

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale – Classe LM-31

Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea di II livello

LA RESILIENZA DELLA SUPPLY CHAIN NEL SETTORE AGROALIMENTARE: UN'ANALISI DELLA LETTERATURA

Relatore:

Prof. Anna Corinna Cagliano

Candidato:

Marta Ferrari

Anno Accademico: 2024/2025

*A nonno Filo.
Al nostro legame indissolubile,
oltre il tempo e lo spazio.*

Indice

Introduzione.....	4
1 La supply chain alimentare e la sua resilienza	5
1.1 La supply chain.....	5
1.2 L'industria alimentare.....	8
1.2.1 La dimensione del settore alimentare.....	9
1.3 La supply chain nel settore alimentare.....	9
1.3.1 Attori.....	11
1.3.2 Tipi di supply chain alimentare.....	12
1.4 Definizione di resilienza della supply chain	13
1.4.1 Fattori di resilienza della supply chain alimentare.....	14
1.4.2 Resilienza intrinseca e adattativa	16
2 Analisi della letteratura	17
2.1 Materiale e metodo di ricerca	17
2.2 Tipi di interruzioni all'interno della supply chain alimentare.....	18
2.3 Analisi dei rischi e delle vulnerabilità della supply chain alimentare.....	19
2.4 Analisi dei bisogni dei consumatori.....	21
2.5 Strategie di resilienza adottate dalle industrie alimentari	23
2.5.1 Epidemia di Covid-19.....	23
2.5.2 Guerra tra Russia e Ucraina	25
2.5.3 Disastri naturali.....	26
2.6 Tipi di strategie resilienti	27
2.7 Strategie LARG e Sostenibilità.....	28
2.8 Digitalizzazione e Blockchain Technology	29
2.9 Analisi critica.....	32
2.9.1 Nazionalità degli autori.....	32
2.9.2 Anno di pubblicazione	33
2.9.3 Metodologie di ricerca	34
2.9.4 Obiettivi	35
2.9.5 Output	36
2.10 Risultati e Discussione.....	37
3 Conclusioni	39
3.1 Benefici del lavoro di tesi	39
3.2 Limitazioni	40
3.3 Ricerche future	41
Bibliografia.....	43
Sitografia	51

Introduzione

Negli ultimi decenni, le supply chain globali hanno subito trasformazioni significative, diventando sempre più interconnesse, complesse e vulnerabili a fattori esterni. Eventi imprevedibili come crisi economiche, pandemie, conflitti geopolitici e disastri naturali hanno evidenziato la necessità di garantire la continuità operativa attraverso strategie efficaci di gestione del rischio e adattamento. In questo contesto, la resilienza della supply chain è diventata un elemento cruciale per il successo e la sostenibilità delle aziende, permettendo loro di affrontare e superare le sfide con agilità e prontezza. La resilienza della supply chain si riferisce alla capacità di un sistema logistico di prevedere, assorbire e rispondere agli shock, minimizzando gli impatti negativi e ripristinando rapidamente le operazioni (Carissimi, et al., 2022). Questo concetto va oltre la semplice gestione del rischio; implica un approccio proattivo che integra tecnologie avanzate, strategie di diversificazione, collaborazioni intersettoriali e processi decisionali basati su dati. Questo elaborato si propone come obiettivo quello di esaminare il tema della resilienza nelle supply chain, analizzando le migliori pratiche adottate dalle aziende e le innovazioni che stanno ridefinendo il settore. Attraverso lo studio di modelli teorici e casi concreti, verranno approfondite le principali strategie di gestione della resilienza, tra cui la diversificazione dei fornitori, l'implementazione di tecnologie digitali e l'adozione di politiche sostenibili. Particolare attenzione sarà dedicata alla gestione del rischio, al ruolo della supply chain intelligence e all'importanza della collaborazione tra stakeholder per migliorare la visibilità e la reattività della catena del valore. Verranno, inoltre, esplorate le sfide emergenti, come la crescente instabilità geopolitica e l'impatto dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture logistiche. Con l'avvento di strumenti basati su intelligenza artificiale, machine learning e analisi predittiva, le aziende stanno sviluppando modelli di supply chain sempre più adattivi e intelligenti, in grado di rispondere tempestivamente alle perturbazioni e garantire operazioni più sicure ed efficienti. Attraverso questa analisi, l'elaborato fornirà una panoramica chiara e dettagliata delle strategie necessarie per costruire supply chain resilienti, mettendo in luce le opportunità e i rischi legati a questo tema. L'obiettivo finale è quello di offrire strumenti pratici e teorici per aiutare le aziende a sviluppare supply chain più robuste, sostenibili e capaci di affrontare le sfide del futuro. Nel *primo capitolo* del lavoro di tesi viene data una definizione di supply chain e viene approfondita la storia e il ruolo dell'industria alimentare nella società. In secondo luogo, sono state analizzate le diverse definizioni di resilienza di catena di fornitura date negli anni da differenti studiosi del tema. Il *secondo capitolo* analizza, invece, gli articoli scientifici approfonditi nell'elaborato, con un focus sul metodo di ricerca, gli obiettivi e gli output di questi ultimi. Nel *terzo capitolo*, infine, vengono tratte le conclusioni del lavoro, rimarcandone i benefici e evidenziandone le limitazioni. L'elaborato vuole sottolineare come la resilienza della supply chain si basi su una combinazione di strategie che includono flessibilità operativa, analisi predittiva, diversificazione dei fornitori e sostenibilità, permettendo alle aziende di adattarsi alle crisi, mitigare i rischi e garantire la continuità produttiva in un contesto globale sempre più instabile.

1 La supply chain alimentare e la sua resilienza

Questo capitolo si pone come obiettivo principale quello di costruire una solida base teorica indispensabile per comprendere i concetti fondamentali trattati in questo elaborato. Si partirà dalla definizione di supply chain, approfondendo le fasi che la compongono e le funzioni che essa svolge nel contesto economico e logistico. Successivamente, verrà introdotto il concetto di industria alimentare, evidenziandone i settori operativi e la sua importanza strategica. Un focus particolare sarà dedicato alla supply chain agroalimentare, analizzando le diverse fasi che caratterizzano questa filiera e gli attori coinvolti lungo il processo. Infine, saranno presentate le molteplici definizioni di resilienza applicata alla supply chain, mettendo in luce come questo concetto si sia evoluto nel tempo in base agli studi di esperti nel settore. Il capitolo si conclude con un'analisi dei fattori chiave che favoriscono il raggiungimento della resilienza, offrendo una visione completa e approfondita del tema.

1.1 La supply chain

Oggi per *supply chain* (catena di approvvigionamento o di distribuzione) si intende un processo complesso, che permette di portare sul mercato un prodotto o un servizio, organizzandone il trasferimento dal fornitore fino al cliente. Quest'ultimo coinvolge diverse figure professionali e attiva un alto numero di processi all'interno dell'azienda, a partire dal flusso di materie prime legato ai processi di produzione fino ad arrivare alla logistica distributiva, che si occupa di consegnare il bene al cliente (Larson & Rogers, 1998). Le fasi principali che compongono la supply chain sono (Figura 1):

- approvvigionamento: ovvero come, dove e quando richiedere le materie prime necessarie per realizzare la produzione;
- produzione: l'attività di fabbricazione in cui vengono utilizzate le materie prime;
- distribuzione: comprende le operazioni che portano alla consegna del bene al cliente.



Figura 1: fasi che compongono la supply chain
Fonte: mecalux.it [1]

Una supply chain per essere definita efficiente deve essere:

- **connessa:** integrata e sempre collegata a tutti i sistemi di dati, alle piattaforme IoT e agli strumenti ERP e B2B. L'integrazione di ERP e IoT nelle supply chain sta rivoluzionando il settore, migliorandone efficienza e sostenibilità. Gli ERP centralizzano la gestione dei dati, ottimizzando l'inventario, la produzione e la pianificazione della domanda, riducendo sprechi e costi [3]. L'IoT, invece, offre una tracciabilità in tempo reale dei prodotti, garantendo qualità durante il trasporto, e utilizza sensori per manutenzione predittiva e logistica intelligente, ottimizzando percorsi e riducendo impatti ambientali (Adenekan, et al., 2025);
- **collaborativa:** deve avere relazioni continue con i collaboratori e i fornitori per favorire lo sviluppo delle reti commerciali;
- **sicura:** deve essere in grado di proteggere i propri sistemi informatici dalle violazioni da parte di hackers;
- **intelligente:** deve essere scalabile e predittiva, ovvero capace di sviluppare una propria intelligenza artificiale per coordinare e gestire le azioni lungo l'intera filiera. In questo senso giocano un ruolo fondamentale le tecnologie AI, le quali prevedono la domanda futura con algoritmi avanzati. Inoltre, automatizzano i magazzini e ottimizzano le rotte per le consegne, rendendo le supply chain più resilienti e competitive. Queste tecnologie collaborano per trasformare la gestione delle supply chain, migliorando l'efficienza operativa e contribuendo a soddisfare le esigenze di un mercato sempre più dinamico e globale (Naz, et al., 2022);
- **completa e tempestiva:** deve essere in grado di ricevere, elaborare e restituire i dati in tempo reale (Zhou, et al., 2024).

Una supply chain efficiente offre numerosi vantaggi concreti. Riduce significativamente i costi operativi grazie a una migliore gestione delle risorse, del trasporto e dello stoccaggio, minimizzando gli sprechi. Migliora il servizio clienti, garantendo tempi di consegna più rapidi e una maggiore disponibilità di prodotti, aumentando così la soddisfazione e la fidelizzazione. Accresce la flessibilità dell'azienda, permettendo di adattarsi rapidamente alle variazioni della domanda o a interruzioni nella catena. Ottimizza la gestione dell'inventario, riducendo il rischio di eccesso o carenza di scorte e minimizzando i costi di magazzino. Favorisce relazioni più solide con i fornitori grazie a una comunicazione più fluida e a collaborazioni durature. Infine, un'efficiente supply chain consente all'azienda di essere più competitiva, rispondendo in modo efficace alle esigenze del mercato e mantenendo un vantaggio rispetto ai concorrenti (Negi, et al., 2021).

Le funzioni principali della supply chain sono:

- gestione dello stock a magazzino: implementazione di sistemi informatici in grado di rendere efficienti le operazioni di movimentazione;
- tracciabilità delle merci: monitoraggio dei flussi in entrata e uscita mediante sistemi di codici a barre o tag RFID, che permettono di condividere informazioni sulle merci lungo l'intera catena di approvvigionamento;
- controllo dei KPI: monitoraggio accurato e puntuale degli indicatori di performance per l'individuazione dei punti critici all'interno della catena;
- relazione con i fornitori: scambio reciproco e collaborativo con i fornitori al fine di standardizzare e integrare i processi;
- gestione delle automazioni;
- gestione delle attività di magazzino: organizzazione delle operazioni di inventario e di picking delle merci;
- pianificazione e gestione dei trasporti: pianificazione della distribuzione delle merci sulla base di parametri logistici come i tempi di consegna, le modalità di spedizione, ecc (Fang, et al., 2022).

Quando si parla di catena di approvvigionamento ci si può riferire a due aspetti. Da un lato ci sono le fasi pratiche di pianificazione, esecuzione e controllo delle attività legate al flusso di materiali e informazioni prodotte dal momento in cui l'ordine viene ricevuto; dall'altro indichiamo l'insieme di elementi, che rendono possibile lo svolgimento di queste fasi. Al fine di coordinare le diverse attività della catena di fornitura entra in gioco *il Supply Chain Management (SCM)*, introdotto per la prima volta da due studiosi, Oliver e Webber, nel 1982. Il funzionamento di quest'ultimo si articola in cinque fasi:

- pianificazione: gestione delle risorse disponibili e definizione degli indici e dei parametri necessari a misurare l'efficienza delle operazioni e l'efficacia nel raggiungimento degli obiettivi aziendali, al fine di soddisfare la domanda di prodotto da parte dei clienti;
- approvvigionamento: scelta, selezione dei fornitori e gestione del rapporto e delle attività in essere con questi ultimi;
- produzione: pianificazione delle attività per l'approvvigionamento delle materie prime dall'accettazione alla fabbricazione del prodotto, dalla verifica della qualità all'imballaggio per la spedizione fino alla programmazione della consegna finale;
- consegna e logistica: gestione degli ordini dei clienti, pianificazione delle consegne, emissione e contabilizzazione delle fatture, invio degli ordini e monitoraggio dei pagamenti;
- gestione dei resi: gestione snella e flessibile dei flussi di ritorno dei prodotti difettosi e/o non più desiderati dall'acquirente [2].

1.2 L'industria alimentare

Lo sviluppo dell'industria alimentare iniziò a partire dal 1900. Questa svolge un ruolo cruciale nella salute pubblica, nella sicurezza alimentare e nello sviluppo sociale e nutrizionale. Il settore alimentare copre diverse attività, tra cui l'approvvigionamento, la produzione, la raccolta, la lavorazione, l'imballaggio, il trasporto, la distribuzione, il consumo e lo smaltimento degli alimenti. L'obiettivo primario è quello di fornire prodotti alimentari sicuri, sani e di alta qualità ai consumatori. L'industria alimentare comprende diversi settori, tra cui:

- l'agricoltura: il processo di produzione di cibo, mangimi e fibre. Tutto ciò necessita l'utilizzo di attrezzature e macchine agricole, fertilizzanti e sementi ibride per facilitare la produzione;
- la zootecnia: comprende l'allevamento di bestiame e l'allevamento ittico;
- la trasformazione alimentare: ovvero la trasformazione delle materie prime in prodotti alimentari commerciabili, necessaria a rendere disponibili tutto l'anno i prodotti agricoli stagionali e deperibili. Fa parte di questo ambito l'imballaggio degli alimenti che li protegge e ne prolunga la durata di conservazione e la qualità;
- la distribuzione del cibo: include il trasporto, lo stoccaggio e la commercializzazione;
- la regolamentazione: comprende tutte le normative sulla produzione e la commercializzazione degli alimenti per garantire qualità e sicurezza ai consumatori;
- i servizi finanziari: includono assicurazioni per facilitare la produzione e la distribuzione degli alimenti. Le polizze consentono la copertura delle costose interruzioni delle attività comunemente osservate in questo settore;
- la ricerca e sviluppo: riguardante fattori, che influenzano il comportamento dei consumatori, le scelte d'acquisto dei clienti, lo sviluppo dei comportamenti e delle opinioni, al fine di comprendere l'atteggiamento dei consumatori;
- il marketing: è il mezzo principale per promuovere le informazioni riguardanti gli alimenti. Può influenzare i comportamenti alimentari e moderare gli elementi socioculturali dell'ambiente alimentare.

Ad oggi l'industria alimentare utilizza un'ampia varietà di tecnologie e in molti ambiti ha praticamente eliminato il lavoro umano; tutto questo ne ha aumentato la produttività (Fino, et al., 2024). Tuttavia, la pandemia di COVID-19 e i cambiamenti climatici hanno avuto un impatto significativo sulla produzione e distribuzione alimentare a livello globale. Durante la pandemia, infatti, le restrizioni alla mobilità e le interruzioni delle catene di approvvigionamento hanno causato ritardi nella distribuzione e carenze di manodopera, soprattutto nelle fasi di raccolta e trasformazione. Inoltre, la chiusura di ristoranti e hotel ha ridotto la domanda nel settore Horeca (Hotellerie-Restaurant-Café), mentre la domanda di prodotti confezionati e a lunga conservazione è aumentata, creando squilibri nella filiera. Tuttavia, il settore agroalimentare ha mostrato una certa resilienza grazie alla bassa elasticità della domanda di beni alimentari. I cambiamenti climatici, invece, stanno influenzando la produzione alimentare attraverso eventi meteorologici estremi, come siccità, inondazioni e ondate di calore, che riducono le rese agricole e aumentano i costi di produzione. Ad esempio, la siccità ha colpito colture fondamentali come cereali e frutta, mentre le temperature elevate hanno compromesso la qualità e la conservazione dei prodotti. Anche la

distribuzione è stata influenzata, con un aumento delle emissioni di CO₂ legate al trasporto e alla necessità di mantenere la catena del freddo.

1.2.1 La dimensione del settore alimentare

A livello globale, il settore alimentare è un pilastro fondamentale dell'economia mondiale. Secondo i dati della FAO, il valore agricolo globale ha raggiunto i 3,8 trilioni di dollari nel 2022, con una crescita dell'89% negli ultimi vent'anni. Tuttavia, la proporzione della forza lavoro globale impiegata nell'agricoltura è diminuita dal 40% nel 2000 al 26% nel 2022. In Italia, invece, il settore è uno dei pilastri dell'economia nazionale, con dimensioni significative in termini di fatturato e occupazione. Nel 2023, il fatturato complessivo ha raggiunto circa 90 miliardi di euro, con una crescita del 10% rispetto all'anno precedente. Le esportazioni hanno rappresentato una parte importante, arrivando a 44 miliardi di euro, con un incremento del 6,3%. Per quanto riguarda l'occupazione, il settore della trasformazione alimentare ha impiegato circa 488.000 persone, registrando un aumento di 39.000 unità negli ultimi dieci anni [5]. Inoltre, il settore è caratterizzato da una prevalenza di piccole e medie imprese (PMI), spesso a controllo familiare, che combinano tradizione e innovazione (Horeca News, 2024).

1.3 La supply chain nel settore alimentare

Con catena di approvvigionamento alimentare si intendono tutti quei processi, che permettono agli alimenti di arrivare sulle nostre tavole. Nella filiera alimentare il cibo passa dal produttore al consumatore attraverso i processi di produzione, trasformazione, distribuzione, vendita al dettaglio e consumo (Figura 2).

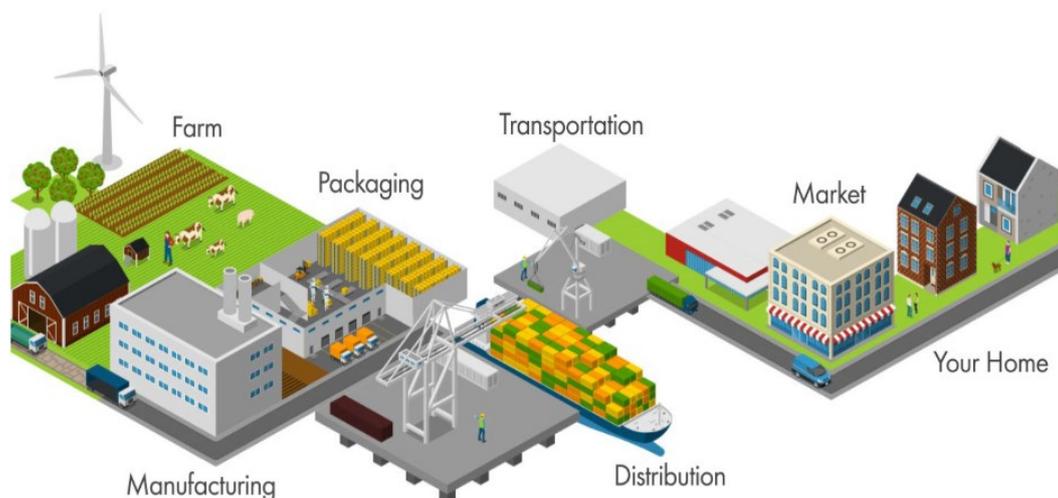


Figura 2: la supply chain alimentare
Fonte: iastoppers.com

In questo modo gli alimenti si spostano dall'agricoltore al consumatore, mentre, il denaro percorre il tragitto opposto spostandosi dal consumatore, ai venditori al dettaglio, ai distributori, ai trasformatori, fino ad arrivare agli agricoltori (Figura 3).



Figura 3: movimento di alimenti e denaro in una filiera alimentare
Fonte: iastoppers.com

Gli obiettivi che ogni supply chain di successo si pone sono il controllo qualità, la sicurezza alimentare e la tracciabilità della filiera di prodotto. La tracciabilità nel settore alimentare risulta essere fondamentale per garantire la sicurezza, la qualità e la trasparenza dei prodotti lungo tutta la filiera. Permette di monitorare ogni fase del processo, dalla produzione alla distribuzione, assicurando che gli alimenti rispettino gli standard normativi e siano privi di contaminazioni. Inoltre, la tracciabilità consente di identificare rapidamente l'origine di eventuali problemi, facilitando il ritiro dei prodotti non conformi e proteggendo la salute dei consumatori. Dal punto di vista aziendale, invece, la tracciabilità migliora la gestione delle scorte, riduce gli sprechi e rafforza la fiducia dei consumatori, che oggi richiedono sempre più informazioni dettagliate sull'origine e sulle modalità di produzione degli alimenti. Infine, rappresenta un valore aggiunto per le imprese, contribuendo a costruire una reputazione solida e a soddisfare le aspettative di un mercato sempre più esigente (Garcia-Torres, et al., 2024). L'ERP è lo strumento maggiormente utilizzato per gestire le complessità della catena di approvvigionamento, al fine di garantire standard elevati, poiché consente di tenere traccia di ogni step di lavorazione del prodotto. Le fasi che avvengono all'interno di una filiera alimentare sono:

- produzione primaria: ovvero la coltivazione, l'allevamento e la pesca;
- raccolta manuale o meccanica con relativa selezione e conservazione delle materie prime al fine di preservarne la qualità e la freschezza;
- trasformazione delle materie prime in prodotti finiti o semilavorati;
- confezionamento: imballaggio dei prodotti al fine di preservarli durante il trasporto e la conservazione;
- distribuzione e stoccaggio: movimentazione dei prodotti dai luoghi di produzione e trasformazione ai punti vendita e conservazione degli alimenti all'interno di magazzini;
- vendita al dettaglio e servizi di ristorazione: include tutti i punti vendita in cui il consumatore finale può acquistare i prodotti alimentari o, nel secondo caso, degustare pasti pronti [4].

Tuttavia, all'interno della supply chain agroalimentare sono presenti diversi punti critici che possono influire sull'efficienza e sulla competitività di quest'ultima. Tra questi troviamo:

- la gestione della catena del freddo; lungo la filiera è, infatti, necessario mantenere un'adeguata temperatura del prodotto per garantirne qualità e sicurezza;
- le norme stringenti presenti all'interno del settore necessarie a garantire la conformità igienico-sanitaria del prodotto alimentare possono rappresentare un vincolo per alcune aziende alimentari;
- le infrastrutture inadeguate possono risultare un limite all'efficienza della catena;
- la volatilità della domanda, infine, può rendere difficile la gestione dell'offerta (Maizza, 2011).

1.3.1 Attori

La catena di fornitura agroalimentare coinvolge diversi attori e ciascuno di essi ricopre un ruolo ben specifico al suo interno (*Tabella 1*). A monte della supply chain troviamo i **produttori primari**, tra cui agricoltori, allevatori e pescatori, i quali forniscono rispettivamente le materie prime che coltivano, gli animali e i loro derivati e, infine, i prodotti ittici. Al secondo livello della catena troviamo i **processatori** e i **trasformatori**, i quali tramutano le materie prime in prodotti finiti o semilavorati; tra questi troviamo i caseifici che trasformano il latte in prodotti caseari e i macelli che dagli animali vivi ottengono la carne. Al terzo livello troviamo i **distributori**, ovvero tutti quegli attori che si occupano del trasferimento di materie prime e di prodotti finiti ai vari attori della supply chain. Al quarto livello della catena sono presenti i **rivenditori** e i **servizi di ristorazione**, i quali forniscono i prodotti alimentari o i pasti preparati direttamente ai consumatori finali. A valle della catena di fornitura troviamo i **clienti**, che acquistano e consumano i prodotti alimentari (Orengo Serra, et al., 2022).

Category	Description
Producers	Small-farmers, and agricultural collectives, associations, cooperatives or small enterprises in chinampas
Processors	People, collectives, associations, cooperatives or small enterprises who use artisan processes
Customers	People ("allies") committed to the farmers' market and the individual projects of producers
Organizers	People responsible for logistical and managerial work

Tabella 1: tipi di attori all'interno della supply chain agroalimentare
Fonte: Michel-Villarreal et al., 2021

1.3.2 Tipi di supply chain alimentare

Nel tempo gli studiosi hanno cominciato a classificare i diversi tipi di supply chain alimentare. Sono state date diverse definizioni di *Short Food Supply Chain* (SFSC), ovvero filiere corte di approvvigionamento. Per primi Marsden et al. (2000) hanno intuito che non è la distanza fisica percorsa dai prodotti o il numero di intermediari ciò che distingue le SFSC, ma risulta, invece, fondamentale la connessione tra produttori e consumatori per mezzo dell'integrazione tra prodotti e informazioni. Renting et al. (2003) hanno definito le SFSC in termini di relazioni accorciate tra produttore e consumatore. Il Ministero francese dell'Agricoltura, dell'Alimentazione e delle Foreste suggerisce che le SFSC sono sistemi che coinvolgono non più di un intermediario (Galli et al., 2016). La Commissione Europea ha definito le SFSC come catene di approvvigionamento, che coinvolgono un numero limitato di operatori economici, i quali risultano impiegati nella cooperazione, nello sviluppo economico locale e in strette relazioni geografiche e sociali tra produttori, trasformatori e consumatori (European Commission, 2013). Ad oggi esiste, però, una sola definizione universale di SFSC (Chiffolleau et al., 2020) che le illustra come “reti di attori connessi e interdipendenti, i quali lavorano insieme e in modo cooperativo per controllare, gestire e migliorare i flussi di prodotti, informazioni, servizi e risorse dal campo alla tavola, ricercando una riduzione degli intermediari e della distanza fisica tra produttori e consumatori”. In termini di tecnologia le filiere alimentari lunghe dispongono di un vantaggio competitivo, poiché hanno risorse necessarie per investire nell'innovazione tecnologica (Brunori et al., 2016). Le filiere alimentari corte (SFSC) e le filiere lunghe presentano caratteristiche diverse in termini di vantaggi, sostenibilità, efficienza e impatti sociali. Le SFSC promuovono l'economia locale, riducono le emissioni di CO₂ e garantiscono maggiore freschezza dei prodotti, ma hanno una capacità limitata di soddisfare la domanda su larga scala e richiedono un maggiore impegno ai produttori. Offrono una sostenibilità ambientale e sociale significativa e rafforzano il legame tra produttori e consumatori. Le filiere lunghe, invece, sono ideali per distribuire su larga scala grazie alle economie di scala che riducono i costi unitari, ma hanno un impatto ambientale maggiore e una minore trasparenza. Pur essendo altamente efficienti per soddisfare la domanda globale, offrono un impatto sociale più distante rispetto alle SFSC, rendendo i prodotti accessibili ma riducendo la connessione diretta tra produttori e consumatori (Chiffolleau et al., 2020).

1.4 Definizione di resilienza della supply chain

La parola resilienza deriva dal latino *resiliere*, che significa rimbalzare. Il concetto centrale di resilienza è, infatti, l'idea che il sistema può tornare alle sue condizioni originali una volta verificatasi un'interruzione (Christopher & Peck, 2004). All'inizio del nuovo millennio si è cominciato ad approfondire il tema della resilienza della supply chain. Ciò è accaduto in seguito ad alcuni eventi cruciali, tra cui disastri naturali, crisi economiche o la recente pandemia di Covid-19, i quali hanno messo in evidenza le vulnerabilità della catena di fornitura e di conseguenza la necessità di adottare sistemi sempre più robusti e adattabili alle mutevoli condizioni socioeconomiche. Nel tempo sono state fornite diverse definizioni di resilienza della supply chain:

- Gunderson & Holling (2001) l'hanno definita come la “capacità di un sistema di subire disturbi e di mantenere funzioni e controlli”;
- Ponomarov & Holcomb (2009) sostengono che la resilienza è la “capacità adattativa della catena di approvvigionamento di prepararsi a eventi imprevisti, rispondere alle interruzioni e riprendersi da esse mantenendo la continuità delle operazioni al livello di controllo desiderato”;
- Tendal, D.M. et al. (2015) parlano, invece, di “capacità nel tempo di un sistema alimentare di fornire cibo sufficiente, appropriato e accessibile a tutti, di fronte a eventi distruttivi vari e imprevisti”;
- Macfadyen, S. et al. (2015) la definiscono come la “capacità dinamica di continuare a raggiungere gli obiettivi nonostante i disturbi e gli shock”;
- Chowdhury Md Maruf et al. (2019) spiegano che la resilienza è la “capacità di una supply chain di sviluppare un adeguato livello di prontezza, risposta e recupero per gestire i rischi di interruzione. Tutto ciò al fine di tornare allo stato originale o anche a uno migliore dopo le interruzioni”;
- Belhadi et al. (2021) intendono per resilienza la “capacità delle catene di approvvigionamento di superare l'impatto dei rischi inevitabili tornando alle loro condizioni operative originarie o, tutt'al più passando a condizioni nuove e migliori a seguito di un evento distruttivo”.

1.4.1 Fattori di resilienza della supply chain alimentare

Nel corso degli anni gli studiosi hanno identificato le capacità che aiutano a raggiungere la resilienza in una catena di fornitura riducendo le vulnerabilità e gli effetti negativi causati da eventi distruttivi. Queste capacità derivano dalle interazioni tra risorse, tecnologie e persone presenti all'interno della supply chain (Blackhurst et al., 2011). I fattori più frequentemente citati sono l'agilità, l'adattabilità, la visibilità, la collaborazione, la flessibilità e la ridondanza (Figura 4).

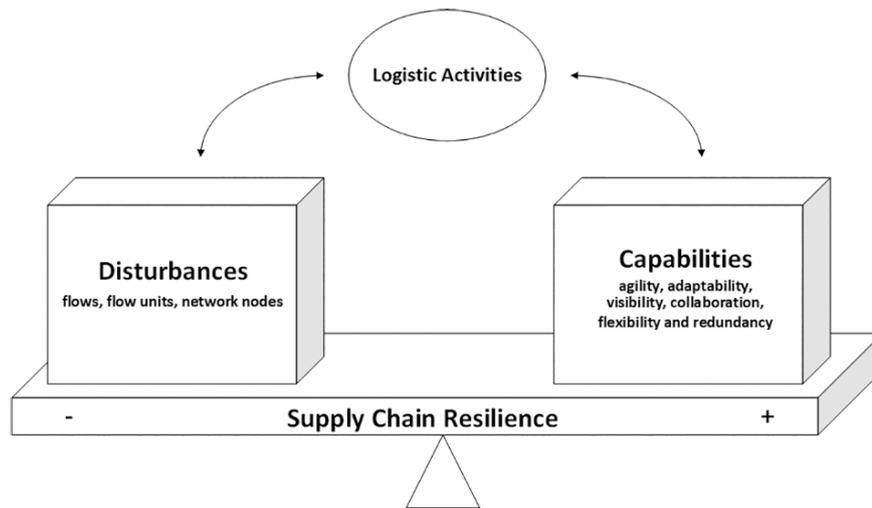


Figura 4: quadro della resilienza della supply chain
Fonte: Umar e Wilson, 2024

1. L'**agilità** consente alla supply chain di reagire più rapidamente ed economicamente alle condizioni mutevoli del sistema (Christopher, 2004) adattando la struttura politica e organizzativa ai cambiamenti improvvisi (Dubey et al. 2018). Questo risulta possibile nel momento in cui viene ridotta la complessità delle operazioni aziendali;
2. l'**adattabilità** è la capacità di una catena di approvvigionamento di essere modificata o alterata per adattarsi meglio alle nuove condizioni e all'ambiente esterno (Fiksel, 2003, Petite et al., 2010);
3. l'aumento di **visibilità** sia dal lato dell'offerta che della domanda riduce gli eventi di incertezza nelle catene di fornitura (Christopher & Peck, 2004);
4. il rischio e la risposta a quest'ultimo possono essere gestiti in maniera più efficace attraverso il coordinamento e la **collaborazione** tra i diversi attori (Ponomarov & Holcomb, 2009). La cooperazione permette, infatti, di mantenere alta la qualità degli alimenti lungo l'intero processo di produzione mediante l'allineamento degli incentivi, la comunicazione collaborativa, la condivisione delle risorse, la creazione congiunta di conoscenza tra i diversi attori della filiera e un processo decisionale condiviso (Mittenzwei, K. et al., 2017). È emerso come contratti a lungo termine e rapporti di fiducia reciproca tra i membri della supply chain consentano di affrontare meglio i rischi che si possono presentar lungo il percorso (Ali, I., Shukran, K., 2016);
5. la **flessibilità** è l'abilità di adattarsi e rispondere a situazioni in evoluzione con soluzioni o equilibri alternativi (Goranson, 1999, Peck et al., 2003, Rice & Caniato,

- 2003). Per fare ciò l'azienda deve essere in grado di percepire le minacce in modo tale da essere pronta a reagire in maniera tempestiva a queste (Chang et al. 2015). L'aumento d'inventario lungo la catena mitiga il rischio di stockout e permette all'azienda di ottenere la flessibilità necessaria ad evadere gli ordini in caso di colli di bottiglia logistici (van Hoek 2020);
6. la **ridondanza** è un eccesso di capacità o di inventario, che può essere utilizzato per sostituire la capacità persa durante gli eventi distruttivi (Park, 2011). Le forme più comuni di esubero sono l'aumento delle scorte strategiche, la detenzione di scorte di sicurezza e il mantenimento di più fornitori di materie prime o servizi logistici (Kleindorfer & Saad 2005; Singh et al. 2018; Tang 2006). Alcune aziende attuano la ridondanza attraverso l'esternalizzazione a fornitori esterni, questo consente di acquisire capacità extra quando necessario e di trasformare i costi fissi in costi variabili (Christopher & Holweg 2011);
 7. la **tracciabilità**, ovvero la capacità di rintracciare gli alimenti e gli ingredienti alimentari all'interno delle loro filiere nelle fasi di produzione, trasformazione e distribuzione (van Rijswijk, W., Frewer, L.J., 2008), svolge un ruolo importante nel richiamare gli alimenti contaminati e nell'impedire che i prodotti non idonei al consumo raggiungano il mercato (Thakur, M., Hurburgh, C.R., 2009). I sistemi di tracciabilità, inoltre, migliorano l'efficienza e la trasparenza della catena di approvvigionamento facendo in questo modo aumentare la fiducia dei clienti in materia di sicurezza alimentare (Meuwissen et al. 2003);
 8. la **leadership** all'interno della supply chain, intesa come l'insieme di comportamenti che un'azienda assume per influenzare le azioni e i comportamenti dei suoi partner può portare all'ottimizzazione delle risorse e creare valore gestendo le operazioni in modo efficiente e utilizzando i punti di forza dei partner per influenzare la loro collaborazione e contribuire al successo dell'intera catena di approvvigionamento (Mokhtar et al. 2019);
 9. l'**innovazione** svolge un ruolo cruciale nel miglioramento della resilienza della supply chain. La recente ondata di sviluppi tecnologici, unita agli impatti che la pandemia da Covid-19 ha avuto sulla catena di fornitura, ha spinto quest'ultima a superare i suoi limiti creando modelli di business più resilienti (Cricelli et al. 2022);
 10. la **riconfigurazione delle risorse** può giocare un ruolo cruciale nel sostenere la resilienza della supply chain. Quando si verifica una grave perturbazione dell'ambiente circostante saper riconfigurare le risorse esistenti o acquisirne di nuove rafforza la catena di fornitura (Nandi et al. 2020; Pan et al. 2020);
 11. una sviluppata cultura della **gestione del rischio** della supply chain, infine, risulta essere un altro degli elementi critici per sviluppare un'organizzazione resiliente (Christopher, M., Peck, H., 2004).

1.4.2 Resilienza intrinseca e adattativa

Le catene di approvvigionamento sono spesso soggette a interruzioni che possono avere cause endogene e/o esogene. Le prime sono relative a complessità proprie del lavoro che si sta svolgendo, mentre le seconde si riferiscono a cause naturali. Di conseguenza, le supply chain che operano in zone soggette frequentemente a calamità naturali soffrono dell'imprevedibilità del loro verificarsi. Allo stesso tempo, però, le catene di approvvigionamento sviluppano meccanismi di resilienza intrinseca (Ponomarov & Holcomb, 2009). Le catene alimentari, tuttavia, per loro natura sono sistemi complessi in cui fattori sociali, politici, economici e ambientali influenzano costantemente le azioni degli attori e l'adattabilità dei processi (Wieland & Durach, 2021); in questo caso si parla di resilienza adattativa (Folke et al., 2010; Li et al., 2010; Pathak et al., 2007). Come si evince dalla parola stessa, questo tipo di resilienza si adatta continuamente a un ambiente in continua evoluzione. Si tratta, infatti, della capacità del sistema di riprendersi dalle avversità, di adattarsi e prosperare (Walker et al., 2004). Grazie alla resilienza adattativa ci si spiega come i diversi attori della supply chain provenienti da diverse aree geografiche e le loro interazioni risultino indispensabili per la resilienza complessiva del sistema (*Figura 5*) (Stone & Rahimifard, 2018).

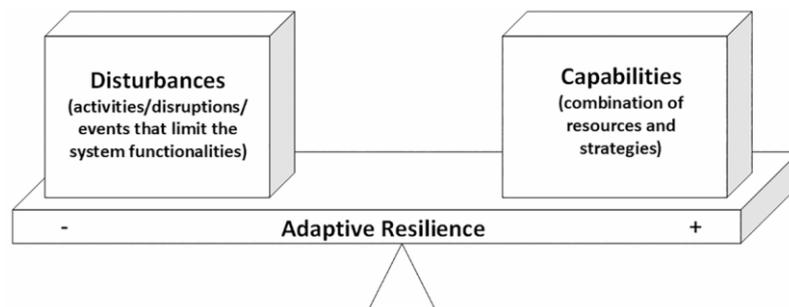


Figura 5: modello di resilienza adattativa
Fonte: Umar e Wilson, 2024

Bisogna, dunque, pensare alla resilienza come un processo di bilanciamento continuo, di apprendimento e adattamento delle capacità e delle risorse delle aziende all'interno della supply chain (Fresco, 2009).

2 Analisi della letteratura

2.1 Materiale e metodo di ricerca

In questo capitolo viene presentata la metodologia utilizzata per condurre la ricerca al fine di raggiungere gli obiettivi dello studio. È stata condotta un'analisi della letteratura riguardante la resilienza della supply chain nel settore agroalimentare, al fine di chiarire quale sia il suo significato e quali sono i fattori che contribuiscono allo sviluppo di quest'ultima, come, per esempio, la flessibilità, la robustezza, ecc. Nel corso dell'analisi è stata analizzata la teoria della gestione dei rischi e sono state identificate le migliori pratiche adottate dalle aziende per implementare la resilienza all'interno delle catene di fornitura. In un secondo momento sono stati identificate le principali barriere all'implementazione delle strategie resilienti (problemi tecnici, costi elevati e resistenza al cambiamento) e l'impatto che eventi critici come disastri naturali o pandemie hanno avuto sulle catene di fornitura. Questo metodo consente di avere una panoramica degli studi primari condotti sull'argomento (Saiani & Brugnoli, 2010). La fonte principale di articoli scientifici per quest'analisi è stata il database Scopus. Per la ricerca degli articoli all'interno del database sono state utilizzate parole chiave collegate ai vari ambiti dell'argomento principale come, per esempio, *resilienza della supply chain* che definisce l'argomento principale trattato all'interno di questo elaborato; *supply chain management* che include la gestione generale delle catene di fornitura al fine di ottenere informazioni riguardanti l'influenza delle pratiche di gestione sulla resilienza. Altri termini ricercati sono stati *catena di approvvigionamento* che racchiude tutti gli aspetti della supply chain; *eventi distruttivi* al fine di comprendere come le catene di fornitura affrontino eventi critici come le pandemie, le crisi economiche, le guerre o i disastri naturali. Sono stati poi ricercati articoli riguardanti la *supply chain nel settore alimentare* per fornire informazioni specifiche ed esempi concreti essendo questo il tema principale dell'elaborato; e, infine, sono state fatte ricerche relative la *digitalizzazione della supply chain* e le *pratiche sostenibili* per comprendere come queste ultime influenzino la resilienza all'interno delle catene di fornitura. Gli articoli selezionati sono quelli che trattano specificatamente della resilienza delle supply chain alimentari e che sono stati pubblicati tra il 1998 e il 2024, al fine di avere una panoramica recente ed aggiornata dell'argomento. Sono stati inclusi solamente articoli pubblicati su riviste accademiche peer-reviewed o da editori riconosciuti e che utilizzano metodologie di ricerca rigorose e ben documentate, i cui risultati appaiano chiari e rilevanti per il tema trattato. Molti di questi articoli fanno riferimento a particolari eventi distruttivi come la pandemia di Covid-19 e la guerra tra Russia e Ucraina o trattano l'argomento in maniera più generale fornendo possibili soluzioni al problema che hanno ad oggetto.

2.2 Tipi di interruzioni all'interno della supply chain alimentare

Un'interruzione è una deviazione, quantitativa o qualitativa casuale, da ciò che ci si aspetta o è normale. Una conseguenza negativa delle perturbazioni è il non raggiungimento degli obiettivi in termini quantitativi (aumento dei tempi ciclo o dei tempi di inattività) o economici (Svensson, 2002). Le interruzioni della supply chain si traducono in un aumento dei tempi di consegna, una perdita di produttività e un calo del servizio clienti (Alcantara & Riglietti, 2015). Queste, inoltre, ostacolano il regolare flusso dei processi della catena di approvvigionamento e comportano diverse forme di rischio (Hosseini et al., 2019; Kinra et al., 2020). Gli eventi distruttivi possono essere raggruppati in tre categorie principali:

- **crisi sanitarie:** la pandemia di Covid-19 ha avuto gravi conseguenze sul funzionamento della logistica globale, con disallineamenti che hanno inciso in particolare sulla previsione della domanda, sulla capacità produttiva e sull'affidabilità dei trasporti;
- **crisi politiche:** l'invasione russa dell'Ucraina ha avuto effetti importanti anche sulle catene di approvvigionamento poiché i territori in conflitto sono produttori di materie prime essenziali in settori come quello alimentare ed energetico;
- **crisi climatiche:** fenomeni meteorologici estremi come le tempeste che spesso colpiscono gli Stati Uniti (e sempre più frequentemente l'Europa), o gli episodi di siccità estrema subiti da diverse aree del pianeta hanno un impatto rilevante sui processi produttivi e logistici poiché questi tipi di eventi aggiungono elevata complessità alla pianificazione strategica dell'intera catena di fornitura (*Figura 6*).



Figura 6: tipi di disastri naturali
Fonte: dreamstime.com

Si pensi ad esempio ai danni che questi ultimi arrecano alle infrastrutture, impedendo così il trasporto dei beni; all'aumento dei costi operativi collegato all'implementazione di misure di adattamento o all'interruzione delle operazioni sulla catena di approvvigionamento che causa a sua volta ritardi e carenze di stock. Gli eventi climatici possono, inoltre, creare condizioni pericolose per i lavoratori mettendo a rischio la loro salute e sicurezza. Le aziende che si riforniscono da fornitori situati in aree a rischio potrebbero subire interruzioni sulla catena e, inoltre, questi tipi di eventi

possono influenzare la domanda dei consumatori finali riducendo quella di beni non essenziali e facendo aumentare quella dei prodotti di emergenza.

Gli effetti dirompenti di un evento distruttivo possono essere classificati in tre livelli: *deviazione*, *distruzione* e *disastro* (Gaonkar & Viswanadham 2007; Heckmann et al. 2015). Per *deviazione* si intende un effetto a breve termine che non influisce sulla struttura della catena di approvvigionamento, come ad esempio le fluttuazioni della domanda da parte dei consumatori. Nonostante ciò, in questo caso, la supply chain si allontana dall'abituale modello operativo. La *distruzione*, a differenza della deviazione, cambia radicalmente la struttura della catena di fornitura e le aziende sono costrette a adattarsi al nuovo assetto. In caso di *disastro*, invece, si verifica un cambiamento su larga scala, complesso e drastico il quale si traduce in un mutamento completo e irreversibile delle operations della supply chain; a quest'ultima categoria appartengono le prime ondate della pandemia da Covid-19.

2.3 Analisi dei rischi e delle vulnerabilità della supply chain alimentare

Le fonti di rischio presenti in una catena di approvvigionamento possono essere suddivise in interne ed esterne (Waters, D., 2007); all'interno di questi due gruppi sono presenti una serie di fattori comuni a quasi tutte le supply chain, nonché alcuni specifici per quelle agroalimentari (Vlajic, J.V. et al., 2012). Un'altra distinzione può essere fatta considerando da un lato i rischi distruttivi, ovvero quelli correlati a eventi disastrosi causati dalla natura o dall'uomo; dall'altro i rischi operativi, cioè quelli derivanti da variazioni di domanda e offerta, errori umani e interruzioni del sistema di controllo della supply chain (Chen et al. 2013; Knemeyer et al. 2009; Shekarian & Mellat Parast 2020). Più nel dettaglio i rischi operativi possono essere distinti tra quelli lato offerta, relativi agli acquisti e alle relazioni con i fornitori e quelli lato domanda, legati alle operazioni svolte a valle della supply chain (Wang & Yu 2020; Jüttner et al. 2003). Tra le fonti di rischio distruttive individuate dagli studiosi vi sono:

- la **resistenza agli antibiotici**: l'utilizzo smodato ed erraneo di questi ultimi fa aumentare la resistenza dei batteri nei loro confronti (Johnson, TA et al., 2016) e la contaminazione dei prodotti alimentari durante la lavorazione a sua volta aumenta il rischio di trasmissione di microbi antibiotico resistenti agli esseri umani (Bengtsson-Palme, J., 2017);
- le **condizioni meteorologiche**: i disastri naturali, infatti, possono causare danni alle colture e ai terreni agricoli, l'aumento dei prezzi dei prodotti alimentari, la riduzione della produzione a breve termine e il danneggiamento delle infrastrutture che impedirebbe il trasporto degli alimenti sulle rotte prestabilite. In alcuni casi, infatti, a causa di ciò le rotte aumentano di diverse centinaia di chilometri, in questo modo, oltre a subire un aumento imprevisto dei costi di trasporto, i prodotti maggiormente deperibili rischiano di arrivare avariati a destinazione (Zhao et al., 2017);
- i **rischi politici e istituzionali**, invece, possono modificare le relazioni tra gli attori della catena agroalimentare. Inoltre, i Paesi che fanno forte affidamento alle politiche di sostegno e alle sovvenzioni risultano sottoposti a una maggiore fonte d'incertezza

considerata la frequenza con cui questo tipo di politiche possono essere modificate (Mittenzwei et al., 2017);

- il ***fallimento del raccolto*** causato da calamità naturali potrebbe essere prevenuto redigendo piani mirati alla mitigazione delle catastrofi. Per evitare inondazioni e frane si possono piantare alberi in maniera costante in modo tale che le radici tengano fermo il terreno sottostante. Inoltre, far variare il piano colturale in base al clima locale e utilizzare specie più resistenti ai parassiti aiuterebbe a prevenire questo tipo di rischio (Wicaksono et al., 2022);
- la ***congestione del traffico***, la quale può essere efficacemente risolta mediante l'utilizzo dell'IT il quale mediante l'uso di software in grado di fornire informazioni in tempo reale relative alla densità stradale evita il rischio di rimanere bloccati all'interno di ingorghi (Wicaksono et al., 2022).

Tra le fonti di rischio operative, invece, vi sono:

- le ***questioni immorali*** legate alla filiera agroalimentare come la collusione, l'opportunità per alcune organizzazioni di influenzare le politiche alimentari a sfavore dei competitors oppure comportamenti anticoncorrenziali (Simangunsong et al., 2016) potrebbero causare incertezza all'interno della catena di approvvigionamento causando costi per l'intera supply chain (Christopher, M., Peck, H., 2004);
- il ***bullwhip effect***, ovvero il fenomeno tale per cui nelle catene di fornitura in alcuni casi a piccole variazioni della domanda dei consumatori corrispondono grandi fluttuazioni negli ordini dei fornitori. Questo potrebbe essere evitato mediante una previsione accurata della domanda; per fare ciò è necessario disporre di un'adeguata conoscenza della supply chain e dunque della continua formazione del personale interessato, soprattutto per quanto riguarda il settore della vendita al dettaglio. Gli attori operanti in quest'area, infatti, se ben preparati possono migliorare la previsione della domanda da parte della clientela finale (Mithun Ali et al., 2019);
- gli ***incidenti di trasporto***: in questo caso la manutenzione preventiva è l'azione più efficiente per eludere il verificarsi di sinistri. Tra queste misure rientrano sia il controllo e la riparazione del mezzo di trasporto stesso, ma anche la formazione degli autisti affinché si riducano al minimo i comportamenti di guida che fanno aumentare questo fattore di rischio. Risulta importante, anche prevedere piani di emergenza che permettano di valutare percorsi alternativi in termini di costi, efficienza e sicurezza (Saleh et al., 2019);
- il ***guasto delle apparecchiature*** utilizzate all'interno del processo produttivo, questo risulta essere dannoso per l'intera catena di fornitura in quanto i tempi di riparazione interromperebbero il flusso produttivo. In questo caso la manutenzione ordinaria risulta fondamentale per prevenire i guasti imprevisti dei macchinari e per ridurre al minimo i tempi di fermo tecnico (Saleh et al., 2019);
- la ***conservazione impropria***: anche in questo caso la manutenzione preventiva risulta essere la misura più efficace per evitare le cattive condizioni di stoccaggio. Mediante ispezioni periodiche è possibile, infatti, analizzare le condizioni fisiche del prodotto. Un'adeguata previsione della domanda, inoltre, è fondamentale per ridurre al minimo

il rischio di deterioramento del prodotto causato da un accumulo di scorte inutilizzate (Wicaksono et al., 2022);

- l'**errore delle risorse umane** coinvolge tutti gli attori operanti all'interno della supply chain. È necessaria una formazione continua della forza lavoro per garantire le competenze necessarie a mitigare questo tipo di rischio e soddisfare il più possibile il cliente;
- le **attività criminali**: per prevenire questo tipo di rischio risulta utile rivedere il percorso e i tempi di consegna in modo tale da evitare di percorrere sempre la stessa rotta. In tal modo si impedirebbero le rapine lungo il tragitto di consegna (Zafar & Haq's, 2020).

2.4 Analisi dei bisogni dei consumatori

Strettamente correlati ai rischi della filiera agroalimentare vi sono i bisogni dei consumatori sulla base dei quali è possibile stabilire il peso di ciascuno di essi. Tra le esigenze analizzate vi è la necessità che il prodotto sia **sostenibile**, ovvero che sia trasformato, distribuito e consumato in maniera tale da ridurre al minimo l'impatto ambientale negativo, che rispetti gli standard etici e sociali e che sia sicuro dal punto di vista della salute del consumatore. Negli ultimi anni i clienti sono sempre più attenti a questo tipo di argomento e sono interessati a consumare prodotti che utilizzino pochi pesticidi e additivi chimici, i cui processi produttivi limitino al minimo l'impatto ambientale come, ad esempio, la deforestazione, l'inquinamento del suolo e dell'acqua e che rispettino elevati standard per quanto riguarda il benessere animale. Molti consumatori ritengono, inoltre, che i prodotti sostenibili come, per esempio, quelli biologici abbiano un sapore migliore e una qualità superiore grazie ai metodi di produzione più naturali. Questo tipo di filiera aiuta, inoltre, a sostenere le economie locali, poiché tali prodotti spesso provengono da agricoltori del luogo o piccoli produttori. Tutto ciò permette, inoltre, di ridurre il carbon footprint associato al trasporto della merce. Un altro bisogno del consumatore è legato all'**origine etica** dei prodotti alimentari, ovvero al fatto che il bene sia prodotto, trasformato e distribuito in maniera eticamente responsabile. Affinché avvenga ciò è necessario che gli animali siano allevati secondo condizioni che ne rispettino il benessere e che riducano lo stress e il dolore durante il trasporto e la macellazione, che le condizioni dei lavoratori siano adeguate, garantendo salari equi, orari di lavoro ragionevoli, condizioni lavorative sicure e il rispetto dei diritti umani. È necessario, inoltre, che la commercializzazione dei beni sia equa e trasparente al fine di ottenere un commercio solidale, che promuova relazioni commerciali giuste e che sia possibile tracciare l'origine dei prodotti alimentari. Un altro bisogno riscontrato dai consumatori è quello di avere un prodotto **attraente** e con un **colore brillante**; questo attributo risulta essere correlato al rischio del mancato raccolto (il quale può essere causato ad esempio dall'infestazione da parassiti) e della conservazione impropria, fattori, questi, che hanno una forte influenza su quella che risulta essere la qualità del prodotto che si riflette di conseguenza sul proprio aspetto (Wicaksono et al., 2022). Un'altra caratteristica è l'**odore fresco**, anch'esso esposto ai rischi di cui sopra. Le scarse condizioni di conservazione, infatti, fanno sì che il processo di crescita dei funghi al di sopra degli alimenti avvenga in maniera più rapida (Bhat & Reddy, 2017). I consumatori

risultano essere più soddisfatti se l'alimento presenta una **consistenza soda**, questo può essere influenzato dal tempo e dalla temperatura di conservazione (Park et al., 2018). Un altro elemento importante deriva dalla **disponibilità di magazzino** dei prodotti; ciò è correlato a tutte le fonti di rischio che rappresentano una minaccia all'interruzione delle scorte. Dall'altro lato della medaglia bisogna però considerare l'eccesso d'inventario, alti livelli d'inventario, infatti, fanno aumentare il rischio di deterioramento degli alimenti e di conseguenza la loro qualità (Wicaksono et al., 2022). La **pulizia**, soprattutto a seguito della pandemia di Covid-19, è diventata uno dei bisogni principali del cliente. Gli aspetti igienici, infatti, riducono la possibilità che si sviluppino focolai di malattie. Un personale poco formato e professionale influisce negativamente sulla qualità del prodotto e sulla sua igiene riducendo drasticamente la competitività dell'azienda (Han et al., 2021). Il **sapore** del prodotto è influenzato maggiormente da una conservazione impropria e da carenze nelle apparecchiature di lavorazione (Wicaksono et al., 2022). La **stabilità dei prezzi** è minacciata dal rischio del mancato raccolto; ciò porta a carenze di prodotto che causano l'interruzione delle forniture ai clienti e questo porta all'inflazione (Wicaksono et al., 2022). La **varietà dei prodotti**, sebbene non risulti essere una delle principali esigenze dei consumatori, ha un impatto positivo sulle prestazioni della supply chain e di conseguenza sulla soddisfazione del cliente (Wicaksono et al., 2022). Una **forma adeguata** del prodotto gioca un ruolo fondamentale nella percezione della qualità di quest'ultimo da parte dell'acquirente. Questo attributo è maggiormente influenzato dalla scarsa preparazione delle risorse umane e da un carente controllo qualità (Wicaksono et al., 2022).

2.5 Strategie di resilienza adottate dalle industrie alimentari

La resilienza della supply chain può essere raggiunta attraverso un'ampia serie di strategie, ovvero azioni volte a ridurre la probabilità di accadimento e gli effetti negativi dei rischi sopra citati. Le strategie di resilienza si differenziano a seconda del modo in cui mirano a ridurre l'incertezza. Le azioni più frequentemente applicate dalle aziende, come esposto nel capitolo precedente, sono la *ridondanza*, la *flessibilità*, l'*agilità*, la *collaborazione* e l'*innovazione*. A seconda dell'evento distruttivo che si ha davanti ci si può preparare e reagire in maniera differente al fine di sviluppare una catena di approvvigionamento robusta e resiliente (Figura 7).

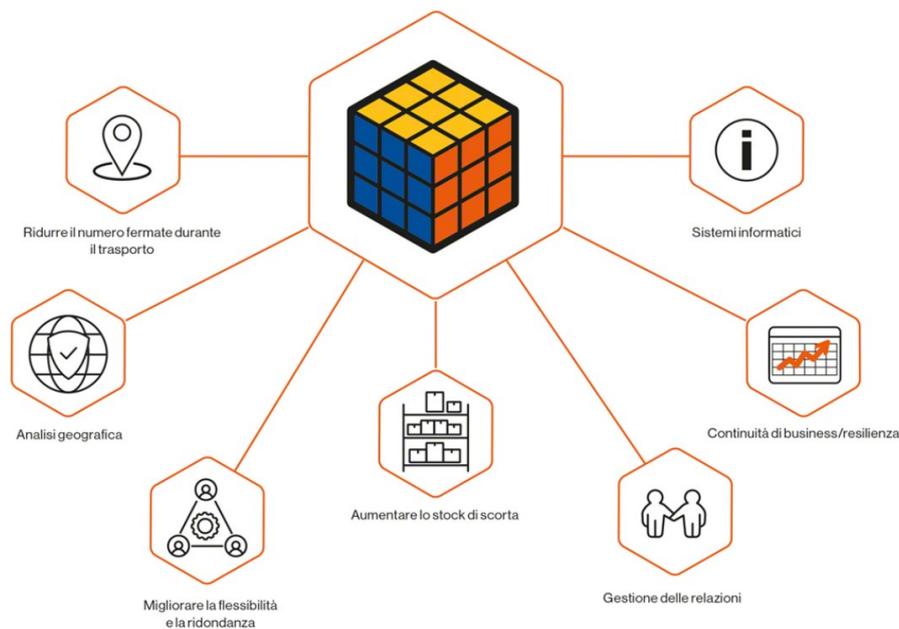


Figura 7: pratiche di gestione del rischio nella supply chain
Fonte: mecalux.it

2.5.1 Epidemia di Covid-19

L'epidemia dovuta al Covid-19 può essere considerata uno dei principali casi di interruzione della catena di approvvigionamento. A differenza di altri eventi distruttivi, quest'ultima è iniziata con piccoli focolai per poi espandersi rapidamente in diverse regioni geografiche, fino a coinvolgere l'intero pianeta. Uno dei problemi principali che i Paesi hanno dovuto affrontare durante la prima ondata del virus è stata la mancanza di attrezzature per la gestione di quest'ultimo. Il Covid-19, oltre ai gravi impatti sulla salute umana, ha avuto una forte ripercussione sull'economia globale. Le aziende hanno dovuto ripensare i loro modelli di business e rimodellare le supply chain (Elflein et al., 2020). Durante il lockdown, inoltre, sono completamente cambiate le abitudini nel consumo di alimenti. L'intera popolazione, infatti, ha dovuto modificare le proprie consuetudini eliminando i pasti fuori casa e incrementando, dunque, quelli all'interno della propria abitazione (FIPE, 2019); tutto ciò ha portato ad un aumento degli acquisti nei supermercati a causa della chiusura di tutte le attività di ristorazione. Si è diffuso, inoltre, l'utilizzo degli e-commerce per tutte le fasce d'età (ISMEA,

2020) e i piccoli negozi hanno riconquistato l'attenzione dei consumatori essendo più prossimi alle aree residenziali, anche grazie alle consegne porta a porta organizzate via telefono o via e-mail (Hobbs, 2020; RedazioneFood, 2020). Inizialmente, a causa della necessità di ridurre le occasioni d'acquisto, i consumatori hanno comprato maggiormente prodotti a lunga conservazione (prodotti da dispensa) e cibi con presunti benefici per la salute anziché alimenti freschi, mentre in seguito si sono concentrati sull'acquisto di comfort food, ovvero di alimenti il cui consumo evoca uno stato psicologicamente confortevole e piacevole (popcorn, patatine, creme spalmabili, camomilla e the, vino, ecc.) (Wansink et al., 2003). È aumentato, inoltre, il consumo di materie prime come burro, farina e uova poiché la popolazione ha cominciato a concentrarsi maggiormente sui prodotti fatti in casa (ISMEA, 2020). In alcune zone gli acquirenti hanno assunto un comportamento da accumulo di scorte dettato dal panico; ciò è sfociato nell'acquisto di un numero insolitamente elevato di prodotti per evitare possibili carenze future e ridurre la sensazione di insicurezza causando, dunque, fluttuazioni della domanda. Dallo studio di Carissimi et al. (2022) si evince che tra le strategie resilienti adottate dalle aziende durante il periodo della pandemia vi è la *ridondanza*, introdotta sfruttando la capacità di approvvigionamento multiplo e di buffer per materie prime, imballaggi, prodotti finiti e servizi logistici. Molte aziende hanno agito in maniera proattiva introducendo la ridondanza precedentemente la diffusione del Covid-19, molte altre, invece, hanno attivato l'approvvigionamento multiplo solo dopo lo scoppio della crisi basandosi su accordi stipulati prima della pandemia, mentre una parte di queste ha attuato questo tipo di strategia in modo reattivo cercando nuovi fornitori solo all'inizio della pandemia. Un altro tipo di strategia implementata durante l'epidemia è stata quella *flessibile*, incentrata sulla pianificazione dinamica volta ad aumentare la flessibilità dei flussi logistici, la pianificazione della rete d'inventario e le decisioni di gestione degli ordini. Le aziende si sono affidate al trasporto intermodale per superare la chiusura delle frontiere internazionali e il cambiamento dei flussi logistici; in tal senso sono stati riallocati i nodi di partenza e di consegna. La flessibilità d'inventario è stata, invece, incrementata attraverso la riallocazione verso l'alto delle scorte dando priorità ai clienti più importanti. In alcuni casi i produttori hanno dovuto riconvertire le linee di produzione o riallocare il personale nei reparti più critici. In questo caso essendo queste strategie costose da attuare la maggior parte delle aziende le ha introdotte in maniera proattiva. Le imprese hanno anche fatto ricorso a strategie *agili* basate sulla semplificazione delle attività attraverso la razionalizzazione della gamma di prodotti, la riduzione delle attività promozionali e l'ottimizzazione delle dimensioni dei lotti nei processi logistici e di produzione. Le prime due attività sono state per lo più implementate in maniera reattiva con l'intento di riportare lo stato delle cose alla normalità dopo la pandemia per evitare perdite di profitti. Si è tentato, inoltre, di implementare strategie per aumentare la velocità dei processi decisionali interni e logistici per mezzo della semplificazione della burocrazia interna e dell'aggiornamento dei protocolli di continuità aziendale; molte di queste azioni sono state adottate in maniera permanente dalle aziende. Sono state, inoltre, impiegate strategie di razionalizzazione della logistica per mezzo della revisione dei tempi di evasione degli ordini; tuttavia, queste pratiche erano state pensate solo per l'attivazione temporanea in caso di emergenza. Molte aziende hanno adottato strategie *collaborative* aumentando la condivisione delle informazioni sulla pianificazione degli ordini, sui flussi logistici e sui livelli di inventario per meglio allineare la domanda e l'offerta. Questo è stato possibile anche

per mezzo della digitalizzazione dei flussi e dello scambio elettronico dei dati. Molte aziende hanno ridotto i tempi di pagamento dei fornitori e hanno esteso quelli dei clienti. La maggior parte degli attori ha deciso di mantenere questo tipo di pianificazione collaborativa anche dopo la fine della pandemia. Nel corso dell'epidemia sono state sviluppate capacità *innovative* per quanto riguarda l'automazione dei magazzini, le consegne, gli e-commerce e gli strumenti di analisi della supply chain. L'automazione ha permesso di accelerare i processi logistici e garantire continuità operativa in caso di assenteismo della forza lavoro. Il potenziamento dell'e-commerce ha, invece, dato la possibilità di gestire l'aumento degli ordini durante la prima ondata di Covid-19. Gli strumenti di analisi della supply chain hanno permesso di simulare la domanda mediante modelli di analisi predittiva migliorando così la gestione delle variazioni di quest'ultima. Queste soluzioni, richiedendo ingenti investimenti, non si sono potute introdurre rapidamente su base totalmente reattiva, la maggior parte delle aziende, infatti, le aveva già introdotte proattivamente per poi intensificarle una volta iniziata la pandemia. Nonostante ciò, la prevalenza delle aziende ha espresso la volontà di potenziarle una volta finita l'epidemia in maniera tale da adottarle nel quotidiano.

2.5.2 Guerra tra Russia e Ucraina

Due anni dopo l'inizio della pandemia da Covid-19, un secondo evento distruttivo ha causato una crisi a livello globale: la *guerra* tra Russia e Ucraina, l'assalto militare più significativo contro l'Europa dopo la Seconda Guerra Mondiale (Ben Hassen & El Bilali, 2022). L'Ucraina, prima dell'invasione, era il quinto esportatore di grano al mondo (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura, 2021) e le vendite combinate di Russia e Ucraina rappresentavano il 55% del mercato globale di olio di girasole, il 35% del grano e il 19% del mais, oltre ad essere importanti fornitori di fertilizzanti (FAO, 2022). La riduzione dell'offerta ha comportato numerosi effetti a cascata che si sono ripercossi sulla produzione di molte altre materie prime a valle; inoltre, a causa della dipendenza che i diversi Paesi nel mondo (europei in particolare) hanno dal gas naturale russo, non più disponibile nella misura precedente il conflitto, i prezzi dell'energia sono arrivati alle stelle; ciò ha impattato sui trasporti e sulle industrie ad alta intensità energetica, compresa quella alimentare. La carenza di ingredienti dovuta all'interruzione delle forniture ha portato a un aumento nei prezzi dei prodotti alimentari, impattando in maniera significativa sulle famiglie più povere e vulnerabili e ha, inoltre, amplificato il rischio di frode alimentare, come ad esempio per la presenza di allergeni non dichiarati. Uno dei modi per far fronte a interruzioni di questo tipo è utilizzare strategie di resilienza nelle catene di approvvigionamento; l'uso di queste ultime ne aumenta la flessibilità e la rapidità di ripresa dalle conseguenze della crisi (Vali-Siar & Roghanian, 2022). Tra le strategie che si possono applicare vi sono fornitori di backup, preposizionamento dell'inventario, fortificazione di strutture e fornitori, approvvigionamento multiplo, tutto ciò a seconda del tipo di interruzione che si verifica e del tipo di supply chain in questione. In questo caso possibili strategie che si sarebbero potute adottare in termini di resilienza sono ad esempio quella di invitare gli organi di governo a ridurre le restrizioni alle esportazioni globali incidendo così sull'accesso a importanti materie prime e prodotti alimentari (Laborde, 2022). I governi sono tenuti, inoltre, ad aumentare la copertura dei programmi di protezione sociale

in modo tale da facilitare le risposte a future crisi. È fondamentale che questo tipo di strategie siano applicate a livello mondiale e che l'impegno dei diversi attori pubblici, privati, governativi e non garantiscano una risposta uniforme, egualitaria e tempestiva (Dyson et al. 2023).

2.5.3 Disastri naturali

I *disastri naturali* come tsunami, tempeste di fuoco, uragani e terremoti sono fenomeni distruttivi che hanno effetto non solo sulla vita umana ma anche sulle risorse finanziarie e naturali delle comunità che ne vengono colpite (Baker, 2009). Le supply chain alimentari sono di vitale importanza per qualsiasi economia poiché impattano sulla salute, sui livelli di povertà, sulla malnutrizione, sull'occupazione della popolazione e, infine, sui mezzi di sussistenza. I territori insulari sono tra i più danneggiati da tali eventi, i quali causano interruzioni nella supply chain alimentare con conseguenze disastrose. Data la loro geomorfologia questi territori sono, inoltre, importatori di cibo e dunque dipendono dalla stabilità della supply chain alimentare nazionale e dalla sua capacità di mantenere in modo efficiente ed efficace le sue proprietà durante un evento dirompente (Pelling & Uitto, 2001). Quando le interruzioni sono innescate da un disastro naturale, di solito colpiscono l'intera catena di approvvigionamento (Reddy et al., 2016). Un evento naturale disastroso può portare alla perdita di telecomunicazioni e di energia, all'ostruzione delle strade, all'esaurimento di scorte di prodotti come alimenti non deperibili o in scatola e acqua potabile a causa del panico dei clienti, difficoltà finanziarie causate dal fallimento delle telecomunicazioni con le banche e, infine, la perdita del raccolto. Vi sono diverse strategie attuabili in circostanze come questa tra cui l'acquisizione di apparecchiature di backup dell'energia per accedere alle telecomunicazioni in modo tale da riprendersi dalle interruzioni. Il reindirizzamento dei trasporti su strade sicure anche se più lunghe. La riorganizzazione dell'inventario grazie all'incorporazione di nuovi marchi e fornitori, sostituti dei prodotti e per mezzo del razionamento delle merci chiave; anche il governo, in queste situazioni, svolge un ruolo importante in termini di limitazioni nell'acquisto di prodotti alimentari (Hobbs, 2020). Tuttavia, questo ha spesso rappresentato un aumento dei prezzi dei prodotti dovuto alla presenza di marchi, dimensioni e confezioni differenti rispetto a quelle tradizionalmente fornite sugli scaffali. Per prevenire il fallimento delle telecomunicazioni si può pensare all'adozione di telefoni satellitari e sistemi Wi-Fi ad-hoc. Un'altra strategia resiliente potrebbe essere quella di stipulare contratti con più di un fornitore, sia in termini alimentari che di trasporto, questo consentirebbe, anche dopo un grave disastro, di ridurre al minimo le interruzioni e soddisfare dunque le esigenze che emergono in situazioni di crisi in maniera veloce (Chakraborty et al., 2016; Silbermayr & Minner, 2014). Avere delle scorte di sicurezza consente una maggiore flessibilità e garantisce una risposta rapida in casi di difficoltà. In queste circostanze prevedere la domanda sia in condizioni normali che in situazioni di crisi basandosi su eventi distruttivi avvenuti in passato può aiutare nel gestire la domanda di prodotti.

2.6 Tipi di strategie resilienti

Le diverse strategie descritte sopra sono attuabili in fasi differenti a seconda delle loro caratteristiche. Distinguiamo tre momenti: *pre-interruzione* (capacità di prepararsi), *durante l'interruzione* (capacità di rispondere e riprendersi), *post-interruzione* (capacità di mantenere e/o crescere) (Ali et al. 2017; Hohenstein et al. 2015, 2019). A seconda della fase in cui la strategia viene applicata cambia il tipo di approccio che la supply chain ha nei confronti dell'evento distruttivo. Distinguiamo due approcci: *proattivo* e *reattivo* (Chowdhury & Quaddus 2017; Wieland & Wallenburg 2012). La proattività riguarda la pianificazione di strategie per assorbire in anticipo le interruzioni o resistervi con bassi livelli di energia e sforzo. Le strategie proattive coinvolgono la fase di *pre-interruzione*, in cui è necessaria una pianificazione precoce, e la fase *durante l'interruzione*, in cui è richiesto un livello minimo di adattamento (Hosseini et al. 2019). La ridondanza e il mantenimento di scorte strategiche di emergenza sono generalmente considerate strategie proattive (Sheffi & Rice 2005). Le strategie reattive, invece, implicano che le supply chain si adeguino ex-post ai cambiamenti. Questo tipo di approccio coinvolge principalmente la fase *post-interruzione* (van Hoek et al. 2001). Le strategie reattive maggiormente applicate sono la flessibilità e l'aumento di agilità (Christopher & Towill 2002). Tuttavia, la capacità del sistema di adattarsi e superare le interruzioni ex-post presume che questo tipo di azioni sia stato pianificato in precedenza, quindi anche la reattività in alcuni casi include alcune componenti della proattività (Hosseini et al. 2019). A causa di questo tipo di ambiguità la stessa strategia potrebbe, dunque, essere considerata sia in termini proattivi che reattivi (Stone & Rahimifard 2018) vedendo così sfumato il confine tra le due definizioni. Tra la pura proattività e la pura reattività esistono un insieme di approcci ibridi che comprendono alcuni componenti preparatori tipici della proattività e altri adattivi tipici della reattività (Kilubi 2016). La stessa strategia può essere quindi considerata proattiva, reattiva o ibrida da aziende differenti. Le strategie che sono state progettate e attivate prima dell'interruzione possono essere considerate puramente proattive. D'altra parte, le strategie concepite e applicate durante l'interruzione presentano un approccio reattivo puro (Hohenstein et al. 2015). Le strategie ibride, invece, sono state concepite in modo proattivo prima dell'emergenza, ma sono state attivate in modo reattivo dopo l'interruzione. L'esternalizzazione, per esempio, può essere implementata in modo reattivo in pochi giorni nel caso dell'impiego di un fornitore utilizzato per un periodo breve, al fine di far fronte all'emergenza. Al contrario, stabilire una partnership a lungo termine con un attore esterno per diversificare l'approvvigionamento è considerata una strategia proattiva.

2.7 Strategie LARG e Sostenibilità

Ad oggi la supply chain agroalimentare conta significative perdite, stimate a circa un terzo dello spreco alimentare totale (Gedam et al., 2021). Inoltre, la variabilità ambientale ostacola l'approvvigionamento di alcuni prodotti come riso, mais e grano. Questi problemi potrebbero essere in parte risolti promuovendo lo sviluppo di pratiche sostenibili (Cui et al., 2020; Gardas et al., 2019) come ad esempio l'applicazione di strategie LARG (*Lean, Agile, Resilience, Green*) alle supply chain (Sharma et al., 2021). A supporto di ciò gioca sicuramente un ruolo fondamentale la digitalizzazione e lo sviluppo di tecnologie emergenti che analizzeremo nel paragrafo successivo. L'approccio *lean* è una metodologia di gestione che si focalizza sull'eliminazione degli sprechi e sull'ottimizzazione dei processi per aumentarne efficienza e qualità. È stato sviluppato per la prima volta all'interno del settore manifatturiero da Toyota per poi essere applicato con i dovuti adattamenti a vari settori e contesti aziendali. Questo tipo di strategia aiuta le aziende a concentrarsi su ciò che realmente aggiunge valore per il cliente ed eliminando tutto ciò che non lo fa (Antony et al., 2018; Das, 2018; Dey et al., 2019). La metodologia *agile* viene applicata alla gestione dei progetti e allo sviluppo dei software per enfatizzare l'adattabilità, la collaborazione e la consegna rapida di valore ai clienti. È particolarmente utile in contesti in cui i requisiti possono cambiare rapidamente e dove la capacità di rispondere prontamente ai problemi risulta essere cruciale. Grazie a questa tecnica si ottiene una maggiore flessibilità, una qualità del prodotto più elevata, un maggiore coinvolgimento del cliente e team di lavoro maggiormente motivato. Le pratiche *green* o *sostenibili*, invece, si riferiscono a quelle strategie adottate al fine di ridurre l'impatto ambientale. Queste incoraggiano, inoltre, la forza lavoro a sviluppare una consapevolezza climatica, delle tecnologie ecologiche e del riutilizzo dei rifiuti. Tali iniziative aiutano gli stakeholder dell'azienda, per di più, ad acquisire la fiducia dei clienti e la soddisfazione dei governi (De Oliveira et al., 2018; Lartey et al., 2020; Wong et al., 2018). Dallo studio di Sahu et al. (2023) emerge che il successo nell'applicazione delle strategie LARG dipende dall'impegno che le varie parti interessate all'interno della catena di fornitura mettono per comprendere i problemi che vi sono alla base di quest'ultima al fine di raggiungere gli obiettivi sociali, ambientali, economici e di performance dell'organizzazione. I manager e i diversi attori delle supply chain devono impegnarsi nello sviluppare all'interno di queste un'adeguata comprensione, trasparenza e fiducia per adottare le pratiche LARG. È necessario che vengano stabiliti obiettivi e priorità alla base delle diverse sfide e che le varie strategie sostenibili siano allineate in modo da migliorare gradualmente le capacità green dell'organizzazione. I manager dovrebbero, inoltre, sviluppare politiche efficaci seguite da un continuo monitoraggio. Grazie a tutto ciò si otterrebbe un miglioramento nei costi, nei tempi di consegna e nella qualità dei prodotti, dunque un potenziamento nell'efficienza operativa, nelle capacità aziendali e nell'ottenere un vantaggio competitivo. Infine, si otterrebbero catene di approvvigionamento sostenibili con la conseguente riduzione dell'utilizzo di risorse e di produzione di rifiuti. I diversi responsabili politici dovrebbero, dunque, motivare gli attori presenti all'interno delle supply chain agroalimentari, incoraggiandoli ad adottare iniziative sostenibili poiché il contributo di ognuno di questi attori porterebbe al cambiamento necessario per l'adozione delle pratiche LARG. Una variante più recente delle pratiche lean è la logica *lean omnichannel*, la quale combina i principi della prima con l'approccio

omnichannel, che si focalizza sull'esperienza del cliente. Quest'ultimo approccio, infatti, garantisce fluidità e integrazione per ogni punto di contatto (touchpoint) presente all'interno del processo d'acquisto, capacità di adattamento alle esigenze dei clienti e alle condizioni di mercato e, infine, coordinamento tra i canali online e offline per offrire un'esperienza uniforme al cliente (Bell et al., 2014). Questo tipo di approccio permette alla supply chain di migliorare l'efficienza operativa e di offrire un'esperienza all'utente di alta qualità, riducendo allo stesso tempo i costi e aumentando la soddisfazione dell'utente. Dallo studio di Tabucco e De Giovanni (2021) è emerso che le aziende che implementano strategie lean omnichannel durante eventi distruttivi riscontrano un'elevata probabilità di ottenere un business sostenibile in termini di visibilità, di disponibilità d'inventario e di costi di produzione e vendite.

2.8 Digitalizzazione e Blockchain Technology

Il continuo avanzare dell'innovazione tecnologica genera costanti cambiamenti nei modelli di business portando alla ristrutturazione sostanziale delle supply chain (Kapoor & Vij, 2018). Le catene di approvvigionamento più lunghe, inoltre, essendo complesse e frammentate introducono un livello di difficoltà superiore nel garantire una gestione efficace delle operazioni (Birkie et al., 2017). È per questo motivo che modelli di business basati su piattaforme digitali risultano essere essenziali a condizione che l'infrastruttura digitale consenta una migliore collaborazione tra i diversi livelli della supply chain rispetto alle precedenti configurazioni di sistema (Hahn, 2020; Parker et al., 2016). Le infrastrutture digitali consentono, inoltre, una maggiore collaborazione tra gli attori della catena permettendo una riduzione o la totale eliminazione di intermediari e *gatekeeper* incentivando così il fenomeno della disintermediazione (Parker et al., 2016). L'emergere di modelli di business basati su piattaforme digitali ha permesso di facilitare le transazioni dirette, i flussi di dati e il valore aggiunto condiviso tra fornitori, rivenditori e utenti finali. Questi tipi di modelli consentono, dunque, la creazione di valore reciproco e la generazione di effetti di rete (Hein et al., 2020). Grazie a questo tipo di piattaforme è possibile, inoltre, mantenere livelli di inventario più bassi risparmiando sui costi associati alla natura deperibile delle forniture alimentari (Parker et al., 2016). Per Ivanov e Dolgui (2019) l'impatto della digitalizzazione sulla resilienza delle catene di fornitura migliora la visibilità, l'accuratezza delle previsioni e supporta l'attivazione di piani di emergenza. I Big Data, inoltre, hanno il potenziale per supportare le imprese nella ripresa dalle interruzioni (Papadopoulos et al., 2019). Gli studiosi ritengono che le tecnologie digitali abbiano un impatto significativo sulla riduzione dell'incertezza attraverso la fornitura di dati in tempo reale, questo consente l'aumento della flessibilità, dell'agilità e della resilienza a partire dal produttore fino ad arrivare al consumatore (Lezoche et al., 2020). È emerso che la digitalizzazione facilita la comunicazione tra gli attori presenti nella supply chain, soprattutto in periodi di crisi, mediante modelli di business online (consegne a domicilio, chat, ecc.), velocizza il processo decisionale soprattutto durante le interruzioni e, infine, aumenta la visibilità e l'agilità all'interno della catena di fornitura. Una tra le tecnologie digitali maggiormente adottate ad oggi è la *blockchain technology* (BC-T), un sistema di registro digitale distribuito, accessibile a una rete di partecipanti (Crosby et al., 2016; Treiblmaier, 2020; Lashkari & Musilek, 2021).

Questa tecnologia supporta uno scambio sicuro, trasparente e tempestivo di dati e l'automazione dei processi attraverso contratti intelligenti (Lohmer et al., 2020, Leible et al., 2019). La blockchain memorizza i dati in un insieme di blocchi, ognuno di questi contenenti diverse transazioni con i rispettivi timestamp (Glaser, 2017; Wang & Luo, 2019); in questo modo tutti i partecipanti (nodi) della rete hanno accesso all'ultima versione del libro mastro (Ahmed & MacCarthy, 2022). Alla base dell'adozione della BC-T vi è un meccanismo di consenso che viene utilizzato per la gestione del flusso di informazioni; i vari attori, infatti, devono concordare lo stato della blockchain, convalidare le transazioni e determinare quali di queste aggiungere al libro mastro (Wang et al., 2019). Grazie a questo sistema si è riusciti ad ottenere una maggiore trasparenza e una migliore gestione dei tempi di transazione (Bermeo-Almeida et al., 2018) rispetto alle tecnologie tradizionali utilizzate in precedenza come ad esempio il database centralizzato. Uno dei casi in cui la blockchain technology viene applicata nel settore alimentare è quello della tracciabilità; ogni prodotto viene registrato sulla BC a partire dalla sua origine, questo permette di associare al prodotto tutti i dati relativi alla data di raccolta e ai metodi di coltivazione/allevamento. In seguito, ogni passaggio che viene effettuato lungo il processo di trasformazione (lavorazione, imbottigliamento, confezionamento, ecc.) viene inserito nel sistema. In un secondo momento la BC registra il trasporto del prodotto, includendo anche i mezzi di trasporto utilizzati, le date di spedizione e le condizioni di trasporto. Infine, quando il prodotto raggiunge il punto vendita i consumatori possono verificarne la provenienza e le lavorazioni attraverso un codice QR o un tag RFID collegato al sistema. Tutto ciò aumenta la fiducia e la trasparenza nei consumatori, aumenta l'efficienza e riduce gli sprechi permettendo la fornitura sul mercato di un prodotto più sicuro in termini di integrità delle informazioni (Figura 8).



Figura 8: blockchain nella food supply chain
Fonte: macchinealimentari.it

Jellason et al. (2023) mediante il loro studio sono arrivati alla conclusione che la blockchain fornisce diversi vantaggi al settore alimentare come la capacità di condividere dati immutabili tra i diversi stakeholder della supply chain, l'automatizzazione degli accordi e lo scambio di informazioni affidabili tra più attori (Bumblauskas et al., 2020). Questo tipo di tecnologia può, inoltre, migliorare la visibilità dei piccoli agricoltori rispetto ad altri attori della catena di approvvigionamento attraverso mercati organizzati (Compagnucci et al., 2022, Enescu e

Ionescu, 2020). La blockchain, in aggiunta, consente di ridurre il rischio di richiami alimentari, frodi, contraffazioni e perdita di prodotti (Robb et al., 2020; Tsolakis et al., 2021; Bandinelli et al., 2023) e limitare il rischio di deterioramento del latte (Mangla et al., 2021). Con l'aumento della trasparenza all'interno della supply chain e offrendo una piattaforma sicura e decentralizzata per la registrazione e la condivisione delle informazioni, promuovendo un migliore coordinamento, una migliore visibilità e fiducia (Rejeb et al., 2020), questa tecnologia rafforza la resilienza nelle catene di approvvigionamento poiché riduce al minimo le interruzioni causate da errori relativi ai dati o ad attività fraudolente. La blockchain può, inoltre, ridimensionare i costi all'interno della rete ed eliminare gli intermediari consentendo uno scambio diretto di prodotti (Peng et al., 2022; Chu & Pham, 2022). Tuttavia, questo tipo di tecnologia comporta alcuni rischi e barriere, che ne ostacolano lo sviluppo e l'implementazione. Tra questi c'è la preoccupazione per la divulgazione dei dati o dei segreti commerciali. Sebbene le BC siano considerate sicure non sono immuni da minacce e in alcuni casi potrebbero complicare quella che è la gestione della privacy all'interno di un'azienda o di una filiera. Gli elevati costi di transazione e gestione delle informazioni (Chu & Pham, 2022) risultano un ostacolo all'implementazione, infatti, la BC richiede investimenti significativi in termini di sviluppo, di infrastruttura e di formazione del personale; alcuni algoritmi richiedono, inoltre, un alto consumo di energia che oltre ad avere un costo ha anche un impatto ambientale negativo. La mancanza di fiducia per la tecnologia e la possibilità che si commettano errori umani (Rogerson & Parry, 2020) limita lo sviluppo di questo tipo di sistema. Le organizzazioni sono, infatti, spesso resistenti al cambiamento e riluttanti a adottare nuove tecnologie per paura dell'ignoto e del cambiamento di processi produttivi ormai consolidati. Molti individui, inoltre, non ne comprendono appieno il funzionamento e i benefici che la BC-T può apportare al sistema. La BC-T può, inoltre, essere utilizzata in maniera integrata rispetto a sistemi di *logistica inversa*. Quest'ultima fa sì che i rifiuti ottenuti lungo tutta la supply chain vengano restituiti al produttore sotto forma di materie prime e reimmessi in un secondo momento nel processo produttivo al fine di ridurre gli sprechi (Lai et al., 2022). Questo tipo di sistema, infatti, contribuisce allo sviluppo dell'economia circolare all'interno delle catene di approvvigionamento (Binalla & Mateo, 2022). In questo contesto la blockchain risulta estremamente importante al fine di registrare, monitorare e tracciare i flussi di materiali all'interno delle catene di fornitura per aumentare la resilienza nelle attività di logistica inversa (Wong et al., 2020). Tuttavia, come già esposto in precedenza, questo tipo di tecnologia, oltre a presentare diversi vantaggi porta con sé dei rischi che devono essere presi in considerazione (Dwivedi et al., 2020). Tra questi vi sono rischi relativi alla sicurezza della gestione dei dati, i quali risultano vulnerabili agli attacchi informatici e portano dunque alla perdita di resilienza. Vi è poi il problema relativo alla privacy dei dati essendo la BC-T un registro distribuito e aperto, consultabile da tutti gli stakeholder presenti all'interno della supply chain (Torky & Hassanein, 2020). Tra i rischi finanziari vi sono quelli relativi ai costi di infrastruttura e sviluppo, ai costi di archiviazione ed elaborazione dei dati e i rischi di frode. In ultimo sono presenti rischi relativi alla supply chain vera e propria, ovvero quelli inerenti la complessità nella gestione delle incertezze di domanda e offerta. Per concludere, dunque, la resilienza della catena di approvvigionamento può essere raggiunta solamente identificando e riducendo al minimo (o eliminando del tutto) i rischi sopra esposti (Kazancoglu et al., 2022).

2.9 Analisi critica

Lo scopo di questo paragrafo è quello di svolgere un'analisi critica della letteratura per contestualizzare il problema e comprendere lo stato dell'arte relativo all'argomento trattato nel lavoro di tesi, identificando eventuali lacune. Analizzando i fattori comuni ai diversi articoli, quali ad esempio la nazionalità degli autori e l'anno di pubblicazione, è possibile inquadrare il contesto del tema trattato. L'analisi consente, infine, di individuare le metodologie utilizzate dai diversi autori per determinare quelle più appropriati a questo tipo di indagine.

Un'analisi sull'anno di pubblicazione degli articoli analizzati permette di individuare l'evoluzione del dibattito scientifico nel tempo, evidenziando come la resilienza della supply chain sia stata influenzata da eventi globali e progressi tecnologici, come per esempio, la pandemia di Covid-19, i conflitti tra potenze mondiali o l'utilizzo di nuovi sistemi innovativi come la blockchain o l'IoT. Studi più recenti possono riflettere nuove tendenze e approcci innovativi, mentre quelli più datati aiutano a tracciare il percorso di sviluppo delle strategie di gestione delle supply chain.

In secondo luogo, la nazionalità degli autori offre un'indicazione sulla prospettiva culturale ed economica da cui è stato analizzato il tema. Le supply chain variano significativamente in base alle condizioni geopolitiche, economiche e infrastrutturali dei diversi Paesi. Valutare la provenienza degli studi permette di capire se le analisi sono prevalentemente incentrate su contesti europei, americani, asiatici o emergenti, facilitando un confronto tra diverse visioni e strategie.

Infine, l'analisi delle metodologie utilizzate è essenziale per identificare gli approcci più appropriati per questo tipo di indagine. Confrontando le tecniche impiegate, è possibile selezionare quelle più adatte per rispondere agli obiettivi della tesi e individuare eventuali lacune nella letteratura esistente.

2.9.1 Nazionalità degli autori

In questo paragrafo è stata analizzata le nazionalità principali degli articoli scientifici approfonditi nel lavoro di tesi, prendendo come riferimento l'università del primo autore. Come si può evincere dall'istogramma (*Figura 9*) la maggior parte degli autori sono statunitensi e inglesi questo perché Stati Uniti e Regno Unito ospitano numerose multinazionali con supply chain complesse e globali, dunque, per questi Paesi il tema della resilienza risulta centrale (Schneider-Petsinger, et. al, 2021). Gli Stati Uniti, inoltre, hanno affrontato nel corso degli anni numerose crisi logistiche come pandemie, guerre commerciali e disastri naturali, tutto ciò ha fatto sì che ci si concentrasse maggiormente su argomenti come quello della resilienza delle catene di fornitura.

Nonostante ciò, l'Italia occupa il terzo posto all'interno dell'istogramma. Questo perché il nostro Paese ha affrontato diverse sfide economiche e logistiche negli ultimi decenni, tra cui la crisi finanziaria del 2008, la pandemia di COVID-19 e le difficoltà nel commercio internazionale legate alla globalizzazione e alla digitalizzazione. Questi fattori hanno stimolato l'interesse accademico verso la resilienza delle catene di fornitura, portando gli studiosi italiani a contribuire in modo significativo alla letteratura scientifica sul tema.

Infine, un ulteriore elemento da considerare è la presenza di centri di ricerca e università di alto livello, come i Politecnici di Torino e Milano e l'Università Bocconi, che svolgono un ruolo chiave nella produzione di studi riguardanti l'argomento.

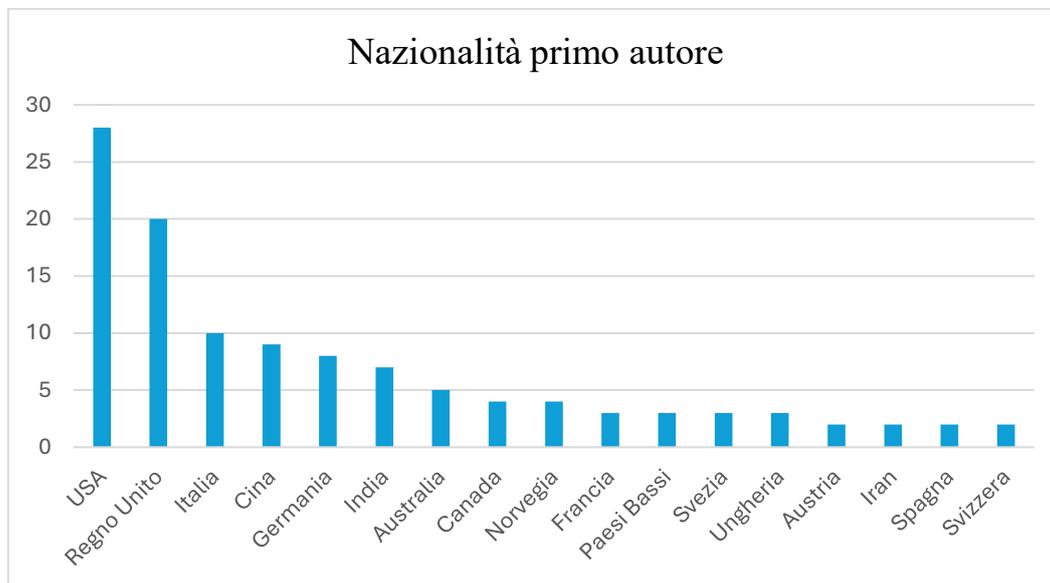


Figura 9: nazionalità principali primo autore articoli scientifici

2.9.2 Anno di pubblicazione

Nella presente sezione è stata considerata la data di pubblicazione degli articoli scientifici analizzati, al fine di comprendere l'evoluzione del concetto di resilienza nel tempo. I risultati ottenuti (Figura 10) evidenziano chiaramente la crescente attualità e rilevanza dell'argomento. Il termine *resilienza* è stato introdotto nel contesto delle scienze sociali e ambientali verso la fine degli anni '90, inizialmente con un focus limitato alla capacità di adattamento di individui e comunità di fronte a difficoltà. Per questo motivo i primi articoli analizzati risalgono alla fine del secolo scorso, anche se in numero ridotto. Fino al 2015, il numero di pubblicazioni è stato piuttosto limitato e stabile, con alcuni picchi sporadici nel 2001 e nel 2008. A partire dal 2016, si osserva una crescita significativa, culminando nel 2019 con il numero più alto di articoli pubblicati. Questo poiché, nell'ultimo decennio, la resilienza ha assunto un ruolo centrale nel dibattito scientifico, economico e politico, soprattutto alla luce dell'aumento significativo di eventi distruttivi su scala globale. Questa crescente attenzione è strettamente collegata alla necessità di rispondere a emergenze sempre più frequenti e di natura eterogenea. La pandemia di Covid-19, ad esempio, ha evidenziato le fragilità dei sistemi sanitari e la capacità di adattamento delle società nel gestire crisi su larga scala. Allo stesso modo, i disastri naturali come alluvioni, terremoti e incendi, sempre più intensi e ricorrenti, hanno messo in luce l'importanza di strategie di mitigazione e adattamento capaci di ridurre gli impatti negativi e favorire una rapida ripresa. Parallelamente, il concetto di resilienza è stato adottato anche in ambito economico e infrastrutturale, con un'attenzione crescente verso la sostenibilità e la riduzione dei rischi. Le istituzioni e le aziende stanno sviluppando modelli di gestione del rischio più sofisticati, basati sull'analisi preventiva degli scenari futuri e su strategie di risposta flessibili. L'evoluzione del concetto di resilienza, infine, riflette un cambiamento culturale significativo: sempre più comunità stanno adottando

approcci collaborativi e intersettoriali per migliorare la loro capacità di risposta alle crisi. Il coinvolgimento attivo della popolazione, la promozione dell'educazione alla gestione del rischio e l'adozione di tecnologie innovative sono diventati elementi chiave per garantire società più resilienti e preparate alle sfide future.

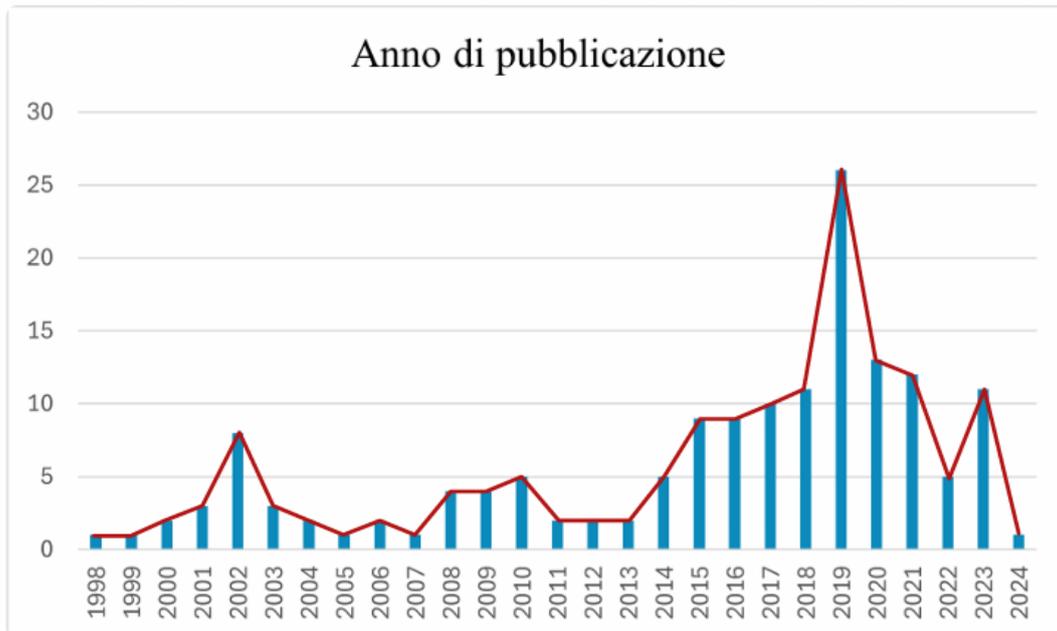


Figura 10: anno di pubblicazione articoli scientifici

2.9.3 Metodologie di ricerca

È stata svolta, in secondo luogo, un'analisi riguardante i metodi di ricerca utilizzati nei diversi articoli scientifici indagati. La scelta di queste metodologie è motivata dalla necessità di adottare approcci complementari per analizzare la resilienza della supply chain in modo approfondito e strutturato. Ogni metodologia, infatti, offre un contributo unico alla comprensione del fenomeno, permettendo di cogliere sia gli aspetti teorici che quelli pratici. In particolare, queste metodologie sono state suddivise in tre macro-gruppi:

- **analisi della letteratura:** metodo che consiste nell'esaminare e sintetizzare studi già pubblicati, relativi a un determinato argomento. È fondamentale per costruire una base di conoscenza solida, sintetizzando studi precedenti per individuare tendenze, lacune e sviluppi nella ricerca;
- **case study:** si focalizza su un singolo esempio analizzandolo in profondità. Permette di comprendere fenomeni complessi nel contesto reale. In questo modo è possibile osservare strategie specifiche adottate dalle imprese, identificare fattori di successo e comprendere le difficoltà operative. Può includere interviste, osservazioni dirette e analisi di documenti;
- **metodo quantitativo:** analisi empiriche basate sulla raccolta e sull'analisi di dati numerici per individuarne correlazioni, tendenze e relazioni statistiche. In questo caso si utilizzano sondaggi, esperimenti e modelli matematici per testare le diverse ipotesi e fornire risultati misurabili.

Come si evince dal grafico a torta (*Figura 11*) la metodologia maggiormente utilizzata negli articoli selezionati è il metodo quantitativo. Quest'ultimo sottolinea l'importanza di dati concreti ed evidenze empiriche nella ricerca scientifica. Tuttavia, l'utilizzo complementare di metodi qualitativi, come l'analisi della letteratura e i case study, arricchisce la profondità delle indagini e contribuisce a una comprensione più completa dei fenomeni analizzati. L'integrazione di approcci diversi, nota come triangolazione metodologica, rappresenta un'opportunità per migliorare la qualità e la robustezza dei risultati, offrendo una visione più ampia e dettagliata della realtà studiata.

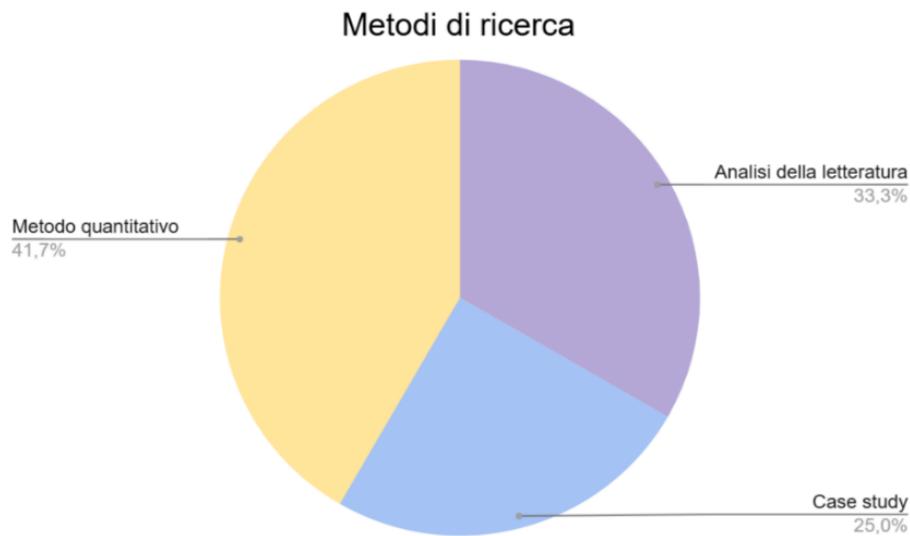


Figura 11: metodi di ricerca degli articoli scientifici

2.9.4 Obiettivi

Questo paragrafo offre una panoramica sugli obiettivi alla base degli articoli scientifici analizzati. Come si può notare dalla *Figura 12* il 45% dei testi analizzano le fonti di rischio cui è sottoposta la supply chain agroalimentare e i fattori di resilienza necessari al fine di sviluppare strategie in grado di superare fenomeni distruttivi. Il 30% degli articoli, invece, tratta l'impatto della pandemia da Covid-19, fenomeno che, negli anni passati, ha interessato tutte i tipi di catena di fornitura creando numerose rotture lungo di esse. Il 12,5% degli articoli analizza il ruolo delle tecnologie digitali nello sviluppo di supply chain resilienti come, ad esempio, l'implementazione della blockchain technology, dell'intelligenza artificiale o dell'Internet of Things. Un numero più ridotto di testi tratta, invece, il ruolo della sostenibilità nello sviluppo di strategie resilienti e le conseguenze del conflitto russo-ucraino sulle catene di fornitura agroalimentari.

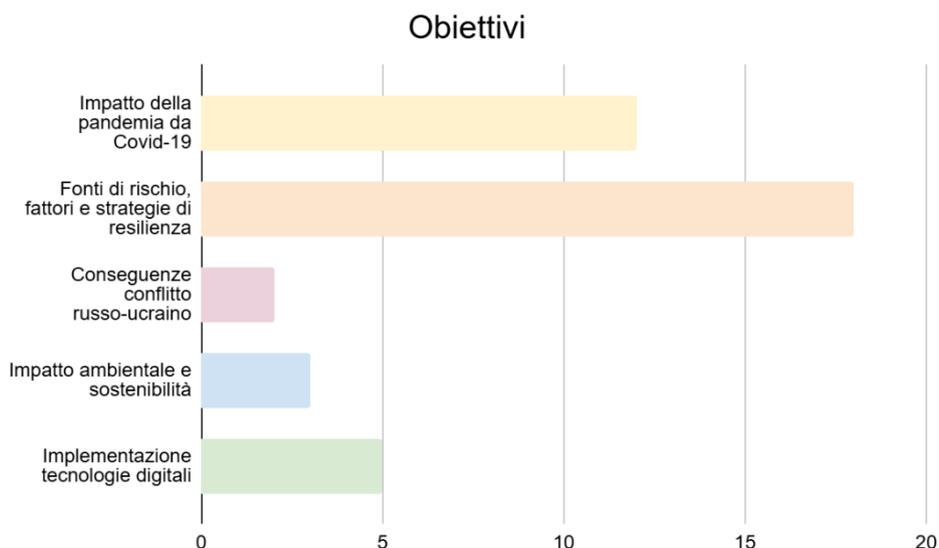


Figura 12: obiettivi degli articoli scientifici

2.9.5 Output

I diversi articoli analizzati hanno portato ad ottenere output differenti a seconda del campo di analisi. Come è possibile osservare in *Figura 13* la maggior parte dei testi evidenzia la correlazione che esiste tra la collaborazione dei diversi attori all'interno della supply chain e lo sviluppo della resilienza. Si evince, infatti, come catene di fornitura maggiormente integrate e collaborative siano maggiormente resilienti rispetto a catene scarsamente integrate. La condivisione di dati e di strategie di gestione del rischio possono, infatti, migliorare le capacità di previsione e di risposta a eventuali crisi. Quasi altrettanti articoli hanno evidenziato l'importanza di un'accurata analisi dei rischi al fine di definire i fattori e le strategie di resilienza applicabili ai differenti contesti per prevenire le interruzioni delle catene di fornitura o per reagire in caso di eventi distruttivi. Altri testi hanno, invece, messo in rilievo la correlazione che sussiste tra resilienza e sostenibilità. Attraverso la riduzione della dipendenza da risorse critiche vulnerabili come le fonti energetiche, o mediante la diversificazione e la regionalizzazione si possono evitare crisi geopolitiche e problemi di trasporto. Molti scritti trattano, infine, l'importanza dello sviluppo di tecnologie digitali all'interno delle supply chain. In questo caso le tecnologie vengono considerate un output in quanto consentono alle aziende di anticipare, gestire e mitigare i rischi in maniera più efficace, migliorandone la resilienza. Tutto ciò è possibile grazie al monitoraggio in tempo reale delle supply chain, all'AI che consente la previsione di fluttuazioni della domanda e alla blockchain che garantisce maggiore sicurezza e tracciabilità lungo la filiera riducendo il rischio di frodi.

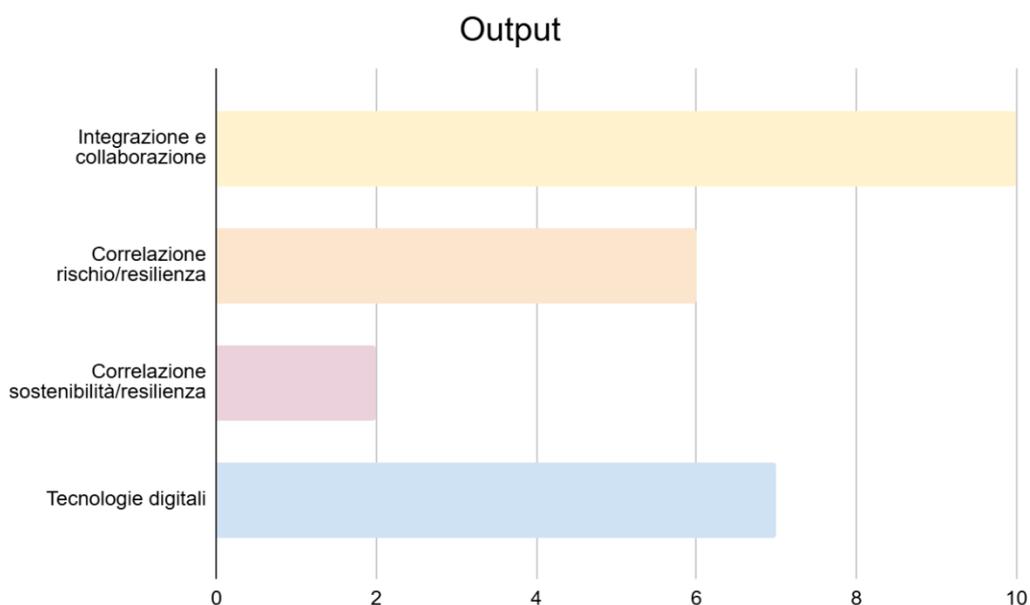


Figura 13: output degli articoli scientifici

2.10 Risultati e Discussione

Il presente lavoro affronta il tema della resilienza nella supply chain agroalimentare, analizzando in dettaglio il settore alimentare e il ruolo cruciale delle tecnologie emergenti nel trasformare e migliorare le filiere produttive, rendendole più resilienti di fronte a fenomeni distruttivi. In questo capitolo vengono delineati i principali risultati emersi dall'analisi condotta, seguiti da una discussione critica e da alcune implicazioni pratiche e teoriche.

I risultati evidenziano come la resilienza della supply chain sia costruita grazie all'interazione di fattori multipli e interdipendenti, creando una rete logistica capace di affrontare in maniera proattiva e adattiva le sfide globali.

L'agilità e l'adattabilità emergono tra gli strumenti principali per affrontare i cambiamenti repentini di un mercato sempre più incerto e dinamico. Questi attributi consentono alle aziende di modificare con rapidità le proprie strutture operative e le strategie, riducendo così la vulnerabilità ai fenomeni di perturbazione esterni.

In parallelo, una gestione efficiente della complessità operativa favorisce approcci più fluidi e reattivi, contribuendo significativamente a migliorare l'efficienza complessiva della filiera. La gestione del rischio si conferma come un elemento cardine per la stabilità della supply chain. L'aumento della visibilità lungo tutte le fasi della filiera rappresenta un punto chiave per prevenire situazioni di incertezza, consentendo un'identificazione precoce delle minacce e una risposta tempestiva. La collaborazione tra gli attori della supply chain si dimostra una strategia indispensabile non solo per condividere risorse e competenze, ma anche per instaurare rapporti di fiducia che rafforzano la coesione e il coordinamento all'interno del sistema. La flessibilità si configura come un pilastro essenziale per rispondere in modo efficace a eventi imprevedibili. Questo attributo offre alle aziende la possibilità di esplorare soluzioni alternative e di adattarsi rapidamente a contesti in costante evoluzione.

Complementare alla flessibilità è la ridondanza, intesa come l'adozione di risorse strategiche, quali scorte di sicurezza e la diversificazione dei fornitori, che assicurano la continuità operativa anche in presenza di eventi critici.

Un aspetto di grande rilevanza è rappresentato dalla tracciabilità, che non solo migliora la sicurezza alimentare, ma svolge un ruolo cruciale nella costruzione della fiducia dei consumatori. Sistemi avanzati di tracciabilità permettono il monitoraggio preciso dei prodotti lungo l'intera filiera, facilitando il richiamo di alimenti non idonei al consumo e aumentando la trasparenza delle operazioni. Innovazione e tecnologie emergenti, come IoT, AI e ERP, risultano strumenti indispensabili per affrontare le sfide complesse del settore agroalimentare. L'Internet of Things (IoT) consente un monitoraggio in tempo reale delle operazioni lungo la filiera. Ad esempio, l'utilizzo di sensori IoT permette di verificare condizioni di trasporto ottimali per prodotti freschi o congelati, riducendo il rischio di deterioramento e migliorando l'efficienza logistica. Inoltre, questi sensori possono raccogliere dati sull'intero processo produttivo, offrendo un quadro dettagliato che aiuta le aziende a prendere decisioni tempestive e informate. L'intelligenza artificiale (AI) si distingue per la sua capacità di analizzare grandi quantità di dati e fornire previsioni accurate. Attraverso algoritmi predittivi, l'AI può anticipare variazioni nella domanda, identificare rischi potenziali e ottimizzare la pianificazione delle risorse, riducendo gli sprechi alimentari e migliorando l'efficienza complessiva. Un esempio significativo è rappresentato dall'uso dell'AI per prevedere interruzioni logistiche o per elaborare strategie di mitigazione del rischio in scenari di emergenza. I sistemi ERP (Enterprise Resource Planning), infine, integrano tutti i processi aziendali in un'unica piattaforma digitale, favorendo una gestione più centralizzata ed efficiente della supply chain. Questi sistemi consentono di sincronizzare le attività di produzione, logistica e distribuzione, migliorando la visibilità lungo l'intera filiera e facilitando il processo decisionale. L'implementazione di ERP avanzati si rivela particolarmente utile per monitorare l'inventario, ottimizzare le scorte e migliorare la tracciabilità dei prodotti, garantendo al contempo una maggiore flessibilità nella gestione operativa.

La ricerca ha inoltre messo in luce come la complessità del settore agroalimentare, caratterizzata da una forte interconnessione tra fasi produttive, logistiche e distributive, richiede strategie innovative per fronteggiare sfide crescenti. La pandemia di COVID-19, così come gli effetti dei cambiamenti climatici, hanno evidenziato la necessità di un adattamento continuo delle supply chain, con particolare attenzione alle piccole e medie imprese (PMI), spesso vulnerabili ma anche dotate di un potenziale significativo per sviluppare soluzioni locali e sostenibili. In conclusione, questo lavoro dimostra che la resilienza della supply chain agroalimentare non è determinata da un singolo elemento, ma dalla sinergia tra molteplici fattori, tra cui flessibilità, tracciabilità, collaborazione, innovazione e una solida cultura della gestione del rischio. Sebbene tecnologie avanzate come ERP, IoT e AI rappresentino soluzioni promettenti, la loro implementazione richiede competenze specializzate e risorse finanziarie significative. Le sfide globali, quali la sostenibilità ambientale e i fenomeni climatici estremi, impongono un approccio sistemico e integrato per garantire una maggiore resilienza e sostenibilità delle filiere produttive. La diversificazione delle fonti di approvvigionamento, lo sviluppo di reti locali e il sostegno di politiche pubbliche mirate rappresentano alcune delle leve strategiche per il futuro. Infine, i risultati di questa analisi forniscono importanti implicazioni teoriche, contribuendo a rafforzare il corpus della letteratura sulla resilienza della supply chain, e offrono spunti pratici utili per le aziende che operano nel settore agroalimentare.

3 Conclusioni

Questo capitolo esplora i principali benefici derivanti dall'adozione di strategie resilienti all'interno delle supply chain agroalimentari, analizzando le soluzioni innovative implementate per mitigare i rischi e migliorare la capacità di risposta agli shock. Vengono esaminate, inoltre, le limitazioni della ricerca, evidenziando le sfide metodologiche e operative nella gestione della resilienza delle catene di fornitura. Infine, si delineano le prospettive future, con un focus sulle tecnologie emergenti, la sostenibilità e le nuove dinamiche di regionalizzazione che stanno ridefinendo il panorama globale della logistica e della produzione.

3.1 Benefici del lavoro di tesi

Questa tesi esplora la resilienza della supply chain, un fattore determinante per la stabilità e la competitività delle aziende in un contesto economico sempre più complesso e interconnesso. Le crisi economiche, le pandemie, i disastri naturali e le tensioni geopolitiche hanno dimostrato quanto siano vulnerabili le catene di approvvigionamento globali. Di fronte a queste sfide, le imprese devono adottare strategie innovative per mitigare i rischi e garantire la continuità operativa, integrando strumenti tecnologici avanzati e modelli di gestione più flessibili.

L'analisi predittiva gioca un ruolo centrale nella resilienza della supply chain. L'intelligenza artificiale e il machine learning permettono di raccogliere e interpretare grandi quantità di dati, identificando potenziali minacce e migliorando la capacità di reazione. Queste tecnologie favoriscono decisioni rapide e informate, riducendo l'impatto di eventuali perturbazioni e migliorando la stabilità operativa. L'uso di sistemi di monitoraggio avanzati consente alle aziende di anticipare problemi e ottimizzare i processi di risposta, aumentando la sicurezza e l'efficienza della supply chain.

Un altro aspetto chiave è la diversificazione dei fornitori e la regionalizzazione della produzione. La dipendenza da un numero limitato di fornitori globali espone le aziende a rischi significativi in caso di interruzioni. La regionalizzazione, invece, favorisce la resilienza, permettendo alle imprese di ridurre i tempi di risposta alle crisi e di garantire la continuità delle operazioni. Questo modello riduce la vulnerabilità alle tensioni geopolitiche e agli shock economici, migliorando la sicurezza dell'approvvigionamento e la stabilità dei flussi produttivi.

La flessibilità operativa è un ulteriore elemento cruciale per una supply chain resiliente. Le aziende devono essere capaci di adattarsi rapidamente ai cambiamenti del mercato, riorganizzando i modelli di business e i processi logistici. Il passaggio dal tradizionale modello just-in-time al just-in-case garantisce la disponibilità di scorte nei momenti di crisi, evitando interruzioni produttive e migliorando la capacità di reazione. L'approccio agile alla gestione della supply chain consente alle aziende di mantenere un vantaggio competitivo anche in condizioni di incertezza, aumentando l'efficienza e riducendo i costi operativi.

La collaborazione tra i diversi attori della supply chain è un ulteriore elemento determinante. Fornitori, distributori e istituzioni governative devono lavorare insieme per migliorare la visibilità delle operazioni e coordinare risposte efficaci agli shock. La condivisione di informazioni e la pianificazione congiunta permettono di ottimizzare i flussi logistici e garantire una maggiore resilienza dell'intero ecosistema produttivo.

La sostenibilità, infine, è una componente essenziale della resilienza della supply chain. Integrare pratiche sostenibili nella gestione operativa aiuta le aziende a bilanciare sicurezza e responsabilità ambientale. La riduzione dell'impronta ecologica, l'uso di materiali riciclati e l'adozione di soluzioni logistiche a basse emissioni contribuiscono non solo alla protezione dell'ambiente, ma anche al miglioramento della reputazione aziendale. I consumatori e gli investitori sono sempre più sensibili alle pratiche sostenibili, e le imprese che adottano strategie responsabili ottengono vantaggi competitivi e maggiore fiducia sul mercato.

Attraverso questa analisi, la tesi non solo approfondisce le strategie di resilienza adottate dalle aziende, ma offre anche strumenti concreti per affrontare le sfide globali. Le indicazioni fornite possono essere utili per imprese e policymaker, contribuendo allo sviluppo di modelli di supply chain più sicuri, adattabili e sostenibili. La ricerca mette in luce le tendenze emergenti e le trasformazioni necessarie per garantire una gestione efficace delle supply chain nel lungo termine, favorendo stabilità e crescita economica in un mondo in costante evoluzione.

3.2 Limitazioni

Uno dei principali limiti di questa tesi riguarda la complessità intrinseca del concetto di resilienza nella supply chain, che coinvolge una vasta gamma di fattori interconnessi, tra cui dinamiche economiche, tecnologiche, geopolitiche e ambientali. La natura multidisciplinare del tema rende difficile fornire un quadro esaustivo che tenga conto di tutte le variabili coinvolte, portando alla necessità di operare scelte selettive sugli aspetti da approfondire.

Un limite significativo è rappresentato dall'approccio metodologico scelto, che si basa principalmente su un'analisi qualitativa e sull'esame di fonti secondarie. Sebbene questo metodo consenta una visione ampia delle strategie di resilienza, può risultare meno efficace nel misurare l'impatto concreto delle soluzioni proposte, rispetto a un approccio quantitativo basato su dati empirici e metriche di performance.

L'elaborato, inoltre, si concentra su un numero limitato di casi studio, selezionati per rappresentare diverse realtà aziendali e settoriali. Tuttavia, questa scelta comporta una generalizzazione delle conclusioni, che potrebbe non essere applicabile a tutte le tipologie di supply chain. La mancanza di un'analisi comparativa tra settori o aree geografiche diverse potrebbe influenzare la completezza della ricerca, lasciando spazio a futuri approfondimenti più dettagliati.

Un altro limite riguarda la disponibilità e affidabilità dei dati utilizzati. Molte aziende non rendono pubbliche informazioni dettagliate sulle loro strategie di resilienza, il che ha reso necessario basarsi su studi teorici, report di settore e dati secondari. Questa dipendenza potrebbe portare a una rappresentazione parziale della realtà operativa, limitando la capacità di validare empiricamente alcune delle conclusioni raggiunte.

La rapida evoluzione delle tecnologie e delle pratiche di gestione della supply chain rappresenta un'ulteriore sfida. Le soluzioni analizzate potrebbero essere soggette a cambiamenti nel breve termine, a causa della continua innovazione digitale e dell'adattamento alle nuove sfide globali. Ad esempio, l'adozione di sistemi di tracciabilità basati su tecnologie ormai superate su cui molte aziende hanno investito per monitorare la provenienza e la qualità dei prodotti, rischiano di diventare obsoleti e meno efficienti con l'evoluzione della blockchain e dell'Internet of Things (IoT). Un altro caso è riferito all'uso di sensori tradizionali per il monitoraggio della temperatura e dell'umidità durante il trasporto degli alimenti. L'utilizzo di dispositivi non connessi a sistemi di analisi predittiva, potrebbe,

infatti, non essere in grado di rilevare anomalie in tempo reale, aumentando il rischio di deterioramento dei prodotti e perdite economiche. Di conseguenza, alcune strategie discusse potrebbero perdere rilevanza nel giro di pochi anni, rendendo necessaria una revisione costante delle migliori pratiche in materia di resilienza.

Un altro limite da considerare è quello relativo alla scelta dei case study analizzati nell'elaborato, questi, infatti, non sono rappresentativi in quanto la ricerca si concentra su un numero limitato di questi ultimi e dunque risulta essere non generalizzabile.

Infine, un limite significativo riguarda la difficoltà di prevedere con esattezza le crisi future che potrebbero mettere alla prova la resilienza delle supply chain. Sebbene siano stati studiati casi passati e modelli predittivi, ogni evento critico ha caratteristiche uniche che possono richiedere strategie di risposta differenti rispetto a quelle analizzate. Pertanto, questa tesi non pretende di fornire soluzioni universali, ma piuttosto indicazioni generali che necessitano di adattamenti in base alle specificità di ogni situazione. Nonostante questi limiti, il lavoro rappresenta comunque un contributo significativo alla comprensione della resilienza delle supply chain, fornendo strumenti utili per sviluppare strategie.

3.3 Ricerche future

La resilienza della supply chain è un argomento dinamico e multidisciplinare, con ampie possibilità di sviluppo in ricerche future. Una delle aree più promettenti riguarda l'applicazione avanzata di intelligenza artificiale e machine learning per migliorare la capacità predittiva delle catene di approvvigionamento. La ricerca potrebbe concentrarsi su come algoritmi avanzati possano analizzare dati storici e in tempo reale per prevedere interruzioni; o suggerire soluzioni alternative e automatizzare risposte rapide a eventi imprevisti. Un altro ambito emergente è quello delle supply chain resilienti e sostenibili con particolare attenzione alla riduzione dell'impatto ambientale e all'ottimizzazione delle risorse.

Indagini future potrebbero esplorare il ruolo dell'economia circolare nelle filiere produttive, valutando modelli innovativi come la riduzione degli sprechi, il riutilizzo delle materie prime e l'adozione di soluzioni logistiche a basse emissioni di carbonio. Anche la transizione verso energie rinnovabili nel settore dei trasporti e della logistica potrebbe costituire un importante filone di studio.

La regionalizzazione delle supply chain è un altro tema di crescente rilevanza. Dopo decenni di globalizzazione, molte aziende stanno rivalutando il ruolo della produzione locale per ridurre la dipendenza da fornitori remoti e minimizzare i rischi legati alle perturbazioni geopolitiche. Una ricerca futura potrebbe analizzare l'efficacia della regionalizzazione nel bilanciare resilienza, costi e competitività, identificando i settori in cui questa strategia è più vantaggiosa.

Il ruolo delle politiche governative e delle normative internazionali nella gestione della resilienza, inoltre, merita un approfondimento. Le ricerche potrebbero esaminare l'efficacia di regolamenti volti a proteggere le supply chain critiche, valutando come leggi e incentivi economici possano influenzare la stabilità dei flussi commerciali globali. Un focus interessante potrebbe riguardare le politiche nazionali e regionali per garantire la sicurezza degli approvvigionamenti di beni essenziali.

Un'area di grande innovazione, infine, riguarda la digitalizzazione e la blockchain nella gestione della supply chain agroalimentare, che potrebbe rivoluzionare la tracciabilità, la trasparenza e la sicurezza delle operazioni logistiche. La blockchain è già utilizzata da diverse aziende per garantire una maggiore affidabilità nelle transazioni, evitare frodi e migliorare la

condivisione di dati tra i partner commerciali. Ad esempio, Carrefour ha implementato un sistema basato su blockchain per tracciare la provenienza di prodotti alimentari come carne, latte e frutta, permettendo ai consumatori di verificare l'origine e il percorso del prodotto semplicemente scansionando un QR code [6]. Anche nel settore vinicolo, alcune aziende italiane hanno adottato blockchain per certificare l'autenticità dei vini DOC e DOCG, evitando falsificazioni e garantendo qualità ai consumatori. Oltre alla tracciabilità, la blockchain offre opportunità per la certificazione della qualità e della sostenibilità, facilitando il controllo delle pratiche agricole. Nestlé, ad esempio, utilizza questa tecnologia per garantire la provenienza sostenibile del caffè e del cacao, fornendo ai consumatori informazioni dettagliate sulle modalità di produzione [7]. Nel settore agricolo, inoltre, la BC-T viene impiegata per ottimizzare la gestione delle scorte e garantire una logistica più efficiente, riducendo sprechi e migliorando l'interconnessione tra i diversi attori della filiera.

Anche il ruolo della cybersecurity nelle catene di approvvigionamento digitalizzate sta diventando sempre più rilevante, considerando le vulnerabilità legate alla digitalizzazione dei processi e alla gestione di dati sensibili. Le aziende agroalimentari gestiscono enormi quantità di dati relativi alla produzione, distribuzione e vendita, e la cybersecurity è fondamentale per proteggerli da attacchi informatici. Alcune cooperative agricole, per esempio, stanno adottando sistemi di crittografia avanzata per proteggere le informazioni relative ai contratti con fornitori e distributori. La sicurezza interessa anche il crescente utilizzo di dispositivi IoT in agricoltura, che monitorano coltivazioni e condizioni climatiche. La blockchain aiuta a garantire l'integrità dei dati raccolti da questi sensori, evitando manipolazioni e permettendo decisioni basate su informazioni affidabili. Alcune aziende, infine, stanno sperimentando smart contracts per automatizzare i pagamenti tra produttori e distributori, riducendo il rischio di frodi e semplificando le transazioni.

Le future ricerche potrebbero approfondire come queste tecnologie possano essere integrate con l'intelligenza artificiale per ottimizzare la gestione delle catene di approvvigionamento agroalimentari, prevedere interruzioni e migliorare la resilienza operativa. L'evoluzione digitale della supply chain rappresenta una svolta strategica, offrendo nuove opportunità per garantire processi più sicuri, efficienti e trasparenti, con un impatto positivo sulla sostenibilità e sulla qualità dei prodotti agroalimentari.

Bibliografia

- AHMED, Wafaa AH; MACCARTHY, Bart L. Blockchain in the supply chain—A comprehensive framework for theory-driven research. *Digital Business*, 2022, 2.2: 100043.
- ALI, Abubakar; MAHFOUZ, Amr; ARISHA, Amr. Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review. *Supply chain management: an international journal*, 2017, 22.1: 16-39.
- ALI, Imran; SHUKRAN, Khalid. Managing supply chain risks and vulnerabilities through collaboration: Present and future scope. *The Journal of Developing Areas*, 2016, 50.5: 335-342.
- ALI, Syed Mithun, et al. Framework for evaluating risks in food supply chain: Implications in food wastage reduction. *Journal of cleaner production*, 2019, 228: 786-800.
- ANTONY, Jiju, et al. Ten commandments of Lean Six Sigma: A practitioners' perspective. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2018, 67.6: 1033-1044.
- BAKER, Stacey Menzel. Vulnerability and resilience in natural disasters: A marketing and public policy perspective. *Journal of Public Policy & Marketing*, 2009, 28.1: 114-123.
- BANDINELLI, Romeo, et al. Blockchain and consumer behaviour: Results of a Technology Acceptance Model in the ancient wheat sector. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2023, 8: 100117.
- BELHADI, Amine, et al. Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. *Technological forecasting and social change*, 2021, 163: 120447.
- BELL, David R.; GALLINO, Santiago; MORENO, Antonio. How to win in an omnichannel world. *MIT Sloan Management Review*, 2014.
- BEN HASSEN, Tarek; EL BILALI, Hamid. Impacts of the Russia-Ukraine war on global food security: towards more sustainable and resilient food systems?. *Foods*, 2022, 11.15: 2301.
- BENGTSSON-PALME, Johan. Antibiotic resistance in the food supply chain: where can sequencing and metagenomics aid risk assessment?. *Current Opinion in Food Science*, 2017, 14: 66-71.
- BERMEO-ALMEIDA, Oscar, et al. Blockchain in agriculture: A systematic literature review. In: *Technologies and Innovation: 4th International Conference, CITI 2018, Guayaquil, Ecuador, November 6-9, 2018, Proceedings 4*. Springer International Publishing, 2018. p. 44-56.
- BHAT, Rajeev; REDDY, Kasa Ravindra Nadha. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade. *Food Chemistry*, 2017, 215: 425-437.
- BINALLA, Ana Marie A.; MATEO, Anna Liza M. Reverse supply chain: A triple waste management approach. *Journal of Positive School Psychology*, 2022, 6.3: 2982–2991-2982–2991.
- BIRKIE, Seyoum Eshetu; TRUCCO, Paolo; FERNANDEZ CAMPOS, Pablo. Effectiveness of resilience capabilities in mitigating disruptions: leveraging on supply chain structural complexity. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2017, 22.6: 506-521.
- BLACKHURST, Jennifer; DUNN, Kaitlin S.; CRAIGHEAD, Christopher W. An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of business logistics*, 2011, 32.4: 374-391.
- BRUNORI, Gianluca, et al. Are local food chains more sustainable than global food chains? Considerations for assessment. *Sustainability*, 2016, 8.5: 449.

BUMBLAUSKAS, Daniel, et al. A blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been?. *International Journal of Information Management*, 2020, 52: 102008.

CARISSIMI, Maria Concetta, et al. Blurred lines: the timeline of supply chain resilience strategies in the grocery industry in the time of Covid-19. *Operations management research*, 2023, 16.1: 80-98.

CHAKRABORTY, Tulika; CHAUHAN, Satyaveer S.; OUHIMMOU, Mustapha. *Product quality improvement induced by cost-sharing mechanism and competition*. CIRRELT, Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport= Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation, 2016.

CHANG, Woojung; ELLINGER, Alexander E.; BLACKHURST, Jennifer. A contextual approach to supply chain risk mitigation. *The International Journal of Logistics Management*, 2015, 26.3: 642-656.

CHEN, Jie; SOHAL, Amrik S.; PRAJOGO, Daniel I. Supply chain operational risk mitigation: a collaborative approach. *International Journal of Production Research*, 2013, 51.7: 2186-2199.

CHIFFOLEAU, Yuna; DOURIAN, Tara. Sustainable food supply chains: is shortening the answer? A literature review for a research and innovation agenda. *Sustainability*, 2020, 12.23: 9831.

CHOWDHURY, Md Maruf H.; QUADDUS, Mohammed. Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory. *International journal of production economics*, 2017, 188: 185-204.

CHOWDHURY, Md Maruf Hossan; QUADDUS, Mohammed; AGARWAL, Renu. Supply chain resilience for performance: role of relational practices and network complexities. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2019, 24.5: 659-676.

CHRISTOPHER, Martin; HOLWEG, Matthias. "Supply Chain 2.0": Managing supply chains in the era of turbulence. *International journal of physical distribution & logistics management*, 2011, 41.1: 63-82.

CHRISTOPHER, Martin; LEE, Hau. Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International journal of physical distribution & logistics management*, 2004, 34.5: 388-396.

CHRISTOPHER, Martin; PECK, Helen. Building the resilient supply chain. 2004.

CHRISTOPHER, Martin; R TOWILL, Denis. Developing market specific supply chain strategies. *The international journal of logistics management*, 2002, 13.1: 1-14.

CHU, Thanh Tuan; PHAM, Thi Thu Tra. Vertical coordination in agri-food supply chain and blockchain: A proposed framework solution for Vietnamese cashew nut business. *Regional Science Policy & Practice*, 2024, 16.3: 12576.

COMPAGNUCCI, Lorenzo, et al. Uncovering the potential of blockchain in the agri-food supply chain: An interdisciplinary case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2022, 65: 101700.

COVID, ISMEA Emergenza. 19: 2° Rapporto Sulla Domanda e L'offerta dei Prodotti Alimentari Nell'emergenza Covid-19. *Ismea, April*, 2020.

CRICELLI, Livio; MAURIELLO, Roberto; STRAZZULLO, Serena. Technological innovation in agri-food supply chains. *British Food Journal*, 2024, 126.5: 1852-1869.

CROSBY, Michael, et al. Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied innovation*, 2016, 2.6-10: 71.

CUI, Li; GUO, Siwei; ZHANG, Hao. Coordinating a green agri-food supply chain with revenue-sharing contracts considering retailers' green marketing efforts. *Sustainability*, 2020, 12.4: 1289.

DAS, Kanchan. Integrating lean systems in the design of a sustainable supply chain model. *International journal of production Economics*, 2018, 198: 177-190.

DE GIOVANNI, Pietro. Blockchain and smart contracts in supply chain management: A game theoretic model. *International Journal of Production Economics*, 2020, 228: 107855.

DE OLIVEIRA, Ualison Rébula, et al. A systematic literature review on green supply chain management: Research implications and future perspectives. *Journal of cleaner production*, 2018, 187: 537-561.

DEY, Prasanta Kumar, et al. Could lean practices and process innovation enhance supply chain sustainability of small and medium-sized enterprises?. *Business Strategy and the Environment*, 2019, 28.4: 582-598.

DUBEY, Rameshwar, et al. Supply chain agility, adaptability and alignment: empirical evidence from the Indian auto components industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 2018, 38.1: 129-148.

DWIVEDI, Sanjeev Kumar; AMIN, Ruhul; VOLLALA, Satyanarayana. Blockchain based secured information sharing protocol in supply chain management system with key distribution mechanism. *Journal of Information Security and Applications*, 2020, 54: 102554.

DYSON, Ellen, et al. Impacts of the Ukraine–Russia conflict on the global food supply chain and building future resilience. *EuroChoices*, 2023, 22.1: 14-19.

ENESCU, Florentina Magda; IONESCU, Valeriu Manuel. Using Blockchain in the agri-food sector following SARS-CoV-2 pandemic. In: *2020 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*. IEEE, 2020. p. 1-6.

FANG, Hui, et al. Supply chain management: a review and bibliometric analysis. *Processes*, 2022, 10.9: 1681.

FAO. Impact of the Ukraine-Russia Conflict on Global Food Security and Related Matters under the Mandate of the Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). CL 170/6. 2022.

FIKSEL, Joseph. Designing resilient, sustainable systems. *Environmental science & technology*, 2003, 37.23: 5330-5339.

FINO, Michele Antonio, et al. Cultivated meat beyond bans: Ten remarks from the Italian case toward a reasoned decision-making process. *One Earth*, 2024, 7.12: 2108-2111.

FIPE, 2019. RISTORAZIONE Rapporto Annuale 2019.

FOLKE, Carl, et al. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and society*, 2010, 15.4.

FRESCO, Louise O. Challenges for food system adaptation today and tomorrow. *Environmental science & policy*, 2009, 12.4: 378-385.

GALLI, Francesca; BRUNORI, Gianluca. Short food supply chains as drivers of sustainable development. Evidence document. 2013.

GAONKAR, Roshan S.; VISWANADHAM, Nukala. Analytical framework for the management of risk in supply chains. *IEEE Transactions on automation science and engineering*, 2007, 4.2: 265-273.

GARDAS, Bhaskar B., et al. A hybrid decision support system for analyzing challenges of the agricultural supply chain. *Sustainable Production and Consumption*, 2019, 18: 19-32.

GEDAM, Vidyadhar V., et al. Circular economy practices in a developing economy: Barriers to be defeated. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 311: 127670.

GLASER, Florian. Pervasive decentralisation of digital infrastructures: a framework for blockchain enabled system and use case analysis. 2017.

- HAHN, Gerd J. Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 2020, 58.5: 1425-1441.
- HAN, Sangha, et al. COVID-19 pandemic crisis and food safety: Implications and inactivation strategies. *Trends in food science & technology*, 2021, 109: 25-36.
- HECKMANN, Iris; COMES, Tina; NICKEL, Stefan. A critical review on supply chain risk–Definition, measure and modeling. *Omega*, 2015, 52: 119-132.
- HEIN, Andreas, et al. Digital platform ecosystems. *Electronic markets*, 2020, 30: 87-98.
- HOBBS, Jill E. Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 2020, 68.2: 171-176.
- HOHENSTEIN, Nils-Ole, et al. Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation. *International journal of physical distribution & logistics management*, 2015, 45.1/2: 90-117.
- HOLLING, Crawford Stanley; GUNDERSON, Lance H. (ed.). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, 2002.
- HOSSEINI, Seyedmohsen; IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre. Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 2019, 125: 285-307.
- IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre. New disruption risk management perspectives in supply chains: Digital twins, the ripple effect, and resilience. *IFAC-PapersOnLine*, 2019, 52.13: 337-342.
- JELLASON, Nugun P., et al. The potential for blockchain to improve small-scale agri-food business' supply chain resilience: a systematic review. *British Food Journal*, 2024, 126.5: 2061-2083.
- JOHNSON, Timothy A., et al. Clusters of antibiotic resistance genes enriched together stay together in swine agriculture. *MBio*, 2016, 7.2: 10.1128/mbio. 02214-15.
- JÜTTNER, Uta; PECK, Helen; CHRISTOPHER, Martin. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: research and applications*, 2003, 6.4: 197-210.
- KAPOOR, Anuj Pal; VIJ, Madhu. Technology at the dinner table: Ordering food online through mobile apps. *Journal of retailing and consumer services*, 2018, 43: 342-351.
- KAZANCOGLU, Yigit, et al. Resilient reverse logistics with blockchain technology in sustainable food supply chain management during COVID-19. *Business Strategy and the Environment*, 2023, 32.4: 2327-2340.
- KILUBI, Irène. The strategies of supply chain risk management—a synthesis and classification. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2016, 19.6: 604-629.
- KINRA, Aseem, et al. Ripple effect quantification by supplier risk exposure assessment. *International Journal of Production Research*, 2020, 58.18: 5559-5578.
- KLEINDORFER, Paul R.; SAAD, Germaine H. Managing disruption risks in supply chains. *Production and operations management*, 2005, 14.1: 53-68.
- KNEMEYER, A. Michael; ZINN, Walter; EROGLU, Cuneyt. Proactive planning for catastrophic events in supply chains. *Journal of operations management*, 2009, 27.2: 141-153.
- LAI, Nai Yeen Gavin, et al. Toward sustainable express deliveries for online shopping: Reusing packaging materials through reverse logistics. *Thunderbird International Business Review*, 2022, 64.4: 351-362.

- LARSON, Paul D.; ROGERS, Dale S. Supply chain management: definition, growth and approaches. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 1998, 6.4: 1-5.
- LARTEY, Theophilus, et al. Going green, going clean: Lean-green sustainability strategy and firm growth. *Business Strategy and the Environment*, 2020, 29.1: 118-139.
- LASHKARI, Bahareh; MUSILEK, Petr. A comprehensive review of blockchain consensus mechanisms. *IEEE access*, 2021, 9: 43620-43652.
- LEIBL, Stephan, et al. A review on blockchain technology and blockchain projects fostering open science. *Frontiers in Blockchain*, 2019, 2: 486595.
- LEZOCHÉ, Mario, et al. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in industry*, 2020, 117: 103187.
- LOHMER, Jacob; BUGERT, Niels; LASCH, Rainer. Analysis of resilience strategies and ripple effect in blockchain-coordinated supply chains: An agent-based simulation study. *International journal of production economics*, 2020, 228: 107882.
- MACFADYEN, Sarina, et al. The role of food retailers in improving resilience in global food supply. *Global Food Security*, 2015, 7: 1-8.
- MAIZZA, Amedeo. Logistica e supply chain management. Un esame con l'analisi sistemica nel comparto agroalimentare. *Sinergie Italian Journal of Management*, 2011, 56: 111-132.
- MANGLA, Sachin Kumar, et al. Using system dynamics to analyze the societal impacts of blockchain technology in milk supply chains refer. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 149: 102289.
- MARSDEN, Terry; BANKS, Jo; BRISTOW, Gillian. Food supply chain approaches: exploring their role in rural development. *Sociologia ruralis*, 2000, 40.4: 424-438.
- MEUWISSEN, Miranda PM, et al. Traceability and certification in meat supply chains. *Journal of Agribusiness*, 2003, 21.2: 167-181.
- MICHEL-VILLARREAL, Rosario, et al. Resilience and digitalization in short food supply chains: A case study approach. *Sustainability*, 2021, 13.11: 5913.
- MITTENZWEI, Klaus, et al. Combined effects of climate change and policy uncertainty on the agricultural sector in Norway. *Agricultural Systems*, 2017, 153: 118-126.
- MOKHTAR, Ahmad Rais Mohamad, et al. Supply chain leadership: A systematic literature review and a research agenda. *International Journal of Production Economics*, 2019, 216: 255-273.
- NANDI, Santosh, et al. Do blockchain and circular economy practices improve post COVID-19 supply chains? A resource-based and resource dependence perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 2021, 121.2: 333-363.
- NAZ, Farheen, et al. Reviewing the applications of artificial intelligence in sustainable supply chains: Exploring research propositions for future directions. *Business Strategy and the Environment*, 2022, 31.5: 2400-2423.
- NEGI, Saurav. Supply chain efficiency framework to improve business performance in a competitive era. *Management Research Review*, 2021, 44.3: 477-508.
- ORENGO SERRA, Karen L.; SANCHEZ-JAUREGUI, Maria. Food supply chain resilience model for critical infrastructure collapses due to natural disasters. *British Food Journal*, 2022, 124.13: 14-34.

PAPADOPOULOS, Thanos, et al. The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability. *Journal of cleaner production*, 2017, 142: 1108-1118.

PARK, Kihyun. *Flexible and redundant supply chain practices to build strategic supply chain resilience: contingent and resource-based perspectives*. The University of Toledo, 2011.

PARK, Me-Hea; SANGWANANGKUL, Peerapong; CHOI, Ji-Weon. Reduced chilling injury and delayed fruit ripening in tomatoes with modified atmosphere and humidity packaging. *Scientia Horticulturae*, 2018, 231: 66-72.

PARKER, Geoffrey G. *Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you*. WW Norton & Company, 2016.

PATHAK, Surya D., et al. Complexity and adaptivity in supply networks: Building supply network theory using a complex adaptive systems perspective. *Decision sciences*, 2007, 38.4: 547-580.

PECK, Helen, et al. *Creating Resilient Supply Chains: A practical guide*, Centre for Logistics and Supply Chain Management. *Cranfield School of Management*, 100p, 2003.

PELLING, Mark; UITTO, Juha I. Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 2001, 3.2: 49-62.

PENG, Xiangzhen, et al. A refined supervision model of rice supply chain based on multi-blockchain. *Foods*, 2022, 11.18: 2785.

PONOMAROV, Serhiy Y.; HOLCOMB, Mary C. Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*, 2009, 20.1: 124-143.

REJEB, Abderahman, et al. Blockchain technology in the food industry: A review of potentials, challenges and future research directions. *Logistics*, 2020, 4.4: 27.

RENTING, Henk; MARSDEN, Terry K.; BANKS, Jo. Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and planning A*, 2003, 35.3: 393-411.

ROBB, Lachlan; DEANE, Felicity; POWELL, Warwick. Panoptic blockchain ecosystems: An exploratory case study of the beef supply chain. *Monash University Law Review*, 2020, 46.2: 79-106.

ROGERSON, Michael; PARRY, Glenn C. Blockchain: case studies in food supply chain visibility. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2020, 25.5: 601-614.

SAHU, Atul Kumar, et al. Lean–agile–resilience–green practices adoption challenges in sustainable agri-food supply chains. *Business Strategy and the Environment*, 2023, 32.6: 3272-3291.

SALEH, Joseph Homer, et al. Maintenance and inspection as risk factors in helicopter accidents: Analysis and recommendations. *PloS one*, 2019, 14.2: e0211424.

SHARMA, Vikash, et al. A systematic literature review to integrate lean, agile, resilient, green and sustainable paradigms in the supply chain management. *Business Strategy and the Environment*, 2021, 30.2: 1191-1212.

SHEFFI, Yossi; RICE JR, James B. A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan management review*, 2005.

SHEKARIAN, Mansoor; MELLAT PARAST, Mahour. An Integrative approach to supply chain disruption risk and resilience management: a literature review. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2021, 24.5: 427-455.

SILBERMAYR, Lena; MINNER, Stefan. A multiple sourcing inventory model under disruption risk. *International Journal of Production Economics*, 2014, 149: 37-46.

SIMANGUNSONG, Elliot; HENDRY, Linda C.; STEVENSON, Mark. Managing supply chain uncertainty with emerging ethical issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 2016, 36.10: 1272-1307.

SINGH, Rajesh Kumar; GUPTA, Ayush; GUNASEKARAN, Angappa. Analysing the interaction of factors for resilient humanitarian supply chain. *International Journal of Production Research*, 2018, 56.21: 6809-6827.

STONE, Jamie; RAHIMIFARD, Shahin. Resilience in agri-food supply chains: a critical analysis of the literature and synthesis of a novel framework. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2018, 23.3: 207-238.

SVENSSON, Göran. A conceptual framework of vulnerability in firms' inbound and outbound logistics flows. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2002, 32.2: 110-134.

TANG, Christopher S. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2006, 9.1: 33-45.

THAKUR, Maitri; HURBURGH, Charles R. Framework for implementing traceability in the bulk grain supply chain. *Operational techniques for implementing traceability in bulk product supply chains*, 2010, 1001.4: 20.

TORKY, Mohamed; HASSANEIN, Aboul Ella. Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 178: 105476.

TREIBLMAIER, Horst; CLOHESSY, Trevor. Blockchain and distributed ledger technology use cases. *Cham, Switzerland: Springer*, 2020.

TSOLAKIS, Naoum, et al. Supply network design to address United Nations Sustainable Development Goals: A case study of blockchain implementation in Thai fish industry. *Journal of Business Research*, 2021, 131: 495-519.

UMAR, Muhammad; WILSON, Mark MJ. Inherent and adaptive resilience of logistics operations in food supply chains. *Journal of Business Logistics*, 2024, 45.1: e12362.

VALI-SIAR, Mohammad Mahdi; ROGHANIAN, Emad. Sustainable, resilient and responsive mixed supply chain network design under hybrid uncertainty with considering COVID-19 pandemic disruption. *Sustainable production and consumption*, 2022, 30: 278-300.

VAN HOEK, Remko I.; HARRISON, Alan; CHRISTOPHER, Martin. Measuring agile capabilities in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, 2001, 21.1/2: 126-148.

VAN RIJSWIJK, Wendy; FREWER, Lynn J. Consumer perceptions of food quality and safety and their relation to traceability. *British Food Journal*, 2008, 110.10: 1034-1046.

VLAJIC, J.V. et al.: *A framework for designing robust food supply chain*. *Int. J. Prod. Econ*, 2012, 137: 176-189

WALKER, Brian, et al. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and society*, 2004, 9.2.

WANG, Lu; LUO, Jianli. Vegetable supply chain integration: the case of a trinity cooperative in China. *International Food and Agribusiness Management Review*, 2019, 22.5: 767-780.

WANG, Yanjun; YU, Yugang. Flexible strategies under supply disruption: the interplay between contingent sourcing and responsive pricing. *International Journal of Production Research*, 2020, 58.16: 4829-4850.

- WANSINK, Brian; CHENEY, Matthew M.; CHAN, Nina. Exploring comfort food preferences across age and gender. *Physiology & behavior*, 2003, 79.4-5: 739-747.
- WICAKSONO, Tutar; ILLÉS, Csaba Bálint. From resilience to satisfaction: Defining supply chain solutions for agri-food SMEs through quality approach. *PloS one*, 2022, 17.2: e0263393.
- WIELAND, Andreas; DURACH, Christian F. Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 2021, 42.3: 315-322.
- WIELAND, Andreas; WALLENBURG, Carl Marcus. Dealing with supply chain risks: Linking risk management practices and strategies to performance. *International journal of physical distribution & logistics management*, 2012, 42.10: 887-905.
- WONG, Christina WY; WONG, Chee Yew; BOON-ITT, Sakun. How does sustainable development of supply chains make firms lean, green and profitable? A resource orchestration perspective. *Business Strategy and the Environment*, 2018, 27.3: 375-388.
- WONG, Lai-Wan, et al. Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs. *International Journal of Information Management*, 2020, 52: 101997.
- ZAFAR, Noureen; UL HAQ, Irfan. Traffic congestion prediction based on Estimated Time of Arrival. *PloS one*, 2020, 15.12: e0238200.
- ZHAO, Guoqing; LIU, Shaofeng; LOPEZ, Carmen. A literature review on risk sources and resilience factors in agri-food supply chains. In: *Collaboration in a Data-Rich World: 18th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2017, Vicenza, Italy, September 18-20, 2017, Proceedings 18*. Springer International Publishing, 2017. p. 739-752.
- ZHOU, Tao, et al. Research on supply chain efficiency optimization algorithm based on reinforcement learning. *Advances in Continuous and Discrete Models*, 2024, 2024.1: 51.

Sitografia

[1] <https://www.mecalux.it/blog/supply-chain-cos-e>

[2] <https://edalab.it/supply-chain-significato/#:~:text=Oggi%2C%20con%20il%20termine%20Supply,un%20fornitore%20a%20un%20cliente>

[3] <https://blog.sinfo-one.it/gestire-la-complessit%C3%A0-della-food-supply-chain-in-3-mosse>

[4] <https://www.highspeedtraining.co.uk/hub/what-is-the-food-supply-chain/>

[5] <https://horecanews.it/food-industry-monitor-crescita-e-prospettive-delle-aziende-italiane-del-food>

[6] <https://retailwire.com/discussion/carrefour-uses-blockchain-to-offer-consumers-greater-supply-chain-transparency/>

[7] <https://www.nestle.com/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-open-blockchain-pilot>