



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Recenti sviluppi sulla Supply Chain Resilience: una revisione della letteratura

Recent developments in Supply Chain Resilience: a literature review

Relatore: Chiar.mo
Prof. **Bevilacqua Maurizio**
Prof. **Marcucci Giulio**

Tesi di Laurea di:
Moretti Giorgia

A.A. 2021/2022

Indice

1. Introduzione	1
2. Revisione della letteratura	2
2.1 Concetto di resilienza	2
2.2 Definizione di supply chain resilience	2
2.3 Gestione del rischio, della vulnerabilità e della resilienza nella SC	3
2.4 Capacità logistiche e resilienza della supply chain	7
2.5 Fattori di resilienza e attività di approvvigionamento	8
2.6 Additive manufacturing e resilienza della supply chain	10
2.7 Interruzione della catena di approvvigionamento e Ripple Effect	13
2.8 Resilienza e sostenibilità della catena di approvvigionamento	18
3. Recenti sviluppi	21
3.1 Uso del System Engineering per aumentare la resilienza della supply chain	28
3.2 Incremento della resilienza attraverso l'industria 4.0	29
3.3 Benefici della Blockchain Technology	31
3.4 Ripple Effect	33
3.5 Resilienza delle catene di approvvigionamento globali	35
3.6 Risorse condivise	36
4. Conclusioni	47
5. Bibliografia	49

1. Introduzione

Negli ultimi anni si è riscontrato un notevole interesse accademico per lo studio della Supply Chain Resilience (SCRES). Rendere una catena logistica più resiliente significa che deve acquisire una prontezza agli eventi indesiderati, fornire una risposta efficace ed efficiente, ripristinare lo stato originale o acquisire maggiore consapevolezza dallo spiacevole episodio e crescere per migliorare le prestazioni future.

Ogni attività che dipende da una catena di approvvigionamento presenta il rischio che avvengano eventi imprevisti i quali, spesso, accadono rapidamente e senza preavviso. Le interruzioni della supply chain impattano negativamente ed in modo significativo a livello operativo e finanziario. Queste ultime possono essere causate sia da fonti esterne, come i disastri naturali, sia da fonti interne, come la perdita di un fornitore importante.

Inoltre, il mercato ha attualmente raggiunto un grado di complessità elevato in quanto sempre più aziende si affidano a partner esterni per forniture di materie prime, l'assemblaggio di componenti, la produzione e distribuzione dei prodotti. Questa struttura risulta maggiormente sensibile in quanto gli effetti delle interruzioni non interessano i singoli membri, ma si ripercuotono sull'intera rete, specialmente se l'interruzione avviene a monte generando il così detto "effetto a catena".

Negli ultimi anni, le supply chain hanno subito vari incidenti che hanno messo in pericolo le loro prestazioni. Un esempio è la pandemia COVID-19, che ha recentemente minacciato le reti di approvvigionamento globali. Questo evento imprevisto ha causato numerose difficoltà alle aziende che non erano preparate ad un'interruzione delle catene logistiche di tale portata.

Nonostante le gravissime ripercussioni questa vicenda è stata fonte di sviluppo di nuove soluzioni in grado di incrementare la resilienza delle catene di approvvigionamento e di sostenere le imprese in occasione di avvenimenti disastrosi con ripercussioni su scala globale come lo è stata la pandemia.

Questo documento, revisionando la letteratura disponibile, esamina il concetto di resilienza cercando di darne una prima definizione, chiarisce l'importanza di questa caratteristica in un contesto aziendale, in modo particolare analizzando il suo impatto lungo la catena di approvvigionamento. Inoltre, analizza i recenti sviluppi sulla resilienza della supply chain a seguito della pandemia.

2. Revisione della letteratura

2.1 Concetto di resilienza

Letteralmente il termine 'resilienza' indica l'attitudine di un materiale a riprendere, dopo una deformazione, l'aspetto originale. Questo è direttamente correlato a questioni importanti come la vulnerabilità ecologica e sociale, la politica, la psicologia e la gestione del rischio sotto crescenti minacce.

Dal punto di vista organizzativo la resilienza è stata definita come:

- la capacità di mantenere le funzioni desiderate in condizioni difficili o tese
- la capacità di adattamento del sistema che cresce a cambia nel tempo
- la capacità di riprendersi da eventi dirompenti e difficoltà

Tuttavia, dal punto di vista aziendale, la resilienza è più di un semplice recupero; implica anche un certo livello di flessibilità e capacità di adattamento alle influenze sia positive che negative dell'ambiente. È anche una fonte di vantaggio competitivo: risulta quindi molto importante per produrre risultati migliori rispetto a concorrenti meno resilienti.

2.2 Definizione di Supply Chain Resilience

Dalla letteratura revisionata emerge la necessità di dare una chiara definizione al concetto di Supply Chain Resilience (SCRES). I primi passi per spiegare la resilienza nel contesto della gestione della catena di approvvigionamento (SCM) sono stati compiuti da Rice e Caniato nel 2003: questi ultimi sostengono che la resilienza nel contesto di SCM è la "capacità di reagire a un'interruzione imprevista, come quella causata da un attacco terroristico o da un disastro naturale, e di ripristinare le normali operazioni". Wieland (2013) definisce una supply chain è resiliente "se utilizza risorse che le consentono di far fronte al cambiamento". Probabilmente la definizione SCRES più completa e teoricamente fondata proviene da Ponomarov e Holcomb (2009), i quali integrano molteplici discipline scientifiche nella loro definizione. SCRES è descritta come una "capacità adattiva della catena di approvvigionamento di prepararsi a eventi imprevisti, rispondere alle interruzioni, riprendersi da essi mantenendo la continuità delle operazioni al livello desiderato ". Tuttavia, analizzando lo sviluppo delle definizioni nel tempo, si evince come la maggior parte delle proposizioni sono state modificate solo leggermente o si sono riferite a definizioni precedenti.

Nell'esaminare le varie definizioni Nils-Ole Hohenstein, Edda Feisel, Evi Hartmann, Larry Giunipero, basandosi principalmente sullo studio di Ponomarov e Holcomb (2009), hanno individuato come le definizioni di SCRES possono comprendere quattro fasi:

1. Prontezza: agire, far fronte, adattarsi o resistere a eventi imprevisti
2. Risposta: componente fondamentale e reattiva della resilienza
3. Ripresa: ritorno allo stato originale dopo l'interruzione
4. Crescita: aumentare la propria capacità di apprendere dagli eventi passati per una migliore protezione futura e per migliorare l'efficacia delle misure di riduzione del rischio

Da quest'ultimo punto deduciamo come la resilienza della filiera non è quindi più intesa in termini di stabilità, ma in termini di adattamento e trasformazione (Wieland, Durach).

Wieland e Durach nel loro articolo propongono due interessanti prospettive sulla resilienza della filiera che ci aiutano a comprendere quanto sia importante che l'azienda cresca e cambi dopo aver subito un'interruzione al fine di aumentare la resilienza: resilienza della supply chain come resilienza ingegneristica, resilienza della supply chain come resilienza socio-ecologica. La prima prospettiva riguarda la supply chain come resilienza ingegneristica: considera la catena di approvvigionamento come un sistema chiuso assumendola come un organismo ingegnerizzabile, considerando così che i suoi componenti siano numerabili e la sua forma statica. Assumendo che una catena di approvvigionamento si comporti come un sistema ingegnerizzabile significa che esiste uno stato ottimale della catena di approvvigionamento, che qualsiasi deviazione è subottimale, e che si dovrebbe adoperarsi per un rapido ritorno alla normalità.

La seconda prospettiva riguarda la supply chain come resilienza socio-ecologica: un'interpretazione socio-ecologica della resilienza è caratterizzata non dai tentativi di un'organizzazione di conservare uno stato presunto ottimale della catena di approvvigionamento, ma da rinnovamento, riorganizzazione, sviluppo e desiderio di sperimentare (Folke, 2006).

La resilienza è quindi un approccio proattivo e olistico alla gestione dei rischi della catena di approvvigionamento (Scholten, Scott, Fynes, 2014).

2.3 Gestione del rischio, della vulnerabilità e della resilienza nella SC

Nell'ambiente imprenditoriale, gli episodi critici che hanno suscitato interesse verso il concetto di resilienza sono stati i tragici eventi come la protesta britannica per il carburante nel settembre 2000

o come l'attacco terroristico statunitense nel settembre 2001 (Christopher e Peck, 2004). Come risultato di questi eventi in primo piano, gli imprenditori preoccupati per ulteriori minacce sono stati costretti a pensare a modi alternativi per sviluppare strategie per prevenire e far fronte a diversi tipi di interruzioni. Questo argomento è una grande opportunità per esplorare la continuità delle attività all'interno di un'azienda ed il vantaggio competitivo.

Il concetto di resilienza della catena di approvvigionamento è quindi estremamente legato al concetto di vulnerabilità della catena di approvvigionamento e gestione del rischio.

I rischi della catena di approvvigionamento sono tutto ciò che può interrompere o impedire i flussi di informazioni, materiali o prodotti dai fornitori alla consegna del prodotto finito all'utente finale (Peck, 2006). Un'interruzione della catena di approvvigionamento è una situazione non intenzionale, sfavorevole ed eccezionale (Wagner e Bode, 2006).

Negli ultimi decenni, le aziende hanno stabilito catene di approvvigionamento globali (GSC) espandendo le attività di delocalizzazione e esternalizzazione per beneficiare di una maggiore produttività, minori costi del lavoro e accesso a scarse risorse all'estero (López e Ishizaka, 2019). Questo sviluppo ha portato a un aumento della complessità e delle interdipendenze delle catene di approvvigionamento (Gölgeci, Yildiz e Andersson, 2020). Le GSC sono nettamente inferiori per quanto riguarda flessibilità, tempi di consegna e capacità di ripristino in caso di interruzioni della catena di approvvigionamento, inoltre, qualsiasi tipo di interruzione nel flusso delle merci può avere un impatto su tutte le aziende interconnesse lungo la catena.

Una definizione ampiamente accettata di questo concetto è stata proposta da Jüttner (2003): la gestione del rischio della catena di approvvigionamento è definita come "l'identificazione di potenziali fonti di rischio e l'attuazione di strategie appropriate attraverso un approccio coordinato tra i membri della catena di approvvigionamento, per ridurre la vulnerabilità della catena di approvvigionamento". Il rischio della catena di approvvigionamento è stato anche definito come qualsiasi pericolo per il flusso di informazioni, materiali e prodotti dai fornitori originali alla consegna del prodotto finale (Christopher 2003).

Manuj e Mentzer (2008) hanno suggerito un modello in cinque fasi per la gestione del rischio della catena di approvvigionamento globale. Questi cinque passaggi includono: l'identificazione, la valutazione del rischio, la selezione di strategie di gestione del rischio appropriate, l'implementazione della strategia e la mitigazione dei rischi della catena di approvvigionamento.

È stato suggerito da Christopher e Lee (2004) che uno dei modi migliori per affrontare il rischio della catena di approvvigionamento è aumentare la fiducia nella catena stessa. La fiducia nella catena di

approvvigionamento non può essere guadagnata a meno che non abbia la capacità di riprendersi o adattarsi facilmente alle avversità o al cambiamento. Ciò riflette un elemento di resilienza.

I rischi possono provenire sia dall'impresa stessa che dalla catena di approvvigionamento di cui l'impresa fa parte o dall'ambiente della catena di approvvigionamento. I rischi possono essere di processo o di controllo: la variabilità delle operazioni e della logistica in entrata e in uscita causano rischi di processo, Mentre problemi gestionali e scarsa visibilità della catena di approvvigionamento cause non rischi di controllo. Ulteriori rischi possono essere legati alla domanda e all'offerta: in rischio di domanda è associato principalmente alle differenze tra la domanda prevista e quella reale, invece, dal lato dell'offerta i rischi a cui si va incontro sono le variazioni nel tempo di qualità e quantità promessi (Ozdemir, Sharma, Dhir, Daim 2022).

La resilienza della catena di approvvigionamento si occupa di molteplici tipi di rischi in più fasi del processo di gestione del rischio lungo la catena di approvvigionamento.

Come nell'articolo di Xavier Brusset e Christoph Teller distinguiamo i due principali tipi di rischio della catena di approvvigionamento:

- rischi interni: derivano da fornitori e clienti, ovvero i rischi al di fuori dell'azienda ma all'interno della catena di approvvigionamento che influiscono sul modo in cui le aziende saranno in grado di ottenere tutti i vantaggi dall'aumento delle capacità operative (capacità di un'azienda di eseguire e coordinare i vari compiti richiesti per svolgere attività operative, come la logistica di distribuzione e la pianificazione delle operazioni) per sviluppare la resilienza. Sono indicati come interni in quanto dovrebbero essere sotto il controllo del gestore della catena di approvvigionamento. I fornitori, ad esempio, potrebbero essere causa di rischio per mancanza di affidabilità, tempi di consegna o problemi di consegna, i clienti invece per instabilità della domanda
- rischi esterni: si trovano al di fuori del suo controllo del manager e sono rischi economici, politici e sociali che influenzano le prestazioni e la qualità della catena di approvvigionamento

Il documento proposto da Uta Jüttner e Stan Maklan (2011) studia la relazione tra i concetti correlati di vulnerabilità (SCV) e di resilienza della catena di approvvigionamento.

Gli autori descrivono la resilienza e la vulnerabilità come indici di suscettibilità della catena di approvvigionamento alla probabilità che si verifichino interruzioni ed alle conseguenze che ne derivano.

I ricercatori nel loro articolo suggeriscono che la gestione del rischio (principalmente affrontata dalle azioni SCRM) può aiutare a chiarire la relazione tra resilienza e vulnerabilità. Dalla letteratura

emergono tre tipi di azioni di gestione del rischio: quelle che affrontano principalmente la probabilità che si verifichino, le azioni incentrate sugli effetti del rischio e qualsiasi azione che aumenta la consapevolezza dei rischi che possono avvenire lungo la catena di approvvigionamento. Se un'iniziativa di gestione del rischio riduce solo la probabilità che il rischio avvenga, la vulnerabilità viene ridotta ma non avrà alcun effetto sulla resilienza. Un esempio che ci aiuta a comprendere meglio questo concetto è il seguente: evitare determinate aree geografiche a rischio ridurrà la probabilità di un'interruzione causata, ad esempio, dall'instabilità politica nella regione, tuttavia, non ha aumentato la sua capacità di rispondere e riprendersi dall'interruzione stessa. Di contro se si affrontano gli effetti del rischio, la resilienza aumenta. Ad esempio, è probabile che un insieme di fornitori disperso a livello globale influisca positivamente sullo SCRES nel caso di un evento di rischio. La catena di approvvigionamento può ricorrere a fornitori di altre regioni se solo una regione è interessata dall'evento di rischio e, quindi, garantire una risposta flessibile all'evento. Infine, un approccio al rischio che miri ad aumentare la conoscenza e la consapevolezza dei rischi che la catena di approvvigionamento può subire, dovrebbe avere un impatto positivo anche su SCRES. Inoltre, è stato anche suggerito che la gestione della conoscenza del rischio può ridurre l'SCV perché la conoscenza è un prerequisito importante per adottare misure contrastanti prima di un evento di rischio.

Come analizzato da Ozdemir, Sharma, Dhir, Daim nel loro studio costruire la resilienza richiede strategie diverse a seconda del tipo di interruzione, della posizione dell'azienda all'interno della catena di approvvigionamento, dell'effetto dell'interruzione sull'azienda e sulla catena di approvvigionamento e da altri fattori. Gli sforzi di sviluppo della resilienza possono verificarsi a livello di azienda o di catena di approvvigionamento. Ogni azienda all'interno della catena può migliorare la propria resilienza esaminando la sua vulnerabilità, ma l'efficacia di questo approccio è limitata perché la resilienza a livello di catena di approvvigionamento è correlata alle prestazioni integrate delle imprese nella catena. Con l'aumento del numero di aziende non interessate durante un'interruzione, la catena di approvvigionamento diventa più resiliente. Comprendere i modi in cui le interruzioni influiscono sulla catena di approvvigionamento consente un'allocazione ottimale delle risorse e una mitigazione efficace, migliora le prestazioni della catena di approvvigionamento e serve gli interessi dell'intera catena di approvvigionamento.

Che derivi da fonti interne, esterne o ambientali, il rischio può avere un impatto sulle aziende e sulle loro catene di approvvigionamento a causa della loro mancanza di flessibilità, condivisione delle informazioni o capacità.

Per concludere, possiamo affermare che i rischi della catena di approvvigionamento relativi a fattori esterni e quelli relativi ai partner della catena di approvvigionamento a monte e a valle influenzano la relazione tra capacità e resilienza della catena di approvvigionamento.

2.4 Capacità logistiche e Resilienza della SC

Con l'aumento dei rischi della catena di approvvigionamento, aumenta anche la necessità per le aziende di sviluppare processi e capacità logistiche che possano consentire loro di essere capaci di fornire una risposta efficiente ed efficace e di continuare con l'attività come pianificato. Pertanto, non è possibile comprendere meglio la resilienza nelle catene di approvvigionamento senza considerare le capacità logistiche.

Xavier Brusset e Christoph Teller nel loro studio inerente alle capacità ed al rischio delle catene logistiche hanno concluso che le seguenti caratteristiche sono importanti per l'aumento della resilienza di una supply chain: integrazione e flessibilità delle capacità logistiche.

Dallo studio risulta una stretta relazione tra le capacità dei partner esterni con cui l'azienda collabora ed il livello di resilienza nelle catene di approvvigionamento. Risulta quindi fondamentale l'integrazione della catena di fornitura che è stata definita come "il grado in cui un produttore collabora strategicamente con i suoi partner e gestisce in modo collaborativo i processi all'interno dell'organizzazione: l'obiettivo è ottenere flussi efficaci ed efficienti di prodotti e servizi, informazioni, denaro e decisioni, per fornire il massimo valore al cliente a basso costo e ad alta velocità" (Naylor et al., 1999 , Frohlich e Westbrook, 2001 , Flynn et al. al., 2010). Gli articoli di Pagell (2004), Lin (2006) , Faisal (2007) e Rajaguru e Matanda (2013) sottolineano come per migliorare l'integrazione ed il coordinamento inter-organizzativo sono fondamentali sistemi e pratiche IT (Information Technology) che consentono di scambiare informazioni in tempo reale. Tale integrazione dell'IT con i processi della catena di approvvigionamento migliora la collaborazione nella catena attraverso continui adeguamenti della linea di prodotti e delle scorte, nonché la condivisione di previsioni, dati di vendita e livelli di inventario. Le tecnologie che consentono di tracciare e rintracciare le merci forniscono un maggiore controllo sulle operazioni all'interno della catena, nonché notifiche tempestive e accesso a informazioni dettagliate quando si verificano eventi. L'integrazione fornisce la capacità di ridurre i costi ed i rischi grazie al flusso libero di informazioni in tempo reale. Le Information Technologies risultano quindi molto importanti per l'aumento della resilienza nella catena logistica.

L'elasticità della capacità, invece, aumenta la reattività di una catena di approvvigionamento agli stimoli dei consumatori finali. I processi di previsione e pianificazione all'interno della catena di approvvigionamento vengono ampliati, con conseguente miglioramento delle capacità reattive della catena di approvvigionamento consentendole di prevedere i cambiamenti della domanda finale e di adattarsi ad essi sia nelle operazioni a monte che a valle (Olhager, 2013). Tali pratiche, denominate congiuntamente Sales and Operations Planning (S&Op), forniscono un collegamento vitale tra le operazioni di produzione snella all'interno della catena di approvvigionamento e le operazioni di distribuzione consentendo un migliore controllo delle scorte e dei programmi di produzione.

Combinando e migliorando le capacità di integrazione e flessibilità si può ottenere resilienza nella catena di approvvigionamento. Ciò significa che non solo devono utilizzare gli strumenti IT per integrare la propria organizzazione interna, ma anche utilizzare altri software di gestione della catena di approvvigionamento per integrare i propri fornitori, clienti, distributori e fornitori di servizi logistici. Questi sforzi migliorano la collaborazione condividendo previsioni e dati di vendita e consentendo continui adeguamenti dell'inventario. In collaborazione con i fornitori di servizi logistici, l'utilizzo di tecnologie di tracciabilità e rintracciabilità delle merci fornisce suggerimenti avanzati su eventi e problemi che influiscono sui livelli e sulla qualità del servizio. Tali pratiche non sono state ancora padroneggiate da tutte le catene di approvvigionamento.

2.5 Fattori di resilienza e attività di approvvigionamento

Il rafforzamento della collaborazione tra acquirenti e fornitori può aiutare in modo significativo a mitigare il rischio, soprattutto quando si tratta di approvvigionamento globale.

Oltre a questa preoccupazione, la tendenza all'elevata variabilità della domanda e alla breve vita dei prodotti, nonché le diverse aspettative ed esigenze dei clienti hanno avuto un impatto sulle operazioni della catena di approvvigionamento, rendendole più instabili e imprevedibili. Nell'articolo di Pereira, Christopher, Da Silva risulta come le attività di approvvigionamento contribuiscono in modo significativo alla creazione della resilienza della catena di approvvigionamento.

Sebbene le cause delle interruzioni possano derivare da qualsiasi elemento della catena di approvvigionamento, si osserva che le interruzioni di fornitura sono più critiche quando si verificano a monte della catena. Per questo motivo, l'approvvigionamento è diventato un'attività aziendale delicata e complessa in quanto funge da ponte tra le imprese.

Scholten, Sharkey Scott, Fynes nel loro articolo cercano di integrare la letteratura su SCRES e processi concreti di gestione delle emergenze nelle attività di approvvigionamento.

La loro ricerca identifica quattro capacità primarie per lo sviluppo della resilienza:

- (ri)ingegnerizzazione della catena di approvvigionamento: questa caratteristica implica che tutti i membri della catena debbano avere una comprensione della rete (Christopher e Peck, 2004; Ponis e Koronis, 2012; Ponomarov e Holcomb, 2009) da allineare in caso di interruzione (Jüttner e Maklan, 2011). La mappatura della rete di approvvigionamento implica la comprensione di chi possiede cosa, nonché le misure in atto dopo il verificarsi di un rischio (Harland, 2003). Tali mappe possono quindi indirizzare l'attenzione del management e consentire la definizione delle priorità della pianificazione (Sheffi e Rice, 2005) poiché i processi e le strutture per assorbire i rischi sono già in atto quando si verifica l'evento di rischio (Wieland e Wallenburg, 2012). Ciò è particolarmente rilevante per fornire qualcosa che possa far guadagnare tempo a un'azienda per riprendersi da un'interruzione (Zsidisin e Wagner, 2010), ad esempio scorte di sicurezza o più fornitori. Comprendere dove l'inventario dovrebbe essere strategicamente posizionato, in quale forma dovrebbe essere tenuto e quanto è necessario, consente una gestione efficace delle interruzioni e aumenta la resilienza (Blackhurst, 2011). Questo può essere ottenuto solo attraverso la collaborazione tra i diversi membri della catena di approvvigionamento.
- Collaborazione: può essere verticale o orizzontale, mentre la collaborazione verticale coinvolge diversi membri in diverse fasi della catena del valore (fornitori, produttori, clienti, ecc.), la collaborazione orizzontale avviene tra diverse organizzazioni che lavorano allo stesso livello, solitamente in partnership, o tra diversi dipartimenti funzionali all'interno di un'organizzazione. La collaborazione non è importante solo prima e durante un'interruzione, ma anche dopo, al fine di condividere le esperienze tra le parti per aumentare la capacità del sistema di affrontare i rischi futuri (Jüttner e Maklan, 2011; Sheffi, 2005);
- Agilità: la resilienza implica agilità, ovvero la flessibilità e la capacità di adattarsi rapidamente alle influenze ambientali sia positive che negative (Ponomarov e Holcomb, 2009). Tuttavia, per fare ciò, la visibilità, ovvero la capacità di vedere da un'estremità all'altra della catena di approvvigionamento, è di fondamentale importanza (Christopher e Peck, 2004; Jüttner e Maklan, 2011; Petti, 2013). La visibilità della catena di approvvigionamento attraverso le tecnologie digitali o la mappatura del flusso di valore, può fornire un grande potenziale per rilevare le anomalie attraverso la catena del valore, ottenendo così una maggiore efficienza nello sfruttamento (Lee e Rha, 2016), inoltre, garantisce fiducia nella catena di approvvigionamento,

prevenendo reazioni eccessive, interventi non necessari e decisioni inefficaci in una situazione di rischio (Christopher e Lee, 2004);

- Consapevolezza del rischio: la capacità di imparare dalle interruzioni passate per sviluppare una migliore preparazione per eventi futuri è una delle principali proprietà della resilienza. Pertanto, è necessario fornire formazione a dipendenti, fornitori e clienti sulla sicurezza e sui rischi della rete di approvvigionamento per aumentare la consapevolezza e rafforzare l'importanza della resilienza della catena di approvvigionamento (Blackhurst, 2011, Riso e Caniato, 2003).

Dalla letteratura emergono ulteriori strategie per aumentare la resilienza della catena di approvvigionamento come:

- flessibilità di approvvigionamento: può essere considerata un fattore chiave per la resilienza grazie alla capacità di scegliere la fonte di approvvigionamento più conveniente individuando quella più economica o rafforzando il potere contrattuale delle aziende nelle negoziazioni sui prezzi con i loro fornitori. Per questo motivo diversi autori sostengono che affidarsi ad un unico fornitore potrebbe essere rischioso. La flessibilità permette di soddisfare nuove richieste in termini di tipo o quantità di prodotto e di riconfigurare la filiera (a monte e a valle) decidendo in modo flessibile se produrre o acquistare, cambiare sede o implementare la specializzazione del sito, tenendo sotto controllo un insieme di fornitori.
- utilizzo delle scorte: la disponibilità di scorte a magazzino consente alle aziende di essere reattive offrendo capacità extra in un'area strategica che mira a colmare eventuali deficit di altre. L'inventario risulta quindi un'ottima strategia per migliorare l'agilità e la reattività e dà tempo alle aziende di trovare soluzioni dopo le interruzioni, ma riduce la possibilità di incidenti indesiderati. Nel merito, Zsidisin e Wagner (2010) e Carvalho (2012a) spiegano che le scorte di emergenza possono essere una buona soluzione per situazioni di impreviste. A differenza delle scorte di sicurezza che vengono utilizzate per coprire le fluttuazioni quotidiane della domanda, quelle di emergenza sono usate per mitigare gli effetti di interruzioni impreviste nella catena di approvvigionamento.

2.6 Additive Manufacturing e resilienza della supply chain

Nel perseguire lo sviluppo di resilienza delle catene di approvvigionamento le aziende stanno considerando l'Additive Manufacturing (AM) comunemente nota come stampa 3D, una tecnologia in grado di fabbricare prodotti direttamente da file digitali senza la necessità di utensili o stampi. Le

caratteristiche uniche di questa tecnologia come la mancanza di attrezzature, la produzione su richiesta, la libertà di geometria e il consolidamento degli assemblaggi in singoli componenti hanno portato studi recenti a suggerire l'AM come tecnologia che potrebbe migliorare la flessibilità, nonché la resilienza della catena di approvvigionamento (Alogla, Baumers, Tuck, Elmadih, 2021). Oettmeier e Hofmann (2016) spiegano come il processo di costruzione in AM avviene in genere strato su strato, al contrario delle lavorazioni tradizionali.

Poiché l'AM non richiede strumenti specifici per oggetto, la produzione di piccoli lotti, può diventare economicamente fattibile (Berman, 2012). In particolare, la tecnologia AM si rivela utile per garantire versatilità digitale e reverse engineering, qualità che dimostrano la capacità di fornire una risposta rapida alle emergenze con un livello di efficienza più elevato (Choong et al., 2020).

Il documento proposto da Belhadi, Kambl, Venkatesh, Jabbour, Benkhati analizza il potenziale della tecnologia di produzione additiva (AM) per chiarire come possa essere in grado di costruire contemporaneamente efficienza e resilienza della catena di approvvigionamento. La relazione tra resilienza ed efficienza della catena di approvvigionamento è caratterizzata da numerose tensioni derivanti da obiettivi e parametri contraddittori e contrastanti (Gu, 2021; Ruiz-Benítez, 2018; Kortmann, 2014). Ad esempio, le aziende che cercano la resilienza della catena di approvvigionamento in contesti turbolenti sono quelle che tendono ad avere elevati costi associati alla costruzione di magazzini strategici e manutenzione delle linee produttive (Belhadi, 2020). D'altra parte, le aziende che enfatizzano l'efficienza operativa a scapito della resilienza sono quelle che eliminano sistematicamente tutti i costi attribuibili allo stoccaggio (Belhadi, 2018). Queste aziende sono le prime aziende a chiudere in caso di eventi imprevisti come dimostrato durante l'epidemia di COVID-19 (Belhadi, 2020). Pertanto, il raggiungimento simultaneo della resilienza e dell'efficienza della filiera non è più una scelta, ma una necessità. I risultati di questo studio presentano le seguenti conclusioni su come questa tecnologia sia in grado di apportare miglioramenti nella supply chain:

- L'analisi dei dati estratti dall'integrazione dei sensori nei macchinari di AM può ridurre i difetti e migliorare l'affidabilità del processo di produzione, oltre a potenziare la pianificazione della produzione, che aiuta a mitigare e prevenire i colli di bottiglia;
- Sensori di rete lungo tutta la catena di approvvigionamento, il che può favorire la visibilità della catena di approvvigionamento;
- La visibilità e la collaborazione acquisite migliorano le capacità delle aziende di rispondere prontamente alle interruzioni e di prendere decisioni tempestive in modo efficace;

- L'integrazione dei sensori in AM fornisce dati utili e approfonditi, che possono essere analizzati per migliorare la qualità del prodotto e ridurre i costi di rilavorazione, qualità e manutenzione;
- Le capacità innovative di AM garantiscono la riduzione dei costi dei difetti di qualità, dei costi delle attrezzature, dei costi di manodopera e delle scorte;
- Le capacità innovative di AM assicurano una riduzione dei tempi di consegna;
- Le capacità innovative di AM garantiscono una fornitura rapida ed efficiente per soddisfare la domanda del mercato;
- Le capacità innovative di AM garantiscono la semplificazione delle reti nella catena di approvvigionamento, che consente una migliore collaborazione, comunicazione e visibilità;
- Le capacità innovative di AM garantiscono una produzione puntuale di prodotti di alta qualità a costi ragionevoli;
- L'innovazione progettuale di AM garantisce lanci di prodotti più rapidi, risposte più rapide alle modifiche previste e tempi di consegna e flessibilità della capacità migliorati;
- L'innovazione di AM migliora la collaborazione tra i partner della catena di approvvigionamento, riduce il tempo tra la stesura del progetto e la produzione (time to market) e migliora la programmazione della produzione;
- La libertà di progettazione dell'AM e la riconfigurazione del prodotto consentono all'azienda di rispondere rapidamente al mercato e alla domanda dei clienti;
- L'innovazione progettuale di AM consente la creazione di nuove alternative progettuali con bassi investimenti, costi di attrezzaggio ridotti e cambio macchina;
- La libertà di progettazione fornita da AM migliora la qualità del prodotto e implica meno rilavorazioni, il che riduce i costi.

Nel 2022 Naghshineh e Carvalho hanno pubblicato uno studio inerente alle implicazioni dell'additive manufacturing nella resilienza delle catene di approvvigionamento. Nell'articolo emergono aspetti positivi e negativi dell'AM che verranno elencati di seguito, ma le conclusioni finali sono sostanzialmente in linea con quanto affermato anche da Alogla, Baumers, Tuck e Elmadih nel loro studio.

Gli aspetti positivi che l'AM apportano alla supply chain sono: migliora la possibilità di esternalizzare i processi di produzione, influenza positivamente la riallocazione della produzione, mitiga le

conseguenze delle interruzioni e la capacità distribuita, riduce la vulnerabilità della SC all'imprevedibilità della domanda dei clienti, alle interruzioni dei clienti, alla complessità delle operazioni di processo, all'estensione della rete di fornitura e alla dipendenza da fonti specializzate, influenza positivamente la ridondanza (consente a un sistema di produzione di modificare il proprio volume di produzione quando necessario) nei processi di produzione, consente ai produttori di accedere a strutture geograficamente disperse per reindirizzare rapidamente i requisiti di capacità di produzione in caso di interruzioni, AM consente la scalabilità della capacità di produzione (stimata in base a quanto sia facile aumentare la capacità di produzione quando la domanda aumenta) fornendo la capacità di riserva richiesta, potenzia i canali di distribuzione (il passaggio dall'inventario fisico all'inventario digitale tramite un sistema di produzione AM consente un multisourcing logistico più semplice) e facilita la modalità di trasporto (i materiali in input sono minori).

Di contro gli aspetti negativi sono: l'AM può incrementare la vulnerabilità della SC a causa dell'utilizzo di materiali limitati, della dipendenza dal flusso di informazioni e dal rischio di spionaggio industriale, bassa velocità di produzione, costo elevato dei macchinari, costi elevati di riparazione e manutenzione, mancanza di conoscenze e capacità di progettazione, mancanza di formazione del personale, elevato consumo di energia, l'alto costo del materiale AM, la mancanza di standardizzazione del materiale AM, le normative sui materiali AM e la tracciabilità limitata del materiale AM rafforzano l'effetto limitante dell'adozione di AM sulle alternative disponibili per le fonti di approvvigionamento.

Per concludere, come nell'altro studio analizzato, possiamo affermare che la tecnologia AM influisce sulla dinamica delle SC influenzando così le capacità e la vulnerabilità, caratteristiche alla base della resilienza della supply chain stessa. In generale l'adozione dell'AM dovrebbe migliorare l'SCR migliorando principalmente lo stato dell'SC, influenzando così positivamente molteplici capacità della catena di approvvigionamento che sono antecedenti allo sviluppo della resilienza, ma può anche dar luogo a determinate vulnerabilità.

2.7 Interruzione della catena di approvvigionamento e Ripple Effect

Li e Zobel nel loro articolo pongono l'attenzione su un aspetto riguardante le interruzioni della catena di approvvigionamento e la gestione dei rischi che nella letteratura, in passato, non è stato particolarmente trattato: l'effetto ripple. È importante riconoscere che molti degli studi SCRES esistenti adottano un approccio statico per caratterizzare la resilienza, con relativamente pochi di essi che considerano l'impatto della propagazione del rischio, o l'effetto a catena, in un contesto di

rete complesso (Basole e Bellamy, 2014; Zhao, 2019). Recentemente, invece, lo studio di questo fenomeno (molto diffuso nella realtà) ha riscontrato grande interesse da parte dei ricercatori.

La tradizionale gestione del rischio della catena di approvvigionamento inizia normalmente con l'identificazione del rischio e termina con diverse strategie per gestire i rischi identificati (Craighead, Blackhurst, Rungtusanatham & Handfield, 2007). Questo approccio è efficace nel far fronte a interruzioni esistenti o previste, ma meno efficace nel gestire quelle improvvise o impreviste. Per quest'ultimo motivo è importante che le aziende siano resilienti per prepararsi al meglio, rispondere rapidamente e riprendersi da interruzioni impreviste.

Una rete della catena di approvvigionamento (SCN) è vulnerabile non solo a causa degli impatti diretti delle interruzioni, ma anche a causa dell'effetto a catena (noto anche come propagazione del rischio). Si tratta del fenomeno per cui un'interruzione improvvisa di alcuni nodi in una SC può diffondersi ai nodi vicini e, infine, avere un impatto negativo su altre aziende (Dolgui, 2018; Scheibe e Blackhurst, 2017; Li, 2019).

L'effetto a catena si verifica quando un'interruzione, anziché rimanere localizzata o essere contenuta in una parte del SC, si ripercuote a valle e influisce sulle prestazioni dell'intera catena (Dolgui, Ivanov e Sokolov 2018).

L'effetto ripple potrebbe incidere negativamente sulla redditività della SC attraverso: minori ricavi, ritardi nelle consegne, perdita di quote di mercato, ecc. La conseguenza di quella che inizialmente è una perturbazione locale può quindi espandersi e trasformarsi in una problematica di lunga durata (Li, Zobel).

L'effetto Ripple è un'area specifica delle interruzioni SC e un fattore che incide in modo particolare sulla resilienza della supply chain. La misura in cui l'impatto dell'interruzione di un'azienda si verifica e persiste anche nelle imprese ad essa collegate, può essere considerata un indicatore parziale della resilienza della rete, nel suo insieme, all'interruzione.

Ignorare questo effetto a catena può comportare un'errata percezione dell'SCNR e una sottovalutazione del rischio sistemico affrontato dalla catena di approvvigionamento.

La ricerca di Li e Zobel si concentra, in particolare, sullo studio della propagazione del rischio da una prospettiva di rete complessa. In questo contesto, la propagazione del rischio come processo dinamico risulta dall'effetto combinato dell'impatto iniziale dell'interruzione, della struttura della rete e delle capacità di rischio a livello di impresa (Huang e Qing 2008; Basole e Bellamy, 2014). Per comprendere il processo di propagazione del rischio data la gravità iniziale di una particolare

interruzione, è quindi necessario considerare anche come la struttura della rete influisca sul comportamento di resilienza della filiera. Riassumendo le implicazioni di questa ricerca sono:

-L'influenza del tipo di rete sull'SCNR è principalmente associata a effetti a breve termine e meno a effetti a lungo termine;

-All'aumentare della velocità con cui i nodi della rete recuperano il normale funzionamento migliora la robustezza della rete stessa e consente di diminuire il tempo totale di recupero. Questo è il metodo più efficace per migliorare l'SCNR, in particolare con l'esistenza della propagazione del rischio. Le attività utilizzate per aumentare la probabilità di recupero sono: l'aumento della visibilità all'interno della catena di approvvigionamento, l'adozione di un livello di scorte più elevato e la stipula di contratti con i fornitori di riserva. Non potendo investire su tutti i nodi è necessaria la selezione dei nodi critici, che impattano maggiormente sia a breve che a lungo termine, in cui investire per massimizzare l'SCNR. La scelta del livello ottimale di resilienza è una decisione fondamentale da prendere, poiché la sovraccapacità comporta costi inutili mentre la sotto capacità espone le aziende a rischi;

-Un investimento ideale in SCNR aumenterebbe la robustezza e allo stesso tempo ridurrebbe il tempo totale di recupero. Tuttavia, l'aumento della robustezza può portare a tempi di recupero più lunghi in alcuni casi: ad esempio diminuendo la probabilità di infezione si ottiene una maggiore robustezza, ma tempi di recupero più lunghi. Poiché questo compromesso tra robustezza e tempo di recupero è il compromesso tra benefici a breve e lungo termine, in pratica, i professionisti dovrebbero valutare l'effetto complessivo delle loro decisioni di mitigazione e ripristino al fine di ottenere risultati complessivi più efficaci;

-La selezione degli indicatori delle prestazioni (robustezza, tempi di recupero, funzionalità media) della rete è fondamentale per misurare la resilienza della catena di approvvigionamento. I manager dovrebbero concentrarsi sugli indicatori di prestazione che preferiscono, ma devono prendere in considerazione anche i comportamenti di altri indicatori.

Nell'articolo di ricerca di Li, Chen, Colligon, Ivanov emerge un ulteriore approfondimento: gli autori considerano che un'interruzione locale può propagarsi in avanti o indietro attraverso il flusso di materiale e alla fine influenzare l'intera rete della catena di approvvigionamento (SCN). È importante sottolineare la differenza tra propagazione delle interruzioni in avanti e all'indietro, poiché necessitano di strategie di mitigazione diverse, inoltre, causano differenti effetti sulla rete e sulle prestazioni dell'impresa. La propagazione dell'interruzione diretta in genere può essere mitigata se l'azienda ha contatti con più fornitori ed ha un impatto maggiore sulle aziende che

svolgono il ruolo di assemblaggio e sulle reti di fornitura/assemblaggio, mentre la propagazione dell'interruzione all'indietro è normalmente mitigata da un funzionamento e una distribuzione flessibili e ha un impatto maggiore sulle aziende che servono il ruolo distributivo e sulle reti di distribuzione. In secondo luogo, la dipendenza tra l'acquirente e il fornitore è in realtà per lo più asimmetrica, ovvero uno dei due dipende maggiormente dall'altro.

Inoltre, gli autori spiegano che l'analisi di come un'interruzione locale influisca sull'integrità della rete consente ai gestori della catena di approvvigionamento di allocare le risorse in modo ottimale nell'SCN, gestire efficacemente la propagazione dell'interruzione e ottenere prestazioni di rete migliori.

Prendendo come esempio una relazione binaria tra acquirente j e fornitore i , un'interruzione può diffondersi da un fornitore a un acquirente o da un acquirente a un fornitore. La propagazione dell'interruzione diretta si riferisce alla diffusione dell'interruzione dal fornitore i all'acquirente j , lungo il flusso di materiale (Bierkandt, 2014). Il tasso di diffusione dell'interruzione diretta, è definita come la probabilità di un acquirente di essere interrotto nel momento $t + 1$ se il fornitore subisce l'interruzione nel momento t . La diffusione dell'interruzione è una probabilità perché l'interruzione di un'impresa potrebbe non portare necessariamente a quella di un'altra impresa (Li, Zobel, 2020).

Questo tasso di diffusione dell'interruzione diretta è influenzato dai seguenti fattori:

- la natura dell'interruzione dell'acquirente, inclusi il tipo, la gravità e la durata dell'interruzione;
- la dipendenza del fornitore dall'acquirente: se il fornitore è fortemente dipendente dall'acquirente (ad esempio, la maggior parte delle entrate del fornitore proviene dall'acquirente), il fornitore tende ad avere un tasso di diffusione dell'interruzione più elevato dovuto all'interruzione dell'acquirente;
- la capacità di resilienza del fornitore: maggiore è la capacità di resilienza del fornitore, minore è la probabilità che il fornitore sia influenzato dall'interruzione dell'acquirente.

In una rete di approvvigionamento con più fornitori e acquirenti, la probabilità di interruzione di una particolare entità aziendale dipende dalla sua relazione con tutti i vicini interrotti. Assumiamo che ogni nodo nell'SCN abbia due stati, vale a dire sano e interrotto. Lo stato di interruzione di un nodo significa che l'azienda sospende le sue operazioni, ma vi è incertezza sul fatto che un nodo sano i al momento t possa essere interrotto all'istante $t + 1$ sotto l'influenza dei suoi fornitori e acquirenti interrotti all'istante t . Ad esempio, un'azienda con un'ampia scorta di sicurezza che deve

affrontare un'interruzione di un fornitore è meno incline a subire un'interruzione rispetto a un'azienda con un livello di scorta di sicurezza basso.

Li, Chen, Colligon, Ivanov concludono affermando che, data una struttura di rete, i gestori della catena di approvvigionamento possono controllare e mitigare la propagazione dell'interruzione sia a livello di nodo che di rete attraverso investimenti adeguati:

-FR (probabilità di interruzione diretta): aumento delle scorte di sicurezza, aumento della visibilità della catena di approvvigionamento;

-BR (probabilità di interruzione all'indietro): aumento della flessibilità, corretta gestione della domanda;

-RC (probabilità di recupero del nodo da un'interruzione): implementazione di un piano efficace di mitigazione del rischio.

Uno strumento interessante utile a catturare le interdipendenze tra i rischi e il loro impatto sulle prestazioni della supply chain sono le reti bayesiane (Hosseini, Ivanov, 2020).

Le reti bayesiane (BN) basandosi sul teorema di Bayes catturano le dipendenze tra i componenti di un sistema. Queste ultime permettono di trattare eventi probabilistici, inoltre, questa tecnologia informatica aiuta anche a risolvere problemi complessi e incerti. Una corretta definizione di reti bayesiane, per una migliore comprensione, è la seguente: ad ogni nodo corrisponde una variabile aleatoria, ogni arco tra due nodi rappresenta una influenza diretta tra i due nodi (Jensen, 1996). La rete bayesiana è un modello grafico probabilistico. È possibile progettare reti bayesiane da una distribuzione di probabilità, ecco perché questa tecnica è una distribuzione probabilistica. La rete di Bayes è la soluzione perfetta per il rilevamento delle anomalie e la previsione degli eventi in quanto utilizza la teoria della probabilità. Le reti bayesiane permettono di caratterizzare diverse variabili e definire la relazione tra vari eventi.

L'utilizzo di questo tipo di reti è utile nella gestione della resilienza della supply chain per studiare e controllare l'effetto ripple, quindi, le BN possono essere utilizzate per simulare l'impatto di propagazione di un evento dirompente sulle entità della SC. Ad esempio, i gestori possono utilizzare BN per scoprire le associazioni tra le strutture di rete e la propagazione del rischio. Ciò consentirebbe di analizzare gli elementi critici della rete che portano a discontinuità e collassi SC attraverso la propagazione dell'interruzione e la modellazione delle interdipendenze nelle SC tenendo conto delle dinamiche di stato all'interno dei nodi SC. Tale analisi può essere applicata alla valutazione della robustezza del SC e della resilienza alle interruzioni con le considerazioni sull'effetto a catena. Inoltre, il BN consente di esaminare diversi meccanismi di propagazione dell'interruzione e

identificare scenari di propagazione dell'interruzione di gravità diversa per le prove di stress dei progetti SC.

I risultati dell'indagine effettuata da Hosseini e Ivanov mostrano che i BN sono particolarmente utili per modellare, misurare e prevedere la resilienza SC perché possono modellare l'interdipendenza tra fattori di rischio, di mitigazione, strategie di emergenza e catturare facilmente elementi di causalità. Inoltre, possono essere utilizzati per simulare l'impatto di interruzioni impreviste sulla resilienza SC, possono fornire approfondimenti manageriali riguardo a quanto devono essere migliorate le strategie di mitigazione e di emergenza per ottenere un livello soddisfacente di resilienza.

2.8 Resilienza e sostenibilità della catena di approvvigionamento

Oltre ad affrontare problemi di resilienza della catena di approvvigionamento, un'ulteriore importante prospettiva che è emersa è quella della sostenibilità.

La ricerca sull'intersezione tra sostenibilità e resilienza della catena di approvvigionamento sta nascendo ed è una conseguenza delle loro influenze reciproche. Tuttavia, permane confusione sull'interazione e sull'implementazione dei due concetti. L'articolo di Negri, Cagno, Colicchia, Sarkis propone una revisione della letteratura che esamina diversi aspetti analizzati in seguito. Le organizzazioni apprezzano sempre di più la necessità di comprendere la relazione tra questi due concetti e cogliere le opportunità emergenti derivanti da un approccio sostenibile e resiliente alla gestione della supply chain. La maggior parte dei documenti, circa il 60%, sulle catene di approvvigionamento sostenibili e resilienti sono stati pubblicati dopo il 2017. Questa osservazione conferma che la relazione tra sostenibilità e resilienza è agli inizi (Fahimnia, 2019).

Alcuni studi sostengono che le pratiche di sostenibilità possono migliorare positivamente la resilienza (Bag, 2019), poiché la sostenibilità può supportare un migliore processo decisionale e contribuire alla riduzione del rischio. Altri studi adottano la prospettiva che i due siano strettamente, ma non necessariamente correlati, cioè che le strategie per migliorare l'una non migliorano necessariamente anche l'altra (Mäler, 2008, Derissen, 2011; Edgeman & Wu, 2016; Ivanov, 2018; Perrings, 2006).

Rostamzadeh (2018) propone un quadro per valutare i rischi legati alla sostenibilità e osserva che le pratiche di gestione del rischio e la sostenibilità dovrebbero essere integrate per garantire catene di approvvigionamento resilienti.

Le pratiche che possono migliorare congiuntamente la sostenibilità e la resilienza nella catena di approvvigionamento sono quelle che cercano di massimizzarle in modo congiunto, in quanto più probabile che siano soluzioni migliori rispetto a quelle che cercano di ottimizzarle separatamente (Edgeman & Wu, 2016; Govindan, 2015).

Le pratiche identificate dalla letteratura sono:

- investire in relazioni a lungo termine con i fornitori;
- condivisione delle informazioni;
- corretta gestione delle relazioni con i clienti;
- intercambiabilità dei prodotti;
- determinazione dei prezzi reattiva;
- condivisione delle informazioni;
- flessibilità dei sistemi informativi;
- pratiche just in time (lean);
- integrazione e riprogettazione della catena di fornitura;

Fahimnia (2018) afferma come attuare simultaneamente sostenibilità e resilienza potrebbe comportare costi notevolmente più elevati, tuttavia, una catena di approvvigionamento già solida potrebbe avere maggiori probabilità di "diventare verde", rispetto a una catena di approvvigionamento a bassa robustezza. In questo senso, la resilienza potrebbe facilitare il miglioramento delle prestazioni sostenibili. Rajesh (2018) suggerisce che le strategie orientate alla sostenibilità dovrebbero essere attuate a monte della catena di approvvigionamento, mentre le attività a valle sono più adatte a pratiche orientate alla resilienza. Questo consente di separare le pratiche a seconda dell'ubicazione all'interno della catena di approvvigionamento.

Zavala-Alcívar, Verdecho, Alfaro-Saiz, 2020 nel loro studio affermano che il processo decisionale di ogni elemento della catena di approvvigionamento dipenderà dagli obiettivi comuni di sostenibilità e resilienza che si impegnano a mantenere nella SC. Trovare questo equilibrio che consenta alle catene di approvvigionamento di mantenere la sostenibilità mentre si verifica un'interruzione è complesso e la sua applicazione ha un'influenza significativa sulle prestazioni complessive della catena di approvvigionamento.

Inoltre, essendo la minimizzazione dei costi l'obiettivo più comune per processi decisionali nelle aziende, la relazione tra sostenibilità e resilienza garantisce al contempo prestazioni ambientali

della catena di approvvigionamento e robustezza in scenari di interruzione (Fahimnia, 2018; Mohammed, 2019).

Lo studio presentato da Teleizadeh, Ahmadzadeh, Sarker e Ghavamifar (2022) si propone di sviluppare la migliore progettazione di una filiera sostenibile e resiliente mettendo a confronto un modello a due livelli ed un modello centralizzato.

Caso bi-level: è composto da più fornitori, un produttore e un rivenditore. I fornitori inviano le forniture al produttore e il produttore invia i prodotti (fabbricati o rigenerati) ai rivenditori. Il rivenditore vende i prodotti ai clienti, ritira da loro i prodotti usati e restituisce gli articoli usati al produttore. L'obiettivo dell'azienda è massimizzare il profitto e gli obiettivi del governo sono massimizzare il benessere sociale e ridurre al minimo l'impatto ambientale. I produttori possono scegliere tra due tipi di fornitori: quelli normali e quelli di riserva. Quelli di riserva possono essere selezionati solamente se quelli normali sono interrotti. Per incoraggiare i consumatori a restituire il loro prodotto usato è stato offerto loro un prezzo di acquisto per un'unità di questi prodotti. I prodotti rigenerati sono sostituiti perfetti, quindi non fanno alcuna differenza con i prodotti nuovi.

Modello centralizzato: è un modello che prevede il governo come figura di leader ed il produttore come seguace.

Lo studio analizza l'ottimizzazione di una filiera tenendo conto dei fattori sostenibili a rischio interruzione utilizzando una modellazione a due livelli per definire la relazione tra governo e produttore.

In particolare, il modello studiato è un vero caso industriale in Iran. Il modello proposto ha determinato le decisioni ideali del produttore e del governo in diverse situazioni. Inoltre, questo modello ha esaminato le strategie utilizzate per assorbire l'effetto negativo delle interruzioni. I risultati hanno dimostrato che applicare una strategia basata su scorte di emergenza è sempre redditizio. Di contro la strategia dell'utilizzo di più fornitori dipende dalle probabilità di interruzione dei fornitori stessi: se la probabilità è bassa allora è conveniente avere più fornitori, se invece le probabilità di interruzioni sono alte è più conveniente avere un unico fornitore normale.

L'articolo pone l'attenzione sul tema della rigenerazione dei prodotti affermando che la rigenerazione è notevolmente più resiliente e sostenibile rispetto alla produzione di nuovi prodotti. D'altra parte, poiché il produttore paga una tassa inferiore per unità di prodotto se

rigenerato le entrate del governo diminuiscono, inoltre se l'azienda per incentivare l'acquisto di prodotti rigenerati abbassa il loro prezzo diminuisce di conseguenza i suoi profitti.

Il modello centralizzato risulterà in una soluzione migliore sia per il produttore che per il governo, ma il produttore è costretto a concordare con l'opinione del governo e il produttore rifiuta i risultati non ottimali, per questo motivo nella vita reale viene utilizzato il modello a due livelli.

3. Recenti sviluppi della supply chain resilience

Ancor prima della pandemia, le catene di approvvigionamento erano sotto pressione. Reti di approvvigionamento sempre più complesse, globalizzazione ed effetti esterni (come, ad esempio, disastri naturali e cambiamenti politici) hanno ripetutamente portato a interruzioni della catena di approvvigionamento negli ultimi anni. Tuttavia, nessun evento come la pandemia COVID-19 ha esposto le vulnerabilità delle GSC in modo più chiaro rispetto a qualsiasi interruzione precedente. Questi eventi hanno messo il concetto di resilienza della catena di approvvigionamento al centro dell'interesse accademico.

La letteratura precedente si concentrava principalmente sulle risposte a breve termine delle interruzioni su larga scala, trascurando strategie attive e proattive per affrontare interruzioni e per potenziare la resilienza a lungo termine. Le strategie prevalenti per promuovere la resilienza della catena di approvvigionamento si concentravano maggiormente su interruzioni locali e di piccole dimensioni. Poiché tali strategie erano le uniche strategie disponibili, le organizzazioni sono state costrette a adottarle. Tuttavia, le scorte possono soddisfare la domanda solo per un tempo estremamente limitato e le quarantene in tutto il mondo possono rendere inapplicabili le opzioni di subappalto. Pertanto, la loro efficacia è discutibile.

Nandi (2020) hanno riportato che la gestione efficace delle dipendenze SC è più importante delle capacità interne durante la creazione di SCRES. Inoltre, la ricerca SCRES manca di contributi per quanto riguarda gli SCD (Supply Chain Disruption) su larga scala come la pandemia di COVID-19 in termini di impatto e durata. Pertanto, vari studiosi hanno posto l'attenzione su ricerche che proponevano alternative di progettazione SC per ridurre vulnerabilità, dipendenze e aumentare SCRES nelle GSC a seguito della pandemia (Van Hoek, 2020, Verma e Gustafsson, 2020).

Per colmare questa lacuna Gebhardt, Spieske, Kopyto, Birkel hanno sviluppato dieci proiezioni future, le quali hanno permesso di individuare le alternative di progettazione SC che le aziende

potrebbero mettere in atto per aumentare SCRES nelle catene di approvvigionamento globale. Le conclusioni del loro studio includono diverse implicazioni:

- Selezione del fornitore: le valutazioni dei singoli fornitori per i rischi operativi alla fine si tradurrà in una migliore preparazione per gli SCD, si tratta dell'opportunità per ridurre i rischi di SC attraverso la selezione dei fornitori adeguati. In primo luogo, gli esperti ritengono fondamentale che le aziende richiedano ai propri fornitori di dimostrare processi efficienti di gestione del rischio, in secondo luogo, la stabilità finanziaria a medio e lungo termine di un fornitore è stata considerata un criterio di valutazione del rischio sempre più importante nei futuri processi di selezione;
- Collaborazione partner: gli esperti considerano più promettente per la futura mitigazione del rischio rafforzare e intensificare le relazioni esistenti tra i partner. Consentirà misure di contrasto del rischio più tempestive;
- Mappatura: tali sforzi di mappatura estesi sono coerenti con l'intensificazione della condivisione delle informazioni e della collaborazione con i partner;
- Progettazione di reti flessibili: una maggiore flessibilità e, quindi, una minore dipendenza dai partner è auspicabile e può avere un forte impatto sulle prestazioni SC durante un'interruzione. Tuttavia, molti altri sono favorevoli a rafforzare i legami con i partner esistenti ed a trasformare le condizioni di mercato in partnership strategiche a lungo termine. Nonostante questo dissenso, diversi esperti sostengono che un adattamento rapido e flessibile della rete sarà una capacità fondamentale per gestire le interruzioni;
- Vicinanza al mercato: tale sviluppo è stato accolto favorevolmente per ridurre i rischi ambientali e consentire tempi di risposta più brevi. Tuttavia, le complesse dipendenze con i fornitori esistenti, in molti casi, impedirebbero alle aziende di stabilire una presenza di rete più locale, quantomeno in un orizzonte di breve periodo;
- Approvvigionamento multiplo: questo punto prevede la creazione di contatti con nuovi fornitori. Tuttavia, il supporto letterario per questo punto di vista è attualmente carente. Inoltre, si osserva che molte aree geografiche sono ugualmente interessate da un'interruzione come, ad esempio, una pandemia e che l'approvvigionamento multiplo avrà solo un effetto limitato.

Lo studio presentato da Moosavi, Fathollahi-Fard, Dulebenets (2022) effettua una revisione della letteratura per identificare i contributi più influenti, i principali flussi di ricerca e le strategie di

gestione delle interruzioni relative alle prestazioni del SC emerse a seguito dell'avvento del COVID-19.

Tutti gli articoli raccolti sono stati studiati a fondo per determinare approcci pratici per la gestione di interruzioni delle SC al fine di estrarre più strategie. Gli approcci identificati potrebbero essere classificati in: produzione, modifica/riprogettazione del SC e intervento del governo.

- **Produzione:** Ivanov ha indicato che i tempi della chiusura e dell'apertura delle strutture in diversi livelli potrebbero avere un impatto importante sulle prestazioni del SC piuttosto che sulla durata dell'interruzione e sulla velocità di propagazione. È difficile (o addirittura impossibile in molti casi) controllare la durata dell'interruzione o la velocità di propagazione, ma è possibile gestire il tempo di funzionamento della struttura. Pertanto, i gestori di SC possono utilizzare il tempo di apertura/chiusura delle strutture come un fattore importante per gestire l'impatto di un'interruzione di SC di lunga durata, come le epidemie. Ivanov e Dolgui hanno evidenziato come le reti intrecciate (ovvero le SC interconnesse) della catena di approvvigionamento potrebbero mitigare o prevenire gli effetti di interruzioni ed accrescere le prestazioni.

Butt ha studiato le potenziali strategie che potrebbero essere utilizzate dalle parti interessate del SC per ridurre gli impatti del COVID-19: i risultati hanno mostrato che le aziende acquirenti si stanno muovendo verso una produzione agile con una maggiore visibilità dei materiali in uscita e la chiusura temporanea di alcuni impianti di produzione per rispondere adeguatamente alle sfide del COVID-19. Naghshineh e Carvalho ha discusso il concetto di produzione additiva e come potrebbe facilitare la continuità aziendale in circostanze impreviste. Lo studio ha evidenziato che l'adozione della tecnologia di produzione additiva dovrebbe migliorare sostanzialmente la flessibilità di SC modificando i programmi di produzione, evadendo gli ordini dei clienti e affrontando le fluttuazioni della domanda.

- **Modifica/riprogettazione del SC:** la ricollocazione dei settori SC, ad esempio la localizzazione, il near-shoring (scegliere un partner in outsourcing che si trova in un Paese vicino a quello dell'azienda, per esempio un paese confinante) e la diversificazione dei fornitori e di altri livelli SC, sono le principali strategie di sostenibilità e resilienza. Remko ha indicato la necessità di bilanciare l'approvvigionamento globale con il near-shoring, insieme all'approvvigionamento locale e multiplo. Invece di diversificare l'offerta, Gordon ha diversificato la domanda. Lo studio ha suggerito la definizione delle priorità della domanda di terapia intensiva e ha sviluppato un modello per identificare i casi più necessari per allocare risorse limitate. I pazienti più vulnerabili sono stati assegnati alla terapia intensiva, mentre i pazienti meno vulnerabili sono stati assegnati all'assistenza

domiciliare. Maemunah e Cuaca hanno sottolineato che la tecnologia dell'informazione, la strategia aziendale e l'agilità di SC potrebbero rafforzare le prestazioni di SC nell'ambito della pandemia di COVID-19. Yu mirava a studiare il ruolo dell'analisi dei big data su SCM nel settore sanitario, inoltre, le SC basate sui dati hanno una maggiore flessibilità operativa che potrebbe aiutare ad affrontare le interruzioni imposte dal COVID-19. Majumdar ha condotto uno studio volto a dare priorità alle strategie di mitigazione del rischio per le SC di abbigliamento sostenibile. Sono state valutate in totale dodici tipologie di rischi e tredici strategie di mitigazione. Lo sviluppo dell'agilità nelle SC è risultato essere la strategia più importante per la mitigazione del rischio. Anche le capacità flessibili, l'adattamento delle pratiche ecologiche, il coordinamento e la collaborazione si sono rivelate strategie promettenti.

Butt ha studiato possibili contromisure che potrebbero essere utilizzate per alleviare gli effetti negativi causati dal COVID-19 nell'industria manifatturiera: ha identificato una serie di contromisure promettenti, tra cui l'automazione di alcuni processi di produzione, il trasferimento di conoscenze ai fornitori e la comprensione degli impatti dell'interruzione della domanda. Kovács e Falagara Sigala ha analizzato le lezioni apprese dagli impatti del COVID-19 nelle supply chain riguardanti aiuti umanitari che potrebbero essere potenzialmente utilizzati per gestire future interruzioni. Diverse strategie importanti sono state discusse per SCM nell'ambito del COVID-19, tra cui l'evitare l'approvvigionamento da luoghi rischiosi, la formazione del personale, la flessibilità strutturale del SC, la collaborazione, l'innovazione e la standardizzazione.

- Intervento del governo: i governi e i responsabili politici hanno un ruolo fondamentale nella gestione di una pandemia e delle sue conseguenze. Inoltre, Haring ha indicato che la fiducia tra i cittadini e le loro agenzie governative è essenziale per alleviare gli impatti negativi del COVID-19 sulla società (comprese le reti di trasporto e le SC). Lo studio ha anche sottolineato che le autorità governative dovrebbero prestare attenzione all'introduzione di sanzioni per il mancato rispetto delle normative in quanto potrebbero avere un impatto negativo sulle catene di approvvigionamento.

Lu ha discusso che il sostegno finanziario del governo, ad esempio tagli alle tasse, pagamenti per l'occupazione e sussidi operativi, potrebbe essere utilizzato per risolvere i problemi finanziari delle aziende.

Per riassumere le principali intuizioni manageriali rivelate come risultato dell'indagine bibliografica condotta come lo sviluppo di tecnologie digitali potrebbe aiutare i manager e i responsabili politici a essere preparati per future interruzioni del SC. Inoltre, la produzione locale potrebbe essere una

strategia preziosa per garantire un flusso di prodotti resiliente e sostenibile attraverso le SC, in particolare per prodotti essenziali.

L'articolo pubblicato nel 2022 da Ozdemir, Sharma, Dhir, Daim in particolare tratta l'interruzione delle catene di beni deperibili, ma trae importanti conclusioni sui recenti sviluppi della resilienza nelle SC a seguito della pandemia.

Gli autori indicano che le organizzazioni più efficaci nelle attività di rafforzamento della resilienza sono state anche le meno colpite dall'interruzione. Belhadi segnala che le aziende di servizi e manifatturiere subiscono gli effetti negativi delle interruzioni in modo diverso e le aziende nelle catene di approvvigionamento globali sono più vulnerabili alle interruzioni legate alla pandemia. Nonostante questo Ivanov e Das hanno esaminato come le alternative locali non possano sostituire l'efficienza e l'efficacia fornite dalle catene di approvvigionamento globali, che, secondo loro, sopravviveranno dopo la pandemia. Tuttavia, suggeriscono che lavorare con i fornitori locali creerebbe una certa flessibilità durante le crisi globali inaspettate. È importante comprendere questo fenomeno in quanto potrebbe fornire indizi per costruire catene di approvvigionamento più resilienti in futuro.

Un'ulteriore deduzione è che le attività di costruzione della resilienza sia proattive che reattive hanno migliorato la velocità della catena di approvvigionamento durante la pandemia.

Pur rilevando che le aziende hanno applicato pratiche multiple, Woong e Goh hanno identificato come l'aumento della capacità, diversificazione delle categorie di prodotto singolo, approvvigionamento locale, priorità delle categorie critiche, stabilimento di partnership e sfruttare l'influenza dei social media come le pratiche più comuni di gestione del rischio della catena di approvvigionamento. Coerentemente con i risultati ottenuti dallo studio di Ozdemir, Sharma, Dhir, Daim, suggeriscono che sia le strategie proattive che quelle reattive hanno aiutato le aziende a superare i problemi nelle loro catene di approvvigionamento.

Gli strumenti proattivi vengono utilizzati per ridurre al minimo la probabilità che si verifichi un evento negativo, mentre gli strumenti reattivi vengono utilizzati per ridurre al minimo i danni risultanti da un evento negativo dopo che si è verificato. Poiché le aziende mirano a ottimizzare il costo dei loro sforzi di mitigazione del rischio, preferiscono strumenti proattivi o reattivi.

Tra gli strumenti proattivi vi sono la protezione dei mercati, la produzione di prodotti con una minore varietà e una struttura della domanda costante, la collaborazione con fornitori affidabili, la costruzione di strutture in aree sicure (come aree a basso rischio di calamità naturali), ottenere

strette relazioni con i fornitori, migliorare la trasparenza all'interno della catena di approvvigionamento. Questi approcci riducono le interruzioni e quindi migliorano l'efficacia della gestione del rischio della catena di approvvigionamento. Gli strumenti reattivi si basano principalmente sulla creazione stock o scorte di sicurezza. Non prevengono un evento rischioso, ma consentono reazioni tempestive alle interruzioni e offrono uno spazio per il recupero.

L'articolo presentato da Golan, Mahoney, Trump, Linkov (2021) valuta le fragilità della catena di approvvigionamento dei vaccini nelle sue fasi di sviluppo e implementazione, analizzano le attuali tendenze nell'implementazione e modellazione della resilienza nelle supply chain. In questo caso specifico l'interruzione per la mancata consegna di vaccini causata da difetti, sabotaggi e fallimenti nella distribuzione ha ostacolato gli sforzi effettuati per proteggere la salute pubblica.

Gli autori mettono in evidenza come nonostante la nanotecnologia abbia consentito un'impresa impensabile fino a pochi anni fa immettendo sul mercato numerosi vaccini SARS-Cov-2 la mancanza di resilienza nella rete delle catene di approvvigionamento alla base della nanotecnologia ha impedito di raggiungere gli obiettivi vaccinali voluti.

La prima conclusione tratta dai ricercatori al fine di incrementare SCRES è quella di implementare un linguaggio standard, il quale faciliterà i progressi quantitativi e qualitativi nell'opera di miglioramento della resilienza. L'impiego di un linguaggio comune in tutta la letteratura sulla resilienza della catena di approvvigionamento consentirà inoltre di modellare e quantificare le interruzioni in modo standard.

In secondo luogo, l'utilizzo di modelli scientifici e dei big data conferiranno una maggiore visibilità della filiera. Inoltre, l'incremento dell'automatizzazione e l'uso dell'intelligenza artificiale stanno offrendo agli accademici e ai professionisti una maggiore visibilità e la possibilità di individuare nodi e collegamenti che possono essere incorporati in azioni correttive pianificate per migliorare la resilienza.

Terzo, oltre alla resilienza gli autori suggeriscono di implementare altre strategie operative volte a mantenere la continuità della catena di approvvigionamento raggiungendo obiettivi come l'efficienza e la sostenibilità.

L'articolo presentato da Moosavi e Hosseini (2021) analizza l'impatto delle strategie di resilienza nel verificarsi di un'interruzione di entità elevata e di durata prolungata come l'epidemia di COVID-19. Tuttavia, questo metodo potrebbe essere utilizzato in qualsiasi occasione di rischio di

interruzione della SC caratterizzato da un'elevata e lunga durata. La ricerca prevede l'implementazione di diversi esperimenti per simulare le strategie di resilienza su un caso di studio reale. Il risultato della simulazione potrebbe aiutare a valutare le conseguenze delle strategie e selezionare il miglior piano di risposta prima della prossima grave interruzione. I due autori simulano due scenari, vale a dire, uno interrotto su più livelli (fornitore e produttore) e uno senza interruzioni. Lo scenario interrotto prevede due piani di ripristino:

- Fornitori di riserva: la cooperazione con un fornitore di backup è una preziosa strategia di resilienza e risposta durante l'interruzione della catena di approvvigionamento (Hosseini e Ivanov, 2020, Yin e Wang, 2018). Il fornitore di backup è impostato per operare in situazioni non pianificate; di conseguenza, la capacità, il tempo e il costo sono ragionevolmente diversi dal fornitore regolare (J. Chen, 2013, Hou, 2017). Nel caso studio vengono considerati due casi, ovvero un fornitore locale ed uno con sede estera;
- Inventario di sicurezza: è necessario che i livelli di inventario elevati per mitigare l'effetto dell'interruzione (Atan e Snyder, 2012, Christopher e Lee, 2004). Sebbene ad un elevato livello di inventario siano associati costi totali più elevati, è comunque necessario che venga rifornito durante i periodi di interruzione (Lücker, 2019). Anch'esso è valutato su due livelli con i relativi prezzi associati.

La simulazione fornisce la performance finanziaria, il soddisfacimento della domanda e fornisce anche la misurazione della resilienza.

I risultati indicano che l'inventario di sicurezza comporta il 13% in più di resilienza ma fino al 60% in più di costi, l'inventario ha comportato una resilienza leggermente superiore con costi estremamente più elevati. La performance finanziaria del fornitore di backup è migliore e promettente, ma presenta una resilienza leggermente inferiore.

Tuttavia, in alcune forniture di prodotti critici, ad esempio contromisure mediche migliorare la resilienza anche solo leggermente è vitale, pertanto, si potrebbe preferire garantire un inventario di riserva per i prodotti essenziali. Per prodotti con minore importanza di resilienza potrebbero essere affidati ad un fornitore di backup nel proprio paese o area geografica, fornendo un livello di resilienza accettabile con costi ragionevoli rispetto all'inventario di sicurezza.

I risultati mostrano che l'azienda è più redditizia con il fornitore di backup, ma è più resiliente con l'inventario di backup. Questo studio conclude che la progettazione SC post-COVID-19 potrebbe basarsi sull'intersezione e l'integrazione di redditività e resilienza.

3.1 Uso del system engineering per aumentare la resilienza della SC

Il contributo del documento di Hossain, Fazio, Lawrence, Gonzales, Jaradat, Alvarado è quello di migliorare la resilienza della SC attraverso attributi di systems engineering (SE). SE è una disciplina relativamente nuova con ampie applicazioni in numerosi campi (dall'assistenza sanitaria, alla produzione, fino alla difesa). Si tratta, quindi, di un argomento molto discusso in letteratura. Questo documento si concentra esclusivamente sugli attributi di SE come fattori di SCR. Gli attributi sono:

- **Interdisciplinarietà:** bilanciare input derivati da fonti diverse per ottenere i risultati finali desiderati. La caratteristica interdisciplinare è necessaria per garantire che gli obiettivi contrastanti siano equilibrati.
- **Visione gerarchica:** una visione gerarchica consente a un ingegnere di sistemi di sviluppare modelli mentali che identificano potenziali punti di guasto in cui è necessario rafforzare la resilienza;
- **Requisiti ingegneristici:** comunica le esigenze del sistema a tutte le parti del sistema contemporaneamente per garantire una comprensione universale e univoca dei requisiti di sistema per soddisfare le esigenze del cliente. L'obiettivo finale di questo attributo è garantire che i clienti siano soddisfatti e che i costi coinvolti nella correzione degli errori più avanti nel ciclo di vita siano ridotti al minimo identificando, specificando e implementando le capacità del sistema in fase di progettazione;
- **Progettazione ed integrazione del sistema:** utilizzo di nuove tecnologie, grazie all'avvento dell'industria 4.0 che permettono lo sviluppo di reti integrate che facilitano il flusso di informazioni in più direzioni;
- **Valutazione del ciclo di vita del sistema:** tutti i sistemi hanno un ciclo di vita, il che implica che i cambiamenti nel corso della durata dell'esistenza del sistema potrebbero avere importanti implicazioni di resilienza. Nel caso di una catena di approvvigionamento, al variare della dinamica del sistema, è necessario sviluppare nuove soluzioni per garantire che le misure di resilienza siano adeguate alle esigenze dei clienti, è quindi necessario sviluppare una chiara comprensione di come questi requisiti variano nel tempo;
- **Gestione:** è necessario fornire il giusto supporto per progettare, modellare, testare e integrare in modo iterativo i componenti del sistema per garantire il raggiungimento del livello di resilienza previsto.

È opinione degli autori che l'impatto di questi attributi sia altamente pertinente e possa offrire un maggiore livello di chiarezza nel rafforzamento delle SC contro l'interruzione.

3.2 Incrementare la resilienza attraverso l'industria 4.0

Lo studio proposto da Spieske e Birkel (2021) hanno effettuato una revisione della letteratura per valutare il ruolo dell'industria 4.0 nella costruzione della resilienza di una supply chain. Come hanno affermato Zhang, Wu, Tang, Feng e Dai (2020), "Le tecnologie I4.0 possono consentire alle aziende di mitigare il rischio di interruzioni in modo che siano in grado di continuare le loro operazioni". Questa condizione è particolarmente vera per uno scenario pandemico in cui la manodopera umana non disponibile è uno dei fattori più critici che potenzialmente danneggiano le operazioni di SC (Shih, 2020). Molti studiosi sono convinti che I4.0, con le sue numerose tecnologie abilitanti, come i big data analytics (BDA), l'internet delle cose (IoT) e l'intelligenza artificiale (AI) possono supportare SCRES.

Sulla base di una revisione della letteratura è emerso che le principali tecnologie a supporto dell'industria 4.0 sono: AI, BDA, blockchain (BC), cloud computing (CC), CPS e IoT, la produzione additiva (AM).

- CC: consente una semplice raccolta, archiviazione, elaborazione e scambio di dati tra molte entità, migliorando l'accessibilità generale dei dati e la gestione dei dati all'interno e tra le aziende (Biswas e Sen, 2016, Oliveira e Handfield, 2019);
- IoT: è una rete di oggetti fisici dotati di tecnologia digitale per interagire in modo autonomo tra loro, con utenti umani o altri sistemi digitali all'interno o al di là dei confini aziendali (Birkel e Hartmann, 2020, Queiroz, Pereira, Telles e Machado, 2021). Sono, ad esempio, dispositivi di monitoraggio come sensori wireless, fotocamere, microfoni, laser, lettori di codici a barre e altre tecnologie che facilitano la raccolta e la connettività dei dati nella rete (Dunke, 2018, Er Kara, Oktay Firat e Ghadge, 2020, Gao, 2020, Ivanov e Dolgui, 2020). Per SCRES, l'IoT consente di tracciare elementi e determinare parametri importanti, tra cui temperatura e pressione, lungo l'intero SC (Er Kara, 2020), ciò può migliorare il processo e la conoscenza generale del rischio, nonché le strategie di rischio (Birkel & Hartmann, 2020);
- BDA: si riferisce alla combinazione di strumenti, tecniche e processi per integrare dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati da diverse fonti in informazioni processabili come base per il processo decisionale (Biswas e Sen, 2016, Dubey, 2021, Er Kara, Oktay Firat e Ghadge, 2020, Ivanov, 2019). Aree di applicazione specifiche per BDA in SCRM includono la previsione di

eventi di rischio, la pianificazione della risposta proattiva e il controllo reattivo in tempo reale (Bag, Gupta e Wood, 2020, Ralston e Blackhurst, 2020, Ivanov e Dolgui, 2020). BDA può supportare lo sviluppo e l'esecuzione di piani di continuità in tempi di SCD (Zouari, Ruel e Viale, 2020), inoltre, BDA può essere combinato con tecniche di simulazione tradizionali per generare gemelli SC digitali (Meriton, Bhandal, Graham e Brown, 2020, Ivanov e Dolgui, 2020). Questi modelli possono supportare la comprensione di problemi SCRES complessi, determinare possibili soluzioni, visualizzare dinamiche e testare scenari alternativi;

- AI: è un termine generico per le tecniche che supportano l'apprendimento continuo e le capacità decisionali adattive di un sistema basate su set di dati ampi e potenzialmente non strutturati (Baryannis, 2019, Queiroz, Pereira, Telles e Machado, 2021). In SCRES, qualsiasi approccio di IA può essere considerato intelligenza artificiale se è in grado di decidere autonomamente su una linea d'azione che porta al successo in un ambiente SC parzialmente sconosciuto (Baryannis, 2019);
- CPS: trattano "gli aspetti fisici e informativi dei processi" (Chen, Dui e Zhang, 2020). In particolare, i CPS integrano l'infrastruttura fisica nei sistemi per gestire autonomamente le operazioni e comunicare e scambiare regolarmente informazioni con il mondo reale (Queiroz, 2021), il che consente alle aziende di automatizzare, monitorare e controllare le proprie operazioni in modo più completo. I robot e i veicoli autonomi svolgono un ruolo essenziale nei CPS poiché possono facilitare o addirittura intraprendere il lavoro del personale per ridurre i potenziali rischi ed errori derivanti dal lavoro umano, soprattutto durante una pandemia (Ramirez-Peña, Sánchez Sotano, Pérez-Fernandez, Abad e Batista, 2020, Shih, 2020);
- AM: prevedono l'uso di stampanti 3D, consentendo la produzione di moduli, componenti e prodotti ovunque nel SC (Ivanov, 2019). Le potenziali fonti di rischio nelle SC (ad esempio, il numero di fasi di produzione, fornitori e collegamenti di trasporto) possono quindi essere ridotte (Ivanov, 2019, Shih, 2020);
- BG: è rete di comunicazione in cui ciascun nodo comunica direttamente con gli altri, senza la mediazione di un server. In un contesto SC, può essere utilizzato per verificare l'accuratezza delle informazioni e tenere traccia delle posizioni e degli stati di proprietà delle risorse (Choi, 2019, Ivanov e Dolgui, 2020, Min, 2019)

Dallo studio si concludono le seguenti implicazioni: tutte le tecnologie discusse hanno il potenziale per supportare SCRES, ma BDA è quella più attuale e matura. Inoltre, l'I4.0 sta diventando e lo diventerà sempre di più una base fondamentale per migliorare i fattori che già in precedenza

potenziavano SCRES, soprattutto la visibilità e la velocità su larga scala. Possono essere supportati anche la progettazione SC, la comprensione SC e l'approvvigionamento. Un'ulteriore conclusione è che le nuove tecnologie legate all'industria 4.0 supportano in particolar modo le prime due fasi SCRES (prontezza e risposta), mentre le soluzioni relative al recupero e alla crescita rimangono scarse. Gli autori, attraverso un caso studio reale, hanno dimostrato come le tecnologie dell'industria 4.0 abbiano un elevato potenziale per mitigare anche i rischi di una pandemia.

3.3 Benefici della Blockchain Technology

Lo studio condotto da G. Li, Xue, N. Li, Ivanov (2022) esamina le relazioni tra la progettazione del Business Model Design (BMD), la resilienza della catena di approvvigionamento (SCR) e le prestazioni dell'azienda considerando la tecnologia Blockchain.

Blockchain è una delle tecnologie sviluppate più di recente che risalta le innovazioni dell'Internet of Things (IoT) e delle rivoluzioni dell'intelligenza artificiale. La tecnologia Blockchain consente agli utenti di verificare, conservare e sincronizzare il contenuto di un foglio dati (un registro delle transazioni) replicato da più utenti. Inoltre, ha fornito notevoli vantaggi e incentivi alle industrie per l'espletamento di servizi migliori, può facilitare la condivisione di informazioni in tempo reale, migliorare la trasparenza dei processi e migliorare l'efficienza operativa nelle SC (Dolgui, 2020, Dutta, 2020). I vantaggi offerti dalla blockchain, come sicurezza, fiducia e trasparenza delle transazioni portano a un'elaborazione delle transazioni e allo scambio di dati più rapidi (Ali, Jaradat, Kulakli, Abuhlimeh, 2021).

I business model design aiutano le aziende che sfruttano la tecnologia blockchain a modellare e utilizzare combinazioni uniche di risorse per cercare, identificare e assimilare risorse e per ridurre al minimo il costo totale delle transazioni organizzative, che, a sua volta, determina l'innovazione dei prodotti delle aziende stesse (Zott e Amit, 2007; Zott, 2011; Zhu, 2019).

La ricerca di G. Li, Xue, N. Li, Ivanov si concentra sul fatto che il BMD con supporto Blockchain possa migliorare l'SCR. BMD abilitato alla tecnologia basata su blockchain può promuovere visibilità, tracciabilità e trasparenza (Dolgui, 2020, Burgos e Ivanov, 2021, Wamba e Queiroz, 2022), che sono le capacità chiave dell'SCR.

L'SCR riflette la capacità dell'SC di resistere alle interruzioni e riprendersi (Hohenstein, 2015), che è fondamentale per mantenere la continuità delle operazioni aziendali (Wong, 2020). In pratica, le imprese possono adottare strategie SCR proattive e reattive (Wieland e Wallenburg, 2013,

Hosseini, 2019). Queste due strategie corrispondono a due dimensioni dell'SCR, vale a dire, robustezza e agilità (Ivanov e Sokolov, 2013, Wieland e Wallenburg, 2013).

BMD abilitato alla blockchain enfatizza l'acquisizione di risorse esterne e l'integrazione e l'innovazione del prodotto attraverso la combinazione di tecnologie emergenti. I nuclei del BMD sono: realizzare nuove transazioni con gli stakeholder, esplorare nuovi punti di crescita dei profitti e massimizzare i profitti (Amit e Zott, 2001). L'obiettivo è quello di cercare partner commerciali più affidabili e porre fine a contratti con imprese che hanno prestazioni scarse o non hanno potenziale di sviluppo. Il miglioramento del rapporto di transazione consente una modalità di transazione più stretta tra imprese e partner e migliora la volontà di cooperazione di tutte le parti. Inoltre, la BMD basata su Blockchain aumenta i costi di commutazione delle parti interessate, il che rende più difficile la risoluzione dei contratti e quindi migliora la componente di robustezza dell'SCR.

L'ipotesi avanzata dagli autori dello studio è la seguente: il BMD incentrato sulla novità e sull'efficienza abilitato alla blockchain ha un impatto positivo sulla robustezza e sull'agilità della SC, accrescendo di conseguenza la resilienza della catena stessa.

Il BMD incentrato sulle novità abilitato per Blockchain offre alle aziende un ambiente flessibile per adattarsi ai cambiamenti interni ed esterni ampliando costantemente i canali di distribuzione e integrando prodotti o servizi, che possono migliorare l'agilità dell'SCR. Ad esempio, prodotti o servizi possono essere forniti ai clienti in modi diversi utilizzando canali diversi e, anche se un canale viene interrotto, è possibile utilizzare altri canali per garantire una consegna tempestiva. Inoltre, le società BMD incentrate sulle novità basate su Blockchain possono applicare tecnologie emergenti, come big data e cloud computing, per consentire ai manager di fare previsioni di mercato accurate sulla base di dati storici e analisi di circostanze interne ed esterne. Previsioni di mercato accurate possono aiutare le aziende a rispondere e a adeguare i piani di produzione in tempo, garantendo l'agilità della SCR.

BMD incentrato sull'efficienza abilitato alla blockchain si concentra sull'integrazione delle informazioni sulla domanda e sulla riduzione dell'asimmetria delle informazioni. Una sostanziale trasparenza nelle transazioni dei partner consente alle imprese di anticipare in modo significativo i cambiamenti e aumentare la preparazione dalla condivisione delle informazioni (Wieland e Wallenburg, 2013). Di conseguenza, le imprese hanno abbastanza tempo per considerare le misure corrispondenti di fronte ai rischi.

Il BMD incentrato sull'efficienza abilitato per Blockchain migliora anche l'agilità dell'SCR. Velocità e visibilità sono due caratteristiche dell'agilità SC. Da un lato, tale BMD si concentra sulla trasparenza e semplicità delle transazioni, riducendo così efficacemente i tempi di transazione e migliorando la velocità delle transazioni, d'altra parte, le piattaforme di condivisione delle informazioni basate su Blockchain consentono la gestione e il controllo in tempo reale di inventario, produzione, trasporto e informazioni sulle transazioni, migliorando la visibilità dell'agilità.

3.4 Ripple effect

Il documento presentato da Sawick nel 2022 tratta l'analisi di diversi scenari al fine di ottimizzare le operazioni delle catene di approvvigionamento soggette al ripple effect, esponendo conclusioni tratte anche dalle difficoltà riscontrate a seguito della pandemia. Gli autori sottolineano come la pandemia abbia interrotto contemporaneamente l'offerta, la domanda e la logistica di tutto il mondo colpendo gravemente le catene di approvvigionamento globali e rendendo fuori controllo la propagazione dell'interruzione complicando, di conseguenza, l'implementazione di politiche di mitigazione del rischio.

Le principali strategie di resilienza considerate da Sawick per mitigare l'impatto delle interruzioni della pandemia di COVID-19 sulle catene di approvvigionamento sono:

- fornitori multi-sourcing e fornitori di riserva situati in sedi diversificate;
- pre-posizionamento del RMI (Risk Mitigation Inventory) e della capacità di riserva;
- rientro nel paese di origine da un paese straniero da parte delle aziende che avevano delocalizzato la produzione per accorciare e ricostruire le catene di approvvigionamento nazionali;
- digitalizzazione e automazione.

Lo studio presentato da Delgui e Ivanov vengono esaminati studi di ricerca operativa che analizzano la relazione tra propagazione dell'interruzione e dinamica strutturale delle SCs.

I risultati dello studio dei due autori rivelano che le implicazioni manageriali dello studio possono essere classificate in tre livelli: rete, processo e controllo.

- Livello di rete: le operazioni che è possibile effettuare su questo livello al fine di ammortizzare le interruzioni dovute dal ripple effect sono comprendere i potenziali punti deboli nei progetti SC, tenendo conto della struttura, della connettività e della dipendenza all'interno del

SC (Blackhurst, 2018), rilevare i nodi (o una combinazione di nodi) critici (Zeng e Xiao, 2014; Tang, 2016; Deng, 2019; Pavlov, 2020), effettuare stress test sui progetti delle SC ed analizzare la rete per migliorare la resilienza, ad esempio attraverso una diversificazione dei fornitori (Lei, 2020);

- Livello di processo: il centro di interesse dell'analisi del livello di processo si basa sull'ottimizzazione dei processi e dei flussi in una SC in condizioni di propagazione dell'interruzione. L'analisi di questa implicazione manageriale si basa principalmente su modelli di ottimizzazione matematica e su simulazioni della dinamica del sistema che essendo strutturati sul progetto di una SC consentono di ottimizzare i processi in caso di propagazione dell'interruzione. Bueno-Solano e Cedillo-Campos (2014) mostrano che le misure attuate per contrastare il ripple effect possono aumentare i livelli di inventario. Ghadge (2013) mostra come la simulazione della dinamica dei sistemi può aiutare nella previsione di potenziali punti di guasto nell'SC, insieme all'impatto complessivo dell'effetto a catena sulle prestazioni. Ulteriori risultati ed intuizioni manageriali, sebbene i dettagli differiscano tra gli studi, sono gli stessi che emergono da numerose ricerche: l'ottimizzazione congiunta delle capacità di SC e le capacità di recupero per SC, compromessi tra investimenti in una maggiore capacità di recupero e scorte; supporto decisionale sulla gestione delle scorte di sicurezza, riconfigurazione dei piani di produzione e inventario dopo interruzioni e pianificazione del recupero (Ivanov, 2015; Sinha, 2020; Goldbeck, 2020).

- Livello di controllo: in questo livello predominano i livelli di simulazione in quanto facilitano l'analisi dei comportamenti SC dinamici e delle dipendenze temporali nella propagazione e nelle risposte dell'interruzione. Un'osservazione interessante di questi studi fornisce informazioni sulle "code di interruzione": le politiche di produzione e ordinazione non coordinate durante un periodo di interruzione possono comportare ordini arretrati e ritardi, il cui accumulo provoca instabilità di SC post-interruzione, con conseguenti ulteriori ritardi di consegna e mancato recupero delle prestazioni di SC. Questi residui sono stati chiamati "code di interruzione". La letteratura esistente suggerisce che è necessario sviluppare specifiche politiche per passare dalla modalità di ripresa a una modalità operativa senza interruzioni per evitare queste "code di interruzione".

In un articolo del 2021 Monostori analizza come l'iterazione di tre caratteristiche come robustezza, complessità ed efficienza sia applicata allo studio di reti di distribuzione in particolare per mitigare l'effetto a catena generato dalle interruzioni.

La domanda era come bilanciare gli aspetti di robustezza, complessità ed efficienza mitigando l'effetto a catena di questa interruzione sulle altre parti delle reti di distribuzione studiate. A tale

scopo sono state implementate diverse strategie e ne sono stati analizzati gli impatti. Le strategie erano le seguenti: l'incremento della rete di distribuzione iniziale con centri di distribuzione aggiuntivi, l'uso di più fonti in diverse misure, effettuando anche modifiche strutturali.

3.5 Resilienza delle catene di approvvigionamento globali

Lo studio pubblicato da Kazancoglu, Ozbiltekin-Pala, Mangla, Kazancoglu, Jabeen (2022) si concentra sulla capacità della resilienza nelle GSC sostenibili di evitare o far fronte alle interruzioni affrontate durante eventi negativi imprevedibili come la pandemia COVID-19 e conduce ricerche sulla reattività delle GSC sostenibili durante COVID-19.

La resilienza delle catene di approvvigionamento globali di fronte alle interruzioni dipende dal fatto che le catene di approvvigionamento siano agili, flessibili e reattive (Sharma, 2021). L'agilità in un GSC consente l'adozione di politiche diverse di fronte a cambiamenti improvvisi. Nei casi in cui l'agilità è presente nelle GSC, si verificano miglioramenti nelle prestazioni (Li, 2022). La reattività delle aziende nelle loro strutture GSC mostra come possono reagire a interruzioni improvvise e far fronte alla situazione (Azaron, 2021). La flessibilità rende più facile trovare nuove soluzioni per mantenere la resilienza e la sostenibilità delle GSC di fronte a eventi imprevisti (Sriyanto, 2021); questa caratteristica è notevolmente incrementata dalle innovazioni tecnologiche.

Il principale contributo dello studio è di aver definito come questi concetti si influenzano a vicenda ottenendo le seguenti ipotesi: la flessibilità dell'GSC influisce positivamente sull'agilità dell'GSC, l'agilità dell'GSC influisce positivamente e in modo significativo sulla reattività dell'GSC, la flessibilità dell'GSC influisce positivamente e in modo significativo sulla reattività dell'GSC, l'agilità dell'GSC media le relazioni tra flessibilità e reattività dell'GSC.

Come già detto precedentemente le catene di approvvigionamento globali sono molto vulnerabili ed hanno molti problemi come la gestione dell'inventario, il processo di produzione, la gestione della domanda, ecc. In tempi di interruzione, questi problemi raddoppiano. Queste interruzioni influiscono direttamente sulla resilienza e sulla sostenibilità delle GSC. Pertanto, per essere resilienti e sostenibili, le GSC dovrebbero essere flessibili, agili e reattive.

Per quanto riguarda le implicazioni gestionali al fine di garantire resilienza durante le interruzioni gli attuali sforzi non sono sufficienti. Le aziende devono fornire queste caratteristiche sfruttando la trasformazione digitale attraverso tecnologie emergenti (industria 4.0) che consentono di aumentare la tracciabilità, l'automazione e la visibilità.

3.6 Risorse condivise

La condivisione delle risorse, come descritto nell'articolo pubblicato da Hosseinnezhad, Heavey e Nugroho, è una delle strategie dell'industria 4.0 utilizzate per migliorare agilità, flessibilità ed efficienza della supply chain. Nell'articolo emerge come da precedenti analisi (Freitag et al. 2015) le aziende utilizzano solamente l'80% della capacità produttiva disponibile. Questo significa che mentre una società potrebbe avere risorse inutilizzate, altre potrebbero star affrontando una carenza.

La condivisione delle risorse è una strategia di recupero per gestire le carenze attraverso la condivisione di risorse ed informazioni. Hosseinnezhad, Heavey e Nugroho indicano come quest'approccio consiste nell'acquisire aziende con risorse, processi produttivi, attrezzature, prodotti e clienti analoghi per adottare un'ampia gamma di strategie per condividere informazioni, risorse e piani di ripristino.

Le aziende potrebbero collaborare con i loro concorrenti per ottenere vantaggi reciproci che potrebbero non essere in grado di ottenere individualmente (Cao e Zhang, 2013).

Lo studio "Resource Sharing between Suppliers for a Flexible Recovery during Disruption" in particolare analizza la collaborazione tra fornitori in un ambiente dinamico analizzando i parametri che influenzano la cooperazione stabile tra fornitori che hanno investito in una fonte condivisa di scorte sicure. Attraverso lo sviluppo di un modello si analizzano le politiche di recupero attuate quando i fornitori sono soggetti ad interruzioni.

Le conclusioni dello studio mostrano che i fornitori sono meno disposti a seguire una strategia cooperativa se la risorsa affidabile diventa più preziosa. Dall'articolo emerge anche come una buona analisi dei parametri tecnici e un accordo ben sviluppato potrebbero garantire la stabilità delle strategie di ripresa dalle interruzioni.

Un altro studio interessante presentato da Cockx, Armbruster e Bendul (2019) si propone di determinare l'efficacia della condivisione di risorse con i concorrenti diretti, valutando se questa strategia potrebbe aumentare lo stato di salute della rete complessiva senza perdita di competitività con i concorrenti stessi.

Dalla ricerca emerge come la condivisione di risorse da un lato aumenta la quota di mercato del concorrente, dall'altro invece si nota una forte diminuzione del ripple effect in caso di interruzione.

Questa politica in cui tutte le aziende contribuiscono con una parte del loro patrimonio consente di ottenere un sistema ampiamente efficiente in cui le società in condivisione di risorse non sono gravemente colpite da eventuali interruzioni, consentendo anche di evitare che si generi un effetto a catena. I risultati ottenuti da questa ricerca sono limitati in quanto non si è tenuto conto dei costi di contratto per le risorse in condivisione, ma è necessario che questi ultimi vengano considerati nelle ricerche future.

Dall'articolo proposto da Nabila, Er, James Chen, Tzu Chen (2022) emerge l'importanza della condivisione delle informazioni all'interno della catena di approvvigionamento. Al fine di ottimizzare il risultato della condivisione delle informazioni è necessario definire: quali informazioni vengono condivise, con chi le informazioni vengono condivise, come le informazioni sono condivise, quando le informazioni sono condivise. Questo approccio aiuterà a evitare la ridondanza, ridurre le spese e migliorare i tempi di risposta. In particolare, questo studio dimostra che la condivisione delle informazioni influisce sia direttamente che indirettamente sulla reattività dei clienti.

Anche lo studio proposto da Jha, Fernandes, Xiong, Nie, Agarwal, Tiwari (2017) valuta l'importanza della condivisione delle informazioni. L'articolo prende in considerazione la collaborazione tra due società: una di sviluppo del prodotto ed una di sviluppo tecnologico con capacità diverse ma simbiotiche.

Dalla letteratura emerge come la condivisione delle informazioni è di vitale importanza nella collaborazione tra organizzazioni (Zhijun, 2009 e Zhao et al., 2002), Yue e Liu (2005) sostengono che ci sono diversi modi in cui la condivisione delle informazioni può aiutare la catena di approvvigionamento: consente ai produttori di rispondere alla domanda dei consumatori programmando in modo appropriato la produzione e la gestione delle scorte, può contribuire ad una migliore strutturazione dei prezzi e migliora l'accuratezza della domanda.

Sebbene la condivisione delle informazioni sia importante, l'importanza del suo impatto sulle prestazioni di una catena di approvvigionamento dipende anche da quali informazioni vengono condivise, quando, come e con chi vengono condivise (Chizzo, 1998 e Holmberg, 2000).

Nel caso privo di condivisione di informazioni i gestori investono essenzialmente per migliorare l'accuratezza delle previsioni, poiché porta a un netto aumento dei profitti. Tuttavia, i profitti di

equilibrio attesi sono funzioni crescenti dell'accuratezza delle previsioni di mercato nella situazione di condivisione delle informazioni.

Dagli scenari implementati dagli autori si deduce che i manager sono propensi alla condivisione delle informazioni quando sono ottimisti sulla domanda del mercato, preferiranno non condividerle in caso contrario così da raggiungere livelli più elevati di innovazione di prodotto.

Un altro scenario vede la condivisione degli investimenti: la condivisione delle informazioni previsionali diminuisce i profitti individuali, ma aumenta il profitto della catena di approvvigionamento nel suo insieme. I manager in tale situazione sceglierebbero comunque di condividere le informazioni, poiché i maggiori profitti della catena di approvvigionamento potrebbero essere reinvestiti per migliorare ulteriormente il livello di innovazione e sarebbero vantaggiosi per la collaborazione a lungo termine. Lo scenario di pura condivisione dell'innovazione fornisce risultati simili. La ricerca di questo documento può essere prontamente estesa ad altri settori con opportune modifiche.

Come presentato anche dal precedente articolo, anche lo studio proposto da Bodendorf, Franke (2022) "Multi-perspective analysis of monetary effects of information sharing between supply chain partners" analizza l'importanza della condivisione delle informazioni tra i componenti della supply chain. Tuttavia, a causa delle operazioni decentralizzate della catena di approvvigionamento, esiste un'asimmetria informativa tra i membri della catena di approvvigionamento, esponendoli a incertezze della domanda e dell'offerta (Begen et al., 2016; Dolgui & Prodhon, 2007; Shen et al., 2019). Questo problema di asimmetria può essere superato attraverso la condivisione delle informazioni e portare a una migliore pianificazione della produzione e all'aumento dei profitti complessivi della catena di approvvigionamento (Fiala, 2005; Lee et al., 2000; Ganesh et al., 2014).

Lo studio proposto valuta diversi scenari al fine di individuare come il grado di condivisione delle informazioni influisca sui profitti all'interno della filiera e dei singoli attori. In particolare, quale grado di condivisione delle informazioni sia più vantaggioso per i profitti dell'intera filiera e dei singoli attori. Dai risultati ottenuti emerge che il produttore trae vantaggio dalla condivisione delle informazioni, d'altra parte invece il fornitore ottiene il massimo profitto quando nessuna informazione viene condivisa. I manager dovrebbero individuare il corretto livello di condivisione delle informazioni grazie al quale si possa raggiungere un grado di soddisfazione sia individuale che

generale che consenta di migliorare sia l'efficienza che la competitività della catena di approvvigionamento.

In opposizione a quanto proposto dagli autori dei precedenti articoli proposti, Bo, Chen, Li, Han e Qi affermano nel loro studio "Time-sensitive supply chain disruption recovery and resource sharing incentive strategy" che la condivisione delle risorse può ridurre il tempo di recupero ottimale, ma non svolge necessariamente un ruolo fondamentale.

Lo studio sottolinea come recentemente l'attenzione dei clienti alla qualità del servizio sia in aumento; perciò, i tempi di risposta alla domanda sono un'importante fonte di vantaggio competitivo. Per accaparrarsi una quota di mercato maggiore ed ottenere e fidelizzare più clienti è necessario che le aziende garantiscano un lead time di consegna costante. Tuttavia, le interruzioni della catena di approvvigionamento potrebbero non rendere fattibile quest'ultima richiesta. In questo caso la condivisione di risorse come apparecchiature di produzione, processi tecnologici e metodi di gestione tra i membri della catena di approvvigionamento possono consentire un rapido ripristino dopo un'interruzione.

La ricerca presenta un modello matematico che consente di studiare il ripristino dalle interruzioni tra fornitore e produttore nel caso della condivisione delle risorse analizzando strategie che potrebbero fornire soluzioni teoriche per affrontare le interruzioni della catena di approvvigionamento.

Uno dei principali risultati dello studio mostra che il produttore sarebbe disposto a condividere le risorse per ridurre i tempi di recupero del fornitore e aumentare i profitti complessivi della catena di approvvigionamento. Dall'articolo emerge come la condivisione di risorse possa aumentare i profitti del fornitore, ma la limitatezza delle risorse stesse potrebbe non consentire un recupero adeguato; di contro un'eccessiva condivisione di risorse potrebbe danneggiare i profitti del produttore. Per far sì che sia il fornitore che il produttore ottengano dei miglioramenti dalla condivisione delle risorse è necessario che il fornitore paghi una tariffa per l'utilizzo delle risorse al produttore al fine di incoraggiarlo a condividerle.

Un interessante punto di vista, alternativo agli articoli già proposti, è quello presentato da Guo, Yu, Allaoui, Choudhary in "Lateral collaboration with cost-sharing in sustainable supply chain optimisation: a combinatorial framework". Lo studio mostra come la condivisione dei costi tra i membri della catena di approvvigionamento consente di ottenere soluzioni redditizie e sostenibili.

Gli autori sottolineano come la collaborazione laterale, ovvero quella che si riferisce alla combinazione di collaborazioni verticali e orizzontali, consenta di ottenere maggiore flessibilità e aumentare le capacità di condivisione delle risorse (Bahinipati e Deshmukh, 2014, Habibi et al., 2018). In questa ricerca sono proposti modelli matematici utili alla risoluzione di problematiche, tra cui la progettazione di una filiera nella quale un'efficace strategia di condivisione dei costi con le altre aziende è necessaria per mantenere una partnership equa e duratura (collaborazione laterale). I ricercatori hanno modellato un problema che consente la condivisione di fornitori, siti di produzione e centri di distribuzione di una rete con un'altra rete, esaminando come il costo aggiuntivo portato dalle attività collaborative dovrebbe essere condiviso tra le aziende. Il tutto in un'ottica di sostenibilità ambientale.

I risultati di questo studio forniscono spunti sulle pratiche di collaborazione laterale con componenti di un'altra catena di approvvigionamento, ad esempio il sito di produzione di una rete di filiera può collaborare e servire con il fornitore o un'altra rete. Allo stesso modo, il rivenditore di una rete di filiera può collaborare con il distributore di un'altra rete. Nella collaborazione laterale, è probabile che le catene di approvvigionamento traggano benefici l'una dall'altra se collaborano contemporaneamente alle attività di produzione, distribuzione e trasporto. Questo approccio consente di ridurre i costi di gestione e, al contempo, ridurre al minimo le emissioni di carbonio grazie al trasporto collaborativo. Tuttavia, è importante considerare che ci sono più strategie di condivisione dei costi, una delle quali è la strategia del sovrapprezzo che risulta essere un approccio equo. Questa strategia consiste in una maggiore riduzione dei costi per l'azienda che esegue più lavoro. Inoltre, alle aziende che partecipano alla collaborazione viene concesso più spazio per negoziare così da ottenere situazioni più vantaggiose per tutti.

L'articolo presentato da Mehrotra, Rahimian, Barah, Luo, Schantz "A model of supply-chain decisions for resource sharing with an application to ventilator allocation to combat COVID-19" presenta un modello matematico che ha lo scopo di ottimizzare l'allocazione e la condivisione di una risorsa critica, in questo caso ventilatori di supporto alla respirazione dei pazienti, durante una pandemia. I risultati dello studio mostrano che se meno del 60% dell'inventario di ventilatori sia disponibile per pazienti non affetti da Covid le scorte sarebbero adeguate anche in caso di picchi di domanda. Tuttavia, quando più del 75% dell'inventario disponibile dei ventilatori è riservato a pazienti non Covid sono previsti gravi deficit. Se si verificano gravi situazioni e gli stati non sono disposti a condividere le proprie scorte di ventilatori si va incontro a carenze critiche. Un risultato

importante di questo studio è che un'agenzia centrale può fungere da coordinatore per la condivisione di risorse critiche che scarseggiano nel tempo per aggiungere efficienza al sistema. Le conclusioni generate dal modello mostrano come in un ambiente con risorse limitate in cui la domanda può raggiungere picchi in momenti diversi è possibile ottenere una migliore efficienza nell'utilizzo delle risorse condividendo l'offerta in eccesso.

L'articolo "Collaboration and transportation resource sharing in multiple centers vehicle routing optimization with delivery and pickup" studia l'adozione di strategie di collaborazione tra strutture logistiche di consegna e di ritiro al fine di costituire un approccio sostenibile all'ottimizzazione della rete di routing dei veicoli. Lo scopo è quello di ridurre al minimo i costi operativi ed il numero totale di veicoli nella rete. Gli autori presentano un algoritmo in cui i centri di distribuzione e di ritiro possono condividere veicoli e clienti al fine di aumentare l'efficienza dell'intera rete e massimizzare i profitti. L'ottimizzazione del modello matematico consente di ridurre il trasporto a lungo raggio, migliorare la velocità di carico dei veicoli e facilitare lo sviluppo sostenibile.

Nello studio "The role of group-based contracts for risk-sharing; what are the opportunities to cover catastrophic risk?" si mostra come i contratti che legano più aziende siano potenti strumenti per la condivisione del rischio. Nei gruppi di successo il capitale sociale funge da catalizzatore per la prevenzione dei rischi e la condivisione delle informazioni, nonostante questo risulta difficile affrontare rischi di portate elevate. Avere un forte capitale sociale consente anche di attenuare o addirittura ridurre i costi che le banche devono affrontare per sopperire alle perdite o stimolare la prevenzione e l'attenuazione del rischio.

Nonostante molteplici vantaggi, anche i contratti di gruppo per la condivisione del rischio hanno delle limitazioni: una di questa riguarda il caso in cui tutti i membri del gruppo possono affrontare un grave danno allo stesso tempo. Questo studio mostra tre possibili opzioni per affrontare in modo migliore le perdite associate al rischio catastrofico: attivare contratti che intervengono al verificarsi di eventi meteorologici estremi, migliorare la capacità degli agricoltori di negoziare migliori accordi di condivisione del rischio con gli attori della catena del valore a monte e a valle, creare un fondo comune che permetta di ottenere un risarcimento in caso di eventi avversi. Tuttavia, queste soluzioni sono in fase iniziale ed andrebbero approfondite con ulteriori ricerche.

La ricerca presentata da Zare, Esmaeili ed He “Implications of risk-sharing strategies on supply chains with multiple retailers and under random yield” considera una catena di approvvigionamento che include un fornitore ed un produttore, i quali devono rispettivamente affrontare una resa casuale ed una richiesta casuale. Lo studio presenta una serie di modelli matematici al fine di valutare il meccanismo della condivisione del rischio all'interno della supply chain. Vengono proposti diversi scenari tra i quali: stesso contratto di condivisione del rischio (RS), nessun contratto di condivisione del rischio (NRS) o segmentazione dei gruppi di rivenditori con entrambi RS e NRS. I risultati principali mostrano come i contratti di condivisione del rischio possono significativamente ridurre i costi di mantenimento del fornitore, consentono di ottenere un vantaggio sia al fornitore che ai rivenditori rispetto a coloro che non possiedono un contratto di condivisione del rischio, inoltre, se il fornitore riuscisse a ridurre l'effetto del rendimento casuale dell'offerta le prestazioni dell'intera catena di approvvigionamento migliorerebbero.

Paper	Riassunto	Fattori positivi del resource sharing	Fattori negativi del resource sharing
Resource Sharing between Suppliers for a Flexible Recovery during Disruption	Il resource sharing è una strategia di recupero per gestire le carenze attraverso la condivisione di risorse ed informazioni. Quest'approccio consiste nell'acquistare aziende con risorse, processi produttivi, attrezzature, prodotti e clienti analoghi per adottare un'ampia gamma di strategie per condividere informazioni, risorse e piani di ripristino	<ul style="list-style-type: none"> • Migliora l'agilità, la flessibilità e l'efficienza della supply chain • Garantisce la stabilità delle strategie di ripresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornitori poco collaborativi se la risorsa è preziosa
Resource Sharing as Supply Chain Disruption Risk Management Measure	Valutare l'efficacia della condivisione di risorse con i concorrenti diretti, valutando se questa strategia potrebbe aumentare lo stato di	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuzione del Ripple Effect 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento della quota di mercato del concorrente

	salute della rete complessiva senza perdita di competitività con i concorrenti stessi		
The impact analysis of information technology alignment for information sharing and supply chain integration on customer responsiveness	Al fine di ottimizzare il risultato della condivisione delle informazioni è necessario definire: quali, con, come e quando le informazioni sono condivise.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento della reattività alla domanda • riduzione delle spese 	<ul style="list-style-type: none"> • Particolare attenzione al tipo di risorse o informazioni da condividere
Effects of demand forecast and resource sharing on collaborative new product development in supply chain	L'articolo prende in considerazione la collaborazione tra due società: una di sviluppo del prodotto ed una di sviluppo tecnologico con capacità diverse ma simbiotiche valutando sia la condivisione delle informazioni che la condivisione degli investimenti	<ul style="list-style-type: none"> • Rapida risposta alla domanda dei consumatori • Migliora la capacità di programmazione della produzione e delle scorte • Migliora l'accuratezza della domanda • Migliora la strutturazione dei prezzi • Aumento dei profitti della catena di approvvigionamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Scetticismo nella condivisione delle informazioni se la domanda del mercato non è ottimista • Diminuzione dei profitti individuali
Multi-perspective analysis of monetary effects of information sharing between supply chain partners	Analizza l'importanza della condivisione delle informazioni tra i componenti della supply chain. Tuttavia, a causa delle operazioni decentralizzate della catena di approvvigionamento, esiste un'asimmetria informativa tra i membri della catena stessa, esponendoli a incertezze della domanda e dell'offerta. Questo problema può essere superato attraverso la	<ul style="list-style-type: none"> • Consente una migliore programmazione della produzione • Aumento dei profitti della catena di approvvigionamento • Il produttore trae vantaggio dalla condivisione delle informazioni 	<ul style="list-style-type: none"> • Il fornitore trae massimo profitto quando le informazioni non vengono condivise

	<p>condivisione delle informazioni. È necessario individuare il corretto livello di condivisione delle informazioni grazie al quale si possa raggiungere un grado di soddisfazione sia individuale che generale.</p>		
<p>Time-sensitive supply chain disruption recovery and resource sharing incentive strategy</p>	<p>Lo studio sottolinea come recentemente l'attenzione dei clienti alla qualità del servizio sia in aumento; perciò, i tempi di risposta alla domanda sono un'importante fonte di vantaggio competitivo. È necessario che le aziende garantiscano un lead time di consegna costante. Tuttavia, le interruzioni della catena di approvvigionamento potrebbero non rendere fattibile quest'ultima richiesta. In questo caso la condivisione di risorse può consentire un rapido ripristino dopo un'interruzione.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Riduce il tempo di recupero dopo un'interruzione • Consente un lead time di consegna costante 	<ul style="list-style-type: none"> • Pratica che non svolge un ruolo fondamentale • La limitatezza delle risorse potrebbe non consentire un adeguato recupero
<p>Lateral collaboration with cost-sharing in sustainable supply chain optimisation: A combinatorial framework</p>	<p>Lo studio mostra come la condivisione dei costi tra i membri della catena di approvvigionamento consente di ottenere soluzioni redditizie e sostenibili. Gli autori sottolineano come la collaborazione laterale consenta di ottenere</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consente di ottenere soluzioni sostenibili e redditizie • Ridurre i costi di gestione • Ridurre le emissioni di carbonio 	<ul style="list-style-type: none"> • Le aziende che collaborano non eseguono la stessa mole di lavoro

	<p>maggiore flessibilità e aumentare le capacità di condivisione delle risorse. I risultati forniscono spunti sulle pratiche di collaborazione laterale con componenti di un'altra catena di approvvigionamento.</p>		
<p>A model of supply-chain decisions for resource sharing with an application to ventilator allocation to combat COVID-19</p>	<p>L'articolo presenta un modello di ottimizzazione per l'allocazione e la condivisione di una risorsa critica in caso di pandemia. Le entità (stati) possono condividere la risorsa critica con uno stato diverso in una condizione avversa al rischio. Il modello viene applicato per studiare l'allocazione dell'inventario dei ventilatori nella pandemia di COVID-19.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dell'efficienza del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Ogni stato partecipante è contrario al rischio di condividere il proprio inventario in eccesso
<p>Collaboration and transportation resource sharing in multiple centers vehicle routing optimization with delivery and pickup</p>	<p>Questo documento introduce un problema di instradamento dei veicoli in più centri collaborativi con consegna e ritiro simultanei per ridurre al minimo i costi operativi e il numero totale di veicoli nella rete. I centri di distribuzione e ritiro possono condividere veicoli e clienti al fine di aumentare l'efficienza dell'intera rete e massimizzare i profitti.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione dei costi di trasporto • Riduzione del numero di veicoli necessari • Riduzione dei trasporti a lungo raggio • Migliore velocità di carico dei veicoli • Sviluppo di reti di trasporto più sostenibili 	-

<p>The role of group-based contracts for risk-sharing; what are the opportunities to cover catastrophic risk?</p>	<p>In questo documento ci chiediamo se e come i contratti di gruppo si sono innovati per includere il rischio catastrofico. La revisione mostra che, sebbene in una fase iniziale, le innovazioni emergono dal collegamento ai mercati finanziari formali, dalla negoziazione di migliori accordi di condivisione del rischio o l'uso di fondi comuni per le calamità. Queste modifiche ai contratti sviluppati in precedenza dovrebbero migliorare le prospettive di aiuto verso chi ha subito il danno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • copertura del rischio catastrofico • Il capitale sociale garantisce incentivi per la prevenzione del rischio • I gruppi migliorano la capacità di negoziare migliori condizioni di fornitura e consegna • Nei progetti di miglioramento su scala più ampia, più attori prendono parte alla condivisione del rischio 	<ul style="list-style-type: none"> • I contratti di gruppo hanno delle limitazioni • Soluzioni in fasi iniziali
<p>Implications of risk-sharing strategies on supply chains with multiple retailers and under random yield</p>	<p>considera una catena di approvvigionamento che include un fornitore ed un produttore, i quali devono rispettivamente affrontare una resa casuale ed una richiesta casuale. Lo studio presenta una serie di modelli matematici al fine di valutare il meccanismo della condivisione del rischio all'interno della supply chain.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione dei costi di mantenimento del fornitore • Ottenimento di vantaggi sia per i fornitori che per i produttori • Migliori prestazioni della catena di approvvigionamento 	<p>-</p>

Conclusioni

La natura irrequieta e in rapida evoluzione dell'economia aziendale globale continuerà a influenzare le catene di approvvigionamento in termini di vulnerabilità, incertezza e complessità.

La creazione di una catena di approvvigionamento resiliente per gestire potenziali rischi e interruzioni è quindi diventato fondamentale nell'ambito del management di catene logistiche.

Per quanto riguarda la necessità di chiarire il concetto di resilienza di una catena di approvvigionamento, si può concludere come una definizione univoca ed universalmente accettata non esista. Generalmente si può riassumere come la capacità della catena di approvvigionamento di essere preparata a eventi di rischio imprevedibili, di rispondere e di riprendersi rapidamente a potenziali interruzioni per tornare alla sua situazione originale o crescere passando a un nuovo stato più avanzato rispetto a quello precedente.

Dalla revisione degli articoli di letteratura emerge come per aumentare la resilienza sia necessario individuare e identificare i possibili rischi che potrebbero verificarsi lungo la catena di approvvigionamento al fine di mettere in atto azioni mirate alla gestione del rischio stesso.

L'obiettivo non è solo quello di diminuire la probabilità che il rischio avvenga, ma anche quello di attuare misure che lo contrastino.

Le aziende che combinano e migliorano le capacità di integrazione e flessibilità presentano un livello più alto di resilienza nella loro catena di approvvigionamento. Ciò implica che oltre ad utilizzare strumenti e IT (information Technology) per gestire la propria organizzazione interna, devono utilizzare ulteriori software di gestione della catena di approvvigionamento per integrare fornitori, clienti e distributori al fine di individuare tempestivamente possibili episodi di rischio e attivare velocemente processi di risposta. L'utilizzo di tecnologie di tracciabilità e rintracciabilità delle merci forniscono ulteriori informazioni su eventuali problemi che possono comportare una diminuzione della qualità del servizio.

Inoltre, è necessario attuare misure che contrastino l'effetto a catena così da attutire, mitigare e contrastare che l'interruzione di un nodo si possa diffondere a nodi vicini.

Recentemente, anche a seguito degli avvenimenti causati dalla pandemia Covid-19, la letteratura riguardo la Supply Chain Resilience è stata ampliata notevolmente dai ricercatori con l'obiettivo di individuare nuovi aspetti ed orizzonti per rafforzare la resilienza delle aziende e delle rispettive catene di approvvigionamento così da far fronte alle interruzioni a lungo termine.

La sopravvivenza delle catene di approvvigionamento può essere raggiunta principalmente selezionando accuratamente i fornitori, mappando e riprogettando la supply chain, stabilire partnership con aziende esterne, individuando fornitori di riserva, stabilendo una scorta di sicurezza, attraverso l'additive manufacturing, ma specialmente implementando nuove tecnologie relative all'industria 4.0.

Un ulteriore aspetto che risulta interessante, specialmente negli ultimi anni, è l'integrazione del concetto di resilienza e quello di sostenibilità della catena di approvvigionamento: lo scopo è quello di implementare entrambe le caratteristiche in modo congiunto così che l'una possa trarre beneficio dall'altra rendendo di conseguenza la SC più performante.

Dagli articoli revisionati possiamo concludere che non è facile migliorare la resilienza della catena di approvvigionamento, anche se è una caratteristica altamente desiderabile.

Bibliografia

- Ali, Omar, Ashraf Jaradat, Atik Kulakli, e Ahmed Abuhalmeh. «A Comparative Study: Blockchain Technology Utilization Benefits, Challenges and Functionalities». *IEEE Access* 9 (2021): 12730–49. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050241>.
- Alogla, Ageel Abdulaziz, Martin Baumers, Christopher Tuck, e Wael Elmadih. «The Impact of Additive Manufacturing on the Flexibility of a Manufacturing Supply Chain». *Applied Sciences* 11, n. 8 (20 aprile 2021): 3707. <https://doi.org/10.3390/app11083707>.
- Belhadi, Amine, Sachin S. Kamble, Mani Venkatesh, Charbel Jose Chiappetta Jabbour, e Imane Benkhati. «Building Supply Chain Resilience and Efficiency through Additive Manufacturing: An Ambidextrous Perspective on the Dynamic Capability View». *International Journal of Production Economics* 249 (luglio 2022): 108516. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108516>.
- Bo, Hongguang, Yinglian Chen, Huanzhi Li, Peng Han, e Lian Qi. «Time-Sensitive Supply Chain Disruption Recovery and Resource Sharing Incentive Strategy». *Journal of Management Science and Engineering* 6, n. 2 (giugno 2021): 165–76. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.03.004>.
- Bodendorf, Frank, e Jörg Franke. «Multi-Perspective Analysis of Monetary Effects of Information Sharing between Supply Chain Partners». *Industrial Marketing Management* 104 (luglio 2022): 400–415. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.04.003>.
- Brusset, Xavier, e Christoph Teller. «Supply Chain Capabilities, Risks, and Resilience». *International Journal of Production Economics* 184 (febbraio 2017): 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.008>.
- Cockx, Ronald, Dieter Armbruster, e Julia C. Bendul. «Resource Sharing as Supply Chain Disruption Risk Management Measure». *IFAC-PapersOnLine* 52, n. 13 (2019): 802–7. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.228>.
- Data Science Team. «Reti Bayesiane», s.d.
- Dolgui, Alexandre, e Dmitry Ivanov. «Ripple Effect and Supply Chain Disruption Management: New Trends and Research Directions». *International Journal of Production Research* 59, n. 1 (2 gennaio 2021): 102–9. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1840148>.
- Gebhardt, Maximilian, Alexander Spieske, Matthias Kopyto, e Hendrik Birkel. «Increasing Global Supply Chains' Resilience after the COVID-19 Pandemic: Empirical Results from a Delphi Study». *Journal of Business Research* 150 (novembre 2022): 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.008>.
- Golan, Maureen S, Emerson Mahoney, Benjamin Trump, e Igor Linkov. «Resilience and Efficiency for the Nanotechnology Supply Chains Underpinning COVID-19 Vaccine Development». *Current Opinion in Chemical Engineering* 34 (dicembre 2021): 100759. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100759>.
- Guo, Yuhan, Junyu Yu, Hamid Allaoui, e Alok Choudhary. «Lateral Collaboration with Cost-Sharing in Sustainable Supply Chain Optimisation: A Combinatorial Framework». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 157 (gennaio 2022): 102593. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102593>.
- Hohenstein, Nils-Ole, Edda Feisel, Evi Hartmann, e Larry Giunipero. «Research on the Phenomenon of Supply Chain Resilience: A Systematic Review and Paths for Further Investigation». A cura di Professor Maria Jesus Saenz e Dr Xenophon Koufteros. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 45, n. 1/2 (2 marzo 2015): 90–117. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2013-0128>.
- Hossain, Niamat Ullah Ibne, Steven A. Fazio, Jeanne-Marie Lawrence, Ernesto DR. Santibanez Gonzalez, Raed Jaradat, e Maria Santos Alvarado. «Role of Systems Engineering Attributes in Enhancing Supply Chain Resilience: Healthcare in Context of COVID-19 Pandemic».

- Heliyon* 8, n. 6 (giugno 2022): e09592. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09592>.
- Hosseini, Seyedmohsen, e Dmitry Ivanov. «Bayesian Networks for Supply Chain Risk, Resilience and Ripple Effect Analysis: A Literature Review». *Expert Systems with Applications* 161 (dicembre 2020): 113649. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113649>.
- Hosseinnezhad, Heavy, e Nugroho. «Resource Sharing between Suppliers for a Flexible Recovery during Disruption», 2022.
- Ivanov, Dmitry, e Alexandre Dolgui. «OR-Methods for Coping with the Ripple Effect in Supply Chains during COVID-19 Pandemic: Managerial Insights and Research Implications». *International Journal of Production Economics* 232 (febbraio 2021): 107921. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107921>.
- Jha, Aditya, Kiran Fernandes, Yu Xiong, Jiajia Nie, Neelesh Agarwal, e Manoj K. Tiwari. «Effects of Demand Forecast and Resource Sharing on Collaborative New Product Development in Supply Chain». *International Journal of Production Economics* 193 (novembre 2017): 207–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.012>.
- Jüttner, Uta, e Stan Maklan. «Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study». *Supply Chain Management: An International Journal* 16, n. 4 (21 giugno 2011): 246–59. <https://doi.org/10.1108/13598541111139062>.
- Kamalahmadi, Masoud, e Mahour Mellat Parast. «A Review of the Literature on the Principles of Enterprise and Supply Chain Resilience: Major Findings and Directions for Future Research». *International Journal of Production Economics* 171 (gennaio 2016): 116–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.10.023>.
- Kazancoglu, Ipek, Melisa Ozbiltekin-Pala, Sachin Kumar Mangla, Yigit Kazancoglu, e Fauzia Jabeen. «Role of Flexibility, Agility and Responsiveness for Sustainable Supply Chain Resilience during COVID-19». *Journal of Cleaner Production* 362 (agosto 2022): 132431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132431>.
- Li, Guo, Jing Xue, Na Li, e Dmitry Ivanov. «Blockchain-Supported Business Model Design, Supply Chain Resilience, and Firm Performance». *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 163 (luglio 2022): 102773. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102773>.
- Li, Yuhong, Kedong Chen, Stephane Collignon, e Dmitry Ivanov. «Ripple Effect in the Supply Chain Network: Forward and Backward Disruption Propagation, Network Health and Firm Vulnerability». *European Journal of Operational Research* 291, n. 3 (giugno 2021): 1117–31. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.053>.
- Li, Yuhong, e Christopher W. Zobel. «Exploring Supply Chain Network Resilience in the Presence of the Ripple Effect». *International Journal of Production Economics* 228 (ottobre 2020): 107693. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107693>.
- Li, Yuhong, Christopher W. Zobel, Onur Seref, e Dean Chatfield. «Network Characteristics and Supply Chain Resilience under Conditions of Risk Propagation». *International Journal of Production Economics* 223 (maggio 2020): 107529. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107529>.
- Lohmer, Jacob, Niels Bugert, e Rainer Lasch. «Analysis of Resilience Strategies and Ripple Effect in Blockchain-Coordinated Supply Chains: An Agent-Based Simulation Study». *International Journal of Production Economics* 228 (ottobre 2020): 107882. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107882>.
- Mehrotra, Sanjay, Hamed Rahimian, Masoud Barah, Fengqiao Luo, e Karolina Schantz. «A Model of SUPPLY-CHAIN Decisions for Resource Sharing with an Application to Ventilator Allocation to Combat COVID -19». *Naval Research Logistics (NRL)* 67, n. 5 (agosto 2020): 303–20. <https://doi.org/10.1002/nav.21905>.
- Meuwissen, Miranda PM, Mariska JM Bottema, Lien Hong Ho, Sawitree Chamsai, Kebede Manjur, e Yann de Mey. «The Role of Group-Based Contracts for Risk-Sharing; What Are the Opportunities to Cover Catastrophic Risk?» *Current Opinion in Environmental*

- Sustainability* 41 (dicembre 2019): 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.11.004>.
- Miller, Holmes, e Kurt Engemann. «Resilience and Sustainability in Supply Chains». In *Revisiting Supply Chain Risk*. Springer, s.d.
- Monostori, Judit. «Mitigation of the Ripple Effect in Supply Chains: Balancing the Aspects of Robustness, Complexity and Efficiency». *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 32 (gennaio 2021): 370–81. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.01.013>.
- Moosavi, Javid, Amir M. Fathollahi-Fard, e Maxim A. Dulebenets. «Supply Chain Disruption during the COVID-19 Pandemic: Recognizing Potential Disruption Management Strategies». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 75 (giugno 2022): 102983. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102983>.
- Moosavi, Javid, e Seyedmohsen Hosseini. «Simulation-Based Assessment of Supply Chain Resilience with Consideration of Recovery Strategies in the COVID-19 Pandemic Context». *Computers & Industrial Engineering* 160 (ottobre 2021): 107593. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107593>.
- Nabila, Achmad Wildan, Mahendrawathi Er, James C. Chen, e Tzu Li Chen. «The Impact Analysis of Information Technology Alignment for Information Sharing and Supply Chain Integration on Customer Responsiveness». *Procedia Computer Science* 197 (2022): 718–26. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.193>.
- Naghshineh, Bardia, e Helena Carvalho. «The Implications of Additive Manufacturing Technology Adoption for Supply Chain Resilience: A Systematic Search and Review». *International Journal of Production Economics* 247 (maggio 2022): 108387. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108387>.
- Negri, Marta, Enrico Cagno, Claudia Colicchia, e Joseph Sarkis. «Integrating Sustainability and Resilience in the Supply Chain: A Systematic Literature Review and a Research Agenda». *Business Strategy and the Environment* 30, n. 7 (novembre 2021): 2858–86. <https://doi.org/10.1002/bse.2776>.
- Oettmeier, Katrin, e Erik Hofmann. «Impact of Additive Manufacturing Technology Adoption on Supply Chain Management Processes and Components». *Journal of Manufacturing Technology Management* 27, n. 7 (5 settembre 2016): 944–68. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2015-0113>.
- Ozdemir, Dilek, Mahak Sharma, Amandeep Dhir, e Tugrul Daim. «Supply Chain Resilience during the COVID-19 Pandemic». *Technology in Society* 68 (febbraio 2022): 101847. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101847>.
- Pettit, Timothy J., Keely L. Croxton, e Joseph Fiksel. «The Evolution of Resilience in Supply Chain Management: A Retrospective on Ensuring Supply Chain Resilience». *Journal of Business Logistics* 40, n. 1 (marzo 2019): 56–65. <https://doi.org/10.1111/jbl.12202>.
- Roberta Pereira, Carla, Martin Christopher, e Andrea Lago Da Silva. «Achieving Supply Chain Resilience: The Role of Procurement». *Supply Chain Management: An International Journal* 19, n. 5/6 (2 settembre 2014): 626–42. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2013-0346>.
- Romano, Massimo. «Introduzione alle reti di Bayes». s.d.
- Sawik, Tadeusz. «Stochastic Optimization of Supply Chain Resilience under Ripple Effect: A COVID-19 Pandemic Related Study». *Omega* 109 (giugno 2022): 102596. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102596>.
- Scholten, Kirstin, Pamela Sharkey Scott, e Brian Fynes. «Mitigation Processes – Antecedents for Building Supply Chain Resilience». *Supply Chain Management: An International Journal* 19, n. 2 (4 marzo 2014): 211–28. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2013-0191>.
- Spieske, Alexander, e Hendrik Birkel. «Improving Supply Chain Resilience through Industry 4.0: A Systematic Literature Review under the Impressions of the COVID-19 Pandemic». *Computers & Industrial Engineering* 158 (agosto 2021): 107452. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>.
- Taleizadeh, Ata Allah, Kimiya Ahmadzadeh, Bhaba R. Sarker, e Ali Ghavamifar. «Designing an

- Optimal Sustainable Supply Chain System Considering Pricing Decisions and Resilience Factors». *Journal of Cleaner Production* 332 (gennaio 2022): 129895. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129895>.
- Um, Juneho, e Neungho Han. «Understanding the Relationships between Global Supply Chain Risk and Supply Chain Resilience: The Role of Mitigating Strategies». *Supply Chain Management: An International Journal* 26, n. 2 (10 febbraio 2021): 240–55. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2020-0248>.
- Vocabolario Treccani. «Significato del termine “resilienza”». In *Treccani*, s.d.
- Wang, Yong, Jie Zhang, Kevin Assogba, Yong Liu, Maozeng Xu, e Yinhai Wang. «Collaboration and Transportation Resource Sharing in Multiple Centers Vehicle Routing Optimization with Delivery and Pickup». *Knowledge-Based Systems* 160 (novembre 2018): 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.07.024>.
- Wieland, Andreas, e Christian F. Durach. «Two Perspectives on Supply Chain Resilience». *Journal of Business Logistics* 42, n. 3 (luglio 2021): 315–22. <https://doi.org/10.1111/jbl.12271>.
- Zare, Marjan, Maryam Esmaeili, e Yuanjie He. «Implications of Risk-Sharing Strategies on Supply Chains with Multiple Retailers and under Random Yield». *International Journal of Production Economics* 216 (ottobre 2019): 413–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.003>.
- Zavala-Alcívar, Antonio, María-José Verdecho, e Juan-José Alfaro-Saiz. «A Conceptual Framework to Manage Resilience and Increase Sustainability in the Supply Chain». *Sustainability* 12, n. 16 (5 agosto 2020): 6300. <https://doi.org/10.3390/su12166300>.
- Zheng, Leven J., Chang Xiong, Xihui Chen, e Chung-Sheng Li. «Product Innovation in Entrepreneurial Firms: How Business Model Design Influences Disruptive and Adoptive Innovation». *Technological Forecasting and Social Change* 170 (settembre 2021): 120894. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120894>.