i mesi della pandemia mondiale ed al conseguente problema della previsione delle vendite future per le aziende, i settori e i comparti industriali sono stati colpiti con impatti differenti, da quelli caratterizzati da riduzioni lievi di domanda, decrementi forti o addirittura azzeramenti nei volumi di vendita, ad imprese che hanno vissuto una forte crescita dei volumi richiesti dal mercato. Tra i settori duramente colpiti, ovvero con comparti aziendali che hanno subito drammatici crolli nella domanda dei prodotti, con riduzioni minime del 20-30% fino a crolli dell'80-90% o azzeramento nei volumi per alcune settimane, troviamo i settori della meccatronica e dell'high-tech manufacturing (automotive, componentistica industriale, produzione di macchine per l'agricoltura), dell'abbigliamento, dell'arredo, del lusso e del turismo (viaggi aerei, crociere, soggiorni in hotel, ristorazione in luoghi turistici) (Vella C., 2021). Tra i settori con impatti ridotti

invece si possono annoverare aziende che hanno potuto sostituire più facilmente le vendite nei negozi fisici in vendite on-line, quindi produttori di beni di largo consumo, i colossi Web della distribuzione e le aziende alimentari. Infine, ci sono i settori che sono usciti pressoché indenni dalla crisi del commercio mondiale innescata dal virus Covid-19, che non hanno subito diminuzioni significative nei volumi di vendita o che, addirittura, hanno vissuto repentini ed inattesi incrementi di domanda. Essi sono la distribuzione di beni di largo consumo – specialmente alimentari – presso i supermercati e i negozi al dettaglio (specialmente nelle settimane di corsa agli acquisti per accaparramenti), la produzione food & beverage (escludendo le vendite ai bar, ai ristoranti ed alle strutture alberghiere), l'industria farmaceutica (produzione e distribuzione presso farmacie, parafarmacie e strutture ospedaliere), l'industria dell'entertainment online (incremento di abbonamenti ai numerosi pacchetti televisivi disponibili).

2.3.3 SHOCK DELL'OFFERTA

Nello stesso momento in cui la pandemia stava influenzando la domanda, stava anche interrompendo l'offerta. In dettaglio, essendo la Cina una fabbrica mondiale, anche le catene di approvvigionamento globali dipendenti da questa ne hanno risentito. Lato dell'offerta si parla di supply shock relativamente all'arresto e/o alla diminuzione della produzione, motivata sia dall'esigenza di mantenere in sicurezza i lavoratori che dalla interruzione delle catene globali del valore (GVC): vale a dire il mancato approvvigionamento delle materie prime e dei beni intermedi che occorrono per le specifiche produzioni. Il ruolo e l'importanza della Cina per il commercio globale sono emersi in modo significativo: sia come produttore primario di prodotti e componenti di alto valore, sia come grande cliente di materie prime globali e prodotti industriali e come mercato di consumo molto attraente. Data l'impossibilità da parte di numerose organizzazioni di tracciare la propria catena di fornitura oltre i fornitori di primo livello, le soluzioni digitali avanzate sono generalmente richieste per tracciare le reti di fornitura in modo affidabile attraverso i molteplici livelli di fornitori.

Con il diffondersi di Covid-19 tra le comunità, tale pandemia ha provocato chiusure a partire da Wuhan e diffuse in tutto il mondo. Wuhan, ad esempio, è una delle "Detroits" della Cina, con fabbriche di automobili per General Motors, Honda, Nissan, PSA Group e Renault, oltre a centinaia di produttori di ricambi auto (Vella C.). Complessivamente, le case automobilistiche cinesi e i produttori di componenti hanno esportato componenti automobilistici per un valore di 53 miliardi di dollari negli Stati Uniti, in Europa, Giappone, Corea del Sud e altrove nel 2019. Sebbene sia stata una base tradizionale per la produzione per decenni, Wuhan è diventata anche un'area di moderna trasformazione industriale (Vella C.). Anche per quelle aziende che non dipendono direttamente dalla produzione o dai fornitori a Wuhan e nelle aree circostanti colpite, la logistica all'interno della Cina è stata interessata. Come hub di trasporto per molte industrie, Wuhan ospita il più grande porto interno del paese e ha infrastrutture ben sviluppate in acqua, terra e traffico aereo.

L'effetto domino delle chiusure degli impianti e della carenza di forniture in tutta la rete di fornitura estesa può portare rapidamente a un'interruzione significativa della catena di approvvigionamento. Dalla pandemia Covid-19 che ha avuto come epicentro la regione cinese di Wuhan, le GVC sono state il principale, non l'unico, canale di trasmissione dello shock all'offerta. La ragione principale per cui si è soliti parlare di interruzioni delle catene di approvvigionamento globale è relativa al fatto che le nuove global value chain configurano il loro modello organizzativo fondato sulla frammentazione del processo produttivo in singole fasi sconnesse, allocate in allocate in imprese diverse che operano in tutto il mondo. Ad esempio, Bianchi, antica impresa italiana, cura il design e la prototipizzazione: le singole parti vengono assemblate in Cina e a Taiwan, utilizzando altre parti e componenti prodotte in Italia stessa, in Cina, Giappone e Malesia (Vella C). Uno degli esiti dell'interconnessione produttiva tra paesi attraverso le GVC è un sensibile aumento degli scambi e del commercio mondiale. Il "tradizionale" commercio in beni finiti (destinati ai consumatori) si affianca al "nuovo" commercio in beni intermedi (lo scambio tra le imprese) che acquisisce rilevanza crescente fino ad arrivare a incidere per circa il 55% del commercio mondiale. Quando si tratta di interruzioni della fornitura, è necessario definire la natura generica dei prodotti complessi, i quali derivano essenzialmente da una distinta base.

La distinta base di un prodotto elenca tutte le parti e le quantità necessarie per realizzare quel prodotto. Se un produttore di automobili non riesce a ottenere ogni ultima parte della distinta base, non può produrre automobili. Un'auto senza il piccolo motore elettrico made in China da un dollaro che apre e chiude il finestrino non può essere venduta. Mentre gli effetti di un aumento della domanda potrebbero essere immediati e altamente visibili sugli scaffali dei negozi, gli effetti delle interruzioni dell'offerta possono richiedere tempo per essere avvertiti. Durante il terremoto di Tōhoku del 2011 in Giappone, la General Motors impiegò circa un mese solo per rendersi conto di quali parti mancavano dal suo inventario (Vella C). Molte parti erano ancora in viaggio verso l'impianto di assemblaggio, perché anche se la fabbrica del fornitore da cui provenivano poteva essere stata colpita, le parti erano ancora in transito su camion, ferrovia o navi. Le scorte immobilizzate nell'inventario aiutano a ritardare o tamponare l'impatto della chiusura di un fornitore sui suoi clienti. Al contrario, le case automobilistiche più vicine al punto di un'epidemia infettiva devono affrontare un impatto più immediato. Le case automobilistiche di Wuhan sono state immediatamente colpite dalla chiusura, seguite dalle case automobilistiche della vicina Corea del Sud e del Giappone. Pertanto, gli effetti di un'interruzione della fornitura si sono estesi dal punto di impatto iniziale e si spostano alla velocità del trasporto e dell'inventario verso i consumatori.

Un altro aspetto relativo allo shock dell'offerta è strettamente connesso allo **shock dell'offerta di lavoro**. Nei paesi in cui sono in atto misure di allontanamento sociale, tali misure avranno un effetto economico molto maggiore rispetto agli effetti diretti della mortalità e della morbilità generata nei tempi pre-Covid. È necessario tenere in considerazione fattori chiave: la misura in cui i lavoratori in determinate occupazioni possono svolgere le loro attività richieste a casa in modalità smart-working; la misura in cui è probabile che i lavoratori non siano in grado di venire a lavorare perché non sono considerate industrie essenziali.

2.4 EFFETTO BULLWHIP

2.4.1 COS'È IL BULLWHIP EFFECT

L'effetto bullwhip (dall'inglese, effetto frusta) è un fenomeno noto nella gestione della supply chain. Il nome "frusta" dato a questo fenomeno è dovuto alla sua somiglianza con un movimento di frusta, dove un piccolo movimento del braccio può creare un movimento massiccio alla sua estremità. Nel 1961, Forrester pubblicò il libro "dinamiche industriali", in cui coniò il termine "effetto bullwhip", noto anche come "effetto Forrester". Attraverso i suoi studi e varie simulazioni, Forrester ha determinato che le decisioni strategiche delle aziende di fornitura possono influenzare direttamente l'intera catena di fornitura disallineando la domanda effettiva dei clienti e la domanda degli attori intermedi che formano la catena di approvvigionamento, influenzando sia le scorte nei punti vendita che lo stoccaggio nei grandi magazzini dei centri di distribuzione, così come i produttori e i loro fornitori (Saad Zighan, 2021).

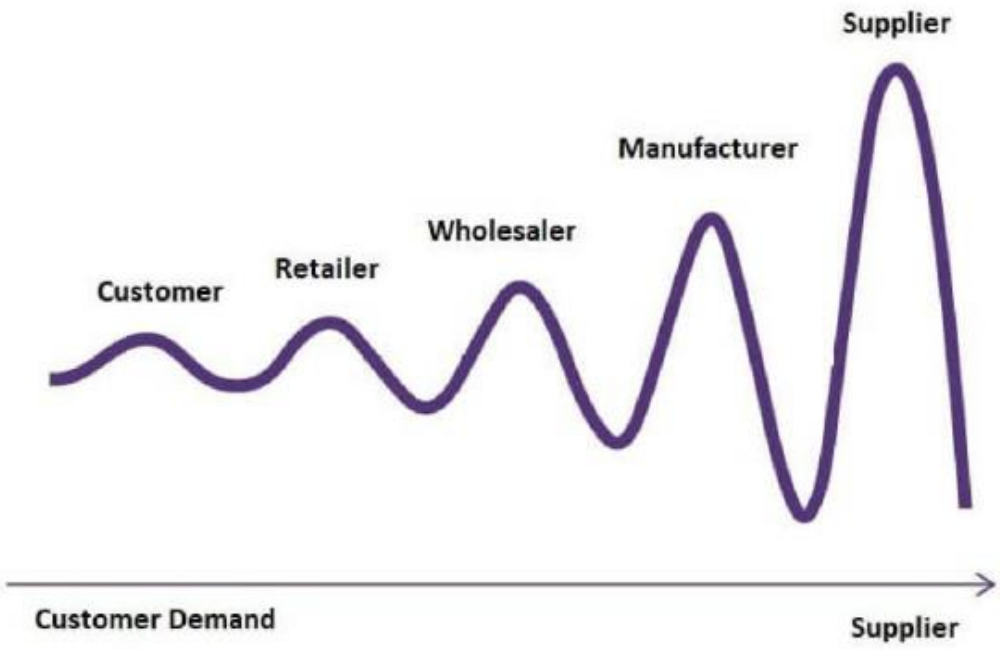

Figura 14: propagazione dell'effetto bullwhip

Da un punto di vista della previsione invece l'effetto bullwhip si po' definire come "l'aumento della variabilità della domanda da valle verso monte in una filiera produttiva" (Brandimarte, Zotteri, 2004). Secondo questo effetto la domanda dei componenti necessari a produrre un determinato bene (quindi materie prime o semilavorati) è più variabile della domanda finale del prodotto presso i suoi distributori. Questa situazione crea inefficienza lungo la catena perché maggiore è la variabilità, maggiore devono essere le scorte di sicurezza (con il conseguente aumento dei costi relativi ai magazzini).

Questa distorsione che si diffonde sulla catena di approvvigionamento da valle verso monte in modo amplificato influenza inizialmente i clienti, poi i dettaglianti, i grossisti, i produttori, i fornitori fino ai fornitori dei fornitori. Pertanto, l'effetto bullwhip influenzerà i livelli di stock dei magazzini intermedi e la capacità di produzione generando un'offerta superiore al reale bisogno percepito, con discrepanze via via maggiori andando da valle verso monte nella catena di approvvigionamento. Se questo effetto si combina con perturbazioni dell'offerta e una diminuzione della spesa dei clienti, come nel caso del Covid-19 le conseguenze possono essere molto dannose.

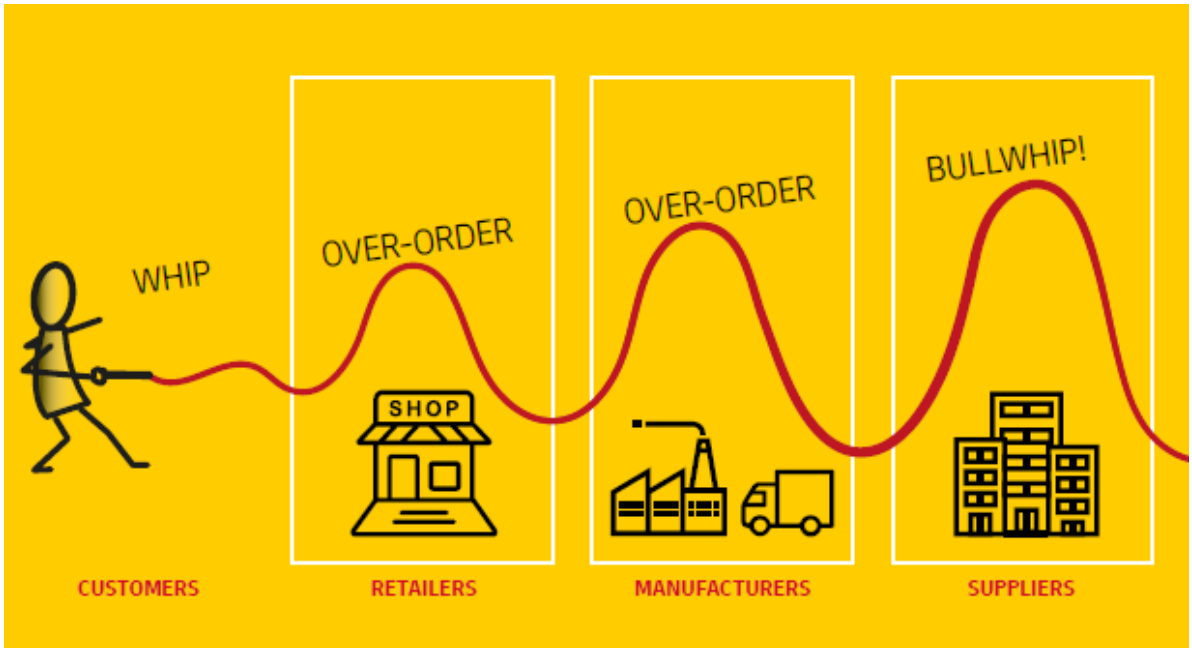

Figura 15: propagazione dell'effetto Bullwhip

2.4.2 MITIGARE L'EFFETTO BULLWHIP (PRIMA DELLA PANDEMIA)

L'effetto bullwhip può finire per alterare l'intero sistema logistico delle aziende coinvolte. Ciò che inizia con una piccola discrepanza tra l'ordine e le necessità reali, facilmente correggibile, finisce per causare crolli significativi nell'ingranaggio della catena logistica. Inoltre, è possibile peggiorare ulteriormente gli effetti negativi attraverso diversi processi che talvolta sono svolti in maniera errata nelle aziende; Questi possono essere:

- Mancanza di precisione nella previsione della domanda
- Uso improprio della politica delle scorte di sicurezza
- Un'errata interpretazione dei tempi di ritardo
- Gli ordini sono guidati dal panico in situazioni di esaurimento delle scorte
- Mancanza di certezza sull'accuratezza degli ordini
- Scambi di informazioni lenti tra i diversi attori della filiera
- Ritardi e inefficienze nei trasporti

Al contrario possono essere attuate delle politiche per mitigare l'effetto bullwhip.

Contenimento della dimensione dei lotti. Mentre i clienti finali spesso comprano il prodotto finale in lotti di dimensioni limitate, ai livelli superiori della catena logistica solitamente ci si approvvigiona dai fornitori mediante politiche di acquisto a lotti seguendo, per esempio, delle logiche (Q,R). Dunque, solitamente, maggiore è la grandezza del lotto e maggiore è il risparmio sui costi fissi. Tuttavia, l'obiettivo è quello di aumentare il numero degli ordini che i clienti effettuano, diminuendo quindi la grandezza del lotto. Attraverso un potenziamento dei sistemi digitali grazie ai quali si possono gestire i data entry, le registrazioni e i trasferimenti degli ordini si possono abbassare i costi fissi di ordinazione, e quindi contenere le dimensioni degli ordini. Inoltre, anche il consolidamento dei trasporti può anche essere un mezzo efficace; Molti dei cossi fissi di ordinazione è legata ai costi di trasporto. Una soluzione per garantire trasporti efficienti senza aumentare a dismisura i lotti di acquisto è quella del consolidamento dei trasporti, ovvero riempire un unico mezzo di prodotti diversi, o destinati a clienti situati in zone limitrofe. Un ultimo metodo può essere quello di cercare di ridurre la correlazione tra gli ordini di clienti diversi, ovvero diminuendo gli

incentivi ad ordinare in certi momenti dell'anno e distribuendo la domanda in modo più costante possibile durante i dodici mesi dell'anno (Brandimarte, Zotteri).

Politiche di prezzo. Uno dei talloni d'Achille di una filiera può essere la nervosità della domanda a monte, talvolta causata dalle politiche di prezzo come promozioni. Infatti, durante le promozioni ai consumatori (*trade promotions*) l'azienda a monte A abbassa il prezzo di vendita per l'azienda più a valle B, consapevole che un aumento della domanda reca benefici ad entrambi. Tuttavia, a causa di questa riduzione di prezzo B è incentivata ad acquistare più prodotti di quanto effettivamente servano, in quanto è possibile creare uno stock con articoli acquistati ad un prezzo di saldo, e venderli dopo la fine della promozione, ottenendo un margine maggiore. L'obiettivo è quello sviluppare la politica *Every-Day-Low-Price* (EDLP), dove si mantiene costante il prezzo dei prodotti, minore di quello base, ma maggiore di quello applicato durante le promozioni. Questa pratica porta sicuramente a maggiori condizioni di stabilità e quindi efficienza, anche se tuttavia non è molto utilizzata; infatti, è stato provato che essa non funzioni con tutti i tipi di prodotti, ma solo con quelli dall'acquisto razionale, come per esempio la pasta, mentre per acquisti voluttuari, come i giocattoli per bambini, è risultata deleteria (Brandimarte, Zotteri).

Allocazione delle capacità. I fornitori spesso allocano la capacità disponibile in base agli ordini ricevuti; questa politica può sembrare ragionevole: viene allocata una capacità maggiore ai clienti più importanti. Tuttavia, con questo modo di operare può portare a degli squilibri, in quanto, in caso di aumento della domanda, il cliente è incentivato ad ordinare più di quanto necessario, proprio per avere una maggiore priorità sull'allocazione delle scorte (limitate). Così facendo si generano dei picchi di domanda ingiustificata, seguiti da periodi prolungati di domanda nulla, in quanto i magazzini a valle sono pieni del surplus acquistato in precedenza. Uno dei possibili interventi è quello di allocare le scorte al cliente in base agli ordini dei periodi precedenti, oppure quello di ridurre la flessibilità nella modifica e/o cancellazione degli ordini. Così facendo si cerca di limitare le emissioni di ordini ingiustificatamente gonfiati e successivamente disdetti e la loro conseguente distorsione dell'andamento della domanda (Brandimarte, Zotteri).

Interventi sulla previsione. In una catena logistica è l'instabilità della previsione a contribuire ad un aumento della variabilità negli anelli via via più a monte. Infatti, se ogni livello ha a sua disposizione i soli ordini raccolti dei clienti diretti, la previsione sarà basata solamente su questa informazione piuttosto che sull'andamento della domanda del consumatore finale. Ciò può provocare delle distorsioni significative, poiché una piccola fluttuazione della domanda finale può indurre il dettagliante ad aumentare i suoi acquisti di una quantità molto superiore per ristabilire il livello delle scorte sceso più del previsto, perché alla luce di incremento di domanda appena osservato, ha aumentato le sue previsioni della domanda futura. È interessante notare come in questi contesti il protagonista di tale livello della catena, prenda in realtà una decisione totalmente razionale per il suo contesto, che però può essere interpretata dal suo fornitore come un'informazione sull'andamento della domanda finale, che a sua volta porterà ad un aumento delle previsioni della domanda, via via sempre più a monte, fino ai fornitori di materie prime. Un intervento semplice, quanto efficacie, perlomeno nella teoria, è la riduzione dei tempi di consegna (*lead time*, LT). Dalla definizione di previsione discussa in precedenza risulta chiaro che diminuendo i tempi di consegna diminuisce l'orizzonte di previsione e quindi diminuisce l'incertezza della domanda.

È possibile fornire a tutti gli attori della catena logistica le **informazioni** relative alla domanda finale; in questo modo sostanzialmente si disaccoppia la decisione di acquisto del cliente dall'informazione disponibile al fornitore. Un passo ulteriore rispetto al semplice scambio di informazioni è poi quello di condividere le previsioni in maniera tale che i diversi attori della filiera effettuino la loro pianificazione in base alla stessa previsione della domanda (del cliente finale). Tuttavia, non sempre è vantaggioso sottoscrivere degli accordi di questo genere (perché l'informazione viene rilasciata dagli attori a valle, ma risolve i problemi degli attori a monte). Inoltre, è possibile che si verificano comportamenti opportunistici: un produttore potrebbe utilizzare i dati concessigli con altre aziende distributrici.

Un'altra soluzione alla condivisione delle informazioni lungo la supply chain è la cosiddetta **Vendor Managed Inventory** (VMI). La VMI è un modello logistico che cerca di ottimizzare la gestione delle scorte e la preparazione degli ordini attraverso l'amministrazione della catena di approvvigionamento più efficiente da parte del

fornitore, sulla base della conoscenza delle scorte e del flusso di vendite o produzione dei clienti. L'obiettivo è allocare tutti i diritti decisionali per i diversi stadi della filiera allo stesso attore, che è quello più a monte. Questo approccio garantisce che tutti i livelli della filiera effettuino dei piani in base alla previsione condivisa. Per far sì che questo sistema funzioni tutti i costi legati alle scorte devono essere allocati a chi detiene i diritti di decisione. Ciò perché i costi di stockout all'interno dei vari livelli della supply chain sono molto diversi: per un distributore, che vende anche prodotti succedanei, esso è molto minore rispetto ad un produttore. Il vantaggio principale del VMI è quello di acquisire informazioni dai clienti ed organizzare la produzione e la distribuzione per mantenere determinati livelli di inventario nei magazzini o nelle strutture del cliente ed evitando carenze di materiale e riducendo l'inventario nella catena di approvvigionamento (Brandimarte, Zotteri).

La *Teoria Dei Vincoli* (Theory of Constraints, **TOC**) di E.M. Goldratt può essere è un altro approccio per gestire l'effetto bullwhip. La TOC si basa sul fatto che ogni sistema di produzione ha sempre almeno un collo di bottiglia o un anello debole nella catena e la sua localizzazione è fondamentale per agire su di esso, in quanto questo collo di bottiglia è ciò che imposterà il ritmo produttivo della catena. Infatti, un miglioramento in qualsiasi altro anello della catena non produrrà un miglioramento nell'insieme, poiché il collo di bottiglia è ciò che determina il limite della produzione. Così, qualsiasi miglioramento nel collo di bottiglia si tradurrà in un miglioramento del tasso complessivo: un piccolo miglioramento in un anello specifico che porta un elevato impatto in tutta la supply chain.

Seguendo i principi **lean**, è possibile eliminare tutto ciò che è superfluo, inutile e non fornisce valore aggiunto al cliente, cercando di raggiungere la perfezione. La cultura del lean thinking si basa sul dare sempre la priorità alla gestione dal punto di vista delle esigenze del cliente e questo è fondamentale per capire le sue differenze da altre metodologie che si concentrano sull'ottimizzazione dei processi in modo più isolato. Con il pensiero snello, si segue un sistema pull, cioè "just in time" (JIT) e i processi saranno progettati per produrre in modo efficiente e in piccoli lotti, ovvero solamente i prodotti strettamente necessari, al momento giusto e nelle quantità giuste, il che implica comprare o produrre solo ciò che è necessario e quando è necessario. Questo riduce i livelli di inventario necessari e la produzione di diversi prodotti può essere

alternata più rapidamente; in questo modo, è più facile rispondere alle variazioni della domanda ed è più facile mitigare l'effetto bullwhip.

2.4.3 MITIGARE L'EFFETTO BULLWHIP (DOVUTO ALLA PANDEMIA)

L'effetto bullwhip è una vecchia conoscenza per gli esperti di gestione della supply chain, non essendo affatto un concetto nuovo. Tuttavia, la rapida diffusione globale di COVID-19 ha notevolmente accentuato sia l'effetto bullwhip stesso che le sue conseguenze, amplificando la sua ripercussione in molteplici aspetti (economici, competitivi, finanziari e sociali) e aumentando, quindi, la necessità di adottare misure per neutralizzarlo il più possibile e minimizzarne gli impatti.

L'analisi dei dati ha mostrato che il contributo di COVID-19 all'aumento dell'effetto bullwhip è duplice. In primo luogo, il cambiamento improvviso nel comportamento d'acquisto dei clienti è il principale fattore di aumento dell'effetto bullwhip. Inoltre, l'imprecisa anticipazione delle organizzazioni imprenditoriali sugli sviluppi della crisi e la mancanza di informazioni accurate sull'andamento della domanda reale dei prodotti hanno contribuito all'aumento dell'effetto bullwhip.

Nella prima fase di pandemia, per paura di carenze dei prodotti, molti consumatori, presi dal panico, ne hanno acquistato grandi volumi, con conseguente aumento delle vendite e picchi improvvisi di domanda. La possibilità di trovare scaffali vuoti o prodotti esauriti causa un eccesso di offerta da parte delle aziende, che non vogliono andare in stockout per soddisfare il cliente. Alcune catene di approvvigionamento hanno modellato la risposta allo shock della domanda attraverso un aggiustamento delle scorte (aumentando o riducendo lo stock), quindi aumentando il bisogno di materiale e di produzione. L'effetto di un tale aumento nell'acquisto di prodotti necessari e sanitari invia un messaggio diretto ai membri della catena di approvvigionamento: i rivenditori aumentano la mole dei loro ordini ai distributori, che a loro volta inoltrano l'aumento di domanda al livello più a monte della supply chain. Ogni anello della catena richiede di più dal successivo e lo shock negativo iniziale si è propaga lungo la catena di approvvigionamento. Inoltre, la disruption causata dalla pandemia, ha anche

causato tempi di consegna più lunghi con la conseguenza che i dettaglianti e i distributori hanno aumentato ulteriormente il numero di ordini per evitare ritardi nelle consegne. Tuttavia, i fornitori, i produttori, i distributori e i dettaglianti si troveranno in eccesso di scorte e soffriranno di un grave effetto bullwhip una volta che la domanda si stabilizzerà.

Se molti prodotti che prima non erano molto richiesti sono diventati molto richiesti e in grandi quantità, allo stesso tempo la domanda di altri articoli è diminuita significativamente. Lo sconvolgimento causato dalla pandemia COVID-19 ha lasciato un segno permanente sui clienti: le tendenze di mercato che le aziende conoscevano non sono le stesse di oggi, poiché i pensieri e le abitudini dei clienti sono cambiati, ed è cambiata anche la loro regolare routine di acquisto. I clienti di oggi sono molto cauti sul perché, cosa, dove e come comprare. Infatti, secondo uno studio **(**SAAD ZIGHAN**)** è aumentata la priorità data alla salute e alla sicurezza rispetto al costo e alla convenienza. La sicurezza alimentare, l'igiene, la sicurezza finanziaria e la sicurezza personale sono altre priorità assolute, al contrario della domanda dei prodotti discrezionali, calata fortemente.

Anche il commercio digitale ha visto una spinta, dato che i clienti migrano a fare i loro acquisti online. I clienti, che preferivano comprare nei negozi fisici, si sono rivolti a internet per comunicare, lavorare e fare acquisti. Di conseguenza, i canali digitali di alcuni marchi, in particolare quelli del settore alimentare e delle bevande, hanno registrato un massiccio aumento di volume mentre le aziende senza una presenza digitale sono rimaste indietro.

Secondo l'analisi dei dati, il COVID-19 ha accelerato le tendenze di tre nuovi clienti:

- La crescente attenzione alla salute.
- Un aumento del consumo consapevole.
- La crescente domanda di prodotti locali.

Dunque, se in un'epoca pre-COVID-19, le organizzazioni potevano lavorare su una serie di dati più grandi che producevano una prevedibilità operativa a lungo termine, ora i produttori e i fornitori devono fare affidamento su set di dati più piccoli generati

quasi in tempo reale per capire e comunicare la domanda e l'offerta. Oltre alle politiche presentate precedentemente, possono essere evidenziati altri importanti step per affrontare il Bullwhip Effect emerso dalla pandemia di Covid-19.

Consapevolezza della situazione. La consapevolezza della situazione è la comprensione mentale del COVID-19, dei suoi oggetti, eventi, interazioni, condizioni e altri fattori di questa particolare situazione che possono influenzare la catena di fornitura. Il grande cambiamento della domanda, che sia in aumento o in diminuzione, è solo il risultato della situazione attuale, che è temporanea. Secondo questa comprensione, le aziende devono comprendere appieno la situazione attuale in tutte le sue dimensioni e affrontarla, partendo dalle cause e intervenendo sulla radice dei problemi, che sono diversi per ogni realtà. Inoltre, le organizzazioni devono prendere coscienza che non lavorano da sole: se vogliono superare con successo una crisi devono riconoscersi come parti di una rete più ampia, di conseguenza, c'è un bisogno crescente per i decisori e le aziende in generale, di avere una consapevolezza comune e condivisa della situazione.

Localizzazione piuttosto che globalizzazione. La pandemia porterà probabilmente ad alcuni cambiamenti fondamentali nelle relazioni commerciali e nelle catene di approvvigionamento a livello globale. Le organizzazioni dovrebbero avere strategie per fornire alle catene efficienza e flessibilità richieste dai mercati attuali: in questo caso il riorientamento delle catene di approvvigionamento verso fornitori locali è una delle soluzioni principali. In questo modo, le catene di approvvigionamento diventeranno più robuste, in grado di sostenere le operazioni durante la pandemia o qualsiasi altro tipo di disruption.

Uno dei fattori trainanti è la necessità di rendere le catene di approvvigionamento dei prodotti più resistenti a perturbazioni come la volatilità del mercato e la carenza di manodopera. L'approvvigionamento locale evita i rischi associati alla spedizione di prodotti deperibili su lunghe distanze dai produttori ai clienti è anche più flessibile, richiedendo meno contatti con i prodotti e meno intermediari, riducendo gli sprechi e minimizzando i movimenti transfrontalieri potenzialmente costosi e con ritardi.
Dunque, da una parte la localizzazione mira a trasferire la produzione più vicino ai mercati nazionali, dal altra la diversificazione punta a ridurre la dipendenza da un

singolo fornitore locale e a costruire forti catene di fornitura. Tuttavia, l'efficacia della diversificazione o della localizzazione dipende molto dalla disponibilità di fornitori sostitutivi adeguati: è necessaria una strategia di sviluppo della catena di approvvigionamento, infatti, nel breve termine, per molti prodotti speciali, fonti alternative di fornitura valide potrebbero non esistere. Collaborando con i fornitori locali attraverso programmi di sostenibilità e sviluppo è possibile sviluppare una cooperazione efficace per aiutare a trovare soluzioni alternative all' approvvigionamento internazionale.

Catena di approvvigionamento intelligente. La soluzione all'effetto bullwhip passa attraverso una supply chain coordinata e trasparente in cui i diversi membri hanno visibilità del precedente. La gestione intelligente della catena di approvvigionamento comporta lo sfruttamento dell'integrazione dell'intero canale per soddisfare meglio le esigenze dei clienti. Grazie alle nuove tecnologie, è più facile interagire con ogni punto della rete logistica e mantenere una connessione attiva tra tutti i partecipanti come fornitori, clienti, investitori, enti normativi e altri. Per esempio, l'analisi dei big data permette di estrarre le informazioni necessarie per rendere visibili le reali esigenze del mercato, definire i punti d'ordine ottimali o impostare politiche di prezzo basate sulle elasticità dei prezzi e dei prodotti. Questo alto livello di integrazione, comunicazione e feedback tra tutti i membri della catena di approvvigionamento fa sì che le organizzazioni ottengano una previsione della domanda più affidabile.

- A livello organizzativo, le organizzazioni sono più proattive e predittive, sviluppando la capacità di adattarsi a dinamiche più agili e di imparare dai dati in tempo reale.

- A livello di catena di approvvigionamento: i membri della catena di approvvigionamento sono meglio collegati e diventano sempre più trasparenti, permettendo alle aziende di regolare i prodotti/servizi nella catena di approvvigionamento in base alle informazioni sulla domanda in tempo reale.

Un nuovo ambiente richiede una nuova gestione. COVID-19 è forse la prova più cruciale che il mondo abbia dovuto affrontare nel ventunesimo secolo fino ad oggi. La

catena di approvvigionamento si svilupperà dopo la pandemia in un ambiente cambiato e mutevole, non solo per quanto riguarda i cambiamenti nella domanda, ma anche i cambiamenti nella filosofia, nella mentalità sociale e nella tecnologia. L'impatto di COVID-19 è stato notevole nel breve ma lo sarà anche nel lungo termine.
Lo studio di Saad Zighan rileva che attualmente, la maggior parte delle aziende si sta concentrando sulle strategie a breve e medio termine affrontando COVID-19 come un problema temporaneo. Tuttavia, se le aziende guardano la situazione attuale in modo strategico e si allineano in modo intelligente, può potenzialmente aiutare la futura riduzione degli effetti bullwhip in futuro e creare nuove capacità della catena di fornitura.

Lo scenario migliore è che l'impatto che la pandemia ha generato nella catena di approvvigionamento incoraggerà le aziende a prepararsi per eventualità simili e a implementare strategie di risposta in modo rapido ed efficace, incoraggiando una maggiore collaborazione e scambio di informazioni in ogni fase della catena. Questa opportunità senza precedenti permetterà alle organizzazioni di rafforzare e sviluppare gli ecosistemi necessari per le operazioni attuali e future, implementando la resilienza necessaria per imparare e adattarsi a queste nuove situazioni.

CAPITOLO 3

COSTRUIRE LA RESILIENZA

In questo capitolo verrà principalmente trattato il tema della resilienza. L'obiettivo è innanzitutto presentare le caratteristiche che la contraddistinguono nell'ambito della supply chain, trattando le strategie per costruire una catena di approvvigionamento resiliente. Poi, dopo l'introduzione del concetto principale, lo scopo è proporre una serie di elementi che possano nel complesso aiutare a costruire catene di rifornimento resilienti, soprattutto di fronte ai tempi pandemici attuali. Nel sottocapitolo 3.2 si introducono le innovazioni digitali dell'industria 4.0 e gli aspetti su cui possono andare ad impattare; in particolare sarà approfondita la tecnologia dell'intelligenza artificiale (AI) e della blockchain (BC), oltre ad un caso particolare riguardo all'industria automobilistica. Infine, in 3.3 e 3.4 sono analizzate le tattiche di diversificazione dei mercati e di reshoring, presentandone i vantaggi e gli svantaggi, soprattutto di fronte all'evento distruttivo che siamo stati costretti a vivere negli ultimi due anni: il Covid-19.

3.1 LA RESILIENZA

La gestione della catena di fornitura (dall'inglese Supply Chain Management) è ormai diventata parte integrante della strategia di crescita e sviluppo di molte aziende. Ciò è diventato necessario, in quanto, in mercati sempre più globali, le imprese si trovano a convivere sempre più spesso con grossi rischi e interferenze per la propria filiera. Per sopravvivere nel mercato odierno è sempre più necessario essere in grado di effettuare frequenti cambi di strategia. Gli eventi straordinari con i quali ci siamo dovuti confrontare a seguito della pandemia da Coronavirus, hanno ancora di più dimostrato quanto sia importante disporre di una supply chain strategicamente efficace.

Nell'ambito del supply chain management, si parla spesso di supply chain resiliente. Per capire le implicazioni di questa strategia di gestione della catena di fornitura, è necessario far luce sul contesto in cui operano le aziende odierne. La competizione spietata sul mercato globale costringe molte imprese a scontrarsi con rischi di diversa

natura ed entità. Questi rischi sono potenzialmente in grado di alterare l'intera supply chain, minando così performance e competitività aziendali. In fisica, il significato di resilienza, è la capacità di un materiale di tornare allo stato originale dopo essere stato disturbato, ad esempio da un urto o una sollecitazione. Per traslazione, la **supply chain resiliente** è dunque una filiera produttiva in grado di reagire e riprendersi da interruzioni o interferenze su larga scala, limitando il più possibile le perdite e i tempi di recupero (Márcio Lopes Pimenta et al., 2021). Gli eventi dirompenti sono eventi non pianificati che limitano il funzionamento ottimale di qualsiasi catena di approvvigionamento, interrompendo il flusso di beni e materiali all'interno di una catena di approvvigionamento ed esponendo le imprese a rischi operativi e finanziari. La capacità di una catena di fornitura di rispondere rapidamente a eventi dirompenti è una capacità distintiva, che potenzialmente ha un impatto sulla competitività e sul successo a lungo termine delle organizzazioni della catena di fornitura. Facendo eco alla posizione di capacità distintiva, Ponomarov e Holcomb (2009) definiscono la resilienza della supply chain come "la capacità adattiva della supply chain di prepararsi a eventi inaspettati, rispondere alle interruzioni, e riprendersi da essi mantenendo la continuità delle operazioni al livello desiderato di connessione e controllo sulla struttura e sulla funzione" (Usha Ramanathan).

È cruciale per un'organizzazione prevedere e pianificare le eventualità che potrebbero influenzare negativamente la resilienza e la sostenibilità della catena di approvvigionamento. Una volta determinati gli eventi che possono interrompere la catena di approvvigionamento, l'organizzazione può istituire strategie che possono garantire la loro sopravvivenza quando accadono. I rischi e le potenziali interferenze, prevedibili e non, che una supply chain resiliente deve riuscire a superare possono essere:

- calamità naturali (incendio, terremoti, tempeste di neve, inondazioni, ecc.),
- blackout dei sistemi informatici o di comunicazione,
- interruzione della rete di trasporto,
- mancata fornitura di servizi da parte di terzi,
- perdita di risorse umane e connesse abilità,
- incidente sulla qualità del prodotto,

- disordini civili/conflitti,
- controversia industriale,
- attacco informatico.

Nella gestione della supply chain, i manager di solito si concentrano sulla massimizzazione dei profitti, sul ritorno dell'investimento e spendono meno tempo e risorse nella gestione del rischio, perché credono che il ritorno dell'investimento per la gestione del rischio non sia degno di nota. L'epidemia COVID-19 ha dimostrato l'erroneità di questa convinzione. Un recente rapporto pubblicato da Sanjoy et al. (2021), ha rivelato che solo il 45% delle organizzazioni ha stabilito un piano di continuità aziendale, e solo il 6,12% delle organizzazioni è stato valutato come eccellente in termini di gestione del rischio. Si tratta di una cifra allarmante, dato che la maggior parte delle organizzazioni non ha un piano di rischio. La maggior parte dei manager progetta le proprie catene di approvvigionamento pensando all'efficienza dei costi, compromettendo a sua volta la resilienza, la sostenibilità e altre pratiche di gestione dei rischi. Una supply chain efficiente in termini di costi può essere vista come un'opzione lucrativa a breve termine; tuttavia, tale catena di approvvigionamento potrebbe non sopravvivere a lungo se i manager si concentrano prevalentemente sul risparmio e sulla massimizzazione del profitto: la resilienza, la sostenibilità e il recupero non dovrebbero essere una decisione operativa, ma strategica. Il top management dovrebbe considerarle nella loro pianificazione strategica e nei processi decisionali; tuttavia, man mano che l'epidemia di COVID-19 si è sviluppata, sembra che i professionisti e i decisori non fossero pronti a gestirne gli impatti, e quindi gli impatti sono diventati più gravi. Quando si analizza la resilienza è importante valutarla nella sua dimensionalità multilivello. Infatti, la resilienza della catena di approvvigionamento è strettamente connessa con quella delle imprese: la prima dipende dalla seconda e viceversa.

A causa della pandemia da Coronavirus, il mondo economico si è trovato di fronte ad una situazione inaspettata; Questa pandemia fornisce un'opportunità unica per le imprese e le organizzazioni non governative internazionali per esaminare le loro risposte durante una grave perturbazione. In un periodo di crisi, la resilienza è fondamentale per la sopravvivenza delle imprese: la loro resilienza di base, e le loro

relative risposte alla pandemia da COVID-19 possono avere un impatto più o meno negativo nel breve ma soprattutto nel lungo termine e sulla loro sopravvivenza.
Ci sono molti modi per raggiungere la resilienza della catena di fornitura. In questo capitoli ne saranno approfonditi alcuni, tuttavia, essendo l'argomento molto ampio, è impossibile un'analisi esaustiva e completa sull'argomento.

Innanzitutto, è bene distinguere i due tipi di strategia adottabili, ma che possono anche essere implementati contemporaneamente: le strategie reattive e quelle proattive. Le **strategie reattive** includono la capacità di rispondere al cambiamento attraverso l'agilità per "resistere agli shock", attraverso una risposta o reazione rapida, adattamento o riconfigurazione per tornare rapidamente allo stato normale dopo una perturbazione. Esempi di strategie reattive sono lo sviluppo dell'agilità attraverso il rinvio, la collaborazione nella catena di approvvigionamento, lo stock di sicurezza, il buffer di capacità e il fornitore di riserva. D'altra parte, le **strategie proattive** sono costruite su azioni di robustezza o anticipazione preventiva del cambiamento prima del verificarsi della perturbazione per "resistere agli shock", o per sviluppare più immunità alla crisi e per sviluppare strategie di "recuperabilità" per l'implementazione (Sanjoy et al.). Esempi di strategie proattive includono sourcing multiplo e capacità flessibile, make or buy, sourcing locale, near shoring o back shoring, automazione della supply chain, percorsi di backup per i collegamenti di trasporto, aumento della visibilità, inventario in eccesso e stock strategico.

Un altro fattore emerso recentemente dalla letteratura, è che molti ricercatori suggeriscono di assegnare una maggiore priorità ai criteri sociali e ambientali. I professionisti sono spesso più interessati alle prestazioni economiche, tuttavia, le pratiche sociali e ambientali sono importanti per la redditività a lungo termine della catena di approvvigionamento, è massimizzare il profitto e, allo stesso tempo, ridurre l'inquinamento ambientale e mantenere pratiche di responsabilità sociale (Sanjoy et al).

Tra i requisiti fondamentali che servono per costruire una supply chain resiliente, la letteratura fornisce una serie di elementi, come la capacità di adattamento, la creatività, la consapevolezza situazionale, l'intraprendenza, l'apprendimento, la collaborazione, la tenacia e la fiducia. Di seguito sono introdotte le quattro

caratteristiche principali di una supply chain resiliente, che verranno poi analizzate nel corso del capitolo.

- **Supply chain corta**. Nella filiera alimentare siamo ormai abituati al “kilometro zero”, ossia sempre più aziende cercano di intercettare le nuove richieste del mercato in termini di sostenibilità, proponendo prodotti realizzati con una filiera corta, limitando così i “passaggi di mano” tra diversi attori e riducendo di rimando anche l’impatto del trasporto lungo la catena di distribuzione. Nel campo industriale, parimenti, una supply chain resiliente impone il passaggio da una dimensione globale ad una perlopiù locale, laddove i fornitori sono insediati in prossimità (on-shore).

- **Supply chain data driven**. La condivisione di dati tra i diversi attori della filiera consente ad ognuno di essi di avere sempre sotto controllo quanto sta accadendo lungo la supply chain. Inoltre, l’integrazione di dati di diverse tipologie e su diverse dimensioni (Big Data) è possibile utilizzare gli stessi in ottica predittiva e/o prescrittiva, ossia a supporto di decisioni operative e strategiche. Si pensi, ad esempio, nel solo comparto del trasporto, ai dati inerenti traffico, meteo, prezzo del gasolio e così via.

- **Supply chain ridondante**. Per poter sopperire nel migliore dei modi ad interruzioni lungo la catena di approvvigionamento è importante avere a disposizione alternative operative e gestionali. Si pensi, ad esempio, all’importanza di poter accedere ad un fornitore di scorta, qualora il fornitore abituale sia impossibilitato, piuttosto che essere in grado di adattare o modificare la produzione verso nuovi mercati di sbocco. Un’altra opzione per garantire ridondanza alla propria supply chain consiste nel creare stock di magazzino strategici.

- **Supply chain flessibile**. La supply chain può essere flessibile in relazione alle variazioni di volume, quando è capace di assorbire al meglio le variazioni della domanda, senza che le performance aziendali vadano troppo sotto stress, così come può essere flessibile al prodotto. Si pensi, ad esempio, a quanto successo durante il lockdown, laddove diverse piccole e medie aziende hanno convertito

la loro produzione abituale, iniziando a fabbricare DPI come mascherine, camici e guanti.

Un elemento che lega i quattro sopracitati è senza dubbio la **collaborazione.** La collaborazione con i partner della catena di approvvigionamento è un'importante capacità distintiva necessaria per costruire la resilienza della catena di approvvigionamento. La collaborazione in una catena di fornitura si riferisce alla capacità di due o più catene di fornitura che lavorano insieme, pianificando ed eseguendo le operazioni della catena di fornitura verso un obiettivo comune (Usha Ramanathan et al., 2021). In tale situazione, le imprese all'interno della catena di approvvigionamento condividono informazioni, conoscenze e risorse per ridurre le incertezze ambientali causate da un evento dirompente. Di conseguenza, le relazioni collaborative della supply chain facilitano la condivisione dei rischi; la riduzione dei costi di transazione e migliora la produttività della supply chain. Un livello più alto di collaborazione internazionale spinge indirettamente le imprese globali ad adottare pratiche di sostenibilità. La collaborazione fa leva sulle risorse e le conoscenze dei partner come i fornitori e i clienti, integrando il flusso di prodotti e informazioni attraverso la catena di approvvigionamento. In quanto tale, la collaborazione permette lo sviluppo di sinergie tra le imprese, facilitando la pianificazione combinata e incoraggiando lo scambio di informazioni in tempo reale necessario alle imprese per rispondere e riprendersi dalle interruzioni della catena di approvvigionamento.

In relazione al concetto di collaborazione, poiché le risorse limitate delle imprese hanno un impatto sulla loro capacità di resilienza, la letteratura presenta la costruzione del **bricolage collaborativo** come una forma essenziale di resilienza della catena di fornitura per le imprese. Il bricolage è la capacità delle imprese di combinare le risorse esistenti per risolvere nuovi problemi e massimizzare le opportunità di business emergenti (Usha Ramanathan et al.); Il bricolage ha le sue radici etimologiche nel processo artistico, ma ha trovato la sua strada nel design della gestione e dei servizi, è stato associato all'improvvisazione aziendale e sta per una forma di gestione delle risorse che può consentire alle imprese di operare in modo più efficiente possibile entro i vincoli di risorse in tempi di crisi. Il bricolage è particolarmente rilevante per le piccole e medie imprese (PMI) che affrontano una perturbazione aziendale, dove la mancanza

di risorse e i cambiamenti ambientali imprevedibili creano sfide e opportunità per loro. Il bricolage collaborativo consente quindi alle aziende di superare le limitazioni delle risorse in quanto comporta la condivisione delle risorse, la condivisione delle informazioni e delle conoscenze e la condivisione dei rischi. Si può dire dunque, che il bricolage collettivo rappresenta un elemento fondamentale della resilienza della supply chain in quanto permette alle reti della catena di approvvigionamento di condividere in modo collaborativo risorse e conoscenze, in particolare, si è rivelato essenziale nel tentativo di mitigare le interruzioni causate dalla pandemia di COVID-19.

3.2 SUSTAINABILITY

La *sustainability* della catena di approvvigionamento è un tema di ricerca significativo nel contesto della pandemia di COVID-19. La sostenibilità della catena di approvvigionamento si riferisce all'integrazione delle preoccupazioni di sostenibilità **economica**, **sociale** e **ambientale** nella strategia aziendale e nelle decisioni di gestione della catena di approvvigionamento (Sajjad, 2015). Carter e Rogers (2008) definiscono la sostenibilità della catena di approvvigionamento come "l'integrazione strategica e trasparente e il raggiungimento degli obiettivi sociali, ambientali ed economici di un'organizzazione nel coordinamento sistematico dei processi aziendali chiave per migliorare le prestazioni economiche a lungo termine della singola azienda e delle sue catene di approvvigionamento." Si può dire quindi che la sostenibilità della supply chain è emersa come un approccio aziendale consolidato per raggiungere contemporaneamente obiettivi sociali, economici e ambientali e sviluppare catene di approvvigionamento più resilienti, visibili e responsabili che possono mitigare e gestire con successo i rischi di sostenibilità della catena di approvvigionamento (Aymen Sajjad).

Mentre la pandemia di Covid-19 ha contribuito ad alcuni impatti positivi indiretti sull'ambiente naturale attraverso una riduzione delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento atmosferico, allo stesso tempo ha causato una varietà di effetti negativi sulla sostenibilità sociale globale. In particolare, ha avuto un grave impatto sui

mezzi di sussistenza e sul benessere dei lavoratori e delle loro famiglie (Sarkis, 2020). Mentre alcuni settori e industrie sono riusciti a spostare le loro operazioni commerciali online, milioni di lavoratori hanno perso i loro mezzi di sussistenza e stanno ancora lottando per far fronte alle gravi conseguenze della pandemia (Aymen Sajjad, 2021). Per esempio, il COVID-19 ha prodotto un forte impatto sulla sostenibilità sociale dei lavoratori delle catene di approvvigionamento dell'abbigliamento che, in seguito al crollo della domanda, ha portato milioni di lavoratori sono rimasti senza lavoro e relativo stipendio dopo la chiusura degli stabilimenti nei Paesi in via di sviluppo.

Nella gestione della catena di approvvigionamento, i manager di solito si concentrano sulla massimizzazione dei profitti, sul ritorno dell'investimento e spendono meno tempo e risorse nella gestione del rischio, perché credono che il ritorno dell'investimento per la gestione del rischio non sia degno di nota. L'epidemia COVID-19 ha dimostrato l'inesattezza di questa convinzione. Un recente rapporto pubblicato dall'Australasian Supply Chain Institute (ASCI, 2020) ha rivelato che solo il 45% delle organizzazioni ha stabilito un piano di continuità aziendale, e solo il 6,12% delle organizzazioni è stato valutato come eccellente in termini di gestione del rischio. Si tratta di una cifra allarmante, dato che la maggior parte delle organizzazioni non ha un piano di rischio. Una catena di approvvigionamento efficiente in termini di costi può essere vista come un'opzione lucrativa a breve termine, tuttavia, tale catena di approvvigionamento potrebbe non sopravvivere a lungo termine se le aziende si concentrano prevalentemente sul risparmio e sulla massimizzazione del profitto.

La resilienza, la sostenibilità e il recupero della catena di approvvigionamento non dovrebbero essere una decisione operativa, ma una decisione strategica. Il top management dovrebbe considerarle nella loro pianificazione strategica e nei processi decisionali. Man mano che la pandemia di Covid-19 si è sviluppata, sembra che inizialmente le aziende non fossero pronte a gestirne gli impatti, e quindi gli impatti sono diventati più gravi. È anche cruciale per le industrie formulare strategie chiave per gestire la catena di approvvigionamento per quanto riguarda l'era post-COVID-19; per esempio, il Covid-19 ha fornito la prova che la produzione locale è più robusta e resiliente della produzione offshore, il che significa una risposta rapida alle esigenze locali e anche un basso consumo di energia e risorse (Sarkis, 2020).

L'epidemia di COVID-19 ha dimostrato che è tempo di ripensare il processo decisionale strategico per gestire le catene di approvvigionamento contro la minaccia di rischi sconosciuti. È tempo di fare questo cambiamento perché ogni catena di approvvigionamento merita un futuro migliore in termini di resilienza e sostenibilità. I professionisti dovrebbero includere la sostenibilità nella loro pianificazione: i futuri sforzi di ricerca dovrebbero concentrarsi su una vasta gamma di aree come gli impatti del Covid-19 sulle questioni di sostenibilità sociale, il ruolo del governo, delle organizzazioni, della società civile e del settore aziendale riguardanti l'equità, la protezione e il benessere dei dipendenti e le questioni lavorative. Infine, proprio la pandemia ha fornito una finestra di opportunità per le organizzazioni di rivalutare i loro modelli di business per quanto riguarda le prospettive di sostenibilità ambientale ed economica e sviluppare operazioni di supply chain più resilienti e sostenibili.

3.3 LA DIGITALIZZAZIONE

Il primo metodo che analizzeremo per costruire la resilienza è quello dell'implementazione di tecnologie digitali all'interno dell'azienda. Esso è un concetto molto ampio, e tratterà la digitalizzazione innanzitutto partendo da un'introduzione generale sull'**industria 4.0** e tutte le tecnologie che ne fanno parte, per poi approfondire in particolare il ruolo dell'**intelligenza artificiale** (IA). Infine, sarà trattato il ruolo della ***blockchain***, strumento recente ma dalle enormi potenzialità per costruire una supply chain resiliente.

La Digitalizzazione, o Digital Transformation, è il processo che permette alle aziende di integrare le nuove tecnologie. Grazie all'innovazione, è possibile migliorare in efficienza aziendale e abbattimento di costi e sprechi. La digitalizzazione si basa su:

- una struttura IT (information technology) aggiornata;
- applicazioni digitali;
- creazione/ottimizzazione della rete di informazioni e processi in azienda;

- raccolta, analisi e conservazione dei dati aziendali.

La Digitalizzazione è un processo che interessa tutta l'azienda, dall'amministrazione fino alla produzione e alla logistica: permette la fusione tra la parte offline e la parte online dell'azienda, efficientando le aree deboli dell'azienda senza uno sconvolgimento radicale di ogni parte di questa. Non solo, la digitalizzazione permette di automatizzare dei compiti ripetitivi, risparmiando tempo al personale. Liberare risorse che potranno concentrarsi sulle attività più importanti e produttive. Questo processo, quindi, permette di aumentare le performance aziendali. Inoltre, la digitalizzazione permette di avere sempre tutta l'azienda sotto controllo. Grazie alla possibilità di avere sempre i dati a portata di mano i dirigenti possono monitorare risorse e sistemi aziendali, ridurre gli sprechi di tempo e risorse, permettendo anche di intervenire in tempo con azioni correttive e quindi migliorare le performance aziendali.

La diffusione del Coronavirus ha provocato enormi cambiamenti nella società e nei settori economici, generando diverse difficoltà nella supply chain. Essendo un'emergenza di carattere globale, è risultato particolarmente difficile da parte di diversi venditori individuare nuovi fornitori in tempi rapidi. E questo ostacolo è emerso soprattutto con la crescita esponenziale dell'e-commerce, avvenuta in piena pandemia. Infatti, molti negozi online hanno visto aumentare in modo importante la domanda e in alcuni casi si sono trovati in difficoltà nel consegnare al cliente il prodotto acquistato online oppure nel rifornire il catalogo. Questi problemi si sono riversati nelle loro strategie di trasformazione digitale: in riferimento alla figura 17, quasi il 75% degli intervistati che ha dichiarato che la pandemia COVID-19 ha influenzato il loro viaggio verso la trasformazione digitale: Il 42% degli intervistati ha dichiarato che la pandemia ha accelerato la trasformazione digitale delle loro supply chain; il 17% ha detto che la pandemia ha spostato le priorità di digitalizzazione delle loro organizzazioni; e il 15% ha detto che la pandemia ha ritardato o messo in pausa i loro piani di trasformazione. Poco più di un quarto degli intervistati ha detto che la pandemia non ha avuto alcun effetto sulla loro strategia di trasformazione digitale (Toolsgroup, 2020).

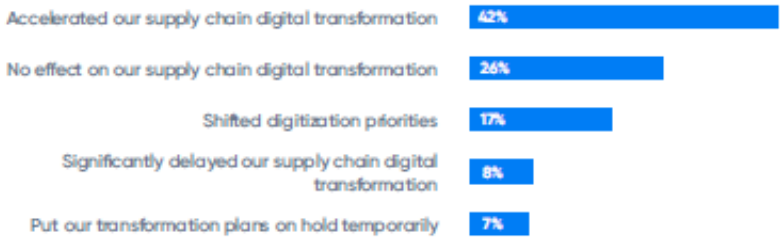

Figura 17: impatto della pandemia sulle prospettive di digitalizzazione

In molti casi, le problematiche sono emerse perché la rete di fornitori non è stata digitalizzata. In condizioni ideali, ogni azienda dovrebbe essere completamente digitalizzata, così come ogni processo dovrebbe essere coordinato e organizzato grazie a strumenti tecnologici. Questo permetterebbe di avere tutto sotto controllo anche durante emergenze come quella del Covid-19. In Italia, solo la metà delle PMI (piccole e medie imprese) investe in piattaforme ERP (software di Enterprise Resource Planning) e nella digitalizzazione della catena di approvvigionamento. E chi lo fa, riserva a queste attività meno dell'1% del proprio fatturato (Salesforce). Fortunatamente, in seguito all'emergenza sanitaria ed economica, molte imprese hanno compreso questa esigenza. Come mostrato in Figura 18, un sondaggio ha chiesto agli intervistati di definire la fase in cui si trovano rispetto all'introduzione di nuove tecnologie in azienda. La maggioranza (90%) si trova in una delle varie fasi di implementazione, o che comunque la precedono; con il 39% nelle fasi di esplorazione o valutazione, un altro 39% nelle fasi di ottenimento del supporto o esecuzione, e il 12% nella fase di raccolta dei benefici. Solo il 10% ha detto che non sta ancora perseguendo una strategia di trasformazione digitale.

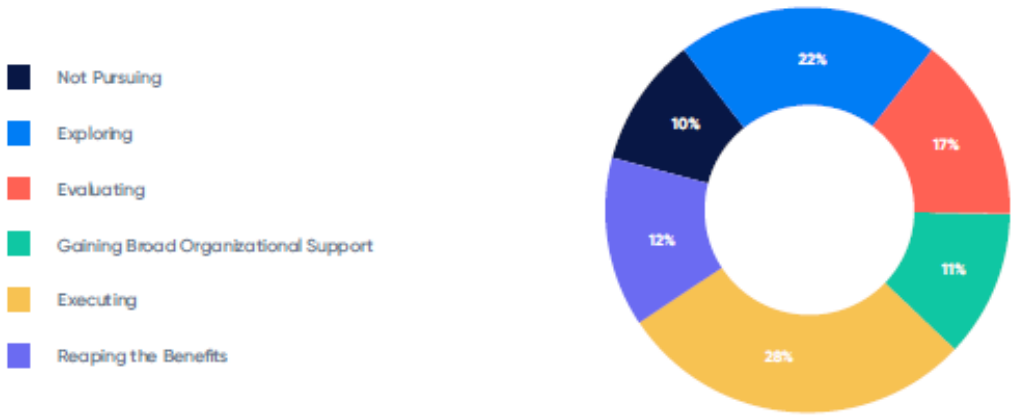

Figura 18: fase della digitalizzazione in cui si trovano le aziende

Osservatori Digital Innovation della School of Management del Politecnico di Milano in una recente indagine ha evidenziato alcuni dei vantaggi che le imprese possono avere da una supply chain digitalizzata. Innanzitutto, c'è un importante risparmio che arriva all'84% per il settore dei materiali edili, l'82% per quello dei materiali elettrici e di largo consumo e l'80% nel settore degli elettrodomestici (Italiaonline). Emerge poi una riduzione generale delle tempistiche (oggi consegnare un prodotto in tempi rapidi è uno dei fattori di successo di un e-commerce) e maggiori percentuali di clienti fidelizzati. Inoltre, migliora anche l'organizzazione interna dell'azienda perché, grazie al digitale, è possibile condividere in modo più facile e veloce le informazioni a tutte le persone coinvolte e affidare ad ognuna un compito, che viene comunicato anche agli altri. In questo modo, è più facile organizzare e coordinare la supply chain, rendendola efficiente ed efficace.

Migliorando le performance aziendali, si trasformano anche le aspettative dei clienti; Un sondaggio globale di Salesforce Italia (2019) mostra che la maggioranza degli intervistati crede che queste tecnologie, e le esperienze da esse consentite, trasformeranno entro cinque anni le loro interazioni con le società, soprattutto nell'esperienza del cliente. Ora che le tecnologie permettono alle aziende di offrire una maggiore personalizzazione ed esperienze più preziose e connesse sui canali fisici e online, i clienti hanno già più opzioni che mai, e non hanno paura di passare da un marchio all'altro per avere la migliore esperienza. Lo studio dimostra che circa la metà

dei clienti afferma che la maggior parte delle società delude le loro aspettative di ottenere esperienze eccellenti, mentre il 76% dichiara che è più facile che mai fare affari altrove. Questo significa che le aziende devono concentrarsi più che mai sull'offrire al cliente un'esperienza che si distingua da quelle dei concorrenti. Se commettono un errore, le aziende rischiano di perdere più del semplice acquisto: il 57% dei clienti ha smesso di acquistare da una società perché un concorrente ha offerto un'esperienza migliore. In più, il 62% afferma di condividere con altri le esperienze negative. Con i siti di recensioni e i social media che offrono ai clienti insoddisfatti un ampio pubblico a cui presentare reclami, è molto facile danneggiare la reputazione di una società. I clienti, oggi, si aspettano esperienze personalizzate, e per questo raccogliere dati di qualità è più importante che mai per le aziende. Sfortunatamente, questi studi hanno scoperto anche che il 57% dei clienti non è a suo agio con il modo in cui le società utilizzano le informazioni personali o aziendali e quasi due terzi (62%) hanno più paura adesso rispetto a due anni fa che i loro dati vengano compromessi. (Salesforce)

Grazie alla digitalizzazione è dunque possibile:

- prendere decisioni basate su dati certi e in tempo reale;
- aggiornare gli obiettivi in base ai dati aziendali;
- ridurre gli sprechi di tempo e risorse;
- avere accesso a tutte le informazioni in tempo reale;
- migliorare le attività aziendali in modo continuo;
- garantire un livello di performance più alto.

Tuttavia, perché il Processo di Digitalizzazione sia un successo è necessario che il progetto abbia quattro requisiti fondamentali. Infatti, non tutte le aziende e le supply chain sono attualmente pronte ad accogliere queste innovazioni tecnologiche; esse devono essere accompagnate ed implementate in relazione a:

- **Creazione di una strategia**. Non è possibile procedere alla digitalizzazione di un’azienda senza una strategia: è importante per evitare di incorrere in errori

che potrebbero rovinare l'intero processo, oltre al fatto che la discussione della strategia con i responsabili in azienda permette di mettere in luce i punti deboli su cui intervenire e i punti forti da mantenere durante il processo.

- **Mappatura della struttura aziendale presente e di quella ideale**. È importante, prima di iniziare con l'effettivo processo di digitalizzazione, mappare la struttura aziendale per capire esattamente come intervenire; è importante anche, definire la struttura aziendale "ideale" a cui si vuole arrivare tramite la digitalizzazione.
- **Sviluppo di un modello di business digitale**. Per rendere operativa la digitalizzazione è necessario trasformare il modello di business attuale (analogico) e farlo diventare digitale. Pianificare questa transizione prima dell'attuale processo di digitalizzazione permette di assicurare la riuscita del progetto.
- **Formazione del personale aziendale**. La Formazione, successiva all'attuazione della Digitalizzazione, è un altro ingrediente fondamentale per la riuscita del progetto: serve fare formazione a tutto il personale dell'azienda per assicurarsi che esso sappia utilizzare i nuovi strumenti forniti.

Proprio per questi motivi le organizzazioni citano una serie di ostacoli che si frappongono alle loro strategie di trasformazione. Il più grande è un deficit di competenze tra il loro personale (41%), seguito dalla qualità o la mancanza dei dati (34%). Anche l'incertezza legata al COVID (28%), una rigida struttura tecnologica esistente (28%) e la paura del cambiamento (28%) sono ostacoli. *(Vedi Figura 19)* Questi fattori principali rappresentano un cambiamento rispetto a quanto rilevato da ToolsGroup nel suo sondaggio del 2019. Due anni fa, gli intervistati hanno elencato la paura del cambiamento, la qualità o la mancanza dei dati, l'avversione al rischio, i deficit di competenze e la struttura tecnologica rigida come i primi cinque ostacoli che hanno affrontato, in questo ordine.

Figura 19: ostacoli che ritardano la trasformazione digitale delle aziende

Guardando più da vicino, le organizzazioni affrontano sfide diverse a seconda di quanto sono avanti nel loro viaggio di trasformazione digitale. Le aziende che non perseguono una strategia di trasformazione sono più propense a citare la paura del cambiamento, la mancanza di dati o la mancanza di investimenti come problemi che le trattengono. Poi, le aziende nella fase di esplorazione sono più propense a citare i deficit di competenze mentre lottano per sviluppare una strategia di trasformazione. Le aziende in fase di valutazione elencano tre sfide chiave: avversione al rischio, mancanza di dati e deficit di competenze. Infine, le aziende nella fase di acquisizione del supporto dicono che la paura del cambiamento è un problema principale, così come la paura di non poter dimostrare un business case per la trasformazione e aziende nella fase di esecuzione citano la mancanza di dati come un ostacolo chiave per andare avanti, molto probabilmente perché questa è la fase in cui i problemi di dati diventano più evidenti e fastidiosi.

3.3.1 TECNOLOGIE 4.0

Il termine Industria 4.0 è la propensione dell'odierna automazione industriale ad inserire alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business, aumentare la produttività degli impianti e migliorare la qualità dei prodotti. Sul miglioramento delle condizioni di lavoro non vi è un sostanziale accordo tra gli studiosi, per alcuni infatti il miglioramento delle condizioni di lavoro sarebbe solo una promessa, peraltro non inedita, che ogni trasformazione tecnico-organizzativa porta con sé. (Francesco Carfagna, 2021)

Dalla ricerca *The Future of the Jobs* presentata al World Economic Forum (2016) è emerso che, nei prossimi anni, fattori tecnologici e demografici influenzeranno profondamente l'evoluzione del lavoro. La tecnologia del cloud e la flessibilizzazione del lavoro hanno iniziato ad influenzare le dinamiche già a partire dal 2016. Secondo lo studio l'effetto sarà la creazione di 2 milioni di nuovi posti di lavoro, ma contemporaneamente ne spariranno 7, con un saldo netto negativo di oltre 5 milioni di posti di lavoro. L'Italia ne uscirà con un pareggio (200 000 posti creati e altrettanti persi), meglio di altri Paesi come Francia e Germania. A livello di gruppi professionali, le perdite si concentreranno nelle aree amministrative e della produzione: rispettivamente 4,8 e 1,6 milioni di posti distrutti. Secondo la ricerca compenseranno parzialmente queste perdite l'area finanziaria, il management, l'informatica e l'ingegneria. Cambiano, di conseguenza, le competenze e abilità ricercate: nel 2020 il *problem solving* rimarrà la competenza non specifica più ricercata, e parallelamente, diventeranno più importanti il pensiero critico e la creatività. Il governo Renzi, seguendo l'esempio di Stati Uniti, Inghilterra, Germania e Giappone, ha attuato una serie di misure per incentivare gli investimenti funzionali alla trasformazione tecnologica. Il progetto, che ha stimato di generare una spesa tra gli 80 e i 90 miliardi di euro, ha preso il nome di "Impresa 4.0" ed è stato sviluppato e presentato per la prima volta in Italia nel 2016 dal Ministro dello Sviluppo Economico Carlo Calenda (Francesco Carfagna). Nelle due figure sono mostrati alcuni dati raccolti da *Salesforce.* Nella prima, sono mostrati la percentuale dei **clienti** che credono che le seguenti tecnologie possano trasformare le loro aspettative sulle aziende; Nella seconda, la percentuale dei **manager** che sono convinti che le seguenti tecnologie possano cambiare il modo di lavorare entro cinque anni.

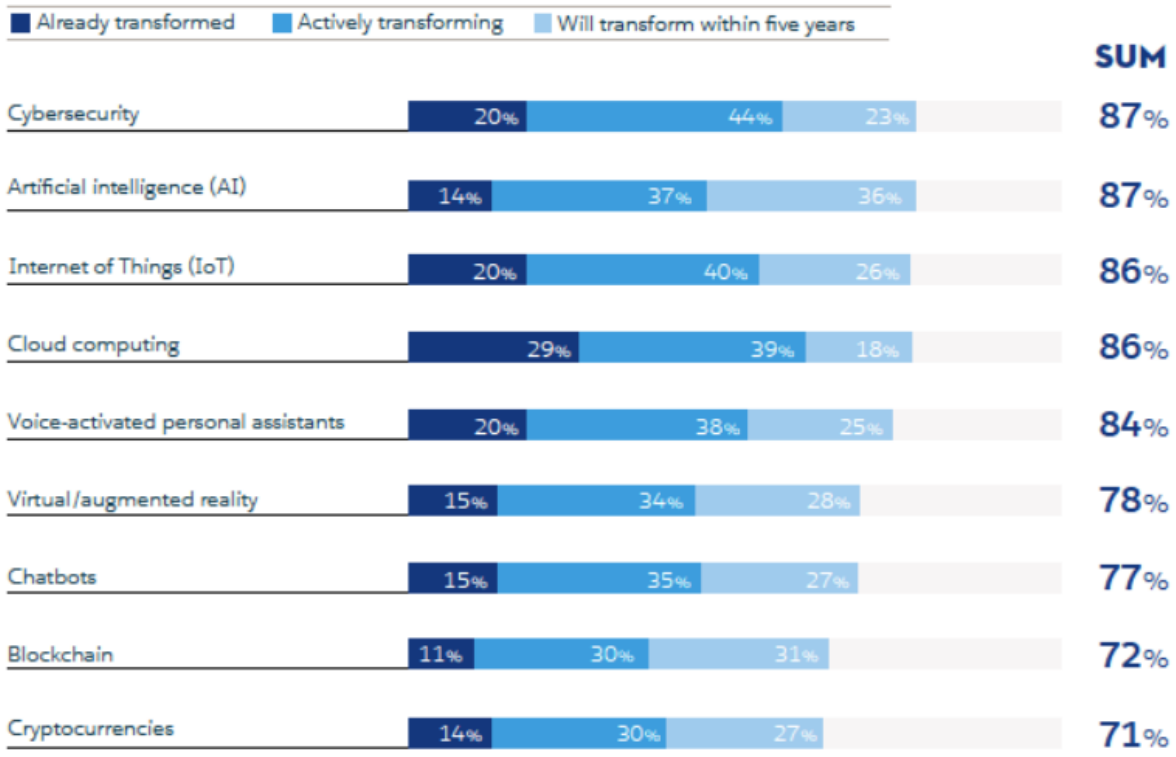

Figura 20: percentuale dei clienti che credono che le seguenti tecnologie possano trasformare le loro aspettative sulle aziende

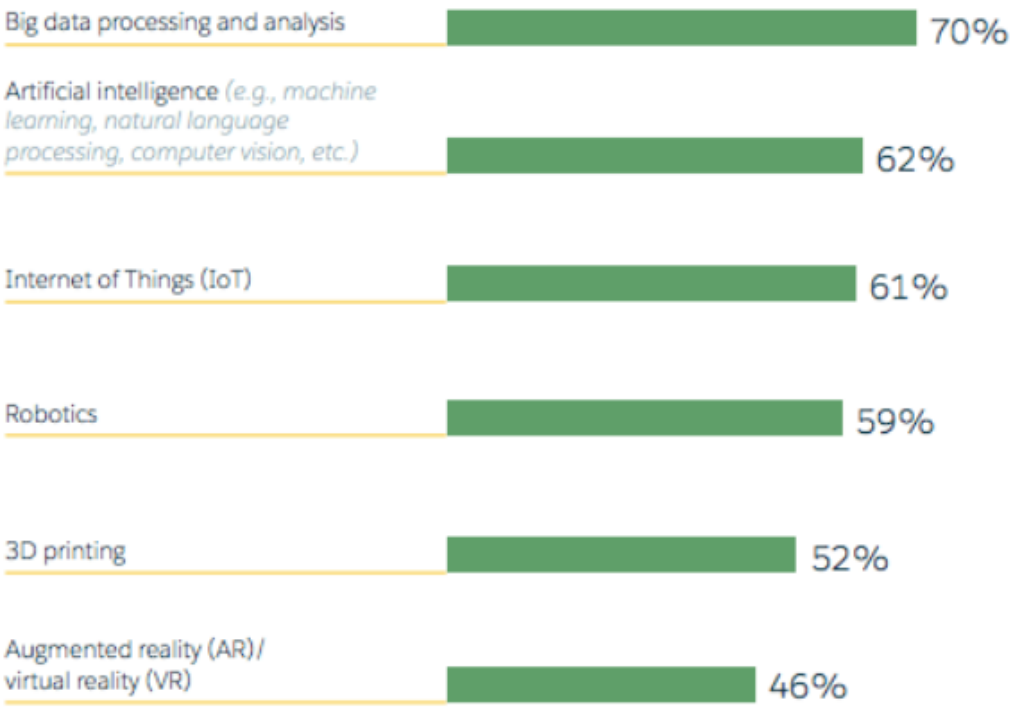

Figura 21: percentuale dei manager che sono convinti che le seguenti tecnologie possano cambiare il modo di lavorare entro cinque anni

L’industria 4.0 passa per il concetto di *smart factory*, che si compone di tre parti:

- *Smart production*: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
- *Smart service*: tutte le “infrastrutture informatiche” e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (rapporti tra fornitori e clienti) tra loro e con le strutture esterne (strade, centri, gestione dei rifiuti, ecc.).
- *Smart energy*: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia secondo i paradigmi tipici dell'energia sostenibile.hy

L’industria 4.0 si centra sull’adozione di alcune tecnologie definite **abilitanti**; alcune di queste sono “vecchie” conoscenze, concetti già presenti ma che non hanno mai sfondato il muro della divisione tra ricerca applicata e sistemi di produzione veri e propri; oggi, invece, grazie all’interconnessione e alla collaborazione tra sistemi, il panorama del mercato globale sta cambiando portando alla personalizzazione di massa, diventando di interesse per l'intero settore manifatturiero.

La CC (La **Creative Common,** a cui ci si può riferire anche come *licenza di diritto d'autore*) è una risorsa digitale condivisa e permanentemente disponibile in tre diverse aree: infrastruttura (hardware e server), piattaforma (sistemi operativi e database) e software (applicazioni). Il suo carattere decentralizzato consente una semplice raccolta, memorizzazione, produzione e scambio di dati tra molte entità, migliorando l'accessibilità complessiva dei dati e la loro gestione all'interno e tra le diverse aziende di una supply chain. Grazie alla CC i dati possono essere raccolti, analizzati e interpretati più rapidamente, consentendo una pianificazione più efficiente dell'offerta, del trasporto e della domanda (*Ramirez-Peña Et Al.*, 2020). Pertanto, la CC è generalmente considerata in grado di migliorare le prestazioni della catena di

approvvigionamento, soprattutto se combinata con altre tecnologie come BDA, IoT e CPS (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel, 2021*).

L'*IoT* (**Internet of Things**) è una rete di oggetti fisici dotati di tecnologia digitale per interagire autonomamente tra loro, con utenti umani o sistemi digitali, all'interno o verso l'esterno dei confini aziendali (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel,*). Vari dispositivi di monitoraggio, come gli identificatori a radiofrequenza (RFID), i chip del sistema di posizionamento globale (GPS), i sensori wireless, le telecamere, i microfoni, i laser, gli scanner di codici a barre e altre tecnologie (ad esempio, Bluetooth e Near Field Communication) facilitano la raccolta dei dati e la connettività nella rete (Er Kara et al., 2020). L'IoT consente di ottenere vantaggi significativi per quanto riguarda una supply chain resiliente poiché permette di tracciare gli articoli e determinare importanti metriche, tra cui la temperatura e la pressione lungo l'intera filiera. Questo può migliorare il processo e la conoscenza complessiva del rischio così come le strategie di rischio. Inoltre, i dati generati attraverso l'IoT possono essere utilizzati da altre tecnologie come parametri di input.

BDA (**Big data analytics**) si riferisce alla combinazione di strumenti, tecniche e processi per l'integrazione di dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati da diverse fonti in informazioni processabili come base per le decisioni (*Er Kara et al.*). Grazie al BDA è possibile sfruttare sistemi ERP (Enterprise resource planning) e CRM (customer relationship management) di un'azienda, le macchine e le piattaforme cloud, nonché le fonti esterne (ad esempio, le pagine web e i social media). Gli studiosi hanno dimostrato empiricamente che BDA supporta la supply chain resilience e considerano questa tecnologia un elemento centrale delle future iniziative dell'industria 4.0 (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel,*). Le aree di applicazione specifiche per BDA includono la previsione di eventi di rischio, la pianificazione proattiva della risposta e il controllo reattivo in tempo reale. Inoltre, BDA può supportare lo sviluppo e l'esecuzione di piani di continuità in vista di possibili interruzioni ed essere combinata con tecniche di simulazione tradizionali per generare modelli che possono supportare la comprensione di problemi relativi catena di approvvigionamento, determinare possibili soluzioni, visualizzare le dinamiche e testare scenari alternativi.

AI (**Artificial Intelligence**) è un termine che indica tutte le tecniche che supportano l'apprendimento continuo e capacità decisionali basate su serie di dati grandi e potenzialmente non strutturate (*Sachin Modgil Et Al., 2021*). L'ottimizzazione matematica, gli approcci basati sulla rete, la modellazione basata sugli agenti, il ragionamento automatico e l'apprendimento automatico sono approcci chiave in questo campo (Baryannis et al., 2019). Per quanto riguarda il contributo alla resilienza della supply chain l'AI non si discosta molto dal BDA, pur essendo una tecnologia meno utilizzata in quest'ambito.

I *CPS* (**Cyber-Physical Systems**) si occupano "degli aspetti fisici e informativi di processi", in particolare integrano l'infrastruttura fisica in sistemi per autogestire le operazioni e comunicare e scambiare regolarmente informazioni con il mondo reale, il che permette alle aziende di automatizzare, monitorare e controllare le loro operazioni in modo più completo. I robot e i veicoli autonomi giocano un ruolo essenziale nei CPS poiché possono facilitare o anche intraprendere il lavoro del personale per ridurre i potenziali rischi ed errori dal lavoro umano, specialmente durante una pandemia (*Ramirez-Peña et al.*). Come esempio specifico di un possibile elemento che rende la supply chain più resiliente, si pensi ad un sistema automatizzato per il rilevamento e il trasporto di campioni di test dalla catena di montaggio a un laboratorio: grazie ai CPS è possibile attenuare i potenziali rischi di qualità in modo più affidabile ed efficiente di quanto potrebbero mai fare i lavoratori umani (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*).

Le tecniche *AM* (**Additive Manufacturing**) sono l'opposto della produzione sottrattiva: i materiali vengono aggiunti successivamente strato dopo strato invece di essere tagliati via da un blocco solido. Le stampanti 3D sono il fulcro della tecnologia AM, permettendo la produzione di moduli, componenti e prodotti specifici in qualsiasi livello della supply chain (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). Grazie alle tecniche AM, le potenziali fonti di rischio come, per esempio, il numero di fasi di produzione, i fornitori e i collegamenti di trasporto possono quindi essere mitigate.

Blockchain (BC) è una rete peer-to-peer decentralizzata, aperta e crittografica che è stata discussa nel campo finanziario per molti anni. Le informazioni sulle transazioni sono memorizzate su blocchi di dati digitali, riprodotti e distribuiti in vari libri mastri identici a cui tutte le parti coinvolte possono accedere. Le decisioni sulla legittimità e il

completamento di queste transazioni si basano su un consenso tra i partner commerciali, rendendo gli intermediari (ad esempio, banche ed enti governativi) sempre più superflui (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). In un contesto di supply chain resilience, la blockchain può essere utilizzata per verificare l'accuratezza delle informazioni e tracciare le posizioni degli asset e gli stati di proprietà (*Yangchun Xiong et al., 2021*). La resilienza di una supply chain può beneficiare significativamente di queste aree di applicazione poiché la blockchain migliora la comunicazione, il coordinamento e la fiducia all'interno ma anche al di fuori dei confini dell'azienda.

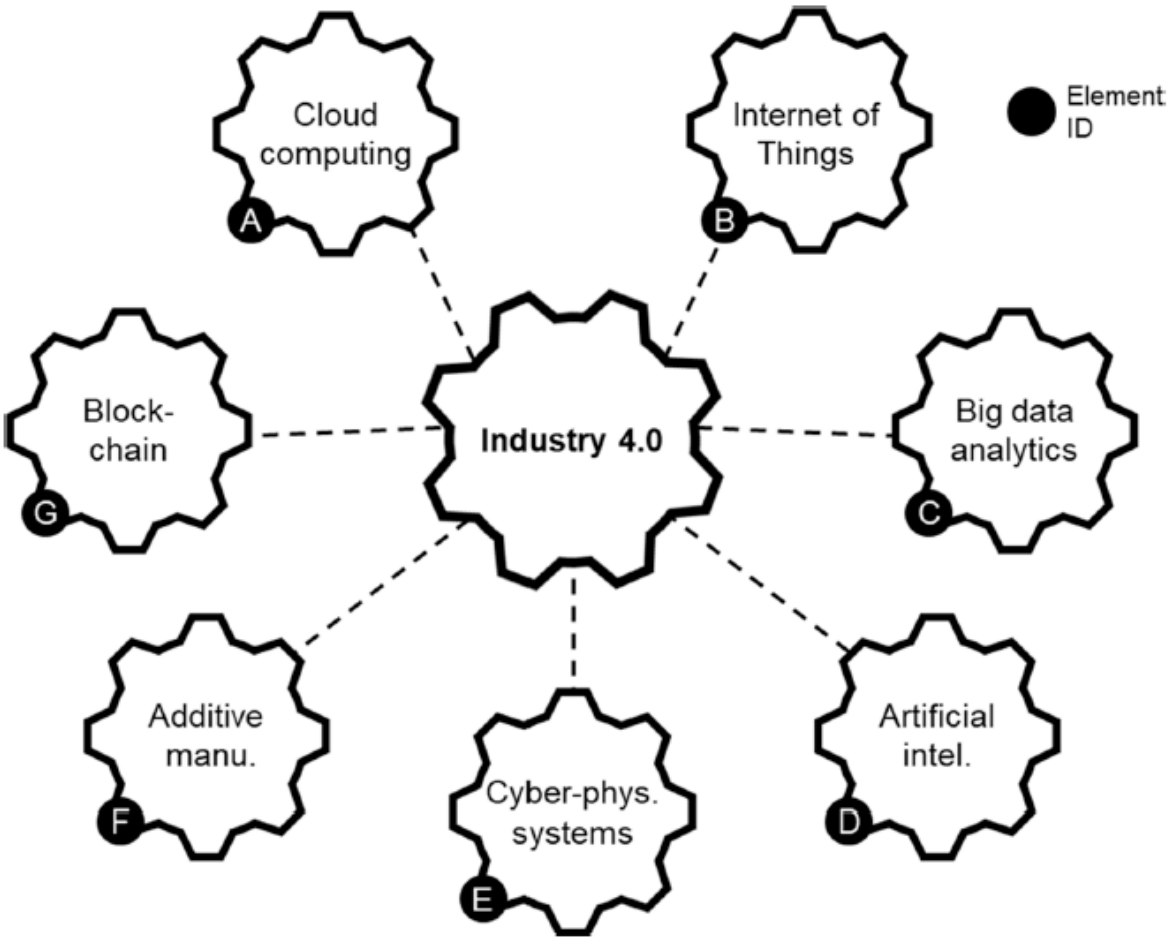

Figura 22: sintesi delle otto tecnologie abilitanti dell'I4.0

3.3.2 COSTRUZIONE DELLA RESILIENZA PER MEZZO DI I4.0

Molti studiosi sono convinti che l'industria 4.0, con le sue numerose tecnologie abilitanti, come la big data analytics (BDA), l'internet delle cose (IoT) e l'intelligenza artificiale (AI), possa sostenere la resilienza della supply chain e mitigare il rischio di possibili interruzioni come, per esempio, la pandemia di Coronavirus. Quest'ultima affermazione risulta particolarmente vera in un contesto come quello attuale, in cui ci si è accorti che la manodopera umana non disponibile è uno dei fattori più critici e che potenzialmente può danneggiare maggiormente le operazioni della supply chain.

Per capire come una tecnologia possa impattare sulla resilienza di un'azienda, o di tutta la supply chain, è importante prima presentare il ruolo degli *antecedenti*. Gli **antecedenti** si riferiscono a tutti gli aspetti tecnologici, gestionali, aspetti e capacità finanziarie, relazionali e culturali che sono necessari all'attuazione di un processo (Universita' Di Pisa, 2015)

La **velocità**, inteso come antecedente, è definibile come la velocità di un'organizzazione di adattarsi e rimanere flessibile di fronte a varie situazioni, con il lead time come indicatore chiave. Ciò include la flessibilità delle aziende nel reagire rapidamente alle nuove condizioni ambientali, specialmente quando si trovano ad affrontare interruzioni nella produzione, nel trasporto, nell'approvvigionamento o nella manodopera (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). Tutte le tecnologie di abilitazione dell'industria 4.0 possono contribuire alla velocità complesso, l'i ndustria 4.0 permetterà di eseguire il lavoro più velocemente, portando a un sostanziale miglioramento dei tempi di esecuzione. Per quanto riguarda la BDA, i rischi possono essere rilevati in anticipo e le misure di mitigazione eseguite più velocemente, per esempio, quando si trovano percorsi di trasporto alternativi durante le interruzioni delle infrastrutture. In questo contesto, la capacità dell'AI di sostituire le operazioni che richiedono molto lavoro e tempo con l'elaborazione automatica delle informazioni e le capacità di interpretazione è anche un chiaro potenziatore di velocità (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*). I dati necessari per l'AI e la BDA possono essere raccolti utilizzando applicazioni IoT e presentati tramite CC, consentendo analisi più rapide, quasi in tempo reale e consultazioni (Baryannis et al.) L'accesso più veloce ai dati porta generalmente a decisioni migliori e vantaggi di performance, e ciò è possibile

attraverso la digitalizzazione dei processi tramite BC: le attività sono accelerate quando si riduce la necessità di interazioni con gli intermediari. Infine, anche grazie all'AM è possibile migliorare la velocità: i tempi di consegna possono essere accelerati quando le fasi di produzione e i livelli dei fornitori sono ridotti, inoltre, l'AM permette una maggiore flessibilità nella scelta dei luoghi di produzione, il che è un ulteriore miglioramento della velocità.

La ***visibilità***, o trasparenza, riguarda la capacità di accedere alle informazioni sull'identità, l'ubicazione e lo stato delle entità che transitano tra i fornitori di livello inferiore e i clienti nella supply chain. Questo può includere le scorte, la domanda e le condizioni di fornitura, così come i programmi di produzione e di acquisto (Alexander Spieske, Hendrik Birkel). I dati su larga scala acquisiti da varie applicazioni IoT e CPS favoriscono significativamente il tracciamento e il rintracciamento del flusso di materiale e il miglioramento della trasparenza del rischio nella catena di approvvigionamento **(**Birkel, H. S., & Hartmann, E., 2020). Dal punto di vista del marketing e delle vendite, la BDA può migliorare la visibilità del mercato attraverso tecniche analitiche predittive, portando a previsioni di domanda e vendita più affidabili, mentre 'AI può espandere tali metodi analitici: gli approcci di valutazione parzialmente automatizzati rendono ancora più facile ottenere la trasparenza (Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh). Inoltre, BC può essere usato per supportare la visibilità dal lato della domanda e dell'offerta; infatti, i dati memorizzati nei libri mastri aperti possono aiutare a tracciare il flusso dei materiali, verificare i livelli di scorte e comprendere l'intero processo di evasione degli ordini. In questo contesto, BC può migliorare la creazione di visibilità attraverso la condivisione dei dati in tempo reale tra le parti integrate (*Yangchun Xiong et al.*).

La ***collaborazione*** descrive gli atteggiamenti delle parti indipendenti verso l'allineamento delle forze per la mitigazione del rischio. Grazie alla collaborazione si influenza positivamente la prontezza, la risposta e il recupero. Alcuni esempi di approcci collaborativi sono la pianificazione e il processo decisionale di continuità comune, e la volontà di condividere informazioni. In questo contesto, la fiducia reciproca è una *precondizione*. Alcuni studiosi considerano addirittura produttiva la collaborazione con i concorrenti in tempi di gravi supply chain disruptions (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel)*. Sempre nell'ottica di creare supply chain resilience la BC supporta la costruzione di relazioni di fiducia e la condivisione di informazioni

attraverso la sua natura decentralizzata, aperta e crittografica (*Yangchun Xiong Et Al.).* Anche la fiducia nelle relazioni esistenti e in quelle appena avviate può essere rafforzata utilizzando BC. Inoltre, la BC assicura la condivisione automatica delle informazioni, riducendo così la possibilità che i partner della SC perdano una comunicazione importante. Alcuni meccanismi nelle applicazioni BDA e AI permettono di condensare e comunicare i risultati più importanti ottenuti sui rischi e sulle possibili interruzioni a tutti i partner rilevanti della supply chain (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*). In questo contesto, le CC possono giocare un ruolo essenziale nella condivisione e nell'elaborazione congiunta delle informazioni e la stessa condivisione può essere migliorata con l'aggiunta di dati dettagliati ottenuti dai dispositivi IoT.

Il ***sourcing*** da fornitori affidabili è essenziale poiché le interruzioni nei livelli inferiori possono influenzare ogni azienda nella supply chain, ed eventualmente propagarsi attraverso l'effetto bullwhip. (Saad Zighan). Uno studio di Hosseini et al. del 2019, molto significativo poiché precedente all'impatto della pandemia da Coronavirus, riporta che più della metà delle interruzioni di tutte le supply chain sono dovute a fornitori di primo livello, il che pone la selezione dei fornitori al centro del processo di costruzione della resilienza di una catena di approvvigionamento. Le valutazioni del rischio durante le trattative e gli audit regolari hanno acquisito molta importanza nel corso degli ultimi decenni, in modo direttamente proporzionale alla crescita della complessità delle supply chain moderne. Infine, è bene specificare che il ruolo dei fornitori è particolarmente importante in un contesto di industria 4.0 poiché "*un'organizzazione non può veramente beneficiare delle tecnologie dirompenti se i suoi altri partner della catena di rifornimento stanno ancora funzionando in modi convenzionali*" (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). BDA e AI possono essere usate per selezionare nuovi fornitori e monitorare gli attuali parametri di resilienza di un'azienda. Le applicazioni di supporto alle decisioni che considerano le caratteristiche di rischio sono sempre più applicate nelle valutazioni dei fornitori (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*). La selezione dei fornitori e l'auditing può essere facilitato con i dati ottenuti dall'IoT dei partner della supply chain, per esempio, Hosseini et al. hanno presentato un approccio per analizzare la segregazione geografica ottimale dei fornitori. Nel complesso, i progressi di BDA e AI possono aiutare gli acquirenti a liberare tempo per la costruzione di relazioni interpersonali invece di svolgere compiti amministrativi (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). Inoltre, AM presenta una nuova

opzione all'interno del sourcing, permettendo l'insourcing di alcune fasi di produzione (ad esempio, lo stampaggio a iniezione), il che consente di evitare fornitori inaffidabili. Infine, il CC supporta la flessibilità negli acquisti abilitando nuove opportunità, come le piattaforme di sourcing e il crowdsourcing.

Un altro fattore chiave per rendere resiliente la supply chain è quello di saper **comprendere** le situazioni e gli scenari che si presentano ogni giorno. L'AI può mappare le reti di fornitori o clienti esistenti per aiutare visualizzarle e analizzarle, il che permette di migliorare la conoscenza delle dipendenze e dei potenziali colli di bottiglia. Wichmann et al. (2020) hanno presentato una soluzione basata sul deep learning e sul natural language pro- cessing per generare automaticamente tali mappe. Inoltre, le simulazioni supportate da BDA permettono di comprendere una catena di approvvigionamento in modo più numerico, per esempio, analizzando le dinamiche e testando scenari di rischio alternativi (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel)*. Questo comprende la scoperta di fattori scatenanti, la quantificazione dei rischi e la valutazione delle conseguenze (*Er Kara et al.*). Anche i dati trasmessi attraverso IoT possono migliorare ulteriormente il livello di dettaglio dei modelli e possono essere utilizzate per creare piani di continuità aziendale o adattare il design complessivo della supply chain, come descritto nel paragrafo seguente.

I **principi di progettazione** della supply chain nel contesto della costruzione della resilienza riguardano prevalentemente il trade-off tra efficienza e ridondanza in una rete di fornitura. Sebbene siano percepite come utili per superare le interruzioni, le strategie di ridondanza hanno un costo e devono quindi essere applicate con attenzione. Le tre misure più importanti sono l'aumento delle scorte, l'approvvigionamento multiplo e la capacità di backup nella produzione e nel trasporto. Altri principi di progettazione includono la densità, la complessità e la criticità dei nodi di una rete di approvvigionamento (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel).* Gli strumenti di simulazione e ottimizzazione basati su BDA consentono di testare configurazioni di rete alternative e possibili elementi di ridondanza, tra cui quantità di fornitori, ubicazioni geografiche, livelli di inventario e capacità di produzione e trasporto (Hosseini et al.). Inoltre, BDA può essere applicata alle reti SC esistenti per identificare, valutare e ottimizzare le performance di. L' AM consente una pianificazione più flessibile della progettazione della catena, infatti livelli dei fornitori, le fasi di produzione e le posizioni

possono essere regolati in base agli obiettivi aziendali. Infine, la tecnologizzazione CPS può aiutare a raggiungere la giusta quantità di scorte e fornitori (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel).*

3.2.3 IL CASO DEL SETTORE AUTOMOBILISTICO

Anche se le caratteristiche della pandemia COVID-19 differiscono da quelle di precedenti supply chain disruptions, gli studiosi concordano sul fatto che gli i piani per rendere le supply chain più resilienti stabiliti in precedenza hanno aiutato le aziende a superare queste sfide. In particolare, l'agilità e la collaborazione sono stati cruciali per sostenere lo sviluppo della supply chain resilience durante questa crisi. In questo contesto, le tecnologie abilitanti dell'industria 4.0 sono state un prezioso abilitatore la loro velocità e scalabilità avanzata rispetto alla forza lavoro umana ha aiutato le aziende a far fronte alle dimensioni di disturbo precedentemente sconosciute durante la pandemia COVID-19.

Per capire il ruolo degli antecedenti nell' INDUSTRIA 4.0 per potenziare la supply chain resilience durante il COVID- 19, è stato applicato l'approfondimento sulle varie tecnologie e i loro contributi alla supply chain, a un caso d'uso nel settore automobilistico, in particolare a un **produttore di apparecchiature originali** (*Original Equipment Manufacturer*, OEM). È stato scelto questo settore perché le supply chain nell'industria automobilistica sono tradizionalmente vulnerabili quando si tratta di possibili eventi di interruzione. Le reti di approvvigionamento automobilistico sono estremamente globalizzate e quindi complesse; possiedono anche alti livelli di outsourcing, personalizzazione di massa e consegna just-in-time e just-in-sequence; infatti, gli OEM hanno affrontato sfide enormi durante la pandemia di COVID-19. All'inizio della crisi, nel corso del 2020, molti dei loro stabilimenti sono stati chiusi per motivi di prevenzione delle infezioni o sono stati obbligati ad attuare misure di protezione, compresi i dispositivi di protezione personale e l'allontanamento sociale, anche se sono riusciti a mantenere i loro siti aperti. La chiusura degli stabilimenti dei fornitori in altri Paesi, la chiusura delle frontiere e le limitate capacità di trasporto aereo

hanno ulteriormente complicato la situazione di fornitura poco trasparente. Inoltre, l'economia generale le condizioni si sono deteriorate in tutto il mondo e la domanda di mobilità è diminuita notevolmente, portando a forti cali di vendite. Nel successivo periodo post-lockdown (2021), l'industria automobilistica è considerata un booster economico con una domanda crescente, e questi sviluppi inaspettati della domanda hanno addirittura favorito un bullwhip effect nelle catene di approvvigionamento automobilistiche. Proprio a causa dei numerosi rischi che il settore automobilistico ha affrontato durante la pandemia COVID-19, le tecnologie abilitanti 4.0 offrono nette opportunità di mitigazione.

La visibilità gioca un ruolo vitale durante un'epidemia di virus. Soprattutto le strutture geograficamente remote possono beneficiare di sistemi di allarme rapido basati su AI e BDA che utilizzano dati esterni per valutare la situazione alla fonte dell'infezione e derivare misure proattive. La visibilità è anche un antecedente primario utilizzato per rispondere alle carenze di fornitura in modo appropriato. Gli OEM possono sfruttare I potenziali completi di BC, IoT e CC per tracciare il flusso end-to-end di materiali, parti e componenti nella supply chain, in più la visibilità sulle scorte di sicurezza, sulle capacità di produzione o sui carichi di navi e camion può consentire un migliore processo decisionale e adatte contromisure. Inoltre, l'AI e la BDA possono essere sfruttate per capire meglio la rete end-to-end di un OEM per migliorare ulteriormente le condizioni di fornitura. La maggior parte degli OEM non possiede una mappa completa della loro intera rete di fornitori e subfornitori, il che comporta una mancanza di informazioni sui fornitori di livello più basso potenzialmente interessati da interruzioni; Infatti, il fornitore di primo livello è spesso quello che informa l'OEM delle interruzioni, ma la comunicazione è spesso in ritardo, generando ulteriore ritardo negli interventi. In questi casi, BC e CC possono supportare la dispersione delle informazioni e potenziare la collaborazione. Queste tecnologie abilitanti 4.0 operano per lo più in modo automatico, il che è un chiaro vantaggio soprattutto durante una pandemia, quando la capacità degli impiegati umani potrebbe essere limitata. Inoltre, l'AI e la BDA possono essere usate per rilevare rapidamente altri colli di bottiglia nella supply chain come, ad esempio, la chiusura delle frontiere (una reazione comune durante una pandemia) può essere rapidamente rilevata consentendo alle azioni correttive di essere prese rapidamente ed efficacemente (per esempio, reindirizzando i trasporti).

Secondo uno studio di *Ivanov, D. & Dolgui, A* tutte queste caratteristiche e informazioni possono permettere di creare un una *supply chain digitale* ***gemella*** (2020), permettendo visibilità e comprensione completa e in tempo reale. L'ulteriore implementazione di soluzioni AI che consentono simulazioni, permette anche di utilizzare il gemello digitale per valutare diversi scenari, che è una caratteristica essenziale poiché le occorrenze di infezioni durante una pandemia possono essere molto dinamiche e imprevedibili, o magari svilupparsi a macchia di leopardo, richiedendo regolari rivalutazioni delle misure implementate. Inoltre, la diversificazione geografica ha dimostrato di essere critica durante una pandemia: nella selezione dei fornitori, gli strumenti basati sull'AI possono calcolare le ubicazioni ottimali dei fornitori in base a specifici punteggi di rischio del Paese. Per alcune componenti di prodotto, la probabilità di carenze di fornitura può anche essere ridotta implementando proattivamente le soluzioni AM direttamente nel sito di produzione. Una quota maggiore di CPS automatizzati negli impianti di produzione e nei magazzini può consentire un'implementazione più rapida dei protocolli di prevenzione delle infezioni e potenzialmente evitare la chiusura del sito. Infine, non solo l'affidabilità delle forniture ma anche la continuità della produzione e la previsione della domanda sono state messe in discussione durante la pandemia di COVID-19. Le fluttuazioni della domanda possono essere percepite prima analizzando i dati interni ed esterni utilizzando l'IA, il che può aiutare a creare previsioni più affidabili, limitare l'effetto bullwhip e costruire la fiducia tra i vari partner della supply chain.

Secondo uno studio di Belhadi et al. (2021) il settore automobilistico considera BC, BDA, e l'IoT fattori critici per superare le sfide della supply chain legate a COVID-19. Gli esperti del settore, per quanto riguarda la costruzione della resilienza in una catena di approvvigionamento, valutano lo sfruttamento di queste tecnologie 4.0 molto più importante dell'applicazione di misure classiche come le scorte di sicurezza o i piani di continuità. Per esempio, un OEM ha collaborato con un fornitore di servizi per implementare il monitoraggio dei materiali BC nel suo complesso e grazie a questa iniziativa, l'azienda ha migliorato la sua visibilità (*Alexander Spieske, Hendrik Birkel*). Inoltre, le aziende automobilistiche hanno utilizzato con successo la BDA per determinare la giusta capacità produttiva e i livelli di stock di sicurezza durante la crisi. Gli OEM hanno anche applicato la BDA durante la pandemia per cercare e selezionare efficacemente fornitori affidabili e per superare l'incertezza del mercato hanno

presentato uno strumento di analisi predittiva per prevedere la domanda di auto sulla base dei numeri reali di infezioni (Belhadi et al.). Questa mossa ha risolto l'incertezza durante la pandemia di COVID-19 sostenendo il processo decisionale degli OEM nell'approvvigionamento, nella gestione delle scorte e nella pianificazione della produzione.

Considerando tutto ciò, gli studiosi si aspettano che il settore automobilistico possa accelerare l'implementazione della tecnologia 4.0 per una maggiore *supply chain resilience* (Belhadi et al.). In questo contesto, tuttavia, i fornitori a monte hanno ancora un notevole ritardo nell'implementazione della tecnologia. Il caso d'uso OEM sottolinea la straordinaria rilevanza dell'I4.0 in questo contesto, e le potenzialità delle tecnologie abilitanti per mitigare le conseguenze negative di una pandemia e di possibili futuri eventi di interruzione.

3.2.4 APPROFONDIMENTO: INTELLIGENZA ARTIFICIALE

I sistemi dotati di intelligenza artificiale hanno delle caratteristiche simili a quelle umane; sono computer che sanno "pensare" come le persone ovvero riconoscere modelli complessi, elaborare informazioni, trarre conclusioni e formulare consigli. L'AI attraverso l'apprendimento automatico, è in grado di imparare a svolgere una determinata azione anche non programmata: dall'individuare schemi in enormi quantità di dati non strutturati all'alimentare il correttore automatico di un telefono cellulare.

L'intelligenza artificiale può essere un abilitatore tecnologico per aiutare ad affrontare i problemi associati alla resilienza della catena di approvvigionamento e per offrire potenziali vie per assistere le organizzazioni nel loro viaggio verso la sostenibilità a lungo termine. Poiché la supply chain coinvolge una serie di compiti complessi, l'AI può semplificare le operazioni risolvendo i problemi in modo più veloce e preciso, mentre contemporaneamente può gestire grandi volumi di dati.

Per conservare la fedeltà dei clienti, le società non devono solo offrire vendite e servizi eccezionali in negozi fisici e online, ma anche dimostrare che hanno a cuore gli interessi dei consumatori. Marc Benioff, presidente e Co-CEO di Salesforce, crede che sia necessaria una "*rivoluzione della fiducia*" se le aziende devono accogliere completamente il potenziale della quarta rivoluzione industriale, egli afferma anche che "impiegare l'IA richiederà una sorta di riavvio nel modo in cui le società pensano alla privacy e alla sicurezza. Più la macchina impara su di te, meglio saprà prevedere le tue necessità e agire per conto tuo: l'IA è alimentata dai dati e ora che i dati diventano la valuta della nostra vita digitale, le società devono garantire la privacy e la sicurezza delle informazioni dei clienti. Non esiste fiducia senza trasparenza: le aziende devono spiegare chiaramente ai clienti come vengono usati i loro dati personali" (2020).

Ci sono diversi settori e scopi per cui l'AI è attualmente utilizzata nelle aziende. Attraverso l'apprendimento automatico è possibile automatizzare gli accordi contrattuali con i fornitori e quindi a rafforzare la strategia di approvvigionamento dell'organizzazione. Poi, grazie all'analisi di big data, è possibile facilitare un processo decisionale intelligente e agile nella catena di approvvigionamento per anticipare i problemi, oltre che evitare la ridondanza in tutta la supply chain. Le catene di approvvigionamento stanno continuamente espandendo la loro portata geografica; ogni minuto e ogni miglio contano e l'AI utilizza algoritmi che possono aiutare a ridurre i tempi e i costi ottimizzando i percorsi e le consegne, spaziando tra i diversi mercati (locali o più a distanza) e facilitando la raccolta di dati per prendere decisioni strategiche in modo più accurato. Inoltre, l'IA è in grado di facilitare la pianificazione della domanda, l'adempimento degli ordini, la progettazione della rete e la pianificazione delle scorte insieme ai sistemi dei fornitori. L'IA ha anche un impatto significativo sul miglioramento delle capacità predittive necessarie per la previsione della domanda nell'ambiente aziendale dinamico di oggi.

L'IA può essere molto efficiente nel coinvolgimento dei clienti in quanto le interazioni possono essere personalizzate dai bot guidati dall'IA. Questi bot possono aiutare a tracciare lo stato di consegna di un articolo e sono ulteriormente supportati da un team di supporto clienti. Un sistema proattivo di AI aiuta a migliorare la qualità del servizio e a deliziare i clienti attraverso consegne puntuali e senza danni. Infine, La gestione dell'inventario è un esempio di come l'AI offra una scansione in tempo reale dei livelli

di scorte e allinea le attività associate di conseguenza. L'AI può aiutare a semplificare i compiti noiosi nelle operazioni di magazzino attraverso l'automazione. Aziende come Amazon e Alibaba stanno già utilizzando robot guidati dall'AI per migliorare la produttività e l'efficienza della catena di approvvigionamento (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*). L'AI aiuta anche a tracciare le prestazioni dei magazzini in termini di domanda e durata di conservazione.

Le aziende di tutto il mondo stanno cercando urgentemente dei modi per pianificare meglio la volatilità della domanda della supply chain e migliorare la resilienza e l'agilità convertendo i processi e le tecnologie obsolete al digitale. La volatilità della domanda, le carenze e le eccedenze di inventario e le sfide del personale stanno rivelando le vulnerabilità dei processi praticamente in tutti i settori. Di conseguenza, le aziende stanno investendo in tecnologie per aumentare l'automazione della supply chain e aiutarle a tenere il passo con l'evoluzione delle aspettative dei clienti. A tal proposito, il 42% delle organizzazioni afferma che la pandemia ha accelerato i loro piani di digitalizzazione. Questi sono solo alcuni dei risultati di un sondaggio globale condotto dal Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) e ToolsGroup con l'obiettivo di valutare le strategie di trasformazione digitale della supply chain in un'economia post-pandemia (2020).

Prima del Covid-19, molti consumatori optavano per gli acquisti in negozio rispetto a quelli online, perché potevano vedere, toccare e confrontare gli articoli. Non sorprende che gli acquisti online siano aumentati durante la pandemia e che la visibilità della supply chain sia quindi più importante che mai. Tuttavia, molte organizzazioni nel corso del 2020 non erano preparate per gli aspetti pratici dell'evasione degli ordini online, e i processi di pianificazione erano mal equipaggiati per rispondere all'improvviso aumento della domanda osservato in seguito all’impatto del Covid-19.

I principali vantaggi che può portare l’intelligenza artificiale alla supply chain, contribuendo alla **costruzione della resilienza** sono molteplici. Innanzitutto, **la trasparenza** è uno dei fattori che porta maggiore efficienza e influenza maggiormente le prestazioni di una supply chain ma aiuta anche a ridurre l'impatto di possibili interruzioni. Durante l'attuale pandemia, l'attenzione delle organizzazioni e delle catene di approvvigionamento si è concentrata sull'assicurare che la previsione della

domanda fosse corretta a causa della sua fluttuazione e incertezza; Infatti, le aziende hanno affrontato sfide significative a causa di un improvviso calo o aumento della domanda di prodotti, e ciò ha evidenziato quanto sia fondamentale la capacità di sviluppare previsioni accurate.

“Lo scambio di dati e di informazioni tempestive aumenta il coordinamento e la fiducia tra i partner della catena di approvvigionamento” (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*). I rivenditori sono gli attori della catena di approvvigionamento che spesso comunicano e si collegano con i clienti, giocando quindi un ruolo chiave nella catena di approvvigionamento, identificando le preferenze dei clienti e fornendo informazioni sulla potenziale segmentazione della clientela. L'aggiornamento in tempo reale di questi dati con l'aiuto dell'AI accelera questo processo e permette alle aziende di apportare modifiche alla loro programmazione della produzione e della distribuzione per creare trasparenza in tutta la catena di approvvigionamento e soprattutto per ridurre inutili accumuli di scorte, molto costosi. Dunque, risulta cruciale per gli attori della supply chain avere accesso ai dati reali della domanda provenienti dal rivenditore, e in tali situazioni l'AI può giocare un ruolo fondamentale nell'allineare la domanda e l'offerta, sincronizzare la pianificazione della produzione e dell'inventario e quindi evitare o mitigare l'impatto delle interruzioni.

Un altro elemento importante a cui può contribuire questa tecnologia è la personalizzazione. La **personalizzazione** aiuta le aziende a raggiungere un maggior numero di segmenti di mercato e a consolidare il loro marchio, sviluppando anche fiducia tra l'acquirente ve il venditore. I clienti tendono ad acquistare da aziende che considera le loro preferenze e consegnano il prodotto di loro scelta: è dunque fondamentale focalizzarsi su soluzioni incentrate sul cliente, in quanto, attraverso l'AI, si può studiare il comportamento personale dei clienti e incorporare i suoi bisogni e requisiti del loro stile di vita e fornire soluzioni migliori ma soprattutto personalizzate.
L'impatto delle interruzioni può essere evitato in larga misura se è disponibile un meccanismo per raggiungere i clienti in tempo reale. Le aziende stanno abbracciando diversi modi per raggiungere i loro clienti esistenti, così come i clienti potenziali, per aumentare la frequenza di interazione e migliorare il livello di servizio. L'interazione con i clienti si tradurrà nell'acquisizione di serie di domande, guadagnando intuizioni sui cambiamenti delle preferenze e porterà a fornire soluzioni personalizzate. Nuovi

meccanismi di comunicazione come i chatbot virtuali vengono impiegati per migliorare la comunicazione tra le parti. I marchi che personalizzano e prendono in considerazione le preferenze del cliente tendono a generare un maggiore ritorno sugli investimenti e il 10% di vendite in più rispetto a quelli che non personalizzano. L'obiettivo è quindi che le tecnologie AI aiutano a comprendere la domanda dei clienti in modo più preciso e a informare i cambiamenti nelle esigenze dei clienti in condizioni incerte come Covid-19. Questo può aiutare a soddisfare un gran numero di clienti in un breve lasso di tempo.

Un elemento imprescindibile per ogni supply chain è la strategia di approvvigionamento. Una **strategia di approvvigionamento** si riferisce all'identificazione del fornitore giusto, alla progettazione di contratti di fornitura, alla gestione del fornitore e così via. Una strategia di approvvigionamento efficace porta un migliore controllo delle risorse, come l'ottimizzazione dei costi, una gestione efficiente dei fornitori, migliorando anche la fiducia tra i partner della supply chain, e controlla l'inventario complessivo. I contratti della catena di approvvigionamento, e quindi l'identificazione del fornitore giusto, giocano un ruolo vitale nella conduzione delle operazioni commerciali e nell'approvvigionamento dei materiali, in particolare in ambienti altamente incerti e volatili, perché riducono il rischio di perdite per sia per gli acquirenti che per i venditori.

Grazie all' AI è possibile analizzare le richieste del mercato (che si riflettono in diversi modelli di domanda) e successivamente trovare i fornitori (locali e non) che soddisfano le esigenze dell'azienda, allineando di conseguenza le strategie di approvvigionamento.

Senza dubbio, la parte più critica della logistica è la **consegna dell'ultimo miglio** in cui il cliente valuta la qualità del servizio in base alla consegna puntuale degli articoli. L'obiettivo chiave della consegna dell'ultimo miglio è quello di consegnare il prodotto nel modo più veloce e accurato possibile al consumatore. La consegna dell'ultimo miglio è spesso meno efficiente e più costosa (quasi il 50% del costo complessivo di consegna delle spedizioni) a causa del mantenimento dei livelli di servizi richiesti e per raggiungere l'obiettivo stabilito (*Sachin Modgil, Rohit Kumar Singh*).

La pandemia di Covid-19 ha aumentato la domanda e l'impegno nella vendita al dettaglio online e ha accelerato lo spostamento verso un mondo più digitale, di conseguenza, le aziende sono state costrette a cambiare o potenziare le loro operazioni di consegna assumendo servizi di "consegna dell'ultimo miglio" di terzi o stabilendo nuove operazioni nelle loro stesse organizzazioni. Un' ulteriore sfida è stata anche garantire la sicurezza dei dipendenti e dei partner di consegna come lavoratori in prima linea, che possono entrare a contatto col virus.

Con l'aumento dell'aspettativa dei clienti di una consegna ad alta velocità, le organizzazioni devono ottimizzare il processo di consegna e i percorsi di consegna in modo coerente per rimanere competitive. E proprio l'AI e le tecnologie all'avanguardia saranno fondamentali per la prossima generazione di gestione della supply chain grazie alla loro capacità. Possibili obiettivi sono prevedere i percorsi di consegna fattibili in base ai dati relativi alla mappatura del traffico, alle risorse (forza lavoro, veicoli, ecc.) necessarie per la consegna e alla fluttuazione della domanda di una particolare regione. Inoltre, se inizialmente a causa della distanza fisica dovuta a Covid 19 si è cercato di lavorare costantemente verso tecniche senza carta, dove i dati fisici vengono convertiti in forme digitali e aggiornati attraverso applicazioni software, ci si è accorti che anche per il futuro questa è la via migliore. La digitalizzazione migliora la trasparenza e l'agilità nel processo di consegna dell'ultimo miglio consentendo di risparmiare tempo, denaro ed aumentare i livelli di accuratezza, migliorando la soddisfazione del cliente.

Secondo queste proposte, unicamente dipendenti dall'intelligenza artificiale, la trasparenza di una catena di approvvigionamento può costruire la resilienza quando gli attori della catena di approvvigionamento sono in grado di tracciare le loro spedizioni, hanno la corretta fatturazione per guidare le operazioni e utilizzano l'IA per prevedere la domanda. Rispetto a un ambiente tradizionale, un ambiente abilitato dall'IA offre la possibilità di migliorare le capacità di tutta la filiera (da monte a valle) per evitare, per esempio, l'effetto bullwhip; Inoltre, l'IA può essere vista come uno strumento per comprendere il mercato e le esigenze dei consumatori, che possono aiutare a progettare e offrire soluzioni personalizzate. Poiché l'approvvigionamento e il sourcing strategico sono spesso percepiti come la spina dorsale di una catena di approvvigionamento, l'IA può supportare nella gestione efficace dei contratti,

sviluppando così la comprensione e riducendo l'impatto della gestione del rischio del fornitore. Infine, durante Covid-19, uno dei compiti più difficili per l'e-commerce è stata la consegna dell'ultimo miglio, dove problemi come la carenza di forza lavoro e l'obbligo di adottare la consegna digitale e senza carta si sono dimostrati impegnativi. L'AI può essere utilizzata per affrontare e ottimizzare la forza lavoro per garantire la consegna dell'ultimo miglio sviluppando l'innovazione e le tecnologie guidate dall'AI per migliorare la flessibilità, l'automazione e la pianificazione strategica, rafforzando così la capacità delle organizzazioni di ridurre l'impatto del rischio.

3.2.5 APPROFONDIMENTO: LA BLOCKCHAIN

La blockchain è un registro di contabilità condiviso e immutabile che facilita il processo di registrazione delle transazioni e la tracciabilità dei beni in una rete commerciale (IBM, 2020). Un asset può essere tangibile (una casa, un'auto, denaro, terra) o intangibile (proprietà intellettuale, brevetti, diritto d'autore, branding). Praticamente qualsiasi cosa che abbia un valore può essere rintracciata e scambiata su una rete blockchain, riducendo rischi e costi per tutti gli interessati.

La blockchain è importante perché il business si basa sulle informazioni. Più sono rapide e accurate, meglio è. La blockchain è ideale per trasmettere questi dati perché fornisce informazioni immediate, condivise e completamente trasparenti archiviate in un registro immutabile a cui possono accedere solo i membri di rete autorizzati. Una rete blockchain può, tra le altre cose, tracciare ordini, pagamenti, account, produzione e molto altro ancora. E dato che i membri condividono una visione univoca della verità, è possibile vedere tutti i dettagli di una transazione end-to-end, generando così maggiore fiducia, oltre a nuove opportunità in termini di efficienza (*YANGCHUN et al.*). Gli elementi chiave di una blockchain sono tre:

- **Tecnologia di registro distribuito**. Tutti i partecipanti alla rete hanno accesso al registro distribuito e al record immutabile di transazioni in esso contenuto. Con questo registro condiviso, le transazioni vengono annotate

una sola volta, eliminando la duplicazione dei compiti, tipica delle reti di business tradizionali.

- **Record immutabili**. Nessun partecipante potrà modificare o manomettere una transazione, una volta annotata nel registro condiviso. Se un record di transazione contiene un errore, dovrà essere aggiunta una nuova transazione per correggere l'errore, dopodiché entrambe le transazioni saranno visibili.

- **Contratti intelligenti**. Per accelerare le transazioni, un set di regole, chiamate contratto intelligente (smart contract), viene memorizzato sulla blockchain ed eseguito automaticamente. Un contratto intelligente può definire le condizioni per i trasferimenti di obbligazioni aziendali, includere le condizioni per l'assicurazione di viaggio da pagare e molto altro ancora.

Nel sistema blockchain ogni volta che avviene una transazione, questa viene registrata come un "blocco" di dati: queste transazioni rappresentano il movimento di un asset che può essere tangibile (un prodotto) o intangibile (intellettuale). Questo blocco di dati può riportare le informazioni che si desiderano: chi, cosa, quando, dove, quanto e persino delle condizioni, come la temperatura di una spedizione di cibo. Ogni blocco è collegato a quelli che lo precedono e che lo seguono formando una catena di dati man mano che un asset si sposta da un luogo all'altro o cambia il proprietario. I blocchi attestano l'ora e la sequenza esatte delle transazioni e i blocchi si collegano in modo sicuro tra loro per evitare che uno di essi venga alterato o inserito tra due blocchi esistenti. Le transazioni sono bloccate tra loro in una catena irreversibile: una blockchain. Ogni blocco aggiuntivo rafforza la verifica del blocco precedente e quindi dell'intera blockchain. Questo fa sì che la blockchain sia a prova di manomissione, offrendo l'elemento chiave dell'immutabilità. Questo elimina la possibilità di manomissioni da parte di malintenzionati e crea un registro di transazioni di cui tu e gli altri membri della rete potete fidarvi.

I vantaggi della blockchain sono molteplici. Innanzitutto, le operazioni spesso sprecano risorse in registrazioni duplicate e convalide di terzi. I sistemi di conservazione dei

record possono essere vulnerabili a frodi e attacchi informatici. La **trasparenza** limitata può rallentare la verifica dei dati. E con l'arrivo dell'IoT, i volumi delle transazioni sono esplosi. Tutto questo rallenta l'attività di business e incide negativamente sul risultato finanziario; grazie alla blockchain è possibile mitigare questi problemi e quindi velocizzare e proteggere tutte le operazioni di un'azienda. Poi, grazie alla blockchain, essendo tutti gli utenti (le aziende) un'unica rete di soli partecipanti, si può *sempre* confidare nel fatto che i dati che si ricevono siano innanzitutto dati accurati, ma anche tempestivi e che i record della blockchain confidenziali siano condivisi solo con i membri della rete a cui si ha specificamente concesso l'accesso. Inoltre, il consenso sull'accuratezza dei dati è richiesto per tutti i membri della rete e tutte le transazioni convalidate sono immutabili perché vengono registrate in modo permanente. Nessuno, nemmeno un amministratore di sistema, può eliminare una transazione; Ciò comporta un elevatissimo livello di **sicurezza**, che in sinergia con le caratteristiche di accuratezza tempestività presentate in precedenza, rendono più semplice sviluppare maggiore fiducia tra i diversi livelli di una supply chain. Infine, Avendo un registro distribuito condiviso tra i membri di una rete, le riconciliazioni di record diventano inutili e possono essere eliminate e per accelerare le transazioni, un set di regole, il cosiddetto contratto intelligente (o smart contract), può essere memorizzato sulla blockchain ed eseguito automaticamente, aumentandone l'efficienza.
Grazie a questi vantaggi derivati dall'adozione di blockchain sono possibili miglioramenti sotto vari indicatori di prestazioni sia a livello di impresa che di catena di approvvigionamento, come la sicurezza dei prodotti, l'efficienza dei processi, i tempi di ordinazione, i costi di inventario e di transazione, la velocità di sviluppo di nuovi prodotti, le relazioni tra i membri della filiera e la sostenibilità economica di tutta la supply chain (*Yangchun et al.*).

A conferma di quanto affermato nel paragrafo precedente, Renee Ure, Chief Operating Officer di Lenovo ha affermato che "Attraverso l'uso di blockchain, stiamo vedendo efficienze operative e una migliore trasparenza e tracciabilità, creando una catena di approvvigionamento veramente sicura e affidabile" (Henson, C. And Rhodes, Y.). Uno studio infatti ha mostrato una differenza significativa tra le imprese con e senza blockchain. In particolare, mentre i rendimenti azionari delle imprese senza BC sono scesi del 10,78% a causa della pandemia di COVID-19, le imprese con BC non hanno registrato alcuna variazione significativa, dimostrando il ruolo mitigatore della

blockchain durante la pandemia di COVID-19 (*Yangchun et al.*). SONOCO, il più grande fornitore di imballaggi a garanzia della temperatura per la distribuzione farmaceutica, ha migliorato la trasparenza della sua catena di approvvigionamento implementando blockchain per registrare le informazioni sull'intero viaggio di un pacchetto, integrare questi dati con quelli di altre fonti aziendali e renderli accessibili ai suoi partner della catena di approvvigionamento. Invece alcune aziende di e-commerce come Alibaba e JD.com si affidano a blockchain per ottenere il tracciamento dei prodotti in tempo reale nelle loro attività online (*Yangchun et al.*).

Tuttavia, esistono anche potenziali **svantaggi** riguardo all'adozione della blockchain in un'azienda, come i problemi di scalabilità a causa della limitata capacità di gestire grandi quantità di dati sulle transazioni in un breve periodo, il rovescio della medaglia della sostenibilità a causa dell'elevato consumo di energia, l'aumento dei rischi a causa dei notevoli investimenti in risorse e le sfide di convincere e incentivare tutti i membri della supply chain a unirsi ai consorzi o alle reti blockchain. Infatti, sebbene la blockchain sia stata sempre più adottata nella gestione della supply chain, molte aziende sono ancora scettiche sul valore commerciale della blockchain, dal punto di vista di efficienza e costi. Ad esempio, un recente sondaggio condotto da Capgemini, una società di consulenza IT (di information technology) globale, ha rilevato che circa il 70% delle organizzazioni non può osservare un chiaro ritorno sugli investimenti dall'adozione di blockchain nelle catene di approvvigionamento (Capgemini Research Institute, 2018). Altre ricerche hanno anche suggerito che la mancanza di piena consapevolezza del valore di business di blockchain è un'importante barriera all'adozione di blockchain (*Yangchun et al.*).

Sebbene la maggiore trasparenza e tracciabilità della BC di per sé possa non essere sempre vantaggiosa a causa, ad esempio, del possibile paradosso della trasparenza e delle preoccupazioni relative alla privacy, tali miglioramenti diventano particolarmente importanti nel contesto della COVID-19 poiché consentono alle imprese di affrontare meglio i rischi di interruzione della catena di approvvigionamento causati dalla crisi della COVID-19. Dal punto di vista della contingenza, la misura in cui la trasparenza e la tracciabilità potenziate da blockchain sono preziose può dipendere dagli ambienti esterni che mostrano diverse esigenze di tali miglioramenti nella trasparenza e nella tracciabilità. In particolare, la scala globale e la durata

imprevedibile della COVID-19 creano enormi incertezze nella gestione della catena di fornitura e aumentano il rischio di interruzioni della catena di fornitura, che, a loro volta, mostrano una maggiore necessità di catene di fornitura più trasparenti e tracciabili che consentano alle aziende di gestire meglio le incertezze e mitigare i rischi. Per esempio, le aziende dotate di BC possono identificare più rapidamente le potenziali interruzioni delle catene di fornitura tracciando in tempo reale i dati transazionali come gli ordini e le scorte tra i partner della catena di fornitura.

Quando si verificano carenze di materie prime o interruzioni del canale di distribuzione, le imprese dotate di blockchain possono cercare più rapidamente fornitori alternativi disponibili, sulla base dei dati transazionali condivisi e memorizzati nella blockchain. Pertanto, queste aziende sono dotate di una maggiore velocità di reazione e hanno una maggiore possibilità di ridurre sia la probabilità che la gravità delle interruzioni della catena di approvvigionamento durante la pandemia. Inoltre, alcune tecnologie blockchain come i contratti intelligenti tracciano automaticamente la catena di custodia mentre i materiali fluiscono attraverso le catene di approvvigionamento e attuano forzatamente i pagamenti al compimento di termini e accordi predefiniti. Questo può garantire pagamenti tempestivi ed evitare violazioni contrattuali, garantendo equità e affidabilità tra i membri della supply chain, portando a migliori relazioni della catena di approvvigionamento. Questo, a sua volta, consente a questi membri della catena di approvvigionamento di lavorare in modo collaborativo per affrontare le sfide generate dall' accaparramento o acquisto in preda al panico. L'approccio collaborativo e fiduciario dovrebbe ridurre sia la probabilità di interruzioni della catena di approvvigionamento sia l'impatto di tali interruzioni una volta che si sono verificate nelle catene di approvvigionamento. Nel complesso, quindi, anche se la crisi COVID-19 aumenta i rischi di interruzioni della catena di approvvigionamento per tutte le imprese interessate, è chiaro che i rischi risultanti dovrebbero essere inferiori in catene di approvvigionamento più trasparenti e tracciabili abilitate dalla blockchain. Per la precisione, la trasparenza e la tracciabilità della catena di approvvigionamento sono caratteristiche interconnesse ma hanno connotazioni divergenti: la trasparenza si concentra sulla disponibilità di dati sufficienti e rilevanti all'interno delle reti della catena di approvvigionamento, mentre la tracciabilità enfatizza il monitoraggio dei dati in tempo reale delle attività della catena di approvvigionamento.

Dunque, la domanda da porsi è la seguente: “quando è conveniente per un’azienda adottare la tecnologia abilitante blockchain? Per concludere il discorso è bene introdurre il concetto di leanness. La **leanness** (in italiano, snellezza) della supply chain riguarda l'uso efficiente delle risorse attraverso l'eliminazione di tutte le forme di spreco, comprese le varie scorte e le attività non a valore aggiunto, in una supply chain. I benefici sono la riduzione dei costi e dei tempi di consegna, una maggiore efficienza operativa e una migliore gestione della qualità, ottenuti dal mantenimento di una supply chain snella. Un esempio di supply chain estremamente snella è quello di Dell Computer, come indicato dal suo ciclo cash-to-cash negativo, è stata spesso vista come un fattore critico di successo per l'azienda. Tuttavia, nella letteratura, è anche spesso evidenziato che gestire una supply chain snella in cui le risorse slack e le scorte tampone sono limitate comporta dei rischi: le imprese con catene di fornitura snelle sono associate a prestazioni inferiori in ambienti instabili, e dunque, interruzioni della catena di approvvigionamento come quella del Covid-19, hanno il potere di colpire più negativamente le imprese con catene di fornitura lean. Tuttavia, chiedere alle aziende di ridurre la leanness delle loro catene di fornitura (ad esempio, aggiungendo più slack o buffer) per affrontare i rischi di interruzione può essere poco pratico perché tale riduzione della leanness può portare più svantaggi che benefici alle aziende nell'ambiente commerciale altamente competitivo di oggi.

In conclusione, quindi, si può dedurre quando è bene adottare per un’azienda la blockchain e quando invece non è sicuro che l’adozione comporti risultati positivi. Si può affermare che invece di chiedere alle aziende di rinunciare alle loro pratiche snelle, sono proprio le aziende dotate di BC e snelle allo stesso tempo ad ottenere le migliori risposte di **resilienza**. In particolare, dati gli slack e i buffer limitati, diventa più cruciale per le aziende rendere visibili e tracciabili i prodotti finiti, le materie prime e altre scorte e risorse nelle catene di fornitura. Al contrario, per le imprese con risorse e slack sufficienti nelle catene di fornitura (cioè un basso livello di leanness della catena di fornitura) per tamponare l'incertezza e il rischio di interruzione causati da COVID-19, l'urgenza di adottare blockchain in queste catene di fornitura diventa minore, e il ruolo mitigatore della BC è meno significativo. Anche le aziende che hanno catene di fornitura semplici con un numero minore di partner della catena di fornitura e in meno paesi possono tracciare e monitorare le attività nelle loro catene di fornitura più facilmente, senza la necessità di affidarsi a blockchain per svolgere questi compiti.

3.3 LA DIVERSIFICAZIONE

La **flessibilità** è considerata un fattore vitale che permette alle aziende di superare le interruzioni. Le imprese possono **diversificare** la loro catena di fornitura (e di clientela) per aumentare la flessibilità in risposta ad eventuali perturbazioni della supply chain. Il suggerimento segue la saggezza convenzionale di "non mettere tutte le uova in un paniere"; Per esempio, a differenza di quelle con una strategia di approvvigionamento unico, le aziende con una strategia di approvvigionamento multiplo hanno fornitori di riserva quando ci sono fallimenti da parte di uno dei fornitori. La stessa logica può applicarsi anche alla diversificazione nella base di clienti, perché i partner di una azienda, in una supply chain, comprendono sia il livello a monte, ovvero i fornitori di primo livello, che quelli a valle, i clienti di primo livello, entrambi sono gestiti attivamente dall'impresa attraverso contratti e transazioni. Secondo un sondaggio Nikkei condotto nel marzo-aprile 2021 nei mercati asiatici, più dell'80% dei produttori giapponesi aveva iniziato a diversificare le proprie catene di approvvigionamento, poiché la pandemia COVID-19 evidenzia i rischi posti dai processi produttivi altamente razionalizzati, stesso modo, a Hong Kong, circa il 59% dei decisori aziendali ha diversificato le proprie attività nel periodo dal 2018 al 2020 per costruire un futuro più resiliente.

Un’azienda che affronta una perturbazione può avere difficoltà ad acquisire materie prime (perturbazione della fornitura), mantenere la continuità della produzione (perturbazione della produzione), spedire le merci in tempo (perturbazione del trasporto) o acquisire gli ordini dei clienti (perturbazione del flusso della domanda). L'interruzione della catena di fornitura può essere causata dal lato dell'offerta o della domanda. La prima può causare l'esaurimento delle scorte, mentre la seconda causare un eccesso di scorte: entrambi gli scenari possono causare una mancata corrispondenza tra domanda e offerta e, di conseguenza, influenzare la performance dell'azienda: la letteratura documenta che l'interruzione della supply chain può diminuire il valore dell'azienda del 10,28% nel breve termine e del 40% nel lungo termine (*Yongjia Lin et al.*).

Infatti, durante il primo periodo di pandemia un'impresa poteva aver scoperto all’improvviso che i suoi fornitori avevano messo in pausa la produzione, compromettendo l'offerta. Questa condizione ha minato la capacità delle imprese di

mantenere l'inventario ottimo per i clienti, soprattutto per le imprese che concentrano l'approvvigionamento sui principali fornitori, questo tipo di interruzione può colpire una grande proporzione dell'offerta totale. E questo si può dire che non è ancora un problema totalmente risolto: anche se nel corso del 2021 le fabbriche italiane ed europee hanno assistito ad una netta ripresa del lavoro, talvolta si può ancora assistere a chiusure a causa di focolai tra i dipendenti o su piccola scala, a livello regionale.

Tuttavia, le aziende con una base di **approvvigionamento diversificata** hanno un enorme vantaggio nel superare questa difficoltà perché i fornitori chiave alternativi sono disponibili quando eventi di disruption colpiscono la loro base di approvvigionamento. Le aziende, così facendo, stabilizzano il flusso di approvvigionamento e quindi sono anche più preparate a future interruzioni. Inoltre, le aziende con un flusso di fornitura stabile possono mantenere l'inventario disponibile per la produzione, il che permette alle aziende di mantenere un flusso di reddito stabile. Inoltre, mantenere una base di fornitura diversificata permette alle aziende di evitare il backlogging e le penalità, che si verificano quando gli ordini dei clienti non vengono soddisfatti. Questi fattori sono stati particolarmente importanti durante la pandemia globale a causa dei blocchi attuati in tutto il mondo. Concentrandosi sulla **redditività**, che misura il rapporto costo-efficacia di un'azienda nel fornire prodotti al mercato, le aziende senza una base di approvvigionamento diversificata potrebbero non essere in grado di generare/mantenere le entrate durante la pandemia (*YONGJIA LIN et al.*).

Passando all'impatto della **diversificazione** della base di **clienti**, si può dire che le aziende con una base di clienti diversificata possono godere di elevata flessibilità poiché sono avvantaggiate nell'affrontare le interruzioni della catena di approvvigionamento dal lato della domanda. Nel caso di un blocco su larga scala, le imprese concentrate su grandi clienti potrebbero essere seriamente colpite perché una grande parte degli ordini potrebbe essere cancellata. Tuttavia, le imprese con una base di clienti diversificata sono ancora in grado di usare il loro inventario per produrre beni per gli altri loro clienti che sono meno colpiti dalla pandemia. Inoltre, quando un cliente è gravemente colpito, la domanda del consumatore finale sarà spostata verso i concorrenti del cliente, fenomeno noto come effetto competitivo. Così, i clienti dell'azienda possono fare ordini aggiuntivi, che compensano gli ordini cancellati. Quindi, una base di clienti diversificata può aiutare le aziende a evitare l'inventario

inattivo perché godono di un flusso di domanda stabilizzato. Un flusso di domanda stabile è stato riflesso da una diminuzione delle scorte durante la pandemia COVID-19. Pertanto, i produttori con una maggiore diversificazione della base clienti avevano un livello di inventario inferiore a quelli con una minore diversificazione. Così, queste aziende possono mantenere meglio il flusso di reddito. Una domanda stabile può anche aiutare le imprese a mantenere le economie di scala nella produzione, permettendo a queste imprese di raggiungere una maggiore redditività. Inoltre, come indicato in DHALIWAL et al. (2016), c'è una relazione positiva tra la concentrazione dei clienti di un'impresa e il suo costo del capitale. Quindi, le imprese con una base di clienti concentrata possono soffrire di costi più elevati quando acquisiscono risorse finanziarie esterne per aumentare le vendite. L'aumento del costo del capitale è stato anche uno svantaggio essenziale durante la pandemia di COVID-19, poiché molte aziende hanno richiesto prestiti ponte per mantenere la liquidità.

Tuttavia, una catena di fornitura diversificata è di solito più complessa, il che può aumentare le difficoltà per le aziende di coordinarsi con i partner della catena di fornitura. Una scarsa coordinazione può ridurre la reattività di un'impresa alle interruzioni, poiché occorrono sforzi aggiuntivi per coordinarsi con fornitori e/o clienti diversificati in risposta a eventi di interruzione. Basi di approvvigionamento complesse richiedono una maggiore capacità di elaborazione delle informazioni, come il numero di flussi di informazioni, flussi fisici e relazioni da gestire; Inoltre, le imprese con più fornitori e/o clienti hanno bisogno di più interfacce per organizzare il trasporto, di risorse extra per aumentare la capacità di elaborazione delle informazioni, specialmente durante una pandemia quando l'ambiente è altamente turbolento e incerto. Il fallimento nel coordinamento fornitore/cliente può causare una qualità del prodotto incoerente e sforzi aggiuntivi per configurare la capacità produttiva. A prova di ciò uno studio di Hendricks et al. (2009), afferma che la diversificazione geografica e del mercato del prodotto non aiuta un'azienda a far fronte alle perturbazioni. Tuttavia, oggi, è facile smontare questa ipotesi; Lo studio di Hendricks et al. risale agli anni 1987-1998, dove il livello tecnologico per gestire supply chain e relazioni complesse era minore; grazie agli strumenti che ci offre la digitalizzazione, come trattato precedentemente, al giorno d’oggi il coordinamento della supply chain è notevolmente migliorato: le aziende possono usare la pianificazione collaborativa, la previsione e il rifornimento e l'inventario gestito dal fornitore, facilitati da sistemi aziendali avanzati.

La ricerca futura può focalizzarsi su tre temi finora poco trattati dalla letteratura; estendere l'ambito ad altri fattori organizzativi, come la capacità di produzione, la produttività del lavoro e la performance della responsabilità sociale d'impresa. Estendere l'analisi ai fornitori e ai clienti di secondo livello per rivelare l'effetto della rete della catena di approvvigionamento sulla resilienza dell'azienda e infine esplorare se l'interconnessione tra i fornitori di un'azienda rende l'azienda più fragile in un ambiente turbolento.

In conclusione, si può affermare che se le transazioni con pochi fornitori e clienti possono far risparmiare alle aziende costi di coordinamento molto consistenti, queste aziende possono essere fragili quando si verificano dei guasti ai loro partner della catena di fornitura. Se si vuole aumentare la resilienza, non solo dell'azienda, ma di tutta la supply chain, è importante non solo diversificare geograficamente le basi di rifornimento e di clienti, ma anche considerare la diversificazione in termini di dipendenza dai partner della catena di rifornimento, evitando l'eccessiva dipendenza da pochi fornitori o clienti.

3.4 IL RESHORING

Data la crescente globalizzazione degli ultimi decenni, le catene di fornitura delle aziende sono diventate più complesse, servendo clienti in diversi mercati e acquistando beni e servizi da fornitori situati in diversi paesi. Nel mondo delle catene logistiche globali era sempre più centrale il fenomeno dell'outsourcing e offshoring. Tuttavia, l'accadimento dell'evento di Black Swan, Covid-19, ha portato alla migrazione verso il concetto di **reshoring**.

Iniziamo introducendo alcuni concetti. L'outsourcing, o esternalizzazione, altro non è che il ricorrere ad altre imprese per il processo produttivo o per quello di supporto. Va sottolineata la differenza sostanziale tra appalto o subfornitura e outsourcing:

nell'appalto, infatti, il committente è in grado di volgere con mezzi propri l'attività oggetto di contratto mentre nell'outsourcing il committente dipende totalmente dal fornitore poiché non è in grado di svolgere da solo l'attività. L'offshoring, o delocalizzazione invece, è il termine con cui si indica la dislocazione dell'organizzazione della produzione in paesi diversi; nel dettaglio oltre a riuscire ad acquistare le merci in posti diversi da quelli usuali si riesce a delocalizzare la produttività in luoghi ritenuti più adatti o più economici. Se la realizzazione richiede soprattutto il lavoro della mano d'opera si cercherà un luogo dove quest'ultima abbia un costo minore (come ad esempio la Cina). Ed è proprio la Cina, focolaio epidemiologico di Covid-19, ad aver causato un blocco e un fermo non solo delle fabbriche e le relative produzioni Cinesi, ma anche la disponibilità della medesima produzione per tutti quei prodotti/servizi lavorati in Cina, sia nel mercato delle auto così come per molte aziende colossi mondiali, come Apple. Ciò si è tradotto in un forte calo di esportazione cinese verso le restanti parti del mondo, un impatto estremamente rilevante che ha contribuito al crollo macroeconomico dei mercati mondiali.

Il reshoring, l'opposto dell'offshoring, è un fenomeno economico che consiste nella delocalizzazione della produzione da località estere verso il paese d'origine delle aziende che in precedenza avevano delocalizzato in Paesi esteri, come quelli asiatici come Cina o Vietnam o in Paesi dell'Est Europa come Romania o Serbia (BARBIERI et al., 2020). Con il Coronavirus è emersa con prepotenza l'esigenza di un ripensamento delle strategie di reshoring. Nel corso del biennio 2020-2021, molte imprese sono state costrette a realizzare recovery plan per sopperire alle carenze di materiali provenienti da stabilimenti localizzati in aree colpite prima dell'Italia dalla propagazione della pandemia. Infatti, fino all'avvento della pandemia da Covid-19, il controesodo ha riguardato, almeno per l'economia italiana, soprattutto aziende di qualità che necessitavano di valorizzare il marchio *Made in Italy* e di posizionare i propri prodotti verso l'alto di gamma. Per tutte le altre aziende coinvolte dal fenomeno, il rientro a casa è stato dettato da semplici fattori economici, quali le oscillazioni del costo del petrolio, la lentezza dei trasporti via nave incompatibile con la velocità del mercato, il continuo bisogno di ricambio e l'aumento del costo della manodopera.

Questa delocalizzazione delle attività produttive è stata variamente etichettata come *back-shoring*, *reshoring* e *back-reshoring* (*HOMIN CHEN et al., 2021*). Il reshoring,

tuttavia, esiste da un po' di tempo: giganti industriali come Caterpillar, Bosch e Philips facevano già reshoring nei primi anni 2010 (*HOMIN CHEN et al.*). Inoltre, non solo la pandemia di Coronavirus ha accelerato questo processo, ma anche l'inasprirsi negli ultimi anni della guerra commerciale tra USA e Cina Infatti, questi due fattori concomitanti hanno congiuntamente ampliato la complessità ambientale e aumentato l'incertezza sulla forma delle future catene di valore globali; per esempio, il Senato degli Stati Uniti ha proposto un fondo per pagare le imprese che interrompono la produzione in Cina e si trasferiscono negli Stati Uniti (*HOMIN CHEN et al.*). Altre informazioni si possono estrapolare dai sondaggi: nel *Thomas Industrial Survey* (2020), due terzi delle aziende intervistate hanno indicato che probabilmente trasferiranno la produzione in risposta alla pandemia COVID-19. Un altro sondaggio della *Site Selectors Guild* (2020) ha rilevato che l'81% delle aziende prevede di accelerare la regionalizzazione delle loro catene di fornitura a causa della pandemia. Il reshoring è una chiara risposta alle restrizioni imposte dal governo in caso di pandemia sul trasporto, sulla logistica e sulle operazioni commerciali (BARBIERI et al.). Il reshoring della produzione aumenta la robustezza ma soprattutto la **resilienza** della catena di fornitura di un'azienda, ma anche di tutta la supply chain, di conseguenza, è probabile che la riaggregazione della catena di fornitura su larga scala persista in futuro, anche dopo il superamento dell'attuale situazione pandemica dovuta dal Covid-19.

Per analizzare le motivazioni del reshoring è bene presentare i motivi per cui negli anni precedenti la tendenza fosse perlopiù quella di delocalizzare. Michael Porter, economista statunitense, e uno dei massimi esponenti della strategia manageriale, nel 1986 dichiarava che per assicurare il successo mondiale, le società multinazionali (MNC) devono configurare le loro attività della catena del valore oltre i confini (*HOMIN CHEN et al.*). L'espansione globale fornisce vantaggi competitivi transazionali attraverso la dispersione geografica e la crescita di varie attività della catena del valore. Di conseguenza, le imprese attribuiscono grande importanza al loro accesso alla tecnologia avanzata, alle operazioni ad alta efficienza e all'alta domanda di mercato che può derivare dalla delocalizzazione delle attività produttive nel paese ospite.
Diversi fattori della supply chain che influenzano la decisione di reshore sono stati identificati già prima della pandemia COVID-19. Tuttavia, con l'insorgere di maggiori livelli di incertezza causati dalla combinazione dei due eventi sopracitati, le

preoccupazioni per una supply chain sono ulteriormente aumentate, e hanno fatto sì che la strategia di reshoring per molte aziende fosse presa in considerazione in modo molto più decisivo.

Le motivazioni che spingono un'azienda ad attuare una strategia di reshoring possono essere diverse. Sicuramente la motivazione primaria per il reshoring è la **mitigazione del rischio** per la catena di fornitura dell'azienda. In risposta, uno dei principali obiettivi manageriali è quello di rafforzare la resilienza della catena di fornitura dell'azienda, il che comporta la riduzione della dipendenza da singoli fornitori. Attingendo dalla letteratura esistente, identifichiamo tre fattori chiave della supply chain che influenzano la decisione di delocalizzare. Il primo dei quali è la presenza di **tariffe**, che sono state a lungo notate come un motivo significativo per il reshore. Nell'indagine di Moser (2019), il 99% delle aziende intervistate ha dichiarato che le tariffe erano una ragione per il reshoring tra il 2016 e il 2018. Molte aziende hanno originariamente riportato la produzione on-shore per sfruttare le tariffe preferenziali di esportazione. Quando le tariffe aumentano i costi di un'azienda, è probabile che le aziende spostino la produzione in aree con tariffe più basse. Durante la guerra commerciale USA-Cina, gli Stati Uniti hanno imposto tariffe sui beni cinesi e la Cina ha risposto con le proprie tariffe sui beni statunitensi. Le merci di altri paesi sono invece rimaste relativamente meno colpite. Per le aziende che erano principalmente motivate a delocalizzare la produzione per trarre vantaggio dalle tariffe preferenziali in Cina, le tariffe punitive imposte dagli Stati Uniti hanno stimolato le attività di reshoring; Un sondaggio su 260 leader della supply chain globale nel febbraio e marzo 2020 ha rivelato che il 33% ha spostato le attività commerciali fuori dalla Cina per evitare questi costi tariffari (*Homin Chen et al*).

Il secondo fattore chiave è la **completezza della catena di fornitura** dell'azienda. Per alcune aziende, la motivazione originale per l'offshore era quella di sviluppare ulteriormente e migliorare la completezza della catena di fornitura (*Homin Chen et al*). Poiché queste aziende non hanno abbandonato le loro catene di fornitura esistenti, quando i governi di tutto il mondo hanno limitato le attività commerciali e il trasporto transfrontaliero in risposta alla pandemia COVID-19, queste aziende hanno avuto più flessibilità per riconfigurare le loro catene di fornitura in risposta a queste interruzioni.

Il terzo fattore chiave è la portata della **gestione logistica globale** dell'azienda. Alcune aziende hanno originariamente delocalizzato la produzione per migliorare ed estendere la loro gestione logistica globale. Queste aziende non hanno abbandonato la gestione della logistica nei loro mercati nazionali. Con l'emergere della pandemia COVID-19, le catene di approvvigionamento in tutto il mondo sono state interrotte e accorciate, così, le aziende con una maggiore portata della gestione logistica sono state più incentivate nel reshoring.

Dal punto di vista del business internazionale, la ***location-bound***, la comunicazione e la qualità del servizio, continuano ad essere uno dei più forti motori del reshoring. Una ragione per cui le aziende scelgono una particolare località per la produzione offshore è quella di accedere al mercato locale. Pertanto, il potenziale del mercato locale (cioè offshore) è un fattore chiave che influenza la decisione di delocalizzare. Poiché il potenziale di mercato locale è legato alla posizione, le aziende sono vincolate da fattori legati alla posizione e sono meno propense a delocalizzare quando il potenziale di mercato aumenta. Quando la produzione delocalizzata non permette l'accesso a nuovi mercati, è più probabile che le aziende si impegnino nel reshoring (Barbieri et al.).

Quindi il reshoring è attuato quando ci sono cambiamenti nei vantaggi di localizzazione e nelle sue condizioni. I vantaggi di localizzazione possono essere legati alla localizzazione o non legati ad essa. I vantaggi legati alla localizzazione, come la capacità di lavorare con le catene di fornitura locali, o mantenere buone relazioni con le istituzioni finanziarie locali, hanno valore solo in una particolare località; la rilocalizzazione di questi vantaggi non è fattibile o richiede adattamenti significativi e costosi. Al contrario i vantaggi non legati alla localizzazione, come le tecnologie di produzione e il know-how di gestione finanziaria, sono più facilmente trasferibili. Altri tra i fattori che influenzano la decisione di reshoring possono includere l'aumento del costo del carburante e dei costi di trasporto associati, l'aumento del costo del lavoro, il rallentamento della catena di fornitura globale, il miglioramento del rapporto produzione/produttività del lavoro negli Stati Uniti per dollaro di lavoro, la crescente preoccupazione per l'ambiente, la volatilità reale e prevista dei valori di valuta, l'aumento del furto della proprietà intellettuale, i tempi di risposta rapidi e le catene di fornitura più snelle associate alla localizzazione della produzione più vicina al cliente

finale/consumatore e la percezione di un recupero più rapido dopo le interruzioni della catena di fornitura.

Dopo aver analizzato i motivi per cui un'azienda applica strategie di offshoring piuttosto che di reshoring, di seguito si sottolineano le diverse implicazioni che una decisione di reshoring può comportare per un'azienda. In primo luogo, la decisione di delocalizzare la produzione è estremamente impegnativa in condizioni di incertezza: i manager devono considerare la motivazione iniziale per l'offshoring prima di concludere la decisione di delocalizzare. In secondo luogo, le aziende hanno bisogno di essere di fronte ad un netto vantaggio competitivo, evitando allo stesso tempo costi e rischi inaspettati. Una possibile decisione di reshoring è bene che sia guidata non solo attraverso la prospettiva della competitività a breve termine, ma anche con un occhio a mantenere e costruire la resilienza della catena di fornitura di fronte ai rischi futuri incerti. In terzo luogo, i manager dovrebbero essere consapevoli che sia i fattori della catena di fornitura che i fattori di localizzazione influenzano la decisione di reshore. Sviluppare un'analisi completa di valutazione del rischio e determinare il costo totale di fare affari in una particolare località può aiutare le aziende a prendere una decisione di reshoring appropriata.

Mentre l'economia cinese continua a crescere in dimensioni, il suo status di "fabbrica del mondo" si sta gradualmente erodendo. Al suo posto sta emergendo un sistema di centri di produzione multipli sparsi in tutto il mondo. Queste "fabbriche regionali" sono adatte a soddisfare i mercati regionali. Per esempio, le aziende in India produrranno beni atti a soddisfare il subcontinente indiano e le aziende in Brasile producono per il mercato sudamericano. La tendenza per gli Stati Uniti è quella di trasferire le produzioni di prodotti high-tech sul loro stesso suolo, spostando la dipendenza da catene di approvvigionamento più lontane e meno sicure a "partner fidati" e reti regionali più vicine a casa, come il Messico e l'America Latina (Barbieri et al.).

Mentre la tendenza di reshoring continua, le aziende dovrebbero notare le implicazioni strategiche. Man mano che la produzione si decentra e viene ridistribuita più vicino ai clienti target, la lunghezza della catena di fornitura si accorcia, il che riduce i rischi operativi e aumenta le opportunità per una maggiore personalizzazione (*Homin Chen et al*). La regionalizzazione sta spingendo le multinazionali a stabilire più catene di

fornitura separate (per esempio una in Europa, una in Cina, una in Nord America, una nel Sud-Est asiatico). Questo ha il potenziale di aumentare i costi, quindi le aziende dovrebbero sfruttare le efficienze e le innovazioni disponibili dalla digitalizzazione dei processi di produzione e gestione per coordinare più catene di fornitura. Nell'era post-COVID, la catena di approvvigionamento e la sicurezza industriale sono le principali preoccupazioni dei governi di tutto il mondo. Anche i consumatori sono più preoccupati per la loro privacy e sicurezza (per esempio nei contesti di shopping online). Pertanto, i produttori che decidono di attuare il reshoring dovrebbero accelerare l'incorporazione di tecnologie digitali e di produzione intelligente. Non solo queste azioni possono aiutare le aziende a coordinare più catene di fornitura che soddisfano i requisiti di sicurezza e logistica dei governi locali e dei consumatori, ma possono anche aumentare la resilienza della catena di fornitura dell'azienda.

CAPITOLO 4
CASO DI STUDIO

Nel proseguo conclusivo della ricerca è stato oggetto di particolare interesse l'idea di presentare come esempio di catena logistica quella dei metalli. Il caso di studio osserva l'impatto dell'interruzione causata dal Covid-19 sia sugli approvvigionamenti dei *metalli critici* in Europa, sia sul mercato delle auto elettriche, che dipendono in larga scala proprio da questi ultimi. L'obiettivo è quello di valutare gli scenari futuri e proporre delle misure per aumentare la resilienza delle catene logistiche in questione.

La fornitura stabile e sicura di metalli e altre materie prime è fondamentale per lo sviluppo tecnologico, economico e sociale, dato che fanno parte della nostra vita quotidiana; le supply chain che forniscono materie prime sono globali, economicamente complesse e coinvolgono centinaia di attori (Komal Habib et al., 2020). In particolare, questo approfondimento tratterà le materie prime più importanti dal punto di vista economico e che presentano un elevato rischio di approvvigionamento, ovvero quelle definite "**materie prime critiche**". Tali materie prime sono essenziali per il funzionamento e l'integrità di una vasta gamma di ecosistemi industriali (Commissione Europea, 2020). Alcuni esempi sono il tungsteno, che fa vibrare i telefoni, il gallio e l'indio, che sono parti integranti della tecnologia a diodi elettroluminescenti (LED) presente nelle lampade, i semiconduttori poi, hanno bisogno di silicio metallico, le celle a idrogeno e le celle elettrolitiche necessitano di metalli del gruppo del platino per essere prodotte.

Dal punto di vista europeo l'accesso alle risorse costituisce una questione di sicurezza strategica per quanto riguarda il trend della *sustainability,* di cui si è parlato nel capitolo precedente. Le aziende europee dovrebbero cercare di rafforzare l'autonomia strategica dal punto di vista dei rifornimenti di materie prime provenienti al di fuori del continente, poiché, con la transizione dell'industria verso la neutralità climatica, la dipendenza attuale dai combustibili fossili potrebbe essere sostituita da una futura dipendenza dalle materie prime, molte delle quali provenienti dall'estero e per le quali la concorrenza mondiale diventerà sempre più intensa (Commissione Europea).
L'accesso alle risorse e la sostenibilità sono fondamentali per la **resilienza** per quanto riguarda le materie prime. Il conseguimento della sicurezza nella disponibilità delle

risorse, in particolare di quelle critiche, richiede un'azione volta a diversificare l'approvvigionamento da fonti sia primarie che secondarie, ridurre le dipendenze e migliorare l'efficienza delle risorse e la circolarità, anche per quanto riguarda la progettazione sostenibile dei prodotti.

4.1 METAL SUPPLY CHAIN DISRUPTION

L'impatto del Coronavirus ha influenzato in modo significativo le allocazioni delle attività e le decisioni di gestione del rischio in questi mercati. Già in precedenza, infatti, le catene di approvvigionamento dei metalli sono state interrotte a causa di fattori quali vincoli fisici, fluttuazioni di mercato e controversie geopolitiche. Tuttavia, il COVID-19, ha aggiunto una nuova dimensione di interruzione delle catene di valore delle materie prime: il modo in cui la pandemia Covid-19 ha fermato la vita normale non ha precedenti nella storia moderna poiché è stato innanzitutto globale, senza i confini geografici e ha avuto una durata di diversi mesi, con impatti che, dopo due anni, sono ancora visibili. I governi di tutto il mondo hanno adottato misure severe, la più importante delle quali è stata la chiusura sotto varie forme di "lockdown", in cui la maggior parte delle industrie, delle istituzioni educative, dei luoghi di shopping e di altre attività commerciali non urgenti sono state chiuse. Gli impatti economici e sociali del lockdown hanno portato a drammatici shock sia alla domanda che all'offerta di materie prime, compresi i metalli che sono cruciali per l'economia.

Per valutare la differenza dell'impatto da Covid-19 sulle supply chain, è bene esplorare le **precedenti interruzioni** della fornitura di metallo, e considerare i loro impatti e le strategie utilizzate per superare tali impatti. In questo caso si è scelto di analizzare il cobalto (Co), il palladio (Pd) e gli elementi delle terre rare (REE o ETR), che forniscono tre esempi importanti dei passati eventi di disruption di approvvigionamento di metalli. Il **cobalto** è diventato significativamente limitato nell'offerta alla fine degli anni '70, quando era usato principalmente per le superleghe che sono utilizzate in varie applicazioni industriali e di difesa. Nel 1978, le instabilità politiche nella Repubblica Demografica del Congo, che era responsabile di due terzi della produzione globale di

cobalto, hanno portato a una riduzione delle attività minerarie. Questo ha portato ad un aumento del prezzo da 11.880 dollari per tonnellata a 55.000 dollari per tonnellata in (Komal Habib et al.).

Il **palladio** è usato principalmente per i catalizzatori delle automobili. Nel 1997, la Russia, il principale produttore di palladio con il 43% della produzione mondiale, ha ridotto le sue esportazioni di palladio di circa il 65%. Mentre la domanda di palladio era salita alle stelle all'interno dell'industria automobilistica, lo squilibrio tra domanda e offerta ha portato a un enorme aumento del prezzo del palladio nel periodo 1997-2000 (Komal Habib et al.).

Gli **ETR** hanno proprietà fisiche e chimiche uniche che li rendono molto attraenti nelle moderne applicazioni high-tech. La Cina è il produttore dominante di ETR: al culmine del suo monopolio ha persino raggiunto la quota del 97% della produzione globale nel periodo 2005 -2010. La Cina ha ridotto le sue quote di esportazione di quasi il 53% tra il 2005 e il 2011, fornendo un divieto temporaneo, ma completo, delle esportazioni nel 2010. Successivamente, il prezzo degli ETR ha visto un aumento di quasi un ordine di grandezza (Komal Habib et al.).

La ragione principale dietro questi tre esempi di interruzione delle materie prime è simile, ovvero l'interruzione politica da parte di un paese produttore che detiene il controllo di maggioranza della fornitura globale. L'impatto immediato dell'interruzione delle forniture in tutti e tre i casi è stata un'impennata dei prezzi che ha portato a una serie di problemi per l'industria a valle e per i governi. I tipi di risposta per mitigare gli impatti di interruzione della catena di approvvigionamento in tutti i casi erano abbastanza simili: le strategie a breve termine per affrontare queste interruzioni dell'offerta comprendevano la riduzione dell'uso del metallo, la ricerca di sostituti e la costituzione di scorte. Le strategie a lungo termine includevano azioni per diversificare l'offerta (ad esempio, l'apertura di nuove miniere in altri paesi, o una maggiore attenzione al riciclaggio).

Al contrario, le interruzioni della catena del valore causate dalla risposta della società alla pandemia di COVID-19 sono state radicalmente diverse dalle precedenti interruzioni; In particolare, come risposta immediata, il mercato non ha incluso rapidi

cambiamenti dei prezzi dei metalli. Piuttosto, i prezzi sono diminuiti (ad esempio rame, litio, ETR e zinco), sono aumentati molto leggermente (ad esempio cobalto e minerale di ferro) o sono rimasti per lo più stabili (ad esempio il piombo).
Rispetto alle interruzioni precedentemente studiate, la diffusione a macchia di leopardo della pandemia (che ha colpito successivamente Cina, Europa e Americhe) ha portato a risultati diversi. Questo è esemplificato confrontando il prezzo degli ETR intorno al 2011 con quelli durante il 2020. Nel 2011, i prezzi degli ETR hanno raggiunto un forte picco subito dopo l'improvvisa e quasi completa interruzione dell'approvvigionamento. All'inizio 2020, invece, i prezzi degli ETR sono scesi perché, sebbene l'offerta sia stata interrotta, la domanda è stata interrotta ancora di più (Komal Habib et al.).

Un altro spunto di riflessione ci è dato da come le compagnie minerarie (attore più a monte della filiera) hanno dovuto gestire l'impatto della pandemia. Esse hanno dovuto lavorare duramente per 2020 sviluppare meccanismi che assicurassero catene logistiche funzionanti per consegnare prodotto ai clienti. Talvolta però, la catena di approvvigionamento erano più disturbata degli stessi luoghi di produzione: questo fatto risulta molto interessante e potrebbe portare l'industria a rivalutare percorsi di trasporto lunghi, complessi o fragili, piuttosto che concentrare gli sforzi esclusivamente sul rischio di interruzione nel luogo di produzione. Dunque, se mentre storicamente erano gli utenti a valle a soffrire di più dalle interruzioni di fornitura e a dover rispondere a una crisi, ora sono i fornitori a monte e gli attori intermedi che si stanno adeguando per mantenere la resilienza.

4.2 SCENARI FUTURI

L'importanza economica e il rischio di approvvigionamento sono i due principali parametri utilizzati per determinare la **criticità** per quanto riguarda le materie prime(Commissione Europea). L'importanza economica analizza nel dettaglio l'allocazione delle materie prime agli usi finali basati su applicazioni industriali. Il rischio di approvvigionamento riguarda invece la concentrazione a livello di paese della produzione mondiale di materie prime primarie e l'approvvigionamento, la governance dei paesi fornitori, compresi gli aspetti ambientali, il contributo del riciclo (ossia le

materie prime secondarie), la sostituzione, la dipendenza dalle importazioni e le restrizioni commerciali nei paesi terzi.

La valutazione del 2020 della Commissione Europea, che tuttavia non prevede tendenze future, ha esaminato 83 materie prime, analizzando anche il punto della supply chain in cui la criticità si manifesta: estrazione e/o trasformazione. L'elenco ma soprattutto la provenienza degli approvvigionamenti delle materie prime critiche risultanti (Figura sottostante) fornisce uno strumento concreto a sostegno dello sviluppo delle politiche dell'UE, ma contribuisce anche ad individuare le esigenze di investimento aziendale e a livello di tutta la supply chain, per sviluppare le proprie valutazioni sulle criticità di rifornimento, a seconda del settore, in particolare per quanto riguarda le nuove tecnologie estrattive, la sostituzione e il riciclo.

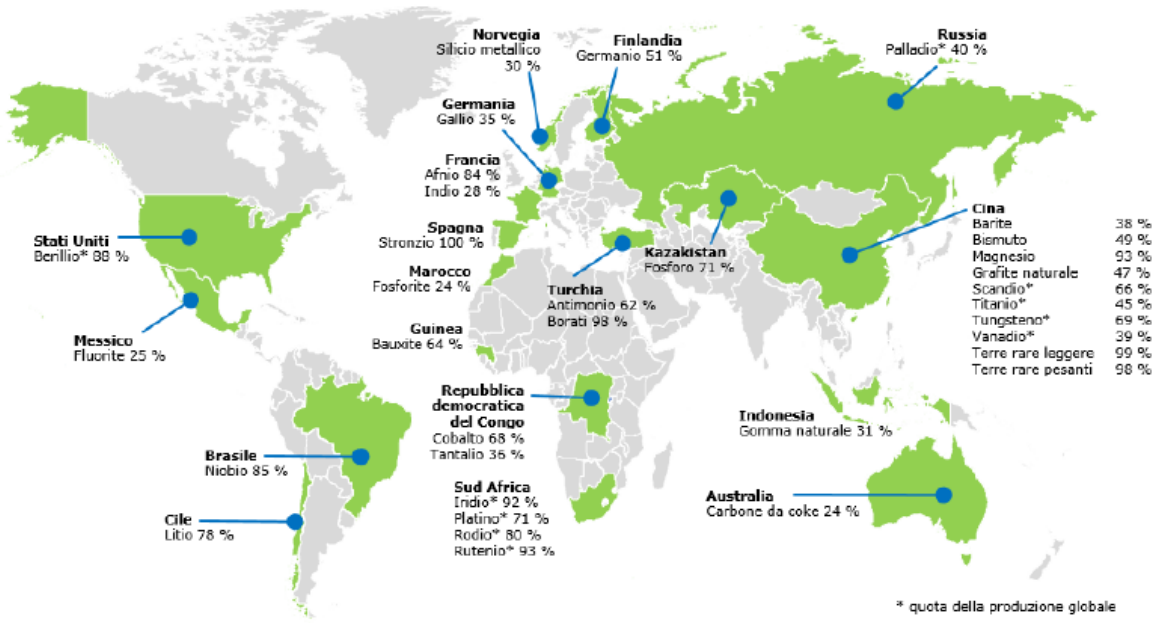

Figura 23: principali paesi fornitori di materie prime critiche per i paesi UE

Ad esempio, la Cina fornisce all'UE il 98 % delle terre rare (REE), la Turchia fornisce all'UE il 98 % del borato e il Sud Africa soddisfa il 71 % del fabbisogno di platino dell'UE e fornisce una percentuale persino maggiore di metalli del gruppo del platino come iridio, rodio e rutenio. L'UE si avvale di singole imprese dell'UE per la sua fornitura di afnio e stronzio(Commissione Europea).

Per quanto riguarda invece gli **scenari futuri**, la Commissione Europea, nel report redatto nel 2020, in base alle previsioni strategiche, riflettendo l'obiettivo dell'UE di un'economia digitale e climaticamente neutra entro il 2050 fornisce le prospettive di sviluppo per il 2030 e il 2050 delle materie prime critiche per le tecnologie e i settori chiave. Il caso più eclatante è quello delle materie prime utilizzate per le batterie, che sarà poi approfondita in 4.6. Per le batterie dei veicoli elettrici e lo stoccaggio dell'energia l'UE avrebbe bisogno, rispetto all'attuale approvvigionamento della sua intera economia, di una quantità di **litio** fino a 18 volte superiore e di una quantità di cobalto fino a 5 volte superiore nel 2030 e di una quantità di litio 60 volte superiore e di una quantità di cobalto 15 volte superiore nel 2050. Poi, la domanda di **terre rare** utilizzate nei magneti permanenti, ad esempio per i veicoli elettrici, le tecnologie digitali o i generatori eolici, potrebbe decuplicare entro il 2050. Un altro esempio significativo è rappresentato dagli accumulatori elettrici, per i quali la domanda di metalli come **alluminio, cobalto, ferro, piombo, litio, manganese** e **nichel** aumenterebbe di più del 1000 per cento entro il 2050 in uno scenario di aumento della temperatura di 2°C rispetto a uno scenario di status quo (Commissione Europea).

Ciò va visto nel contesto globale della crescente domanda di materie prime a causa della crescita demografica, dell'industrializzazione, della decarbonizzazione dei trasporti, dei sistemi energetici e di altri settori industriali, della crescente domanda dei paesi in via di sviluppo e delle nuove applicazioni tecnologiche. Risulta chiaro che, se non affrontato, questo aumento della domanda potrebbe causare gravi problemi di approvvigionamento. Secondo le previsioni dell'OCSE, nonostante i miglioramenti nell'intensità dei materiali e nell'efficienza delle risorse e la crescita della quota dei servizi nell'economia, l'uso dei materiali a livello mondiale sarà più che raddoppiato, passando da 79 miliardi di tonnellate nel 2011 a 167 miliardi di tonnellate nel 2060 (+110 %). Ai fini della criticità è opportuno esaminare più da vicino le previsioni dell'OCSE per i metalli, che dovrebbero passare da 8 a 20 miliardi di tonnellate nel 2060 (+150 %). Per la maggior parte dei metalli, l'UE dipende dalle importazioni, per una percentuale media compresa tra il 75 % e il 100 %.

L'aumento dell'uso dei materiali, unito alle conseguenze ambientali della loro estrazione e trasformazione e dei rifiuti generati, potrebbe incrementare la pressione

sulle basi delle risorse delle economie del pianeta e compromettere i benefici in termini di benessere. Se non si tiene conto delle implicazioni in termini di risorse delle tecnologie a basse emissioni di carbonio vi è il rischio che il trasferimento dell'onere della diminuzione delle emissioni ad altre parti della catena economica possa generare nuovi problemi ambientali e sociali, come l'inquinamento causato da metalli pesanti, la distruzione degli habitat o l'esaurimento delle risorse.

4.3 COSTRUIRE LA RESILIENZA

In seguito alla crisi dovuta alla pandemia di Covid-19, è risultato evidente che molte tra le supply chain globali non fossero abbastanza resilienti, in particolare quando le fonti di approvvigionamento delle materie prime e dei prodotti intermedi sono altamente delocalizzate e, pertanto, corrono un rischio più elevato di interruzione.

Per quanto riguarda le supply chain dei metalli, l'obiettivo della resilienza può essere raggiunto attraverso l'intervento su diversi aspetti della catena; Innanzitutto, il miglioramento della resilienza delle catene di approvvigionamento critiche è di vitale importanza, oltre che per le redditività aziendali, anche per garantire la transizione verso l'energia pulita e la sicurezza energetica, che sono tra gli obiettivi fondamentali dell'UE. Per raggiungere questo obiettivo le possibili strategie sono quelle della **diversificazione** delle forniture per ottenere un approvvigionamento sostenibile e responsabile sia per quanto riguarda gli approvvigionamenti interni all' UE che per quelli provenienti da altri Paesi. Poi, un altro modo per ridurre la dipendenza dalle materie prime critiche primarie è l'uso circolare delle risorse (**riciclaggio**), attraverso prodotti sostenibili e l'innovazione tecnologica, infine attraverso la **digitalizzazione** che consente di unire l'automazione agli abilitatori tecnologici dell'industria 4.0.

Per quanto riguarda il mercato UE in fatto di estrazione, trasformazione, riciclo, raffinazione e separazione, la situazione attuale rispecchia una mancanza di resilienza e un'elevata dipendenza dall'approvvigionamento da altre parti del mondo (Commissione Europea). Per le supply chain di alcuni metalli, persiste un problema

simile: pur essendo estratti in Europa (come il litio, per esempio) sono trasformati al di fuori dell'Europa. Infatti, per quanto riguarda i metalli, i livelli più a monte, come l'estrazione, sono altrettanto fondamentali dei livelli superiori, che necessitano delle tecnologie, le capacità e le competenze nella raffinazione e nella metallurgia rappresentando un anello fondamentale nella catena del valore. Queste carenze, unite alla vulnerabilità delle attuali catene di approvvigionamento delle materie prime, incidono su tutti gli ecosistemi industriali e richiedono pertanto un approccio più strategico: inventari adeguati per evitare interruzioni impreviste dei processi di produzione, fonti alternative di approvvigionamento in caso di interruzione, partenariati più stretti tra i soggetti operanti nell'ambito delle materie prime critiche e i settori utilizzatori a valle e attrazione di investimenti verso sviluppi strategici.

4.3.1 USO CIRCOLARE DELLE RISORSE, PRODOTTI SOSTENIBILI E INNOVAZIONE

Il piano d'azione per l'economia circolare del *Green Deal* europeo mira a dissociare la crescita dall'uso delle risorse attraverso la progettazione sostenibile dei prodotti e la mobilitazione del potenziale delle materie prime secondarie (Commissione Europea). La circolarità e il riciclo delle materie prime da tecnologie a basse emissioni di carbonio sono parti integranti della transizione verso un'economia climaticamente neutra.
L'estensione del ciclo di vita del prodotto, l'uso di materie prime secondarie, il mantenimento del valore dei materiali di elevata qualità contribuiscono a soddisfare una quota crescente della domanda di materie prime che altrimenti andrebbero importate. A tal proposito, per promuovere il recupero di materiali dalla grande immissione di batterie sul mercato europeo, la Commissione nel 2020 ha proposto un una serie di norme che regolano la fase finale del ciclo di vita, ossia la seconda vita (riutilizzo e cambio di destinazione), i tassi di raccolta, l'efficienza del riciclo e il recupero dei materiali, il contenuto riciclato e la responsabilità estesa del produttore (Commissione Europea).

Attualmente, come mostrato nella figura sottostante, oltre il 50 % dei metalli utilizzati nell'industria, come il ferro, lo zinco o il platino vengono riciclati; Grazie a questa circolarità è possibile coprire oltre il 25 % del fabbisogno totale (Commissione Europea). Più tecnicamente, questo fabbisogno può essere definito come il **tasso di riciclo**, ovvero la percentuale della domanda globale che può essere soddisfatta mediante materie prime secondarie (Commissione Europea). Tuttavia, nel caso di altre materie prime, soprattutto quelle impiegate nelle tecnologie per le energie rinnovabili o in applicazioni altamente tecnologiche, come le terre rare, il gallio o l'indio, la produzione secondaria rappresenta soltanto un contributo marginale.

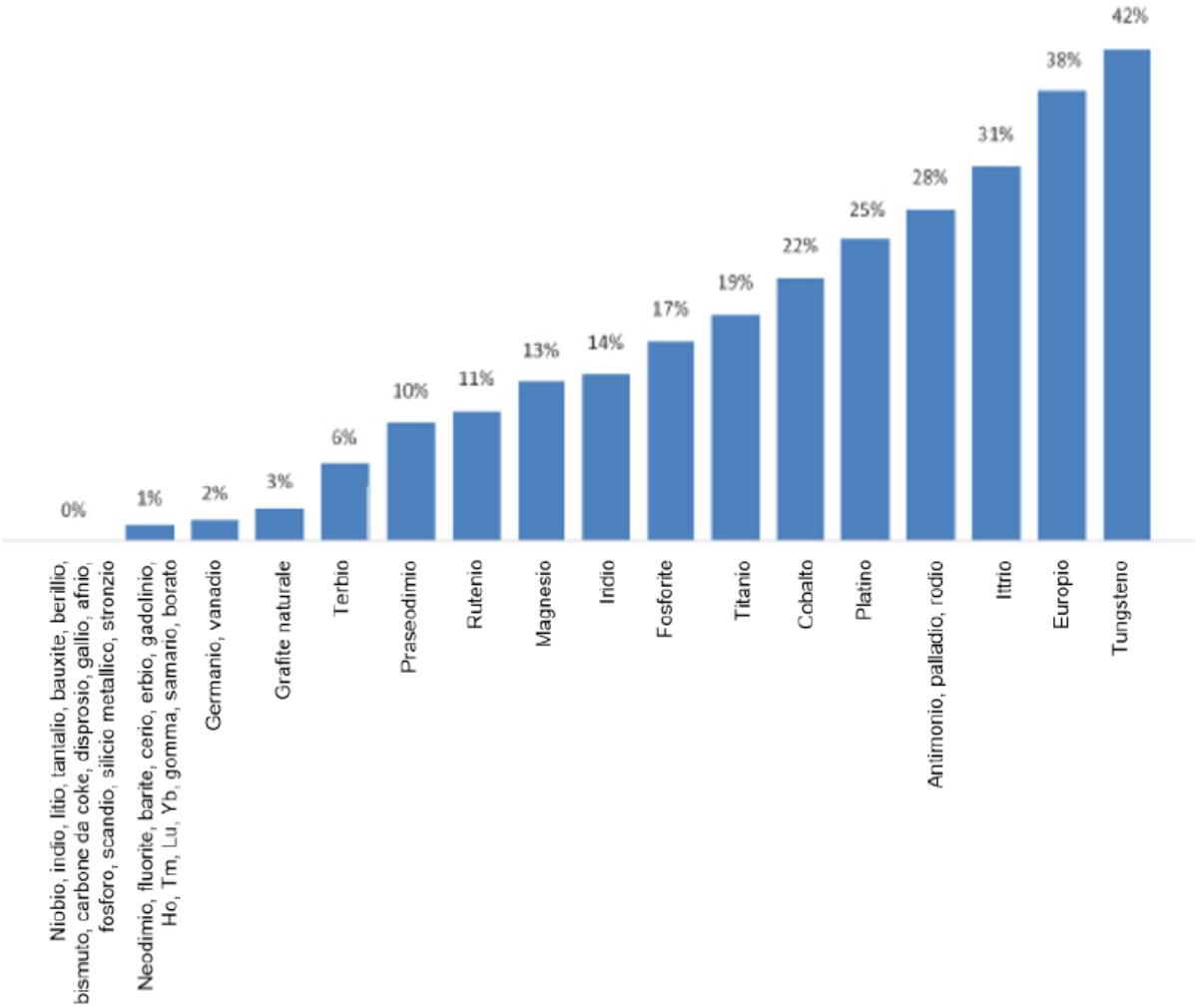

Figura 24: tasso di riciclo dei maggiori metalli utilizzati in UE

L’obiettivo è che, attraverso una maggiore attenzione in materia di ritrattamento dei rifiuti, si possa evitare che materiali preziosi finiscano nelle discariche. Inoltre, la sostituzione di una materia prima critica con una materia prima non critica che offre prestazioni simili è un altro modo per attenuare la dipendenza dalle materie prime critiche. Infine, anche la progettazione sostenibile e lo sviluppo di tecnologie alternative che richiedano materiali diversi possono contribuire ad aumentare la resilienza dal punto di vista dell’approvvigionamento.

4.3.2 APPROVVIGIONAMENTI DIVERSIFICATI

Quando si parla di costruzione della resilienza attraverso la politica di approvvigionamenti diversificati, si fa riferimento perlopiù alle politiche commerciali europee piuttosto che le aziende individuali. A causa dei limiti geologici dell'UE, la domanda di materie prime critiche è e sarà nel futuro prossimo perlopiù soddisfatta dalle importazioni extra UE. L'autonomia strategica aperta dell'UE in questi settori deve pertanto continuare a essere ancorata ad un accesso ben diversificato e non distorto ai mercati globali delle materie prime.

Tra le sfide che si è posta la Commissione Europea a tal proposito emergono gli accordi di libero scambio con le organizzazioni internazionali, per garantire che il commercio e gli investimenti nelle materie prime siano privi di distorsioni in modo da sostenere gli interessi commerciali dei paesi membri. L'UE sta altresì negoziando accordi di libero scambio con una serie di Paesi importanti dal punto di vista delle materie prime, come la Cina. Alcuni esempi sono gli incontri UE-USA-Giappone sulle materie prime critiche (i cui argomenti chiave sono i rischi di approvvigionamento, gli ostacoli agli scambi, l’innovazione e le norme internazionali), il dialogo con l'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OSCE), (dove si tratta di minerali originari da zone di conflitto, orientamenti sulle materie prime e approvvigionamento responsabile), e con le Nazioni Unite (prospettive globali, pressioni ambientali, gestione delle risorse, gestione dei minerali)(Commissione Europea).

L’UE, dunque, si sta impegnando in partenariati strategici con paesi terzi ricchi di risorse; tali paesi spaziano dalle nazioni con un settore minerario altamente sviluppato come il Canada e l'Australia a numerosi paesi in via di sviluppo dell'Africa e dell'America latina fino ai paesi vicini all'UE come la Norvegia, l'Ucraina e dei Balcani occidentali. La Serbia, ad esempio, possiede importanti depositi di borati, mentre l'Albania vanta depositi di platino (Commissione Europea). Tali partenariati strategici che riguardano l'estrazione, la trasformazione e la raffinazione sono particolarmente importanti le regioni e i paesi in via di sviluppo ricchi di risorse come l'Africa. L'UE può aiutare i suoi paesi partner a sviluppare le loro risorse minerarie in modo sostenibile favorendo il miglioramento della governance locale e la diffusione di pratiche minerarie responsabili, che creano a loro volta un valore aggiunto nel settore minerario e un motore di sviluppo economico e sociale.

4.3.3 ABILITAZIONE TECNOLOGICA

Come discusso nel capitolo 3, la digitalizzazione è un processo fondamentale per rendere resilienti le supply chain moderne, in particolare l’adozione delle tecnologie abilitanti dell’industria 4.0 come IoT, AI e BDA possono creare un valore aggiunto considerevole per le aziende. Per quanto riguarda il settore dell’estrazione mineraria, ma anche di tutta la catena logistica un primo modo per ottenere resilienza è **l'automazione** del lavoro manuale per una maggiore produttività ed efficienza in un'industria altrimenti tradizionalmente ad alta intensità di lavoro. Grazie a ciò è possibile concentrarsi sulle operazioni principali mentre si esternalizza il supporto IT e si centralizzano le funzioni IT, finanziarie e HR in tutte le aziende. Questo aiuta ad abbassare i costi operativi e a ridurre le spese generali di manutenzione. Inoltre, con lo smart working che sta diventando la nuova normalità, l'industria del metallo ha anche bisogno di creare nuova capacità digitale per ospitare riunioni virtuali, seminari, conferenze, corsi di formazione e interviste per poter risparmiare sui costi di viaggio e sulle infrastrutture.

Come molti altri settori, la pandemia Covid-19 ha esposto la mancanza di preparazione dell'industria del metallo a gestire situazioni incerte: le aziende manifatturiere di questo tipo che hanno dato o daranno la priorità all'adozione della tecnologia possono essere meglio preparate a mitigare il rischio di future esposizioni simili al Covid-19, consentendo una gestione più sicura ed efficiente della forza lavoro.
Gli abilitatori tecnologici che possono aiutare a raggiungere questo obiettivo possono includere **ambienti di formazione virtualizzati** che utilizzano le tecnologie AR/VR e la crescente adozione del **cloud** per aiutare nell'abilitazione e nella formazione a distanza e nella diffusione di conoscenze verso i dipendenti. Allo stesso tempo però, questo tipo di operazioni, ha portato a minacce legate alla sicurezza sia per le risorse fisiche che per i sistemi IT che supportano le varie operazioni e processi aziendali: è importante rafforzare le misure di sicurezza per proteggere il patrimonio aziendale. Le operazioni virtualizzate che offrono nuovi prodotti e processi permetteranno all'industria del metallo di esplorare nuovi mercati e applicazioni di prodotti, migliorando la quota di mercato, la redditività e l'utilizzo delle risorse (Arindam Sarkar).
L'idea è di connettere entità fisiche e virtuali come asset, operazioni e processi per realizzare ottimizzazioni a catena e miglioramenti nel lungo periodo. **Gemelli digitali**, **IoT** e **modellazione di simulazione** possono funzionare all'unisono in tutta la catena ed essere la chiave per creare un'impresa connessa in tutti i suoi aspetti, ma anche con gli attori a monte e a valle della filiera (Arindam Sarkar). I possibili benefici possono essere maggiori prestazioni del prodotto, di processo e delle risorse, una maggiore supervisione sull'adempimento degli ordini dei clienti e sulle prestazioni di consegna e di inventario.

Un altro problema che è possibile risolvere attraverso l'implementazione di abilitatori tecnologici è che spesso la domanda può apparire incoerente in seguito alle incertezze del mercato (problema accentuato dalla pandemia) rendendo difficile gestire il rischio di bilanciare la produzione e l'utilizzo della capacità rispetto alla conversione in vendite. Inoltre, la mancanza di accuratezza nella previsione della domanda e nella pianificazione delle vendite e delle operazioni ostacola la gestione del capitale d'esercizio: la pianificazione e la previsione sono fondamentali per assicurare livelli di inventario ottimali e per sostenere un sano processo di evasione degli ordini. In questo caso di nuovo la scelta di automatizzare l'approvvigionamento può aiutare a migliorare

l'efficienza, soprattutto se combinato con tecnologie cognitive come **AI** e ML (Machine Learning) (Arindam Sarkar).
Infine, come tutti i grandi colossi industriali globali, anche il settore metallifero dovrebbe stanziare investimenti per coltivare l'analitica in tutti i settori, a partire dalla produzione fino all'analisi della domanda finale. Di conseguenza, i **BDA** sono destinati a crescere esponenzialmente negli orizzonti a breve e medio termine, sfruttando l'alto potenziale dei dati in tutta la catena logistica del metallo. Investimenti in questo abilitatore tecnologico possono portare vantaggi come identificazione delle spese eccessive, valutazione dei prezzi da proporre ai clienti per rimanere all'interno degli standard di mercato, l'identificazione della domanda futura, grazie a previsioni accurate sia per quanto riguarda i prodotti standard che per nuovi lanci sul mercato. Inoltre, è anche possibile avere una completa visibilità delle emissioni e dei rifiuti prodotti, oltre che delle prestazioni del piano di produzione, sia proprio che dei clienti e dei fornitori (Arindam Sarkar).

4.4 IL MERCATO DEI VEICOLI ELETTRICI

Di seguito, dopo aver approfondito come le supply chain dei metalli hanno risposto alla pandemia da Covid-19 e come è possibile renderle più resilienti, è il mercato dei veicoli elettrici (EV). Questo argomento può risultare di notevole interesse poiché il mercato EV dipende innanzitutto dai rifornimenti di materie prime critiche, che non sono presenti in Europa, e quindi, da questo punto di vista, è possibile ragionare a livello deduttivo applicando tutte le riflessioni dei paragrafi precedenti a questo caso. Inoltre, il mercato dei veicoli elettrici, è fondamentale per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità del mondo moderno, e infine, il duro colpo portato dalla pandemia di Covid-19 che ha colpito l'economia in modo massiccio, ha portato sfide, che se vinte, porteranno miglioramenti a tutto il settore.

Questo approfondimento fornisce un'analisi del mercato EV e degli impatti di Covid-19 sull'industria globale dei veicoli elettrici sia dal lato delle vendite che da quello degli approvvigionamenti. Si può dedurre, analizzando le tendenze attuali, che l'epidemia di

Covid-19 ha ridotto le vendite di veicoli elettrici nel breve termine, ma potrebbe stimolare la domanda futura. Nel corso del 2020, le restrizioni sugli spostamenti e le massicce chiusure degli stabilimenti per il controllo della propagazione di Covid-19 hanno interrotto le forniture di materiale in Europa e Stati Uniti per le aziende di veicoli elettrici che fanno affidamento perlopiù sulle importazioni cinesi, evidenziando come sia fondamentale migliorare la **resilienza** delle supply chain EV, attraverso lo sfruttamento di materiali sostitutivi, materiali di provenienza domestica (quindi, per il caso europeo, attraverso il riciclaggio) e il miglioramento delle scorte per le parti critiche (*Wen W. et al., 2021*). Infine, la tendenza al distanziamento sociale emerso dopo la pandemia, sta portando nuove sfide ai tradizionali canali di distribuzione EV, spingendo le case automobilistiche a sviluppare canali di vendita innovativi.

La **decarbonizzazione dei trasporti** è un percorso critico verso gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, dettato in particolar modo dall'urgenza di mitigare i rapidi cambiamenti climatici (Wen W. et al.). Per la produzione di un veicolo elettrico, come mostrato nella figura sottostante, è necessaria fino a cinque volte la quantità di metalli che serve per la produzione di un veicolo convenzionale, e soprattutto una gamma più ampia (Tae-Yoon Kim & Milosz Karpinski, 2020). Tuttavia, la sfida della mobilità elettrica, che gioca un ruolo significativo in questo campo, è fortemente sostenuta dalle politiche governative e dai progressi tecnologici: l'industria EV si è sviluppata rapidamente e con ottimi risultati nell'ultimo decennio.

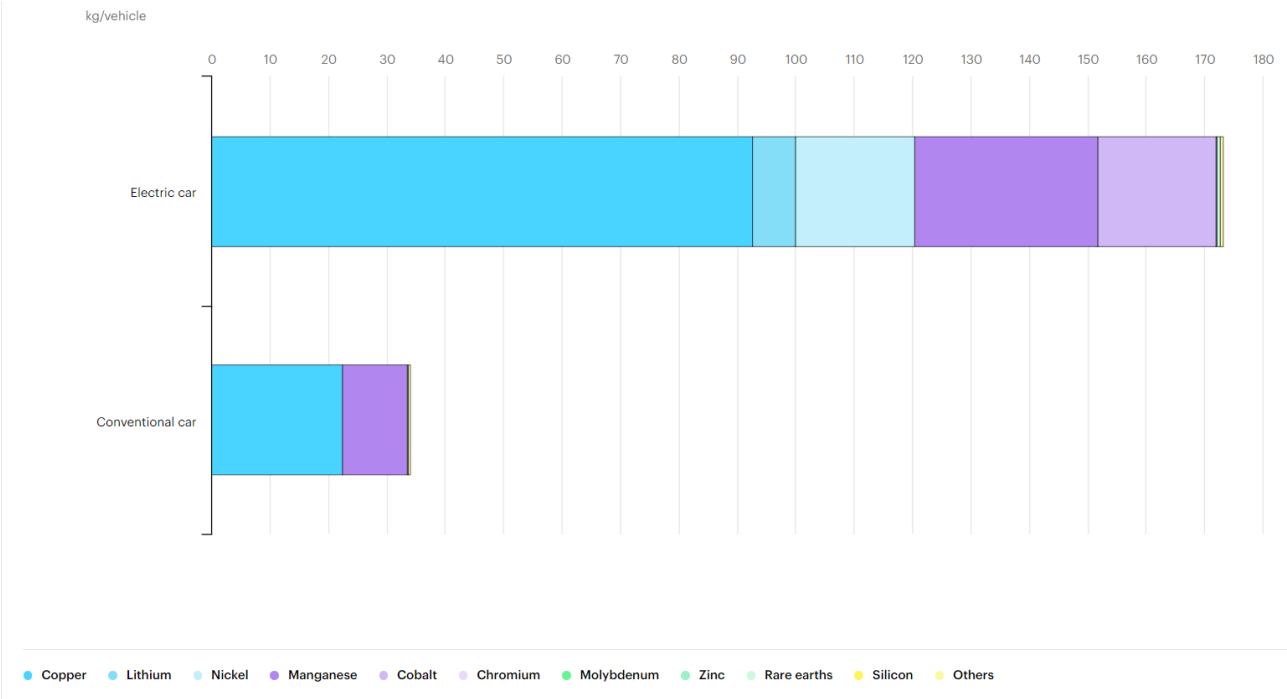

Figura 25: metalli usati per la produzione di auto elettriche e convenzionali

La vendita annuale globale di auto elettriche (sia un EV a batteria o un EV ibrido plug-in all'interno del segmento dei veicoli passeggeri leggeri) è cresciuta di una media annuale del 60% fino a raggiungere 2.1 milioni nel 2019, come mostrato in Figura sottostante (Wen W. et al.). Nel frattempo, Cina, Europa e Stati Uniti sono diventati i primi 3 mercati mondiali di EV prendendo circa il 90% delle vendite globali. Contando sia i veicoli passeggeri leggeri che i veicoli commerciali medio-pesanti, lo stock EV globale si è gonfiato fino a oltre 8 milioni alla fine del 2019, oltre la metà dei quali erano in Cina. Tuttavia, il tasso di crescita delle vendite globali di EV si è rivelato fiacco nel 2019, soprattutto nella seconda metà dell'anno, principalmente a causa della contrazione del mercato automobilistico e della riduzione delle sovvenzioni EV nei mercati chiave. Data la piccola percentuale (2,6%) della quota EV nel mercato automobilistico globale, il raggiungimento di una larga fetta di mercato da parte della mobilità elettrica rimane ancora un obiettivo distante (Wen W. et al.).

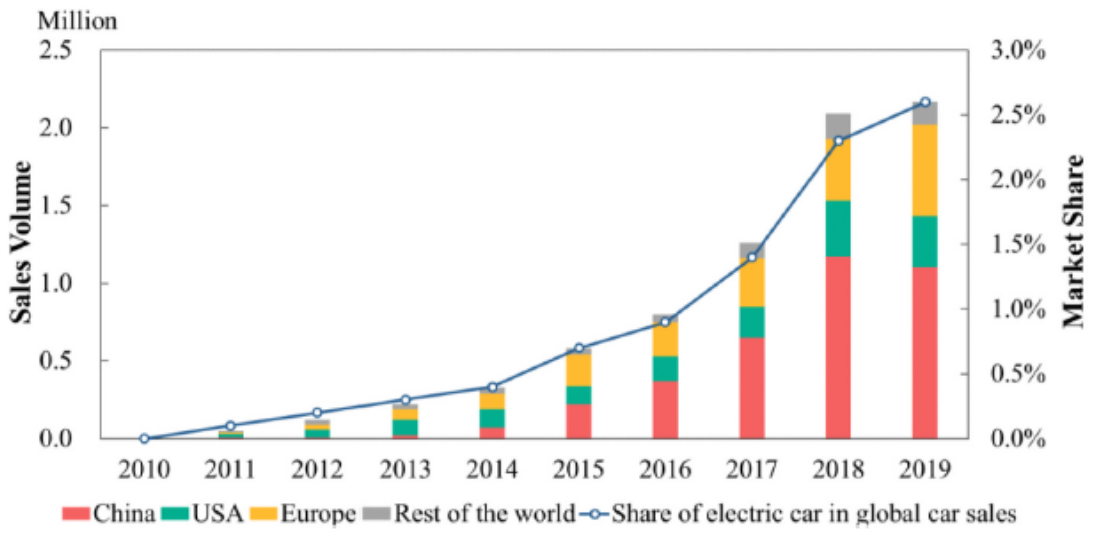

Figura 26: vendite globali di EV

Le tendenze del mercato dei veicoli elettrici variano in base alla regione: i mercati chiave dei veicoli elettrici suggeriscono uno spostamento delle dinamiche regionali, con la Cina e gli Stati Uniti che perdono terreno rispetto all'Europa. Le vendite di veicoli elettrici sono rimaste costanti in Cina nel 2019, a circa 1,2 milioni di unità vendute (un aumento del 3% rispetto all'anno precedente). Negli Stati Uniti, le vendite di veicoli elettrici sono diminuite del 12% nel 2019, con solo 320.000 unità vendute. Nel frattempo, le vendite in Europa sono aumentate del 44%, raggiungendo le 590.000 unità (Xin Sun et al., 2022).

Una tipica supply chain EV di solito consiste in fornitori di materiali, fornitori di componenti, case automobilistiche, distributori e consumatori (come mostrato in Figura**)**. Le case automobilistiche come produttori di apparecchiature originali (OEM) si procurano le parti essenziali dei veicoli elettrici dai fornitori di componenti e vendono i prodotti finiti ai distributori o direttamente ai consumatori (Wen W. et al.). Oltre alle parti tradizionali del veicolo (come telaio, carrozzeria, interni, ecc.), batteria, motore elettrico e controllo elettrico sono i tre componenti principali dei veicoli elettrici, i cui fornitori giocano un ruolo significativo nella catena di approvvigionamento e di solito contribuiscono a tre quarti del costo di produzione degli EV. Catodo, anodo, separatore ed elettrolita sono le quattro parti chiave delle **batterie**, che di solito sono fatte di litio, cobalto, nichel, manganese, grafite e altri materiali forniti dai fornitori a monte. Ferro,

terre rare e silicio sono invece materiali essenziali per i **motori elettrici (**Wen W. et al.**)**

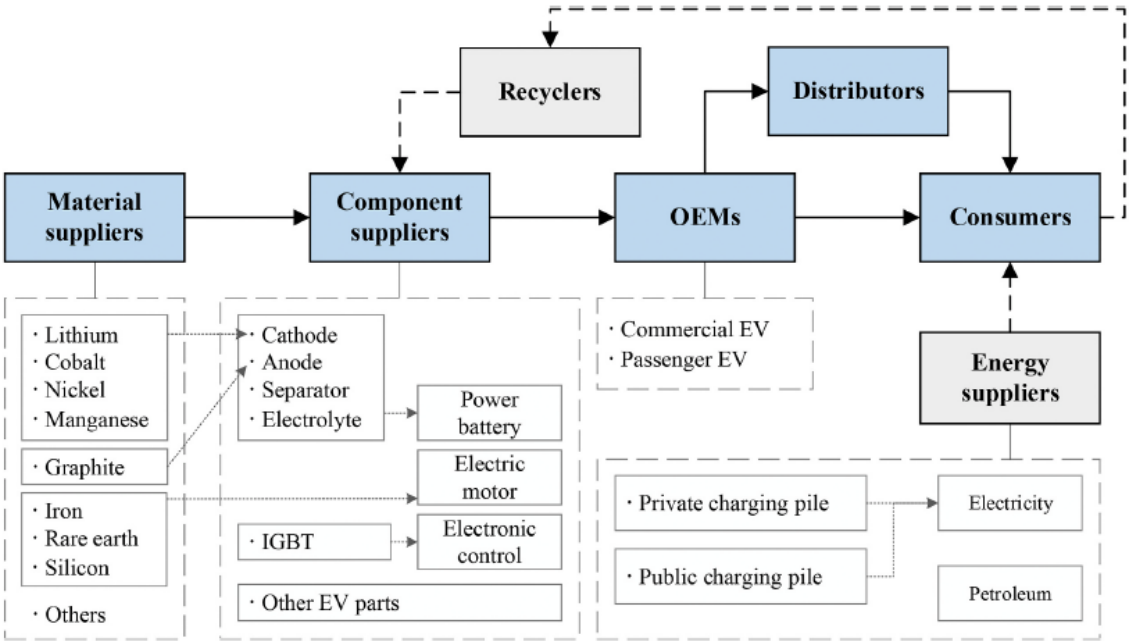

Figura 27: attori e risorse chiave di una supply chain di EV

Considerando la distribuzione geografica delle **materie prime critiche** in Europa, l'approvvigionamento di materie prime per le batterie risulta una sfida. Le imprese di diversi Stati membri partecipano già alla *European Battery Alliance* e beneficiano di finanziamenti del settore privato, dell'UE e nazionali, sia per lo sfruttamento delle materie prime che per la loro trasformazione in Europa (Commissione Europea).

La figura sottostante mostra che alcune risorse di materie prime per le batterie sono presenti all'interno dell'UE. Esse sono situate in regioni che dipendono fortemente dalle industrie carbonifere o ad alta intensità di carbonio e in cui è prevista la costruzione di fabbriche di batterie. Inoltre, molti rifiuti delle attività estrattive sono ricchi di materie prime critiche e potrebbero essere riesaminati per creare una nuova attività economica nei siti di estrazione del carbone esistenti o dismessi, migliorando allo stesso tempo l'ambiente (Commissione Europea).

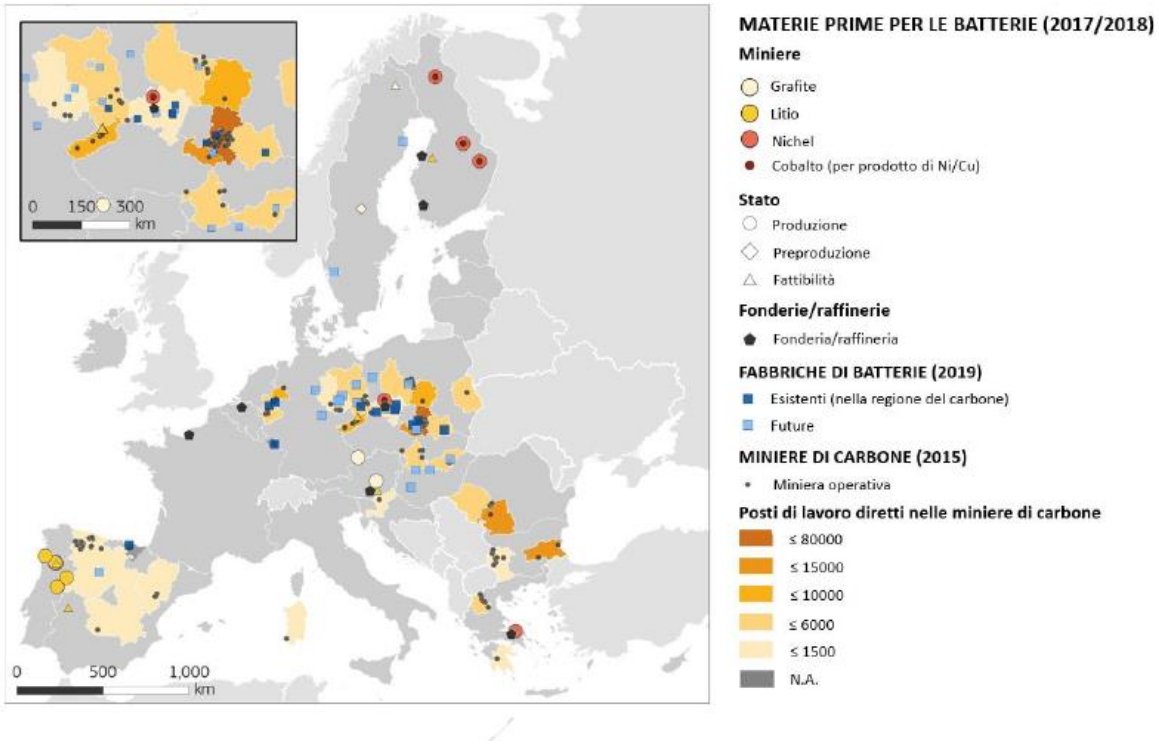

Figura 28: siti europei dove si estraggono metalli atti alla produzione di batterie

Nella figura sottostante sono presentati i dati storici per la proporzione dei primi tre fornitori di materie prime legate al LIB (batterie litio-ione) nel 2019. In figura sono anche mostrati i trend futuri, per quanto riguarda le previsioni della proporzione di mercato delle materie prime necessarie per la produzione di LIB, dove il cerchio interno rappresenta i dati del 2019, e il cerchio esterno rappresenta i dati per il 2030 (Xin Sun et al.).

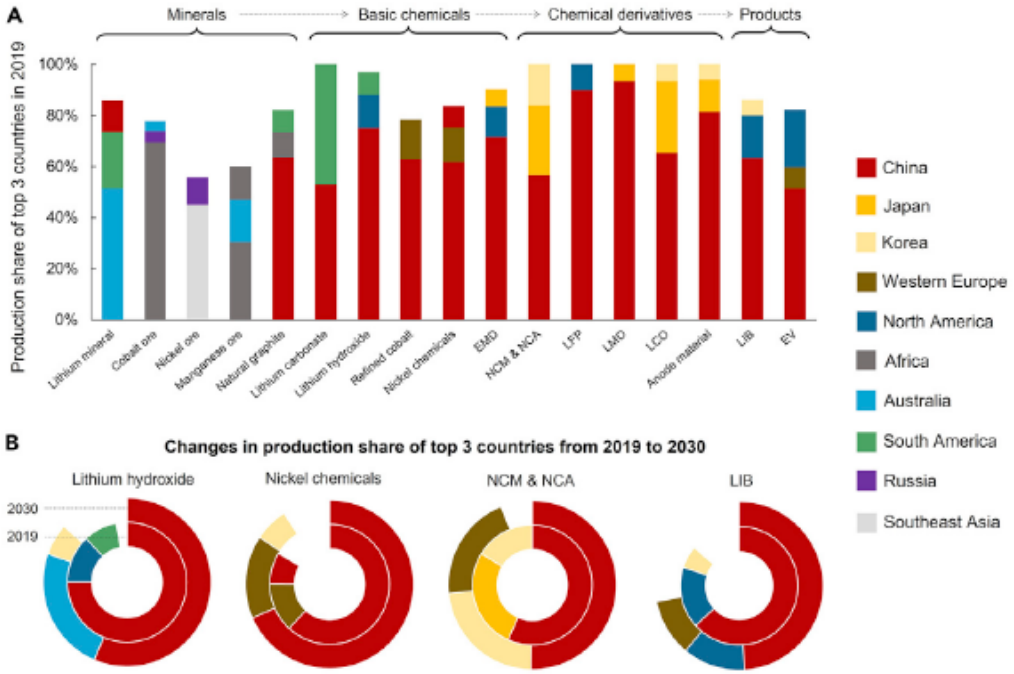

Figura 29: quota di produzione dei tre maggiori Paesi, per ogni tipologia di prodotto

4.5 L' IMPATTO DEL COVID-19 SU EV E SCENARI FUTURI

L'impatto del Covid-19, come già ampiamente discusso ha portato forti impatti sull'economia globale e non solo. Inevitabilmente, l'intera industria automobilistica ha sofferto molto, con linee di produzione ferme, catene di approvvigionamento interrotte, e la domanda dei consumatori contratta. Tuttavia, il ritmo della transizione energetica non è stato ostacolato, con i paesi che hanno rafforzato le normative sulla riduzione delle emissioni e adottato corrispondenti politiche di stimolo fiscale. Sebbene le vendite totali globali di veicoli nel 2020 abbiano raggiunto 78,03 milioni di unità, con un calo del 13% rispetto al 2019, le vendite globali di EV, sono aumentate del 43% a 3,2 milioni di unità (Wen W. et al.).

A livello globale, i mercati regionali dei veicoli elettrici sono stati colpiti dal Covid-19 in misura diversa. In Europa, per esempio, la pandemia è stata sotto controllo durante la prima metà del 2020 e con continua attuazione di ambiziosi obiettivi EV, il mercato europeo EV europeo è stato colpito meno del mercato ICEV, mantenendo tassi di crescita positivi nelle vendite di veicoli elettrici, che hanno portato ad una quota di mercato EV più grande del 7,8% durante la prima metà del 2020 rispetto al 3,6% del 2019 (Wen W. et al.). Tuttavia, la seconda ondata di pandemia, molto più feroce, ha colpito nuovamente l'Europa nella seconda metà del 2020, imponendo grandi pressioni sullo sviluppo EV in Europa. Negli Stati Uniti la situazione è stata simile, la pandemia ha portato sfide alle forniture di tutti i componenti e le materie prime che dipendono dalle importazioni, e nel frattempo, ha creato difficoltà per le esportazioni di parti fondamentali alle fabbriche d'oltreoceano. Per esempio, la fabbrica Tesla di Shanghai ha dovuto fermare la produzione nel secondo trimestre del 2020 a causa della carenza di fornitura di componenti principali (Wen W. et al.).

Secondo Euromonitor, i volumi di vendita di unità nel 2022 dovrebbero aggirarsi intorno ai 78 milioni di unità (+10% rispetto al 2021, che a sua volta è in aumento del 10% rispetto al 2020), battendo i livelli pre-pandemia del 2019 (Brandfinance, 2022). Anche i profitti sono aumentati in media tra gli OEM quest'anno, con molti che hanno raggiunto numeri record. SUV e crossover SUV rimangono i modelli più popolari e questa popolarità continua a crescere in tutte le regioni. Sebbene la domanda appaia positiva in tutto il settore, i veicoli elettrici sono di gran lunga il tipo di trasmissione con le migliori prestazioni in termini di crescita relativa. Nel 2021 sono stati venduti circa 6,4 milioni di veicoli elettrici plug-in, con un aumento di oltre il 100%. Ciò rappresenta un aumento dal 4,5% di tutti i veicoli venduti nel 2020 al 9% nel 2021 (Brandfinance).
Per quanto riguarda i **marchi** di veicoli elettrici, Tesla continua la sua crescita, aumentando del 40% a 46,0 miliardi di dollari: non solo ha mantenuto con successo la sua capacità di produzione e il primo posto in termini di vendite di modelli EV, ma ha anche accumulato valore in termini di ricavi futuri del software captive. Nio, il concorrente cinese di Tesla, è cresciuto del 79% dopo il boom delle vendite di veicoli elettrici in Cina quest'anno, che sono aumentate del 150% nel 2021 e dovrebbero raddoppiare di nuovo nel 2022 (Brandfinance).

Tutti i principali OEM hanno presentato piani di investimento multimiliardari per elettrificare le loro gamme ad esempio, Volkswagen, nel dicembre 2021 ha dichiarato di voler aumentare gli investimenti da 17 miliardi di euro a 52 miliardi di euro: il più grande investimento di questo tipo di qualsiasi produttore (Brandfinance). Dunque, la tendenza futura è chiara: man mano che i Paesi introducono requisiti di qualità dell'aria ed emissioni sempre più severi, gli OEM investono molto di più e i veicoli elettrici diventano dominanti.

La sostenibilità del processo di produzione per i veicoli elettrici, che secondo alcune stime crea l'80% in più di emissioni di produzione rispetto ai veicoli ICE, sarà un punto fondamentale (Brandfinance). Allo stesso modo, il comfort e la connettività, insieme a caratteristiche più basilari come la gamma e l'affidabilità, diventeranno altrettanto importanti.

BMW, che è il più riluttante dei grandi OEM tedeschi a investire nella transizione dei veicoli elettrici, è stato anche uno dei marchi a crescita più lenta nella classifica. Infatti, è chiaro che in mancanza di investimenti continui sulla tecnologia all'avanguardia è difficile competere con i brand che lo fanno, ed è improbabile che ciò risulti un gioco vincente. Nonostante l'emergere di nuovi marchi elettrici, è probabile che i marchi tradizionali rimarranno in testa ai mercati a condizione che effettuino gli investimenti appropriati nella transizione dei veicoli elettrici. Infatti, la familiarità con il marchio, fondamentale per mantenere la quota di mercato, è ancora molto avanti per i marchi tradizionali e la loro reputazione di qualità e innovazione rimane tuttora intatta.

Per quanto riguarda l'Italia, a gennaio 2022 sono state immatricolate 9223 automobili elettriche, tra veicoli puri a batteria (BEV) e ibridi plug-in (PHEV). Rispetto allo stesso mese dell'anno precedente, la crescita è stata del 47,5 per cento (Startmagazine, 2022). Nello specifico, lo scorso gennaio sono state immatricolate 3651 auto elettriche pure (+46 per cento rispetto a gennaio 2021) e 5572 ibride plug-in (+48,5 per cento) (Startmagazine). A gennaio 2022 risultano, in Italia, 244.944 auto elettriche in circolazione: 127.789 sono pure, a batteria, e 119.155 sono ibride plug-in (vedi Figura sottostante). La Germania è il paese europeo con il maggior numero di veicoli elettrici immatricolati nel 2021 (682.077 unità). Al secondo posto c'è il Regno Unito 305.281 unità) e al terzo la Francia (303.168) (Startmagazine).

Se il confronto con gennaio 2021 è positivo, il paragone con l'ultimo trimestre del 2021 mostra invece un calo significativo delle immatricolazioni per tutti i tipi di auto elettriche: si parla di un -22,3 per cento, corrispondente a 2610 veicoli in meno venduti (Startmagazine). Più nello specifico, le ibride plug-in sono stabili, mentre rallentano più marcatamente le pure. Mentre le ibride plug-in continuano a essere immatricolate nonostante la carenza degli incentivi all'acquisto, le elettriche pure mostrano una maggiore fatica. La motivazione principale di questo fenomeno è che molti cittadini vivono ancora nell'incertezza della scelta del mezzo da comprare e che il mercato non si è ripreso totalmente: essi continuano a vedere gli effetti della pandemia, sicuramente nei ritardi di consegna ma anche nella mancanza di liquidità dei cittadini e nell'indecisione sulle auto da acquistare. L'obiettivo è, in assenza di misure di incentivazione all'acquisto o di disincentivo alla circolazione di veicoli vetusti, il ritorno ad un numero di immatricolazioni superiore agli 1,85 milioni come nel 2019.

Figura 30: alcuni dati riguardo le EV circolanti in Italia

Per quanto riguarda il futuro, Stephanie Brinley, l'analista principale di IHS Markit nel 2021 ha dichiarato che entro il 2030, si prevede che la Cina ospiterà una produzione di 14,9 milioni di veicoli elettrici, l'Europa 11,6 milioni e il Nord America 5,8 milioni di unità. Esprimendo questi valori in termini di batterie, l'Europa avrà bisogno di una

capacità di produzione annuale di 500 GWh nel 2025 e di 1.000 GWh (1 TWh) nel 2030 per soddisfare le esigenze di elettrificazione di autovetture, autobus e veicoli pesanti, e il settore emergente dello stoccaggio stazionario (IHS Markit, 2022). Attualmente, secondo McKinsey & Co, la capacità è inferiore a 50 GWh.
L'approvvigionamento di litio per batterie è forse il minerale più critico, sebbene i produttori abbiano anche affrontato problemi di fornitura di manganese, cobalto e grafite. Eppure, come mostrato dalla Figura 6**,** il Portogallo ha l'unica miniera di litio operativa nel continente, inoltre la maggior parte della modesta produzione di litio del Portogallo fornisce l'industria della ceramica (IHS Markit).

Tuttavia, come spesso affermato in questa tesi, la pandemia di Covid-19 ha sì portato gravi conseguenze ma può anche essere vista come un'opportunità per valutare anticipatamente miglioramenti a tutta la supply chain in modo tempestivo ed efficiente. Oltre all'impatto sulla domanda, la pandemia ha soprattutto impattato sui rifornimenti di materie prime. Le restrizioni di viaggio causate da Covid-19 hanno **interrotto le forniture** di materiale EV, che è fortemente dipendente dalle importazioni, creando interruzioni di produzione. Infatti, i produttori di veicoli elettrici europei dipendono perlopiù dalle importazioni di materie prime. La maggior parte delle materie prime proviene dall'esterno dell'Europa, principalmente Sud America, Africa e Australia, mentre i principali impianti di produzione di batterie si trovano in Asia (Commissione Europea). Ciò si manifesta in una lunga catena di approvvigionamento con un'impronta di carbonio altrettanto pesante. Tuttavia, per il mercato EV il problema dei rifornimenti di materia prima causato dal Covid-19, ha solamente evidenziato i problemi futuri che emergeranno in seguito all'inevitabile aumento del mercato EV.

Un esempio di *disruption* per quanto riguarda le supply chain di EV, è stato lo scoppio della guerra tra Russia e Ucraina, iniziata a fine febbraio 2022. In Russia, infatti, sono presenti impianti produttivi di alcuni importanti costruttori come Renault, Volkswagen, Stellantis, Hyundai e Kia. Ma l'impatto della guerra e delle sanzioni sull'industria automotive va al di là della presenza in Russia degli insediamenti di alcune case automobilistiche straniere. La Russia è uno dei maggiori fornitori mondiali di diversi metalli chiave per la produzione di automobili e per la transizione energetica e digitale in corso. Per esempio, con l'11% della produzione globale, è il terzo fornitore mondiale di nichel, utilizzato nelle batterie agli ioni di litio, ed è il più grande produttore al mondo

di palladio (La Repubblica, 2022). In particolare, fornisce il 40 percento del palladio utilizzato nei convertitori catalitici, che si trova in tutti i veicoli a gas e diesel. La Russia estrae inoltre circa il 4% del cobalto mondiale, un altro ingrediente fondamentale degli accumulatori. Nel corso del mese di marzo, il prezzo del nichel è salito oltre i 25mila dollari la tonnellata, il prezzo più alto dal 2011, mentre il palladio ha superato i 2.400 dollari. Un'altra conseguenza rischia di aggravare ulteriormente la carenza di microchip; infatti gran parte delle materie prime utilizzate per costruire i semiconduttori infatti proviene dall'Ucraina. Per esempio, l'Ucraina è il più grande produttore mondiale di neon, fondamentale per i laser utilizzati per produrre chip. A causa dei ritardi nelle forniture dall'Ucraina la Volkswagen ha dichiarato che interromperà la produzione per alcuni giorni in due stabilimenti tedeschi di auto elettriche, Zwickau e Dresda. Anche la Skoda taglierà la produzione del suo Suv elettrico Enyaq nella Repubblica Ceca (La Repubblica).

Il problema delle forniture, dunque, ha accelerato l'urgenza di **riqualificare la catena di approvvigionamento**. Innanzitutto, le fonti di materie prime in Europa anche senza l'impatto della pandemia, avranno difficoltà a tenere il passo con la domanda a lungo termine; quindi, una catena di approvvigionamento completamente autonoma non è possibile. Tuttavia, la **regionalizzazione** di gran parte della catena di approvvigionamento e la **diversificazione** ridurrebbero il rischio di interruzioni e garantirebbero la fornitura di materiali (Fastmarkets, 2021). L'Europa dovrebbe rispecchiare la catena di approvvigionamento Asiatica, dove intermediari, produttori di batterie e produttori di automobili sono nelle vicinanze della regione. Ciò garantisce consegne puntuali, costi ridotti, vicinanza al consumatore e minor rischio di interruzione della fornitura.

Infine, un altro importante fattore che contribuirà a mitigare il problema degli approvvigionamenti di materie prime, specialmente per i metalli critici, è quello della **sostenibilità**, attraverso l'uso circolare delle risorse. Qualunque siano le quote di mercato raggiunte dai veicoli elettrici, si prevede che il riciclaggio dei materiali chiave sarà una parte fondamentale della soluzione della catena di approvvigionamento. Il riciclaggio ha molti pregi, dal non dover importare metalli dall'Asia o dall'Africa, all'evitare attività minerarie o di altra produzione, alla riduzione dei flussi di rifiuti. La forma più comune di riciclaggio oggi proviene dal processo industriale stesso. Quando

vengono prodotte le batterie, una quantità significativa di materiale non viene utilizzata, a volte perché non è sufficientemente puro o perché qualcosa va storto nelle fasi di produzione. Attualmente, in Europa, quando non si hanno i mezzi per riciclare, le aziende asiatiche prelevano quel materiale e lo rispediscono in Asia per il ritrattamento, e ciò è molto valore che al posto di giovare alle aziende autoctone, torna in Asia rendendo i mercati europei più poveri e dipendenti (IHS Markit).

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato quello di suggerire i principali metodi per costruire delle catene di approvvigionamento resilienti e sostenibili, sia per mitigare l'impatto del Covid-19, che dopo due anni non è stato ancora totalmente assorbito dalla maggior parte delle aziende, sia per fronteggiare eventuali criticità future, come *supply disruptions* con urto simile alla pandemia da Covid-19. In questo ambito, resilienza e Covid-19 sono due concetti che vanno di pari passo perché in molti casi l'impatto della pandemia e le sue conseguenze possono essere viste come opportunità per migliorare alcuni aspetti delle supply chain; infatti, la pandemia ha spesso anticipato dei problemi che in ogni caso sarebbero emersi, più o meno tardi nel tempo.

Nel primo capitolo, è presentato il ruolo del Supply Chain Management, e del Supply Chain Risk Management. Se mentre le catene logistiche sono il fulcro attorno a cui ruota la tesi, ed era fondamentale presentare le attività regolate dal SCM e il suo ruolo nell'economia moderna, il SCRM è il primo processo, tra quelli presentati, che consente ad una supply chain di essere resiliente. A riguardo sono state esplicate le linee teoriche della gestione dei rischi a livello di supply chain secondo le 5 fasi previste dalla logica di *risk management* relative alla identificazione, alla valutazione, alla gestione del rischio e al monitoraggio e controllo. In un'ottica logistica e di supply chain è emerso che, tramite la fase di identificazione dei rischi si contraddistinguono rischi legati ai fornitori, alle responsabilità di prodotto e magazzino, rischi legati all'attività manifatturiera e di produzione, e infine rischi legati al trasporto e alla distribuzione. Questi devono essere identificati tramite tecniche statistiche o discrezionali e successivamente valutati tramite un processo di quantificazione (qualitativa e quantitativa). La fase finale del SCRM prevede l'individuazione delle strategie di risposta al rischio distinte in quattro piani di azione: evitare o eliminare, trasferire, ridurre o mitigare, accettare. Infine, è presentato il concetto di "*Disruption*", evento raro come probabilità di accadimento e di alto impatto in termini di conseguenze.

Per il SCRM, la tendenza per il futuro sarà quella di una rapida modernizzazione grazie alle nuove tecnologie digitali e all'automazione. Ciò perché è emerso che il risk management ha un ruolo fondamentale nelle aziende per prevenire o mitigare sia i rischi ordinari che quelli straordinari, come può essere un evento di interruzione come

la pandemia di Covid-19. Il 12 marzo 2020, la ormai nota malattia infettiva acuta è stata dichiarata una pandemia globale. Nel secondo capitolo, si è investigata la natura pandemiologica di un evento mondiale, il Covid-19, associandola alla teoria di Taleb in merito alla natura del *Black Swan.* L'obiettivo di questo capitolo è stato scoprire ed analizzare gli impatti e le conseguenze che il virus ha avuto e avrà sulle supply chain globali moderne, provando a proporre delle soluzioni. In particolare, il focus è stato sul primo impatto del 2020 e sugli effetti ancora molto intensi del 2021 sul mercato italiano e globale. Sono stati presentate le diverse situazioni del calo dei PIL nazionali, analizzando anche la situazione della liquidità delle imprese in questo biennio, i settori più colpiti del mercato italiano, ma anche quelli che al contrario hanno beneficiato, dal punto di vista prettamente economico, degli effetti della pandemia.

La seconda parte del capitolo si è concentrata sugli shock che hanno causato le interruzioni di alcune fasi delle catene logistiche: a partire dallo stato iniziale di supply *disruption* e il blocco della fornitura, per concludere con un violento "*demand shock*" includendo a catena l'effetto Forrester, più noto come *Bullwhip effect.* In particolare, è emerso, per quanto riguarda lo shock della domanda e dell'offerta, che le strategie di prevenzione e mitigazione dell'effetto bullwhip che la letteratura presentava prima della pandemia come interventi sui lotti, sulle politiche di prezzo, sulla previsione e sull'allocazione della capacità rimangono tuttora molto attuali; La chiave per combattere questo problema è un fattore allo stesso tempo fondamentale per la resilienza di tutta la supply chain ovvero la trasparenza, che comporta la gestione della conoscenza dei dati sia a valle che a monte. Attraverso la conoscenza della situazione degli altri membri della catena logistica, è possibile regolare le proprie politiche in base alle scorte dei fornitori, o alla domanda dei clienti: questa situazione consente ai manager di avere la totale consapevolezza della situazione e quindi agire in modo ponderato, in sinergia con gli altri anelli della catena di approvvigionamento.

Il terzo capitolo cerca di presentare da un punto di vista teorico, attraverso l'elaborazione della letteratura, delle strategie per costruire delle supply chain resilienti e sostenibili. La resilienza è un concetto fondamentale per quanto riguarda le supply chain globali poiché rende una filiera produttiva in grado di reagire e riprendersi da interruzioni o interferenze su larga scala, limitando il più possibile le perdite e i tempi di recupero.

Il primo processo indicato per questo scopo è quello della digitalizzazione. Grazie all'introduzione delle tecnologie abilitanti dell'industria 4.0 le aziende, e di rimando le loro supply chain, ottengono un vantaggio considerevole dal punto di vista dell'efficienza. Dopo aver presentato le varie tecnologie I4.0, si indica come esse possano andare a costruire la resilienza, in particolare creando valore aggiunto all'azienda grazie al potenziamento della velocità, della visibilità, della collaborazione, del sourcing e dei principi di progettazione. A tal proposito si approfondiscono le tecnologie dell'AI e blockchain, e attraverso un caso particolare relativo ad un OEM si studia come queste tecnologie possano mitigare la vulnerabilità di fronte a possibili interruzioni grazie alla visibilità, l'agilità e l'efficienza.

In particolare, tramite l'intelligenza artificiale può migliorare processi come la gestione di magazzino, l'analisi delle prestazioni, l'accuratezza delle previsioni, la personalizzazione dei prodotti per i clienti e infine le strategie di approvvigionamento. Grazie alla blockchain invece, è possibile migliorare la collaborazione con gli altri membri della supply chain e le prestazioni per quanto riguarda la trasparenza e la tracciabilità all'interno di tutti i livelli della catena logistica.

Sebbene queste tecnologie siano oramai utilizzate da molte aziende, il trend futuro è quello di un aumento ancora più netto della loro implementazione nei prossimi anni; A ragion di ciò, gli svariati vantaggi competitivi che esse possono dare ad un'azienda, si moltiplicano nel caso in cui l'adozione avvenga in sinergia con tutti i membri della supply chain.

Un altro metodo per costruire la resilienza nelle supply chain moderne è quello della diversificazione. L'impatto del Covid-19 ha evidenziato come sia cruciale per un'organizzazione non dipendere totalmente dall'approvvigionamento di materie prime o di componenti provenienti da un unico fornitore, ma lo stesso concetto vale anche per quanto riguarda il parco clienti. A riguardo si può affermare che se le transazioni con pochi fornitori e clienti possono far risparmiare alle aziende costi di coordinamento molto consistenti, queste aziende possono essere fragili quando si verificano delle interruzioni ai loro partner della catena di fornitura. Se si vuole aumentare la resilienza, non solo dell'azienda, ma di tutta la supply chain, è importante non solo diversificare

geograficamente le basi di rifornimento e di clienti, ma anche considerare la diversificazione in termini di dipendenza dai partner della catena logistica, evitando l'eccessiva dipendenza da un numero ristretto di attori della filiera logistica.

Infine, viene introdotto il processo di reshoring, un trend relativamente nuovo in quanto fino a qualche anno fa, data la crescente globalizzazione degli ultimi decenni, per le catene logistiche globali era sempre più centrale il fenomeno opposto, ovvero quello dell'outsourcing e offshoring. Grazie al reshoring un'organizzazione può migliorare le performance di resilienza in quanto accorciando la lunghezza e complessità della catena logistica si mitigano i rischi, come la diminuzione della probabilità e la mole di possibili interruzioni: proprio per questo la tendenza del reshoring si prevede continui anche quando saranno superati gli impatti della pandemia.

Nel capitolo finale attraverso un caso di studio è analizzata la supply chain dei metalli, con un focus su quelli più critici, in particolare per l'Italia e i Paesi UE. Ciò è risultato un argomento rilevante in quanto l'accesso alle risorse e la sostenibilità sono fondamentali per quanto riguarda la resilienza di una catena logistica. Ciò che emerge per i manager delle aziende è che d'ora in avanti sarà fondamentale agire per diventare più resilienti nel far fronte a possibili shock futuri e nel guidare la duplice trasformazione verde e digitale. Uno degli insegnamenti tratti dalla crisi dovuta al Covid-19 è la necessità di ridurre la dipendenza e rafforzare la diversità e la sicurezza dell'approvvigionamento. Il rafforzamento dell'autonomia strategica costituirà un vantaggio a lungo termine per le imprese, che dovrebbero diventare molto più agili ed efficaci nel garantire un approvvigionamento sostenibile di materie prime critiche. Ciò passa attraverso la costruzione della resilienza della supply chain attraverso un'azione volta a diversificare l'approvvigionamento da fonti sia primarie che secondarie, ridurre le dipendenze e migliorare l'efficienza delle risorse attraverso l'abilitazione tecnologica e la circolarità, anche per quanto riguarda la progettazione sostenibile dei prodotti.

Infine, l'ultimo tema trattato dalla tesi è quello del mercato dei veicoli elettrici. Esso dipende fortemente da alcuni tra i metalli più critici nel panorama europeo. Tuttavia, la decarbonizzazione dei trasporti è e sarà una sfida critica: l'obiettivo per il prossimo decennio è quello di rendere sostenibile la transizione verso i veicoli elettrici attraverso la riqualificazione delle catene di fornitura. In tal senso le supply chain dei veicoli

elettrici dovranno cercare di rendersi più autonome possibile attraverso la regionalizzazione e la diversificazione dei fornitori di materia prima. Anche attraverso la sostenibilità si potrà giungere a questo obiettivo, ottenendo parte delle materie prime dall'economia circolare e dal riciclo, riducendo la dipendenza da fornitori esteri e quindi diminuendo possibili rischi futuri di interruzione di approvvigionamento.

Se negli ultimi decenni siamo stati di fronte alla tendenza per cui le supply chain globali tendevano sempre di più ad allungarsi e a diventare complesse, in seguito alla pandemia di Covid-19 si è capito quanto questo processo abbia portato alla creazione di catene molto vulnerabili. Ciò che emerge dalla tesi è che, sebbene l'implementazione di un robusto supply chain risk management o di nuove tecnologie digitali, o ancora di strategie come la diversificazione e il reshoring possano aumentare i costi dell'organizzazione, queste sono scelte che nel lungo periodo porteranno a vantaggi competitivi non indifferenti, rendendo il business delle imprese più robusto, resiliente e sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER SPIESKE, HENDRIK BIRKEL (2021), Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic

ANTHONY INMAN AND KENNETH W. GREEN (2021), Environmental uncertainty and supply chain performance: the effect of agility

ARINDAM SARKAR, Tata Consultancy Services Ltd (2020), *A pandemic that changed the game for the metal industry*

ATIF SALEEM BUTT (2020), *Strategies to mitigate the impact of COVID-19 on supply chain disruptions: a multiple case analysis of buyers and distributors*

ATIF SALEEM BUTT (2021), Mitigating the effects of COVID-19: an exploratory case study of the countermeasures taken by the manufacturing industry

ATIF SALEEM BUTT (2021), Supply chains and COVID-19: impacts, countermeasures, and post-COVID-19 era

AYMEN SAJJAD (2021), *The COVID-19 pandemic, social sustainability and global supply chain resilience: a review*

BHARAT SINGH PATEL AND MURALI SAMBASIVAN (2021), A systematic review of the literature on supply chain agility, Thiagarajar School of Management, Madurai, India

BARBIERI, P., BOFFELLI, A., ELIA, S., FRATOCCHI, L., KALCHSCHMIDT, M. AND SAMSON, D. (2020), "*What can we learn about reshoring after Covid-19?", Operations Management Research*

BARYANNIS, G., VALIDI, S., DANI, S., & ANTONIOU, G. *(2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: State of the art and future research directions. International Journal of Production Research*

BEATRICE ORLANDO, DEBORA TORTORA, ALBERTO PEZZI, NATHALIE BITBOL-SABA (2021), The disruption of the international supply chain: Firm resilience and knowledge preparedness to tackle the COVID-19 outbreak

BELHADI, A., KAMBLE, S., JABBOUR, C. J. C., GUNASEKARAN, A., NDUBISI, N. O., & VENKATESH, M. (2021). *Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. Technological Forecasting and Social Change*

BIRKEL, H. S., & HARTMANN, E. (2020). *Internet of Things – the future of managing supply chain risks. Supply Chain Management: An International Journal*

CASCETTA E., MARZANO V., APONTE D., ARENA M. (2020), "*Alcune considerazioni sugli impatti dell'emergenza Covid-19 per il trasporto merci e la logistica in Italia*"

CLAUDIA CABALLINI, MATTEO AGOSTINO, BRUNO DALLA CHIARA (2021), Physical mobility and virtual communication in Italy: Trends, analytical relationships and policies for the post COVID-19

CLAUDIA CABALLINI, MATTEO AGOSTINO, BRUNO DALLA CHIARA (2020), Il trasporto e la logistica in Italia durante l'emergenza Covid-19, POLITECNICO DI TORINO*,* Ingegneria, Dipartimento DIATI- Trasporti

CLINGENDAEL (2O20), COVID-19 Impact on the Value Chain – Conceptual paper

CONFINDUSTRIA (2021), *Le previsioni per l'Italia. Quali condizioni per la tenuta ed il rilancio dell'economia?*

CSCMP, TOOLSGROUP (2021), Digital Transformation in Supply Chain Planning: 2021

DHALIWAL, D., JUDD, J.S., SERFLING, M., (2016*), Customer concentration risk and the cost of equity capital*

DEBERNARDI A., FERRARE E., BERIA P. (2020). Gli impatti della pandemia sulle reti di trasporto in Italia: scenari esplorativi fase 2. TRASPOL Report 2/20. Milano, Italy.

DELOITTE (2021), COVID-19 - Managing supply chain risk and disruption, M., OKTAY FIRAT, S.Ü., & GHADGE, A. (2020). A data mining-based framework for supply chain risk management. Computers & Industrial Engineering.

FRANCESCO CAFAGNA *(2021), Industria 4.0: effetti ed opportunità della digitalizzazione sulle imprese, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale, tesi di Laurea, Politecnico di Torino*

HENDRICKS, K.B., SINGHAL, V.R., ZHANG, R. (2009)*, The effect of operational slack, diversification, and vertical relatedness on the stock market reaction to supply chain disruptions*

HOMIN CHEN, CHIA-WEN HSU, YU-YUAN SHIH, D'ARCY CASKEY (2021), The reshoring decision under uncertainty in the post-COVID-19 era

HOSSEINI, S., IVANOV, D., & DOLGUI, A. (2019*). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*

IVANOV, D., & DOLGUI, A. (2019). Low-Certainty-Need (LCN) supply chains: A new perspective in managing disruption risks and resilience. International Journal of Production Research

JAMAL EL BAZ, SALOM´EE RUEL (2020), Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era

KATE VITASEK (2013), *Supply Chain Management Terms And Glossary*

KOMAL HABIB, BENJAMIN SPRECHER, STEVEN B. YOUNG (2020), COVID-19 impacts on metal supply: How does 2020 differ from previous supply chain disruptions?

MÁRCIO LOPES PIMENTA, LUCIANA O. CEZARINO, EDERSON L. PIATO, CLÁUDIO HELENO PINTO DA SILVA, BRUNO GARCIA OLIVEIRA, LARA B. LIBONI (2021), *Supply chain resilience in a Covid-19 scenario: Mapping capabilities in a systemic framework*

PAOLO BRANDIMARTE, GIULIO ZOTTERI (2004), *Logistica di distribuzione Copertina flessibile*

PONOMAROV, S.Y. AND HOLCOMB, M.C. (2009), "Understanding the concept of supply chain resilience",

RAJEEV K. GOEL, JAMES W. SAUNORIS, SRISHTI S. GOEL (2021), Supply chain performance and economic growth: The impact of COVID-19 disruptions

RAFELE C. (2020), *Corso di Gestione Dei Progetti*, Politecnico di Torino

RAFELE C. (2021), Corso di *Supply Chain Management*, Politecnico di Torino

RAHMA LAHYANI, FAISAL ALSAAD, LUJAIN MERDAD, MAY ALZAMEL (2021), *Supply chain resilience vs. COVID-19 disruptions during the second wave*

RAMIREZ-PENA, M., SANCHEZ SOTANO, A. J., PEREZ-FERNANDEZ, V., ABAD, F. J., & BATISTA, M. (2020). Achieving a sustainable shipbuilding supply chain under I4.0 perspective. Journal of Cleaner Production

RICHARD WILDING, KLAUS DOHRMANN, MALCOLM WHEATLEY (2021), POST-CORONAVIRUS SUPPLY CHAIN RECOVERY, THE JOURNEY TOWARDS THE NEW NORMAL

SAAD ZIGHAN (2021) *Managing the great bullwhip effects caused by COVID-19*

SACHIN MODGIL, ROHIT KUMAR SINGH (2021), Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19

SANJOY KUMAR PAUL, MD. ABDUL MOKTADIR, KAMRUL AHSAN (2021), Key supply chain strategies for the post-COVID-19 era: implications for resilience and sustainability

SARKIS, J. (2020), Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic, International Journal of Operations and Production Management

SRM - Osservatorio Maritime Economy (2020), "Osservatorio Covid-19 sui Trasporti Marittimi e la Logistica"

TOY JORDAN, GESING BEN, WARD JONATHAN, NORONHA JOSEPH, BODENBENNER PHILIPP (2020), *The Logistics Trend Radar 5th edition*, DHL trend research

USHA RAMANATHAN, OLU ALUKO, RAMAKRISHNAN RAMANATHAN (2021), Supply chain resilience and business responses to disruptions of the COVID-19 pandemic

VELLA CHIARA (2021), *Impatti e Trasformazioni della pandemia COVID-19 sulle catene logistiche globali,* Tesi di Laurea, Politecnico di Torino

WEN W., YANG S., ZHOU P., GAO S.Z., (2021), Impacts of COVID-19 on the electric vehicle industry: Evidence from China

WICHMANN, P., BRINTRUP, A., BAKER, S., WOODALL, P., & MCFARLANE, D. *(2020). Extracting supply chain maps from news articles using deep neural networks. International Journal of Production Research*

XIN SUN, GANG LIU, HAN HAO, ZONGWEI LIU, AND FUQUAN ZHAO (2022), *Modeling potential impact of COVID-19 pandemic on global electric vehicle supply chain*

XIU, XINYUE WANG (2021), The mitigating role of blockchain-enabled supply chains during the COVID-19 pandemic

YANGCHUN XIONG AND HUGO K.S. LAM, AJAY KUMAR, ERIC W.T. NGAI, CHUNYU

YONGJIA LIN, DI FAN, XUANYI SHI, MAGGIE FU (2021), The effects of supply chain diversification during the COVID-19 crisis: Evidence from Chinese manufacturers

SITOGRAFIA

ANAS (2020), *Osservatorio del traffico*, https://www.stradeanas.it/it/le-strade/osservatorio-del-traffico

ASCI (2020), *The state of supply chain management report 2020*, https://supplychainchannel.co/the-state-of-supply-chain-management-report-2020/

BRANDFINANCE (2022), *2022 Automotive Industry Trends: Doubling Down on Electric and Connected Cars,* https://brandfinance.com/insights/2022-auto-trends

CAPGEMINI RESEARCH INSTITUTE (2018), *Does blockchain hold the key to a new age of supply chain transparency and trust*, https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/10/

CERVED (2020), *L'impatto del Covid-19 sui settori: il Cerved Industry Forecast (Reloaded), https://know.cerved.com/imprese-mercati/limpatto-del-covid-19-sui-settori-il-cerved-industry-forecast-reloaded/*

COMMISSIONE EUROPEA (2021) , *Occupazione ed economia durante la pandemia di coronavirus* , https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/coronavirus-response/jobs-and-economy-during-coronavirus-pandemic_it#previsioni-economiche

COMMISSIONE EUROPEA (2020), *Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474*

CONFETRA (2020), *Almanacco della Logistica 2020*, https://www.confetra.com/almanacco-della-logistica-2020/

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (2013), *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*, https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx

DIGITAL4SUPPLYCHAIN (2021), *Supply Chain, dalla produzione alla vendita*, https://www.digital4.biz/supply-chain/

DUN AND BRADSTREET (2020), disponibile su: https://foreignpolicy.com/2020/03/04/blindsided-on-the- supply-side/

EASYLOGISTIC (2015), *La storia della logistica, https://easylogisticsrls.it/blog/130/storia-della-logistica*

FASTMARKETS (2021), *The emerging European battery supply chain, https://www.fastmarkets.com/insights/the-emerging-european-battery-supply-chain*

FEDERICO CANIATO (2020), *L'impatto del Coronavirus sulle Supply Chain*, https://www.som.polimi.it/downloadbrochuremip/BROCHURE/07052020_Caniato.pdf

HENSON, C. AND RHODES, Y. (2020), *Improve supply chain resiliency, traceability, and predictability with blockchain*, https://cloudblogs.microsoft.com/industry-blog/manufacturing/2020/12/17/improve-supply-chain-resiliency-traceability-and-predictability-with-blockchain/

IBM (2021), *Cos'è la tecnologia blockchain?, https://www.ibm.com/it-it/topics/what-is-blockchain*

IHS MARKIT (2022), *Europe's EV supply chain revs up,* https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/europes-ev-supply-chain-revs-up.html

ITALIAONLINE (2020*), Digitalizzazione della Supply Chain: caratteristiche e opportunità, https://www.italiaonline.it/risorse/digitalizzazione-della-supply-chain-caratteristiche-e-opportunita-2262*

JOHN EFLEIN (2021), *Coronavirus (COVID-19) disease pandemic- Statistics & Facts* , https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/topics/5994/the-coronavirus-disease-covid-19-outbreak/#dossierKeyfigures

LAB24 (2021), *Cose che noi umani*, https://lab24.ilsole24ore.com/storia-coronavirus/

MECALUX (2019), Supply chain: cos'è e come funziona la catena di approvvigionamento, https://www.mecalux.it/blog/supply-chain-cos-e

MELLONI RICCARDO (2020), *La previsione della domanda,* Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, https://cdm.unimore.it/home/dimec/melloni.riccardo/DL_02_Previsione%20della%20domanda.pdf

MINISTERO DELLA SALUTE (2021), *Covid-19 – Situazione in Italia*, https://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioContenutiNuovoCoronavirus.jsp?area=nuovoCoronavirus&id=5351&lingua=italiano&menu=vuoto

MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (2020), https://www.mef.gov.it/covid-19/Sostegno-alla-liquidita-delle-famiglie-delle-imprese-e-degli-enti-locali/

MOSER, H. (2019), *Reshoring was at record levels in 2018. Is it enough?,* www.industryweek.com/the-economy/trade/article/21121070/reshoring-at-recordlevels-is-it-enough

NIKKEI, 2021. *Over 80% of Japan Inc. recast supply chains as pandemic hit: survey*, https://asia.nikkei.com/Business/Business-trends/Over-80- of-Japan-Inc.-recast-supply-chains-as-pandemic-hit-survey

OMS (2020), disponibile su: https://www.who.int/

PROMETEIA (2021), Analisi dei Settori Industriali luglio 2021 – Highlights, https://prometeiamio.prometeia.net/prometeiamio/int/nostra-visione/asi-luglio-2021

SALESFORCE ITALIA (2020), Salesforce for Supply Chain, https://www.salesforce.com/video/297602/

SALESFORCE ITALIA *(2019), Che cos'è la quarta rivoluzione industriale, https://www.salesforce.com/it/blog/2019/08/che-cosa-quarta-rivoluzione-industriale.html*

SITE SELECTORS GUILD *(2020), Uptick in on-shoring and shrinking demand for office space predicted by site selectors in survey on impact of COVID-19 on corporate location decisions, https://siteselectorsguild.com/news/covid-19-impact-on-site-selection/*

STAFF EASY LOGISTIC (2015), *La Storia Della Logistica*, https://easylogisticsrls.it/blog/130/storia-della-logistica#:~:text=L'origine%20etimologica%20del%20termine,dei%20viveri%20e%20dei%20soldati

STARTMAGAZINE (2022), *Come vanno le auto elettriche in Italia (e quali sono le più vendute), https://www.startmag.it/smartcity/auto-elettriche-italia-vendite-gennaio-2022/*

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT (2022), *Coronavirus (COVID-19) disease pandemic- Statistics & Facts*, https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/1057237/industry-four-point-zero-market-size-italy/

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT (2022), *Global supply chain management - statistics & facts*, https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/1181996/supply-chain-management-market-size-worldwide/

TAE-YOON KIM & MILOSZ KARPINSKI (2020), *Clean energy progress after the Covid-19 crisis will need reliable supplies of critical minerals,* https://www.iea.org/articles/clean-energy-progress-after-the-covid-19-crisis-will-need-reliable-supplies-of-criticalminerals?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email

TOOLSGROUP (2020), *Digital Transformation in Supply Chain Planning: 2021, https://cscmp.org/CSCMP/Research/Reports_and_Surveys/Digital_Transformation_in_Supply_Chain_Planning__2021/CSCMP/Develop/Research/Digital_Transformation_in_Supply_Chain_Planning_2021.aspx?hkey=dbd8c7f6-20b1-4cdc-a309-e82534b971d8*

THOMAS INDUSTRIAL SURVEY (2020), COVID-19's impact on North American manufacturing, www.thomasnet.com/insights/manufacturer-response-tocovid-19-disruptions-increased-interest-in-automation-reshoring/

UIDOO (2016), *Breakdown structure and project management*, https://www.uidoo.it/breakdown-structure/

UNIVERSITA' DI PISA (2015), Key antecedents and practices for Supply Chain Management adoption in project contexts, https://arpi.unipi.it/retrieve/handle/11568/761774/420223/IJPM_2015_post-print.pdf

VALENTE MARCO (2020), *Corso di Economia Politica*, Università degli studi dell'Aquila, https://ec.univaq.it/fileadmin/user_upload/Economia/Materiale_didattico/PACE_ROBERTA/Economia_Politica/444slide3.pdf

WORLD ECONOMIC FORUM (2016), *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*

RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo elaborato, desidero menzionare tutte le persone, senza le quali questo lavoro di tesi non esisterebbe nemmeno. Un ringraziamento a tutti coloro che mi hanno supportato in questi anni di studi, qualcuno con aiuti e consigli, altri con sorrisi ed esperienze condivise.

Innanzitutto, ringrazio di cuore i miei genitori Ezio e Patrizia. Grazie per avermi sempre sostenuto e per avermi permesso di portare a termine gli studi universitari.

Poi, un particolare ringraziamento ai miei coinquilini con cui ho convissuto a Torino in questi anni: Pietro, Giacomo, Raffaele, Ludovica e Gabriele. Ai miei amici e compagni di studi che hanno reso il Politecnico un luogo di ritrovo oltre che di lavoro: grazie a Cristina, Federica, Daniele, Pietro, Antonella, Miriam e Andrea. Ai miei amici più stretti, che anche nei momenti più difficili, mi sono sempre stati vicini: grazie a Federica, Agnese, Matilde, Pietro, Marco, Flavio e Marco.

Infine, vorrei dedicare questo traguardo a me stesso, che possa essere l'inizio di una brillante carriera professionale e di una vita felice.