

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Applicazione della Blockchain

alla Supply Chain dell'Automotive:

Analisi dello stato dell'arte e delle prospettive future



Relatrice

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Candidata

Laura Augugliaro

Ottobre 2020

Indice

INTRODUZIONE	6
1 DIGITALE SUPPLY CHAIN E SUPPLY CHAIN DELL’AUTOMOTIVE	8
1.1 Supply Chain tradizionale	8
1.2 Supply Chain automobilistica	10
1.2.1 Attori della Supply Chain	12
1.3 Supply Chain Management	14
1.4 Il settore Automotive	17
1.5 Il concetto di Quarta rivoluzione industriale e le Smart Factory	22
1.6 Tecnologie abilitanti	26
1.6.1 Cyber-Physical-System	27
1.6.2 Internet of Things	28
1.6.3 Big Data	32
1.6.4 Cloud Computing	34
1.6.5 Blockchain	37
1.6.6 Additive Manufacturing	46
1.6.7 Advanced Human – Machine Interface	48
1.6.8 Augmented Reality	49
1.6.9 Advanced Automation	51
1.7 <i>Research gap</i>	53
2 SUPPLY CHAIN NEL SETTORE AUTOMOTIVE: I PROCESSI E LE ATTIVITÀ	54
2.1 Analisi della Supply Chain del settore Automotive	54
2.1.1 Acquisizione ordine e Approvvigionamento	55
2.1.2 Logistica Inbound	63
2.1.3 Assemblaggio	77
2.1.4 Distribuzione	85

3	APPLICAZIONE DELLA BLOCKCHAIN AI PROCESSI DELLA SUPPLY CHAIN AUTOMOTIVE	91
3.1	Criticità della Supply Chain dell'Automotive	91
3.1.1	Effetto Bullwhip	92
3.1.2	Flusso informativo tra soggetti diversi	94
3.1.3	Tracciabilità	95
3.1.4	Credibilità dei dati	96
3.1.5	Autenticità delle informazioni	98
3.1.6	Sicurezza e privacy	98
3.1.7	Assemblaggio	100
3.1.8	Distribuzione	100
3.1.9	Prodotto contraffatto	101
3.1.10	Trusted Third Part	102
3.1.11	Double Inventory	102
3.2	Panoramica della Blockchain	103
3.2.1	Raccolta dei dati	110
3.3	Blockchain nella Supply Chain automobilistica	115
3.4	Proposte future	135
3.5	Conclusioni	145
4	CONCLUSIONI	149
4.1	Benefici apportati dall'elaborato	149
4.2	Limitazioni dell'elaborato	151
4.3	Spunti di ricerca futura	152
	BIBLIOGRAFIA	154
	SITOGRAFIA	163

INTRODUZIONE

Gli ultimi decenni dello scorso secolo sono stati caratterizzati da fattori come l'utilizzo del computer e la diffusione di internet, i quali, rendendo l'informazione più accessibile grazie all'aumento dei dispositivi connessi, hanno notevolmente migliorato il contesto in cui vivere. A differenza della terza rivoluzione industriale che si è concentrata sulle tecnologie riguardanti l'informazione e la comunicazione, l'Industria 4.0 non introduce alcuna innovazione dirompente, ma porta le imprese a diventare flessibili e reattive per adattarsi al meglio alle nuove dinamiche dei mercati.

Sulla scia di questa ondata di innovazioni, all'inizio del XXI secolo si è assistito ad un'evoluzione del concetto di Supply Chain: da una catena tradizionale, costituita da imprese autonome che si relazionano le une con le altre (Pinna, 2006), a sistema integrato, basato sulla condivisione in tempo reale delle informazioni lungo tutta la catena (Wu et al., 2016).

Una globalizzazione in continuo aumento e una domanda dei clienti sempre più personalizzata, infatti, hanno posto le basi per la ricerca di una gestione che coinvolga tutti gli attori, a discapito dell'ottimizzazione delle singole attività. Per raggiungere tale scopo diventano importanti le informazioni, ma spesso si ha la tendenza a tralasciare la gestione dei flussi informativi, preferendo loro i relativi flussi fisici. In questo modo viene meno la visibilità lungo la filiera, fattore indispensabile per poter prendere decisioni efficaci e immediate.

Il focus di questo elaborato è il settore automobilistico, la cui gestione risulta essere difficile a causa della complessità dei flussi di materiale e delle informazioni ad essi associate, dati soprattutto dell'elevato numero di attori coinvolti. A ciò si aggiunge una produzione di massa sempre più personalizzata che ha portato al passaggio da una produzione basata sulle previsioni ad un modello customizzato che parte dagli ordini. Per seguire questa nuova tendenza, tutta la Supply Chain dovrà essere in grado di rispettare i tempi dettati dal produttore e a tale scopo risulta fondamentale un filiera sincronizzata, realizzabile grazie alla trasparenza garantita dalla gestione integrata. Quest'ultima, inoltre, offre la possibilità di gestire tutte le attività in maniera più rapida ed efficace sfruttando le tecnologie dell'Industria 4.0.

L'obiettivo del seguente elaborato è analizzare come la Blockchain, una delle tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0, possa impattare sulla gestione dei processi della Supply Chain nel settore Automotive.

Il lavoro svolto è articolato in quattro capitoli: il primo, puramente descrittivo, fa un'analisi del settore automobilistico e un excursus su come la Supply Chain si è evoluta durante gli anni fino ad arrivare al concetto di Industria 4.0, descrivendo le tecnologie abilitanti su cui si fonda e ponendo particolare attenzione alla trattazione della Blockchain.

Il secondo capitolo presenta la mappatura dei processi del settore Automotive: approvvigionamento, logistica inbound, assemblaggio e distribuzione.

Nel terzo capitolo, prima viene effettuata un'analisi delle criticità riscontrate lungo tutta la Supply Chain, in seguito vengono presentate le applicazioni già esistenti della tecnologia Blockchain nelle attività della filiera automobilistica, e, successivamente, viene condotta un'indagine sulle applicazioni future, sia dei progetti pilota, che di realtà già presenti in altri settori, ma con potenziali implementazioni nell'Automotive.

Il quarto ed ultimo capitolo, infine, illustra il contributo portato dal presente elaborato al settore automobilistico, sottolineandone vantaggi ed eventuali spunti per una ricerca futura.

CAPITOLO 1

DIGITAL SUPPLY CHAIN E SUPPLY CHAIN DELL'AUTOMOTIVE

Come detto precedentemente, il primo capitolo è di tipo descrittivo ed è suddiviso in due parti: nella prima viene esposto il concetto di Supply Chain e di Supply Chain Management e la loro applicazione in ambito automobilistico, seguite da un'analisi del settore Automotive. Nella seconda parte, invece, viene realizzato un excursus storico che porta al concetto di Industria 4.0, seguito da un approfondimento sulle tecnologie abilitanti, dove viene posta maggior attenzione alla descrizione della Blockchain. Infine, nell'ultimo paragrafo viene analizzato il *research gap* relativo alle applicazioni di questa tecnologia alla Supply Chain Automotive.

1.1 Supply chain tradizionale

Per Supply Chain, in italiano catena di distribuzione, si intende un sistema di organizzazioni, individui, risorse, informazioni, attività e tecnologie che si occupano del trasferimento e della fornitura di un prodotto o servizio dal fornitore al cliente [1]. L'intera rete è divisa in vari processi, all'interno dei quali sono coinvolte diverse figure professionali, come fornitori, produttori, distributori e rivenditori, che collaborano con l'obiettivo di soddisfare le richieste del consumatore finale. Obiettivo, però, che richiede varie attività, quali l'acquisto di materie prime, la trasformazione delle materie prime in prodotto finale e la consegna del prodotto finale ai rivenditori (Beamon, 1998).

Spesso si tende a confondere la Supply Chain e la logistica perché non esiste una netta linea di separazione tra le due. Larson e Halldorsson (2004) hanno evidenziato quattro approcci differenti rispetto ai concetti di Supply Chain e logistica:

- *Traditionalist*: la Supply Chain viene considerata come la parte della logistica che si occupa delle dinamiche al di fuori dell'azienda
- *Unionist*: opposto all'approccio tradizionalista, descrive la Supply Chain come un insieme di funzioni aziendali, tra cui la logistica
- *Intersectionist*: Supply Chain e logistica vengono considerati concetti diversi che presentano, però, delle analogie che confluiscono in aree di intersezione
- *Re-labeling*: approccio che considera i due termini sinonimi

In realtà Supply Chain e logistica non sono la stessa cosa. Mentre la prima fa riferimento all'intero flusso di un prodotto, dalla fase di produzione fino alla sua vendita, la seconda è parte della catena di distribuzione e si occupa delle attività di gestione dei flussi di materiale, dello stoccaggio delle materie prime e della distribuzione dei prodotti finali. In generale, la logistica è quella parte della Supply Chain che ha il compito di fornire il prodotto giusto nel rispetto degli accordi, in termini di qualità, tempi e costi, presi con il cliente [2].

All'interno della catena di distribuzione automobilistica si distinguono tre fasi principali, chiamate anelli, a loro volta scomponibili in processi di ordine minore [3]:

- **Approvvigionamento**: si riferisce all'insieme di attività che hanno come oggetto la richiesta di materie prime necessarie per realizzare la produzione.
- **Produzione**: comprende tutte le operazioni di fabbricazione vera e propria, durante le quali le materie prime vengono trasformate in prodotto finale.
- **Distribuzione**: è l'insieme di attività che hanno l'obiettivo di consegnare il bene finale al cliente.

Gran parte delle Supply Chain che operano in larga scala danno vita ad una rete di partner, visto che ogni stadio è composto da più attori. Un'azienda che assembla componenti, ad esempio, probabilmente riceve i componenti da vari fornitori e consegnerà il prodotto a vari distributori. A loro volta i fornitori ordineranno i componenti da più fornitori di materie prime e i distributori consegneranno i prodotti finali a rivenditori più al dettaglio. Si può vedere, allora, come la complessità di un prodotto e il suo volume di vendita condizionino la struttura della Supply Chain. In

particolare, la prima ha impatto sulla fase a monte, quindi sul processo di approvvigionamento, mentre il secondo sulla fase a valle, cioè sul processo di distribuzione. Per questo motivo, la catena di approvvigionamento richiede la collaborazione di vari attori per ogni livello.

1.2 Supply Chain automobilistica

La globalizzazione del mercato Automotive e una domanda sempre più elevata da parte delle nuove economie industrializzate hanno portato alla transizione da un sistema di imprese nazionali ad una realtà integrata a livello globale. Tuttavia, mentre altre aziende produttrici sono arrivate ad integrare globalmente tutte le attività della *value chain*, lo stesso non si può dire per l'industria automobilistica che, seppur non localizzata in aree geografiche ristrette, non è opera ancora su scala mondiale in quanto limitata da fattori tecnici, economici e politici.

Un esempio di aziende totalmente globalizzate è rappresentato dalle imprese che si collocano nel settore dell'elettronica o dell'abbigliamento, che prendono parte a sistemi di produzione, innovazione e approvvigionamento integrati globalmente, dove ad esempio la produzione, che viene effettuata in Cina, utilizza componenti provenienti dagli Stati Uniti o dall'Europa (Gereffi, 2006).

Nell'industria automobilistica, invece, a causa delle pressioni dei vari governi, i produttori finali, noti con il termine di *Original Equipment Manufacturers* (OEM), e i principali fornitori puntano ad un'integrazione regionale del ciclo produttivo, che richiede la duplicazione dei sistemi di produzione nelle regioni dove operano per soddisfare la domanda di quel mercato. In questo caso, le parti e i sub-componenti necessari vengono prodotti da fornitori appartenenti alla stessa regione, mentre per componenti più standardizzati, quali batterie o gomme, si verificano scambi tra regioni.

Nel settore automobilistico la produzione domestica è ancora molto importante e per tale motivo, oltre i sistemi regionali, sono presenti dei sotto-sistemi nazionali per soddisfare la domanda del proprio Paese, all'interno dei quali si creano distretti industriali specializzati in determinate attività (Sturgeon & Van Biesebroeck, 2009).

In questo modo la produzione risulta organizzata in clusters integrati su scala locale e regionale, mentre solo attività a monte, come il design e la progettazione, operano a livello globale.

A questi si aggiunge anche la relazione tra produttori e fornitori, dovuti ad un approvvigionamento globale di alcune parti a moduli: la progettazione di modelli diversi con le stesse caratteristiche strutturali ha spinto le aziende produttrici ad aumentare l'*outsourcing* verso fornitori più grandi e globali (Sturgeon et al., 2007).

Alla filiera Automotive appartengono tutte le imprese che partecipano alla produzione dei veicoli, a partire da quelle che producono materie prime, come plastiche, vernici, e tessuti, e macchine utensili, passando per le aziende più propriamente produttive, fino ad arrivare a quelle che svolgono le attività di imballaggio e trasporto, come si può osservare in Figura 1.1 [4]. In questo caso si parla di filiera perché si fa riferimento non solo alle attività, ma anche alle tecnologie e alle risorse che collaborano per la realizzazione, fornitura e distribuzione del prodotto finito [5].

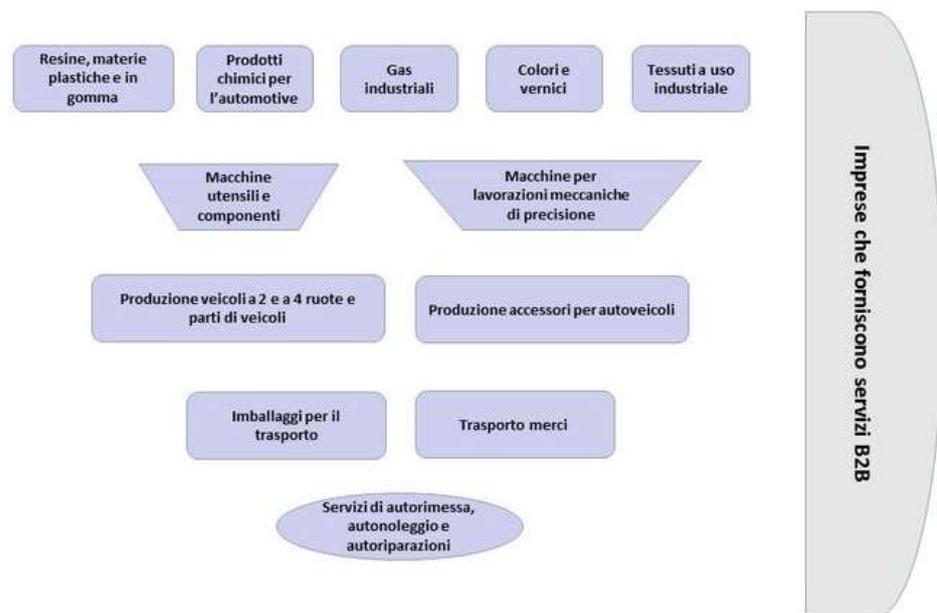


Figura 1.1 Struttura filiera Automotive (www.assolombardia.it)

I due flussi principali della Supply Chain automobilistica sono il flusso dei materiali e il flusso delle informazioni, opposti tra di loro, come si può osservare in Figura 1.2 [2].



Figura 1.2 Anelli e flussi della Supply Chain automobilistica (www.mecalux.it)

1.2.1 Attori della Supply Chain

Secondo Chopra e Meindl (2015), all'interno della Supply Chain è possibile individuare sei figure principali:

- fornitori di sub assemblati, componenti e materie prime
- produttori
- distributori
- grossisti
- venditori al dettaglio
- clienti
- trasportatori e fornitori di servizi logistici

In alcuni casi, attori quali distributori e grossisti possono non essere coinvolti, e in questo caso il prodotto finale viene trasferito direttamente dal produttore ai venditori al dettaglio, che possono essere autonomi o facenti parte della Grande Distribuzione Organizzata (GDO) e rappresentano il collegamento diretto con i consumatori. Se,

invece, la figura del grossista è presente, ha il compito di acquistare grandi lotti dal produttore per organizzare, successivamente, le varie spedizioni verso i singoli dettaglianti. La movimentazione delle parti tra i vari soggetti della catena viene affidata ai fornitori dei servizi logistici, conosciuti anche con il termine Logistics Service Provider (LSP). Il compito degli LSP può essere ampliato affidando loro anche attività come il ricevimento, lo stoccaggio e la preparazione degli ordini e in questo caso vengono chiamati con il nome di Third Party Logistics (3DP), che diventa Fourth Party Logis (4DP) se si occupano dell'intera gestione logistica.

I vari attori possono essere classificati sulla base delle attività che svolgono durante le varie fasi dell'intero ciclo produttivo. Gli OEM ricoprono il ruolo principale poiché, oltre ad assemblare il prodotto finito, si occupano delle attività a maggior valore aggiunto sia a monte, come la progettazione, che a valle, come il marketing. Essendo responsabili di questo tipo di attività, gli OEM hanno un importante impatto sull'innovazione e l'efficienza lungo tutta la Supply Chain.

Tralasciando i fornitori di servizi logistici già analizzati precedentemente, e attori come distributori, grossisti e venditori al dettaglio che si occupano dei processi di vendita, particolare attenzione deve essere posta sui fornitori che possono suddividersi in:

- *Fornitori di materie prime o di terzo livello:* noti come Tier III, forniscono materiali, quali acciaio o alluminio, necessari per la realizzazione di componenti ai fornitori di livello superiore. Generalmente operano su scala locale o regionale
- *Fornitori di secondo livello:* definiti anche Tier II, si dedicano alla produzione di specifiche parti o sub-componenti da inserire poi nell'automobile, come gomme o centralina. Questi attori non hanno contatti diretti con gli OEM, ma solo con i Tier I
- *Fornitori di primo livello:* sono i Tier I, fornitori diretti dei produttori finali, che realizzano la maggior parte dei componenti per le auto. Alcuni di questi vengono definiti Tier 0.5 in quanto provvedono alla realizzazione di interi moduli o sistemi da assemblare. Questi fornitori hanno una presenza globale poiché devono rifornire i produttori che operano su scala internazionale.

1.3 Supply Chain Management

A seguito dei mutamenti dell'ambiente in cui operano le imprese, anche l'organizzazione aziendale ha subito un'evoluzione. Negli anni, infatti, si è assistito ad un profondo spostamento del controllo del mercato, prima in mano al prodotto, oggi al cliente.

Caratteri come flessibilità, velocità, precisione ed efficienza rendono la Supply Chain sempre più complessa e per questo motivo diventa necessaria un'efficiente gestione della catena di distribuzione, in inglese Supply Chain Management (SCM). Il SCM coinvolge varie attività logistiche con lo scopo di controllarne le prestazioni e migliorarne l'efficienza. Si occupa, dunque, di collegare e coordinare le attività di acquisto, produzione e logistica. Si distinguono due aree: Supply Chain Planning System, che supporta l'azienda nel generare le previsioni e i piani di produzione e di acquisto e Supply Chain Execution System che si occupa di coordinare e controllare i flussi di prodotti che si spostano dal fornitore al produttore, dal grossista al rivenditore e infine al cliente finale.

Dato il recente sviluppo in ambito manageriale e accademico, non esiste un consenso unanime sul significato di Supply Chain Management. In generale, le varie definizioni possono essere sintetizzate in quattro concetti:

- SCM definito come nient'altro che l'integrazione logistica (Tyndall et al., 1996)
- SCM inteso come un'integrazione verticale tra imprese (Cooper & Ellram, 1993)
- SCM concepito come un processo di gestione e coordinamento (La Londe, 1997)
- SCM considerato come una filosofia di gestione per la creazione di valore per il cliente (Ellram & Cooper, 1990)

In definitiva, la definizione che meglio riassume questi quattro concetti è quella fornita da Mentzer (2001), secondo il quale il Supply Chain Management è un coordinamento strategico delle tradizionali funzioni aziendali, prima all'interno

dell'azienda stessa e poi coinvolgendo i vari membri della catena, puntando al miglioramento delle prestazioni sia degli attori che dell'intera catena.

La gestione della catena di distribuzione ammette che l'integrazione limitata all'interno dell'azienda non è più sufficiente e una soluzione valida è quella di includere tutta la rete di imprese che si trovano a monte e a valle delle attività che aggiungono valore al prodotto o servizio. Per questo motivo la Supply Chain può essere caratterizzata da vari livelli di complessità: la più semplice prevede uno o più scambi di prodotti, servizi, informazioni e denaro tra l'impresa e il fornitore e tra l'impresa e il cliente tramite un collegamento diretto; la successiva in termini di complessità richiede sempre lo scambio di questi quattro fattori, ma include anche i fornitori dei fornitori e i clienti dei clienti; la catena con il livello di complessità più elevato, infine, coinvolge tutte le imprese, dal primo fornitore all'ultimo cliente.

In sostanza, il SCM punta alla costruzione all'ottimizzazione dei legami, della collaborazione e del coordinamento tra fornitori, clienti, terzisti e distributori [6].

La gestione della catena di distribuzione non inizia nel momento in cui l'azienda ordina un prodotto dai suoi fornitori, ma quando questi acquistano, a loro volta, il materiale necessario dai cosiddetti fornitori di secondo livello, in inglese Tier II. E' importante allargare la gestione della Supply Chain anche a loro perché una cattiva coordinazione dei fornitori di livelli superiori si ripercuote sulla catena di distribuzione dell'azienda produttrice. Per questo motivo il SCM non coinvolge solo i prodotti ma anche le informazioni che si scambiano i vari attori all'interno del sistema. In particolare, i fornitori di secondo livello hanno bisogno di conoscere le informazioni sugli ordini che l'azienda ha inoltrato ai suoi fornitori diretti, detti fornitori di primo livello (Tier I), in modo da pianificare i loro acquisti di materie prime [2]. I fornitori Tier I occupano un ruolo importante all'interno della catena di distribuzioni e la loro gestione richiede la maggior parte del tempo dei Supply Chain Manager perché ci si deve occupare di aspetti importanti quali il costo di negoziazione delle merci, la gestione delle consegne e della qualità o lo sviluppo di nuovi prodotti.

Come visto prima, la logistica fa parte della Supply Chain e pertanto il Supply Chain Manager si occupa pure della gestione delle compagnie di spedizione, dei corrieri espressi e dei fornitori di servizi logistici. Questi ultimi vengono gestiti come i

fornitori di prodotti e materiali e richiedono un'attenzione particolare in termini di negoziazione di costi e contratti, in quanto i costi di magazzino, logistica e spedizione sono tra i più alti all'interno della Supply Chain [2].

Secondo Lambert (2004) i principali processi della gestione della catena di distribuzione sono:

- Customer Relationship Management (CRM): le attività coinvolte sono il marketing, il pricing, le vendite, i reclami e l'assistenza post-vendita. In questa funzione i clienti vengono identificati e segmentati in base al loro valore nel tempo con l'obiettivo di incrementare la fiducia dei clienti target. Nonostante l'arrivo delle vendite online, che hanno ridotto il rapporto diretto, il settore Automotive, a differenza di altri, continua a resistere e a mantenere alto il livello di fidelizzazione del cliente. All'interno di questo processo ricopre un ruolo fondamentale anche il marketing, in grado di studiare gli andamenti della domanda, così da trovare soluzioni specifiche per le varie fasce di clienti o anche per il singolo. Altrettanto importante è il post-vendita in quanto contribuisce alla reputazione del marchio allo stesso modo della qualità del prodotto.
- Supplier Relationship Management (SRM): si occupa di gestire le relazioni tra l'azienda e i suoi fornitori con l'obiettivo di consolidare tali relazioni, visti i benefici derivanti dai rapporti a lungo termine. All'interno dell'SRM si trovano tutte le attività che riguardano lo scambio di beni o servizi tra azienda e fornitori e queste sono regolate da contratti che indicano le condizioni e l'oggetto della transazione.
- Customer Service Management: si occupa degli accordi riguardanti i prodotti e i servizi offerti e interviene in caso di problemi
- Demand Management: processo che bilancia la domanda dei clienti con la capacità della Supply Chain, con l'obiettivo di sincronizzare scorte e domanda, in modo da ridurre la variabilità che caratterizza tutta la catena. Uno dei principali problemi all'interno della Supply Chain è l'effetto *bullwhip*, detto anche effetto frusta, che indica un aumento della variabilità della domanda risalendo la catena di fornitura.

- **Manufacturing Flow Management:** coinvolge tutte le attività che muovono i prodotti dentro, attraverso e fuori lo stabilimento per ottenere flessibilità nella produzione
- **Product Development and Commercialization:** processo che include tutte le attività che si occupano dello sviluppo e della commercializzazione del prodotto, quindi produzione, logistica e marketing. Tale processo dovrà coordinarsi con il Customer Relationship Management per identificare i bisogni dei clienti, con il Supplier Relationship Management per scegliere i fornitori e il materiale e con il Manufacturing Flow Management per la produzione del prodotto.
- **Returns Management:** coinvolge tutte le attività di gestione dei resi.

1.4 Il settore Automotive

“L’industria automobilistica è il ramo dell’industria manifatturiera che si occupa della progettazione, della costruzione, del marketing e della vendita di veicoli a motore” [7]. Fanno parte del settore Automotive anche tutte quelle attività legate alla produzione e alla vendita della maggior parte dei componenti, ad esclusione di pneumatici, batterie e carburante.

Secondo Volpato e Zirpoli (2011) nella sua accezione più ampia, il settore Automotive può comprendere:

- *Produttori finali:* si distinguono in produttori di autovetture e produttori di veicoli commerciali
- *Produttori di componenti:* definiti anche *Component Supplier (CS)*, si suddividono in fornitori di primo livello (Tier I), che forniscono i componenti anche complessi, cioè formati da diverse parti, direttamente all’impianto di assemblaggio, e fornitori di secondo o terzo livello (Tier II o III), che invece offrono sub-componenti parti che vanno a formare i componenti complessi
- *Attività a monte*, ovvero tutte le realtà che offrono beni e servizi, e *Attività a valle*, relative alle attività di commercializzazione e manutenzione.

La parte del settore Automotive che verrà considerata in questo elaborato comprende gli OEM del solo comparto delle autovetture, non considerando i veicoli commerciali medi e pesanti.

Sebbene la storia dell'industria automobilistica sia breve se paragonata a quella di molte altre industrie, ricopre comunque un ruolo importante per l'impatto esercitato sulla storia del 20° secolo. Nonostante l'automobile nasca alla fine del XIX secolo in Europa, l'invenzione delle tecniche di produzione di serie ha fatto sì che siano stati gli Stati Uniti a dominare l'industria mondiale per la prima metà del 20° secolo. La situazione cambiò ulteriormente nella seconda metà del secolo, quando i Paesi dell'Europa occidentale e il Giappone divennero notevoli produttori ed esportatori [8].

Pur essendo stato il settore maggiormente colpito dalla crisi economica e finanziaria del 2008 e 2009, l'Automotive ha ritrovato successo nel 2010 con una crescita del 25,9% [7]. Nel 2011 sono stati prodotti quasi 80 milioni di veicoli a motore, con un aumento del 3,1% rispetto al 2010, rendendo, così, questo settore il primo al mondo per fatturato. Nonostante ciò, l'elevata intensità di capitale necessario per gli investimenti in impianti di produzione, fa sì che l'Automotive abbia margini di profitto inferiori rispetto ad altri settori manifatturieri e molto più bassi rispetto al settore dei servizi.

Basandosi sui dati Acea, associazione dei consumatori di auto europei, le immatricolazioni in Europa, nel 2019, hanno superato quota 15,8 milioni, registrando una crescita dell'1,2% rispetto al 2018. In testa alla classifica delle vendite troviamo la Germania, che in termini di immatricolazioni ha fatto registrare i migliori risultati dell'ultimo ventennio, seguita dal Regno Unito che, invece, risente dell'incertezza causata dalla Brexit. L'Italia si piazza solamente al quarto posto con quasi 2 milioni di immatricolazioni, mantenendo lo stesso trend dell'anno precedente. In particolare, si registra un segno negativo dei veicoli diesel, e una crescita delle auto a benzina, delle vetture ibride e delle auto elettriche [9].

Il 2020, però, non pare ricalcare le orme dell'anno precedente e ciò non sembra essere imputabile al solo Coronavirus. Anche a gennaio, infatti, si è registrato una riduzione delle immatricolazioni del 5,9% rispetto allo stesso mese del 2019. Nonostante il calo generale, FCA chiude il primo mese dell'anno con uno 0,14% in

più rispetto a gennaio dell'anno precedente, ma tra i vari marchi solo la Fiat è in crescita. Al secondo posto, dietro il gruppo italo-americano, troviamo il gruppo PSA che subisce una flessione del 10,14%, registrando un segno positivo solo con la DS. Il gruppo Volkswagen continua con un andamento positivo, con un crescita del 9,19%, grazie al contributo di tutti i marchi. Andamento negativo anche per Renault, Ford e Daimler, così come per il gruppo Toyota e per le altre asiatiche, ad eccezione della Mazda e della Hyundai. Bene anche per il gruppo BMW che registra una crescita del 7,48% con un totale di 6.943 immatricolazioni [10].

Gli effetti del Coronavirus si iniziano a mostrare a marzo, con un calo dell'85,9% delle immatricolazioni rispetto a marzo 2019, per poi proseguire ad aprile, mese in cui si registra una flessione del 97,55% sullo stesso mese dell'anno precedente (Figura 1.3) [11].

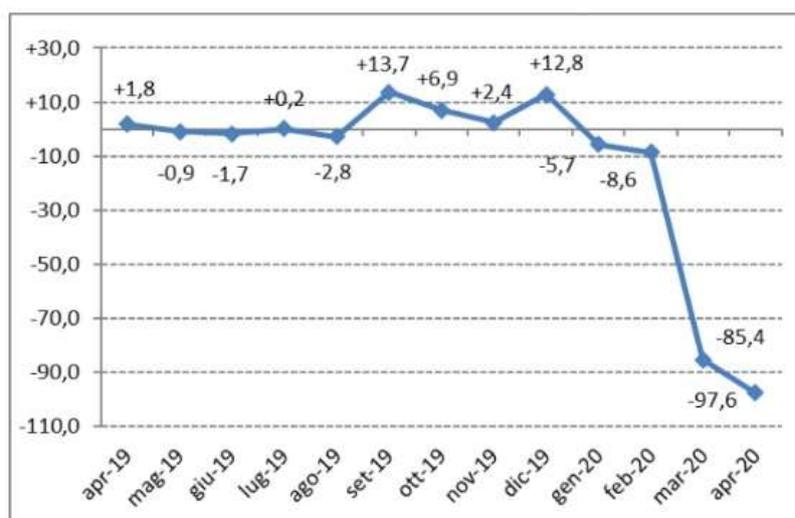


Figura 1.3 Dati vendite mercato auto aprile 2020 (www.newsauto.it) [11]

A maggio, l'inizio della Fase Due dell'emergenza sanitaria da Covid-19 ha dato uno slancio al mercato, ma nonostante ciò le immatricolazioni diminuiscono del 49,4%, per una riduzione, nei primi cinque mesi dell'anno, del 50,2% (Figura 1.4).

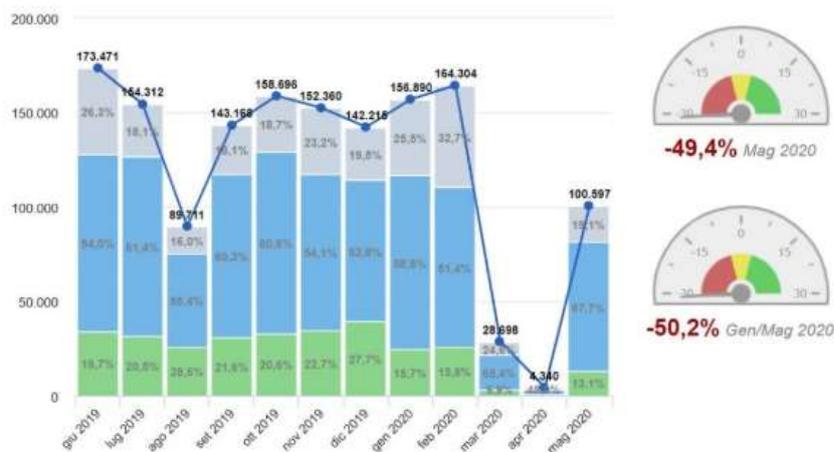


Figura 1. 4 Andamento mercato auto maggio 2020 (www.newsauto.it) [11]

Lo stesso trend viene seguito da altri paesi europei [12]. Tra i major market, Regno Unito e Spagna registrano le peggiori riduzioni, rispettivamente 89% e 72,7%, mentre la flessione si aggira intorno alla metà in Francia e Germania. A maggio i cinque major, compresa l'Italia, rappresentano solamente il 67% del mercato auto complessivo, a fronte del 72% di maggio 2019 [13].

Il mese di giugno limita i danni rispetto ai mesi precedenti, ma la crisi non sembra del tutto superata: si registra, infatti, una flessione del 23%. Da questo andamento si discosta la Francia dove, invece, a giugno le immatricolazioni sono state l'1,2% in più dello stesso mese di un anno fa [14].

Secondo i concessionari interpellati da DealerSTAT, prima di tornare ai volumi di vendita del 2019 si dovrà aspettare almeno metà del 2021, e si stimano perdite nel 2020 per 14 miliardi di euro [15].

Date le numerose fusioni, così come i fallimenti, il settore automobilistico è estremamente competitivo e gli OEM per sopravvivere devono essere il più efficiente possibile in tutti gli step della catena di approvvigionamento. L'innovazione nelle tecnologie di produzione e una maggiore trasparenza richiesta dai clienti comportano una migliore reattività e una riduzione dei tempi di consegna. Questi elementi, uniti alla dispersione globale di fornitori e clienti, si traducono in una catena di approvvigionamento più complessa. Una quantità elevata di informazioni disponibili è un elemento fondamentale per garantire un'efficiente gestione della catena di approvvigionamento e la facoltà di scambiare dati in tempo reale accresce la capacità

di reagire ad eventi imprevisti. Per essere competitivi in questo ambiente dinamico, allora, tutti gli attori della catena di approvvigionamento devono garantire la libera circolazione delle informazioni in modo da sincronizzare i processi (Herrmann et al., 2015).

L'automobile moderna è un sistema tecnico complesso che coinvolge diversi sottosistemi, costituiti da migliaia di componenti, che si sono evoluti grazie alle innovazioni tecnologiche e alle nuove tecnologie quali computer elettronici o materie plastiche ad alta resistenza. Alcune attività, come la calibrazione dello sterzo, il controllo di luci e clacson e il bilanciamento delle gomme, presenti nel processo di Assemblaggio, sono emerse a seguito di fattori come l'inquinamento atmosferico e la legislazione sulla sicurezza.

L'uso previsto del veicolo incide sulla sua progettazione: un fuoristrada, ad esempio, deve essere semplice, ma durevole e resistente a carichi elevati, mentre un'auto da strada richiede maggiori comfort e prestazioni del motore più elevate [16].

La necessità di investimenti elevati serve da barriera all'ingresso per potenziali entranti e rappresenta un requisito minimo necessario per affrontare la spietata concorrenza tipica di questo settore. La domanda si presenta stabile in termini di volumi, ma variabile in termini di prodotto, data l'elevata differenziazione che caratterizza l'Automotive. Ogni segmento in cui si colloca una vettura, che sia un'utilitaria o un'auto di lusso, possiede diversi volumi di vendita e margini di profitto. Mentre, infatti, i prodotti esclusivi presentano bassi volumi di vendita, compensati, però, da alti margini di profitto unitari, le vetture economiche, invece, richiedono elevati volumi di vendita per generare un profitto complessivo sostenibile. Ciò è dovuto ai ridotti margini di profitto, conseguenza dell'elevata competitività basata sui costi, tipica dei segmenti di fascia bassa che ha come conseguenza la necessità, da parte dei produttori, di sviluppare nuove strategie di posizionamento. Il gruppo FCA, ad esempio, ha deciso di concentrarsi sui segmenti superiori in modo da ridurre i costi dei prodotti di fascia bassa.

L'oggetto di osservazione di questo lavoro di tesi è una realtà basata sulla produzione di massa di veicoli. Non si tiene conto, invece, dei produttori che operano in segmenti superiori come il settore delle auto di lusso, la cui produzione è assimilabile

ad una lavorazione artigianale con volumi e ritmi di lavoro molto lontani da quelli della produzione di massa.

1.5 Il concetto di Quarta rivoluzione industriale e le Smart Factory

L'idea di *Digital Supply Chain* è strettamente correlata al concetto di Industry 4.0. Smart factory, brilliant factory, produzione intelligente, fabbrica 4.0, Industria 4.0, Industrial Internet sono alcune delle denominazioni per mettere in evidenza la progressiva diffusione delle nuove tecnologie che stanno modificando le fabbriche in modo radicale. Il cambiamento non riguarda soltanto il futuro delle imprese manifatturiere che si stanno interrogando su se e come implementare i nuovi processi industriali, ma vede coinvolte anche le più importanti aziende tedesche e statunitensi, impegnate in una competizione che ha eroso i più consolidati confini tra business una volta distanti [17].

Con il termine “quarta rivoluzione industriale” si è cercato di dare un senso di continuità allo sviluppo tecnologico che ha interessato il mondo industriale fin dalla metà del XVIII secolo, delineando, così, l'evoluzione della società da sistema agricolo-artigianale-commerciale a sistema industriale moderno, caratterizzato dall'uso di macchine azionate da energia meccanica e dall'utilizzo di nuovi fonti di energia.

Come accade in molti processi storici, per la prima rivoluzione industriale non esiste una data di inizio certa, anche se secondo molti storici la si fa coincidere con l'introduzione di attrezzature di fabbricazione quale, ad esempio, la spoletta volante, congegno inventato da John Kay nel 1733 per consentire la tessitura automatica [18] [19]. Un altro simbolo di questo periodo è la macchina a vapore, sviluppata da James Watt tra il 1763 e il 1775 e la cui energia, applicata alle lavorazioni tessili, ha reso possibile una più efficiente organizzazione della produzione grazie alla divisione del lavoro e allo spostamento delle lavorazioni all'interno di fabbriche appositamente costruite [20].

In seguito, nell'ultimo decennio del XIX secolo, la continua evoluzione tecnologica dovuta alla diffusione dell'elettricità e del petrolio e l'introduzione dei primi mezzi di trasporto hanno favorito l'avvio della produzione di massa con i metodi Tayloristici, dando vita, così, alla seconda rivoluzione industriale. Grazie all'invenzione del motore a scoppio risalgono a questo periodo la realizzazione della prima automobile e, qualche anno dopo, del primo aeroplano. Questi anni sono ricordati per lo sviluppo delle prime catene di montaggio, introdotte da Henry Ford nella sua azienda automobilistica, e per la diffusione della produzione industriale che, alla fine del XIX secolo, aveva quasi sostituito l'agricoltura.

A partire dagli anni '70 ad ora c'è stata una terza rivoluzione industriale, conosciuta anche come rivoluzione digitale grazie allo sviluppo dell'elettronica e dell'Information Technology (IT). L'introduzione dei primi computer e dei sistemi informativi ha permesso la diffusione dell'automazione delle attività industriali e la diversificazione della produzione.

Infine, si arriva al periodo della quarta rivoluzione industriale, caratterizzata dalla cosiddetta Industria 4.0. Il termine Industry 4.0 è stato utilizzato per la prima volta dal governo tedesco, che, durante la Fiera di Hannover del 2011, si stava riferendo ad un progetto che prevedeva lo sviluppo della digitalizzazione delle industrie con l'obiettivo di creare la cosiddetta Smart Factory (Kagarmann, 2013). A differenza delle prime tre rivoluzioni, durante le quali si sono registrati una riduzione dei costi, un incremento della produttività e un miglioramento dell'efficienza grazie alla diffusione di una tecnologia abilitante, come il vapore e l'elettronica, la quarta rivoluzione si posiziona in un gradino superiore rispetto alla precedenti, poiché porta alla creazione di reti in grado di connettere tra loro gli asset e le tecnologie esistenti, anziché basarsi sull'adozione di nuovi asset e tecnologie (Trappey et al., 2017).

In Figura 1.5 è possibile osservare uno schema dello sviluppo tecnologico.



Figura 1.5 Rivoluzioni industriali (www.rematarlazzi.it)

Il Politecnico di Milano, tramite l'Osservatorio Industria 4.0, ha definito la Smart Factory come l'utilizzo di tecnologie digitali che hanno permesso una maggiore interconnessione e cooperazione delle risorse, quali asset fisici, risorse e informazioni.

La connessione e l'integrazione di asset e tecnologie hanno reso l'Industria 4.0 più flessibile alle variazioni della domanda, sia per quanto riguarda i volumi di produzione che per la differenziazione del prodotto, elementi, soprattutto l'ultimo, necessari per la determinazione del vantaggio competitivo, data la crescente richiesta di customizzazione da parte del cliente. Infatti, lo scopo di questa quarta rivoluzione è rispondere prontamente ai cambiamenti della realtà che spingono ad una maggiore flessibilità produttiva e ad una riduzione dei tempi di produzione (Sturgeon, 2009).

Diventa, allora, importante che le aziende accedano a nuove tecnologie in modo da rendere flessibile l'intera catena di distribuzione, gestendo e favorendo il passaggio di informazioni tra i vari attori [21]. Dunque, requisito fondamentale per il raggiungimento di questo obiettivo è la digitalizzazione delle imprese, cioè la

transizione da una gestione della produzione manuale e con fogli di calcolo, alla registrazione di dati su file leggibili al computer.

In questo quadro di integrazione tra mondo fisico e mondo virtuale prende piede quella che viene definita Smart Factory che mira all'ottimizzazione della produzione industriale tramite l'utilizzo di nuove tecnologie.

L'Industria 4.0 si concretizza nella crescente fusione di sistemi cyber-fisici (CPS), infrastrutture informatiche, e macchine intelligenti.

Le novità portate non riguardano solamente l'automazione, ma piuttosto la rete di comunicazione sviluppata lungo la Supply Chain. Ogni risorsa presente all'interno dello stabilimento di produzione adesso diventa in grado di comunicare con altre risorse e con il sistema centrale fino ad arrivare anche agli attori esterni interessati (Lin et al., 2017).

La digitalizzazione permette alle macchine e agli impianti di sviluppare la capacità di auto-ottimizzazione, cioè di adattarsi all'andamento degli ordini e alle condizioni operative. Per poter fare ciò, è indispensabile che i sistemi siano in grado di ricevere informazioni, elaborarle per ricavarne risultati e, infine, modificare il proprio comportamento in base alla situazione (Hwaiyu, 2017).

Pilastri fondamentali per il successo diventano, allora, le informazioni e lo scambio di dati in tempo reale. In questo contesto assumono importanza gli oggetti "intelligenti" che, grazie ad internet, consentono alle Smart Factories di continuare a raccogliere e analizzare le informazioni ricavate dai dispositivi.

Un fattore critico è costituito dalla sicurezza dei dati che, dopo essere stati digitalizzati e delocalizzati, potrebbero essere attaccati dall'esterno esigendo, quindi, consistenti investimenti in ambito sicurezza (Lin, 2017).

1.6 Tecnologie Abilitanti

In questo paragrafo verranno analizzati nel dettaglio tutti gli strumenti tecnologici che hanno portato alla *Digital Supply Chain* e quali sono i reali benefici della loro applicazione.

Il report redatto dall'Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano, dal titolo *Industria 4.0: le 6 tecnologie abilitanti secondo il Politecnico di Milano*, l'Industria 4.0 viene definita come "l'adozione congiunta di tecnologie digitali capaci di aumentare l'interconnessione e cooperazione delle risorse (asset fisici, persone e informazioni), usate nei processi operativi, sia interne alla fabbrica sia distribuite lungo la value chain" [22].

Secondo l'ateneo milanese, quindi, i pilastri portanti della Smart Factory sono sei: Internet of Things, Big Data, Cloud, Advanced Automotion, Advanced Human-Machine Interface e Additive Manufacturing. Secondo McKinsey [23], però, a queste si aggiungono altre tre tecnologie: Cyber-Physiacal-System, Blockchain e Augmented Reality.

In definitiva, i pilastri dell'Industria 4.0 sono:

- Cyber-Physical-System
- Internet of Things
- Big Data
- Cloud Computing
- Blockchain
- Additive Manufacturing
- Advanced Human-Machine Interface
- Augmented Reality
- Advanced Automation

1.6.1 Cyber-Physical-System

I Cyber-Physical-System (CPS) sono uno dei pilastri portanti dell'Industria 4.0 e per questo rientrano in quelle che vengono definite Key Enabling Technology (KET) (Boschi et al., 2017).

Il concetto di sistema cyber-fisico è stato presentato la prima volta nel 2006 ad opera di Helen Gill della National Science Foundation, negli USA, per riferirsi ad un piano di “sensazione e manipolazione locale del mondo fisico” integrato ad un piano virtuale di “controllo e osservabilità in tempo reale” [24].

In altre parole un sistema cyber-fisico è un insieme di varie tecnologie che hanno lo scopo di esaminare un processo fisico e, basandosi sui feedback ricevuti, e adeguarlo in real-time alle nuove condizioni operative. Per realizzare ciò è necessaria l'integrazione di oggetti e processi fisici, sistemi di calcolo e reti di comunicazione [25]. Si tratta di oggetti o processi interconnessi che, grazie all'utilizzo di sensori, attuatori e connessioni di rete, sono capaci di generare diversi tipi di dati.

Il maggiore vantaggio portato dai CPS riguarda l'ottimizzazione del processo tradizionale, lungo e dispersivo che richiedeva che inizialmente i sensori rilevassero lo stato del processo e che successivamente questo venisse comunicato all'unità centrale di controllo dove veniva osservato lo stato reale del processo; si proseguiva analizzando il problema, elaborando la decisione definitiva ed infine, manualmente o tramite un attuttore, veniva eseguito l'intervento. Adesso, invece, i sistemi CPS sono in grado di prendere decisioni e mettere in atto velocemente le azioni correttive (Amberg, 2015).

Secondo Lee e altri (2014) è possibile sintetizzare le funzionalità dei CPS nelle cosiddette 5C:

- *Smart Connection*: idoneità nell'acquisire i dati forniti in tempo reale dai sensori e inoltrarli seguendo protocolli di comunicazioni specifici
- *Data-to-information Conversion*: abilità di aggregare i dati delle singole macchine e di convertirli in informazioni a valore aggiunto
- *Cyber*: è il pilastro centrale dell'architettura poiché è lì che si ha l'aggregazione delle informazioni provenienti dalle varie macchine

- *Cognition*: capacità di individuare vari scenari di sostenere il processo decisionale
- *Configuration*: permette di fornire alla realtà fisica i feedback provenienti dalla realtà virtuale ed inoltre consente di mettere in atto le decisioni correttive prese al livello precedente

1.6.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT), in italiano Internet delle cose o più propriamente Internet degli oggetti, è un termine comune nel settore delle telecomunicazione, introdotto nel 1999 da Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo di Auto-ID Center, un consorzio di ricerca con sede all'Istituto di Tecnologia del Massachusetts (MIT) [25].

L'Istituto Americano IEEE definisce l'Internet of Thing “un sistema consistente in una rete di sensori, attuatori e oggetti intelligenti, il cui obiettivo è quello di interconnettere tutte le cose, dagli oggetti di uso quotidiano a quelli utilizzati in ambito industriale, in modo tale da renderle intelligenti, programmabili e capaci di interagire tra loro e con gli umani” (Hwaiyu, 2017).

La tecnologia, infatti, nasce dall'integrazione tra sensoristica, elaborazione e comunicazione in rete di apparati digitali specializzati, ideati per essere utilizzati in tutti i casi in cui è necessario raccogliere ed analizzare informazioni o unire apparati diversi [26].

Il neologismo è usato per indicare l'estensione di Internet al mondo degli oggetti: questi, infatti, avendo all'interno chip e sensori, riescono ad interagire tra loro e con il mondo circostante.

Questi dispositivi prendono il nome di CPS e sono oggetti capaci di comunicare in modo digitale con il mondo esterno, grazie alla capacità computazionale e ad un micro-processore.

L'uso dei CPS fa registrare effetti positivi anche in fase di produzione, con un miglior impiego delle risorse e portando a zero i gap informativi in merito alle condizioni real-time di una fabbrica.

All'interno del mondo IoT si possono distinguere due sotto gruppi: il Consumer IoT e l'Industrial IoT (Hwaiyu, 2017). Una rappresentazione di tale distinzione è mostrata in Figura 1.6.

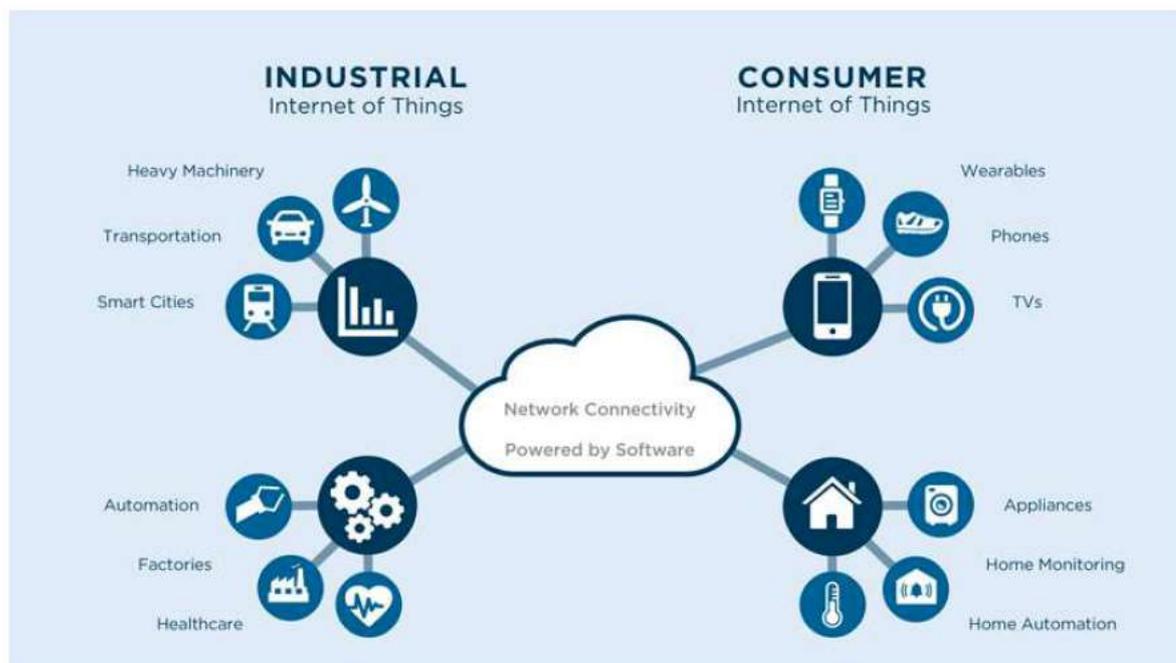


Figura 1.6 Sotto sistemi IoT (www.isipc.it) [27]

Il primo comprende i dispositivi personali, come gli smartphone, i wearable, o gli apparecchi domestici intelligenti connessi ad internet che raccolgono e scambiano dati [28].

L'Industrial IoT, invece, include dispositivi intelligenti collegati in rete che trovano applicazione nella produzione, nell'assistenza medica, nei trasporti o nella produzione di energia (Hwaiyu, 2017). Come preannunciato dallo stesso nome, il campo di applicazione di questo sotto gruppo è il settore industriale, all'interno del quale si occuperà di gestire e controllare lavori delicati all'interno di un processo produttivo. Per questi motivi, è chiaro che tali sistemi debbano avere caratteristiche diverse rispetto ai Consumer IoT: ad esempio, l'affidabilità, che nel primo sotto gruppo non rappresentava un elemento critico, nell'IIoT è un elemento fondamentale, con pesanti conseguenze nel caso di una violazione della sicurezza.

Un altro punto di differenziazione riguarda la quantità di punti connessi: pochi nel caso dei Consumer IoT, migliaia o milioni con gli IIoT.

In realtà già da circa cinquant'anni vengono utilizzate macchine in grado di connettersi alla rete e di eseguire le istruzioni registrate nei programmi in memoria. Si tratta di macchine programmabili, cioè dotate di sistemi come i Programmable Logic Controller (PLC), capaci di rilevare e memorizzare parametri che variabili, ma non di comunicare con altri sistemi presenti in rete.

Fornendo alla macchine una connessione ad internet, la si rende capace di interagire con altre macchine, anch'esse connesse, che svolgono anche altre attività e che magari forniscono dati e informazioni utili per il funzionamento della prima.

L'obiettivo è fare in modo che non sarà più necessario programmare manualmente la produzione ad ogni cambiamento del ritmo di esecuzione perché saranno le macchine stesse, grazie alla connessione tra i vari reparti, ad adeguare il ritmo di produzione sulla base dei dati forniti in real-time dalle macchine a monte o a valle della stessa.

Il reperimento dei dati è un compito che spetta ai sensori, che possono essere ottici, acustici, termici o altro, ma anche ai dispositivi elettromeccanici, sistemi che, tramite un cambiamento del loro livello energetico, emettono un segnale elettrico che successivamente viene convertito in digitale.

I sensori maggiormente utilizzati sono quelli che sfruttano la Radio Frequency Identification (RFID) rappresentata in Figura 1.7, tecnologia di identificazione automatica e senza fili, che permette la memorizzazione e il trasferimento tramite onde radio di informazioni relative univocamente ad un oggetto [29].



Figura 1.7 Esempio di tag RFID (www.winit.it) [30]

L'RFID più semplice è composto da tre componenti: tag, antenna e lettore.

Il procedimento prevede che l'antenna del tag riceva il segnale mandato dall'antenna del Reader e alimenti per induzione il tag, che risponderà al Reader emettendo un segnale modulato.

I lettori sono dei ricetrasmittitori che leggono il tag e poi trasferiscono le informazioni ricevute al sistema interessato.

In base al tipo di frequenza utilizzato si possono distinguere quattro diverse tipologie di tag e Reader:

- *Low Frequencies*: riguardano radio frequenze comprese tra i 125 e i 134 kHz. Il vantaggio è che possono essere utilizzati in tutto il mondo, ma, dall'altro lato, assicurano raggi di copertura corti (fino a due metri) e velocità di trasmissione limitate.
- *High Frequencies*: caratterizzati dalla frequenza di 13,56 MHz, sono i più utilizzati al mondo, ma anche questi coprono solo distanze molto brevi.
- *Ultra High Frequencies*: interessano radio frequenze comprese tra i 300 Mhz e 1 Ghz, quindi frequenze maggiori, che permettono di utilizzare antenne più piccole e operano su distanze maggiori. Di contro, però, si ha a che fare con problemi di interferenza in alcuni Paesi per la mancata regolamentazione di tale banda.

- *Micro-Waves*: lo spettro delle radio frequenze è compreso tra i 2,45 e i 5,8 GHz. Con questi sistemi, utilizzati spesso per i tag attivi, è possibile coprire distanze maggiori e utilizzare antenne molto piccole, ma le alte frequenze causano problemi di penetrabilità del segnale che disturbano la trasmissione del segnale.

1.6.3 Big Data

L'acquisizione e l'analisi dei dati ricavati dai dispositivi intelligenti, grazie alla diffusione dell'Internet of Things, sono due pilastri fondamentali per la completa trasformazione di un'azienda in Smart Factory. Risulta necessario, allora, che questi dati siano raccolti, elaborati e sfruttati sia per ottimizzare i processi che per guidare la clientela (Rai et al., 2006).

Il fine è identificare modelli comportamentali che permettano di anticipare il comportamento futuro del cliente finale. Tuttavia, le imprese sono spesso intimorite dalla necessità di trasmettere a terzi dati relativi ai propri consumatori o alle proprie lavorazioni e, pertanto, scelgono di tenere i dati all'interno dell'azienda perdendone i numerosi vantaggi.

L'espressione Big Data è stata introdotta nel 1997 da Micheal Cox e David Elisworth, che l'hanno definita come “una raccolta di dati digitali le cui dimensioni e la cui complessità sono tali da necessitare di strumenti di gestione diversi da quelli usati per le normali banche dati, al fine di garantire analisi accurate ed interrogazioni sufficientemente veloci” (Cox, 1997).

Successivamente, il National Institute of Standards and Technology (NIST) ha offerto un'ulteriore definizione, secondo la quale i Big Data sono “una quantità di dati caratterizzata da elevato volume, velocità, variabilità e velocità di acquisizione che richiede un'architettura scalabile per un efficiente immagazzinamento, analisi e manipolazione di essa” (NIST, 2015).

Dalla definizione fornita dal NIST, è possibile estrapolare le quattro caratteristiche, chiamate le 4V (Figura 1.8), che differenziando i Big Data da comuni raccolte di dati in database tradizionali (Abaker et al., 2014).

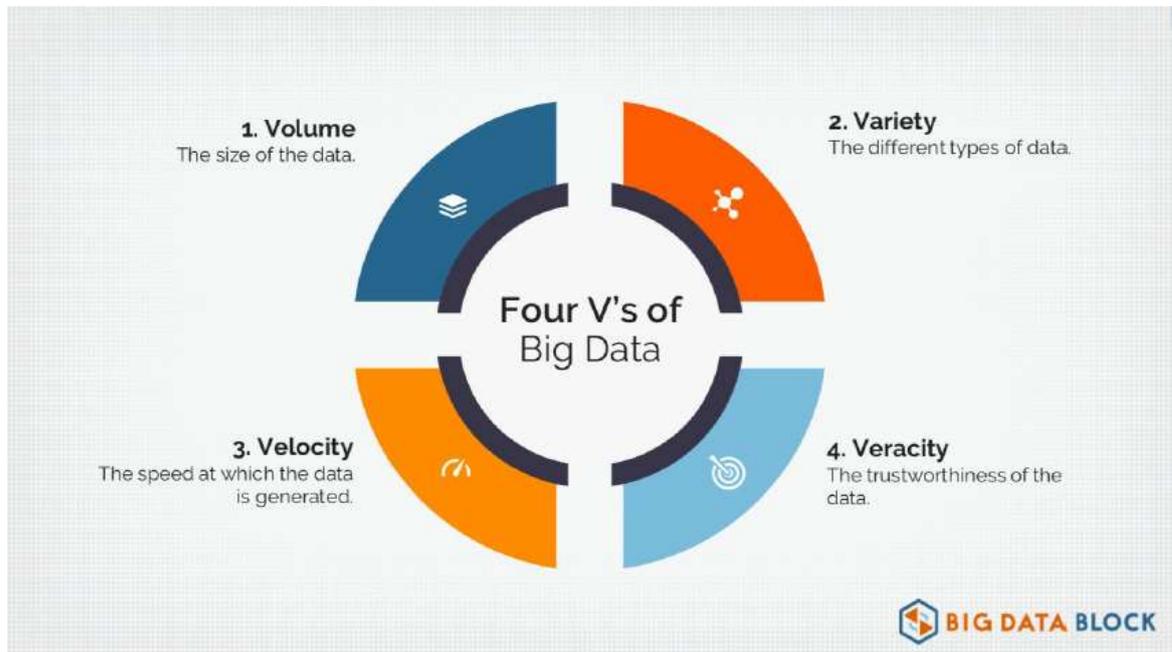


Figura 1.8 Le 4V dei Big Data (www.bigdatablock.com) [31]

- *Volume*: la prima caratteristica è sicuramente l'elevata quantità di dati generata, impiegata in diversi processi come la raccolta, l'archiviazione, l'elaborazione
- *Varietà*: i Big Data possono distinguersi in due categorie: gli omogenei (strutturati) e gli eterogenei (non strutturati). Nel caso dei primi è possibile registrare i dati in tabelle e database, mentre per i secondi si registrano delle difficoltà nelle attività di gestione ed immagazzinamento. La tipologia di Big Data dipende anche dalla provenienza: infatti, gli ERP e i sistemi informativi aziendali generano dati strutturati, o omogenei, invece i non strutturati, o eterogenei, possono essere generati dai dispositivi IoT, dai log delle macchine o dei server, e via dicendo.
- *Velocità*: per velocità si intende non solo la rapidità di raccolta, ma anche la celerità di immagazzinamento e di analisi per rendere i dati informazioni di valore. Pertanto, più è veloce il processo di analisi, maggiore sarà il valore generato.

- *Veridicità*: è una caratteristica molto importante perché l'utilizzo di dati non affidabili rende nullo il valore generato. Il godimento dei vantaggi derivati dallo sfruttamento dei Big Data risulta, quindi, condizionato alla qualità dei dati di partenza.

Il NIST suddivide il ciclo di vita dei dati in quattro step:

- *Raccolta*: è la prima fase, in cui i dati grezzi vengono collezionati ed immagazzinati
- *Preparazione*: in questa fase i dati, ancora grezzi, vengono filtrati, puliti e sottoposti ad una prima organizzazione
- *Analisi*: è la fase in cui avviene la vera e propria analisi dei dati
- *Azione*: questa fase fornisce le informazioni necessarie per creare valore per l'impresa

La terza fase, che prende il nome di *Data Analytic*, è sicuramente la più complessa, poiché rappresenta il momento in cui sfruttare efficienti algoritmi di elaborazione, i quali permettono di ricavare una potenziale fonte di vantaggio competitivo a partire dai grandi volumi di dati raccolti.

1.6.4 Cloud Computing

È stato già appurato che dati e informazioni ricoprono un ruolo importante all'interno delle Smart Factory. Dopo aver analizzato gli strumenti che li hanno generati, ovvero i sistemi CPS ed IoT, e il modo in cui sono stati organizzati, i Big Data, nasce il problema di dove immagazzinare quest'ingente mole di dati che può arrivare all'ordine degli zettabyte, ossia miliardi di terabyte. La soluzione è rappresentata dal Cloud computing, che permette di immagazzinare e analizzare, senza la necessità di acquistare i server, enormi quantità di dati in memorie on-line consultabili tramite un browser internet (Liu, 2013).

Il Cloud, tradotto in italiano come nuvola, non è altro che una sede di lavoro virtuale e alla quale si può accedere semplicemente tramite un device, come lo smartphone o il pc, dotato di una connessione internet.

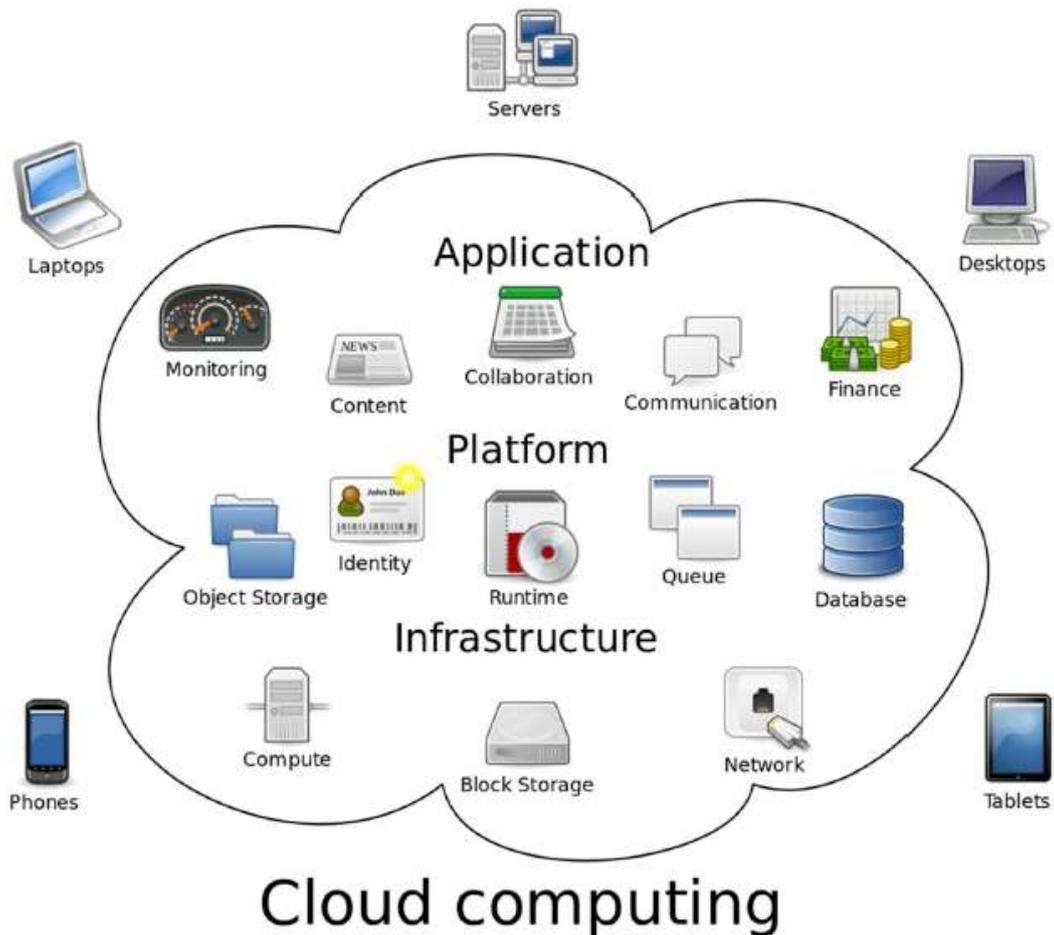


Figura 1.9 Cloud Computing (www.ricominciada4.fondirigenti.it) [32]

NIST (2011) distingue tre diverse tipologie di servizio Cloud:

- *Software as a Service (SaaS)*: si tratta di un servizio di cui il cliente può usufruire utilizzando semplicemente un browser, senza il bisogno di installare software sui propri dispositivi. Il servizio, dunque, passa dall'essere "on premises", che necessita l'installazione del software sul dispositivo, all'essere "on demand", che richiede solamente un accesso ad internet. Dal punto di

vista organizzativo il passo avanti è rappresentato dalla superata necessità di acquistare tante licenze quanti sono i computer, ma il software viene sviluppato su un server online e pertanto all'utente servono solo le credenziali e il browser: questi, infatti, usufruirà solamente del servizio offerto e non dell'infrastruttura. Un altro aspetto dei vantaggi organizzativi è la manutenzione informatica relativa alla gestione delle licenze, soprattutto nelle grandi aziende dove non è difficile avere a che fare con più di mille computer.

- *Platform as a Service (PaaS)*: Mentre il SaaS garantisce l'accesso al singolo software, con il PaaS l'utente può usufruire di una piattaforma che comprende vari servizi e programmi. Questa tipologia di Cloud è stata ideata soprattutto per gli sviluppatori, dato che offre la possibilità di scrivere applicazioni. Al cliente non verrà richiesto intervento sul sistema, dovrà pensare solamente a costruire il proprio software, perché sarà quest'ultimo ad occuparsi di aumentare o ridurre le risorse al variare delle richieste. L'infrastruttura, infatti, viene gestita a livello centrale sui server online del provider.
- *Infrastructure as a Service (IaaS)*: rappresenta l'ultima tipologia di servizio, la base della piramide rappresentata in Figura 1.10. In questo livello, l'utente può servirsi, oltre delle risorse virtuali, anche di risorse hardware, quali server, archivi o backup. I clienti, quindi, possono sì usufruire delle risorse dell'infrastruttura cloud, ma dall'altro lato devono occuparsi di controllare la rete, i server, la memoria, il sistema operativo e le applicazioni. L'unica cosa a cui non devono dedicarsi è l'infrastruttura che sostiene il Cloud.

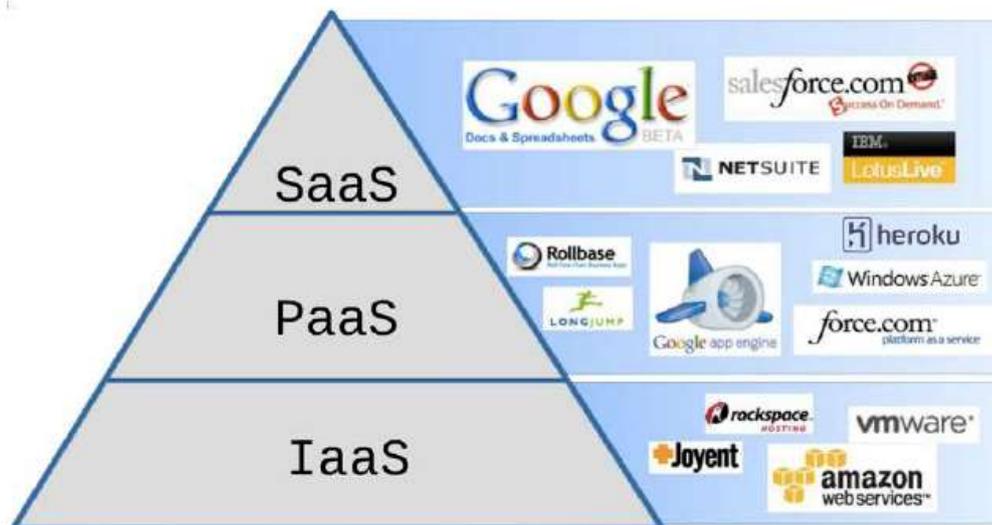


Figura 1.10 Tipologie servizi Cloud (www.microsoft.com) [33]

Nel caso del Cloud Computing la sicurezza e la privacy ricoprono un ruolo fondamentale, dato che durante gli ultimi anni, sono stati registrati diversi casi di furto o uso improprio delle informazioni relative ai consumatori. Una soluzione a questo problema è stata fornita dalla Comunità Europea che ha messo in vigore il nuovo regolamento General Data Protection Regulation (GDPR), che si occupa della corretta gestione e della protezione dei dati.

1.6.5 Blockchain

Il concetto di Blockchain risale al 1991, quando è stato introdotto per la prima volta da Stuart Haber e W. Scott Stornetta (Haber et al., 1991), mentre la realizzazione del primo modello Blockchain deve aspettare il 2008, quando una persona anonima o un gruppo di persone che utilizzano lo pseudonimo Satoshi Nakamoto pubblica il saggio “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”.

La prima applicazione Blockchain si registra nel 2009 insieme al progetto Bitcoin, la nota criptomoneta, con lo scopo di supportare le transazioni con oggetto le criptomonete.

Spesso l'immagine della Blockchain è stata collegata al Bitcoin, tanto che si è diffusa l'idea, errata, che i suoi unici campi di applicazione riguardino il mondo del digital currency e del payment.

In realtà Marc Kenigsgerb, fondatore delle start-up BlockSmarter e CoinJanitor, afferma che “Blockchain is the tech. Bitcoin is merely the first mainstream manifestation of its potential”, proprio a sottolineare come lo scopo della tecnologia in discussione sia solamente un supporto tecnologico alla criptovaluta [34].

Per tale motivo la descrizione della tecnologia inizierà con una breve digressione su questa criptomoneta in modo da coglierne le caratteristiche e le necessità da un punto di vista tecnico.

Le criptovalute sono delle vere e proprie monete utilizzabili per acquistare bene o servizi e si differenziano dalle tradizionali per la possibilità di uno scambio peer-to-peer, ossia senza la necessità di intermediari. In generale le criptomonete non sono regolamentate, ma il panorama sta cambiando: nell'Ottobre 2018, infatti, il Presidente cinese Xi Jinping ha affermato l'intenzione di sviluppare la prima criptovaluta di stato [35].

Esistono diversi tipi di criptomonete, ma tra queste, quella che conta la quantità maggiore di offerta circolante ed un prezzo elevato è il Bitcoin. Negli anni il suo valore ha avuto un andamento oscillatorio (Figura 1.11), registrando il valore massimo il 15 dicembre 2017 (17.604,85 USD). Al 15 settembre 2020, un Bitcoin vale 10.878,48 USD [36].

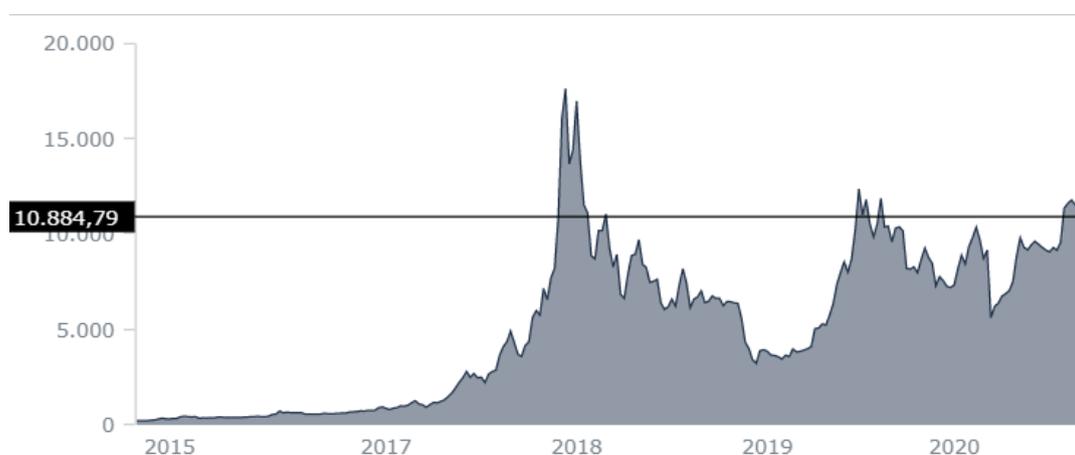


Figura 1.11 Andamento prezzo Bitcoin al 16 settembre 2020 (www.money.it) [36]

Tornando alla Blockchain, in italiano “catena di blocchi”, questa può essere definita come un database distribuito, o più nel dettaglio, come un moltitudine di dati, collegati tra loro in modo sequenziale e cronologico (Ahram et al., 2017,). La Blockchain, infatti, rientra tra le *Distributed Ledger Technology (DLT)*, tecnologie che si basano su un registro distribuito e che utilizzano un meccanismo di validazione non centralizzato, ma basato sul consenso dei nodi della rete, in cui nessuno prevale sugli altri [37].

In definitiva, quindi, la Blockchain è un registro distribuito, sotto forma di una lista di record, chiamati blocchi, legati gli uni con gli altri tramite la crittografia.

Ogni blocco contiene un *timestamp*, ossia un marcatore temporale della creazione, e un hash che collega ogni blocco al precedente; è da questo continuo collegamento che si forma la catena. Si tratta di un network distribuito, cioè che prevede che i dati e le risorse siano presenti in tutti i nodi: il database, infatti, è memorizzato tante volte quanti sono i nodi della rete (Francisconi, 2017).

Per quanto riguarda i blocchi, questi sono sistemi che registrano una serie di transazioni avvenute in un determinato intervallo di tempo. Ogni blocco è composto da: una testa, definita block header, una lista di transazioni, l’hash del blocco precedente e il proprio hash (Morabito, 2017).

La tecnologia a cui si fa riferimento oggi è la cosiddetta “Blockchain 2.0”, nata nel 2014, che, oltre alle funzioni già svolte, permette lo scambio di valute senza la necessità di intermediari (Tapscott, 2016).

Uno scambio di denaro tradizionale, come ad esempio il bonifico, richiede almeno tre passaggi: l’individuo A esprime la volontà di effettuare un bonifico a B, la banca verifica la disponibilità sul conto corrente di A della somma indicata e, se l’esito del controllo è positivo, si presta a versare la stessa somma sul conto corrente di B. Il procedimento diventa più lungo e complesso se i due soggetti appartengono a banche differenti o hanno conti correnti in Paesi con valute diverse.

Con la Blockchain, invece, si ha la possibilità di effettuare transazioni senza intermediari, ma, dall’altro lato, si osserva un nuovo rischio, il *double-spend*, ossia la doppia spesa, dovuto al fatto che la criptovaluta può essere duplicata. La soluzione offerta dalla Blockchain prevede che tutti i nodi siano informati della validazioni di

ogni nuova transazione così che B, soggetto destinatario della somma trasferita, possa controllare autonomamente che il denaro ricevuto non sia stato già utilizzato in un'altra transazione.

Prima di essere registrata, ogni transazione deve attraversare due fasi, una di firma e una di verifica. La prima consiste nella criptazione della transazione tramite la chiave privata del mittente: per inviare una transazione, infatti, il nodo che ne dà origine deve avere a disposizione la propria chiave privata e la chiave pubblica del destinatario (Figura 1.12). La seconda fase, quella di verifica, si concretizza nella risoluzione di un problema computazionale, chiamato *Proof of Work (PoW)*, che verrà approfondito in seguito.

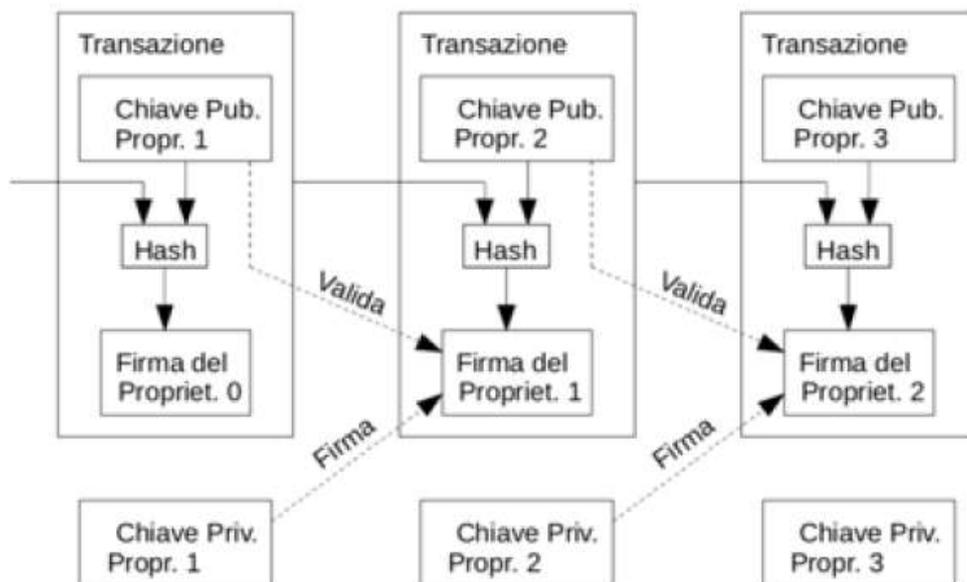


Figura 1.12 Chiave pubblica e Chiave privata (Nakamoto, 2008)

Il processo di validazione di una transazione, che si conclude con l'aggiornamento dell'intera catena, può essere suddiviso in quattro fasi (Froystad & Holm, 2016):

- *Generazione della transazione*: il mittente dà inizio alla transazione specificandone i dettagli, quali la chiave pubblica del ricevente e l'importo. Successivamente si passa all'autenticazione che sfrutta la crittografia asimmetrica, che utilizza una chiave pubblica ed una o più chiavi private. La

prima, riconducibile ad un solo soggetto, serve per criptare il messaggio, mentre chi possiede la seconda ha la possibilità di decriptarlo.

- *Broadcasting della transazione*: una volta creata, la transazione viene inviata alla rete, quindi a tutti i nodi, che la autenticano decriptando la firma digitale. A questo punto la transazione attende in un pool di transazioni *pending*, ossia in attesa di essere validate, fino alla creazione di un nuovo blocco.
- *Validazione della transazione e creazione di un nuovo blocco*: questa fase prevede che ogni miner, ossia l'utente che mette a disposizione del network le risorse computazionali per validare le transazioni, scelga un insieme di transazioni pending per creare un nuovo blocco, nel rispetto dei limiti di capacità dello stesso, che si aggira sulle 500 transazioni o 1MB per la rete Blockchain Bitcoin. In seguito, si passa al mining, ossia alla risoluzione del puzzle crittografico.
- *Aggiornamento della Blockchain*: il nodo che per primo trova la soluzione al problema può aggiungere il blocco alla catena, dando vita ad una nuova versione della Blockchain che viene inviata a tutti i nodi della rete. Talvolta può accadere che più nodi riescano a risolvere il puzzle, creando, così, una biforcazione della catena, chiama *fork*. In questi casi viene accettata la Blockchain più lunga e i blocchi esclusi vengono chiamati blocchi orfani (Lee Kuo Chuen, 2015).

In Figura 1.13 è possibile osservare una rappresentazione del processo di validazione.



Figura 1.13 Processo di validazione di una transazione (www.focusmgmt.it) [38]

Come detto precedentemente, la Blockchain non richiede la figura dell'intermediario e adesso la fiducia si basa sul meccanismo del consenso.

Il più utilizzato è la proof-of-work, che consiste nella risoluzione di un problema computazionale matematico, necessario per collegare l'hash della transazione a quello dell'ultimo blocco della catena. La prova prevede la ricerca di un valore, chiamato *nonce*, per ottenere l'hash del blocco, inferiore ad un valore target. Quest'ultimo è impostato in modo tale che i nodi trovino la soluzione in circa dieci minuti, che risulta essere, quindi, il tempo di generazione di un blocco (Puthal et al., 2018).

Il limite di questo sistema è l'enorme quantità di energia e di capacità di calcolo richiesta. Infatti, in Figura 1.19 si può notare che al miner viene corrisposta una fee, usata come incentivo economico per validare le transazioni e almeno tale da coprire i costi.

Un'alternativa alla PoW è la *proof-of-stake (PoS)*, simile alla prima nella generazione dei blocchi, ma in cui la procedura di hashing avviene in un spazio limitato. In questo modo, il processo di validazione richiederà meno tempo e meno energia, ma si andrà in contro al rischio di centralizzazione, visto che la probabilità

di un nodo di essere scelto come miner dipende dal denaro posseduto e non dal potere di calcolo (Francisconi, 2017)

Altri tipi di meccanismi di consenso sono il *proof-of-elapsed time*, o il *Byzantine Fault Tolerance*.

Secondo Puthal e altri (2018), le reti Blockchain possono essere di tre tipologie:

- *Blockchain pubblica*: definita anche Blockchain senza autorizzazione perché qualsiasi persona o organizzazione può farne parte, effettuare transazioni ed estrarre. Ogni nodo ha la facoltà di leggere e scrivere transazioni o di consultare qualsiasi parte della catena e dispone della copia aggiornata del codice
- *Blockchain privata*: l'obiettivo è una più semplice condivisione di dati tra un insieme di individui o organizzazioni, in cui il processo di mining è controllato da dei soggetti selezionati. Viene chiamata anche Blockchain autorizzata perché la partecipazione è riservata solo agli utenti che ricevono un invito.
- *Blockchain del consorzio*: spesso definita come semi-decentralizzata, può essere considerata come parzialmente privata e autorizzata. Le operazioni di consenso e convalida non sono affidate ad un singola organizzazione, ma ad un insieme di nodi che decide chi può fare parte della rete e con che libertà. In particolare, un blocco viene ritenuto valido se firmato da almeno dieci nodi (Huang et al., 2019).

Leon e altri (2017) hanno identificato quattro caratteristiche principali (Figura 1.14) della Blockchain:

- *Sicurezza*
- *Decentralizzazione*
- *Trasparenza*
- *Immutabilità*

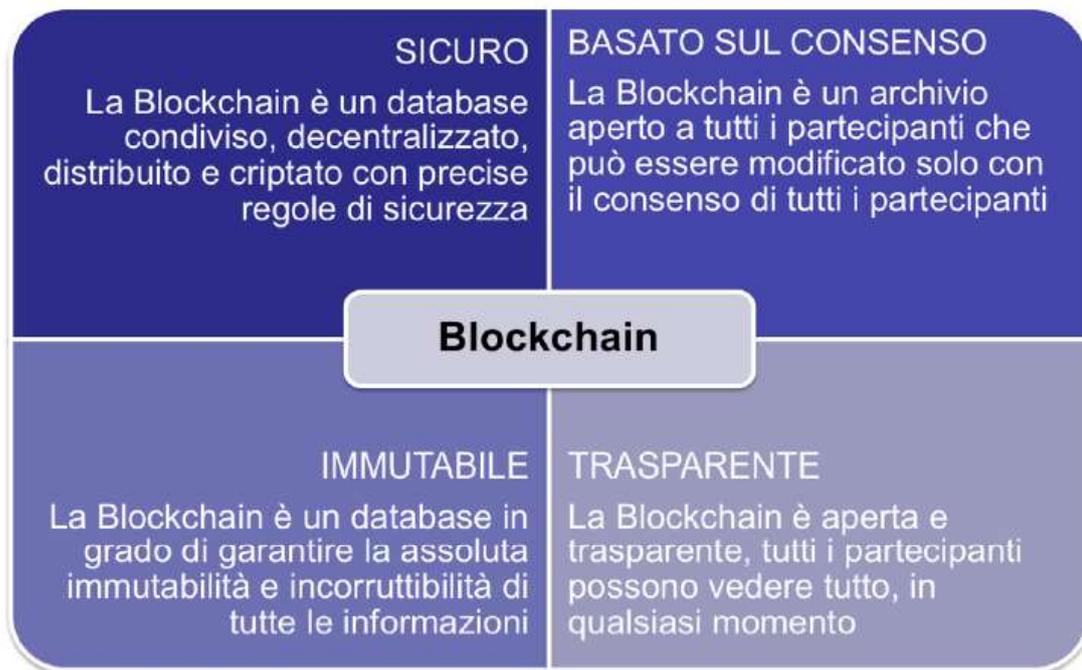


Figura 1.14 Caratteristiche Blockchain (www.blockchain4innovation.it)

In merito alla sicurezza è possibile:

- Chiedere al dispositivo di generare una nuova chiave pubblica per ogni transizione o per ogni controparte. In questo caso, la chiave deve essere comunicata ogni volta rendendo il processo macchinoso e lungo.
- In caso di Blockchain private può accadere che un partecipante possa trarre benefici osservando le transizioni. È necessario, allora, non utilizzare sempre la stessa rete, ma formare piuttosto diverse Blockchain solo con le entità con cui si collabora.

Per quanto riguarda l'immutabilità, la Blockchain è un registro add-only, cioè i blocchi che la compongono non possono essere modificati o cancellati. L'unico modo per modificare una transazione è crearne una nuova corretta. In realtà, non si tratta di una vera e propria sostituzione in quanto si tiene conto della transazione più recente, ma la vecchia non viene eliminata, in modo da mantenere lo storico e garantire la trasparenza (Christidis & DevetsikIoTis, 2016).

Effettuare delle modifiche, quindi, consiste nell'aggiungere ulteriori blocchi che dovranno essere successivamente approvati.

Nel caso in cui si tenti di modificare illegalmente un blocco, il suo valore di hash viene alterato e così i corrispondenti hash dei blocchi successivi. Questo modello a cascata assicura l'immutabilità perché modificare tutti i blocchi al seguito richiederebbe un'elevata quantità di energia e potenza di calcolo. Più blocchi sono aggiunto più la Blockchain è sicura (Morabito, 2017): sono sufficienti cinque o sei blocchi a valle per ritenere immutabili le transazioni contenute nel blocco in esame (Vyas et al., 2019).

Un elemento che caratterizza i sistemi Blockchain sono gli Smart Contract, introdotti nel 1994 da Nick Szabo, che li definisce “un protocollo di transazione computerizzato che esegue i termini di un contratto” (Christidis & Devatsikiotis, 2016).

I contratti intelligenti lavorano come attori autonomi, il cui comportamento è sempre prevedibile: infatti, alla base degli Smart Contract si può trovare la struttura “if this then do that” [39].

Il loro scopo è la gestione delle interazioni tra i vari nodi della rete (Christidis & Devatsikiotis, 2016) e per comprenderne meglio il funzionamento è necessario fare un esempio: una rete Blockchain composta da tre soggetti, Alessio, Bianca e Claudia, dove vengono scambiati gli asset X e Y e ogni transazione è registrata nella Blockchain. Alessio crea un contratto intelligente in cui, con la funzione “deposito” è possibile depositare unità di X nel contratto, con la funzione “prelievo” è possibile prelevare tutti gli asset presenti nel contratto, e con la funzione “scambio” è possibile scambiare tre unità di Y con una di X.

Alessio effettua una transazione destinata all'indirizzo del contratto, invocando la funzione “deposito” e avente per oggetto cinque unità di X. Bianca, allora, che possiede solo asset Y, decide di richiamare la funzione “scambio” per inviare nove unità di Y e ricevere tre unità di X. Alla fine Alessio effettua un'ulteriore transazione firmata chiamando la funzione “prelievo” del contratto.

Il contratto autonomamente controlla la firma e trasferisce ad Alessio ciò che rimane, cioè due unità di X e nove di Y.

La piattaforma più importante per implementare gli Smart Contract è Ethereum.

1.6.6 Additive Manufacturing

L'AM è una delle tecnologie che ha raccolto maggiore interesse, perché ha portato a conseguenze apprezzate e sfruttate anche dal consumatore finale, che adesso ha la possibilità di stampare oggetti direttamente a casa propria grazie ad una stampante 3D.

Con il termine Additive Manufacturing si indicano dei processi di fabbricazione additiva che si differenziano dalle tecniche tradizionali dove la produzione avviene per sottrazione, come nel caso di lavorazioni per asportazioni di truciolo, taglio e foratura. Il procedimento inizia da un modello CAD 3D che viene suddiviso in strati, necessari poi per guidare la deposizione o sinterizzazione del materiale [40].

La tecnica additiva si presta a diversi materiali come i polimeri, grazie alla facilità di lavorazione, i metalli, le ceramiche o altri materiali compositi.

Tuttavia, ancora oggi, per la produzione in serie di componenti con una domanda elevata e costante nel tempo, vengono preferite le tecniche tradizionali perché economicamente più convenienti.

Dall'altro lato, però, nel caso di parti con domanda incerta e volume di produzione limitato, la fabbricazione additiva risulta la tecnica migliore: è il caso dei pezzi di ricambio, dei quali i produttori erano costretti a mantenere un determinato livello di scorte in modo da rispondere tempestivamente alle richieste dei clienti. Con l'Additive Manufacturing è possibile passare da una produzione per magazzino ad una su richiesta, assicurando resistenza meccanica e precisione elevate [41].

Per quanto riguarda i vantaggi dell'AM, bisogna sottolineare l'assenza di vincoli geometrici, che al massimo richiede la generazione di supporti da rimuovere al termine della stampa, l'eliminazione degli scarti di produzione, non essendo una tecnica sottrattiva, e la possibilità di realizzare prodotti personalizzati senza costi aggiuntivi perché non è necessario riattrezzare la macchina.

Esistono diverse tecniche di fabbricazione additiva ed è possibile classificarle in base alla forma del materia di partenza. Si identificano, così, tecniche basate sulla polvere, sul liquido e sul solido (Figura 1.15).

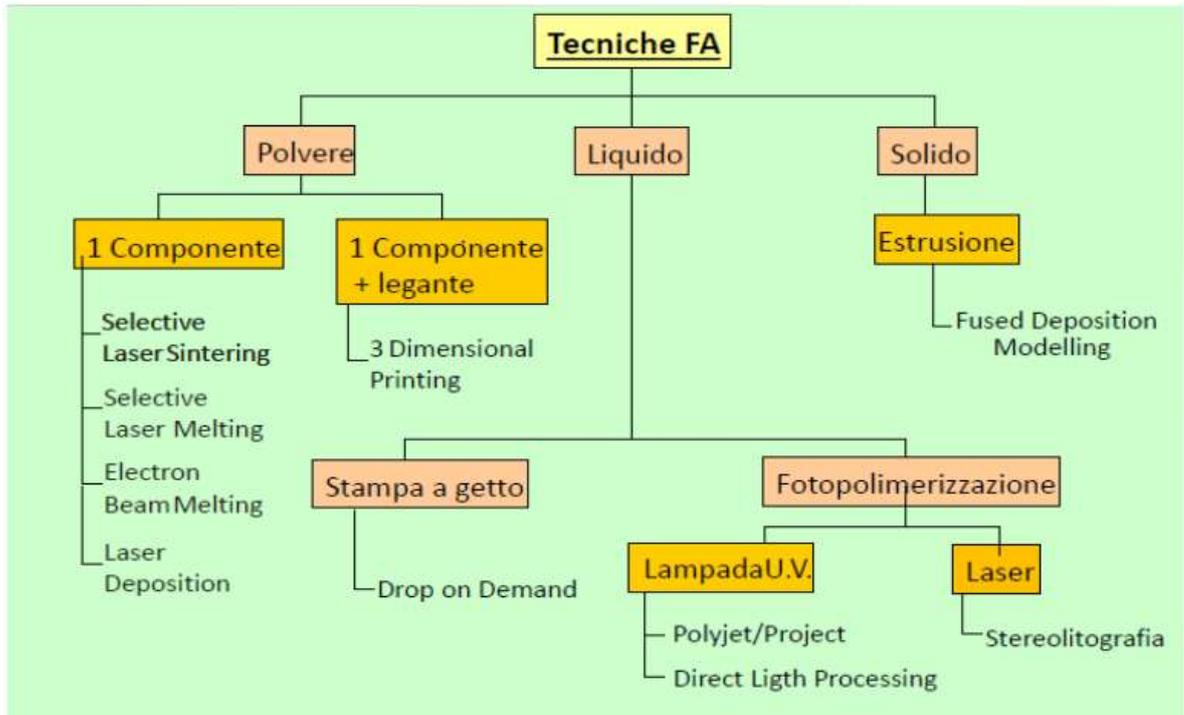


Figura 1.15 Schema tecniche AM suddivise per tipo di materiale (Iuliano)

Per quanto riguarda i liquidi è possibile distinguere due principi: la fotopolimerizzazione, in cui la resina liquida viene indurita tramite una radiazione luminosa, che può essere una lampada U.V. (Polyjet/Project e Direct Light Processing) o un laser (Stereolitografia), e la stampa a getto, in cui in materiale liquido viene depositato su un piano e indurisce formando il componente (Drop on Demand). Per i solidi si ha l'estrusione di un filo di materiale (Fused Deposition Modelling), mentre per le polveri si distinguono le tecniche per un componente (Selective Laser Sintering, Selective Laser Melting, Electron Beam Melting e Laser Deposition) e le tecniche per un componente più un legante (3 Dimensional Printing), in cui il collante viene depositato su un letto di polvere.

1.6.7 Advanced Human – Machine Interface

Con l'espressione Human Machine Interface (HMI) si fa riferimento all'interfaccia uomo-macchina che permette di inviare informazioni sonore, tattili o visive. L'HMI comprende l'insieme delle tecnologie hardware o software che, avendo la capacità di gestire e tradurre enormi quantità di dati in un linguaggio comprensibile dall'uomo, consentono a quest'ultimo di interfacciarsi con una macchina direttamente dalla postazione di lavoro o in remoto (Hwaiyu, 2017).

Inizialmente erano i produttori delle macchine a sviluppare i sistemi HMI, integrando il pannello di controllo con la macchina stessa. Successivamente, l'aumento della compatibilità dei sistemi di comunicazione ha portato all'utilizzo di interfacce software universali, che, installati su qualsiasi dispositivo, consentono all'operatore di controllare la macchina via cavo seriale o Bluetooth. Se la macchina è dotata di connessione internet la gestione potrebbe venire anche da remoto: infatti, assegnandole un indirizzo IP all'interno della LAN, potrà comunicare con tutti i computer connessi alla stessa rete.

L'aumento di compatibilità ha fatto sì che il monitoraggio ed il controllo possano avvenire anche tramite dispositivi mobili, quali computer, tablet o smartphone. Nella maggior parte dei casi l'interfaccia è costituita da un display touch, che l'operatore utilizza per comunicare con il software di controllo. In Figura 1.16 è mostrato un esempio di dispositivo utilizzato per il monitoraggio di un impianto.



Figura 1.16 Monitoraggio tramite tablet (www.ien.com) [42]

1.6.8 Augmented Reality

L'obiettivo della *Realtà Aumentata* è permettere di inserire elementi virtuali all'interno del mondo reale. Ronald Azuma, nel 1997, definisce la AR come “una combinazione di aumento registrato dal punto di vista spaziale con una risposta interattiva ed in tempo reale alle azioni dell'utente”.

Con la *Realtà Aumentata*, inoltre, i dispositivi permettono di potenziare le possibilità offerte dai cinque sensi. (Azuma, 1997).

Tra le tipologie di applicazione, quelle più diffuse utilizzano gli occhiali che tracciano l'ambiente in cui ci si trova e consentono l'interazione dell'individuo con gli elementi proiettati sulla lente. Oltre alle informazioni, vengono proiettati gli elementi tridimensionali con cui interagire, rendendo l'esperienza più interattiva: le operazioni da svolgere, infatti, non vengono semplicemente descritte, ma direttamente mostrate, come osservabile in Figura 1.17 (Nishihara & Okamoto, 2015).



Figura 1.17 Esempio Realtà Aumentata (www.mteess.gouvernement.lu) [43]

La Realtà Aumentata registra ancora limitate applicazioni in ambito industriale, mentre ha già trovato ampio spazio nel lato consumer, come le numerose applicazioni per smartphone che permettono di poter indossare un capo virtualmente (Figura 1.18) o di posizionare oggetti di arredamento (Figura 1.19).



Figura 1.18 Esempio Realtà Aumentata (www.mark-up.it) [44]



Figura 1.19 Esempio Realtà Aumentata (www.ispazio.net) [45]

Quest'ultima applicazione ha riscosso enorme successo in America, dove è stata lanciata sul mercato l'app IKEA Place che permette di posizionare virtualmente mobili o arredi contenuti nel catalogo IKEA, sfruttando il framework ARKit sviluppato da Apple [45].

1.6.9 Advanced Automation

Anche i robot, da sempre considerati un elemento innovativo da impiegare nelle attività industriali, sono coinvolti dall'ondata di innovazione che caratterizza l'Industria 4.0.

Le imprese, dovendosi adattare sempre più velocemente alle novità, sia interne che esterne alle rispettive value chain, e dovendosi concentrare sulle richieste dei singoli consumatori, hanno dovuto intraprendere un processo di digitalizzazione che permettesse di collegare tutte le unità produttive all'interno della Supply Chain. Ciò ha portato verso lo sviluppo di una nuova generazione di robot, da macchine che svolgevano in automatico il lavoro dell'uomo seguendo uno schema ben determinato, a macchine che supportano e collaborano con l'uomo, capaci di analizzare informazioni interne ed esterne al proprio sistema e di adattarsi a situazioni variabili grazie all'intelligenza artificiale posseduta. Bloss (2016) afferma che a caratterizzare

i nuovi robot ci sono attribuiti come autonomia, flessibilità, cooperazione e capacità di interazione, ma le qualità più importanti sono l'abilità deduttiva e la possibilità di imparare dagli operatori, migliorando anche le loro condizioni di sicurezza. Diversamente dai tradizionali che lavorano in maniera isolata e svolgono operazioni ripetitive, i nuovi robot, grazie ad un'importante capacità di calcolo, sono in grado di analizzare ingenti moli di dati forniti dai sistemi IoT.

Questo nuovo paradigma di macchine prende il nome di Cobot, da Collaborative Robot, ad indicare il nuovo ruolo non più al posto dell'operatore, ma al suo fianco, come mostrato in Figura 1.20 [46].



Figura 1.20 Linea produttiva con Cobot (www.themanufacturer.com)

Grazie alle nuove caratteristiche, i robot non vengono utilizzati solo nella produzione o nelle attività di supporto come il controllo qualità, ma si stanno affacciando a nuove funzioni aziendali come la logistica o la gestione degli uffici. Un esempio delle nuove applicazioni è rappresentato dagli shuttle Kiva di Amazon che sono in grado di prelevare, trasportare e depositare merce in maniera autonoma. Inoltre, con i nuovi robot gli operatori potranno vedere e dare istruzioni per risolvere eventuali problemi sorti mentre loro sono altrove; in questo modo gli impianti potranno lavorare ventiquattro ore al giorno, a differenza dei lavoratori che invece hanno orari stabili (Bogue, 2016).

1.7 Research gap

Nonostante la complessità della Supply Chain automobilistica e i vantaggi che l'applicazione della Blockchain porterebbe, tale tecnologia non è ancora ampiamente diffusa nel settore Automotive.

Come verrà mostrato nel Capitolo 3, gran parte delle applicazioni esistenti riguardano altri settori, quali l'alimentare, sanitario e logistico. Le soluzioni di quest'ultimo settore vengono sfruttate nell'industria Automotive relativamente alla logistica in entrata e in uscita: infatti, le esigue soluzioni riguardanti la Supply Chain automobilistica hanno per oggetto la tracciabilità e il monitoraggio delle condizioni di trasporto, mentre le restanti applicazioni descritte nel Capitolo 3 riguardano contesti successivi alla consegna del veicolo al cliente finale.

Il research gap che questo elaborato cerca di superare è la mancanza di soluzioni implementabili nei processi in cui la Supply Chain viene suddivisa nel Capitolo 2, o comunque riguardanti attività che si presentano dal momento in cui il cliente effettua l'ordine a quando questi riceve l'automobile.

CAPITOLO 2

SUPPLY CHAIN NEL SETTORE AUTOMOTIVE: I PROCESSI E LE ATTIVITA'

L'obiettivo di questo capitolo è quello di analizzare nello specifico la Supply Chain del settore automotive in modo da poter studiare, nel capitolo successivo, l'applicabilità della tecnologia Blockchain alle varie attività in cui possono essere suddivisi i singoli processi e i vantaggi che può portare. In particolare, vengono mappati i processi di approvvigionamento, logistica inbound, assemblaggio e distribuzione, quindi tutto ciò che intercorre dal ricevimento dell'ordine alla consegna del prodotto finito al cliente finale.

2.1 Analisi della supply chain del settore Automotive

In questo paragrafo verrà analizzata la Supply Chain automobilistica, descrivendo tutte le attività che fanno parte per definizione del settore Automotive e facendo riferimento sia al flusso fisico che a quello informativo.

A differenza di un tempo, quando i produttori di autoveicoli realizzavano internamente la maggior parte dei componenti necessari, adesso la Supply Chain automobilistica è caratterizzata da numerosi fornitori, accompagnati, dall'altro lato, da molteplici venditori al dettaglio.

Per comprendere al meglio la rete di soggetti coinvolti viene svolta un'analisi per processi, in modo da mettere in luce i rapporti di collaborazione tra i vari attori.

Per questo motivo vengono mappati quattro diversi processi, suddivisi a loro volta in attività, che vanno a coprire l'intera catena, da quando il cliente effettua l'ordine a quando riceve il prodotto finito: Acquisizione ordine e Approvvigionamento, Logistica Inbound, Assemblaggio e Distribuzione. La ripartizione in questi processi

scaturisce dalla Figura 2.1 (Kchaou-Boujelben, 2013), nella quale viene mostrata l'intera Supply Chain automobilistica, suddivisa in *Inbound*, che comprende i primi tre processi, e *Outbound*, che, invece, comprende l'ultimo.

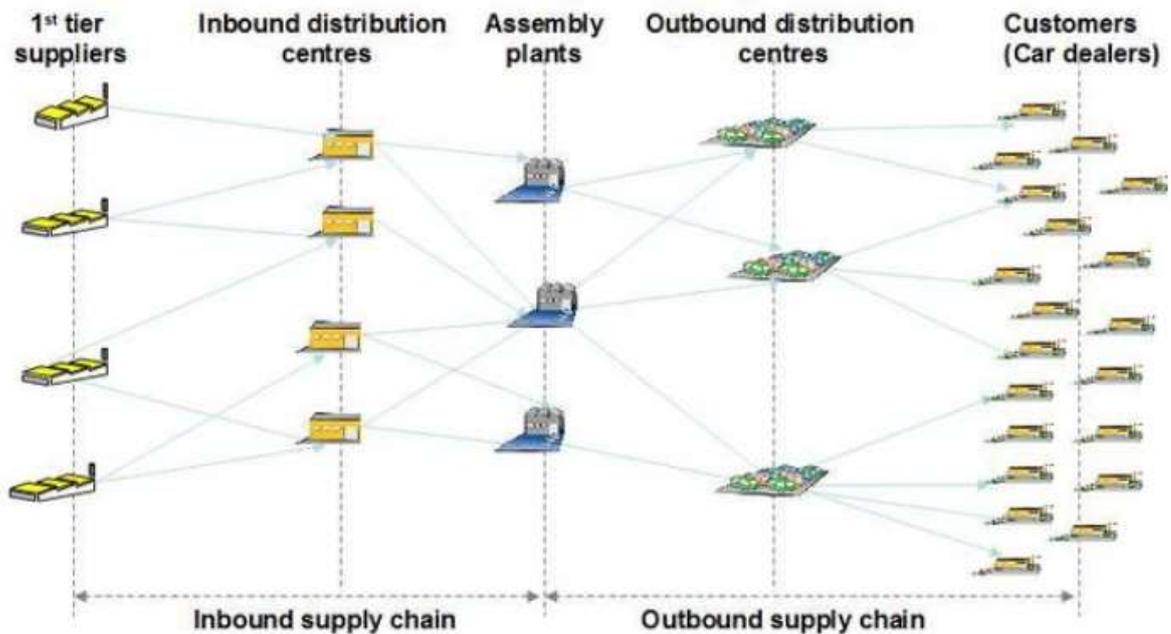
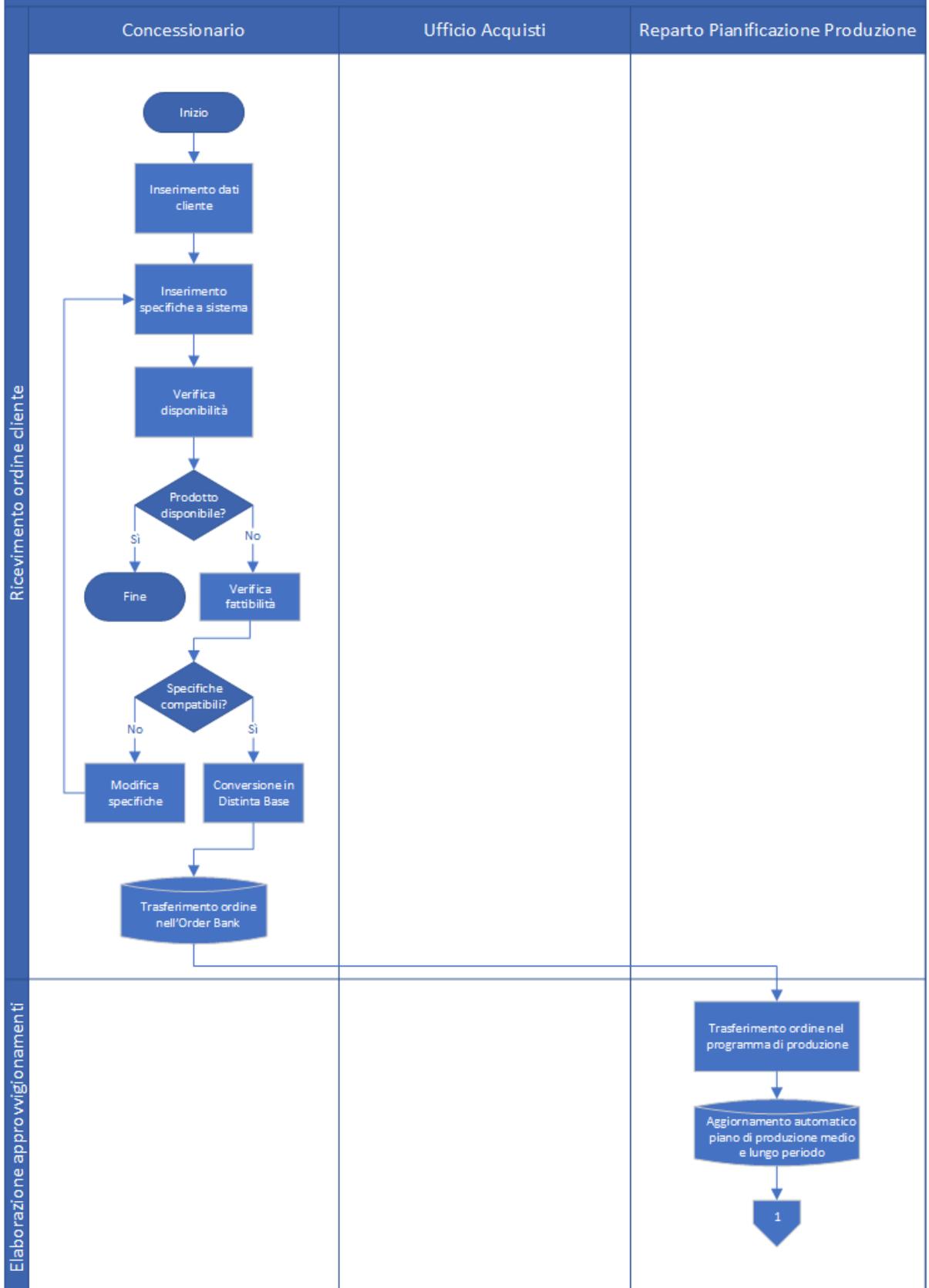


Figura 2.1 Supply Chain automobilistica (Kchaou-Boujelben, 2013)

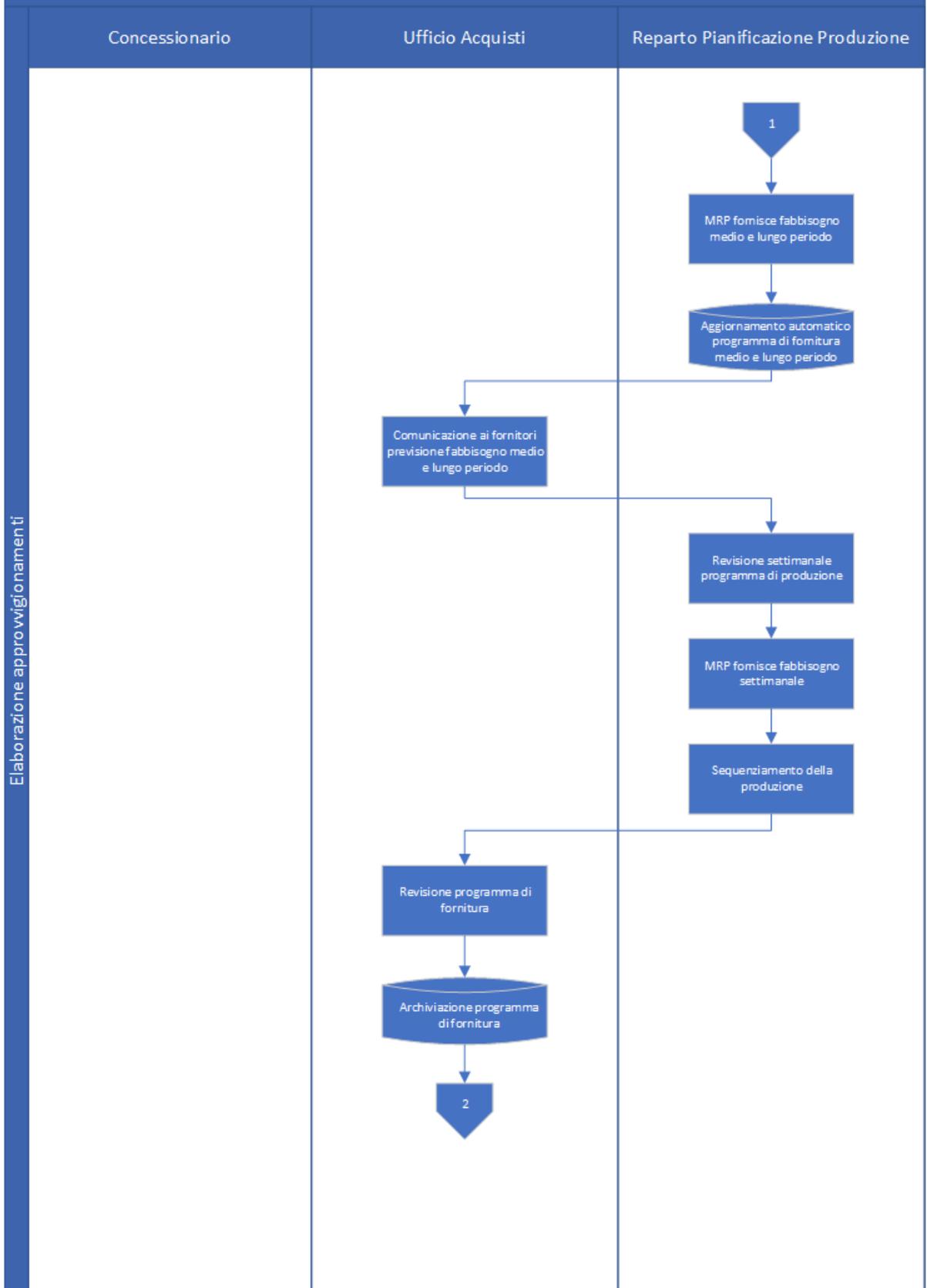
2.1.1 Acquisizione ordine e approvvigionamento

Secondo Holweg e Jones (2001), il processo che viene guidato dalla domanda e che mira a fornire veicoli costruiti su misura, prende il nome *Build-to-Order Process*, proprio ad indicare “un approccio di produzione in cui i prodotti non vengono costruiti fino a quando non viene ricevuto un ordine” [47]. Nella Figura 2.2 è possibile osservare le varie attività che vengono avviate non appena viene ricevuto un ordine da parte del cliente. A queste seguono le attività di approvvigionamento durante le quali si hanno i principali rapporti con i fornitori.

ACQUISIZIONE ORDINE E APPROVVIGIONAMENTO



ACQUISIZIONE ORDINE E APPROVVIGIONAMENTO



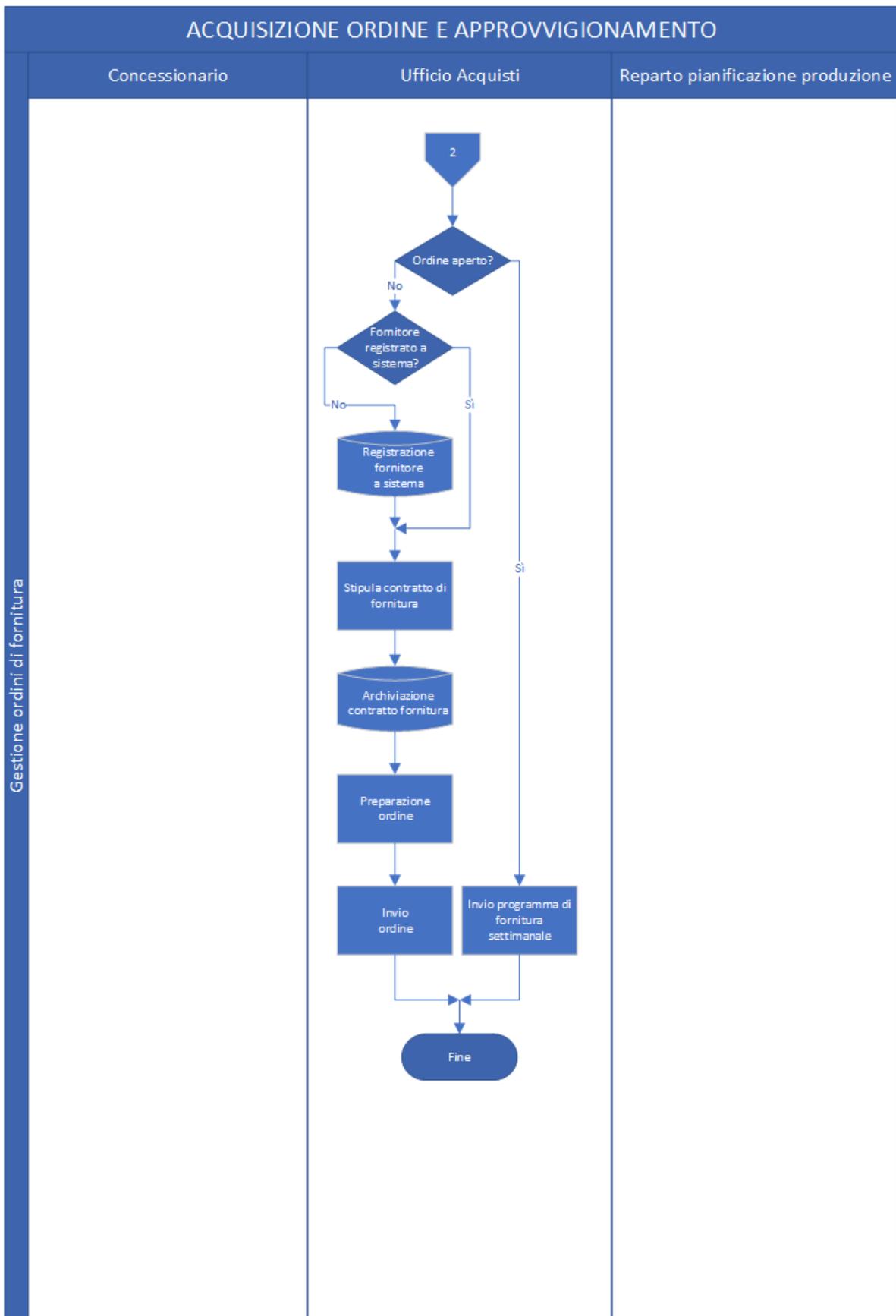


Figura 2.2 Flowchart delle attività del processo di acquisizione ordine e approvvigionamento

Il processo di soddisfacimento di un ordine inizia con il suo ricevimento da parte del cliente finale, che richiederà specifiche diverse rispetto al cliente precedente o a quello successivo. I produttori hanno in genere dei siti web in cui danno la possibilità di osservare l'intero catalogo dei prodotti a disposizione e, grazie all'uso di configuratori di automobili, danno informazioni sulle varie possibilità di personalizzazione e sul relativo prezzo. Eppure, non è ancora possibile effettuare un ordine direttamente sul sito web, ma è richiesta una visita fisica ai rivenditori (Aoki & Staebelin, 2015).

Spesso, però, le aziende, spinte dalla ricerca di volumi di produzione e di quote di mercato, tendono a prediligere una fabbricazione orientata alle previsioni. Questo avviene soprattutto nel caso di modelli di autovetture di fascia bassa ad elevata domanda, la cui vendita viene incentivata tramite sconti, con conseguenti riduzioni di margini e redditività. La preferenza di un sistema basato sull'ordine piuttosto che uno basato sulle previsioni, porta alla riduzione del livello di scorte e degli sconti, consentendo così margini ragionevoli sia per i produttori che per i concessionari.

Il limite principale di un sistema *Build-to-Order* è sicuramente il tempo di consegna dell'ordine che può arrivare anche a 60 giorni. In particolare, se l'auto viene acquistata direttamente presso il concessionario visitato il tempo di attesa è nullo perché l'auto è immediatamente disponibile. Il tempo di consegna inizia ad aumentare al variare delle situazioni: se il veicolo si trova presso un altro concessionario, se l'auto proviene da un magazzino centrale, se vengono modificati gli ordini già stabiliti in base alle esigenze del cliente, o, addirittura, se l'ordine viene registrato direttamente come nuovo ordine, e in quest'ultimo caso i tempi di consegna variano tra i 40 e i 60 giorni (Holweg & Jones, 2001).

Una volta ricevuto l'ordine, esso non viene subito registrato nel database degli ordini, l'Order Bank, ma viene sottoposto in modo automatico a due step di controllo. Il primo processo verifica la disponibilità dell'auto desiderata presso il concessionario, mentre il secondo verifica la fattibilità in produzione delle specifiche scelte dal cliente. In caso di esito negativo, il sistema rifiuta l'ordine e si procede con la modifica delle specifiche (Suthikarnnarunai, 2008). Oggi quest'ultimo step non viene sempre eseguito perché, in alcuni casi, si hanno a disposizione dei

configuratori digitali che, in fase di personalizzazione, rendono disponibili solamente specifiche effettivamente realizzabili.

Successivamente si ha la conversione dell'ordine in una distinta base che servirà al processo di approvvigionamento perché dice ai produttori che tipo di componenti sono necessari per la realizzazione del veicolo (Suthikarnnarunai, 2008).

La fase finale della registrazione dell'ordine è il suo inserimento nell'Order Bank, che non rappresenta il piano di produzione ma solo una base per la sua redazione. Il processo continua con la pianificazione del piano produttivo sulla base degli ordini raccolti nell'Order Bank.

Secondo Aoki e Stablein (2015) è possibile suddividere il processo di pianificazione in sei fasi principali che vengono eseguite in sequenza.

La prima fase è costituita dalla pianificazione della domanda, un'attività continua che solitamente viene portata avanti dai dipartimenti di vendita. Può essere ricavata utilizzando vari metodi qualitativi o quantitativi come i sondaggi sui consumatori e le previsioni basate su prove e regole. Le previsioni utilizzano i dati delle richieste dei rivenditori per i modelli di auto, le conoscenze regionali delle unità di vendita decentralizzate riguardo preferenze e tendenze e analisi dei dati storici. Chiaramente, maggiore è l'orizzonte di previsione, maggiori sono l'incertezza e il rischio che queste informazioni siano inaccurate. La visibilità della domanda è un elemento fondamentale per i processi *Build-to-order* perché è il bisogno del cliente che guida l'intera catena del valore (Suthikarnnarunai, 2008).

La seconda fase è la pianificazione dell'allocazione delle vendite. Lo scopo è la stima degli obiettivi di vendita in base alla domanda, ai piani di vendita specifici per le rispettive aree di vendita e alla disponibilità dei prodotti. Annualmente vengono stabilite le quantità di vendita mensili dei vari modelli presenti a listino, decidendone i volumi, detti anche quote, per le aree di vendita, per i mercati, fino ad arrivare ai singoli grandi rivenditori. La previsione della domanda viene utilizzata come base per la previsione della performance dell'impresa e per tale motivo viene segnalata alla divisione finanziaria. Le previsioni vengono poi integrate con gli ordini effettuati dalla rete dei venditori al dettaglio: a ciascun concessionario, infatti, la società di vendita nazionale richiede di effettuare una stima delle proprie vendite annuali che vengono poi suddivise in mensili o bimestrali (Suthikarnnarunai, 2008). Il punto

debole di questa fase riguarda l'imprecisione delle previsioni di vendita e a subirne le conseguenze sono gli attori a valle. In linea di massima, i costruttori definiscono la programmazione sulla base delle stime di vendita dei concessionari, ma se queste ultime dovessero risultare superiori alle vendite effettive, i concessionari finirebbero per accumulare veicoli che non riescono a vendere se non con sconti o promozioni.

La terza fase è la previsione generale della produzione che, partendo dagli ordini presenti nell'Order Bank, va a stilare il Master Production Planning (MPP) o Master Production Schedule (MPS), un piano di produzione aggiornato mensilmente con un orizzonte temporale spesso pari a tre mesi su una granularità settimanale. Questo piano mira al soddisfacimento delle quote di vendita ad opera dei rivenditori durante l'anno. Solitamente nelle quattro settimane più vicine alla produzione, quando i rivenditori devono prenotare tutti gli ordini, il piano settimanale è "bloccato" e quindi non modificabile. Volto a coordinare le varie risorse di produzione, il documento contiene le assegnazioni, in termini di numero di veicoli, ai singoli stabilimenti produttivi e la programmazione di breve termine delle sequenze di produzione.

Nella quarta fase, partendo dall'MPP, si va a sviluppare il Material Requirements Planning (MRP) dove viene pianificato il fabbisogno di materiale e dove sono contenute informazioni fondamentali per le collaborazioni con i fornitori. Nei casi in cui non perverranno tutti gli ordini dei clienti, verranno utilizzati gli ordini pianificati. Inizialmente viene inviato ai fornitori un programma di produzione a lungo termine con un orizzonte temporale fino a 12 mesi. Successivamente vengono forniti dei programmi settimanali che coprono periodi compresi tra le 6 e le 10 settimane. Infine, tra i 2 e i 10 giorni prima dell'inizio della produzione, viene inviato ai fornitori il programma di produzione schedulato in giorni o call-off. L'MRP a breve termine ha una zona congelata, solitamente pari a 7 giorni prima della produzione, dove i rivenditori possono cambiare le specifiche della vettura. Dal momento che l'MRP di medio-lungo periodo è ancora troppo impreciso, i fornitori ritengono le informazioni ricevute troppo poco certe e quindi mantengono livelli di scorte di magazzino più elevate (Suthikarnnarunai, 2008).

La quinta fase è costituita dall'attività di sequenziamento delle vetture in produzione che si basa sulla programmazione settimanale, la cosiddetta zona congelata, in cui è possibile solo una modifica di ordine minore.

La sesta ed ultima fase è rappresentata dall'*Order Promising*. Tramite un sistema di prenotazione ordini online i rivenditori inviano gli ordini dei clienti all'Order Bank ricevendo come risposta una stima della data di consegna e le informazioni sullo stato dell'ordine. Bisogna non confondere questo sistema con il configuratore di automobili presente sul sito web che serve solamente a scopo informativo. Il sistema usato dai rivenditori, invece, si basa su un software che permette di inserire l'ordine del cliente tramite dei codici per identificare le opzioni scelte. Questa fase è importante perché i clienti chiedono una data di consegna affidabile (Aoki & Stablein, 2015).

In generale, quindi, a partire dal piano di produzione generale, MPP, si va ad elaborare il fabbisogno di materiale a medio e lungo termine. Questa funzione riguarda il calcolo delle richieste di parti e componenti, in cui numero si aggira intorno a 15.000, necessari per soddisfare la produzione in un determinato periodo di tempo. Si tratta, inoltre, di un'attività molto dispendiosa visto che determina circa il 60-70% del costo totale di un produttore di automobili. Successivamente si ha la comunicazione dei fabbisogni previsti di medio e lungo termine ai fornitori, i quali a loro volta richiederanno ai fornitori di livello inferiore i componenti necessari per realizzare il subassemblato. Dopo che il reparto pianificazione della produzione effettua la revisione settimanale del programma di produzione, che viene usato dall'MRP come punto di partenza per fornire il fabbisogno di breve periodo, si procede con il sequenziamento della produzione. Tale sequenza dovrà essere rispettata in tutte le fasi di produzione per evitare fermi di linea causati dalla mancanza di parti e componenti necessari per l'assemblaggio. A questo punto entra in scena l'Ufficio Acquisti che revisiona e archivia il programma di fornitura.

E' possibile distinguere due tipi di ordine: chiusi e aperti. Questi ultimi sono tipici dei componenti e dei materiali di consumo, la cui domanda è fortemente legata al piano di produzione. Le quantità e le date di consegna dipendono da quanto calcolato nell'MRP, che a sua volta viene sviluppato a partire dal piano di produzione fissato settimanalmente. Il carattere di continuità tipico di questo tipo di ordine fa sì che i

rapporti con i fornitori siano regolati da contratti di fornitura di medio-lungo periodo, in cui il prezzo è negoziato all'inizio e valido per il periodo specificato. Con i sistemi MRP le date di consegna e le quantità vengono calcolate e comunicate automaticamente. Gli ordini chiusi, invece, sono tipici delle forniture come equipaggiamenti e attrezzature, il cui acquisto è indipendente dalla produzione. Si tratta di ordini occasionali, non continuativi, in cui è indicato l'oggetto della fornitura, la quantità, il prezzo, la data di consegna e altri dettagli relativi a quell'ordine. L'Ufficio Acquisti, allora, verifica il tipo di ordine e se questo è aperto passa all'invio del programma di fornitura settimanale. Se l'ordine è chiuso, invece, bisogna vedere se il fornitore è registrato a sistema, se non lo è si procede con la sua registrazione e dopo si passa alla stipula del contratto. Infine si ha la preparazione e l'invio dell'ordine al fornitore e il processo di conclude (Gobetto, 2014).

2.1.2 Logistica Inbound

Bowersox e Closs (1996) definiscono la logistica come un “elemento di collegamento” tra i sottosistemi della supply chain. È possibile distinguere due tipi di operazioni logistiche: in entrata e in uscita, ma quest'ultima verrà approfondita nel Paragrafo 2.2.4. Dal punto di vista dei costi la logistica in entrata ha un ruolo significativo: il suo costo è stimato a circa il 10% dei costi di produzione considerando solo i costi di impianto, e all'1-2% del costo del prodotto finito (Suthikarnnarunai, 2008).

Anche nella logistica in entrata il sistema *Build-to-Order* ha portato cambiamenti. Prima, con i sistemi “push”, la maggioranza dei veicoli proveniva dalle scorte di prodotti finiti che venivano mantenute nel punto più costoso della catena di fornitura e un metodo per smaltirle era offrire sostanziosi incentivi alle vendite, che comportavano, però, una pesante riduzione dei guadagni. Eliminando le scorte dei prodotti finiti, si è stimato che si potrebbe arrivare ad un risparmio di 9 miliardi di dollari, a cui si somma un potenziale profitto annuo di 3,8 miliardi derivante da ulteriori risparmi operativi.

L'ostacolo più grande nel realizzare automobili su ordinazione è l'incapacità del costruttore di fornire veicoli personalizzati all'interno di un lasso di tempo che i consumatori sono disposti ad attendere. Non solo ai costruttori, ma anche a tutti gli altri attori della catena logistica verranno richiesti sforzi in modo da ridurre i tempi di consegna. In particolare, ai fornitori e agli operatori logistici verrà richiesta una maggiore flessibilità per soddisfare la crescente variabilità dovute all'utilizzo di sistemi basati sugli ordini (Miemczyk & Holweg, 2004). Nel momento in cui i trasporti raggiungono un'organizzazione ottima e queste risulta non essere più sufficiente, l'unica soluzione disponibile è avvicinarci fisicamente al cliente. Si crea, così, un'area intorno allo stabilimento, dove si insediano i vari fornitori di primo livello, che prende il nome di parco fornitori (Couzin et al., 2001).

La modalità di trasporto più utilizzata nell'ambito automobilistico è il trasporto su strada su bisarche, mentre solo pochi OEM ricevono consegne in treno, mezzo, invece, più comunemente usato nella logistica in uscita per la distribuzione dei veicoli. Con il treno, inoltre, avendo già stabilito la schedulazione degli orari con l'operatore della rete ferroviaria, i tempi di carico e scarico presso le strutture sono già predefiniti e quindi si ha una scarsa flessibilità nella pianificazione. Secondo Boysen e altri (2014), E' possibile distinguere tre tipologie di percorsi logistici per la creazione di flussi logistici di approvvigionamento:

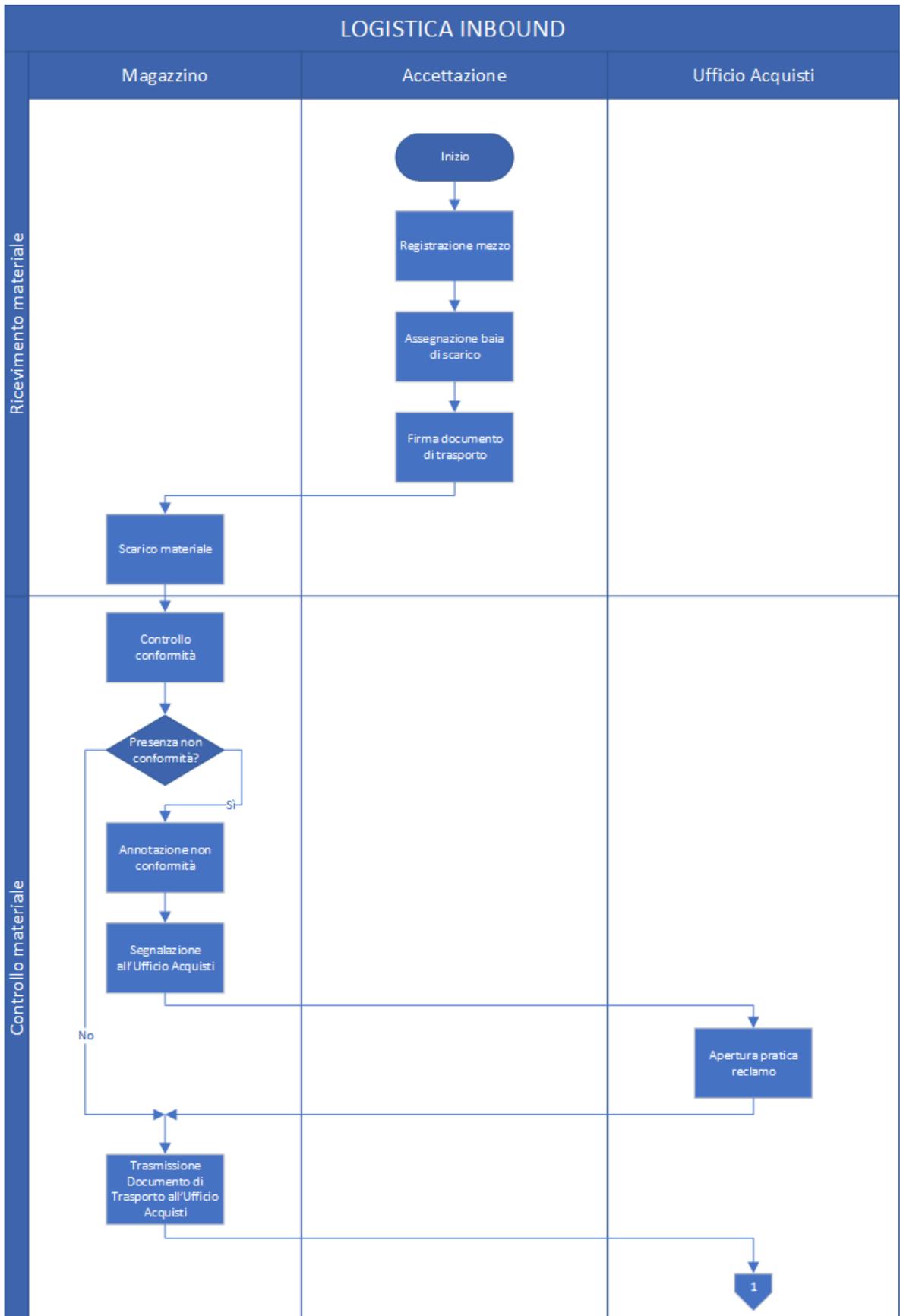
- Rete *point-to-point*, nota anche come *flusso diretto*: definisce una relazione tra ogni singolo fornitore e l'OEM, in modo che le forniture vengano consegnate separatamente. Viene utilizzata per il trasporto di parti JIS di grandi dimensioni dai fornitori prossimi allo stabilimento dell'OEM, quindi all'interno del parco fornitori. Questa tipologia diventa particolarmente dispendiosa quando l'approvvigionamento richiesto non riesce a saturare i mezzi di trasporto.
- Sistema *Milk Run*: si tratta di un percorso ciclico che inizia con un camion vuoto che visita una serie di fornitori e via via si riempie fino alla completa saturazione della capacità del mezzo. E' ancora un flusso diretto perché la parti non subiscono trasferimenti intermedi, ma richiede un aumento dei

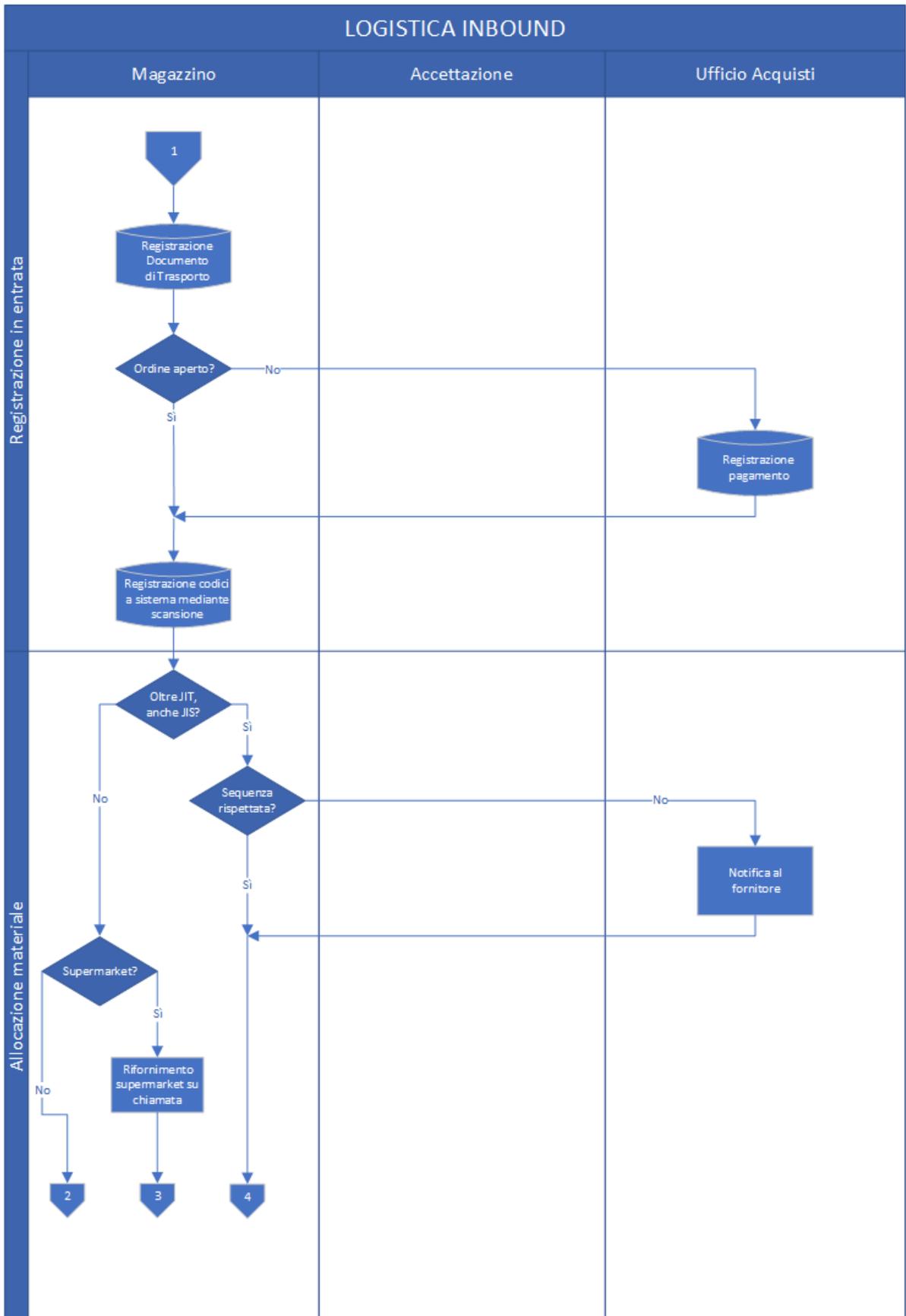
tempi di consegna che lo rendono adatto per le parti JIT e a lotti, per le quali la sincronizzazione non è così rigida.

- Sistema *Cross Docking*: prevede sempre la saturazione dei mezzi di trasporto tramite piccole spedizioni da parte di vari fornitori, ma questa volta il flusso logistico è di tipo indiretto. In questa tipologia di percorso, infatti, vengono utilizzati dei nodi intermedi, chiamati *cross dock*, dove le forniture che arrivano vengono organizzate in carichi completi verso lo stabilimento di assemblaggio. Come nel caso del sistema *Milk Run*, lo scalo intermedio comporta un aumento dei tempi di consegna e quindi anche il *Cross Docking* viene utilizzato soprattutto per le parti JIT e a lotti.

Sulla base di come le informazioni relative ad un ordine di chiamata sono raccolte, si distinguono due tipologie di ordine da parte dell'OEM verso i fornitori di primo livello: ordini push e ordini pull. Le principali differenze tra i due sono il momento in cui vengono lanciati gli ordini di produzione rispetto alla nascita del bisogno del bene e la tipologia della domanda che, nel caso di sistema push è "prevista", mentre, nel caso di sistema pull è "effettiva". Nella logica push, infatti, gli ordini di produzione e di approvvigionamento sono determinati sulla base dei fabbisogni scaturiti dal piano di produzione e dalla domanda di prodotti finiti, e dipendono dalla sequenza di produzione che viene stabilita circa tre o quattro giorni prima dell'inizio della produzione; i fabbisogni, a loro volta, vengono calcolati in anticipo rispetto al momento in cui si manifestano. Un esempio di questo sistema è l'MRP che trova applicazione nel caso di componenti quali motori, ruote, sedili, volanti ed è adatto per parti JIS e JIT ad alto valore. Nella logica pull, invece, gli ordini di produzione vengono calcolati sulla base di un fabbisogno effettivo e "tirano" la produzione e l'acquisto dei materiali sulla base dei consumi reali. Il sistema pull è governato dagli ordini e non necessita di previsioni, come nel caso del push [48], e trova applicazione nei componenti di supporto come bulloni, staffe, guarnizioni, viti e in tutti quei componenti per i quali si predilige un sistema di rifornimento a chiamata, quali i kanban [49], che permettono un approvvigionamento basato sul consumo e non sugli ordini. Bisogna precisare, però, che anche nei sistemi push non vengono generate scorte, come in genere si pensa, perché anche in questi casi si segue una logica JIT e

l'unica differenza è data dal fatto che la domanda di materiale si effettua in modo programmato e non tenendo conto dei consumi, come nel caso della logica pull. Il processo logistico del materiale in entrata è rappresentato in Figura 2.3.





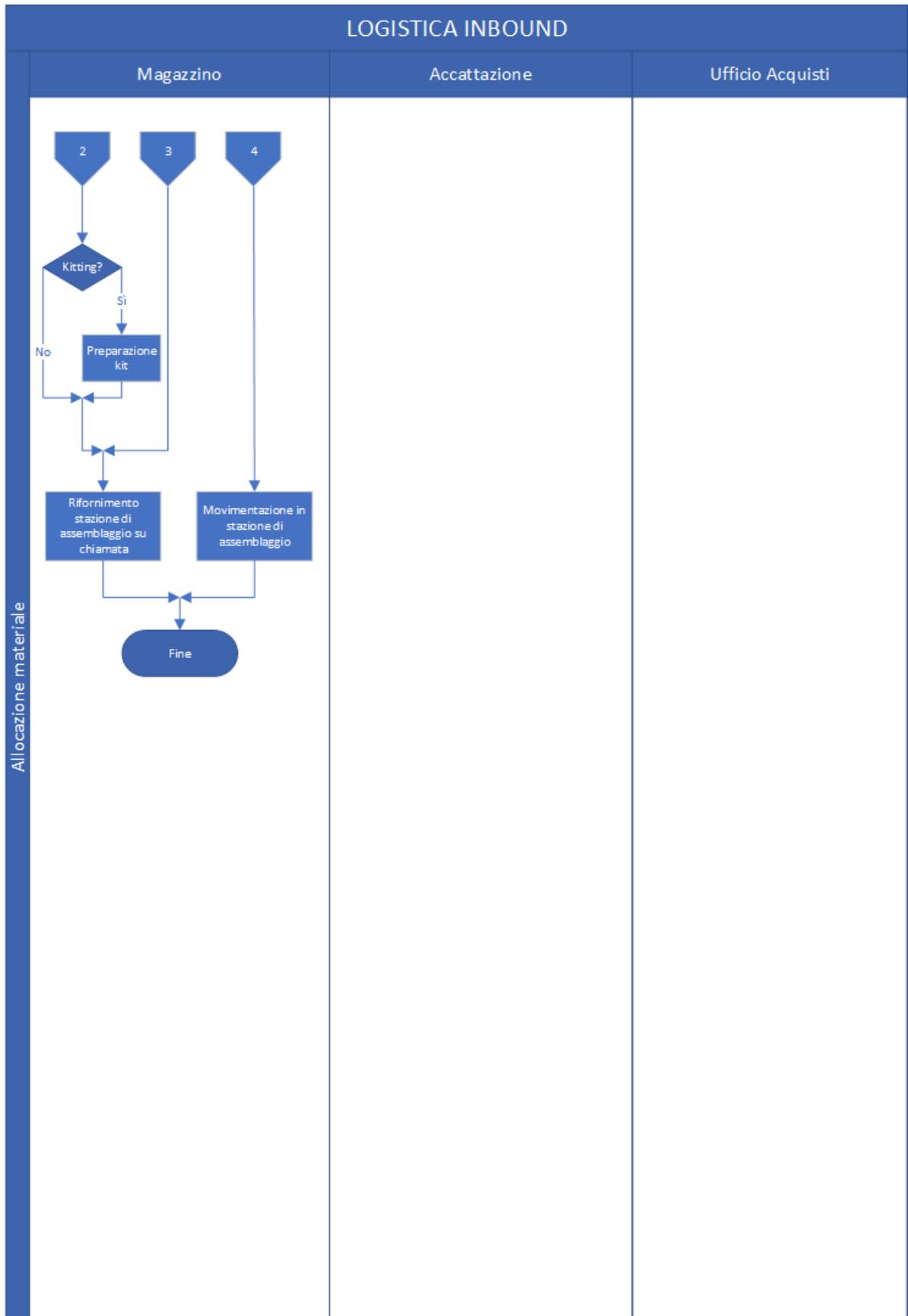


Figura 2.3 Flowchart delle attività del processo di logistica Inbound

Nel momento in cui il mezzo utilizzato per l'approvvigionamento arriva all'impianto OEM, bisogna organizzare il ricevimento della merce. Un volta al cancello, il camion viene registrato e assegnato ad una baia di scarico e, dopo aver firmato il documento di trasporto, si procede allo scarico della merce. Questa viene sottoposta ad un controllo sia della quantità che della qualità da parte del personale del magazzino e, se non sono presenti non conformità, si provvede direttamente a trasmettere il Documento di trasporto all'Ufficio Acquisti. Se, invece, il controllo dà esito negativo, si deve prima segnalare la non conformità all'Ufficio Acquisti che apre la pratica di reclamo. Successivamente si ha la registrazione del Documento di trasporto e, se l'ordine è un ordine chiuso, l'Ufficio Acquisti provvede alla registrazione del pagamento, altrimenti si passa direttamente alla registrazione delle parti nel sistema informativo OEM mediante scansione di codici a barre (Boysen et al., 2014). Se infatti si ha a che fare con un ordine aperto, si riceverà a fine mese la fattura comprensiva di tutti gli ordini ricevuti in quel lasso di tempo, mentre per un ordine chiuso la fattura può essere allegata al Documento di trasporto.

L'impegno degli OEM può essere ridotto se i fornitori consegnano i componenti *Just in Time* (JIT) o *Just in Sequence* (JIS) in modo da ridurre i cicli di consegna. Il JIT è una filosofia industriale che prevede di produrre solo ciò che è stato venduto o che si pensa di vendere nel breve periodo. Il JIS, invece, comporta che i componenti siano consegnati in bidoni già ordinati secondo l'ordine stabilito dalla sequenza di produzione (Boysen et al., 2014). Se il materiale, oltre ad essere JIT, è anche JIS, si ha il trasporto dei pezzi presso la banchina di scarico tramite un nastro trasportatore, a cui segue un controllo sul loro sequenziamento: se la sequenza non è stata rispettata, l'Ufficio Acquisti provvede ad inviare una notifica al fornitore, altrimenti si passa direttamente alla loro movimentazione verso la stazione di assemblaggio. In particolare, nel caso di pezzi JIS il periodo di tempo consentito per lo scarico copre un lasso temporale più ampio e il mezzo di trasporto, a differenza del caso di componenti JIT, possiede una baia di scarico dedicata.

Essendo il sistema JIS molto complesso poiché richiede di far coincidere i flussi produttivi del fornitore con quelli del produttore, generalmente le parti consegnate seguono solamente la logica JIT. In questo caso lo stoccaggio può avvenire secondo due percorsi logistici differenti. Il primo fa riferimento ad un deposito centralizzato

dove le parti vengono conservate e richiede lunghe distanze da percorrere che comportano una consegna poco flessibile (Boysen et al., 2014). Nel secondo percorso, invece, i componenti vengono immagazzinati nel cosiddetto Supermarket, un'area di stoccaggio decentralizzata, posta nelle vicinanze delle stazioni di lavoro che necessitano di quelle specifiche parti. All'interno del Supermarket circolano carrelli a forche o carrelli trainanti sotto forma di treni di rimorchio, costituiti da un piccolo veicolo di rimorchio e da alcuni vagoni. Una volta pervenuta la lista di prelievo generata dalla chiamata di una stazione, si prepara il materiale richiesto e si carica sul carrello che, successivamente, visita ciclicamente le stazioni della linea secondo un programma di scambio vuoto con cassonetti pieni (Bettini et al., 2013). La maggior parte dei problemi che sorgono durante la realizzazione di un Supermarket sono problemi decisionali che riguardano il numero di Supermarket da creare, la loro esatta posizione in officina o l'insieme delle stazioni da rifornire con ogni singolo Supermarket (Boysen et al., 2014). Un esempio di Supermarket è osservabile in Figura 2.4.

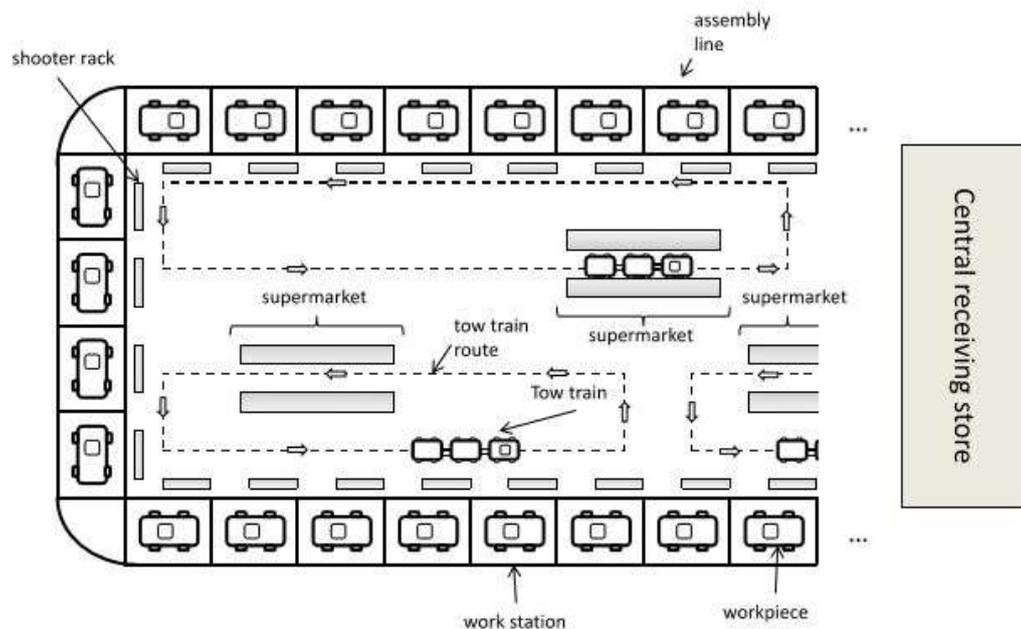


Figura 2.4 Supermarket (Battini et al., 2013)

Nel caso di materiale di consumo di basso valore, come viti e bulloni, il rifornimento avviene all'interno di contenitori e non in base alla sequenza programmata, ma a seguito di un segnale che il kanban elettronico invia automaticamente quando il livello di riempimento del contenitore scende sotto una certa soglia.

Un'alternativa al Supermarket è quella di presentare i componenti alla stazione di assemblaggio singolarmente o sotto forma di kit. L'operazione di kitting prevede che tutte le parti di un articolo vengano recuperate da dove erano state archiviate, preparate se necessario e infine poste all'interno di contenitori progettati per contenere tutte i componenti del kit. La preparazione richiede attività come ad esempio la rimozione dell'imballaggio, il taglio o la piegatura, tutte svolte manualmente, a differenza del kitting che, invece, può essere eseguito da robot (Hua & Johnson, 2010). L'utilizzo di questa alternativa e i relativi contenitori riducono le possibilità di incorrere in errori di installazione visto che l'operatore ha a disposizione tutti le parti di cui necessita. In alcuni casi parti con la stessa funzionalità ma in diverse varianti vengono inseriti in un bidone o kit nella sequenza in cui devono essere recuperati nella stazione di lavoro, in modo che l'addetto all'assemblaggio non perdi tempo per identificare la parte giusta.

Boysen e altri (2014) distinguono tre percorsi logistici in base al mezzo di movimentazione utilizzato:

- Carrelli elevatori, applicabili in vari contesti grazie alla loro capacità di sollevare e movimentare carichi pesanti disposti in pallet e container. Possono avere tre o quattro ruote in base alle esigenze: quelli con tre ruote per le manovre in spazi ridotti, quelli con quattro ruote per il trasporto di merce pesante. Vengono comunque utilizzati all'interno di zone con aree di manovra maggiori rispetto a quelle presenti a bordo linea, come i depositi di logistica o l'area di carico e scarico merci dai mezzi di trasporto. Eppure, a causa della loro limitata capacità di trasporto, i carrelli elevatori vengono spesso sostituiti con mezzi con capacità più elevata come i carrelli trainanti (Boysen et al., 2014). In Figura 2.5 è possibile osservare un esempio di carrello elevatore.



Figura 2.5 Movimentazione di sportelli tramite un carrello a forche (www.autonews.com) [50]

- Carrelli trainanti, costituiti da un tugger, veicolo di rimorchio motorizzato, a cui sono collegati carrelli senza motore che trasportano i bidoni con il materiale. Vengono utilizzati per servire le stazioni di lavoro e hanno un capacità così elevata da riuscire a rifornire diverse stazioni. Si inizia accoppiando i carrelli e riempiendo i cassonetti sulla base delle richieste pervenute dalle varie stazioni, dopodiché il rimorchio parte per consegnare i bidoni pieni alle rispettive stazioni di lavoro e raccogliere quelli vuoti. Alcuni produttori automobilistici hanno totalmente automatizzato il processo di consegna, sostituendo l'operatore umano alla guida del tugger, con veicoli a guida automatica (AGV). I principali problemi decisionali legati a questo percorso riguardano la scelta dell'insieme di stazioni che ogni tugger deve rifornire. L'impossibilità del carrello di eseguire curve strette e le limitate aree di manovra a bordo linea, fanno sì che questi mezzi di movimentazioni prediligano la percorrenza di ampi circuiti. Quindi, per ogni carrello trainante viene determinato un programma di consegne che descrive i tempi di partenza e di ritorno nell'area logistica e l'intervallo di tempo di ogni fermata presso le varie stazioni. Alcuni produttori hanno anche installato dei tabelloni di visualizzazione, simili a quelli delle stazioni di autobus e treni, dove viene mostrato il conto alla rovescia fino all'arrivo del prossimo carrello che

solitamente avviene ogni trenta minuti (Boysen et al., 2014). Infine, per ogni percorso è necessario stabilire anche il numero di parti da caricare in ogni cassonetto in base ai consumi delle varie stazioni. E' possibile osservare un esempio di carrello trainante in Figura 2.6.



Figura 2.6 Movimentazione del materiale all'interno della linea di assemblaggio tramite l'uso di un carrello trainante (www.caranddriver.com) [51]

- Nastro trasportatore/carrello motorizzato, che consegna parti da un magazzino centrale alla linea di assemblaggio. In particolare, nel caso di parti leggere viene utilizzato il nastro, mentre per componenti pesanti o di grandi dimensioni, si utilizzano dei trasportatori fissi motorizzati, guidati da binari posti a terra, come raffigurato in Figura 2.7. La velocità dei mezzi viene stabilita tenendo conto del Takt Time, ossia del ritmo che la produzione deve mantenere per soddisfare la domanda [52], così da far pervenire il componente nel momento in cui la vettura sui cui deve essere installato si presenta nell'area assemblaggio. In questo caso non esistono problemi decisionali riguardanti il programma delle consegne, perché la sequenza di consegna è già stabilita dalla sequenza di produzione. In alcuni casi è proprio la catena di montaggio ad essere utilizzata come mezzo di consegna delle parti, che quindi si muovono sulla stessa linea di trasporto dei veicoli. In questo caso, parti correlate vengono posizionate all'interno di un bidone, il cosiddetto *travelling kit*, che viene installato ai

lati della catena o addirittura all'interno del veicolo, ad esempio nel bagagliaio. A causa di uno spazio molto ristretto sulla catena di montaggio o all'interno del veicolo, vengono utilizzati pochi kit, contenenti piccole parti. Questi bidoni viaggiano lungo la linea e ad ogni stazione l'operatore preleva la parte specifica dal contenitore, che quindi viene utilizzato in più fasi dell'assemblaggio (Boysen et al., 2014). In Figura 2.8 viene mostrato un esempio di movimentazione della plancia verso l'area assemblaggio tramite l'uso di un nastro motorizzato guidato da binari fissati a terra.



Figura 2.7 Carrello motorizzato per carichi ingombranti (www.morellogiovanni.it) [53]



Figura 2.8 Movimentazione della plancia tramite un trasportatore automatico fisso (www.porsche.com)

Prima di procedere all'assemblaggio delle parti in auto, occorre depositare i cassonetti dei materiali su un'area di stoccaggio al lato della catena di montaggio. Il percorso logistico dipende dalle dimensioni delle parti: nel caso di componenti e sottoinsiemi ingombranti, come moduli di cabine di pilotaggio o ruote, viene applicato lo stoccaggio a terra, mentre parti, e quindi bidoni, di piccole dimensioni, come nel caso dei fari, vengono disposte in rack. L'obiettivo è quello di occupare il minor spazio possibile a bordo linea e di ridurre al minimo la distanza che l'operatore deve percorrere per recuperare il materiale. In alcuni casi vengono utilizzati dei rack a flusso di gravità, cioè delle mensole inclinate che vengono rifornite dalla parte posteriore dall'operatore della logistica e vengono svuotate dalla parte anteriore dagli addetti all'assemblaggio. E' possibile rendere questi sistemi automatici, eliminando l'intervento dell'operatore, implementando gli *Shooter flow rack*. Si tratta di carrelli sui quali sono installati vari scaffali a gravità dotati di un sistema a molle che si attiva a seguito di una spinta. Le molle, appena il carrello aggancia lo scaffale, si comprimono e abbassano il sistema di bloccaggio che manteneva il contenitore pieno, che adesso può scorrere verso lo scaffale, mentre il contenitore vuoto, al livello inferiore, scorre verso il carrello (Boysen et al., 2014). Una rappresentazione di tale sistema è rappresentato in Figura 2.9.



Figura 2.9 Shooter rack (www.leanlab.kr) [54]

2.1.3 Assemblaggio

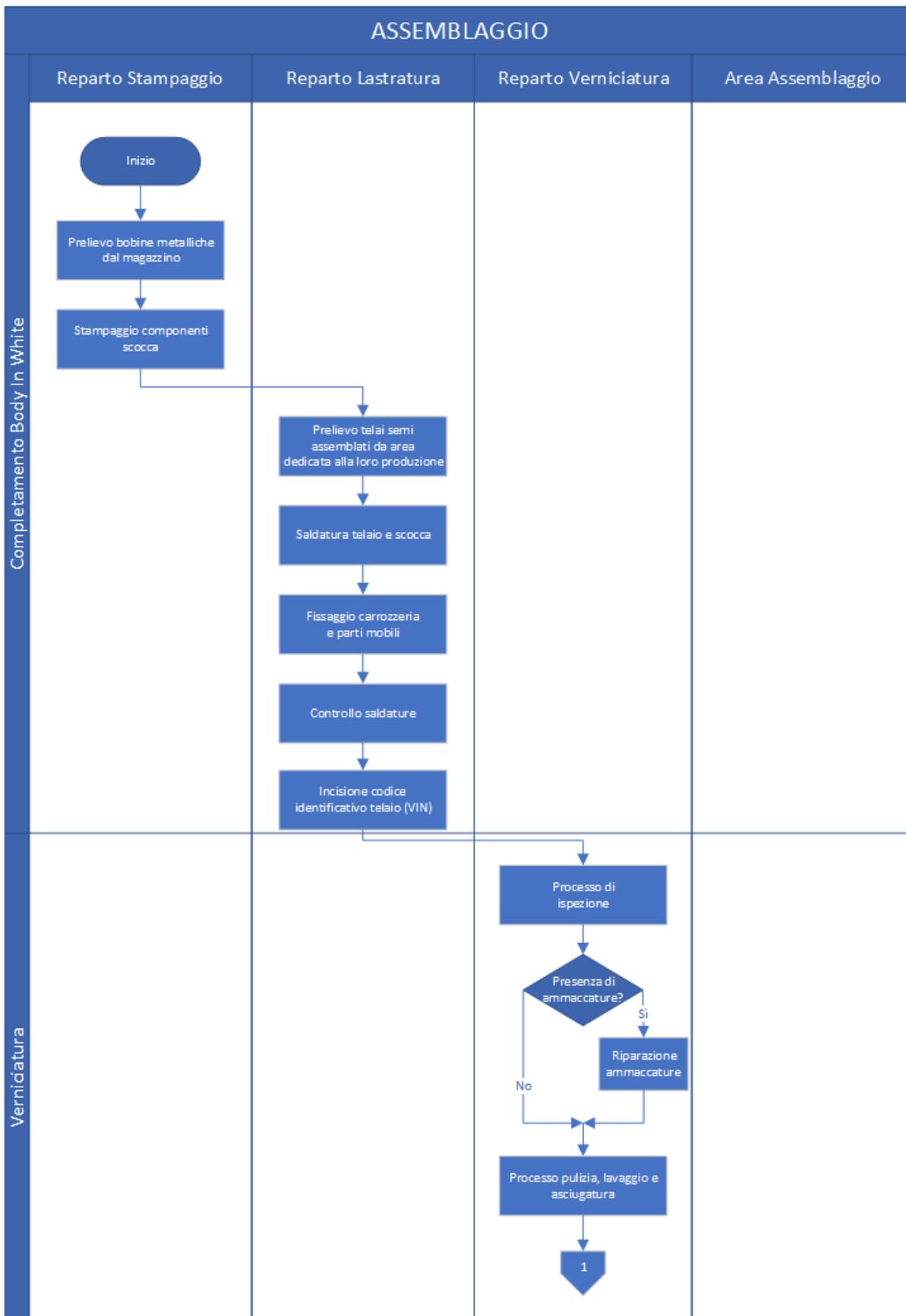
Una volta terminate le attività di approvvigionamento e di rifornimento delle stazioni di lavoro, si procede con il processo di assemblaggio, che rappresenta solo la fase finale dell'intero processo di produzione di un'automobile. Le parti che verranno poi utilizzate per il telaio vengono consegnate in un'area diversa da quella in cui vengono scaricate le parti che compongono il corpo [55].

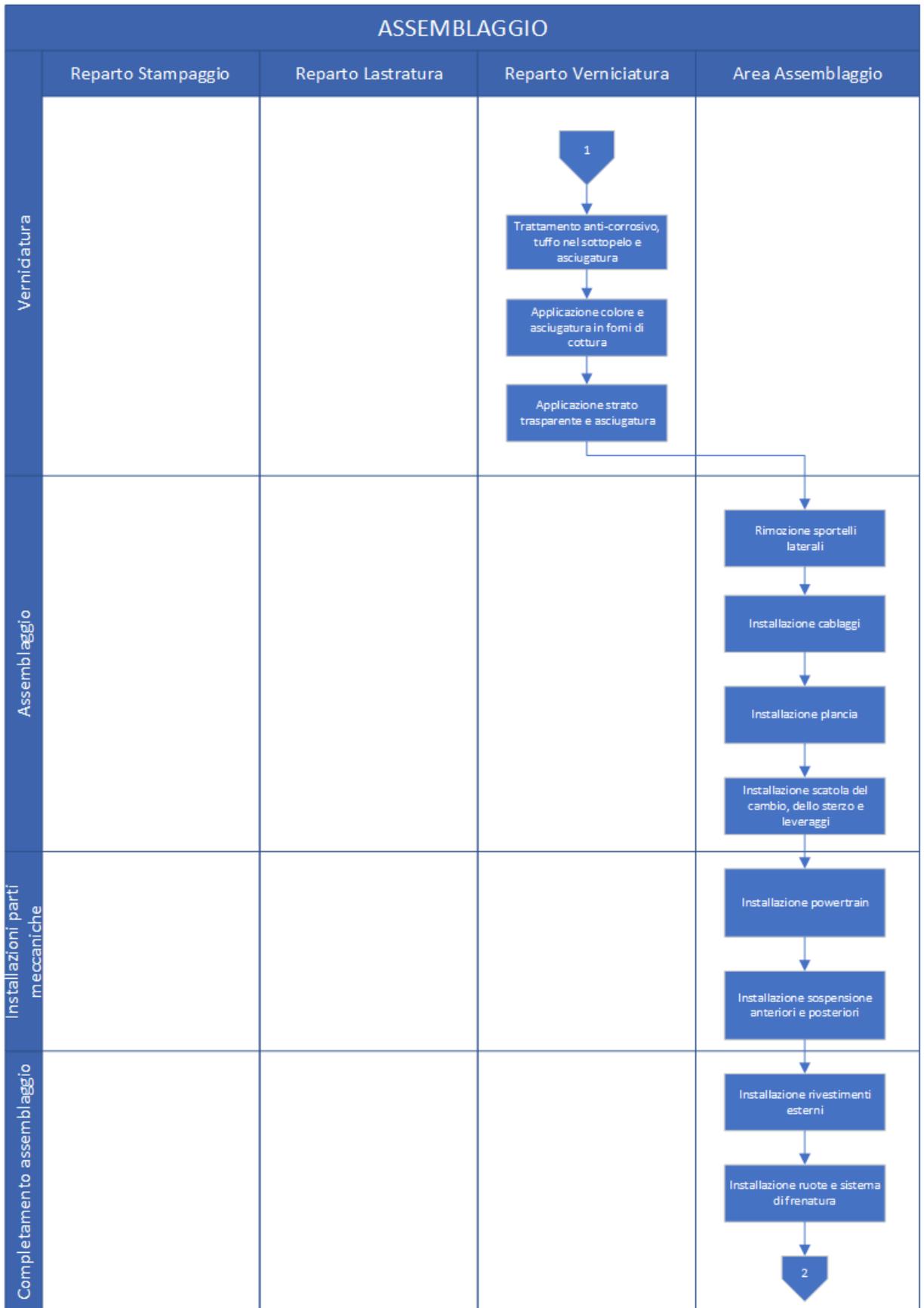
Il costo elevato degli strumenti di fabbrica rende poco conveniente la produzione di modelli nuovi ogni anno. In linea di massima i produttori programmano progetti ex novo su cicli da tre a sei anni, nonostante l'evoluzione delle tecniche di progettazione permetta di ridurre il tempo necessario di almeno il cinquanta per cento. Infatti, mentre in passato erano necessari nuovi strumenti di progettazione, adesso è possibile utilizzare la progettazione assistita da calcolatore (CAD), le simulazioni per effettuare i test e le tecniche di fabbricazione assistita da calcolatore (CAM) [16].

La catena di montaggio lavora con 20-25 lavori all'ora ed è separata dalle operazioni di saldatura e verniciature del *Body in White*. Per tale motivo vengono utilizzati dei buffer intermedi, chiamati *Painted-body-Sorter*, che contengono fino a due giorni di lavorazione e disaccoppiano le varie fasi del processo di produzione.

Il tempo totale di assemblaggio di un'automobile è molto breve se paragonato al tempo totale di consegna dell'ordine: delle 18 settimane medie, infatti, solo 26 ore sono effettivamente impiegate nel processo di assemblaggio (Aoki & Staebelin, 2015).

Il layout di produzione dell'intero ciclo di lavorazioni è generalmente un layout di prodotto, che si sviluppa in modo sequenziale. All'interno di quest'ultimo, inoltre, si configurano diverse attività, tutte rappresentate in Figura 2.10.





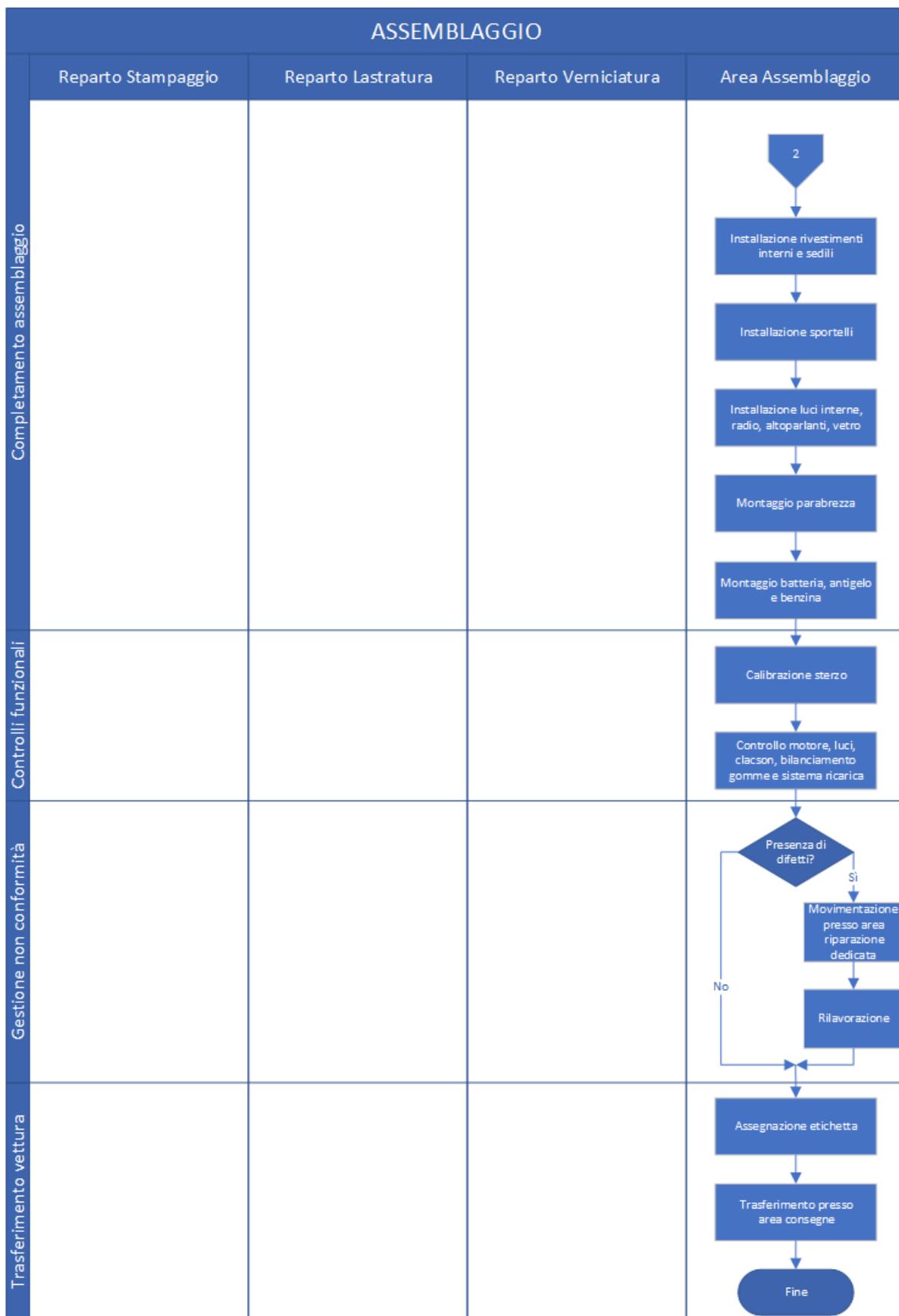


Figura 2.10 Flowchart delle attività del processo di assemblaggio

La prima fase prevede il completamento del *Body in White*, costituito dalle parti strutturali saldate insieme, quello che viene definito il nucleo del veicolo [56]. Si inizia con il prelievo delle bobine metalliche per seguire con lo stampaggio delle parti che formano la scocca, come pannelli, cofano e *floor pans*. Esistono varie operazioni nel processo di stampaggio.

- *Tranciatura*: taglio di lamiere metalliche in pezzi
- *Rifilatura*: taglio del metallo in eccesso
- *Stampaggio*: modellazione delle lamiere nella forma del prodotto
- *Traforazione*: perforazione dei fori necessari
- *Flangiatura*: piegatura di bordi della parte per renderla funzionale, per nascondere i bordi grezzi e per fornire superfici di fissaggio

Per migliorare l'efficienza, lo stampaggio avviene a lotti, anche di grandi dimensioni, così da ridurre al minimo il tempo necessario per cambiare gli stampi, visto che le macchine vengono utilizzate per la produzione di diversi modelli di vetture [57]. Per lo stesso motivo, è stato sviluppato il *Single Minute Exchange of Die* (SMED), una metodologia della Lean Production, volta alla riduzione dei tempi di setup per aumentare la flessibilità. Tale concetto, applicato a tutti gli impianti di produzione, viene messo in pratica ad esempio preriscaldando lo stampo in entrata in parallelo alla rimozione dello stampo in uscita (Gobetto, 2014). Successivamente si passa alla saldatura di centinaia di parti per formare la carrozzeria. Vengono definite due linee di lavorazione: quella di preparazione e sotto assemblaggio e quella principale per il corpo del veicolo. In seguito viene prelevato il telaio dall'area dedicata alla sua costruzione e si salda alle parti metalliche della scocca tramite i montanti dell'abitacolo. Nella quasi totalità delle vetture il telaio rappresenta uno scheletro su cui vengono montati il motore, le ruote, il sistema sterzante, i freni, gli assali, le trasmissioni e le sospensioni, mentre in alcuni modelli di automobili, il telaio e la carrozzeria formano un unico elemento strutturale, chiamato *unit-body*. Il reparto lastratura è caratterizzato da un'elevata automazione: gran parte delle operazioni di saldatura, infatti, vengono eseguite da robot. Al corpo costituito da telaio e scocca vengono poi installate la carrozzeria e le parti mobili per completare il *Body in*

White, che, dopo un controllo saldature, viene identificato tramite un codice identificativo applicato sulla parte posteriore del longherone del telaio. Sebbene i robot aiutino a posizionare queste componenti, i lavoratori sono necessari per imbullonare le parti utilizzando strumenti ad assistenza pneumatica. Successivamente il corpo passa al reparto verniciatura dove, prima di essere verniciato, viene sottoposto ad un processo di ispezione: la scocca del veicolo passa attraverso una stanza bianca illuminata, dove viene pulita con panni imbevuti di un olio, che, sotto le luci, consente agli ispettori di scoprire eventuali difetti. In caso di ammaccature o altre imperfezioni, si provvede alla loro riparazione. In seguito si passa alla stazione di pulizia dove il veicolo viene ripulito dall'olio residuo e asciugato. Terminato il processo di pulizia, sul guscio viene effettuato un trattamento anticorrosione, per poi passare attraverso un tuffo nel sottopelo: un primer elettrostatico, chiamato *E-coat*, a cui aderisce lo strato superiore di vernice colorata. Successivamente il guscio viene nuovamente asciugato in una cabina per poi passare alla verniciatura finale. In gran parte degli impianti automobilistici la verniciatura avviene a spruzzo ed è eseguita da robot programmati per applicare il corretto quantitativo di vernice, alle aree giuste e per il giusto periodo di tempo [55]. Per garantire un'applicazione uniforme della vernice e la copertura delle parti difficili da raggiungere, viene utilizzata l'elettrodeposizione, un processo in cui la vernice nebulizzata viene caricata elettrostaticamente e viene attratta da un'alta tensione [16]. A seguito dell'applicazione dello strato di vernice, il veicolo viene asciugato all'interno di forni di cottura per accelerare il processo di asciugatura, per poi passare all'applicazione dello strato trasparente [55]. A questo punto la scocca procede verso l'area di assemblaggio dove, per facilitare le operazioni, le informazioni di montaggio relative al codice del veicolo, vengono memorizzate all'interno di un supporto, elettronico o cartaceo, che può essere scansionato ad ogni attività di assemblaggio. Al momento della scansione viene mostrata l'anagrafica del veicolo e i rispettivi requisiti di assemblaggio come le opzioni scelte dal cliente. Per prima cosa si ha la rimozione degli sportelli laterali per facilitare il montaggio delle parti sul veicolo, dopodiché si inizia con l'installazione dei cablaggi e della plancia, che arriva all'OEM già pronta per essere installata, visto che le operazioni di assemblaggio vengono svolte dal fornitore di primo livello che la consegna sotto forma di modulo. Nella stazione di

lavoro successiva si provvede al montaggio della scatola del cambio, dello sterzo e dei rispettivi leveraggi, per poi passare all'installazione del powertrain, ottenuto dal previo assemblaggio del blocco motore e dei suoi componenti (l'alimentazione, l'acceleratore, il sistema di raffreddamento, l'impianto di scarico, l'accensione, la batteria, ecc.), della trasmissione (compresi la frizione, il cambio, il differenziale, l'albero di trasmissione, i giunti, ecc.) e degli organi finali quali ruote motrici, cingoli ed eliche [58]. Per il gruppo motopropulsore, il sistema di movimentazione del veicolo si trova in posizione sopraelevata per facilitarne l'installazione. Il montaggio delle parti meccaniche termina con l'installazione delle sospensioni anteriori e posteriori. Segue il completamento dell'assemblaggio che inizia con l'installazione dei rivestimenti esterni e in questa fase il sistema di movimentazione avanza in modo discontinuo e ruota attorno al proprio asse per ridurre lo sforzo degli operatori nelle diverse operazioni (Gobetto, 2014). Dopo le ruote e il sistema di frenatura, vengono montati i rivestimenti interni e i sedili, gli sportelli e i particolari interni quali luci, radio, altoparlanti e vetro ad eccezione del parabrezza. Per l'assemblaggio delle parti all'interno dell'abitacolo, il veicolo ritorna ad una movimentazione continua ed all'altezza degli operatori per agevolare il lavoro, che viene facilitato anche dall'utilizzo di robot che prelevano le parti e le trasportano al veicolo. Successivamente, dei robot dotati di ventose estraggono il parabrezza dall'imballaggio con cui è stato spedito, vi applicano un cordone di sigillante sul bordo e lo montano sul telaio. Una volta inseriti la batteria, l'antigelo e la benzina, l'automobile è in grado di muoversi autonomamente per raggiungere un checkpoint fuori dalla linea dove viene effettuata la calibrazione dello sterzo e vengono controllate il motore, le luci, il clacson, il bilanciamento delle gomme e il sistema di ricarica. Eventuali difetti riscontrati richiedono che il veicolo venga portato presso un'area di riparazione [55]. terminate le fasi di verifica, l'automobile viene trasferita presso l'area consegna da dove verrà prelevata per la successiva spedizione.

Gobetto (2014) mostra una produttività oraria media di 60/80 vetture l'ora durante la prima fase di assemblaggio fino al termine dell'installazione delle parti meccaniche, dove gran parte del lavoro viene svolto dai robot, mentre la produttività scende a 30/40 vetture l'ora nella fase a valle che invece è quasi totalmente manuale, e per tale motivo suggerisce una duplicazione della fase finale così da raddoppiare la

produttività totale. Relativamente al flusso libero di informazioni, nelle attività di controllo del veicolo, il livello di trasparenza dei dati è piuttosto basso (Herrmann et al., 2015).

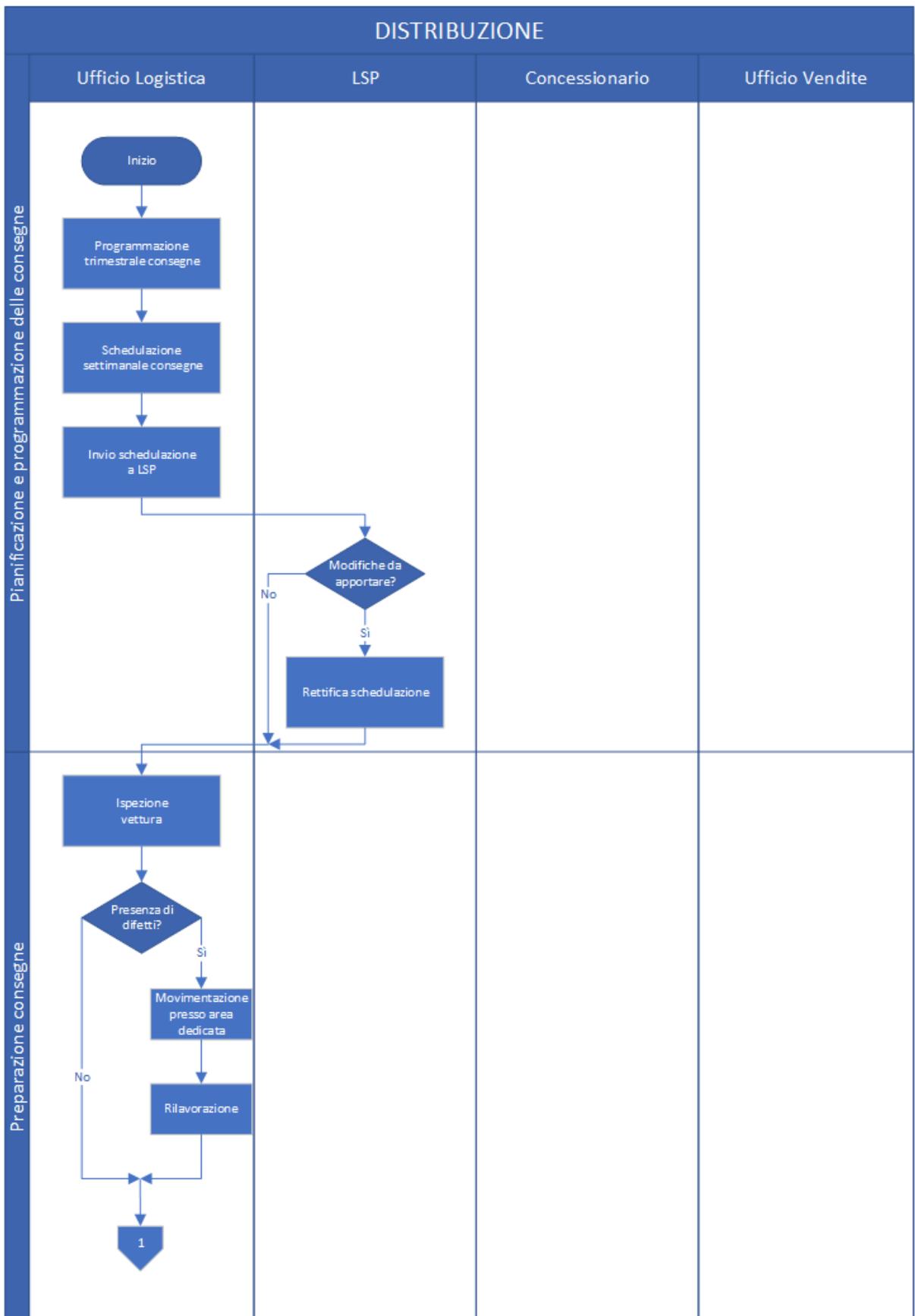
2.1.4 Distribuzione

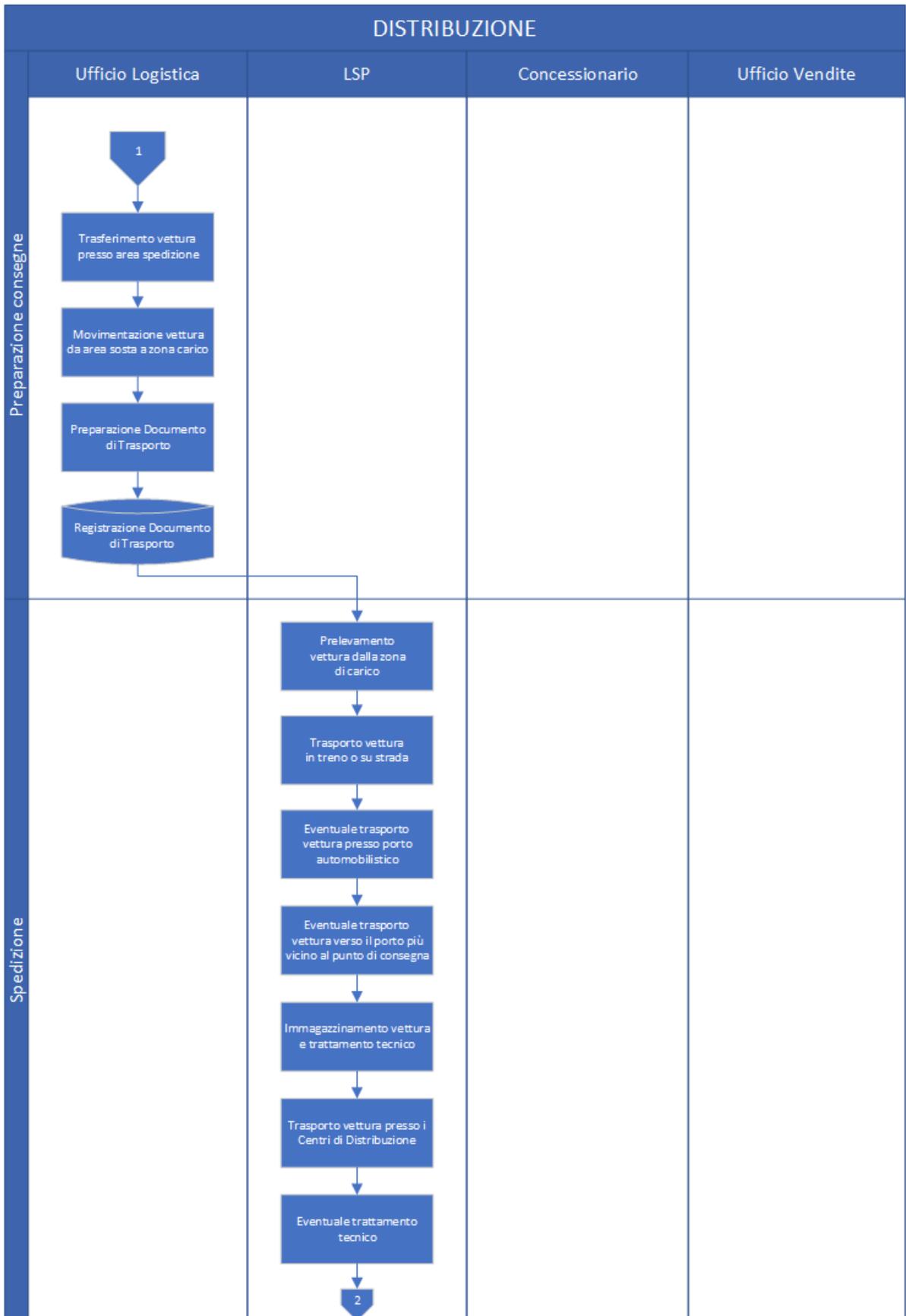
La funzione del processo di distribuzione è consegnare i veicoli ai concessionari rispettando le scadenze stabilite al momento dell'ordinazione. Si tratta di un processo orientato al cliente e partecipa direttamente al tempo di consegna complessivo.

Nell'ambito della logistica nel settore automobilistico non è stato svolto molto lavoro di ricerca per valutare l'impatto ambientale di questa fase del ciclo di vita del veicolo. La scelta di mezzi di trasporto meno inquinanti è dettata solamente da un risparmio economico. Tra i vari mezzi ci sono le navi per il trasporto delle automobili da un continente all'altro, i treni per le lunghe distanze e, in Germania, le chiatte per la movimentazione nei porti o nei canali. Quest'ultime, sebbene caratterizzate da un basso impatto ambientale, vengono scelte soprattutto per una questione economica. Nonostante ciò, il processo di distribuzione continua ad avere un peso elevato, circa il 30%, sul costo totale delle automobili. A seguito della globalizzazione la logistica in uscita è diventata ancora più complessa, dal momento che gli impianti produttivi e i clienti sono sparsi in tutto il mondo (Werthmann et al., 2013). La consegna dei veicoli è stata eliminata dalle operazioni tradizionali compiute dall'OEM per essere, adesso, una funzione esternalizzata. Le società di logistica diventano proprietarie delle automobili durante il periodo di trasporto (Holweg & Miemczyk, 2002). Herrmann e altri (2015) identificano tre attori nel processo di distribuzione:

- OEM, a cui compete la preparazione dei veicoli per il ritiro presso i propri stabilimenti. In particolare fanno parte dell'OEM anche l'Ufficio Logistica, che gestisce i contratti con i partner a valle e segue la vettura dall'uscita dalla stazione dei controlli alla sua partenza, e l'Ufficio Vendite che si occupa della fatturazione.
- Logistics Service Provider (LSP), che si occupa delle automobili durante il trasporto e della gestione dei centri logistici.
- Dealers o concessionari, che rappresentano l'interfaccia con il cliente.

Il processo logistico di distribuzione è rappresentato in Figura 2.11.





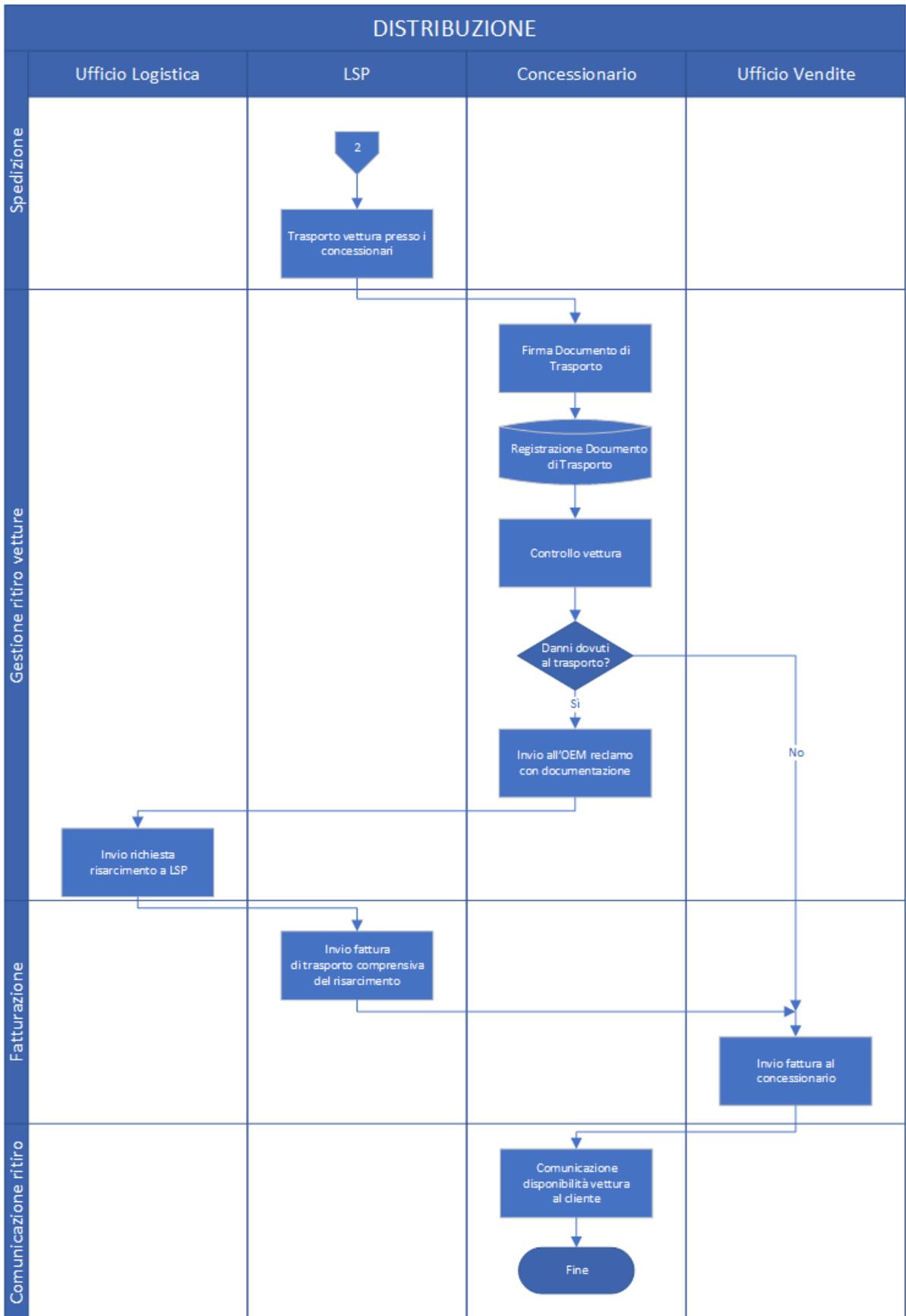


Figura 2.11 Flowchart delle attività del processo di distribuzione

La pianificazione delle consegne delle vetture richiede la preparazione di programmi di consegna che migliorino il trasporto nel rispetto dei termini concordati con i concessionari, e di conseguenza con i clienti. A questo scopo l'OEM stila una programmazione trimestrale delle consegne, ripartita in schedulazioni settimanali aggiornate settimanalmente, così da fornire un'previsione di medio termine che l'LSP può utilizzare per organizzare le spedizioni (Holweg & Miemczyk, 2002).

A seguito delle attività di pianificazione e programmazione, si ha la preparazione delle consegne che inizia con l'attività di ispezione: in presenza di difetti si movimentata il veicolo presso l'area dedicata alla rilavorazione e si correggono gli errori. Successivamente la vettura, in grado di muoversi sulle sue ruote, viene guidata da un operatore in un parcheggio dedicato presso l'area spedizioni dove rimane fino a poco prima dell'orario di spedizione. In base al programma di consegna, le auto vengono prelevate e portate nella zona di carico dove attenderanno il mezzo di trasporto assegnato. Non appena l'OEM, in particolare l'Ufficio Logistica, emette il documento di trasporto, l'LSP preleva i veicoli che adesso diventano di sua proprietà (Holweg & Miemczyk, 2002). In base alla destinazione del veicolo il trasporto può avvenire su rotaie, quindi in treno, o su strada, tramite bisarche. Nel caso di trasporti oltre oceano le vetture vengono portate presso il porto automobilistico, dove vengono caricate su navi e trasportate presso il porto automobilistico più vicino alla destinazione. Una volta scaricati i veicoli si procede con l'immagazzinamento e il trattamento tecnico che può essere un'ispezione pre-consegna (PDI) oppure un lavaggio per rimuovere la ceratura. In seguito i veicoli vengono trasportati su strada fino ai Centri di Distribuzione dove possono essere sottoposti ad un altro trattamento tecnico. Il sotto processo di spedizione si conclude con il trasporto dei veicoli su camion presso i concessionari. I vari servizi descritti possono essere svolti un LSP o da diversi. In quest'ultimo caso, alla consegna delle vetture da un LSP all'altro, esse vengono sempre controllate per identificare eventuali danni e imputarli all'LSP responsabile (Werthmann, 2013). Sia presso i Centri regionali, sia presso eventuali magazzini intermedi, non vi è comunicazione all'OEM riguardo lo stato di avanzamento dei veicoli, né alcun sistema di localizzazione che ne consente la tracciabilità. Una volta consegnate le automobili, il concessionario firma e registra il documento di trasporto, e controlla la presenza di eventuali non conformità. In caso

di presenza di danni, si provvede a inviare un reclamo con relativa documentazione all'OEM, che a sua volta invia una richiesta di risarcimento all'LSP responsabile. Successivamente l'LSP invia la fattura di trasporto all'Ufficio Vendite dell'OEM che provvede ad inviarla al concessionario. Il processo si conclude con quest'ultimo che comunica al cliente la disponibilità della vettura.

Punti critici di questo processo sono l'impossibilità di conoscere istante per istante la posizione del veicolo e l'eccessivo tempo richiesto per il trasporto della vettura dall'OEM al concessionario. Un ricerca condotta nel Regno Unito dimostra che un veicolo aspetta 0,9 giorni nello stabilimento di produzione prima di essere caricato su un mezzo di trasporto e 3,8 giorni in viaggio. In realtà, il tempo necessario effettivo per il trasporto è inferiore a 24 ore e in totale, il tempo sprecato in attività del processo di distribuzione che non aggiungono valore è di 9 giorni (Suthikarnnarunai, 2008).

CAPITOLO 3

APPLICAZIONE DELLA BLOCKCHAIN AI PROCESSI DELLA SUPPLY CHAIN AUTOMOTIVE

L'obiettivo di questo capitolo è analizzare l'attuale livello di applicazione della tecnologia Blockchain nei processi descritti nel Capitolo 2. Partendo dalla descrizione delle debolezze che caratterizzano la Supply Chain nel settore Automotive, verrà svolta un'analisi sia delle applicazioni Blockchain esistenti per individuare i casi d'uso più promettenti, sia delle attività che potrebbero essere oggetto di implementazioni Blockchain future, con lo scopo di trovare una soluzione alle criticità discusse.

3.1 Criticità della Supply Chain nell'Automotive

Il diffondersi di una produzione prevalentemente Build-to-Order e non più basata sulle previsioni, ha comportato una maggiore necessità di flessibilità. Negli ultimi anni ci si è concentrati sul miglioramento della flessibilità interna, cioè quella relativa alla produzione, mentre la Supply Chain nel complesso non ha registrato considerevoli miglioramenti da questo punto di vista (Cucchietti, 2017).

Se nel capitolo precedente sono stati descritti i vari processi coinvolti nel funzionamento della Supply Chain, adesso verranno analizzate le relative criticità, scaturite da un'analisi svolta da Cucchietti (2017).

In ambito informatico, visto il proliferare di tecnologie volte alla condivisione in rete di dati e informazioni, si è diffusa una sempre maggiore preoccupazione per la sicurezza della privacy degli utenti. Tuttavia, lo scambio di informazioni tra i vari attori risulta indispensabile, poiché una condivisione attenta, soprattutto avente per

oggetto i dati relativi alla domanda, porta ad una riduzione dell'Effetto Bullwhip, che verrà descritto nel Paragrafo 3.1.1, e a benefici in merito alla movimentazione delle merci, sia all'interno che all'esterno dell'azienda. In questo contesto, le tecnologie, tramite sistemi di sensoristica o di identificazione automatica, o semi, vengono utilizzate come sostegno alle risorse umane per ottenere una tracciabilità quasi in tempo reale.

Uno dei punti deboli delle Supply Chain moderne che coinvolge tutti gli attori interessati è l'affidabilità delle informazioni. Questo concetto può avere diverse interpretazioni in base all'attore interessato. Per l'azienda, ad esempio, si traduce nel possedere dati sicuri in merito alla reale posizione, quantità e caratteristiche dei beni presenti in magazzino. Per il cliente, invece, avere a disposizione dati affidabili contribuisce alla garanzia della provenienza dei prodotti, per quanto riguarda la riduzione della contraffazione e dei rischi per la salute e il rispetto e la tutela dell'ambiente (Virone 2020).

3.1.1 Effetto Bullwhip

In una Supply Chain complessa come quella del settore Automotive, l'effetto Bullwhip è inevitabile, dato l'elevato numero di fornitori a monte e di clienti a valle rispetto allo stabilimento di assemblaggio, via via sempre più lontani dallo stesso. Il termine inglese Bullwhip Effect viene tradotto in italiano come effetto frusta o effetto Forrester, in onore di Jay Wright Forrester, professore del "Massachusetts Institute of Technology" di Boston, che analizzando l'andamento della domanda, degli ordini e delle scorte di un sistema di imprese, notò un effetto di amplificazione della domanda a seguito del trasferimento degli ordini dagli attori più a valle a quelli più a monte [59].

Con Effetto Bullwhip, infatti, ci si riferisce all'amplificazione della variabilità domanda che si ripercuote lungo tutta la catena di distribuzione.

Questa amplificazione è sempre più ampia a mano a mano che ci si sposta da valle a monte e per tale motivo viene utilizzato anche il termine effetto frusta: l'oscillazione cresce allontanandosi via via che ci si allontana dalla mano che la impugna. In particolare, la mano rappresenta i clienti finali, mentre l'estremità della frusta sono, ad esempio, gli impianti di produzione. L'origine di tale effetto è da ricondursi

all'abitudine dei vari attori della catena di utilizzare come indicatore del livello di domanda i dati messi a disposizione dall'attore subito a monte, piuttosto che basarsi sul cliente finale. La distorsione della domanda, però, non è l'unica causa, ma a questa si aggiunge la propensione degli attori di ottimizzare solo il proprio livello senza avere una visione globale della Supply Chain [60].

I fattori che accrescono l'effetto Bullwhip sono essenzialmente lo scambio insufficiente di informazioni tra i vari partecipanti della catena di approvvigionamento e l'assente visibilità sui livelli di inventario e di domanda dei vari attori più a monte o più a valle.

Se i rapporti tra fornitori di primo livello e OEM sono già consolidati e ciò ha fatto diminuire parzialmente l'effetto, lo stesso non si può dire per i fornitori di livelli superiori, visto che a monte della catena vi è poca visibilità della domanda finale.

La diffusione di una produzione basata sulla logica Pull ha ridotto le scorte dei fornitori di primo livello, ma solo in parte, visto che la sequenza di produzione, nel caso di consegne JIS, o l'istante di consegna delle parti, nel caso di JIT, sono comunicate solamente una settimana prima la data definitiva di produzione. In queste condizioni i fornitori si trovano in una posizione di svantaggio, in quanto costretti a produrre sulla base del piano di produzione a medio termine dell'OEM. Quindi il problema risulta essere la bassa affidabilità della programmazione a causa delle numerose modifiche e gli elevati tempi di elaborazione.

Non appena un ordine entra nell'Order Bank, viene destinato ad una specifica settimana di produzione e ad un determinato stabilimento, nel caso in cui siano disponibili più stabilimenti per quella vettura (Holweg & Jones, 2001). Il punto critico è rappresentato dai lunghi tempi di esecuzione di questa attività che è pari a circa 15 giorni, che, insieme ai 7 richiesti per la definizione della sequenza di produzione e agli 8 necessari per la presa in carico dell'ordine a partire dall'Order Bank, danno un totale di 30 giorni (Suthikarnnarunai, 2008). La distorsione della domanda va ricondotta anche agli attori a valle della Supply Chain a causa della parte di ordini basata sulle previsioni dei concessionari. In questo caso, infatti, il costo dell'inventario e i relativi costi di magazzino sono a carico del venditore, dato che è l'attore che genera gli ordini. A questo punto i concessionari sono portati ad incentivare l'acquisto delle automobili attraverso sconti e promozioni. Questa

tendenza è la prima causa di distorsione della domanda poiché tali vendite con margine ridotto vanno ad alterare le previsioni future. Le vendite spinte da promozioni, infatti, non rappresentano la domanda reale, ma una domanda condizionata da prezzi influenzati dalle stesse promozioni.

3.1.2 Flusso informativo tra soggetti diversi

Tra le varie attività della Supply Chain un punto critico è rappresentato dal passaggio di informazioni da e verso gli attori esterni all'OEM. Lo scambio limitato di informazioni, però, non incide direttamente sulle attività aziendali, ma implica un deficit per quanto riguarda l'efficienza e spesso anche l'efficacia.

All'interno della Supply Chain, le attività di rettifica e invio di documenti vengono eseguite ancora via e-mail, data la mancata integrazione tra i sistemi informativi delle varie aziende coinvolte. In alcuni casi anche le operazioni di gestione delle urgenze e dei solleciti, a causa della mancanza di un canale di comunicazione diretto dedicato, avvengono sfruttando mezzi tradizionali come fax, telefono o mail, causando la perdita di memoria delle modifiche richieste.

A causa dell'eventualità di commettere errori in fase di trascrizione, la circolazione cartacea di informazioni tra i vari anelli della catena rischia di vanificare la precisione e l'affidabilità delle stesse. Inoltre, questa modalità di passaggio dei dati, porta ad uno scenario caratterizzato da assenza di sincronizzazione e dati non aggiornati.

La gestione manuale e paper-based del lavoro non è attualmente un fenomeno marginale. Secondo i dati del 2017, nel Regno Unito ogni risorsa dedica a tali operazioni circa 55 ore settimanali. A queste si aggiungono le 39 destinate alla risoluzione di errori, le 23 richieste per rispondere alle esigenze dei fornitori e le 5 necessarie per l'adeguamento delle fatture (Vyas et al., 2019).

La società di consulenza Ernst & Young, all'interno del report *How blockchain is revolutionizing supply chain management*, redatto nel 2017 e pubblicato all'interno della rivista D!gitalist, ha sintetizzato la mancanza di una completa digitalizzazione con la frase "Oceans of digital data, but only islands of useful information" (Brody, 2017).

Nelle imprese che stanno attraversando il periodo di passaggio da dati cartacei a dati digitali, il problema più significativo che si riscontra è la mancanza di integrazione tra i diversi dati digitalizzati. Solitamente l'archiviazione dei dati in formato digitale è un processo discreto. A titolo chiarificatore si pensi alla movimentazione di un pacco: in assenza di un sistema di tracciabilità in tempo reale, realizzabile tramite GPS, si avrebbe la possibilità di conoscere solamente l'istante di spedizione e di arrivo a destinazione, non avendo notizie delle dinamiche intercorse tra i due istanti di tempo.

3.1.3 Tracciabilità

Un problema che nel tempo molte aziende hanno riscontrato è l'impossibilità di avere a disposizione informazioni in tempo reale. Nel momento in cui arriva del materiale, questo viene registrato su database aziendali e non su sistemi condivisi, visibili alle parti interessate. La tracciabilità delle parti, sia che siano montate direttamente presso l'OEM che presso i centri di riparazione come parte di ricambio, non utilizza un sistema autenticato, ma si basa solamente sulla verifica delle fatture di acquisto dei vari componenti. La stessa situazione si presenta anche in ambito informativo dove ancora non si dispone di un database condiviso che consenta di risalire ai componenti installati e alla loro posizione. Lo stesso accade quando le vetture lasciano lo stabilimento di produzione: non si ha, infatti, la possibilità di conoscere istante per istante la loro posizione perché, anche in questo caso, non si dispone di database condivisi, ma l'LSP che ha in carico le vetture si limita a registrarne i movimenti su registri interni.

Tutti i dati, da quelli che riguardano le giacenze di magazzino a quelli che concernono lo stato delle spedizioni, generalmente sono aggiornati al giorno precedente, poiché i sistemi di gestione sfruttano la notte per eseguire il backup e l'aggiornamento dei dati che vengono inseriti o modificati durante il giorno. Questa prassi ha come conseguenza l'asincronia e il disallineamento tra i vari attori e stadi della catena, così come la necessità di comunicazioni verbali tra le parti e il temporaneo salvataggio delle informazioni in locale, operazioni soggette a probabili errori ed inesattezze.

L'ambiente sempre più dinamico in cui lavorano le Supply Chain di oggi spinge le aziende ad una maggiore flessibilità e non è accettabile disporre di dati aggiornati al giorno precedente, ma sono necessari dati in tempo reale.

La tracciabilità diventa importante anche in merito alla prevenzione, ad esempio per richiamare lotti rivelati non conformi. Nel settore automobilistico è significativo il caso degli airbag della casa Takata, azienda giapponese produttrice di componentistica. Molte persone, infatti, sono decedute per un difetto di fabbricazione e per il conseguente rischio di esplosione della parte, e ciò ha portato, secondo i dati della US National Highways Traffic Safety Administration (Nhtsa), al ritiro dal mercato di 41,6 milioni di vetture divisi tra undici case automobilistiche, quali General Motors, Ford e Toyota [61].

La situazione non sembra migliorare, data la crescente tendenza al taglio dei costi. Il richiamo dei prodotti può essere molto gravoso in termini economici, poiché, se non si riesce ad individuare i veicoli esatti da ritirare o comunque difettosi, è necessario sovracompensare per salvaguardare la salute dei consumatori, cioè avvertire tutti i proprietari di determinati modelli che dovranno portare le auto a riparare. I costi associati a questa procedura sono enormi e, sulla base di uno studio portato avanti dal gruppo assicuratore Allianz, il valore medio dei grandi sinistri da richiamo è pari a €10.7M [62].

Secondo i dati della società Statista, le parti più soggette a richiamo nel 2016 sono state gli airbag e le cinture di sicurezza [63]. Non si hanno notizie sulla sostituzione di altre parti perché le case automobilistiche si focalizzano sul richiamo di pezzi relativi alla sicurezza.

3.1.4 Credibilità dei dati

Lo scopo dei sistemi che pongono fine al problema descritto precedentemente è la possibilità di avere l'esatta conoscenza dell'on-hand inventory, condizione che porta a svariati benefici per le imprese. Prima di tutto verrebbero limitate le attività di riallineamento tra magazzino virtuale e magazzino fisico, chiamate reconciliation. Queste sono generalmente effettuate sistematicamente, ad intervalli di tempo tanto più piccoli quanto più l'azienda si basa su una gestione manuale o ha un basso grado di digitalizzazione.

Il miglioramento delle informazioni in merito ai livelli di inventory dà la possibilità di ridurre anche gli sprechi, grazie al monitoraggio dettagliato della conservabilità degli articoli deperibili o ad alto rischio di obsolescenza. Per le imprese che hanno a disposizione più magazzini o negozi, la precisione delle condizioni dello stock è fondamentale per facilitare lo *shifting* orizzontale, cioè lo spostamento di beni tra le varie sedi, in modo da bilanciare i livelli di inventory e soddisfare gli ordini del cliente con un minor tempo di risposta.

L'affidabilità dei dati è un aspetto molto importante anche per il governo. Il motivo è che in questo modo si riescono ad avere dati certi e reali sull'operato delle imprese, per controllarne la condotta da un punto di vista legale e per verificare l'esattezza dei dati dichiarati all'erario. Visto l'elevato numero di imprese presenti sul territorio, risulta molto difficile svolgere tale attività dettagliatamente. Malgrado l'operato della Guardia di Finanza, che nel 2018 ha portato ad un recupero di 19,2 miliardi di euro, si ritiene che l'evasione fiscale sia un fenomeno particolarmente diffuso, soprattutto tra le grandi aziende, dove si è stimato un livello di evasione sedici volte maggiore rispetto alle piccole medie imprese [64]. Tra le principali frodi riscontrate si rilevano compensazioni indebite, frodi doganali e frodi carosello, cioè passaggi di merce tra aziende di stati differenti allo scopo di evadere l'IVA.

La possibilità di consultare un registro dove le transazioni e i trasferimenti di materiale realizzati da un'impresa vengono archiviati in modo permanente ed immutabile, porta alla semplificazione e velocizzazione delle attività di monitoraggio e controllo, oltre a contribuire alla lotta all'evasione. Audit frequenti e precisi potrebbero giovare alle imprese non solo sotto il profilo etico, ma anche da un punto di vista finanziario. In questo modo, infatti, visto il lavoro effettuato dalle istituzioni governative, le banche e in generale gli istituti di credito avrebbero a disposizione dati certi e affidabili che verrebbero utilizzati come indice della stabilità e della solidità dell'impresa al fine della valutazione del merito creditizio. Questa situazione porterebbe sia ad un aumento della possibilità di concedere prestiti e finanziamenti alle imprese, sia ad una riduzione delle fee associate.

3.1.5 Autenticità delle informazioni

L'assenza di un sistema automatico per la verifica delle movimentazioni, insieme all'impiego di tecnologie tradizionali per mantenere a sistema le informazioni, fanno sì che il flusso informativo lungo la catena di approvvigionamento sia vulnerabile. La registrazione di dati su database centralizzati offre la possibilità di modificare, senza consenso, le informazioni che quindi non vengono convalidate pubblicamente prima di essere salvate. A ciò si aggiunge il fatto che l'assenza di un registro condiviso sicuro costringe le parti coinvolte a duplicare nei propri sistemi ogni transazione, aumentando la difficoltà di accesso alle informazioni e il loro tempo di gestione. Come detto precedentemente, infatti, durante il processo di distribuzione dei veicoli, i dati relativi al passaggio dei documenti e alle fatture sono tenuti nei registri interni dell'LSP, quindi su canali separati, riducendo, così, la possibilità di consultazione da parte degli altri attori coinvolti.

3.1.6 Sicurezza e privacy

La direttiva UE 2016/1148, emanata dal parlamento europeo nel luglio 2016, tratta delle “misure per un livello comune elevato di sicurezza delle reti e dei sistemi informativi dell'Unione” [65]. Nonostante la natura non vincolante delle direttive comportamentali, a fine 2018, l'Italia ha stilato una lista di aziende italiane, definite OSE (Operatori di Servizi Essenziali), obbligate al rispetto dei modelli di cybersecurity descritti. Gli OSE sono aziende, sia pubbliche che private, che assicurano i servizi fondamentali per i cittadini, come acqua, luce, gas, telecomunicazioni, banche e trasporti e che quindi lavorano con dati sensibili per la sicurezza del Paese. I nomi delle aziende non sono stati pubblicati per motivi di privacy, soprattutto per quanto riguarda le imprese medio-piccole che, a causa dei minori livelli di sicurezza, risultano più facili da attaccare [66]. Secondo il rendiconto del Clusit sulla Sicurezza dell'ICT in Italia [67], si possono distinguere quattro categorie di attacchi hacker:

- Cybercrime, “attività criminali effettuate mediante l’uso di strumenti informatici”. Si tratta della categoria più corposa, dato che riunisce più dei tre quarti degli attacchi.
- Espionage/Sabotage, “attività di spionaggio effettuate mediante l’uso di tecniche informatiche illecite”.
- Hacktivism, “azioni, compresi attacchi informatici, effettuate per finalità politiche o sociali”.
- Information warfare, “insieme di tecniche di raccolta, elaborazione, gestione, diffusione delle informazioni, per ottenere un vantaggio in campo militare, politico, economico”.

Le tipologie di attacco più ripetute sono l’uso di *malware* e il *phishing*.

Un esempio di malware è il *ransomware*: dopo aver ricevuto l’attacco, l’utente non ha più la possibilità di accedere al dispositivo e alle informazioni contenute, che risulteranno criptate. Spesso per rimuovere le limitazioni di accesso al dispositivo infetto viene richiesto un riscatto [68]. Il *phishing*, invece, è un tipo di frode effettuata su internet attraverso la quale, un truffatore si finge un ente affidabile e convince l’utente a fornire informazioni sensibili, codici di accesso o dati finanziati, non solo personali, ma anche aziendali [69]. Con il tempo le motivazioni dietro gli attacchi informatici tendono a modificarsi. Grazie alla crescente regolamentazione da parte dei governi, episodi come l’estorsione e la truffa tenderanno a diminuire gradualmente e ad essere sostituiti con la manipolazione dell’opinione pubblica. L’interesse per l’opinione pubblica scaturisce dal fatto che l’immagine del brand rimane macchiata agli occhi dei consumatori anche nel caso in cui sia dimostrato che dietro al fatto incriminato ci sia l’attacco di un hacker. La situazione appare delicata, poiché potrebbe essere pregiudicata la sicurezza delle informazioni sia aziendali che personali. La crescente tendenza alla digitalizzazione, tramite dispositivi come Google Home o Amazon Echo, peggiora il fenomeno. Il rischio che si teme è il *cloud weaponization*, che si concretizza con l’hacker che individua un primo punto di accesso nell’infrastruttura cloud dell’utente dal quale estendere l’attacco agli altri dispositivi.

Per questo motivi, risulta di fondamentale importanza per la sicurezza dei dati

aziendali un sistema di *cybersecurity* efficiente e complesso, cioè un insieme di tecniche mirate alla protezione degli asset. A tale scopo è necessaria un'accurata formazione dei dipendenti che devono comprendere che la sicurezza delle rete può essere minata anche solamente da un download di un file o dall'apertura di una e-mail di phishing. Un ottimo sistema di *cybersecurity* e una completa formazione dei dipendenti generano la *cyber resilience* aziendale, o meglio il grado di resistenza preventiva e di recupero ad eventuali attacchi esterni dell'organizzazione.

3.1.7 Assemblaggio

I punti critici del processo di assemblaggio non interessano le varie attività coinvolte nella realizzazione del veicolo, pienamente ottimizzate dal punto di vista produttivo e logistico. Le uniche difficoltà si riscontrano in fase di riconoscimento dei veicoli all'entrata delle stazioni, poiché l'attività viene svolta tramite operazioni manuali, non sfruttando le diffuse tecnologie di identificazione automatica di cui al Capitolo 1. Per di più alcune operazioni che non apportano valore al prodotto finale, come il reperimento delle attrezzature e dei componenti da installare, vengono ancora svolte dall'uomo senza l'ausilio dei sistemi automatici, quali ad esempio i robot, che vengono già utilizzati in operazioni con carichi elevati. Dall'altro lato ci sono poi attività svolte da macchine automatiche, ma che non vengono monitorate in maniera efficace, in quanto non si ha l'opportunità di un controllo da remoto.

3.1.8 Distribuzione

Parlando di visibilità il processo più problematico è la distribuzione. Mentre le attività del processo di assemblaggio seguono una sequenza ben definita, lo stesso non accade all'uscita dalla linea di assemblaggio. Sebbene le consegne, come gli approvvigionamenti, vengano pianificate ed eseguite in automatico da un software specifico, per la preparazione dei veicoli nelle aree di spedizione le cose cambiano. Accade, infatti, che alcune vetture debbano sostare in aree di controllo o rilavorazione per un tempo più lungo rispetto ad altre o che non vi sia spazio a sufficienza nelle aree di consegna, inducendo i veicoli a sostare in zone intermedie, prive di una precisa logica di allocazione. L'assenza di dispositivi di localizzazione

automatica fa in modo che l'individuazione avvenga ancora manualmente. Una conseguenza di ciò è il fatto che la disponibilità dei veicoli pronti viene notificata all'LSP solo poco tempo prima del loro ritiro, generando un punto cieco di riconoscimento che va dal momento in cui escono dalla linea di assemblaggio fino a quando vengono portate nell'area di preparazione alla spedizione. In questo caso, l'LSP conoscerà lo stato del veicolo da prelevare solo quando arriverà nei pressi dell'area di spedizione e quindi sarà costretto ad avere orari più flessibili per il ritiro dei veicoli. A questo si aggiunge il fatto che non vengono ancora utilizzati dei dispositivi che permettano di conoscere lo stato dei veicoli in viaggio verso i venditori e, di conseguenza, risulta impossibile conoscere con precisione la data di consegna.

3.1.9 Prodotto contraffatto

Nel 2017 in un'irruzione ad Abu Dhabi, sono statequisite più di 500.000 parti contraffatte che avrebbero dovuto raggiungere l'Australia, per un totale di circa 5,4 milioni di dollari [70]. La contraffazione è una pratica che colpisce gravemente sia il mercato delle parti originali (OEM) che il mercato libero dei pezzi di ricambio (IAM, Independent Aftermarket). I componenti maggiormente oggetto di questa attività sono, ad esempio, filtri, candele, candele, cinture di sicurezza, batterie, pastiglie e dischi dei freni, parabrezza, tergicristalli e perfino oli e lubrificanti [71]. L'originalità delle parti montate sull'automobile è indispensabile per la sicurezza delle vetture visto che i componenti contraffatti non rispettano gli standard di qualità. La contraffazione ha effetti anche dal punto di vista finanziario poiché la sovrapproduzione e il commercio di parti non originali portano ingenti perdite agli OEM. Diversi attori, quindi, subiscono le conseguenze della contraffazione: gli acquirenti vengono colpiti perché le parti contraffatte non hanno le prestazioni attese, mentre i produttori vengono colpiti da un danno di immagine perché non si riesce a distinguere un componente originale da uno di basse qualità. A ciò si aggiunge il fatto che in caso di incidente causato da una parte contraffatta, le assicurazioni possono non assumersi la responsabilità e quindi non rimborsare i danni. Si stima che le perdite globali degli OEM potrebbero raggiungere il 45 miliardi di dollari nel 2021 [72]. La contraffazione trova terreno fertile nelle aziende con scarsa visibilità.

Solamente pochi produttori sono capaci di vedere uno o due step a monte, mentre la maggior parte non ha visibilità oltre il fornitore immediato [73].

3.1.10 Trusted Third Part

Un qualsiasi rapporto tra due soggetti rende indispensabile la presenza di fiducia tra le parti. In assenza di una conoscenza diretta, vi è sempre quel velo di diffidenza che porta a non fidarsi totalmente della controparte. Per questo motivo diventa fondamentale rivolgersi ad un terzo soggetto che si assuma il compito di assicurare la correttezza e la sicurezza della transazione, chiamato Trusted Third Party (TTP). Rivolgersi ad una TTP prevede, però, il pagamento di un costo di intermediazione, denominato fee, e l'impossibilità di svolgere una transazione in maniera immediata, dati i lunghi tempi richiesti per motivazioni burocratiche e operative. Con l'obiettivo di moderare l'ammontare delle fee e ridurre i tempi necessari dovuti al ricorso agli intermediari, si è passati all'utilizzo degli *smart-contract*. Questi, assicurando automatismi nell'esecuzione e non dando spazio a controversie dovute a diverse interpretazioni, si sono rivelati ideali per ambienti, come le Supply Chain, in cui non si può sempre garantire un rapporto fiduciario tra i diversi partecipanti.

3.1.11 Double inventory

La Blockchain Technology nasce con l'obiettivo di bypassare gli intermediari, assicurando allo stesso tempo una transazione sicura, quindi l'eliminazione del rischio di *double spending*. Dall'altro lato, l'applicazione di tale tecnologia come sussidio ai processi interni lungo la Supply Chain, è spinta anche dal rischio del *double inventory*. Con le tradizionali modalità di gestione, infatti, è solito avere un disallineamento delle informazioni a disposizione dei vari attori della catena. Tale situazione si verifica, ad esempio, durante il processo di spedizione della merce tra i vari soggetti della filiera in un'azienda mediamente digitalizzata. L'impresa A invia degli articoli all'impresa B, la quale riceverà, e inoltrerà al proprio reparto di logistica inbound, anche un'e-mail con il pdf del documento di trasporto (ddt). È normale che, anche nel caso migliore in cui queste operazioni vengano svolte immediatamente, non si può evitare un gap temporale tra i momenti in cui i vari

attori ricevono gli aggiornamenti né un disallineamento tra il magazzino virtuale e il magazzino fisico. La simultanea presenza di molteplici copie degli stessi file e documenti, seppur con diversi gradi di aggiornamento delle informazioni, ha portato la società di consulenza Accenture a definire questa situazione con il termine *hall of mirrors* [74].

Con la Blockchain Technology si ha la possibilità di risolvere questo problema, dato che ogni updating, relativo alla variazione dello stato o delle proprietà della merce, è immediatamente consultabile da tutti i nodi autorizzati ad accedere al registro distribuito. In ogni momento ogni attore ha a disposizione lo stesso grado di conoscenza, sulla base del concetto *you see what I see*.

3.2 Panoramica della Blockchain

Negli ultimi anni il Supply Chain Management ha assunto sempre più importanza, dato che una più efficiente gestione della catena di fornitura garantisce una maggiore redditività ed una migliore esperienza per il cliente. Il SCM viene, quindi, ricopre non solo un ruolo operativo, ma anche strategico: infatti, mettendo in atto le opportune strategie le aziende possono arrivare a ricoprire posizioni competitive e acquisire vantaggio rispetto ai concorrenti.

Tuttavia, la reazione delle grandi aziende all'arrivo di una nuova tecnologia potenzialmente dirompente è sempre un fattore delicato. Prendendo spunto dal fallimento di grandi aziende come Nokia, si è diffusa la consapevolezza che è meglio abbracciare le nuove scoperte, piuttosto che essere sostituiti da nuovi entranti innovativi. Per tale ragione, e per ottimizzare le proprie catene di fornitura, le aziende stanno investendo in nuove tecnologie, che, una volta sviluppate, vengono analizzate per trovarne una possibile applicazione nel SCM.

La tecnologia Blockchain rappresenta la prova inconfutabile di come l'economia e la società stiano evolvendo da dieci anni a questa parte. Ci si trova all'interno di una realtà in cui, come afferma il sociologo Manuel Castells, "le attività sono organizzate intorno a reti di informazioni elaborate elettronicamente", una rete digitale, quindi, caratterizzata da tutte le applicazioni basate sui registri distribuiti che permettono il

trasferimento di asset, senza la necessità di fiducia tra le parti e di entità centrali [75]. La Blockchain, in particolare, è ancora in fase di sviluppo, ma grazie agli incoraggianti effetti attesi a seguito della sua applicazione, numerose aziende stanno già lavorando a progetti pilota. Non tutte le aziende hanno raggiunto lo stesso livello di applicazione: infatti, solo quelle caratterizzate da un'ampia vena innovativa e che possiedono le risorse necessarie sono già in fase di realizzazione dei prodotti.

Partendo dai risultati ottenuti da una ricerca dell'Osservatorio Blockchain e Distributed Ledger, si possono ottenere informazioni in merito agli investimenti dei diversi stati, ai progetti di sperimentazioni avviati e all'interesse per i vari settori [75].

Ancora oggi la tecnologia Blockchain non sembra aver trovato ancora grande diffusione, ma continua a suscitare un forte interesse in attori che investono in questa tecnologia, come osservabile in Figura 3.1: dei 158 progetti implementativi del 2019, 47 risultano essere operativi, 43 in fase di sperimentazione e 68 *proof of concept* [75].



Figura 3.1 Applicazioni internazionali (www.intesa.it)

Dal punto di vista geografico, Asia ed Europa, con 143 e 128 casi rispettivamente, sono i continenti più attivi, mentre, per quanto riguarda i Paesi, sul podio salgono Stati Uniti, Corea del Sud e Cina, come rappresentato in Figura 3.2. In Europa, invece, al primo posto di trova il Regno Unito, con 17 casi, seguito dall'Italia e dalla Russia, con 16 casi [75].

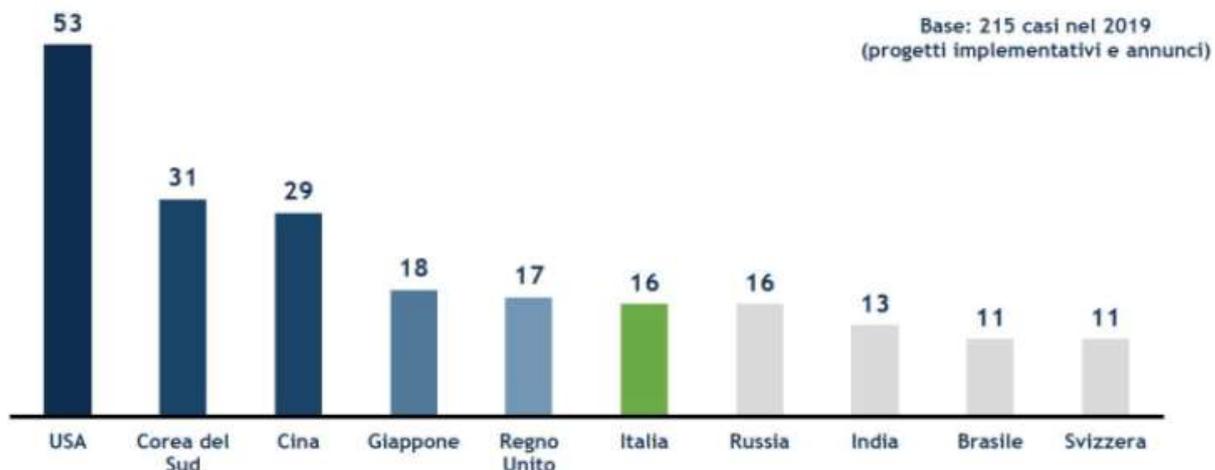


Figura 3.2 Casi per Paese (www.intesa.it)

In Figura 3.2 è possibile notare che l'Italia rientra nella top ten per i progetti Blockchain nel 2019, affermandosi come una delle realtà in cui la tecnologia ha grandi prospettive di sviluppo.

Nel 2019, infatti, in Italia gli investimenti sono aumentati del 100% per un totale di 30 milioni di euro. Di questi, il 40% è rappresentato dai settori finanziario e assicurativo che ripongono maggiori aspettative nella Blockchain [75].

Partendo da un'indagine svolta da Intesa (Gruppo IBM), avente per oggetto 75 aziende italiane, emerge che il 45% del campione ha avviato delle sperimentazioni, mentre il 55% è ancora agli albori. Ciò è dovuto soprattutto alla difficoltà nell'individuare i benefici ottenibili, nel 51% dei casi, e alla difficoltà nello sviluppare competenze, nel 49% [75].

Come mostrato in Figura 3.1, nel 2018 si è registrato il maggiore tasso di crescita annuale avuto fino ad oggi. Per comprendere meglio come i vari settori si sono approcciati alla Blockchain, in Figura 3.3 sono mostrate le varie fasi di sviluppo della tecnologia nei diversi settori nel 2018.

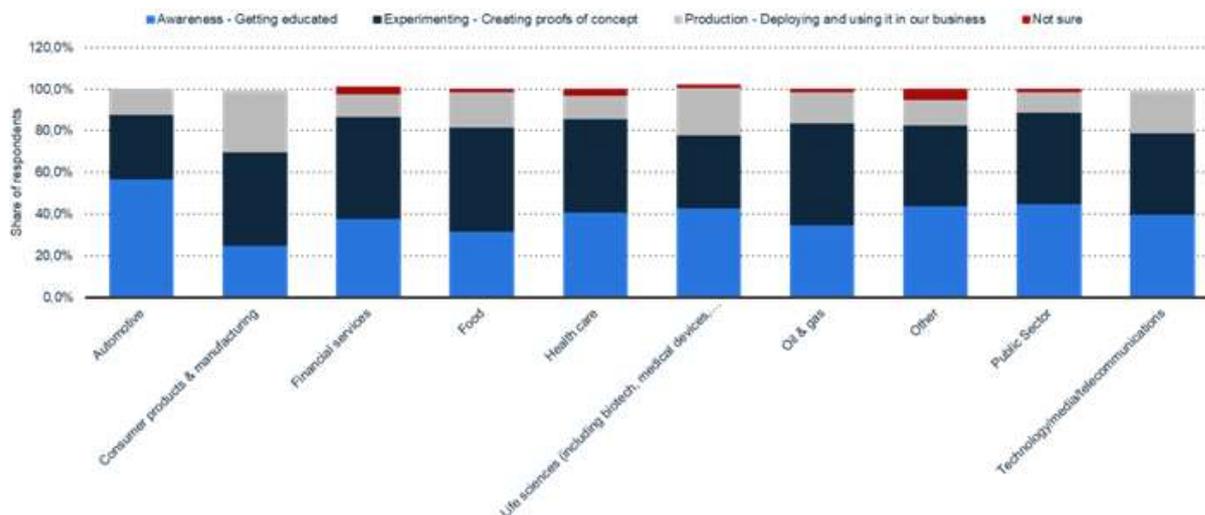


Figura 3.3 Applicazione Blockchain per settori (Statista, 2018)

Dalla Figura 3.3 si evince che alcuni settori, quali il manifatturiero, l'alimentazione, l'olio e gas o il *life sciences*, hanno raggiunto una fase di adozione più avanzata: circa il 20% degli intervistati dichiara di distribuire già prodotti che utilizzano la Blockchain Technology. In generale, tutti i settori hanno compreso i reali benefici che la tecnologia può portare e quindi stanno iniziando perlomeno ad informarsi sulle sue possibili applicazioni. Analizzando in particolare il settore Automotive, quasi il 60% degli intervistati è ancora nella fase iniziale, più del 20% dichiara di trovarsi nella fase delle verifiche teoriche, mentre solo una piccola parte ha già sviluppato prodotti che utilizzano la Blockchain.

Grazie ad un'analisi effettuata dall'Osservatorio, avente per oggetto 158 progetti implementativi, è possibile avere notizie sulle aziende più attive, sui settori più coinvolti e sui processi interessati nel 2019.

Per quanto riguarda le prime, le più attive sono le Banche, le Pubbliche Amministrazioni e gli attori del mondo agroalimentare.

In merito ai settori, i progetti implementativi interessano maggiormente il settore finanziario con 67 casi, le pubbliche amministrazioni con 25, la logistica con 11, come osservabile in Figura 3.4 [75].

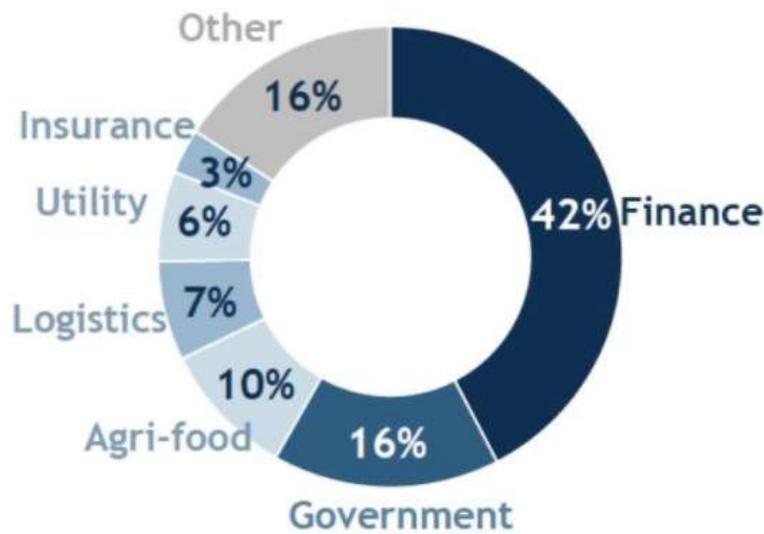


Figura 3.4 Applicazioni Blockchain per settori 2019 (www.intesa.it)

Per quanto riguarda i processi coinvolti, invece, 44 progetti implementativi sono stati registrati relativamente alla gestione dei pagamenti, 42 riguardano la gestione documentale, mentre 31 interessano la gestione della Supply Chain, come rappresentato in figura 3.5 [75].

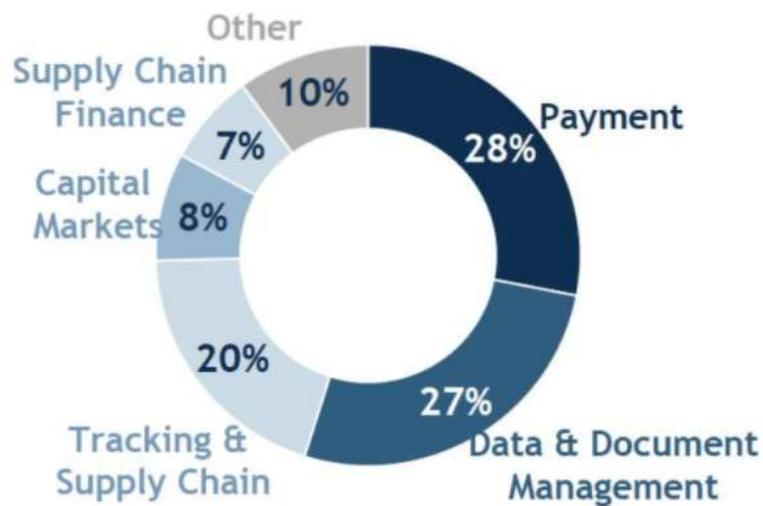


Figura 3.5 Applicazioni Blockchain per processi 2019 (www.intesa.it)

Da un punto di vista prettamente operativo, l'adozione di questa tecnologia non porta significativi miglioramenti, in termini di efficienza, rispetto ai sistemi di dati centralizzati, ma, anzi, richiedono una maggiore potenza di calcolo. Uno dei benefici portati si concretizza nella capacità di risolvere problemi di fiducia e visibilità in Supply Chain sempre più complesse. Nelle reti di produzione e fornitura costituite da pochi attori, la condivisione di dati e informazioni finanziarie si basa su un rapporto di fiducia instaurato tra le parti coinvolte. Oggi, invece, con reti sempre più complesse, spesso i soggetti non si conoscono tra loro e non hanno accesso a dati e informazioni della controparte. In questo caso la fiducia viene utilizzata la Blockchain come mezzo per costruire la fiducia (Maneriwalla et al., 2018). È possibile stimare l'efficacia delle applicazioni Blockchain sulla base dell'importanza dell'automazione e della fiducia. La tecnologia in questione risulta più adatta quando i valori di fiducia e automazione sono elevati, come mostrato in Figura 3.6.

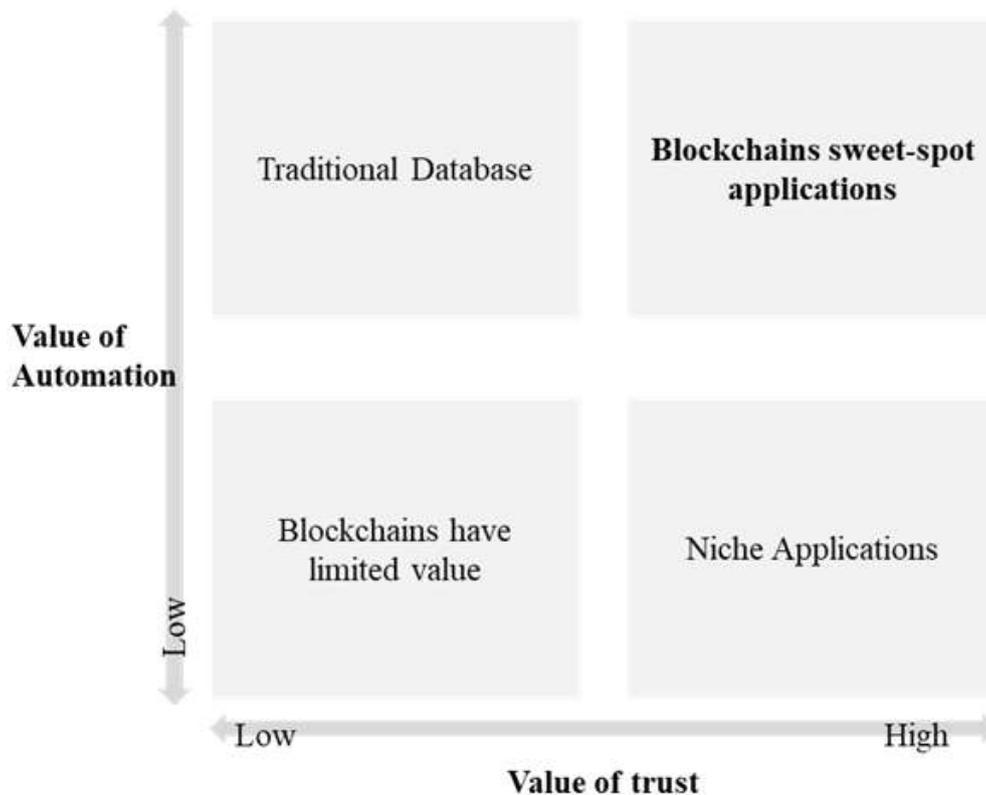


Figura 3.6 Fattori chiave della Blockchain (Ceretti, 2020)

Le ragioni che portano le aziende ad adottare soluzioni basate sulla Blockchain sono varie.

I sistemi che utilizzano questa tecnologia permettono di individuare nei vari processi i colli di bottiglia, arrecanti ritardi o problemi, poiché i dati inseriti nel libro mastro non possono essere modificati e sono consultabili in qualsiasi momento. Successivamente, quindi, stabilire con quali azioni risolvere i problemi diventa meno difficile e dispendioso. Inoltre, le aziende si adegua più facilmente all'ambiente intorno in continuo cambiamento, divenendo flessibili e adattabili alle varie richieste. Parallelamente, l'utilizzo di sistemi Blockchain garantisce una migliore visibilità delle varie fasi e ciò permette di registrare una riduzione dei costi. La possibilità di monitorare giornalmente i risultati dei fornitori consente di eliminare gli intermediari che eseguono le revisioni.

Un'altra ragione riguarda l'enorme quantità di documenti che le aziende devono gestire per movimentare le merci in tutto il mondo. Con la Blockchain le approvazioni, le interazioni o i flussi di comunicazione possono essere svolte sul libro mastro, ottenendo, addirittura, maggiore velocità e minori costi. Per di più, i documenti caricati nel sistema non possono essere manomessi, eliminando anche il rischi relativi alla sicurezza informatica.

Un modo per sfruttare appieno la trasparenza all'interno della Supply Chain, garantita dalla Blockchain, è la cooperazione tra diversi attori. Per tale motivo, molte aziende hanno pensato di formare dei consorzi [76], come la Global Shipping Business Network, creata da nove soggetti tra trasportatori, operatori e fornitori, per migliorare la digitalizzazione, la trasparenza, la velocità e la collaborazione.

Una Supply Chain moderna coinvolge vari attori e numerosi flussi riguardanti pagamenti, finanziamenti, passaggio di documenti e movimentazione fisica delle parti. Vista la complessità, diverse start-up si stanno occupando di risolvere i vari problemi in termini di qualità, costi e redditività che si presentano lungo la filiera. L'obiettivo è creare un processo più scorrevole utilizzando la tecnologia Blockchain.

3.2.1 Raccolta di dati

Allo scopo di cogliere al meglio come la tecnologia si è sviluppata tra le diverse aziende e i vari settori, Ceretti (2020) ha svolto un'analisi delle realtà implementate fino ad oggi. Lo studio ha coinvolto circa cento casi d'uso di aziende e start-up, descritte nella trattazione *Development of a framework to guide enterprises in the evaluation of Blockchain based solutions for their supply chain* di Ceretti, che hanno messo in pratica soluzioni basate sulla Blockchain per la loro Supply Chain.

Il raggruppamento dei casi d'uso in categorie specifiche non è stato facile poiché alcune start-up, trovandosi ancora nella fase iniziale di sviluppo, non erano focalizzate su una specifica applicazione, ma più che altro su un problema specifico, come ad esempio la tracciabilità.

Le start-up che, invece, si trovano in una fase più avanzata hanno già concretizzato soluzioni per diversi settori e per questo motivo è stata effettuata una classificazione in: alimentare, sanitario, trasporti e logistica, energia e minerali, difesa e Automotive, altri settori.

Le soluzioni vengono classificate anche in base al campo di applicazione e si distinguono in “tracciabilità”, “Supply Chain Finance” e “miglioramento delle operazioni” .

Per tracciabilità si intendono tutte le attività volte a migliorare la visibilità dei processi, quindi ad aumentarne la trasparenza, tramite la digitalizzazione e permettendo alle imprese di tracciare la merce per scovare eventuali parti contraffatte. In questi casi la Blockchain viene affiancata da altre tecnologie, come sensori, Internet of Things, cloud e database.

Nella Supply Chain Finance sono comprese quelle attività volte a migliorare la redditività dei soggetti interessati al processo.

Infine, il campo “miglioramento delle operazioni” comprende i casi d'uso che mirano a ottimizzare alcune attività all'interno delle Supply Chain.

È possibile riassumere le criticità di ognuna delle tre applicazioni

Tracciabilità:

- Registrazione e conservazione dei dati
- Pacchetto di informazioni
- Tracciamento dei prodotti
- Previsioni

Supply Chain Finance

- Ottimizzazione degli investimenti
- Esecuzione di pagamenti più fluidi ai fornitori

Miglioramento delle operazioni

- Monitoraggio dei processi
- Ponte tra fornitori e partner tramite la piattaforma
- Aumento della cooperazione all'interno della Supply Chain per una migliore gestione degli ordini e dell'inventario.

Importanti aziende come Volkswagen o Danone hanno creato delle divisioni interne con lo scopo di acquisire, investire o collaborare con le start-up. Le aziende più piccole, invece, hanno strutture diverse e non sono nemmeno a conoscenza di quali start-up che stanno creando soluzioni che potrebbero migliorare le loro operazioni.

Nel pacchetto di dati raccolti, la maggior parte interessa il settore alimentare, dei trasporti e la sanità, mentre solamente due riguardano il settore Automotive. In Tabella 3.1 è possibile osservare la suddivisione dei progetti tra i vari settori.

Food and Agriculture	35%
Healthcare and Life science	17%
Transportation and Logistics	15%
Defence and Automotive	4%
Energy and Minerals	5%
Retail	4%
Other Sectors	21%

Tabella 3.1 Risultato dell'analisi dei casi d'uso (Ceretti, 2020)

Una rappresentazione di più facile comprensione è mostrata in Figura 3.7.

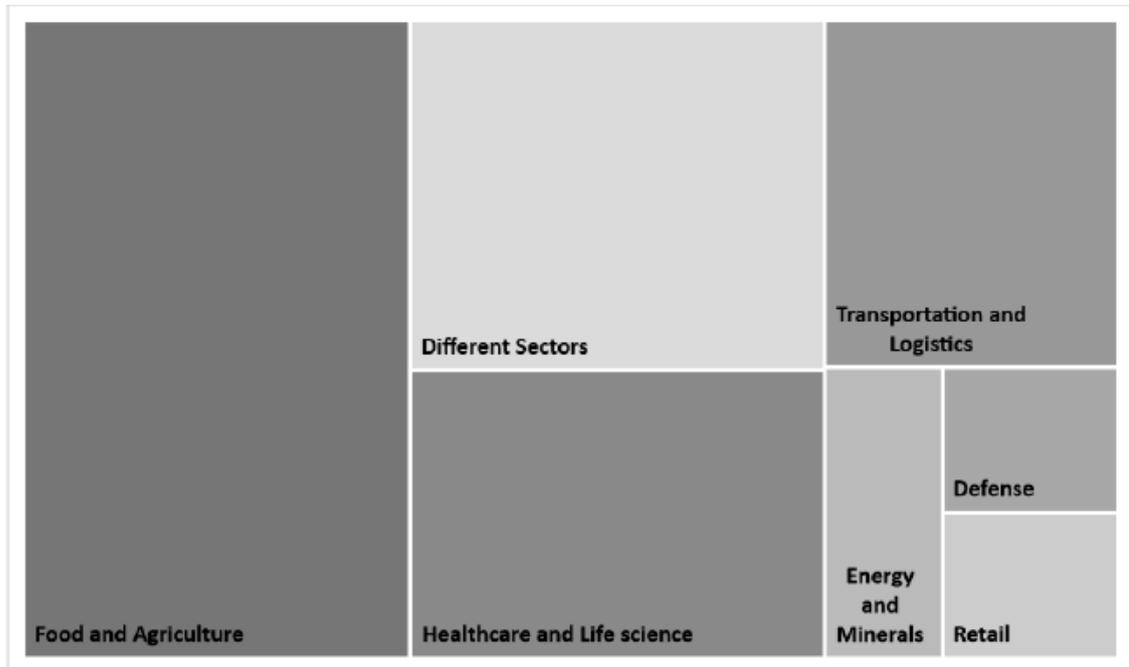


Figura 3.7 Casi d'uso per settore (Ceretti, 2020)

Questi dati trovano conferma negli studi portati avanti da Statista e IBM, dove solo il 2% degli OEM sta realmente testando soluzioni basate sulla Blockchain, come si può osservare in Grafico 3.1.

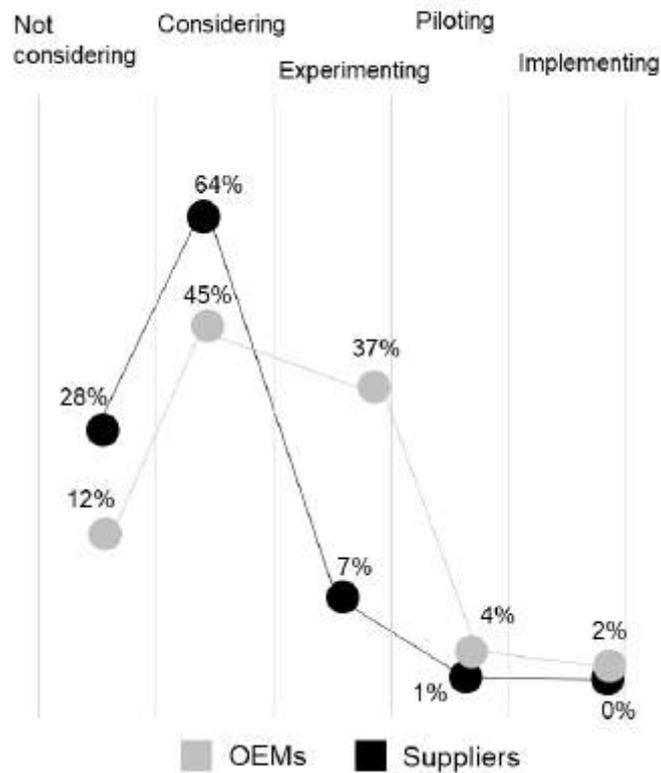


Grafico 3.1 Approccio del settore Automotive nella Blockchain (IBM, 2018)

Analizzando le applicazioni all'interno dei vari settori, si nota subito come i progetti pilota sviluppati dalle grandi aziende rientrino nel campo della tracciabilità. La Blockchain, infatti, si serve di altre tecnologie per tracciare meglio la merce e ciò risulta utile per identificare i prodotti contraffatti.

Osservando l'andamento delle grandi aziende, anche le start-up stanno cercando di risolvere il problema della tracciabilità. In Figura 3.8, infatti, si può osservare la suddivisione delle start-up in base alle soluzioni sviluppate.

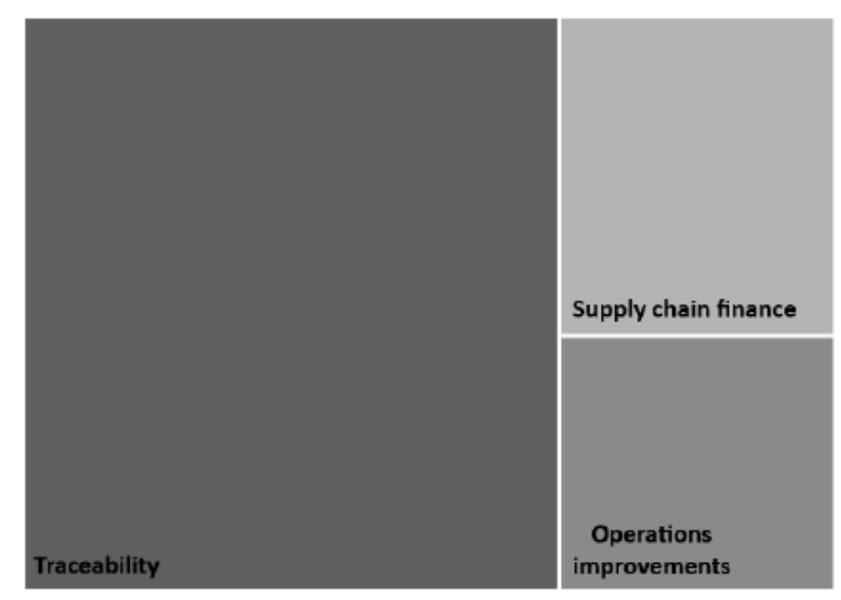


Figura 3.8 Applicazioni start-up (Ceretti, 2020)

3.3 Blockchain nella Supply Chain automobilistica

Nel mondo moderno la produzione è diventata un'attività molto complessa perché coinvolge numerosi attori, come decine di fornitori sparsi in tutto il mondo. La realizzazione di un bene fisico genera un'enorme quantità di dati, ma non tutti sono disponibili nel flusso di informazioni parallelo alla produzione e dopo che il bene è stato consegnato al cliente. Per questo motivo, i clienti hanno iniziato a richiedere una maggiore trasparenza che, per di più, fa aumentare il valore del prodotto finale per il cliente.

Blockchain, così come le tecnologie basate su registri distribuiti, sembrano essere lo strumento adatto per risolvere il problema della tracciabilità. In questi sistemi, infatti è possibile archiviare la storia completa del prodotto e le informazioni importanti, rilevando subito modifiche non autorizzate (Reimers et al., 2019).

L'industria automobilistica è tra i settori che maggiormente godono dei benefici derivanti dall'adozione di soluzioni che sfruttano la tecnologia Blockchain. Uno studio portato avanti dall'IBM *Institute for Business Value*, mostra come un elevato livello di interesse non trovi corrispondenza nella pratica, date le poche applicazioni esistenti.

Nonostante ciò, un rapporto pubblicato da Allied Market Research ha dichiarato che il mercato della Blockchain all'interno dell'industria automobilistica ha generato 428,6 milioni di dollari nel 2020 [77]. Uno studio pubblicato da BIS Research ha stimato che tale valore arriverà a 1,6 MLD di dollari entro il 2026, con un tasso di crescita annua attesa (CAGR) del 66%, mentre, secondo uno studio pubblicato da Markets and Markets, nel decennio 2020-2030 il valore potrebbe arrivare a 5,3 MLD, con una crescita del 31%. In particolare, se si considera solo il settore manifatturiero il tasso potrebbe arrivare al 106% in un periodo che va dal 2018 a 2026 [78].

Tale impennata è dovuta ad una sempre più elevata necessità di protezione contro fughe di dati e di transazioni più veloci e sicure [77].

L'Automotive, infatti, è tra i sistemi produttivi più complessi e in questo contesto è inevitabile la nascita di inefficienze nella gestione dell'intera catena, della logistica e dei contratti con gli attori coinvolti. È proprio in queste aree che la Blockchain, cerca di offrire strumenti idonei, sicuri e trasparenti per la risoluzione dei problemi,

permettendo, inoltre, la creazione di nuovi tipi di business da portare avanti oltre la semplice vendita del veicolo. Ad esempio, la tecnologia mette a disposizione degli acquirenti tutti i dati relativi all'utilizzo del mezzo durante l'intero ciclo di vita, in modo che i soggetti interessati, come le società di noleggio o di car sharing, possano sapere chi e come sta guidando il veicolo.

Nel 2019, per valutare le prospettive di implementazione della Blockchain, l'IBM, insieme alla società di analisi Oxford Economics, ha condotto un'indagine del settore intervistando 1.314 senior executives, di cui produttori per il 38% e fornitori per la restante parte, distribuiti sulla base dei veicoli prodotti in Cina, Giappone, Sud Corea, India, Regno Unito, Germania, Francia, Stati Uniti, Brasile e Messico. Gli intervistati sono ulteriormente distribuiti in maniera equa in dieci campi di attività, di cui otto comuni a tutti i settori, come produzione, marketing, ricerca e sviluppo, vendita e post-vendita, mentre due sono proprie dell'industria automobilistica: mobility services, relativa a mezzi usati per fini pubblici, e connected car, che si occupa delle attività derivanti dall'applicazione ai veicoli della tecnologia IoT.

Il primo dato che si può ricavare dall'indagine è che oltre il 60% dei senior executives crede che la Blockchain riuscirà a rivoluzionare il settore Automotive entro tre anni, mentre il 15%, di cui per l'80% produttori, possiede già ampie conoscenze sia della tecnologia che delle sue applicazioni e sono i cosiddetti "pionieri".

Per la metà degli intervistati, la Blockchain porterà i primi vantaggi in un più efficiente gestione del business, grazie alla qualità delle informazioni, oltre che alla loro quantità. Queste, infatti, non saranno più incomplete o inaccessibili poiché verrà impiegato un registro comune, con una versione unica e aggiornata. In un orizzonte temporale più lungo si aspettano i vantaggi strategici che si concretizzano nello sviluppo di nuove aree di attività, grazie alla sicurezza e alla trasparenza dei rapporti tra i soggetti dell'ecosistema, assicurati dalla Blockchain [79].

I fornitori assumono un ruolo fondamentale nello sviluppo del business dell'in-vehicle marketplace, ossia delle attività di e-commerce eseguite attraverso sistemi di *infotainment* di bordo, presenti anche su auto medie [80]. Per *infotainment*, termine derivante dalla combinazione di due parole inglesi, *information* (informazione) e *entertainment* (intrattenimento), si intende "tutto ciò che tiene il pilota informato e

che gli permette di svagarsi e rimanere in contatto con il mondo reale durante la guida” [81]. Detto in altre parole, con tale termine ci si riferisce alla “possibilità di comandare comodamente dall’abitacolo della propria vettura tutti questi sistemi come il navigatore satellitare, la radio, i dispositivi per la riproduzione di DVD anche il proprio smartphone, tramite comandi semplici ed intuitivi” posti sul display al centro della plancia, sul volante multifunzione o comandi vocali. Con tali sistemi, quindi, è possibile eseguire azioni senza distrarsi dalla guida. Queste variano dalle attività di svago come l’invio di messaggi o mail, a quelle più funzionali come, ad esempio, il controllo della pressione delle gomme. La realizzazione di queste operazioni è consentita dalle tecnologie preinstallate nelle auto o dai sistemi Apple CarPlay e Android Auto [82]. L’obiettivo, quindi, è fare in modo che chi è costretto a trascorrere molte ore in auto possa fare acquisti online tramite un accesso ad internet criptato e sicuro.

La realizzazione di tali sistemi coinvolge vari attori della catena del valore, a partire dai fornitori dei sistemi di bordo [80]. Molte case automobilistiche forniscono già questo servizio, come la GM (Chevrolet, Buick, Cadillac), Tesla (sistema IVI), BMW (iDrive), Genesis (Genesis Display), presente in Italia con Hyundai, Ford (Sync3), Fiat (UConnect), Alfa Romeo (Alfa Connect), Audi (MMI), Mercedes (MBUX) [82].

Tra le applicazioni, ricoprono un ruolo importante le soluzioni che riguardano il problema della tracciabilità, come i sistemi track and trace. Questi si occupano dell’identificazione univoca di ogni singolo item e dell’aggiornamento via via dei dati relativi alla posizione, allo stato e alle caratteristiche dello stesso, conservandone uno storico, così da avere uno sguardo generale sull’intero ciclo di vita del veicolo. I termini track e trace possono essere tradotti come tracciabilità e rintracciabilità. In particolare, il primo descrive la capacità di identificare univocamente il percorso intrapreso da un item, dall’istante di produzione o presa in consegna all’istante di consegna al cliente, al fine di monitorare il processo di produzione e la rete di distribuzione. Il secondo termine, invece, indica la facoltà di poter conoscere, in un secondo momento, le varie movimentazioni e/o processi che l’item ha dovuto affrontare e le risorse, umane e non, con cui è entrato in contatto, così che, in caso di criticità, si possa risalire facilmente al responsabile.

Per migliorare la tracciabilità occorre che i benefici percepiti, economi e non, superino i costi dei sistemi utilizzati. Le aziende, infatti, sono disposte a risolvere il problema solo se questo può aggiungere valore al prodotto o ridurre i costi (Golan et al., 2004).

Con il diffondersi dei sistemi Track and Trace, le aziende hanno fatto registrare un cospicuo aumento dell'utilizzo dei QR code. Le ragioni alla base sono date dalla facilità di questa tecnologia che fa sì che risulti fruibile da quasi tutti i consumatori, grazie all'elevata diffusione degli smartphone: infatti, in Europa lo smartphone penetration rate è più del 70% [83]. Importante è anche l'evoluzione del QR code che porta alla nascita del così chiamato QR code serializzato [84]. Questo, a differenza del tradizionale, è composto da un codice di serie univoco assegnato ad ogni item. Nel momento in cui il soggetto interessato lo scansiona con l'apposita App, viene effettuata una verifica e il QR code è autenticato e assegnato al cliente. Un volta scannerizzato, il codice univoco viene disattivato così da non poter essere duplicato e contribuire, in questo modo, alla lotta alla contraffazione, pratica molto diffusa data la facilità di riproduzione del QR code.

L'obiettivo, che è l'individuazione univoca di ogni item, può essere raggiunto tramite la Blockchain Technology, grazie alla possibilità di assegnare univocamente ad ogni asset fisico un token digitale, cioè di allineare completamente item digitali e fisici. Il QR code serializzato, offrendo la possibilità di identificare univocamente i vari item, si presta perfettamente a soddisfare le richieste di tracciabilità da parte dei clienti. Scannerizzando il codice univoco, si viene rimandati ad una pagina web dove l'azienda può inserire varie informazioni sul prodotto come la descrizione, video e immagini e recensioni.

Nonostante i numerosi benefici stimati, le applicazioni della tecnologia Blockchain nel settore Automotive sono ancora agli albori, tanto che il 12% dei produttori e il 28% dei fornitori, quindi percentuali non irrilevanti, non vi pensa affatto. Questa situazione è una conseguenza della non chiara visione di come la tecnologia può essere implementata nelle aziende, come affermato dal 39% degli OEM e dal 51% dei fornitori, ma anche delle perplessità in termini di sicurezza e aspetti normativi e legali [80].

In definitiva, allora, si può affermare, come precedentemente detto e rappresentato

nel Grafico 3.1, che le applicazioni della tecnologia Blockchain nell'industria automobilistica sono molto limitate.

PartChain

Part Chain è un'applicazione di tracciabilità decentralizzata che consente la creazione di gemelli digitali dei componenti, utilizzando la Blockchain. Il concetto di gemello digitale è stato sviluppato nel 2003 da Grieves e può essere definito come la rappresentazione digitale di un oggetto fisico sfruttando i dati in tempo reale. Un gemello digitale include "l'oggetto fisico nel mondo fisico, l'oggetto digitale nel mondo digitale e la connessione di dati che lega i due mondi".

L'idea di questo sistema è fare in modo che i vari attori della Supply Chain possano creare e trasferire un gemello digitale di una parte fisica utilizzando un dispositivo mobile. I produttori e i fornitori possono monitorare le parti e tracciarne la cronologia completa degli eventi. In questo modo, nel caso di una consegna di parti difettose, risulta più facile identificare i componenti e i veicoli interessati, evitando il richiamo dell'intero lotto o prodotto consegnato. L'applicazione permette anche di validare l'autenticità delle parti e nel caso in cui l'LSP provi ad inserire nella catena una parte non registrata, cioè non fabbricata dall'OEM, quindi contraffatta, la consegna viene rifiutata.

Nel caso di movimentazione delle parti o del veicolo, il passaggio di proprietà viene eseguito e registrato automaticamente, ma solo dopo che PartChain verifica che le condizioni del contratto o dell'ordine siano state rispettate (Miehle et al., 2019).

Per migliorare la comprensione del problema, Miehle et al. (2019) hanno ideato un modello ad oggetti, osservabile in Figura 3.9, così da fornire un approccio allo sviluppo del problema.

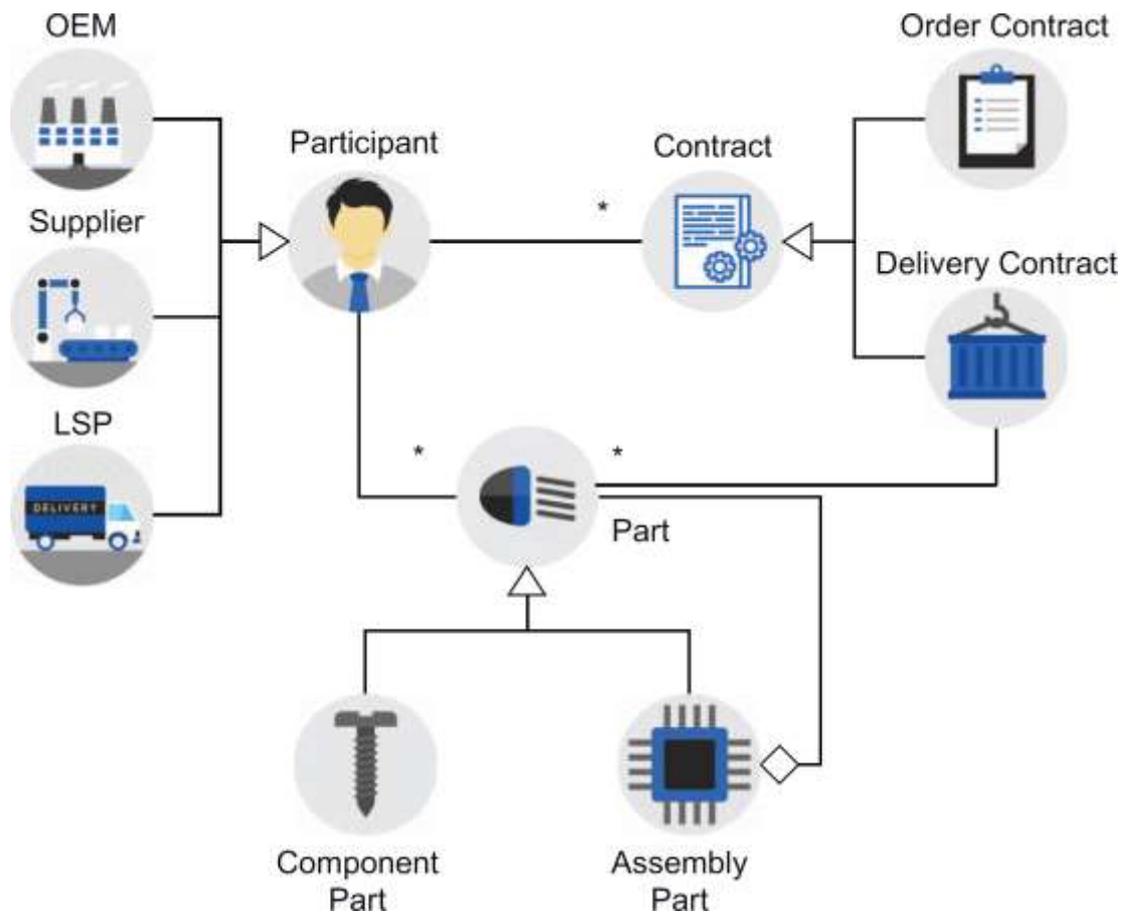


Figura 3.9 Modello ad oggetti PartChain (Miehle et al., 2019)

Si possono distinguere tre tipologie di partecipanti: OEM, fornitore ed LSP. I primi due possono produrre parti, che possono essere parti componenti o parti assemblate e, in quest'ultimo caso, ogni parte conterrà l'elenco delle parti componenti utilizzate. Esistono, inoltre, due categorie di contratto: contratto d'ordine e contratto di consegna. OEM e fornitori possono generare un contratto d'ordine per commissionare nuove parti, mentre solo i fornitori, basandosi sul contratto d'ordine ricevuto, possono creare un contratto di consegna.

In Figura 3.10 è possibile osservare un esempio di funzionamento del sistema PartChain utilizzando l'app mobile come interfaccia di comunicazione. La piattaforma dà la possibilità di creare e condividere le rappresentazioni digitali uniche di parti fisiche.

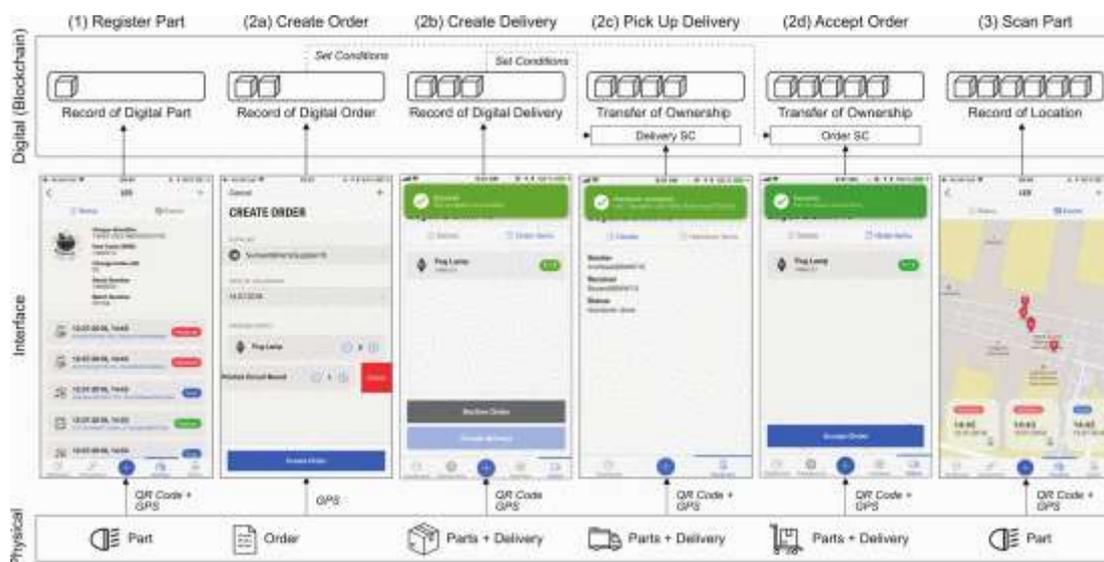


Figura 3.10 Mokup app mobile PartChain (Miehle et al., 2019)

L'elemento fondamentale del sistema PartChain è l'applicazione per smartphone tramite la quale è possibile scansionare le varie parti. Una volta effettuata la scansione, la posizione corrente e un timestamp sono memorizzati nella cronologia delle attività in cui la parte è stata coinvolta.

Analizzando i passaggi mostrati in Figura 3.6, è possibile osservare:

- (1) OEM e fornitori possono *registrare una parte*, solamente scansionando il suo QR tramite app, in modo da registrarla come parte digitale sulla Blockchain
- (2a) Nel caso in cui l'inventario scenda sotto la soglia minima, un OEM o un fornitore può *creare un ordine* in cui vengono definite le quantità richieste, il fornitore e la data di consegna richiesta.
- (2b) Il fornitore scelto viene sollecitato e può decidere se accettare l'ordine, e quindi *creare un contratto di consegna*, o rifiutarlo. Nel primo caso, il fornitore scansiona il QR code di tutte le parti richieste e li aggiunge alla consegna, che, alla fine, viene affidata ad un LSP.
- (2c) All'LSP selezionato viene notificato il *ritiro della consegna*. LSP visualizza la consegna da effettuare, scansiona i codici della parti fornite e, se il

contratto di consegna verifica che le parti soddisfano le condizioni richieste, il ritiro viene accettato, altrimenti no. Nel caso in cui l'LSP prende in carico il ritiro, sulla Blockchain la proprietà della parte digitale passa dal fornitore all'LSP.

- (2d) Una volta giunto a destinazione, il fornitore o l'OEM devono *accettare l'ordine* e per farlo scansionano nuovamente il QR code delle parti ricevute. In questo caso interviene il contratto d'ordine per verificare se la merce ricevuta rispetta le condizioni stabilite. In caso di esito positivo il ricevimento delle parti viene accettato e la proprietà delle rispettive parti digitali passa dall'LSP all'OEM o al fornitore sulla Blockchain.

Se uno degli attori coinvolti cerca di scansionare il QR di una parte non registrata, le verifiche effettuate dai due contratti darebbero esito negativo, l'app PartChain genererebbe un messaggio di errore e il trasferimento della part verrebbe rifiutato dalla Blockchain.

- (3) Ciascun partecipante può effettuare una *scansione della parte* per conoscerne tutti i dettagli. L'app mostra le informazioni e la cronologia sotto forma di elenco o di mappa.

Miehle et al. (2019) hanno testato il sistema PartChain registrando oltre 1000 parti con un tempo di transazione medio di 0,5 secondi, avendo, così, la possibilità di condividere le informazioni sulla rete in tempo quasi reale.

Nel 2020 il Gruppo BMW è stato coinvolto in un progetto portato avanti da Marelli per applicare il sistema PartChain, con l'obiettivo di migliorare la tracciabilità delle parti e delle materie prime nel settore automobilistico tramite la creazione di una rete distribuita peer-to-peer, per collegare gli stabilimenti dei fornitori e dei produttori di veicoli posizionati in luoghi distanti. La soluzione sviluppata da Marelli Automotive Lighting e BMW Group viene applicata inizialmente come progetto pilota per la tracciabilità di proiettori, gruppi ottici posteriori e moduli di illuminazione, forniti da Marelli Automotive Lighting per alcuni modelli della BMW [85].

Il progetto implementato permette una connessione tra tre stabilimenti Marelli Automotive Lighting, cioè Jihlava in Repubblica Ceca, Tolmezzo in Italia e Juárez in Messico, e due della casa automobilistica tedesca, ossia Spartanburg negli USA e

Dingolfing in Germania. L'obiettivo fissato da tutti gli attori dell'industria automobilistica è “garantire trasparenza, autenticità, affidabilità ed efficienza nella gestione della Supply Chain”, afferma Sylvain Dubois, CEO di Marelli Automotive Lighting.

Oggi giorno BMW può fare affidamento sui risultati del progetto pilota del 2019, per mettere in pratica il passaggio da un fornitore (Marelli Automotive Lighting) ad una decina, solo nel 2020. Se il progetto iniziale coinvolgeva solo due stabilimenti BMW e tre Marelli Automotive Lighting, adesso potrebbe estendersi anche a tutte e 31 fabbriche BMW nel mondo [86].

Prodotti sempre più complessi e catene del valore distribuite a livello globale generano sempre nuove sfide per il settore Automotive, che decide, quindi, di affidarsi alle nuove tecnologie. In particolare, la Blockchain rappresenta l'ultima novità in questo campo e permette di creare un unico sistema in comune tra tutti gli attori e un registro comune e compartecipato. Questi elementi fanno sì che la tracciabilità sia più semplice, grazie alla disponibilità di dati facilmente accessibili, nello stesso momento, a tutti gli attori coinvolti.

Il prossimo obiettivo a cui mira Marelli Automotive Lighting è estendere l'utilizzo di PartChain a tutta la filiera, coinvolgendo altri clienti e sub-fornitori, per la completa tracciabilità delle materie prime essenziali, dai siti di estrazione alla fonderia, in modo da limitare i rischi di contraffazione lungo tutta la Supply Chain [85].

CargoX

Un'altra applicazione della tecnologia Blockchain al settore automobilistico è costituita da Cargo X, azienda che si interessa di tutte le sfaccettature della gestione della Supply Chain, dall'approvvigionamento alla distribuzione passando per la produzione, ossia di tutte le attività in cui si registrano delle transazioni tra gli attori della filiera. In queste, infatti, si rilevano varie inefficienze causate dall'assenza di trasparenza e da una Supply Chain complessa. Il caso d'uso analizzato è una start-up che vuole ottimizzare la gestione della *Bill of lading (BOL)*. La BOL, in italiano polizza di carico, è “un documento “rappresentativo” di merce caricata su una determinata nave in forza di un contratto di noleggio o di un contratto di trasporto”

[87]. L'aggettivo rappresentativo sta ad indicare che chi possiede il documento ha diritto a farsi consegnare il carico. La caratteristica principale della polizza di carico è che si tratta di un documento "all'ordine", cedibile mediante girata, e quindi permette di trasferire una o più volte la proprietà della merce fino all'arrivo a destinazione. "La Bill of lading deve indicare:

- Il caricatore
- Il nome della nave
- Il porto di imbarco
- Il porto di sbarco
- La data di partenza
- Il nome e la firma del vettore
- La descrizione della merce così come indicata dal caricatore e il suo valore
- L'annotazione della merce a bordo datata e firmata dal capitano della nave

Quest'ultima annotazione è particolarmente importante perché senza di essa il documento rimane una semplice ricevuta e non acquista la caratteristica di rappresentativo di merce liberamente trasferibile" [87].

La movimentazione delle merci è un'attività in frequente aumento, tanto da far registrare venti milioni di container al secondo nell'oceano e più di 100 miliardi di tonnellate di volume commercializzati. La catena di approvvigionamento risulta, allora, difficile da gestire poiché le merci, oltre ad attraversare gli oceani, si muovono tra diversi soggetti. I principali attori implicati sono:

- Esportatore: soggetto che produce beni in un Paese e li vende in un altro
- Importatore: soggetto che porta nel proprio Paese merci prodotte in un altro Paese
- Mittente: soggetto che intende spedire la merce
- Spedizioniere: entità, sia persona che azienda, che organizza spedizioni
- Vettore: entità, sia persona che azienda, che trasporta merci e che è responsabile di eventuali perdite o danni
- Destinatario: soggetto che riceve la merce

La polizza di carico viene emessa dal vettore e inviata all'esportatore che, dopo aver ricevuto il pagamento da parte dell'importatore, la invia a quest'ultimo. Una volta in possesso del documento, l'importatore può ricevere la merce dal vettore. In Figura 3.11 è mostrata una rappresentazione grafica dei passaggi della Bill of lading.

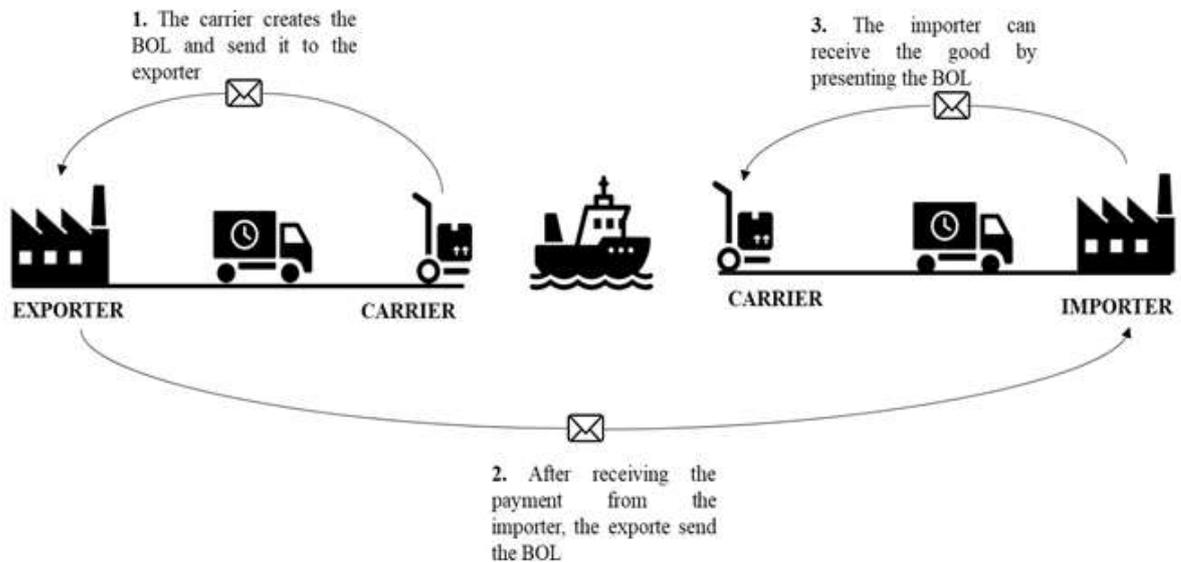


Figura 3.11 Schema della polizza di carico (Ceretti, 2020)

La Bill of lading viene considerata il documento più importante all'interno del settore dei trasporti perché chiunque la posseda può rivendicare la proprietà della merce. Per questo motivo il valore della BOL è equiparato al valore del carico trasportato.

Dati i numerosi attori coinvolti e la complessità del processo, non è difficile pensare che si registrano rischi e problemi:

- Costi: il costo medio per il passaggio della Bill of lading tra i tre soggetti coinvolti, servendosi di società di consegna come UPS o FedEx, è di \$100
- Velocità: il tempo necessario affinché il documento passi attraverso le tre fasi di 10 giorni

- Frode: la Bill of lading può essere rubato o falsificato e utilizzato in maniera non consona
- Volatilità: il documento può essere smarrito e questo comporta un aumento dei tempi di attesa e delle penali da pagare

Partendo da questi problemi che si presentano nel settore dei trasporti, CargoX ha pensato di creare un ecosistema decentralizzato dove le parti sono collegate tra loro tramite regole trasparenti e predefinite. L'obiettivo della start-up è digitalizzare la Bill of lading in modo da rendere lo scambio di merci più rapido e sicuro.

Igor Jakomin, COO di CargoX, ha affermato che la soluzione proposta è un equivalente digitale, chiamato Smart Bills of Lading, basato sulla Blockchain pubblica Ethereum Network, in particolare sulla Blockchain Document Transaction System (BDTS). Si tratta di un sistema sicuro poiché la nuova tecnologia garantisce la totale trasparenza degli eventi durante la crittografia dei documenti di trasporto e fa in modo che il contenuto dello stesso non sia visibile a parti non autorizzate.

Il motivo che sta alla base dell'utilizzo della Blockchain, afferma ancora Jakomin, è la convalida dei passaggi del documento, ovvero del trasferimento della proprietà delle merci spedite. In particolare, viene usata la Blockchain pubblica perché una rete privata non è altrettanto trasparente. Con la pubblica, infatti, quando un attore trasferisce i documenti ad un altro, il primo perde la proprietà del documento e potrà riaverlo solo se il secondo sarà disposto a restituirglielo. La Blockchain pubblica, quindi, porta a soluzioni prima irrealizzabili e, di conseguenza, a nuovi livelli di fiducia nell'ambiente aziendale sfruttando Internet.

Una delle caratteristiche di questa nuova tecnologia è l'impossibilità di modificare i dati inseriti, caratteristica che diventa punto debole nel momento in cui si inserisce una voce errata. In realtà, spiega Jakomin, si tratta addirittura di un vantaggio che permette di prevenire le frodi sin dall'inizio. La correzione di un dato errato è un problema di processo e, se si ha la necessità di modificare una voce di un documento già emesso o trasferito, si deve seguire un determinato procedimento. Il corrente detentore del documento deve trasferirlo al soggetto che lo ha emesso e chiederne la revoca. L'emittente, a sua volta, deve contrassegnare il documento come non valido in modo da "distruggerlo" per poi ristamparne un altro al suo posto. I documenti

annullati vengono “cementati” all’interno della Blockchain e non possono più essere trasferiti. I metadati del primo documento permangono sulla piattaforma e in più si ottiene una audit trail di quando, come e perché il primo documento è stato annullato, cosa molto difficile da ottenere nel caso di documenti cartacei [88].

I miglioramenti riguardano la riduzione dei costi fino al 90%, la trasparenza e la sicurezza dei dati scambiati. Tutte le informazioni sensibili, infatti, sono nascoste e rese visibili solo all’importatore, all’esportatore e all’emittente della polizza di carico.

In generale, CargoX sta ottenendo diversi consensi, tanto che oltre 10.000 entità, tra aziende e privati, si sono mostrate interessate a contribuire al progetto. L’azienda ha inoltre raccolto 20 milioni di dollari di fondi che verranno utilizzati per migliorare il prodotto e aumentare le collaborazioni.

ShipChain

ShipChain è una soluzione simile a CargoX, ma fa riferimento a trasporti che avvengono secondo altre modalità, come camion, treni, aerei e navi (di dimensioni minori rispetto a quelle trattate in CargoX).

Nel trasporto delle merci, il principale scopo è la sicurezza delle stesse. In tale situazione è necessario garantire diversi obiettivi, come salvaguardarle da urti o collisioni, prevenirne la sottrazione, assicurare condizioni di trasporto adeguate alla tipologia di prodotto, come temperatura e umidità. Grazie all’IoT, ShipChain riesce a raggiungere i predetti scopi monitorando le condizioni delle fasi di trasporto.

Nel febbraio 2020 l’impresa ha dato vita ad una partnership con l’azienda KeepTrucking, leader nella fornitura dei sensori IoT per le flotte dedicate ai trasporti. In questo modo, Shipchain è riuscita ad aumentare ancor di più la sicurezza delle merci durante le fasi di trasporto e ad occuparsi anche della sicurezza dei trasportatori.

L’accordo ha previsto l’implementazione di sensori che hanno consentito di monitorare alcune condizioni del trasporto, come la velocità media e massima del mezzo ed altri aspetti delle modalità del viaggio. In virtù di tale accordo, gli utenti che si servono dei dispositivi KeepTrucking, hanno la possibilità di registrare

automaticamente su Shipchain i dati più significativi del trasporto, quali il percorso effettuato e le sue caratteristiche. Conseguenza di questa iniziativa è stato un notevole incremento del grado di visibilità sull'intera filiera, ottenuta grazie ad una maggiore condivisione delle informazioni e ad una maggiore efficienza delle spedizioni

VerifyCar

Un'applicazione della Blockchain nel settore Automotive riguarda il momento in cui un'auto deve essere rivenduta. In questo ramo, infatti, le asimmetrie informative e la mancanza di un'autorità di certificazione affidabile, fa sì che il mercato delle auto usate sia contraddistinto da frodi perché gli acquirenti non hanno modo di verificare in anticipo la qualità delle auto. Di conseguenza, frequenti sono le domande sui chilometri percorsi, su eventuali incidenti avuti o sul comportamento avuto dal precedente proprietario in termini di cura del veicolo. Una risposta a questi dubbi può essere fornita da VerifyCar, una soluzione basata sulla Blockchain, ancora in fase di progetto pilota, grazie alla quale gli utenti possono conoscere la storia del veicolo, verificarla e mettere gli altri a conoscenza di dati quali, ad esempio, il chilometraggio. La verifica potrebbe essere svolta direttamente al momento: il Dottor Luckow, responsabile del Registro Distribuito e delle Tecnologie Emergenti del Gruppo BMW, afferma infatti che “con la app VerifyCar del mio cellulare, potrei fare una scansione del QR Code nella app del venditore e un segno di spunta verde mi segnala che i dati del veicolo usato sono plausibili e verificato”.

Questa soluzione basata sulla Blockchain offre maggiori garanzie in termini di veridicità dei dati, poiché “un timbro sul libretto dei tagliandi si può falsificare senza problemi, basta avere una stampante a colori. Un dataset su una Blockchain, invece, non si può manipolare”, dichiara ancora Luckow. L'app VerifyCar dà, inoltre, la possibilità di memorizzare informazioni su eventuali incidenti stradali e sui precedenti proprietari con la sicurezza che non potranno essere alterati.

Oltre all'utilizzo di VerifyCar come passaporto digitale del veicolo, l'app può essere impiegata con l'obiettivo di avere fonti di materie prime più sicure. In questo caso, il filo conduttore è la “Supply Chain Verification”, cioè la possibilità di tracciare e

certificare l'intera catena non solo in termini di componenti e ricambi, ma anche per quanto riguarda i materiali. A volte, infatti, è difficile verificare la fonte di questi ultimi, soprattutto se si tratta di materiali estratti in Paesi in via di sviluppo. In questo caso le Supply Chain sono molto ramificate e coinvolgono numerosi attori, risultando, così, facilmente modificabili.

Il Gruppo BMW, allora, ha pensato di sviluppare un progetto pilota che, sfruttando la Blockchain, fa in modo che il percorso dei minerali sia tracciabile. Invece, per evitare che fisicamente i materiali siano scambiati o mescolati, possono essere usati metodi classici come codici a barre e sigilli, o tecniche innovative, quali additivi o traccianti chimici, che vengono mescolati ad un lotto di materiale per identificarlo univocamente e leggerlo tramite uno scanner. Con l'utilizzo di sistemi basati sulla Blockchain, ogni fase della Supply Chain viene archiviata in una piattaforma decentrata, sempre visibile e non modificabile. I vantaggi riguardano anche i clienti finali che avranno a disposizione una catena di fornitura certificata: ad esempio, una raffineria potrà provare che la materia prima fornita proviene veramente da una determinata miniera e non da altre fonti.

Charge Chain

Un'altra applicazione della Blockchain pensata dal Gruppo BMW ha a che fare con una più facile ricarica delle auto elettriche. In questo ambito i problemi nascono quando il veicolo arriva alla stazione di ricarica ma il proprietario non ha la tessera giusta perché non ha stipulato un contratto con quel fornitore. Il modello presentato che si occupa di questo scenario si chiama "Charge Chain" e sfrutta in particolare gli Smart Contract stipulati tra il privato e il fornitore di energia elettrica. La Blockchain interviene per garantire che il contratto venga eseguito e rispettato. Con questo sistema "il cliente inserisce il connettore nella colonnina di ricarica e non deve più preoccuparsi di altro – né di chi sia il fornitore, né dell'identificazione, che fino a quel momento doveva fare con la tessera cliente, e nemmeno della tariffa più favorevole: tutto viene gestito in background da un Blockchain". L'aspetto della tecnologia che viene sfruttato in questa applicazione è la sicurezza nella verifica e gestione delle transazioni, senza intermediari [89].

That's mine

That's mine è una soluzione “che consente a chiunque di registrare e verificare la proprietà di un bene”, pensata per poter essere applicata a tutte le famiglie di beni, sia materiali che immateriali, dei quali si necessita certificare la proprietà. Ciò nonostante, inizialmente si è pensato di focalizzarsi sul mercato delle automobili perché in questo settore la certificazione di proprietà assume un ruolo molto importante.

I motivi che stanno alla base di questa scelta sono quattro: le automobili sono molto diffuse e hanno un alto valore unitario; sono caratterizzate da frequenti cambi di proprietà (in Italia, infatti, nel 2014 si sono registrate 3,5 milioni di compravendite) ed esigenze di verifica, come, ad esempio, i tagliandi; presenta un processo centralizzato, gestito per mezzo del Pubblico Registro Automobili (PRA), articolato e costoso; è identificata univocamente tramite un codice digitale, quale numero di targa o di telaio.

Grazie alla Blockchain è possibile realizzare un sistema in cui il passaggio di proprietà di un bene può avvenire in pochi secondi e tramite un smartphone; in cui tutti possono vedere in ogni momento l'effettiva proprietà di un bene, semplicemente accedendo ad un registro che non fa differenza di Paese o di tipologia di bene; in cui by-design assicura la sicurezza e la prevenzione di frodi; in cui i costi di gestione sono molto bassi [90].

Renault

Nel 2017 Renault, in collaborazione con Microsoft e VISEO, ha sviluppato una carta di circolazione digitale, gestita attraverso Blockchain, assicurando, così, la conservazione, la sicurezza e la trasparenza dei dati riguardanti i servizi di manutenzione e le condizioni della vettura. Il sistema sfrutta le caratteristiche della tecnologia Blockchain e racchiude tutte le attività in un unico spazio, a differenza delle informazioni attuali che, invece, sono ripartite in diversi sistemi informativi.

Lo scopo principale è tutelare gli acquirenti del mercato secondario, assicurandogli che tutte le informazioni relative al veicolo siano affidabili. La tracciabilità, infatti, non deve esaurirsi al termine del processo di vendita, ma deve assicurare un servizio

che tuteli anche i clienti del mercato dell'usato.

Oltre a ciò, “il libretto digitale potrebbe consentirci di offrire servizi innovativi ai nostri clienti nell’ambito di un nuovo ecosistema, insieme ad assicuratori e concessionari” afferma Elie Elbaz, Direttore Digitale & Veicoli Connessi del Gruppo Renault [91].

Bosch

Durante la Bosch ConnectedWorld 2017, il Dottor Volkmar Denner, CEO del Board of Management di Bosch, ha commentato una possibile applicazione della Blockchain. In collaborazione con l’ente di certificazione tedesco TÜV Rheinland, Bosch ha dimostrato un uso pratico della tecnologia allo scopo di ostacolare l’attività di manomissione dei contachilometri [92]. Si tratta di un pratica molto diffusa in Germania, dove si sono registrate perdite fino a sei miliardi di euro a causa di contachilometri manomessi.

Il progetto prevede la realizzazione di un diario di bordo digitale allocato nei diversi computer all’interno delle auto, al quale i veicoli, tramite un connettore, inviano le letture dei contachilometri. I proprietari, a loro volta, possono utilizzare un’app per controllare in ogni momento i dati registrati e confrontarli con quelli visibili sul veicolo. Nel momento in cui si desidera vendere un’auto, la piattaforma rilascia una certificazione che dichiara con precisione i chilometri del veicolo e tale documento può essere anche condiviso tramite internet, ad esempio sui siti per le vendite di auto online.

Salesforce

Salesforce è un leader mondiale nell’ambito del Customer Relationship Management ed è stata scelta dall’azienda automobilistica Lamborghini per certificare le sue auto d’epoca in modo più veloce e sicuro, realizzando l’applicazione Lamborghini Unica. Durante il processo di rivendita di un’auto, il veicolo viene sottoposto da 800 a 1000 controlli di certificazione presso la sede centrale di Sant’Agata a Bologna. In tutte le fasi, i tecnici Lamborghini entrano a contatto con un numero elevato di soggetti, “dai

fotografi alle case d'asta, dai concessionari alle officine di riparazione, fino ai magazine specializzati e altre fonti ancora per curare l'intera storia e, soprattutto, verificare tutte le parti e le prestazioni di ogni singolo veicolo" [93].

Grazie alla piattaforma Salesforce, basata sulla tecnologia Blockchain, Lamborghini è riuscita a creare una rete di fiducia tra i vari attori coinvolti così da digitalizzare e velocizzare il processo di autenticazione.

In questo modo ogni auto è arricchita da un registro in cui vengono archiviate informazioni relative a riparazioni effettuate, precedenti proprietari e altro ancora. Per di più, dato che tutte le procedure di autenticazione sono gestite dalla stessa Lamborghini e dalla sua rete di collaboratori, ogni veicolo è protetto contro eventuali contraffazioni [93].

Una prima applicazione di Salesforce su un'auto d'epoca è rappresentata dalla Lamborghini Aventador S, che rientra nel progetto "Lamborghini Sicura" [94]. Questo prevede un processo di certificazione, grazie al quale l'esemplare della Casa del toro ha partecipato come opera d'arte allo spettacolo della Monterey Car Week 2019 in California [95].

XAIN

Xain è una start-up di Berlino con cui l'azienda automobilistica Porsche ha iniziato a collaborare nel 2018 per sperimentare le possibili applicazioni della Blockchain nei suoi veicoli. Ciò rende la Casa di Stoccarda il primo costruttore di auto ad adottare tale tecnologia nelle sue vetture [96].

Oliver Döring, financial strategist di Porsche, afferma che: "possiamo utilizzare le Blockchain per trasferire i dati in modo più rapido e sicuro, garantendo ai nostri clienti maggiore tranquillità durante le operazioni quotidiane, per esempio durante il rifornimento o nelle manovre di parcheggio, oppure offrendo nuovi strumenti, come la possibilità di fornire a una terza parte, per esempio un corriere, accesso temporaneo al veicolo" [97].

Porsche, infatti, sta migliorando il suo impiego nello scambio di dati tra vetture ed app per smartphone, in modo da garantire una comunicazione più sicura ed efficiente per operazioni quali lo sblocco e il blocco delle portiere, anche temporaneamente,

per consentire l'accesso ad una terza parte, ad esempio il corriere, per la consegna di acquisti effettuati online o della spesa del supermarket direttamente nel baule dell'auto o per permettere servizi come il car valet.

Inoltre, Porsche dichiara che in futuro la tecnologia Blockchain potrebbe essere utilizzata per la ricarica dei veicoli elettrici o ibridi plug-in, per migliorare le funzioni dei veicoli a guida autonoma, e per il pagamento di pedaggi e parcheggi, garantendo maggiore sicurezza e velocità rispetto agli attuali protocolli di comunicazione [98].

Un primo test è stato diretto su un esemplare di Porsche Panamera utilizzando "un processo di mining a basso consumo energetico di XAIN" [96]. L'esito di tale prova è un sistema di apertura e chiusura delle portiere, basato sulla Blockchain e che utilizza un'applicazione su smartphone, che richiede un tempo pari a 1,6 secondi, risultando sei volte più veloce rispetto ai sistemi oggi in uso [98]. Le soluzioni tradizionali, infatti, richiedono l'inoltro della richiesta a un server centrale che deve approvare l'operazione, mentre con il nuovo sistema l'auto diventa parte integrante della Blockchain ed è possibile ottenere una connessione diretta senza deviazioni a server nel back-end [97].

I servizi sviluppati basati sulla tecnologia Blockchain sono veloci e molto sicuri, grazie alla crittografia che garantisce che tutte le operazioni siano registrate sulla piattaforma, quindi non modificabili e visualizzabili tramite applicazione.

Ad esempio, il proprietario del veicolo può autorizzare l'accesso a terze parti in modo digitale e sicuro e consultare gli accessi in qualsiasi momento.

Nei sistemi Blockchain, inoltre, i fornitori di terze parti possono essere coinvolti senza il bisogno di hardware aggiuntivi, ma sfruttando i "contratti intelligenti", che consentono di attivare le transazioni solamente al verificarsi delle condizioni precedentemente definite [96].

Car eWallet

Car eWallet è la prima Blockchain automobilistica, la quale, attraverso una rete di transizioni end-to-end, permette una perfetta collaborazione tra servizi di mobilità, veicoli e infrastrutture. L'obiettivo è rendere i veicoli delle entità aziendali singole in modo da poter usufruire autonomamente di servizi come la ricarica o il parcheggio.

Quest'ultimo, infatti, seppur digitalizzato, risulta ancora un'esperienza non sempre piacevole in base ad alcuni fattori come la vettura che si guida, il luogo in cui ci si vuole fermare o il provider proprietario del lotto. Car eWallet, allora, mira a creare un ecosistema in cui riunire i diversi attori coinvolti nelle attività di parcheggio per facilitare il consumo di questo tipo di servizi. L'idea alla base è quella di fare in modo che i veicoli eseguano transizioni in modo indipendente con la minor interazione umana possibile [99]. Dall'altra parte i fornitori hanno il pieno controllo dei servizi offerti e possono utilizzare una piattaforma per regolare le attività effettuate dai vari clienti.

Car eWallet ha la struttura di una piattaforma multi-lato aperta a tutti. La prima parte coinvolta è il veicolo che opera per conto del suo proprietario, che può essere sia un individuo che un produttore di automobili; la seconda, invece, è il fornitore di servizi di mobilità [100].

Le attività eseguite dal veicolo nell'operazione di parcheggio sono tre:

1. La vettura individua i servizi disponibili, ad esempio un'area di parcheggio
2. La vettura intraprende autonomamente il consumo di quel servizio
3. La vettura termina la transazione registrandola sulla Blockchain per il pagamento successivo

Tra i vari servizi si registrano novità anche nel fare rifornimento: al posto di fare la fila alla stazione di servizio per pagare alla cassa come si fa normalmente, in questo caso basta guidare, fare rifornimento e partire; sarà il veicolo stesso ad assicurare il pagamento. Un altro servizio interessato riguarda la ricarica: i veicoli elettrici, infatti, grazie alla ISO 15118, possono comunicare con la stazione di ricarica e, grazie ai contratti intelligenti, possono chiudere automaticamente la transazione [101].

3.4 Proposte future

In questo paragrafo verranno affrontate le possibili future applicazioni della tecnologia Blockchain nel settore Automotive. In alcuni casi sono descritti dei sistemi ancora nella fase di *proof-of-concept* e quindi non pronti per l'utilizzo, in altri piattaforme già funzionanti in diversi settori e che potrebbero trovare successo anche nell'industria automobilistica, in altri casi ancora vengono proposte soluzioni nuove.

Volkswagen

Il Gruppo Volkswagen, in collaborazione con Minespider, specialista Blockchain, ha deciso di avviare un progetto pilota per garantire la trasparenza nella Supply Chain del piombo a livello globale. Gli obiettivi stabiliti riguardano l'ottimizzazione della filiera, l'eliminazione delle cause di errori, la garanzia del rispetto di condizioni sociali ed ecologiche. La tecnologia scelta è la Blockchain perché permette di risalire a tutto il percorso effettuato dalla materia prima fino al punto di origine, rappresentato dalla miniera o dalla fonte di riciclaggio, grazie ai certificati digitali.

L'importanza di tale progetto risiede nella fiducia posta dal Gruppo Volkswagen, che intende applicare la tecnologia anche per altre materie prime e per le rispettive catene di approvvigionamento.

La trasparenza, infatti, è un tema fondamentale in diversi settori, compreso l'Automotive [102]. Una mobilità sostenibile richiede la cura di ogni singolo aspetto del processo di produzione dell'auto, a partire dalle attività di estrazione delle materie prime. La difficoltà principale è rappresentata dalle Supply Chain, sempre più lunghe e complesse: alcune materie prime subiscono nove fasi di lavorazione prima di arrivare nell'impianto di produzione del Gruppo Volkswagen e, generalmente, i contatti si hanno solo con i fornitori diretti, i quali operano nella prima fase. In situazioni come questa diventa molto difficile garantire che gli standard sociali ed ecologici siano rispettati in tutte le varie fasi. Per tale motivo è stato diffuso un nuovo strumento di rating, tramite in quale le aziende possono valutare i comportamenti assunti dai propri business partner, con un'attenzione particolare ai diritti umani, alla tutela dell'ambiente e alla corruzione. In questo

modo il Gruppo Volkswagen invoglia i vari fornitori, sia di primo livello, che di livelli successivi, a rispettare gli standard di sostenibilità, pena l'annullamento del contratto.

Un'applicazione esistente è l'approvvigionamento del cobalto, materiale utilizzato per la realizzazione delle batterie che vengono installate nei veicoli elettrici. L'estrazione può avvenire in modo artigianale, ambiente caratterizzato dal lavoro minorile, e in modo industriale. Rispettando l'etica aziendale, il Gruppo Volkswagen acquista il cobalto solamente da fornitori industriali [103].

Dal punto di vista tecnico, il progetto portato avanti con Minespider utilizza una Blockchain pubblica, dove, sebbene il carattere *open source*, la sicurezza dei dati sensibili della Supply Chain viene garantita da un'architettura multistrato. Infatti, "un livello del protocollo contiene informazioni generalmente accessibili, un secondo livello contiene i blocchi di dati privati che non possono essere modificati successivamente e il terzo livello è il livello di crittografia". Il lato positivo dell'utilizzo di una Blockchain pubblica rispetto a quella privata è che, nonostante le diverse catene di approvvigionamento, si ha un unico sistema aperto a tutti, fornitori, sub fornitori, operatori addetti all'estrazione o al riciclaggio della materia prima, che garantisce la trasparenza delle informazioni scambiate.

Il progetto pilota presentato rappresenta solamente l'inizio di una più ampia soluzione che, partendo dal piombo, andrà ad interessare altre materie prime e le rispettive catene di approvvigionamento [102].

Già da oltre dieci anni, infatti, il Gruppo Volkswagen fa della sostenibilità e della responsabilità sociale, due pilastri sui quali fondare la propria etica aziendale, e per perseguire questi obiettivi non basta focalizzarsi sullo stabilimento di produzione, ma bisogna partire dall'inizio. Per tale motivo, l'intento fissato è l'utilizzo di sole materie prime industriali, quindi estratte in modo sostenibile e socialmente responsabile.

Watson IoT

Watson IoT è una piattaforma IBM che integra le capacità di nuove tecnologie come Blockchain e IoT. Si tratta di un sistema che ha il compito di ricevere i dati provenienti da vari dispositivi IoT, elaborarli, analizzarli ed utilizzarli per tenere sotto controllo posizione e condizioni di uno specifico bene.

È possibile applicare tale soluzione al processo di distribuzione delle vetture in modo da monitorarne tempo e luogo in qualsiasi momento.

Watson IoT permette di seguire in modo continuo la posizione dei veicoli in transito, dal momento in cui lasciano lo stabilimento di produzione e assemblaggio a quando vengono consegnate al concessionario. Il vantaggio di questo sistema è che, non dovendo tenere sotto controllo parametri come la temperatura, non sono necessarie infrastrutture fisse, ma è sufficiente un dispositivo di localizzazione GPS, installato sul camion o container, capace di inviare al cloud la propria posizione, consultabile in qualsiasi momento dall'interfaccia utente. I dati estratti dai sistemi IoT rappresentano una garanzia relativamente alle condizioni degli articoli durante le movimentazioni. Per questo motivo, infatti, nel momento in cui la merce arriva a destinazione non è necessario effettuare controlli a campione in merito alla sua idoneità, poiché questa è tenuta sotto controllo in real-time.

Tali dati giungono successivamente al sistema Watson IoT che li analizza in base ai bisogni stabiliti e genera le transazione da archiviare nella Blockchain.

Prima dell'inizio del processo di distribuzione vengono indicate le posizioni in cui la merce in transito fa scalo e, se cambiano, anche i nuovi soggetti responsabili. In questo modo, grazie alle coordinate rilevate dal GPS, è possibile sapere anche chi ha in carico la merce in un determinato momento.

In Figura 3.12 è possibile osservare una rappresentazione del funzionamento del sistema applicato al processo di spedizione di un container di vetture.



Figura 3.12 Localizzazione in tempo reale [104]

In Figura 3.13, invece, è rappresentato l'elenco delle transazioni registrate sulla Blockchain, riguardanti un singolo container.

```

Block #8190 8/28/17 7:55 PM
1 Transactions
41cbf241-acf2-4f03-8815-c60a7eb222ec
- updateAsset ({"asset":{"assetID":"af961f5c9205", "carrier":"Carrier 1",
  "location":{"longitude":24.940701,"latitude":60.173394,"name":"Depot","event":"Arrived"}}})

Block #8188 8/28/17 1:36 PM
1 Transactions
99b3364d-26f7-44a8-858b-d8f8eb17dfb1
- createAsset ({"asset":{"assetID":"af961f5c9205", "carrier":"Carrier 1",
  "location":{"longitude":-43.230131,"latitude":-22.912112,"name":"Factory","event":"Departing"}}})

```

Figura 3.13 Lista delle transazioni inserite nella Blockchain [104]

L'unico limite di questo sistema è dato dal fatto che i rilevatori di posizione sono installati sui vari container, ma spesso le auto al suo interno vengono smistate annullando l'associazione veicolo-container. Per tale motivo, ogni volta che una vettura lascia un container per un altro, si deve inserire a sistema il codice del nuovo

mezzo di trasporto, creando, così, un nuovo collegamento.

Il vantaggio di questa soluzione è che migliora la visibilità dei veicoli, arrivando, addirittura, a conoscere la loro posizione in tempo reale. Ciò porta sia ad una velocizzazione delle attività di accoglimento e successivo smistamento delle merci nei vari punti di scalo, riducendo l'incertezza della programmazione degli LSP, sia ad un miglioramento dell'esperienza del cliente, che, potendo conoscere lo stato di avanzamento dell'ordine in ogni momento, sarà certamente più soddisfatto.

Questa soluzione potrebbe essere applicata anche alla logistica inbound, in modo che il produttore possa monitorare la posizione delle parti, componenti o assemblati, e conoscerne il momento di arrivo. La consegna delle merci al momento giusto, infatti, è una delle priorità per i produttori di qualsiasi settore ed è realizzabile se esiste una forte integrazione tra gli attori coinvolti, quali LSP e fornitori. Tale situazione risulta più raggiungibile se si utilizzano sistemi che sfruttano i potenziali delle tecnologie Blockchain e IoT, come la piattaforma Watson IoT.

L'impiego di questa soluzione porta a diversi vantaggi per i produttori, quali la riduzione dell'incertezza dei programmi di produzione e il miglioramento del flusso di materiali e di informazioni e del processo di tracciamento delle merci.

Parts Pedigree

Il settore Automotive, insieme a quello aerospaziale, è l'ambiente in cui la realtà Blockchain è meno diffusa. L'industria aerospaziale non è mai stata un ambiente molto innovativo o, quanto meno, ha sempre aspettato che le nuove tecnologie diventassero realtà solide e consolidate, prima di trovare loro un'applicazione. Dall'altro lato, l'industria automobilistica sta indirizzando tutti gli sforzi e investimenti verso l'elettrificazione dei veicoli. Le maggior parte delle soluzioni basate sulla Blockchain applicate nella Supply Chain di questi due settori riguardano per lo più la tracciabilità. Il caso d'uso descritto è Parts Pedigree che sta sviluppando un prodotto adatto sia al settore aerospaziale che a quello automobilistico.

All'interno dell'industria aerospaziale, la digitalizzazione non ha ancora trovato molto spazio. Il risultato di ciò è la frammentazione e la perdita dei dati con conseguenti difficoltà nell'assicurare componenti conformi alle normative. Questa situazione porta le aziende a perdere delle opportunità che invece, grazie ad una

migliore gestione dei dati, consentirebbero un miglioramento dei processi operativi e della posizione finanziaria.

La start-up Parts Pedigree, insieme alla società di consulenza Deloitte, sta lavorando per portare la tecnologia Blockchain dalla fase di *proof-of-concept* alla fase operativa, grazie allo sviluppo di un progetto pilota che permetterebbe di anticipare l'adozione della tecnologia nella Supply Chain.

Ogni volta che una parte ha necessità di essere riparata o sostituita, occorre una certificazione di qualità e un documento che indichi la provenienza del pezzo. Tale attestazione prende il nome di Pedigree ed è un ottimo strumento sia in termini di sicurezza che legali. Rappresenta una prova legale dell'originalità e della sicurezza del componente, ma la frammentazione dei dati genera delle difficoltà al momento di rilasciare la certificazione.

Parts Pedigree è quindi un progetto che ha come obiettivo la visibilità della storia di ogni pezzo e a questo scopo sta lavorando alla realizzazione di un ecosistema che coinvolge i produttori di apparecchiature originali, i distributori, le compagnie aeree e le società di gestione, riparazione e manutenzione.

Parts Pedigree, quindi, propone possibili soluzioni ad alcuni degli interrogativi senza risposta che caratterizzano il settore aerospaziale.

Per comprendere appieno i vantaggi che questo lavoro può portare, occorre identificare le inefficienze presenti nelle attività di monitoraggio delle parti oggi. Al momento, quando una parte viene trasferita tra i vari attori della Supply Chain coinvolti, vengono duplicati e condivisi con tutta la catena solo i documenti ritenuti strettamente necessari, mentre tutte le restanti informazioni, seppur potenzialmente rivelanti, vengono in effetti perse. Tale situazione porta a inefficienze, qualità più bassa e minore velocità con cui una parte si muove lungo la catena, generando, così, ritardi.

In questo contesto, un processo di documentazione digitalizzato può portare a risultati significativi.

Quello che si vuole realizzare è “una piattaforma digitale, accessibile a livello globale, di dati sulle parti di aeromobili che viene creata automaticamente tramite operazioni digitalizzate, condivisa e accessibile tramite partner dell'ecosistema e in grado di alimentare processi aziendali nuovi e innovativi e potenzialmente interi

modelli di business”, afferma, Tristan Whitehead, il CEO di Parts Pedigree. Per realizzare ciò, la tecnologia migliore è la Blockchain perché permette di archiviare lo storico di ogni parte, compresi gli attori con cui il componente è entrato in contatto durante il suo intero ciclo di vita. Inoltre, tramite la Blockchain, la piattaforma può certificare e assicurare che le informazioni presenti sono il vero originale di quel documento e che non sono mai state manomesse o falsificate [105].

Sebbene attualmente abbia trovato applicazione solamente nel settore aerospaziale, tale soluzione, come detto precedentemente, potrebbe avere successo anche nel settore Automotive. In questo caso l’ecosistema coinvolgerà le Case Automobilistiche, piuttosto che le compagnie aeree, ma i benefici attesi sono pressoché gli stessi.

Block Aero

Block Aero è una start-up aerospaziale, con sede ad Hong Kong, che, grazie alla Blockchain e all’Intelligenza Artificiale, mira ad automatizzare la gestione delle risorse dell’aviazione [106]. All’inizio del 2020, la divisione aeronautica della società giapponese ha intrapreso una collaborazione con la SIA Engineering di Singapore con lo scopo di trovare una soluzione Blockchain per la manutenzione dei motori aeronautici.

Il motivo della collaborazione era la partecipazione, conclusasi con la vittoria, al Rolls-Royce Blockchain Innovation Challenge, in cui Block Aero prenderà parte ad un *proof-of-concept* Blockchain.

In particolare, rientrano nel caso studio i motori dei velivoli della Casa Britannica, installati in aeromobili commerciali quali il Boeing 787 e l’Airbus A380.

Il processo di manutenzione è molto ampio e spazia da una semplice revisione alla sostituzione della parte, precedute sempre da un’accurata ispezione.

Attualmente tutte le operazioni vengono svolte manualmente e i documenti sono ancora in forma cartacea, causando, così, delle inefficienze.

L’oggetto della sfida era la realizzazione di un progetto con tali caratteristiche: “tracciabilità e trasparenza, integrazione con le parti interessate e coerenza, continuità ed autoesecuzione” [107].

La soluzione può essere applicata al settore Automotive, e in particolare alle attività di revisione a cui viene sottoposto il veicolo prima di essere consegnato, sebbene il sistema sia nato solamente per la manutenzione dei motori. In questo modo tutte le operazioni di controllo qualità e conformità risulteranno più rapide e più efficienti e risulterà più semplice anche tenerne traccia, portando a conseguenze come la riduzione dei tempi di consegna e una migliore esperienza per il cliente.

Faizod

Faizod è una società tedesca che fornisce servizi e soluzioni basate sulla Blockchain [108].

Partendo dal pilot condotto nel settore tessile, è possibile adattare il sistema per eventuali applicazioni nell'industria automobilistica, in particolare come supporto alle operazioni inbound e outbound e di stoccaggio, registrando sul registro distribuito la merce in entrata o in uscita, la quantità e l'effettiva posizione (Putasso et al., 2019).

Si può iniziare affermando che un'efficiente gestione delle giacenze porta a vantaggi che si traducono in una riduzione dei costi, i quali, invece, in caso di cattiva gestione, sono dovuti a stockout, a over-stock o a dissipazione di beni, o anche solo componenti, a causa di obsolescenza o scadenza, come nel caso di airbag o pneumatici. Con la Blockchain è possibile avere una visione completa e dettagliata non solo delle giacenze del singolo magazzino, ma anche delle quantità presenti lungo tutta la catena.

In un sistema tradizionale, ai costi precedentemente indicati bisogna aggiungere gli errori umani che causano inefficienze e un conseguente disallineamento tra magazzino fisico e virtuale. Tale problema prende il nome di *double inventory* e può essere risolto con l'impiego della Blockchain, dato che ogni aggiornamento dello stato o delle caratteristiche della merce in magazzino è facilmente consultabile da tutti i nodi autorizzati ad accedere al registro distribuito. In ogni istante ciascun soggetto coinvolto possiede lo stesso livello di conoscenza, sulla base del concetto *you see what I see*.

Ritornando a Faizod, il funzionamento, descritto in ambito tessile, ma adattabile al

settore Automotive, prevede inizialmente l'introduzione di un tag RFID su ogni capo. Successivamente, nel momento in cui il prodotto viene salvato sulla Blockchain, è richiesto l'abbinamento dell'ID identificativo del tag RFID al gemello digitale del capo fisico in questione.

I vantaggi ricavati dall'applicazione di questa soluzione si concretizzano in uno stoccaggio più semplice e veloce, visto che non è più necessaria l'apertura di ogni collo. Inoltre, l'utilizzo della Blockchain porta pure ad una riduzione dei tempi necessari per i controlli di conformità e autenticità.

Flusso di informazioni

Reimers et al. (2019) hanno sviluppato un caso d'uso su una Supply Chain semplificata nel settore automobilistico con lo scopo di creare un sistema, basato sulla Blockchain, che garantisca un flusso di informazioni parallelo alla realizzazione del prodotto e fornisca al cliente finale i dati sull'intera vita del bene.

Nel caso in esame, le informazioni dettagliate riguardanti la produzione, le sottoproduzioni e il trasporto sono connesse digitalmente al bene e la Blockchain viene utilizzata per garantirne l'integrità e l'affidabilità.

Nel *proof-of-concept* viene preso in esame il processo di consegna del prodotto al venditore finale. Inizialmente il produttore, prima della consegna del bene al secondo attore, ossia una compagnia di trasporti, effettua un controllo qualità, generando, successivamente, un rapporto di garanzia che viene archiviato in un database. In un secondo momento, la società di trasporti prende in carico l'auto per consegnarla al terzo soggetto, il concessionario. Durante il viaggio vengono utilizzati dei sensori per monitorare temperatura, inclinazione e posizione per poi redigere un documento di trasporto, anch'esso archiviato in un database.

Un volta consegnata l'auto al cliente finale, questi ha a disposizione informazioni sull'origine delle parti del prodotto, sulla loro qualità e sul rapporto di trasporto.

Ciascun componente, o bene finale, è univocamente identificato tramite un codice ID e ha uno status che può essere "disponibile, montato, assemblato, controllo qualità, pronto per il trasporto, trasporto, vendita".

Passando all'architettura del prototipo si distinguono:

Architettura del software: come framework per Blockchain è stato scelto Hyperledger Fabric, poiché è il più idoneo per applicazioni aziendali e dà, inoltre, la possibilità di limitare l'accesso alle informazioni.

Architettura della comunicazione: si distinguono tre percorsi di comunicazione principali:

1. Sensore → Blockchain: i dispositivi IoT acquisiscono dati sul prodotto o su aspetti quali l'umidità e la temperatura, e li trasferiscono nel sistema basato sulla Blockchain
2. Attore ↔ Blockchain: si tratta di un percorso bidirezionale, tramite il quale i dipendenti all'interno dell'organizzazione possono interagire con la Blockchain, autorizzando transazioni e caricando documenti.
3. Cliente ← Blockchain: l'utente può accedere alle informazioni archiviate sulla Blockchain inviando una richiesta http al server Web che, in seguito alle dovute verifica, lo autentica e soddisfa la richiesta.

3.5 Conclusioni

Riassumendo, è possibile affermare che le soluzioni esistenti applicano la tecnologia Blockchain principalmente in ambito tracciabilità e scambio di informazioni, a dimostrazione del fatto che i più importanti punti deboli della Supply Chain automobilistica riguardano l'impossibilità di avere a disposizione informazioni in tempo reale e, soprattutto, affidabili e certificate.

In merito alla tracciabilità, soluzioni come CargoX e Ship Chain si occupano del trasporto della merce, tramite navi cargo la prima, tramite altre modalità come camion, treni o navi di dimensioni inferiori la seconda. In particolare, CargoX ha per oggetto la digitalizzazione della bolla di trasporto (BOL), allo scopo renderne il passaggio tra i soggetti interessati nel trasferimento di un bene più rapido e sicuro. Ship Chain, invece, si occupa del monitoraggio delle merci durante il trasporto, in modo da assicurarne condizioni (temperatura, umidità) adeguate e prevenirne urti e collisioni.

Sempre in ambito tracciabilità si trovano soluzioni come PartChain, che sfrutta l'ideazione di un gemello digitale per fare in modo che i vari attori possano monitorare le parti fisiche e tracciarne la cronologia degli eventi, o VerifyCar, che ha per oggetto anche la tracciabilità dei materiali per verificarne la fonte.

Reanult e VerifyCar, invece, si occupano della tracciabilità nel mercato secondario: grazie all'ideazione di un carta di circolazione digitale, infatti, gli acquirenti di veicoli usati possono conoscere la storia delle auto, la manutenzione effettuata o eventuali incidenti ed essere sicuri che le informazioni riguardanti il bene in vendita siano affidabili.

Quest'ultimo aspetto sia collega al secondo campo di applicazione, ovvero lo scambio di informazioni tra soggetti diversi, dove il contributo della Blockchain è da ricercare nell'affidabilità e nella sicurezza delle informazioni che non possono essere in alcun modo manomesse o modificate.

Diffusi sono i casi di manomissione del contachilometri, a cui si interessano sia Reanult e VerifyCar, poiché influenzano la vendita di veicoli usati, sia Bosch, che prevede la realizzazione di un diario di bordo digitale da utilizzare come controprova dei dati visibili sul veicolo.

Sempre in tema sicurezza delle informazioni si collocano soluzioni come Charge Chain, dove una transazione sicura e senza la necessità di intermediari semplifica le operazioni di ricarica delle auto elettriche, That's Mine, che certifica la proprietà di un bene e ne permette un passaggio di proprietà rapido, o Salesforce, che permette a Lamborghini di certificare le proprie auto d'epoca.

Un'altra applicazione utilizzata da un produttore del settore luxury è Xain, tramite la quale Porsche può trasferire informazioni in modo rapido e sicuro e migliorare lo scambio di dati tra vetture ed app, così da garantire nuovi servizi come lo sblocco ed il blocco delle portiere per fornire ad una terza parte l'accesso momentaneo al veicolo.

L'ultima soluzione già implementata, Car eWallet, si differenzia dalle altre applicazioni perché si pone l'obiettivo di semplificare alcuni servizi, come il parcheggio, creando un ecosistema con gli attori coinvolti in quelle attività per fare in modo che i veicoli eseguano transizioni in modo autonomo, cioè con la minor interazione umana possibile.

Per quanto riguarda le proposte future, Volkswagen parte dall'idea di mobilità sostenibile che, per essere realizzata, richiede trasparenza anche sulla provenienza delle materie prime. Per tale motivo, l'azienda ha deciso di tracciare il percorso del cobalto a partire dalla sua estrazione, con l'obiettivo di estendere il procedimento ad altri materiali e alle rispettive Supply Chain.

Sempre in ambito tracciabilità e trasparenza si collocano tre soluzioni, due delle quali realizzate per il settore aerospaziale, ma che potrebbero adattarsi anche all'Automotive: Parts Pedigree, che insieme a Deloitte ha ideato il Pedigree, ossia un certificato di qualità e di provenienza delle parti, e Block Aero, nata per risolvere problemi legati alla manutenzione, come la perdita di documenti cartacei, ma applicabile anche alle attività di revisione che coinvolgono il veicolo prima di essere consegnato, in modo da tenerne traccia più facilmente.

La terza soluzione è Watson IoT, che migliora la visibilità dei veicoli durante il trasporto, ma adattabile anche alla logistica inbound per localizzare le parti, in quanto permette addirittura di conoscerne la posizione in tempo reale. In questo modo, le attività di accoglimento e smistamento delle merci risultano semplificate, dato che i controlli a seguito del passaggio della merce da un soggetto ad un altro

non sono più necessari.

A tutt'altro campo di applicazione fa riferimento Faizod, soluzione nata in ambito tessile, ma applicabile anche al settore automobilistico. L'obiettivo è la soluzione al problema del *double inventory*, dovuto al disallineamento tra magazzino fisico e virtuale. Grazie alla Blockchain è possibile avere a disposizione informazioni in tempo reale, consultabili da tutti i soggetti autorizzati, con la conseguente semplificazione e velocizzazione delle operazioni di stoccaggio.

L'ultima soluzione, Flusso di informazioni, mostra già nel nome l'oggetto dell'applicazione. L'obiettivo, infatti, è generare un flusso di informazioni parallelo alla produzione del bene, sfruttando la Blockchain per garantire l'integrità e l'affidabilità dei dati.

Per quanto riguarda, invece, le criticità descritte nel Paragrafo 3.1, è possibile andare a identificare come le applicazioni esistenti e future aiutino a superarle.

In generale tutte le soluzioni risolvono i problemi di Sicurezza e privacy, Trusted Third Part, Autenticità e Credibilità dei dati in quanto la Blockchain di per sé si basa su un registro digitale e immutabile, che permette transazioni senza la necessità di una terza parte come intermediario e assicura informazioni integre ed affidabili, oltre a garantire la privacy dei nodi partecipanti. Questi aspetti riguardano anche il Flusso informativo tra soggetti diversi e l'Effetto Bullwhip, penalizzati dall'assenza di integrazione tra i sistemi informativi delle aziende coinvolte e dalla tradizionale circolazione di documenti cartacei, spesso soggetti a frodi, smarrimenti o ritardi che portano ad inefficienza.

Relativamente alle altre criticità è possibile evidenziare quali applicazioni aiutano a risolvere ciascuna debolezza. In particolare, per quanto riguarda l'assemblaggio è possibile sfruttare Watson IoT per localizzare i componenti o i moduli all'interno dello stabilimento o non ancora consegnati. La stessa può essere utilizzata, insieme a CargoX e Ship Chain, nella distribuzione per monitorare la posizione dei veicoli in transito.

Un'altra criticità riguarda la contraffazione, sia dei componenti realizzati da produttori non autorizzati, sia dei contattometri al momento di rivendere un'auto. Ciò colpisce il mercato dell'usato, dove i veicoli in buone condizioni vengono penalizzati perché gli acquirenti non hanno a disposizione informazioni affidabili. In

questo ambito si collocano soluzioni quali Bosch, Renault e VerifyCar che, garantendo dati autentici e credibili, combattono la manomissione dei contachilometri.

Per quanto riguarda il *Double inventory*, la risposta è fornita da Faizod, ancora non implementata nel settore automobilistico, ma rappresenta una buona soluzione per contrastare il disallineamento tra stato reale e stato virtuale.

Infine, in merito alla tracciabilità, si collocano PartChain, CargoX, ShipChain, VerifyCar, Renault, Volkswagen, Parts Pedigree e Block Aero. Si può quindi affermare che si tratta della criticità alla quale più applicazioni, esistenti e future, cercano di trovare soluzione, a dimostrazione del fatto che l'impossibilità di avere a disposizione informazioni in tempo reale rappresenta un problema importante per molte aziende.

CAPITOLO 4

CONCLUSIONI

Gli argomenti trattati in quest'ultimo capitolo riguardano inizialmente i benefici apportati dall'elaborato in merito alla conoscenza della tecnologia Blockchain nel settore automobilistico. Successivamente sono sottolineate le limitazioni del lavoro di ricerca e, in conclusione, vengono descritti degli spunti per una ricerca futura, partendo dai risultati raggiunti dal lavoro di tesi.

4.1 Benefici apportati dall'elaborato

L'obiettivo di questo elaborato è presentare una panoramica delle potenzialità offerte dalla Blockchain, da sola o combinata con altre tecnologie dell'Industria 4.0, come l'Internet of Things, relativamente all'industria automobilistica. A tale scopo, è stata effettuata un'analisi sia dei processi in cui è possibile suddividere la Supply Chain automobilistica, sia della letteratura riguardante le applicazioni della tecnologia in esame nei vari processi o nelle singole attività.

Il ruolo sempre più importante assunto dalle informazioni porta le aziende ad interessarsi alle tecnologie emergenti, in modo particolare a quelle che si occupano della gestione e della sicurezza dei dati.

Se in un primo momento le imprese si avvicinavano alla digitalizzazione con un po' di timore dovuto all'insicurezza dei dati scambiati, la Blockchain riesce a superare questo problema poiché garantisce informazioni affidabili e sicure.

In generale, è possibile affermare come la tecnologia abbia nel complesso migliorato la visibilità dei diversi processi e semplificato lo scambio informativo tra i soggetti della Supply Chain, grazie alla possibilità di creare dei sistemi in cui tutti gli attori coinvolti condividono e hanno a disposizione le informazioni richieste.

Il punto di partenza di questo lavoro di tesi è il *research gap* affrontato nel Capitolo 1, poiché nonostante le applicazioni Blockchain già implementate nel settore automobilistico, il numero esiguo di soluzioni esistenti, se confrontate con i numerosi progetti già realizzati in altri ambiti, mostrano come ancora non si abbia una piena conoscenza dei benefici che questa tecnologia può portare.

L'analisi svolta parte da una descrizione delle maggiori criticità riscontrate all'interno dei processi descritti precedentemente e in seguito mostra come le applicazioni esistenti superano tali debolezze. Infine, partendo da soluzioni appartenenti ad altri settori, sono state presentate delle proposte che potrebbero essere sfruttate per portare benefici nel settore automobilistico.

Sulla base del lavoro eseguito è possibile dedurre come la tracciabilità dei prodotti finiti e la condivisione delle informazioni siano le tematiche maggiormente affrontate, tanto da essere oggetto rispettivamente del 40% e del 30% delle soluzioni applicate ai processi mappati, tenendo conto che un'applicazione può affrontare anche entrambe le problematiche citate. Si tratta di soluzioni che interessano tutte le attività che prevedono transazioni di beni o documenti da un attore all'altro.

Nel caso di spedizioni di parti, componenti o prodotti finiti, la Blockchain, avvalendosi della tecnologia Internet of Things, permette di osservare la posizione del mezzo di trasporto, di controllare le condizioni di viaggio e di effettuare passaggi di merce più rapidi e sicuri. Si ha a che fare con applicazioni che trovano spazio soprattutto in fase di distribuzione o di approvvigionamento.

Per quanto riguarda, invece, il passaggio di documenti, la Blockchain permette di creare un rete con tutti i soggetti, interessati all'intera Supply Chain o a quel determinato processo, in modo tale che chi di dovere carichi i documenti e gli altri abbiano a disposizione tutte le informazioni necessarie. In questo modo vengono alleggeriti i processi di Acquisizione ordine e Approvvigionamento, Logistica Inbound e Distribuzione, poiché vengono meno le attività che prevedono l'invio o la firma di documenti, cartacei e non, quali il trasferimento dell'ordine nell'Order Bank, la comunicazione del fabbisogno ai fornitori o la trasmissione, la firma e la Registrazione del Documento di Trasporto.

Altre applicazioni, invece, riguardano attività e processi che si verificano dopo la consegna del veicolo al cliente finale. Si tratta di soluzioni che sfruttano determinate

caratteristiche della Blockchain, come l'affidabilità, la sicurezza e l'impossibilità di modificare i dati, necessarie per combattere la contraffazione dei contachilometri, per certificare la proprietà del veicolo o per effettuare il passaggio di proprietà da un soggetto ad un altro.

L'ultimo aspetto della tecnologia che trova applicazione nelle soluzioni descritte sono gli *Smart Contract*, utilizzati per usufruire facilmente di servizi di ricarica delle auto elettriche, di pagamento di pedaggi, di parcheggio o di rifornimento.

4.2 Limitazione dell'elaborato

I limiti relativi all'elaborato riguardano principalmente il lavoro di ricerca preliminare poiché non è stato semplice individuare articoli immediatamente relativi alle applicazioni della tecnologia Blockchain nel settore automobilistico. Dallo studio effettuato è possibile notare che la maggior parte delle soluzioni Blockchain esistenti si colloca lungo la filiera agroalimentare o sanitaria, dove la tracciabilità e la sicurezza delle informazioni ricoprono un ruolo fondamentale, mentre le esigue applicazioni implementate nel settore Automotive non riguardano una o più attività in particolare, ma piuttosto un intero processo, come la distribuzione, o situazioni, quali la vendita di un'auto nel mercato secondario o l'avvalersi di servizi di ricarica, che si verificano dopo la Supply Chain mappata nel Capitolo 2.

Un'ulteriore limitazione riguarda la mancanza di un riscontro pratico delle soluzioni proposte a causa dei lunghi tempi necessari per testarle e studiarne gli effetti. Sebbene si tratti di applicazioni che trovano già spazio in altri settori, non è sicuro che trovino lo stesso successo anche nell'industria automobilistica.

Infine, per studiare l'applicabilità di queste soluzioni, è necessario anche un'analisi economica che tenga conto degli investimenti necessari in merito alle infrastrutture fisiche e ai relativi costi di manutenzione. Ciò può rappresentare un problema perché gli attori appartenenti alla Supply Chain non solo hanno grandezze diverse e di conseguenza diverse disponibilità economiche, ma non godrebbero degli stessi vantaggi derivanti e quindi non avrebbero lo stesso incentivo ad investire.

4.3 Spunti di ricerca futura

Il successo ottenuto dalla tecnologia Blockchain in vari settori fa dedurre che la stessa offra margini di miglioramento notevoli nell'industria automobilistica, nonostante le poche soluzioni attualmente applicate. Come mostrato nel Capitolo 3, numerose sono le aziende che si sono dimostrate interessate alla tecnologia e ai vantaggi che può portare, ma che ancora non si sono approcciate a questa nuova tecnologia e, pertanto, non è da escludere che nel breve periodo di assisterà ad un aumento delle soluzioni che porterà ad un arricchimento della letteratura accademica. Sulla base del background letterario e delle limitazioni analizzate precedentemente, la ricerca futura potrebbe partire dal dimostrare l'applicabilità delle soluzioni proposte e, in caso di esito positivo, potrebbe proseguire studiandone i vantaggi.

Ad eccezione di Salesforce, utilizzata da Lamborghini per certificare le proprie auto d'epoca, le restanti applicazioni, pari al 90% delle soluzioni analizzate, sono state sviluppate ed applicate in realtà fuori dall'Italia, non solo in Europa, ma anche in USA e Messico, come nel caso di Part Chain, o in Brasile e in India nel caso di CargoX. Un altro spunto per la ricerca futura potrebbe essere proprio capire come le aziende italiane del settore automobilistico intendano affacciarsi a questa nuova tecnologia, se hanno intenzione di sviluppare nuove piattaforme o se decideranno di sfruttare le soluzioni già esistenti.

Le soluzioni proposte, invece, permettono di affrontare criticità di cui le applicazioni esistenti non si occupano, come la tracciabilità delle materie prime con l'obiettivo di una mobilità sostenibile, la tracciabilità in tempo reale anche della merce spedita dai fornitori, la certificazione di qualità e di provenienza dei pezzi di ricambio per evitare le contraffazioni, la tracciabilità delle operazioni di revisione a cui viene sottoposto il veicolo e la localizzazione delle parti lungo la catena, così da avere una migliore visibilità delle giacenze per superare il *double inventory*.

Infine, seppur affrontato brevemente nell'analisi del settore Automotive, si potrebbe esaminare più nel dettaglio l'impatto della pandemia dovuta al Covid-19 nella Supply Chain automobilistica, in particolare analizzando come le imprese si sono riorganizzate a seguito della "prima ondata" che ha caratterizzato il primo semestre del 2020 e se gli accorgimenti presi e le nuove disposizioni hanno fatto in modo che

si trovassero più preparate alla cosiddetta “seconda ondata” iniziata tra settembre e ottobre 2020.

Bibliografia

AHRAM, Tareq, et al. Blockchain technology innovations. In: *2017 IEEE technology & engineering management conference (TEMSCON)*. IEEE, 2017. p. 137-141.

AHSON, Syed A.; ILYAS, Mohammad. *RFID handbook: applications, technology, security, and privacy*. CRC press, 2017.

AICH, Satyabrata, et al. A review on benefits of IoT integrated Blockchain based supply chain management implementations across different sectors with case study. In: *2019 21st international conference on advanced communication technology (ICACT)*. IEEE, 2019. p. 138-141..

AKAFUAH, Nelson K., et al. Evolution of the automotive body coating process—A review. *Coatings*, 2016, 6.2: 24.

ALMADA-LOBO, Francisco. The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of innovation management*, 2015, 3.4: 16-21.

ARAÚJO, Jorge Rodríguez, et al. FPGA-based laser cladding system with increased robustness to optical defects. In: *IECON 2012-38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2012. p. 4688-4693.

ASHTON, Kevin, et al. That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, 2009, 22.7: 97-114.

AZAM, Farooq I., et al. An in-depth review on direct additive manufacturing of metals. In: *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2018. p. 012005.

AZUMA, Ronald T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1997, 6.4: 355-385.

BARFIELD, Woodrow (ed.). *Fundamentals of wearable computers and augmented reality*. CRC press, 2015.

BATTINI, Daria; BOYSEN, Nils; EMDE, Simon. Just-in-Time supermarkets for part supply in the automobile industry. *Journal of Management Control*, 2013, 24.2: 209-217.

BEAMON, Benita M. Supply chain design and analysis:: Models and methods. *International journal of production economics*, 1998, 55.3: 281-294.

BHASKAR, Nirupama Devi; CHUEN, David LEE Kuo. Bitcoin mining technology. In: *Handbook of digital currency*. Academic Press, 2015. p. 45-65.

BLOSS, Richard. Collaborative robots are rapidly providing major improvements in productivity, safety, programing ease, portability and cost while addressing many new applications. *Industrial Robot: An International Journal*, 2016.

BOGUE, Robert. Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market. *Industrial Robot: An International Journal*, 2016.

BOSCHI, F.; DE CAROLIS, A.; TAISCH, M. Nel cuore dell'Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems. *Industria Italiana*, 2017.

BOYSEN, Nils, et al. Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 2015, 242.1: 107-120.

BRODY, Paul. How blockchain is revolutionizing supply chain management. *Digitalist Magazine*, 2017, 1-7.

CERETTI, M., Development of a framework to guide enterprises in the evaluation of Blockchain based solutions for their supply chain, 2020

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter; KALRA, Dharam Vir. *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Boston, MA: Pearson, 2013.

CHRISTIDIS, Konstantinos; DEVETSIKIOTIS, Michael. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Ieee Access*, 2016, 4: 2292-2303.

COOPER, Martha C.; ELLRAM, Lisa M. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *The international journal of logistics management*, 1993.

- COUZIN, Thierry, et al. Analysis of the automotive sector's inbound supply chain. In: *Supply Chain Forum: An International Journal*. Taylor & Francis, 2001. p. 14-21.
- COX, Michael; ELLSWORTH, David. Application-controlled demand paging for out-of-core visualization. In: *Proceedings. Visualization'97 (Cat. No. 97CB36155)*. IEEE, 1997. p. 235-244.
- CUCCHIETTI, G., Digital Supply Chain nel settore Automotive: studio di possibili applicazioni, 2017
- DE LEON, Daniel Conte, et al. Blockchain: properties and misconceptions. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2017.
- ELLRAM, Lisa M.; COOPER, Martha C. Supply chain management, partnership, and the shipper-third party relationship. *The International Journal of Logistics Management*, 1990, 1.2: 1-10.
- FORTUNA, Dominik; CONSTANTINESCU, Carmen; WESTKÄMPER, Engelbert. Fabbrica intelligente: un passo verso la prossima generazione di produzione. In: *Sistemi e tecnologie di produzione per la nuova frontiera*. Springer, Londra, 2008. p. 115-118.
- FRAGA-LAMAS, Paula; FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M. A review on blockchain technologies for an advanced and cyber-resilient automotive industry. *IEEE Access*, 2019, 7: 17578-17598.
- FRANCISCONI, Mattia. An explorative study on blockchain technology in application to port logistics. 2017.
- FROYSTAD, Peter; HOLM, Jarle. Blockchain: powering the internet of value. *Evry Labs*, 2016.
- GEREFFI, Gary. The new offshoring of jobs and global development. *International labour organization*, 2006.

- GOBETTO, Marco. Operations management in automotive industries. *From industrial strategies to production resources management, through the industrialization process and supply chain to pursue value creation*, 2014, 49.
- GOLAN, Elise H., et al. *Traceability in the US food supply: economic theory and industry studies*. 2004.
- HABER, Stuart; STORNETTA, W. Scott. How to time-stamp a digital document. In: *Conference on the Theory and Application of Cryptography*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1990. p. 437-455.
- HASHEM, Ibrahim Abaker Targio, et al. The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information systems*, 2015, 47: 98-115.
- HERRMANN, Stefanie, et al. Co-creating value in the automotive supply chain: an RFID application for processing finished vehicles. *Production Planning & Control*, 2015, 26.12: 981-993.
- HOLWEG, M.; JONES, D. T. The challenge of building cars to order, can current automotive supply chains cope. *3DayCar Internal Report*, 2000.
- HOLWEG, Matthias; MIEMCZYK, Joe. Logistics in the “three-day car” age. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2002.
- HUA, Stella Y.; JOHNSON, Danny J. Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking. *International Journal of Production Research*, 2010, 48.3: 779-800.
- HUANG, Hui; CHEN, Xiaofeng; WANG, Jianfeng. Blockchain-based multiple groups data sharing with anonymity and traceability. *Science China Information Sciences*, 2020, 63.3: 130101.
- HWAIYU, Geng; MCKEETH, J. *Internet of things and data analytics handbook*. 2016.
- IULIANO, Luca. *Introduzione all’Additive Manufacturing*. Politecnico di Torino.
- JACOBS, Adam. The pathologies of big data. *Communications of the ACM*, 2009, 52.8: 36-44.

JIANG, Jehn-Ruey. An improved cyber-physical systems architecture for Industry 4.0 smart factories. *Advances in Mechanical Engineering*, 2018, 10.6: 1687814018784192.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendation for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0—Securing the Future of German Manufacturing Industry, Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Acatech—National Academy of Science and Engineering; Forschungsunion: Munchen, Germany*, 2013.

KCHAOU-BOUJELBEN, Mouna. Modeling and solving a distribution network design problem with multiple operational constraints. Application to a case-study in the automotive industry. 2013. PhD Thesis.

KUHN, Marlene, et al. Blockchain Enabled Traceability—Securing Process Quality in Manufacturing Chains in the Age of Autonomous Driving. In: *2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*. IEEE, 2018. p. 131-136.

LA LONDE, Bernard J. Supply chain management: myth or reality?. *Supply Chain Management Review*, 1997, 1.1: 6-7.

LAMBERT, Douglas M. The eight essential supply chain management processes. *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT REVIEW*, V. 8, NO. 6 (SEPT. 2004), P. 18-26: ILL, 2004, 8.6.

LARSON, Paul D.; HALLDORSSON, Arni. Logistics versus supply chain management: an international survey. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2004, 7.1: 17-31.

LASI, Heiner, et al. Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 2014, 6.4: 239-242.

LEE, Edward A. Cyber-physical systems-are computing foundations adequate. In: *Position paper for NSF workshop on cyber-physical systems: research motivation, techniques and roadmap*. Citeseer, 2006. p. 1-9.

- LIN, Jie, et al. A survey on internet of things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 2017, 4.5: 1125-1142.
- LU, Donghang, et al. Reducing automotive counterfeiting using blockchain: benefits and challenges. In: *2019 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON)*. IEEE, 2019. p. 39-48.
- MAZZEI, Daniele, et al. A Blockchain Tokenizer for Industrial IOT trustless applications. *Future Generation Computer Systems*, 2020, 105: 432-445.
- MELL, Peter, et al. The NIST definition of cloud computing. 2011.
- MEYER, Herbert. Supply chain planning in the German automotive industry. In: *Supply Chain Planning*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 1-23.
- MIEHLE, Daniel, et al. PartChain: A Decentralized Traceability Application for Multi-Tier Supply Chain Networks in the Automotive Industry. In: *2019 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON)*. IEEE, 2019. p. 140-145.
- MIEMCZYK, Joe; HOLWEG, Matthias. Building cars to customer order—what does it mean for inbound logistics operations?. *Journal of Business Logistics*, 2004, 25.2: 171-197.
- MIN, Hokey. Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. *Business Horizons*, 2019, 62.1: 35-45.
- MORABITO, Vincenzo. Business innovation through blockchain. *Cham: Springer International Publishing*, 2017.
- MOTLAGH, Farzan Yazdi; GÖHNER, Peter. Adaptive Human-Machine-Interface of Automation Systems. In: *Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 175-182.
- NAKAMOTO, Satoshi. *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. Manubot, 2019.

NISHIHARA, Anderson; OKAMOTO, Jun. Object recognition in assembly assisted by augmented reality system. In: *2015 SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*. IEEE, 2015. p. 400-407.

NIST BIG DATA PUBLIC WORKING GROUP, et al. Nist big data interoperability framework: Volume 1, definitions (version 3). *Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology*. doi, 2018, 10: 1500-1.

PERBOLI, Guido; MUSSO, Stefano; ROSANO, Mariangela. Blockchain in logistics and supply chain: A lean approach for designing real-world use cases. *IEEE Access*, 2018, 6: 62018-62028.

PINNA, Roberta. L'evoluzione nella dimensione organizzativa della supply chain: dalla gestione di un flusso alla gestione di una rete. F. Angeli, 2006.

PUTHAL, Deepak, et al. Everything you wanted to know about the blockchain: Its promise, components, processes, and problems. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 2018, 7.4: 6-14.

PUTHAL, Deepak, et al. The blockchain as a decentralized security framework [future directions]. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 2018, 7.2: 18-21.

RAI, Arun; PATNAYAKUNI, Ravi; SETH, Nainika. Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. *MIS quarterly*, 2006, 225-246.

REIMERS, Tim; LEBER, Felix; LECHNER, Ulrike. Integration of Blockchain and Internet of Things in a Car Supply Chain. In: *2019 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON)*. IEEE, 2019. p. 146-151.

SEYEDGHORBAN, Zahra, et al. Supply chain digitalization: past, present and future. *Production Planning & Control*, 2020, 31.2-3: 96-114.

SHARMA, Pradip Kumar; KUMAR, Neeraj; PARK, Jong Hyuk. Blockchain-based distributed framework for automotive industry in a smart city. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018, 15.7: 4197-4205.

STAEBLEIN, Thomas; AOKI, Katsuki. Planning and scheduling in the automotive industry: A comparison of industrial practice at German and Japanese makers. *International Journal of Production Economics*, 2015, 162: 258-272.

STURGEON, Timothy J., et al. Globalisation of the automotive industry: main features and trends. *International Journal of Technological learning, innovation and development*, 2009, 2.1-2: 7-24.

STURGEON, Timothy J.; VAN BIESEBROECK, Johannes. Crisis and protection in the automotive industry: a global value chain perspective. The World Bank, 2009.

STURGEON, Timothy; VAN BIESEBROECK, Johannes; GEREFFI, Gary. Prospects for Canada in the NAFTA automotive industry: a global value chain analysis. Reporte investigativo de Industry Canada, 2007.

SUPRANEE, Sowichaya; ROTCHANAKITUMNUAI, Siriluck. The acceptance of the application of blockchain technology in the supply chain process of the Thai automotive industry. In: *Proceedings of the International Conference on Electronic Business (ICEB)*. 2017. p. 252-257.

SUTHIKARNARUNAI, N. Automotive supply chain and logistics management. In: *Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists*. 2008. p. 1-7.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin, 2016.

TRAPPEY, Amy JC, et al. IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 2017, 40.7: 593-602.

TYNDALL, Gene, et al. Supercharging supply chains. New ways to increase value through global operational excellence. 1998.

VIRONE, S., Impatti della Blockchain nella Supply Chain, 2020

VOLPATO, Giuseppe; ZIRPOLI, Francesco. L'auto dopo la crisi. Francesco Brioschi Editore, 2011.

VYAS, Nick; BEIJE, Aljosja; KRISHNAMACHARI, Bhaskar. *Blockchain and the Supply Chain: Concepts, Strategies and Practical Applications*. Kogan Page Publishers, 2019.

WERTHMANN, Dirk; BRANDWEIN, Dennis; RUTHENBECK, Carmen. Standardized information exchange in automotive distribution processes. *IFAC Proceedings Volumes*, 2013, 46.9: 670-675.

WU, Lifang, et al. Smart supply chain management: a review and implications for future research. *The International Journal of Logistics Management*, 2016.

ZANGIACOMI, Andrea, et al. Moving towards digitalization: a multiple case study in manufacturing. *Production Planning & Control*, 2020, 31.2-3: 143-157.

ZHAO, Dongchang, et al. Research on the Application of Block Chain in automobile industry. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. p. 032076.

Sitografia

- [1] [Online]. Available:
https://www.agid.gov.it/sites/default/files/repository_files/rapporto_agid_sulla_spe_sa_ict_nella_sanita_territoriale_italiana.pdf.
- [2] [Online]. Available: <https://www.entersoftware.it/supply-chain-management/>.
- [3] [Online]. Available: <https://www.mecalux.it/blog/supply-chain-cos-e#:~:text=Supply%20chain%3A%20cos'%C3%A8%20e%20come%20funziona%20la%20catena%20di%20approvvigionamento,-LinkedIn&text=Per%20supply%20chain%20o%20catena,dal%20fornitore%20fino%20al%20cliente..>
- [4] [Online]. Available: <https://www.assolombarda.it/le-imprese/filiere/filiera-automotive/informazioni/scopri-la-filiera-automotive>.
- [5] [Online]. Available: <https://it.wikipedia.org/wiki/Filiera>.
- [6] [Online]. Available:
https://it.wikipedia.org/wiki/Gestione_della_catena_di_distribuzione.
- [7] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_automobilistica.
- [8] [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/automotive-industry#info-article-contributors>.
- [9] [Online]. Available: <https://www.iperauto.it/blog/info-e-mercato/mercato-auto-2019-tutti-i>.
- [10] [Online]. Available:
https://www.quattroruote.it/news/mercato/2020/02/03/mercato_italiano_vendite_auto_gennaio_2020.html.
- [11] [Online]. Available: <https://www.newsauto.it/notizie/mercato-auto-aprile-vendite-crisi-covid-19-2020-261943/>.
- [12] [Online]. Available: <https://www.newsauto.it/notizie/auto-piu-vendute-classifica-vendite-mercato-immatricolazioni-maggio-2020-266967/#foto-6>.
- [13] [Online]. Available:
https://www.ansa.it/canale_motori/notizie/analisi_commenti/2020/06/17/auto-covid-dimezza-vendite-a-maggio-568-europa_88bc88ea-e703-4d06-8abc-

4997b4f319d3.html.

- [14] [Online]. Available: <https://www.ilsole24ore.com/art/a-giugno-immatricolazioni-calco-23percento-italia-mercato-dimezzato-dall-inizio-dell-anno-ADPAHmb>.
- [15] [Online]. Available: <https://motori.virgilio.it/auto/settore-automotive-dimensioni-crisi/144387/>.
- [16] [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/automobile>.
- [17] [Online]. Available: <https://www.industriaitaliana.it/cosa-davvero-la-smart-factory/>.
- [18] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Spoletta_volante.
- [19] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Rivoluzione_industriale.
- [20] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Motore_a_vapore.
- [21] [Online]. Available: https://www.bcg.com/it-it/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.
- [22] [Online]. Available: <https://www.digital4.biz/supply-chain/industria-40-politecnico-milano-sei-tecnologie-abilitanti/>.
- [23] [Online]. Available: http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mck_industry_40_report.pdf.
- [24] [Online]. Available: <https://www.internet4things.it/industry-4-0/cyber-physical-systems-cps-cosa-sono-come-stanno-rivoluzionando-il-mondo-industriale/>.
- [25] [Online]. Available: [https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_delle_cose#:~:text=Internet%20delle%20cose%20\(IdC%20o,oggetti%20e%20dei%20luoghi%20concreti..](https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_delle_cose#:~:text=Internet%20delle%20cose%20(IdC%20o,oggetti%20e%20dei%20luoghi%20concreti..)
- [26] [Online]. Available: <https://www.zerounoweb.it/analytics/big-data/internet-of-things-iot-come-funziona/>.
- [27] [Online]. Available: https://www.halstrup-walcher.de/halstrup-walcher-wAssets/docs/pressemeldungen/IT/2015_Fachartikel_Industria-4.0-Cambio-di-formato_IT.pdf.
- [28] [Online]. Available: <https://www.reply.com/it/topics/internet-of-things/the-evolution-of-the-consumer-internet-of-things>.
- [29] [Online]. Available: <https://gs1it.org/>.

- [30] [Online]. Available: <https://www.winit.it/2019/10/08/come-e-fatto-un-tag-rfid/>.
- [31] [Online]. Available: <https://bigdatablock.com/>.
- [32] [Online]. Available: <https://ricominciada4.fondirigenti.it/>.
- [33] [Online]. Available: <https://megamarketing.it/ecommerce-saas-vs-cloud-confronto-lista-di-controllo/>.
- [34] [Online]. Available: <https://coinnounce.com/journey-of-marc-kenigsberg-from-a-marketing-agent-to-the-founder-of-coinjanitor-blocksmarter/>.
- [35] [Online]. Available: <https://www.money.it/cina-criptoaluta-di-stato-in-arrivo>.
- [36] [Online]. Available: <https://www.money.it/+Bitcoin-BTC-USD-quotazione+>.
- [37] [Online]. Available: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/>.
- [38] [Online]. Available: <http://www.focusgmt.it/>.
- [39] [Online]. Available: <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper#ethereum>.
- [40] [Online]. Available: <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>.
- [41] [Online]. Available: <https://www.digital4.biz/supply-chain/la-stampa-3d-rivoluzionaria-la-logistica-dai-ricambi-giornata-alla-produzione-domicilio/>.
- [42] [Online]. Available: <https://www.i-en.com/>.
- [43] [Online]. Available: <https://mteess.gouvernement.lu/fr.html>.
- [44] [Online]. Available: <https://www.mark-up.it/fashion-luxury-migliorano-le-performance-digitali/>.
- [45] [Online]. Available: <https://www.ispazio.net/1813802/ikea-place-lapp-che-sfrutta-arkit-per-arredare-la-vostra-casa-e-disponibile-app-store-usa>.
- [46] [Online]. Available: <https://www.themanufacturer.com/>.
- [47] [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Build_to_order.
- [48] [Online]. Available:
http://docenti.unimc.it/p1.silvestrelli/teaching/2016/16068/files/lezione%206_progammazione%20della%20produzione.pdf.
- [49] [Online]. Available: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/push-pull.html#:~:text=Push%20significa%20spingere%2C%20ovvero%20gestire,%2C%20u>

n'azione%20su%20richiesta..

- [50] [Online]. Available: <https://europe.autonews.com/article/20130711/BLOG15/307119986/jaguar-land-rover-strike-vote-highlights-risks-of-non-staff-workers>.
- [51] [Online]. Available: <https://www.caranddriver.com/news/a15371161/hydrogen-at-work-bmws-materials-mover-previews-hydrogen-fueled-future/>.
- [52] [Online]. Available: <https://www.leanthinking.it/cosa-e-il-lean-thinking/glossario/takt-time/>.
- [53] [Online]. Available: <https://www.morellogiovanni.it/prodotti/semoventi-su-binario/>.
- [54] [Online]. Available: <http://www.leanlab.kr/>.
- [55] [Online]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-1/Automobile.html>.
- [56] [Online]. Available: <https://www.ralph-dte.eu/2011/10/28/verso-la-riduzione-della-massa-dei-veicoli-ibridi-prima-parte/>.
- [57] [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/TalVagman/automotive-manufacturing-process-overview>.
- [58] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Gruppo_motopropulsore.
- [59] [Online]. Available: <http://www.economix.unirc.it/leffetto-frusta-quando-il-rischio-e-farsi-male-due-volte/>.
- [60] [Online]. Available: <https://www.mecalux.it/blog/effetto-frusta-bullwhip-effect>.
- [61] [Online]. Available: <https://www.nhtsa.gov/equipment/takata-recall-spotlight>.
- [62] [Online]. Available: <https://www.ft.com/content/e02969fc-0dc0-11e8-8eb7-42f857ea9f09>.
- [63] [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/5122/blockchain/#:~:text=Worldwide%20spending%20on%20blockchain%20solutions,estimated%2015.9%20billion%20by%202023.&text=The%20financial%20sector%20accounts%20for,industry%20from%20healthcare%20to%20agriculture..>
- [64] [Online]. Available: https://www.agi.it/economia/evasione_fiscale_scontrini_aziende-6301680/news/2019-10-

- [79] [Online]. Available: <https://www.pcabroker.com/blockchain-e-automotive/>.
- [80] [Online]. Available: <https://www.zerounoweb.it/software/blockchain/le-blockchain-si-diffondono-nellautomotive/>.
- [81] [Online]. Available: <https://www.quattroruote.it/guide/componenti-auto/Infotainment.html>.
- [82] [Online]. Available: <https://www.automobile.it/magazine/come-funziona/infotainment-auto-4434>.
- [83] [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/748053/worldwide-top-countries-smartphone-users/>.
- [84] [Online]. Available: https://www.dbi.srl/Tracciabilit%C3%A0_Prodotti_QR_Serializzazione.pdf.
- [85] [Online]. Available: <https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/automotive-marelli-porta-la-blockchain-nella-logistica/>.
- [86] [Online]. Available: <https://www.impresacity.it/news/23237/blockchain-e-automotive-bmw-lancia-partchain.html>.
- [87] [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Polizza_di_carico.
- [88] [Online]. Available: <https://transmetrics.eu/blog/logistics-startup-of-the-month-cargox/>.
- [89] [Online]. Available: <https://www.bmw.com/it/innovation/blockchain-automotive.html>.
- [90] [Online]. Available: <https://www.reply.com/it/content/thats-mine>.
- [91] [Online]. Available: <https://www.motorionline.com/2017/07/25/renault-partnership-con-microsoft-e-viseo-per-la-realizzazione-di-un-prototipo-di-libretto-digitale/>.
- [92] [Online]. Available: <https://www.magazinequalita.it/bosch-tuv-rheinland-contachilometri/>.
- [93] [Online]. Available: https://www.repubblica.it/motori/sezioni/classic-cars/2019/11/21/news/lamborghini_autenticita_garantita_con_salesforce-241569997/.
- [94] [Online]. Available: <https://www.lamborghini.com/it-en/news/created-create-4->

nasce-una-nuova-unica-aventador-s.

- [95] [Online]. Available: <https://bitecoin.it/2019/11/19/lamborghini-salesforce-blockchain-per-certificare-le-auto-depoca/>.
- [96] [Online]. Available: <https://newsroom.porsche.com/en/innovation/digital-deep-tech/porsche-blockchain-panamera-xain-technology-app-bitcoin-ethereum-data-smart-contracts-porsche-innovation-contest-14906.html>.
- [97] [Online]. Available: http://elettronica-plus.it/porsche-sperimenta-le-tecnologie-blockchain-per-le-auto_94542/.
- [98] [Online]. Available: <https://www.automoto.it/news/dal-bitcoin-alle-porsche-la-blockchain-approda-nell-auto.html#:~:text=Porsche%20%C3%A8%20il%20primo%20costruttore%20ad%20adottare%20la%20tecnologia%20blockchain%20nelle%20automobili.&text=Il%20sistema%20di%20blocco%20e,ai%20si>
- [99] [Online]. Available: <https://car-ewallet.de/>.
- [100] [Online]. Available: <https://car-ewallet.de/index.php/how-you-benefit/>.
- [101] [Online]. Available: <https://car-ewallet.de/index.php/what-we-do/>.
- [102] [Online]. Available: https://www.volkswagenag.com/en/news/2019/04/volkswagen_blockchain_minespider.html.
- [103] [Online]. Available: <https://modo.volkswagengroup.it/it/vision/materie-prime-e-blockchain-la-sostenibilita-ambientale-volkswagen>.
- [104] [Online]. Available: ibm.com/blockchain/iot.
- [105] [Online]. Available: <https://blog.satair.com/applications-of-blockchain-in-aviation>.
- [106] [Online]. Available: <https://www.crunchbase.com/organization/block-aero-technologies-limited>.
- [107] [Online]. Available: <https://www.ledgerinsights.com/rolls-royce-blockchain-hackathon-aircraft-engine/>.
- [108] [Online]. Available: <https://www.internationalairs.com/Announcement/Announcement?strPath=FAIZOD>.