POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Implementazione di tecnologie 5G nella logistica portuale: analisi degli attori coinvolti nel progetto 5G-LOGINNOV

Relatore:

Prof.re Perboli Guido

Candidato:

Sità Gabriele

Correlatore:

Prof.re Musso Stefano

Anno Accademico 2020/2021

INTRODUZIONE

Storicamente ciascuna rivoluzione industriale ha contribuito all'emergere di nuovi trend logistici, in particolare l'avvento dell'Industria 4.0 ha determinato lo sviluppo del concetto di *Smart Logistics* o *Logistica 4.0.* A tal proposito, la connessione mobile 5G ha consentito l'implementazione di sistemi tecnologici in grado di abilitare processi sempre più efficienti, venendo in soccorso alle attuali sfide della nuova era digitale. In questo ambito i porti risultano avere un ruolo centrale nel processo di digitalizzazione, in quanto rappresentano sia un naturale banco di prova per la sperimentazione di nuove tecnologie sia una sistema in grado di abilitare diversi servizi anche al di fuori dell'ambiente portuale.

Il porto digitale o *Smart Port* rappresenta un sistema complesso in cui le relazioni che interconnettono le varie componenti sono molteplici, interdipendenti e circolari.

Il progetto 5G-LOGINNOV, acronimo di "5G- LOGistics value chain INNOVation", si inserisce alla perfezione in questo contesto e attraverso lo sviluppo di 11 casi d'uso punta a migliorare l'efficienza delle operazioni di traffico e trasporto merci all'interno di tre Living Labs (Porto di Atene, Porto di Koper, Porto di Amburgo).

L'innovazione principale del progetto 5G-LOGINNOV consiste nel creare un'offerta Europea di prima classe per le tecnologie di base 5G e per i nuovi dispositivi Internet of Things (IoT)-5G che abbiano un mercato di impronta globale. 5G-LOGINNOV avrà un impatto molto importante sull'industria della logistica in quanto i casi d'uso innovativi che verranno implementati nei tre Living Labs valuteranno i servizi abilitati dal 5G nel corso del progetto.

Inoltre, verrà posta particolare attenzione nei confronti di argomenti come la riduzione delle emissioni e dell'inquinamento atmosferico e il coinvolgimento nel settore logistico di PMI e start-up.

Per analizzare gli attori coinvolti nel progetto, è stato elaborato il questionario "5G-LOGINNOV – STAKEHOLDER ASSESSMENT" con lo scopo di studiare gli stakeholder per comprendere l'interesse e ottenere dei feedback riguardo alle nuove soluzioni tecnologiche.

Nello specifico, in questo lavoro di tesi sono state esaminate le risposte al questionario e attraverso l'utilizzo di strumenti statistici è state valutata, in primo luogo, la conoscenza delle tecnologie 5G tra i differenti attori della catena logistica; successivamente è stato analizzato il livello implementazione e i benefici attesi dall'adozione delle tecnologie e infine è stato esaminato l'impatto dei casi d'uso sull'ottimizzazione delle attività portuali.

INDICE

CAPITOLO 1 - LOGISTICA 4.0

1.1 EVOLUZIONE DELLA LOGISTICA……6
1.1.1 Logistica 1.0……6
1.1.2 Logistica 2.0……6
1.1.3 Logistica 3.0……6
1.1.4 Logistica 4.0……7
1.2 IMPLICAZIONI TECNOLOGICHE DELLA LOGISTICA 4.0……8
1.2.1 Pianificazione delle risorse……8
1.2.2 Sistemi di gestione dei magazzini……8
1.2.3 Sistemi di gestione dei trasporti……8
1.2.4 Sistemi di trasporto intelligenti……8
1.2.5 Sicurezza delle informazioni……8
1.3 TREND EMERGENTI, MODELLI DI BUSINESS E SOSTENIBILITÀ……9
1.3.1 Customization……9
1.3.2 Servitizzazione……10
1.3.3 Accessibilità……10
1.3.4 Autonomia……10
1.3.5 Network globale……11
1.3.6 Digitalizzazione……11
1.3.7 Green logistics/ circular economy……11
1.3.8 Sharing economy……11

CAPITOLO 2 - IMPATTO DEL 5G SULL'INDUSTRIA 4.0

2.1 STORIA DELL'INTERNET MOBILE……13
2.1.1 Enhanced Mobile Broadband (eMBB)……14
2.1.2 Massive machine type communication (mMTC)……14
2.1.3 Ultra-reliable and low latency communication (URLCC)……14
2.2 TECNOLOGIE DEL 5G……15
2.2.1 Nuove frequenze radio e onde millimetriche……15
2.2.2 Small cell……15
2.2.3 MIMO massivo……15
2.2.4 Beamforming……16
2.2.5 Full duplex……16
2.3 5G E INDUSTRIA MANIFATTURIERA……16
2.3.1 Scenari applicativi realizzabili attraverso mMTC……16
2.3.2 Scenari applicativi realizzabili attraverso URLCC……16
2.3.3 Scenari applicativi realizzabili attraverso eMBB……17
2.4 5G E DIGITAL SUPPLY CHAIN……17
2.4.1 Hyperautomation……17
2.4.2 Digital supply chain twin……18
2.4.3 Continuous intelligence……18
2.4.4 Supply chain governance and security……18

2.4.5 Edge computing and analytics..... 19
2.4.6 Artificial intelligence..... 19
2.4.7 5G networks..... 19
2.4.8 Immersive experience..... 19

CAPITOLO 3 - SMART PORT

3.1 SMART PORT ACTIVITY SYSTEM..... 21
3.1.1 Intelligent information system..... 22
3.1.2 Smart ship management..... 22
3.1.3 Intelligent traffic flow..... 22
3.1.4 Smart port infrastructure..... 23
3.1.5 Smart container..... 23

CAPITOLO 4 - IL PROGETTO 5G-LOGINNOV

4.1 VISION DEL PROGETTO..... 24
4.2 LIVING LABS..... 25
4.2.1 Porto di Atene..... 25
4.2.2 Porto di Amburgo..... 25
4.2.3 Porto di Koper..... 25
4.3 FASI DEL PROGETTO..... 26
4.4 OBIETTIVI..... 27
4.5 CASI D'USO..... 28
4.5.1 UC1: Piattaforma di gestione e orchestrazione di rete 5G-LOGINNOV (MANO)..... 28
4.5.2 UC2: Ecosistema della piattaforma 5G-LOGINNOV Device Management..... 28
4.5.3 UC3: La selezione dei camion da cantiere 5G-LOGINNOV..... 28
4.5.4 UC4: Le telecamere di sorveglianza e analisi video ottimali 5G-LOGINNOV..... 29
4.5.5 UC5: L'automazione 5G-LOGINNOV per i porti: controllo portuale, logistica e automazione remota..... 29
4.5.6 UC6: 5G-LOGINNOV 5G per comunicazioni mission-critical nei porti..... 29
4.5.7 UC7: La manutenzione predittiva 5G-LOGINNOV..... 29
4.5.8 UC8/9: 5G-LOGINNOV Floating Truck & Emission Data (FTED)..... 30
4.5.9 UC10: 5G GLOSA e Automated Truck Platooning nell'ambito dell'iniziativa ecologica 5G-LOGINNOV..... 30
4.5.10 UC11: 5G-LOGINNOV loop di controllo dinamico per azioni di gestione del traffico sensibili all'ambiente (DCET) 30
4.6 LIVELLO DI MATURITÀ TECNOLOGICA 31
4.7 IMPATTI..... 32

CAPITOLO 5 - QUESTIONARIO E ANALISI DEI DATI

5.1 OBIETTIVI DEL QUESTIONARIO..... 34
5.2 PROFILAZIONE DEGLI INTERVISTATI..... 34

5.3 CONNESSIONE TRA LIVELLO DELLA CATENA LOGISTICA E CONOSCENZA DELLE TECNOLOGIE.... 38
5.3.1 Metodologia di analisi dei dati: tabelle di contingenza, test Chi-Quadro e residui standardizzati..... 38
5.3.1.1 Distribuzione condizionata..... 39
5.3.1.2 Test del Chi-Quadro e residui standardizzati..... 39
5.3.2 Cloud..... 42
5.3.3 Internet of Things..... 43
5.3.4 Cyber – Physical Systems..... 44
5.3.5 Cyber – Security Systems..... 45
5.3.6 Smart Sensors..... 46
5.3.7 Big Data Analytics..... 47
5.3.8 Artificial Intelligence 48
5.3.9 Blockchain..... 49
5.3.10 5G..... 50
5.3.11 Wearable and Smart Devices..... 51
5.3.12 Connessione tra il livello della catena logistica e la conoscenza delle tecnologie..... 52
5.4 IMPLEMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE..... 55
5.4.1 Benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie..... 57
5.4.1.1 Benefici derivanti dall'implementazione del 5G..... 58
5.4.1.2 Benefici derivanti dall'implementazione di IoT e Digital Twin..... 59
5.4.1.3 Benefici derivanti dall'implementazione del Cloud Computing..... 60
5.4.1.4 Benefici derivanti dalla Blockchain e Artificial Intelligence..... 61
5.5 LIVELLO DI ACCESSIBILITÀ DEI DATI AZIENDALI..... 62
5.6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEI CASI D'USO..... 64
5.6.1 Metodologia di analisi dei dati: il metodo di Borda..... 64
5.6.2 UC1..... 66
5.6.3 UC5..... 67
5.6.4 UC6..... 68
5.6.5 UC8/9..... 69
5.6.6 UC10..... 70
5.6.7 UC11..... 71
5.6.8 Progressi attesi dall'implementazione dei casi d'uso..... 72
5.6.9 Casi d'uso e critical success factors..... 73

CAPITOLO 6 - CONCLUSIONI..... 75

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA..... 77

CAPITOLO 1

LOGISTICA 4.0

1.1 EVOLUZIONE DELLA LOGISTICA

Per definire al meglio il concetto di Logistica 4.0 è necessario ripercorrere il contesto storico dell'evoluzione dei processi logistici e individuarne i trend. È importante, inoltre, sottolineare la stretta relazione tra le rivoluzioni industriali e i cambiamenti logistici associati. L'industria 4.0 sta trasformando completamente il concetto di logistica attraverso l'implementazione di tecnologie sempre più innovative. Allo stesso modo, in passato, le rivoluzioni industriali ebbero un profondo impatto sull'organizzazione e sulla gestione dei flussi di materiali e delle informazioni correlate.

1.1.1 Logistica 1.0

La prima rivoluzione industriale iniziò nella seconda metà del '700 grazie all'invenzione cardine del motore a vapore. L'utilizzo e la diffusione di macchine azionate da energia meccanica portarono a profondi cambiamenti a livello industriale, economico, socio-culturale e politico.
Per quanto concerne i trasporti, la novità rivoluzionaria fu la cosiddetta "meccanizzazione dei trasporti".
L'introduzione del concetto di Logistica inteso come processo aziendale arrivò, però, solamente tra il 1960 e il 1970.
Lo studio della logistica si concentrava principalmente sullo studio e l'ottimizzazione delle 3 "P":

- PLACE: Movimentazione delle merci in luoghi in cui possono avere un maggior valore per il cliente.
- PERIOD AND PACE (Time value): Ottimizzazione dei tempi attraverso una migliore gestione dell'inventario e del flusso di merci.
- PATTERN: Creazione di valore per il cliente attraverso un focus sulla tipologia di merci e di ordine desiderati [1].

1.1.2 Logistica 2.0

Durante gli anni '60 aumentò esponenzialmente l'impatto della produzione di massa sullo sviluppo dell'industria. La produzione di massa influenzò anche il mondo dei trasporti e della logistica, infatti essa necessitava dell'automazione della movimentazione.
A seguito di questa evoluzione, le aziende iniziarono a comunicare tra loro per poter gestire e coordinare al meglio il flusso fisico all'interno e all'esterno delle loro organizzazioni.
Venne introdotto quindi il termine "Supply Chain Management", il quale secondo la definizione di Sheffi & Klaus viene definito come la logistica, ma con una ulteriore "P": PROCESS COORDINATION.
Quindi, la rivoluzione della Logistica 2.0 fu quella di ottimizzare ulteriormente i processi cercando di migliorarne il processo di coordinamento tra attori appartenenti alla stessa filiera [1].

1.1.3 Logistica 3.0

Nel 1968 fu prodotto il primo robot industriale e questo diede inizio alla terza rivoluzione industriale.
La terza rivoluzione logistica avvenne, invece, attraverso i "Sistemi di gestione della logistica". Durante questa fase l'attenzione si spostò verso la "Gestione del flusso" e venne introdotta la quinta "P", definita "PLIANCY".

Il focus non era più solamente sul flusso fisico ma venivano presi in considerazione anche i flussi di cassa, i flussi di decisioni e idee e tutto ciò che creava valore per il cliente [1].

1.1.4 Logistica 4.0

Il termine "Industria 4.0", viene utilizzato per i recenti progressi nella produzione industriale, in particolare per i progressi nelle tecnologie digitali. Mentre le prime tre rivoluzioni industriali sono state il risultato della meccanizzazione, dell'uso dell'energia elettrica e della tecnologia dell'informazione, la quarta rivoluzione riguarda l'uso delle tecnologie digitali che abilitano processi, prodotti e servizi nuovi e più efficienti.
Le componenti principali dell'industria 4.0 identificate da Hermann et al. [2] sono:

-Smart Factory: sistemi automatizzati e intelligenti che hanno trasformato la produzione di aziende.

- Cyber-Physical Systems (CPS): sistemi che mettono in comunicazione oggetti e processi reali (fisici) con processi di elaborazione delle informazioni (virtuali) tramite reti di informazione aperte e interconnesse.

-Internet of Things (IoT): tutti gli oggetti (prodotti, macchine, apparecchiature, esseri umani) sono interconnessi e collegati in rete.

All'interno dell'industria 4.0 la logistica e la supply chain si basano principalmente su Cyber-Physical Systems (CPS). I CPS sono realizzati attraverso l'integrazione di sistemi hardware (sensori, robot, ecc…) e utilizzano il cloud computing come unità di archiviazione di dati centralizzata.
Attraverso i CPS e il cloud computing nasce la cosiddetta "Smart Logistics" o "Logistica 4.0".
La rivoluzione della Smart Logistics è il suo focus sulla Value Chain Management (VCM), infatti attraverso la gestione della catena del valore si cerca di massimizzare il valore dei prodotti coinvolgendo i consumatori (utenti finali) nella progettazione del prodotto per trasformare le esigenze dei clienti in valori aziendali [1].

Nella figura 1 viene riassunta l'evoluzione storica della logistica.

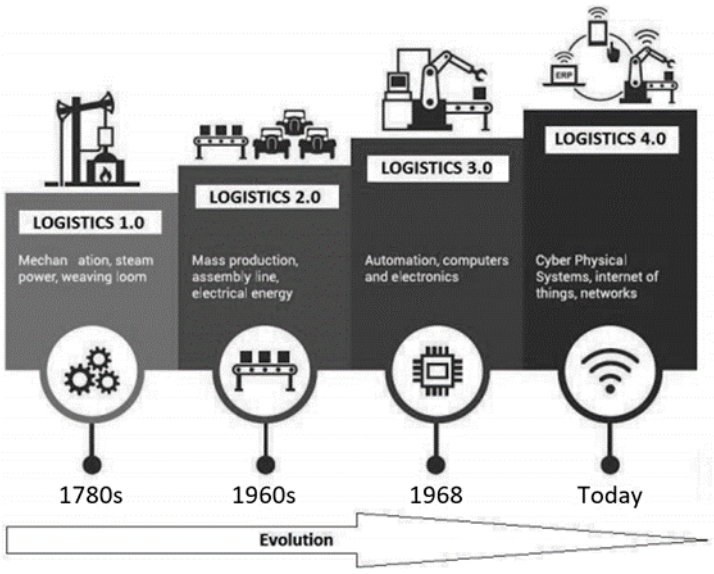

Figura 1: Evoluzione della logistica [3]

1.2 IMPLICAZIONI TECNOLOGICHE DELLA LOGISTICA 4.0

La "*Smart logistic"* permette una stretta collaborazione col cliente attraverso una elevata flessibilità e una maggiore reattività ai cambiamenti del mercato.
Questi obiettivi strategici sono raggiungibili solamente attraverso la disponibilità e l'implementazione di innovative applicazioni tecnologiche in diversi ambiti.

1.2.1 Pianificazione delle risorse

Attraverso l'implementazione di sistemi CPS le procedure di gestione della pianificazione delle risorse migliorano la produttività e la reattività ai cambiamenti che potrebbero verificarsi nelle catene di fornitura. Grazie ad una maggiore trasparenza tra i principali attori della filiera viene garantita una previsione più accurata delle risorse necessarie (persone, materiali, ecc…) [4].

1.2.2 Sistemi di gestione dei magazzini

L' introduzione di Warehouse Management Systems (WMS) "intelligenti" trasformerà le attività di magazzino.
Per esempio, i camion potranno comunicare la posizione e l'orario previsto di arrivo al WMS il quale assegnerà uno slot orario e verrà ottimizzata la consegna just-in-time, attribuirà lo spazio di stoccaggio in base alle specifiche di consegna e richiederà l'attrezzatura necessaria per la movimentazione della merce.
Attraverso WMS "intelligenti" sarà possibile osservare in tempo reale i livelli di inventario.
I sensori RFID permetteranno, inoltre, la tracciabilità della merce consegnata [4].

1.2.3 Sistemi di gestione dei trasporti

Un sistema di gestione dei trasporti (Transportation Management Systems, TMS) consente l'interazione tra un sistema di gestione degli ordini e un centro di distribuzione o un magazzino.
Un sistema TMS è importante affinché un'azienda sia in grado di utilizzare la tecnologia GPS per individuare con precisione i propri veicoli mentre sono in viaggio, monitorare il movimento delle merci, consolidare le spedizioni e interagire con Sistemi Intelligenti di Trasporto (ITS).
Lo standard più utilizzato sta diventando il TMS basato sul cloud.
Un TMS ben definito e configurato, interagente con i dispositivi IoT, è un punto chiave per aumentare la qualità decisionale della gestione e per rendere il Supply Chain Management sempre più flessibile ed efficiente [4].

1.2.4 Sistemi di trasporto intelligenti

I sistemi di trasporto intelligenti (ITS) derivano dall'integrazione di tecnologie come sistemi di posizionamento, sensori, elaborazione dati, ecc...
Gli ITS giocano un ruolo fondamentale nel miglioramento della sicurezza (es. riduzione del tasso di incidenti), riduzione di emissioni ed inquinamento, ottimizzazione del flusso del traffico, migliore gestione delle aree di consegna, supporto alla pianificazione e sincronizzazione alle diverse modalità di trasporto durante le varie operazioni logistiche [4].

1.2.5 Sicurezza delle informazioni

Tutte le tecnologie introdotte si basano su una sempre maggiore raccolta e condivisione delle informazioni, provenienti da diverse fonti, tra i diversi attori della catena logistica. Raccolta, immagazzinamento in cloud, condivisione delle informazioni giustificano la sempre maggiore necessità di rendere queste informazioni

sicure. Inoltre, La crescente dipendenza dalle nuove tecnologie per ottenere un vantaggio competitivo ha obbligato le imprese ad affrontare il tema della sicurezza delle informazioni.
Le organizzazioni devono confrontarsi quotidianamente con una quantità elevata di dati, un numero crescente di transazioni online e altre operazioni potenzialmente vulnerabili.
Per questo devono essere sviluppati adeguati standard di sicurezza anche attraverso monitoraggio e azioni preventive [4].

1.3 TREND EMERGENTI, MODELLI DI BUSINESS E SOSTENIBILITA'

Diversi studi e analisi previsionali hanno evidenziato i trend attuali e futuri preferiti da aziende e clienti. È importante valutare le tendenze rilevanti per la logistica poiché esse influenzano i modelli di business, i quali impattano sulla sostenibilità che a sua volta può indirizzare i nuovi trend. La sostenibilità di un processo si basa sullo *sviluppo sostenibile*, cioè "lo sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze" [5]. In particolare, lo sviluppa sostenibile si fonda su tre pilastri: sostenibilità ambientale, sociale ed economica.
Come rappresentato in figura 2 esiste una relazione circolare tra le tendenze della Logistica 4.0, i modelli di business e la sostenibilità, il che significa che la sostenibilità a sua volta influisce e può persino generare le tendenze della Logistica 4.0.
Il cambiamento delle esigenze o dei requisiti per la sostenibilità può essere un motore per nuove soluzioni logistiche.

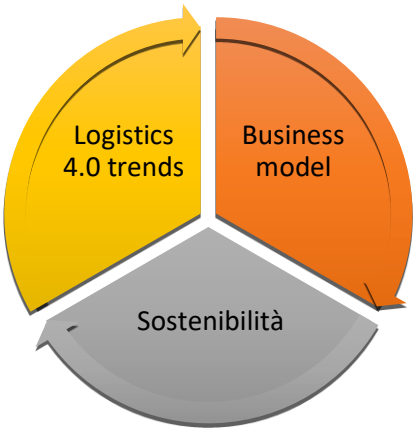

Figura 2: Relazione fra trend, business model e sostenibilità [6]

1.3.1 Customization

Attraverso l'industria 4.0 e la logistica 4.0 è aumentata notevolmente la tendenza alla personalizzazione.
Questo trend è evidente in diversi ambiti:

- Personalizzazione della domanda: gli acquirenti, oramai, hanno ruolo sempre più centrale nella definizione delle condizioni del mercato. Questo causa una crescente customizzazione dei prodotti attraverso una stretta integrazione dei clienti nel processo di progettazione.

- Marketing personalizzato: le aziende effettuano analisi dei dati dei consumatori per predisporre un marketing mirato alle esigenze attuali e future dei clienti.

- Consegne personalizzate: le innovazioni apportate nel campo della logistica hanno permesso di effettuare consegne di prodotti attraverso percorsi di distribuzione sempre più personalizzati. I veicoli autonomi (es. droni) consentiranno uno step successivo in questo processo [6].

1.3.2 Servitizzazione

La servitizzazione è un termine che indica la trasformazione del modello di business dalla vendita di un prodotto all'offerta integrata di prodotti e servizi.
Per esempio:

- Information as a Service (IaaS): vengono forniti dati, competenze, conoscenze ai clienti per supportarne i processi decisionali attraverso risorse informatiche fornite sotto forma di Infrastructure as a Service, Platform as a Service, Software as a Service.

-Product as a Service: la vendita di un prodotto si trasforma dalla classica vendita di un prodotto fisico. Il cliente paga per la funzionalità di un bene solamente durante l'utilizzo, quindi piuttosto che possedere il prodotto esso viene pagato in modo ricorrente per la sua effettiva applicazione per tutta la vita utile. Inoltre vengono forniti dei servizi di elaborazione dati per ottenere alti livelli di manutenzione predittiva, servizi di simulazione, servizi di consulenza ecc… creando così un concetto di Everything as a Service (EaaS) [6].

1.3.3 Accessibilità

L'accessibilità nel contesto della logistica 4.0 si riferisce alla fornitura di prodotti o servizi ai clienti in qualsiasi momento, ovunque e in qualsiasi forma.
Esistono diverse nuove forme di tecnologie che hanno reso i prodotti e i servizi più accessibili:

- stampa 3D, attraverso cui i clienti sono in grado di produrre autonomamente i prodotti richiesti;

- droni, cioè veicoli autonomi che consentono la consegna di prodotti anche in località remote ecc… [6].

1.3.4 Autonomia

Le innovazioni tecnologiche stanno avendo un impatto molto elevato sul livello di automazione e di autonomia delle aziende. I settori maggiormente influenzati sono sicuramente quelli del trasporto e della produzione.
CPS, robot industriali, processi intelligenti stanno aprendo la strada alla creazione di linee di produzione autonome. Inoltre i CPS tengono traccia di vari dati come ordini dei clienti, tempi di processo, tempi di consegna ecc… e sono in grado di elaborare autonomamente un piano di produzione.
I sistemi di trasporto autonomi, invece, vengono già ampiamente utilizzati all'interno dei magazzini per il posizionamento delle merci e in futuro attraverso la tecnologia Global Positioning System (GPS) e l'analisi dei dati in tempo reale potranno essere utilizzati anche per la consegna di merce [6].

1.3.5 Network globale

Le aziende creeranno reti globali attraverso CPS, i quali comprendono macchine intelligenti, sistemi di archiviazione, sistemi di immagazzinamento e impianti di produzione in grado di scambiare informazioni in modo autonomo, attivare azioni e controllarsi a vicenda in modo indipendente [6].

1.3.6 Digitalizzazione

La digitalizzazione rappresenta la convergenza tra mondo reale e virtuale attraverso il collegamento in rete di persone e oggetti. Questo processo è il motore più potente dell'innovazione e ne possiamo trovare alcuni esempi nell'ambito dell'industria 4.0:

- Smart products: prodotti intelligenti che attraverso sensori, software, sistemi operativi consentono l'estrapolazione di dati per il monitoraggio, controllo, ottimizzazione e autonomia.

- Cloud manufacturing: è un modello di produzione intelligente in rete che sfrutta il cloud computing con l'obiettivo di soddisfare le richieste di customizzazione del prodotto, cooperazione globale, open innovation ecc… [6].

1.3.7 Green logistics/ circular economy

La green logistics descrive tutte le attività e i tentativi di misurare e minimizzare l'impatto ecologico delle attività logistiche. Tra queste le più rilevanti sono:

- Certificazione e documentazione riguardanti gli impatti ecologici dei prodotti al fine di garantire una completa trasparenza a beneficio del cliente. Inoltre, le certificazioni non riguardano solamente la fase produttiva ma anche vengono applicate anche alla catena logistica.

- Utilizzo della digitalizzazione per accelerare il flusso di informazioni e di merci e ridurre quindi gli sprechi lungo la catena di approvvigionamento.

- Capacità di riciclaggio, riutilizzo e rigenerazione basata sulla digitalizzazione.

La circular economy mira ad aumentare l'efficienza integrando tecnologia e sistemi di produzione. L'analisi dei big data, prodotti intelligenti e CPS consentono di valutare il recupero a fine vita dei prodotti attraverso varie fasi come restituzione, ispezione e smistamento, smaltimento, riparazione, riciclaggio, riutilizzo e rigenerazione [6].

1.3.8 Sharing economy

Il concetto di sharing economy riguarda la condivisione da parte di privati di risorse e servizi attraverso le informazioni digitalizzate [6].
I trend della logistica 4.0 trasformano gli elementi dei modelli di business e i conseguenti effetti di sostenibilità e, a sua volta, la sostenibilità influenza le tendenze della Logistica 4.0. Nella Tabella 1 vengono descritti i principali cambiamenti dei modelli di business in relazione ai trend emergenti [6].

VALUE PROPOSITION	RUOLO DEL CLIENTE	STRUTTURA DELLA SUPPLY CHAIN	MODELLI FINANZIARI
• Trasformazione delle imprese da product-oriented a service-oriented • IoT e sistemi di produzione basati sul cloud facilitano l'offerta di servizi • La creazione di valore non si basa sul prodotto o sui processi di produzione, ma sulle funzionalità, soluzioni e applicazioni dei prodotti • Prodotti/servizi più personalizzati aumentano il valore percepito per il consumatore	• Il cliente è incluso nella progettazione del prodotto/servizio, ottenendo così una maggiore personalizzazione • La servitizzazione consente relazioni a lungo termine con i clienti • Il cliente viene coinvolto e monitorato durante tutto il ciclo di vita del prodotto	• Trasformazione da value chain a network (rete di collaborazione aziendale) e maggiore condivisione delle risorse • Cloud manufacturing • Maggiore facilità nel creare catene di approvvigionamento "virtuali" (gestione del flusso di materiale, informazioni ecc...)	• La servitizzazione consente un flusso di entrate regolare e commissioni di servizio ricorrenti, che consentono un flusso di entrate complessivo più stabile, redditizio e più ampio rispetto alle vendite una tantum. • In caso di proprietà condivisa e consumo collaborativo per un prodotto o servizio, potrebbe essere necessario un nuovo tipo di modello di ricavo.

Tabella 1: Effetti dei nuovi trend della logistica 4.0 sui modelli di business [6]

Il progresso tecnologico della Logistica 4.0 e i nuovi modelli di business sono in grado di influire sulla sostenibilità sociale, ambientale ed economica dei processi. L'impatto su ciascuno dei singoli aspetti della sostenibilità non deve essere considerato singolarmente, ma strettamente collegato agli altri.

Per esempio, per quanto riguarda l'aspetto sociale della sostenibilità, la tecnologia consente consumi collaborativi di servizi e prodotti attraverso schemi di condivisione e servitizzazione.

La servitizzazione è, inoltre, direttamente collegata all'aumento della produttività dei materiali, delle risorse e dell'efficienza energetica e ciò implica la riduzione di produzione di rifiuti e un minore impatto ambientale da parte delle aziende.

CPS, big-data in tempo reale, processi intelligenti possono supportare la cosiddetta "*choice editing*", cioè una rimozione selettiva di prodotti dannosi e persino di processi non rispettosi dell'ambiente.

Le tecnologie dell'Industria 4.0 possono anche facilitare la creazione di valore dai rifiuti e creare maggiori opportunità di business per le aziende nei mercati dell'usato mediante il riciclaggio, la rigenerazione e il riutilizzo dei prodotti o servizi [6]. Nella tabella 2 sono riassunti gli impatti dei trend tecnologici e dei nuovi modelli di business sulla sostenibilità.

SOCIALE	AMBIENTALE	ECONOMICO
• Consumo collaborativo • Condivisione peer-to-peer "Choice editing" • Riduzione dello smaltimento prematuro dei prodotti • Maggiore consapevolezza nei confronti della salute e benessere degli stakeholders	• Aumento della produttività dei materiali, efficienza delle risorse e riduzione dei rifiuti • "Choice editing" • Riduzione della domanda di energia e risorse con conseguente riduzione delle emissioni e dei rifiuti	• Creazione di valore dai rifiuti trasformandoli in input per il processo di produzione • Maggiore durata della vita del prodotto con conseguente maggiore valore dell'usato • Il valore delle risorse sottoutilizzate può essere recuperato attraverso la proprietà condivisa • Maggiori opportunità nei mercati secondari

Tabella 2: Impatti sulla sostenibilità [6]

CAPITOLO 2

IMPATTO DEL 5G SULL'INDUSTRIA 4.0

2.1 STORIA DELL'INTERNET MOBILE

Tra gli anni '80 e '90 venne introdotta la prima generazione di rete Internet Mobile **1G**, la quale si basava su un tipo di tecnologia analogica che portò la prima vera rivoluzione tecnologica. Le reti 1G trasmettevano i dati secondo uno standard analogico, che perciò richiedeva apparecchi molto voluminosi a causa della grandezza del modulo ricevente-trasmettitore e della voluminosità della batteria piombo-acido, che doveva compensare gli elevati consumi dell'apparecchio.
Lo standard di seconda generazione **2G** debuttò nel 1991. La differenza principale fra le reti di prima e quelle di seconda generazione fu che queste ultime si basavano su tecnologie completamente digitali. Di grande rilevanza fu la possibilità di usufruire di servizi dati come gli SMS, oltre ad un miglior uso della banda e ad una maggiore sicurezza delle conversazioni. In un secondo momento vennero poi introdotti il collegamento ad Internet via wap e le sim card a consumo.
La terza generazione di reti Internet mobile arrivò nei primi anni del 2000. L'evoluzione riguardò soprattutto l'uso della rete sui dispositivi mobili: la velocità di download passò da 384 Kbps a 21 Mbps, portando così internet sui cellulari. Il **3G** è, infatti, lo standard dei primi smartphone.
Le innovazioni più rilevanti furono l'introduzione della e-mail su cellulare da parte di Blackberry, le videochiamate, l'introduzione di WhatsApp e il lancio dell'App Store da parte di Apple.
Il 27 giugno 2011 venne pubblicato sulla Gazzetta ufficiale il bando per l'assegnazione delle licenze **4G**, che nella sua versione più evoluta (LTE) permetteva di raggiungere 326,4 Mbps in download. La velocità delle reti 4G ha scatenato il boom dello streaming musicale, video in HD via internet, IoT. Inoltre si sono diffusi i pagamenti via smartphone, i quali sono stati complici dell'espansione di bitcoin e cripto valute.

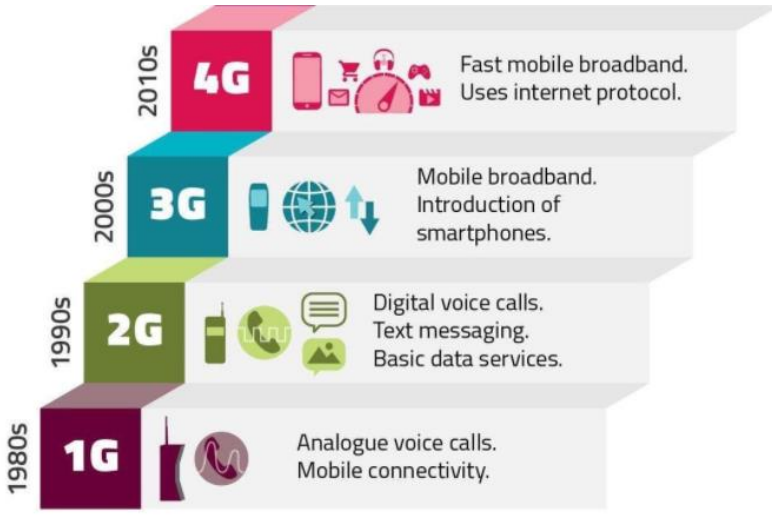

Figura 3: Evoluzione della connessione mobile ("AppSure Solution")

Il **5G** rappresenta la quinta generazione di connessione mobile. A differenza degli standard precedenti, il 5G non si concentra soltanto sulla connessione tra le persone, ma è in grado di connettere persone, oggetti, processi. Secondo recenti previsioni, la quantità e la disponibilità di dispositivi IoT cresceranno del 145% entro 2025. Il 5G consentirà questa crescita, introducendo l'era del *Massive IoT*, supportando la capacità di gestire una maggiore quantità di dispositivi per unità di superficie.

La rete 5G è una rete cellulare di tipo digitale, in cui la zona coperta dal servizio è suddivisa in piccole aree geografiche denominate *celle*. Uno degli obiettivi principali di questo nuovo standard tecnologico è l'aumento di velocità della trasmissione dei dati (fino a 10 Gbit/s). Per aumentare la velocità di trasmissione occorre utilizzare frequenze radio più elevate a cui, però, corrispondono raggi di portata più ridotti e quindi celle meno estese. La rete 5G utilizzerà tre tipologie di frequenze radio (bassa, media e alta) a cui saranno associate tre tipi di celle differenti.
Un altro importante obiettivo è rappresentato dal *network slicing.* Esso è definito come un modello di architettura di rete che consente di implementare un insieme di reti indipendenti su un'unica infrastruttura fisica. Ogni "fetta" di rete è gestita e amministrata in maniera efficiente, esattamente come se avesse una sua rete fisica dedicata.
Infine, uno dei propositi della connessione mobile 5G è quello di garantire tempi di risposta in "tempo reale" attraverso una netta diminuzione della latenza.

Come evidenziato dalla figura 4 [7], sono state definite tre aree applicative principali per le capacità delle reti 5G:

2.1.1 *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)*

L'industria manifatturiera 4.0 si basa sullo sviluppo di tecnologie attraverso cui è possibile effettuare il monitoraggio in tempo reale dei macchinari di produzione, modalità di gestione basate su cloud computing, realtà virtuale o realtà aumentata utilizzata a partire dalla progettazione fino alla manutenzione.
Uno dei vincoli fondamentali per l'implementazione di queste tecnologie è la velocità di comunicazione.
La rete 5G utilizza come vettore un'onda millimetrica da 28 GHz o 60 GHz.
Come stabilito dall'Unione internazionale delle telecomunicazioni (International Telecommunication Union, ITU), la capacità di download totale per un singolo cellulare 5G deve essere di almeno 20 Gbps e di 10 Gbps in upstream. L'ITU ha definito la velocità "per utente" di 100 Mbps per i download e di 50 Mbps per gli upload. Secondo le aspettative del settore, in futuro la velocità aumenterà fino a 100 Gbps.
Inoltre, questa nuova tecnologia permetterà una connessione più uniforme nell'area di copertura e un minor deterioramento delle prestazioni anche nel caso in cui il numero di utenti aumenti.
I principali casi d'uso si concentreranno su soluzioni che richiedono una larghezza di banda elevata, come visualizzazione di video in streaming in alta definizione, realtà virtuale/realtà aumentata ecc [7].

2.1.2 Massive machine type communication (mMTC)

Per realizzare progetti di trasformazione digitale come Smart cities, Smart buildings e Smart factories è necessario garantire un elevato numero di connessioni tra oggetti e persone attraverso l'infrastruttura IoT, un'ampia copertura di area e una profonda penetrazione, una durata elevata della batteria dei device. In particolare è di fondamentale importanza la densità di connessioni per chilometro quadrato. Il 5G supporta almeno un milione di connessioni per chilometro quadrato. Pensando, per esempio, a stabilimenti industriali con macchinari di produzione connessi, auto a guida autonoma e l'utilizzo di visori o addirittura ad una smart city con semafori, parcheggi e contatori tutti connessi alla stessa rete, il numero massimo di 2.000 utenti attivi per chilometro quadrato del 4G è decisamente troppo basso [7].

2.1.3 Ultra-reliable and low latency communication (URLCC)

Nelle applicazioni in cui il tempo rappresenta un vincolo cruciale, la latenza gioca un ruolo estremamente importante. Nelle attuali implementazioni del 5G è possibile osservare una latenza di circa 30 ms.
L'obiettivo a lungo termine è quello di portare la latenza ad 1 ms. Il 5G attraverso una netta riduzione di latenza in ambienti controllati fino a circa 1 ms nel lungo termine, supporterà una serie di casi d'uso che

necessitano di uno scambio di dati continuo e in tempo reale e consentirà casi applicativi come droni, Automated-Guided Vehicle (AGV), controllo da remoto o automazione di fabbriche, robot o infrastrutture di importanza cruciale.

Inoltre verranno migliorate le caratteristiche di disponibilità e di affidabilità. Quest'ultima viene definita come la capacità di consegnare il 99,999% di pacchetti dati senza errori in 1 ms e implica una disponibilità del 99,999% della rete stessa [7].

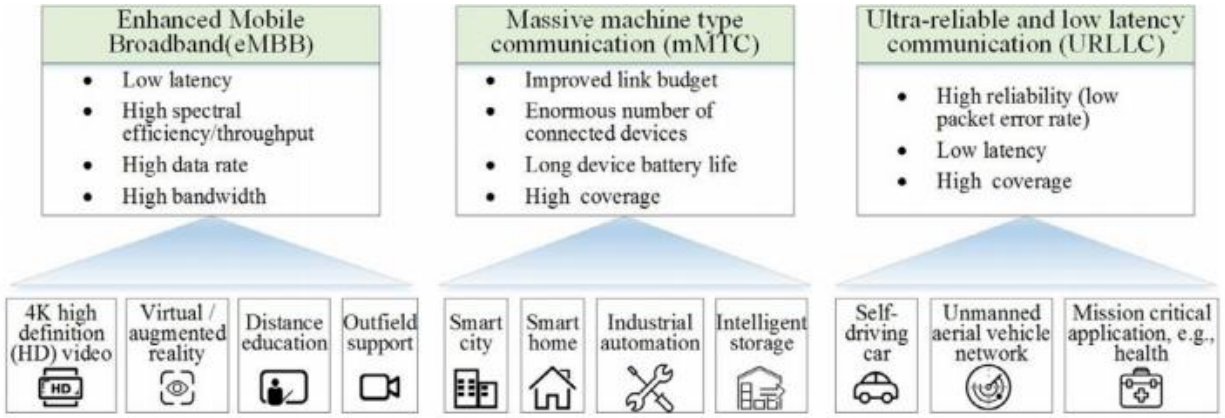

Figura 4: Aree applicative per le reti 5G [7]

2.2 TECNOLOGIE DEL 5G

Attualmente, stanno emergendo diverse tecnologie fondamentali su cui si basa la connessione mobile 5G [8]. Tra queste, assumono grande rilevanza le cinque seguenti:

2.2.1 Nuove frequenze radio e onde millimetriche

Il nuovo standard 5G consente di ampliare la larghezza di banda e utilizzare onde millimetriche che garantiscono una connessione più veloce e senza interruzioni. Le onde radio a frequenza più elevata, però, non sono in grado di coprire lunghe distanze e hanno una maggiore difficoltà a viaggiare attraverso gli ostacoli [8].

2.2.2 Small cell

Le *small cell* risolvono i problemi di portata delle onde millimetriche. Infatti, utilizzando numerosi nodi di accesso a bassa potenza a distanza ravvicinata si crea una copertura che consente sia di risolvere il problema degli ostacoli (poiché in presenza di un ostacolo un dispositivo potrebbe connettersi ad una cella con una migliore connessione) sia quello delle lunghe distanze [8].

2.2.3 MIMO massivo

Il MIMO (Multiple Input Multiple Output) massivo indica l'utilizzo nelle stazioni base di un sistema di antenne multiple sia sul lato emittente sia sul lato ricevente, allo scopo di migliorare la capacità di trasferimento e la sua densità [8].

2.2.4 Beamforming

Il *beamforming* o "filtraggio spaziale" è un sistema attraverso cui si dirige un flusso di dati verso un utente specifico, il quale avrà una maggiore qualità del segnale e velocità di trasferimento. Questo processo si basa sulla generazione di interferenze costruttive sui segnali diretti verso una specifica direzione e interferenze distruttive sui segnali diretti verso direzioni differenti [8].

2.2.5 Full duplex

La tecnologia *full duplex* consente una trasmissione delle onde bidirezionale e simultanea riducendo la possibilità di interferenza [8].

2.3 5G E INDUSTRIA MANIFATTURIERA

L'industria 4.0 basa la sua innovazione su sistemi di produzione cyber-fisici (CPMS). Soprattutto attraverso l'Internet of Things industriale (IIoT) è possibile sviluppare ambienti manifatturieri dotati di connessioni intelligenti tra macchinari, elevato livello di automazione, monitoraggio dei dati in tempo reale.
In particolare, i CPMS sono progettati per realizzare una gestione intelligente dello spazio fisico di produzione, come la pianificazione della produzione, l'ottimizzazione del layout, la gestione dell'inventario, l'analisi e la modellazione dei dati, la sincronizzazione in tempo reale del processo di produzione tra gli spazi fisici e informatici sulla base delle tecnologie avanzate di rilevamento e trasmissione dei dati.
Per sviluppare ed implementare questi CPMS non sono sufficienti, però, le attuali generazioni di reti mobili 3G e 4G, in quanto è necessario avere un'alta velocità di trasmissione dei dati, alta affidabilità, bassa latenza, alta copertura ecc.
Come visto in precedenza, il 5G introduce tre miglioramenti alla connettività (eMBB, mMTC, URLCC) attraverso cui è possibile implementare diversi scenari e tecnologie di produzione innovative che possono rendere attuabile la creazione di sistemi di produzione cyber-fisici [7].

2.3.1 Scenari applicativi realizzabili attraverso mMTC

Per realizzare un ambiente di produzione totalmente interconnesso è necessario implementare un sistema di monitoraggio in tempo reale dei dati dei macchinari di produzione, dei macchinari ausiliari (es. sistemi di approvvigionamento idrico), delle condizioni ambientali (es. umidità, temperatura ecc..) e delle risorse utilizzate (es. materiali).
A causa dell'elevato numero di dispositivi interconnessi e dell'eterogeneità dei dati da analizzare in ambienti così vasti, le attuali reti mobili 3G e 4G non sarebbero in grado di supportare la realizzazione di questi scenari.
Attraverso la tecnologia di trasmissione 5G viene migliorata la copertura della comunicazione e il potenziale numero di dispositivi connessi tra loro, soddisfacendo così i requisiti applicativi di queste tipologie di scenari [7].

2.3.2 Scenari applicativi realizzabili attraverso URLCC

Uno dei principali scenari applicativi realizzabili attraverso URLCC è l'automazione industriale.
Il processo di produzione di un prodotto o di un componente richiede spesso diverse sotto-attività realizzate da vari macchinari. L'obiettivo è realizzare linee di produzione automatizzate costruendo una rete collaborativa che permetta alle varie apparecchiature di comunicare e fornire istruzioni operative adeguate al momento giusto. Alcune operazioni specifiche possono richiedere inoltre il controllo da remoto.
Per realizzare questi scenari è necessario che la rete di trasmissione possegga caratteristiche di elevata affidabilità e latenza estremamente bassa.

Un altro scenario applicativo è rappresentato dall'interazione uomo-macchina. I macchinari, attraverso la trasmissione 5G, possono modificare e regolare la pianificazione del lavoro per soddisfare le esigenze del lavoratore, il quale può comunicare le istruzioni attraverso gesti e suoni.
Questo modello di produzione interattivo migliora l'efficienza e la flessibilità.
Anche in questo caso, però, sono necessari requisiti di alta affidabilità e bassa latenza caratteristici della tecnologia di trasmissione 5G.
Infine, attraverso URLCC, è possibile realizzare i cosiddetti AGV (Automated Guided Vehicles), cioè dei veicoli a guida autonoma in grado di collaborare con altri AGV, effettuare operazioni di carico/scarico merci, percepire le mappe ambientali ecc... [7].

2.3.3 Scenari applicativi realizzabili attraverso eMBB

Il principale scenario attuabile attraverso eMBB per realizzare connessioni tra l'ambiente fisico manifatturiero e l'ambiente virtuale è quello che viene definito "*digital twin*".
Il *digital twin o gemello digitale* è la rappresentazione virtuale di un'entità fisica.
Il gemello digitale contiene dati riferibili all'entità rappresentata e può scambiare informazioni in maniera bidirezionale con la componente fisica attraverso sensori e attuatori.
A livello industriale viene utilizzato un digital twin per la riproduzione virtuale di un processo o di un servizio reale realizzato attraverso i dati raccolti dai sensori e può essere utilizzato per la pianificazione e il controllo del processo di produzione.
Oltre a ciò, i gemelli digitali creano una crescente attenzione per temi di realtà virtuale e realtà aumentata.
Queste ultime possono essere utilizzate per effettuare simulazioni, analisi e revisioni di prodotti e quindi modificare radicalmente il processo di progettazione. Inoltre, i processi operativi possono essere spiegati ed illustrati ai lavoratori in modo da ridurre la possibilità di errore e aumentarne l'efficienza.
Infine, attraverso la realtà virtuale e la realtà aumentata gli addetti possono ricevere informazioni per quanto riguarda la manutenzione in tempo reale ed essere supportati in tal senso.
Anche per questi scenari applicativi è fondamentale disporre di requisiti specifici di trasmissione, in particolare velocità di trasmissione dei dati elevata per ottenere una sincronia tra realtà virtuale / aumentata e produzione fisica e latenza molto bassa [7].

2.4 5G E DIGITAL SUPPLY CHAIN

L'onnipresenza del 5G potrà trasformare radicalmente anche le tendenze innovative che definiranno la nuova digital supply chain. Secondo un'indagine *Gartner* [9] sarà fondamentale includere l'intera gestione della catena di approvvigionamento nel processo di trasformazione tecnologica per ottenere un vantaggio competitivo. In particolare vengono definiti definisce otto trend tecnologici:

2.4.1 Hyperautomation

L'iperautomazione combina strumenti di Robotic Process Automation (RPA), machine learning e intelligenza artificiale per ottenere un'automazione end-to-end. In particolare, i settori più influenzati da questa tendenza tecnologica sono quelli dello stoccaggio e del trasporto [9].

Magazzini automatizzati
L'implementazione della connessione mobile 5G renderà possibile la completa automazione dei magazzini.
Attraverso l'utilizzo integrato di Intelligenza Artificiale e 5G potranno essere utilizzati droni, robot intelligenti ecc… per automatizzare la totalità delle operazioni da effettuare nei punti di stoccaggio.
Ciò servirà non solo a fornire una maggiore garanzia di sicurezza dei prodotti per tutta la catena di fornitura, ma soprattutto a migliorare l'efficienza logistica in entrata e in uscita.

Trasporto automatizzato
La tecnologia IoV (Internet of Vehicles) permetterà a qualsiasi tipologia di veicolo di comunicare con un'unica piattaforma di rete e ricevere da remoto svariate istruzioni. Il 5G consentirà sia le comunicazioni da remoto con i veicoli sia la condivisione in tempo reale di dati.
Inoltre attraverso i veicoli a guida autonoma potrà essere massimizzata la velocità e l'efficienza della consegna dell'ultimo miglio. Infatti, attraverso la connessione 5G, saranno supportate tecnologie come i droni, grazie ai quali i trasporti al cliente finale saranno ottimizzati.

2.4.2 Digital supply chain twin

Lo scenario applicativo del "digital twin" risulta essere particolarmente efficace nel settore della supply chain. Questo strumento tecnologico consente di rappresentare digitalmente l'intera catena di fornitura attraverso il rilevamento di tutti i dati dei prodotti e del loro ambiente operativo. In questo modo è possibile effettuare simulazioni per vari processi e ottimizzarne il controllo e la pianificazione.
Una condizione fondamentale per l'implementazione di questo scenario è la presenza di un elevato numero di "dispositivi intelligenti" connessi [9].

2.4.3 Continuous intelligence

L'analisi e il controllo di dati in tempo reale consente una risposta immediata ad ogni livello della catena logistica partendo dalla supervisione della merce in magazzino e arrivando alla vendita al dettaglio [9].

Monitoraggio logistico
Il sistema di monitoraggio logistico consiste nel controllo in tempo reale dei prodotti in magazzino e durante il trasporto. La connessione 5G abiliterà tecnologie come AI, big data e cloud computing grazie a cui sarà possibile osservare molteplici parametri della merce (es. temperatura, umidità, danni ecc…) e prendere decisioni intelligenti per mantenere i prodotti in sicurezza.
Inoltre, anche i negozi potranno sfruttare questa tecnologia e utilizzare le informazioni dei prodotti per realizzare offerte ad-hoc per i clienti e sviluppare sistemi di personalizzazione just-in-time.

2.4.4 Supply chain governance and security

Le violazioni della cybersecurity hanno un costo enorme per le aziende. Attraverso la connessione 5G è possibile implementare soluzioni tecnologiche che portino ad una maggiore efficienza e sicurezza nella protezione di dati sensibili. Tra queste una delle più innovative è la *Blockchain* [9].

Tecnologia Blockchain
Attraverso la tecnologia Blockchain è possibile creare enormi database per la gestione di transazioni che possono essere condivise tra più nodi di una stessa rete.
Il database è formato da *"blocchi"* collegati in rete in maniera che ogni transazione sia validata dalla stessa rete analizzando ogni blocco singolarmente. Le transazioni sono immutabili.
A livello pratico la Blockchain può essere condivisa tra più partecipanti e ad ogni partecipante è collegato un blocco (il quale contiene un insieme di transazioni).
Per effettuare un aggiornamento della blockchain è necessario il consenso di tutti i partecipanti e per questo è definito un sistema decentralizzato.

Questa tipologia di infrastruttura decentralizzata contribuisce a migliorare la sicurezza informatica, infatti attraverso il meccanismo del consenso per violare i dati bisognerebbe violare contemporaneamente tutte le copie appartenenti a tutti i partecipanti.

2.4.5 Edge computing and analytics

La tecnologia di *Edge computing* si basa sull'implementazione di architetture di rete decentralizzate e distribuite di *micro data center*. Ogni data center può accumulare ed analizzare i dati vicino al punto di raccolta degli stessi e trasmetterli, successivamente, ad un data center centralizzato o in cloud.
Utilizzare solamente data center centralizzati comporta diversi svantaggi: alti costi, maggior consumo di energia e limitata agilità. Attraverso il cloud, invece, è possibile ridurre notevolmente questi costi, ma non sempre è possibile sfruttare questa tecnologia per tutte le applicazioni. Uno dei limiti più rilevanti del cloud è rappresentato dall'impossibilità di mantenere costantemente livelli di connessione che consentano, per esempio, lo scambio di dati dei dispositivi IoT. Inoltre anche la latenza può rappresentare un ostacolo.
Per superare questi problemi nasce l'Edge computing, attraverso cui gli utenti possono accedere velocemente e con meno latenza ai dati di cui necessitano ed effettuare analisi a livello locale (*Edge analytics*) [9].

2.4.6 Artificial intelligence

L'intelligenza artificiale è una tecnologia che consente alle macchine di analizzare dei dati e compiere delle scelte. Attraverso l'AI si possono sviluppare algoritmi di *machine learning* attraverso cui una macchina può analizzare nel tempo i dati acquisiti e apprendere come migliorare le proprie prestazioni.
Uno dei settori più influenzati dallo sviluppo di tecnologie di AI è la manutenzione predittiva [9].

Manutenzione predittiva
La manutenzione predittiva è caratterizzata dalla raccolta e analisi dei dati dai macchinari per prevenire possibili guasti o malfunzionamenti attraverso calcoli probabilistici. Questo permette non solo di migliorare la produttività, ma soprattutto di abbassare i rischi e quindi ridurre i costi di manutenzione.

2.4.7 5G networks

L'onnipresenza della connessione mobile 5G e i conseguenti miglioramenti di velocità di trasmissione dei dati e capacità di elaborazione, minore latenza, presenza di dispositivi IoT ecc... aumenteranno esponenzialmente la potenziale efficienza e sicurezza per l'intera catena di approvvigionamento [9].

2.4.8 Immersive experience

La realtà virtuale e la realtà aumentata sono tecnologie che modificheranno profondamente la gestione della supply chain e saranno in grado di supportare e migliorare le competenze e capacità umane [9].

Tecnologia AR/VR (Augmented-Reality/Virtual-Reality)
La tecnologia AR/VR sarà fondamentale per implementare una gestione innovativa ed efficiente di tutta la catena logistica: gli operatori potranno muoversi in un ambiente virtuale ed effettuare molteplici operazioni di magazzino (es. indicare la quantità di materiale da prelevare); potrà essere realizzata la progettazione dei magazzini attraverso una visualizzazione 3D del layout; potrà essere ottimizzata la

quantità di materiale in fase di carico e di spedizione rendendo questi processi più efficienti; ecc.
Questa tecnologia sarà abilitata dall'implementazione della connessione 5G e consentirà di gestire in maniera più semplice lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione.
Inoltre l'utilizzo della tecnologia AR/VR garantirà, da una parte, l'ottimizzazione dei servizi logistici delle piattaforme di e-commerce riducendo per es. la spedizione di prodotti difettosi e dall'altra un maggiore sviluppo del settore della vendita al dettaglio online attraverso l'offerta di una migliore esperienza di acquisto per il cliente.

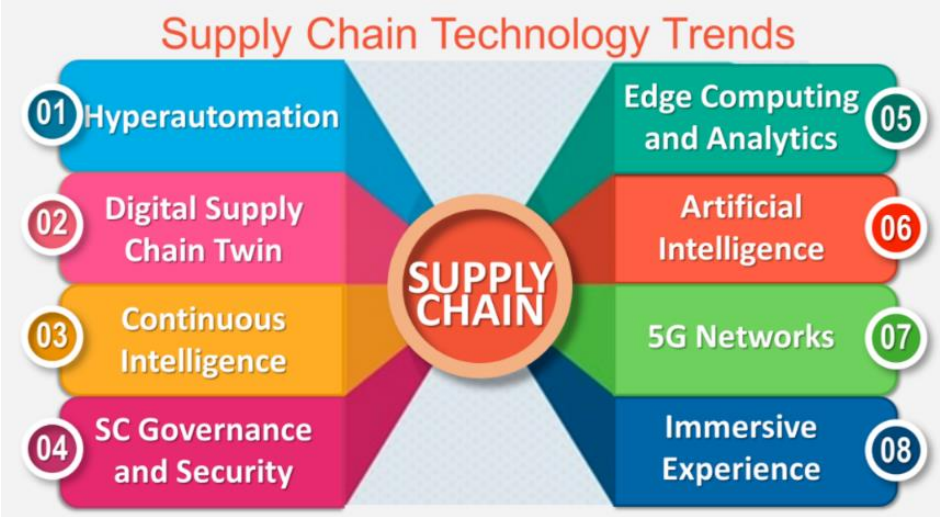

Figura 5: Trend tecnologici della supply chain [10]

CAPITOLO 3

SMART PORT

Nel 2018 L'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale ha definito un piano di digitalizzazione, sensorizzazione e telematizzazione dei porti al fine di poter implementare le tecnologie più innovative e seguire i trend tecnologici che definiscono la nuova "Logistica 4.0".
Nello specifico, la strategia definisce l'ambiente portuale come [11]:

- *"Testbed"*
  Il porto costituisce un "banco di prova" naturale per la possibilità di implementare casi d'uso, sperimentare e testare nuove tecnologie prima che siano diffuse e immesse sul mercato.

- *"Enabler"*
  Il porto viene definito come sistema "abilitante" poiché attraverso le piattaforme digitali possono essere implementati servizi marittimi (es. nave connessa), servizi nel contesto città-porto (es. infomobilità), servizi di comunicazione di informazioni utilizzate anche da enti terzi.

- *"Smart"*
  Secondo quanto riportato recentemente Da Bessid et al. [12]**,** il concetto di Smart Port, considerato un'evoluzione delle attuali piattaforme portuali, è un esempio calzante di *sistema complesso*, in cui le relazioni che interconnettono le varie componenti sono molteplici, interdipendenti e circolari; per tale motivo il termine Smart Port fa riferimento ad una piattaforma portuale ottimizzata che integra il comportamento e le azioni degli utenti. Gli Smart port sono infatti caratterizzati da un'eterogeneità degli elementi, dall'impatto di fattori interni ed esterni sulla gestione del porto e dalla necessità di avere uno strumento di misurazione e di controllo per risolvere problemi a qualsiasi livello.

3.1 SMART PORT ACTIVITY SYSTEM

Il modello delle attività dello Smart Port si basa su due "pilastri":

- Interconnessione
- Automazione

Come rappresentato in Figura 6, ognuno di questi due elementi fondamentali include diversi componenti.

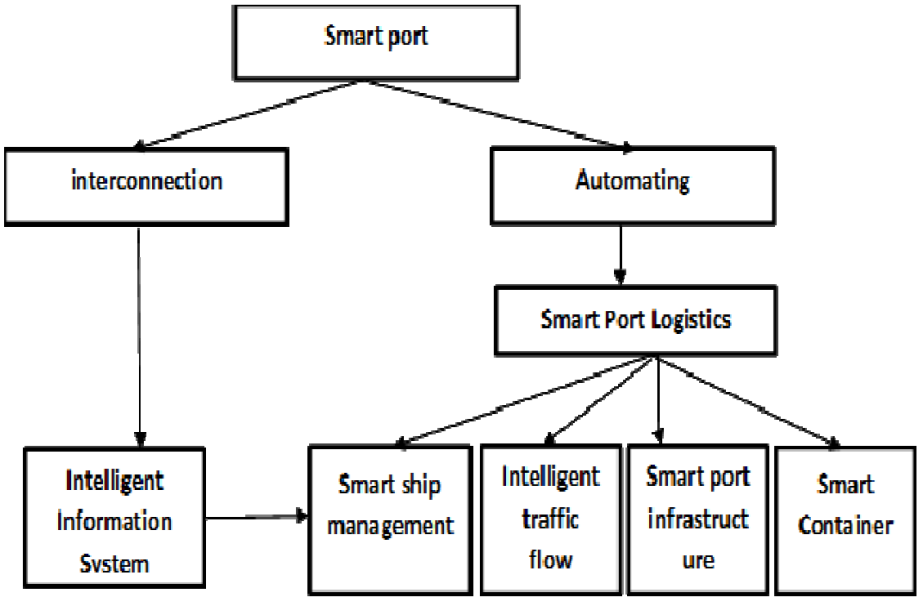

Figura 6 : Smart Port Activity System [12]

3.1.1 Intelligent information system

Secondo quanto asserito da Rai et al. [13] e Song and Panayides [14], e riportato nella review di Bessid et. al [12], l'Intelligent Information System è "l'uso di sistemi di comunicazione intelligenti e senza interruzioni che facilitano il mantenimento efficiente delle operazioni della catena di fornitura tra le aziende". In quest'ottica, sempre secondo Bessid et. al [12], gli Smart ports generalmente puntano ad utilizzare una tecnologia di informazione innovativa tramite la quale poter ottenere una pianificazione e gestione migliore all'interno dello stesso porto e tra porti differenti, generando in questo modo dei porti "connessi". Da una parte questo porterebbe ad avere una leggibilità dei flussi di attività migliore e una capacità di simulazione più accurata; d'altro canto invece è stato introdotto un sistema di informazione che riduce la asimmetria informativa tra organizzazioni transazionali.

3.1.2 Smart ship management

In riferimento alla review [12], con l'avvento dell'industria 4.0 la questione delle "Intelligent ships" costituisce un argomento di dibattitto molto attuale; è necessario infatti capire quanto esse potrebbero essere totalmente autonome e gestite da remoto, chi rappresenterebbe il responsabile della nave in questione e in che modo esse influenzerebbero in trasporto marittimo. Ad ogni modo, l'utilizzo di navi intelligenti implica a sua volta l'utilizzo di architetture portuali e sistemi di controllo intelligenti, in modo tale che la connessione delle navi smart con i porti smart permetta una collaborazione automatica in diversi aspetti, migliorando quindi la gestione delle flotte e minimizzando i tempi di inattività delle navi.

3.1.3 Intelligent traffic flow

Secondo Bessid et. al [12] il sistema della gestione del traffico, essendo dotato di specifiche conoscenze (fornite da operatori umani) sulla rete supervisionata, ha l'obiettivo di tenere conto dei differenti stati del traffico, migliorando le prestazioni complessive delle rete. A tal proposito, i sistemi di gestione intelligente del traffico (ITMS) possono essere definiti come un tramite per l'integrazione dell'infrastruttura di controllo del traffico,

la quale si presenta sempre più complessa e eterogenea, provvedendo anche a fornire un mezzo di supporto strategico per la gestione del traffico.

3.1.4 Smart port infrastructure

I porti intelligenti, facendo parte di una nuova generazione, necessitano di essere integrati nell'IoT per garantire un'efficiente condivisione dei dati e stabilità dei servizi portuali. Essi, infatti, necessitano di infrastrutture e tecnologie intelligenti (come IoT, Big Data…) fondamentali per garantire dei traffici efficienti e, in particolar modo, i flussi commerciali nel porto di Amburgo. Per questi motivi, i porti intelligenti possiedono tutte le infrastrutture della tecnologia dell'informazione e le ultime tecnologie nell'ambito delle telecomunicazioni, dell'elettronica e della meccanica [12]

3.1.5 Smart container

Il concetto di "smart container" consiste nel rendere intelligente un container in modo tale che possa comunicare delle informazioni in maniera utile, mirata e in tempo reale a tutti gli attori aggiornandoli sugli attuali progressi del trasporto; queste informazioni perciò risultano essere di fondamentale importanza per il miglioramento del servizio di trasporto. Per questi motivi, dato la loro capacità di comunicare informazioni in tempo reale, gli smart container costituiscono un elemento chiave nel coordinamento multimodale e nel miglioramento dei processi logistici.
Inoltre, al fine di proteggere le merci contenute dal danneggiamento o dal furto sono stati sviluppati alcuni sistemi come i sigilli elettronici RFID; questi, infatti, sono deputati al monitoraggio delle spedizioni dal punto di partenza a quello di destinazione. In seguito, gli smart container sono poi stati dotati di imballaggi tracciabili e scansionabili, di serrature elettroniche, sensori, allarmi, comunicazione RF e localizzazione GPS che riferisce ad una base tutti gli eventi anormali che possono incorrere (come un tentativo di apertura non autorizzato). Successivamente sono poi stati introdotti i container ICON, ovvero entità autogestite in grado di adattarsi al loro ambiente con il fine di fornire un servizio quasi ottimale. Sono poi state proposte delle tecnologie WSN (wireless sensor networks), utili nell'acquisire e inviare dati raccolti su vaste aree; tramite questa tecnologia è possibile stabilire un collegamento tra un container e una rete cellulare permettendo, ad esempio, la comunicazione tra l'interno e l'esterno del container.
Ad ogni modo, la vera sfida consiste nel trovare un equilibrio tra i requisiti del servizio e la sostenibilità e sicurezza della movimentazione delle merci [12].

CAPITOLO 4

IL PROGETTO 5G-LOGINNOV [15]

4.1 VISION DEL PROGETTO [15]

5G-LOGINNOV, acronimo di "5G- LOGistics value chain INNOVation", è un progetto incentrato su sette tematiche 5G-PPP intento a sostenere l'attuale insorgenza di un'offerta Europea per nuove tecnologie di base 5G in 11 famiglie di casi d'uso. L'obiettivo principale di questo progetto consiste nel migliorare l'efficienza delle operazioni di traffico e trasporto merci nei porti e centri logistici. A questo fine, 5G-LOGINNOV punta a sviluppare un framework innovativo volto all'integrazione e verifica delle tecnologie CAD/CAM, correlate all'industria 4.0 e al settore portuale, con le dirompenti tecnologie 5G.

L'innovazione principale del progetto 5G-LOGINNOV consiste nel creare un'offerta Europea di prima classe per le tecnologie di base 5G e per i nuovi dispositivi Internet of Things (IoT)-5G che abbiano un mercato di impronta globale. 5G-LOGINNOV avrà un impatto molto importante sull'industria della logistica in quanto i casi d'uso innovativi che verranno implementati nei tre Living Labs valuteranno i servizi abilitati dal 5G nel corso del progetto. Per rendere possibile un'innovazione nel settore della logistica e dell'Industria 4.0, il progetto pone particolare attenzione agli attori di mercato emergenti sfruttando la crescente adozione di tecnologie di cloud computing distribuite nelle reti 5G. Per tutti questi motivi, 5G-LOGINNOV contribuisce all'emergere di standard globali.

Le tecnologie 5G utilizzate in questo progetto avranno quindi lo scopo di accelerare e ottimizzare la rete Pan-Europea dei trasporti e della logistica stabilendo i principali nodi logistici digitali come parte del futuro Physical Internet.
5G-LOGINNOV garantirà la tracciabilità e sincronizzazione della Supply Chain, così come approcci 5G "intelligenti" alla gestione, instradamento e ottimizzazione delle zone portuali. Per quanto riguarda invece la condivisione di informazioni, 5G-LOGINNOV proporrà un'infrastruttura sicura e utilizzata già in importanti progetti precedenti nel settore della logistica, al fine di assicurare il migliore uso delle esistenti infrastrutture 5G minimizzando, in questo modo, i costi di sviluppo, d'integrazione e di formazione per i futuri utenti 5G-LOGINNOV. Inoltre, l'architettura generale del progetto in questione mira a configurare delle interfacce tra i blocchi 5G, i sistemi aziendali e i dispositivi IoT-5G al fine di favorire la rapida diffusione e sfruttamento delle soluzioni.
Il progetto 5G-LOGINNOV sarà sviluppato in tre Living Labs, coinvolgendo la partecipazione attiva di diversi stakeholders 5G locali al fine di raggiungere:

- il 10% in più nei fattori di carico con una potenziale riduzione delle emissioni di CO_2 del 15%, ottenuta tramite l'utilizzo di mezzi di trasporto più efficienti;
- la riduzione delle emissioni di CO_2, del traffico e dell'inquinamento atmosferico per il miglioramento della qualità della vita dei cittadini Europei ed il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal Paris Agreement e dal European Green Deal ("The European Green Deal, December 2019") nel dicembre 2019. In questo contesto, la tecnologia 5G fornisce un'elevata larghezza di banda e una risoluzione dei dati necessarie a correlare le misure di controllo del traffico nelle aree portuali con i rispettivi cambiamenti dei profili di guida e delle emissioni. Questo, inoltre, consentirà un più preciso posizionamento e l'ottenimento di informazioni in tempo reale dei veicoli (tramite video e immagini), nonché la loro influenza sull'andamento del traffico.

- l'emersione e l'ingresso nel settore logistico di PMI e start-up innovative, in grado di offrire nuovi prodotti e servizi basati sulle nuove tecnologie.

4.2 LIVING LABS [15]

Il progetto 5G-LOGINNOV sarà sviluppato in tre diversi Living Labs: Porto di Atene, Porto di Amburgo e Porto di Koper. Questo progetto, infatti, sarà in grado di apportare delle innovazioni fondamentali sia per i principali porti europei d'alto mare come quelli di Atene e di Amburgo, e sia per quelli di dimensioni più limitate come il Porto di Koper.

4.2.1 *Porto di Atene*

Athens-Piraeus Container Terminal (PCT SA) è un'azienda che gestisce quasi il 90% del traffico di container del porto di Atene ed ha concesso l'utilizzo di due moli per la distribuzione di una rete 5G, l'installazione di punti di accesso 5G sui veicoli da cantiere e l'installazione di telecamere di videosorveglianza 4K. Tutti i dati saranno poi veicolati verso una piattaforma di orchestrazione e trasmessi ad una serie di sistemi esistenti.
Verranno implementate diverse tecnologie abilitate dalla rete 5G che permetteranno di raggiungere i seguenti obietti previsti:

1) miglioramento nell'assegnazione dei camion in base alla posizione con conseguente riduzione dei km percorsi;
2) ottimizzazione della manutenzione predittiva sui veicoli da cantiere;
3) aumento del livello di sicurezza;
4) riduzione delle emissioni e dell'impatto ambientale delle operazioni portuali.

4.2.2 *Porto di Amburgo*

Il porto di Amburgo è un'importante infrastruttura portuale ed è circondata da una città di 1,8 milioni di abitanti, motivo per cui è necessario bilanciare le esigenze logistiche delle operazioni portuali con livelli adeguati di qualità dell'aria e di rumorosità. Inoltre il porto raggiunge un'affluenza di quasi 8000 camion giornalieri rendendo difficoltosa la gestione del traffico.
Attraverso l'implementazione di tecnologie abilitate dal 5G sarà possibile raggiungere i seguenti obiettivi previsti:

1) miglioramento delle azioni di gestione del traffico e riduzione della congestione;
2) riduzione delle emissioni e dell'inquinamento atmosferico;
3) aumento dell'efficienza e dell'affidabilità per le operazioni di consegna/ritiro in porto;
4) diminuzione dei costi energetici;
5) riduzione dei tempi di attesa dei camion;
6) aumento della cooperazione tra città, porto, PMI e start-up per la digitalizzazione del settore.

4.2.3 *Porto di Koper*

Il porto di Koper è uno dei leader nell'innovazione in Europa. In questo Living Lab verranno implementati casi d'uso relativi al controllo portuale, alla logistica e all'automazione remota per raggiungere i seguenti benefici previsti:

1) riduzione della congestione del traffico;
2) ridistribuzione il traffico nel porto in base alla posizione dei camion in tempo reale;
3) miglioramento dell'efficienza operativa delle operazioni portuali;
4) riduzione del costo delle operazioni;
5) riduzione delle emissioni e dell'impronta ambientale delle operazioni portuali.

4.3 FASI DEL PROGETTO [15]

Adottando un approccio fondato sull'alto coinvolgimento dei vari stakeholders, il progetto 5G-LOGINNOV punta ad utilizzare le funzionalità estese del 5G per affrontare le principali sfide presenti nei porti e nelle città portuali. Dal confronto fra i porti 5G-LOGINNOV con i rispettivi principali stakeholders, sono state inizialmente già identificate 5 Personas con un impatto diretto nelle operazioni della città portuale sullo spazio urbano circostante; in seguito a questa operazione preliminare il progetto sarà articolato in 3 fasi principali, come segue.

In una prima fase, denominata "Living Lab Requirements & Specifications Phase", un task (T1.2) sarà deputato alla produzione, tramite un metodo iterativo, dei requisiti dell'architettura 5G necessari per gli stakeholders del porto/città portuale. Tutti gli stakeholders dovranno infatti essere identificati e classificati tenendo in considerazione i principali requisiti atti a supportare l'implementazione dei casi d'uso innovativi, le funzionalità del 5G all'avanguardia, e i nuovi dispositivi da implementare in ciascun Living Lab; successivamente, assegnando le dovute priorità nella lista degli stakeholders, il set inizialmente formato dalle 5 Personas verrà ampliato e attorno ad esso si costituirà lo scenario che descrive i requisiti e le specifiche infrastrutturali di ciascun Living Lab.
Un approccio iterativo sarà seguito anche per "Evaluation methodology and requirements", il quale prevederà l'esecuzione di diversi obiettivi, tra cui:

- definire i KPI utili a misurare l'incremento dell'efficienza delle attività portuali risultante dai casi d'uso applicati ai Living Labs e il miglioramento dell'architettura di questi ultimi, includendo l'integrazione di tecnologie 5G;
- definire i protocolli per la valutazione dei Critical Success Factors (CSF) in modo da ottimizzare gli obiettivi;
- definire dei criteri di valutazione per determinare il miglioramento delle capacità dei Living Labs in seguito all'utilizzo di tecnologie 5G per creare nuove promettenti opportunità nel mercato;
- sviluppare i requisiti e le specifiche (tecniche, operative, sociali, ambientali, legali, di sicurezza, ecc) per 5G-LOGINNOV.

Successivamente, il task "5G-LOGINNOV data handling and cyber-security requirements" (T1.5) identificherà e specificherà i requisiti per un trattamento efficiente dei dati condivisi tra i partecipanti al progetto, focalizzandosi principalmente sul garantire un livello adeguato di sicurezza informatica ed evitare qualsiasi problematica che potrebbe portare ad un potenziale incidente con le attività portuali.
Alla fine della prima fase del progetto si saranno dunque ricavati tutti i requisiti e le specifiche del porto (tecniche, operative, sociali, ambientali, legali, di sicurezza, ecc.) che saranno adeguatamente predisposte allo sviluppo del progetto 5G-LOGINNOV.

Nella seconda fase del progetto, denominata "Technical Development & Deployment Phase", verranno inizialmente prese in considerazione le specifiche tecniche dettagliate al fine di sviluppare e implementare

ciascun Living Lab, coerentemente alle componenti applicabili in ognuno di essi. I partner tecnici rivedranno perciò questi requisiti e queste specifiche con l'intento di formularli in un contesto più tecnico, mappandoli alle innovazioni di 5G-LOGINNOV. Dalla mappatura potrà quindi essere ricavata una matrice di tracciabilità nella quale verranno evidenziati i differenti livelli di priorità per ciascun requisito/specifica e per le rispettive componenti coinvolte. A seguire, tramite il coordinamento di un partner tecnico, i porti dei Living Labs avranno il compito di identificare le specifiche necessarie per l'integrazione della loro infrastruttura ICT con l'infrastruttura 5G, in modo tale da consentire l'implementazione e l'analisi di scenari end-to-end. Successivamente, l'esame e la valutazione delle componenti e delle innovazioni verranno effettuate in due iterazioni:

- nella prima, denominata "Evaluation of Operation Optimization", verranno valutati i risultati delle operazioni di ottimizzazione nei Living Labs, in considerazione degli scenari esaminati;
- nella seconda, dopo aver ottenuto dei feedback dalla prima iterazione, il task denominato "Evaluation of Social and Economic impacts on air pollution, traffic, 5G-AP/Corridors" valuterà essenzialmente le esternalità delle tecnologie 5G-LOGINNOV, testate nei Living Labs, sull'ambiente, sulla società e sull'economia.

Nella terza fase del progetto, denominata "LL full-scale deployment and Impact Assessment phase", avranno luogo delle prove concrete in ciascun Living Lab. Quando questa fase verrà avviata, molte soluzioni saranno pronte ad essere implementate, permettendo in questo modo analisi, dimostrazioni e valutazione dei risultati nel contesto in cui vengono svolte. In questa fase verrà inoltre portata a termine una valutazione dell'impatto delle soluzioni, riferendosi in particolar modo a quelle operazionali e ambientali (nel task T3.5), sociali (nel task T3.6) e di trasferibilità delle stesse ad altri centri (nei task T4.1-T4.4). Dal momento che 5G-LOGINNOV pone inoltre particolare attenzione al mercato, presente e futuro, correlato alle innovazioni nelle tecnologie di base 5G prese in considerazione nel progetto, in quest'ultima fase verranno anche validati dei business models e identificate delle strategie di sostenibilità al fine di assicurare una continuità dei business cases dei Living Labs.

4.4 OBIETTIVI [15]

Il progetto 5G-LOGINNOV si articola in sette obiettivi principali volti a migliorare l'efficienza, l'impatto ambientale e il rapporto bidirezionale tra le aree portuali e lo spazio urbano circostante tramite l'investimento in tecnologie innovative e nuovi business model.

OBIETTIVO	DESCRIZIONE
Obiettivo 1 (O1)	Sviluppare sistemi operativi integrati nella rete 5G dei tre porti (Atene, Koper, Amburgo) utilizzando nuove tipologie di sensori e dispositivi IoT
Obiettivo 2 (O2)	Ottimizzare le operazioni e la manutenzione di porti e hub logistici
Obiettivo 3 (O3)	Ridurre le emissioni (CO2/NOX)
Obiettivo 4 (O4)	Regolare il traffico merci

Obiettivo 5 (O5)	Coinvolgere PMI e start-up nell'innovazione di porti e hub logistici
Obiettivo 6 (O6)	Supportare la standardizzazione del 5G per garantire l'abilitazione ai sistemi operativi di nuova generazione
Obiettivo 7 (O7)	Supportare l'adozione e l'utilizzo dei nuovi sistemi operativi in Europa e oltre i suoi confini

Tabella 3: Obiettivi del progetto 5G-LOGINNOV [15]

4.5 CASI D'USO [15]

Gli obiettivi precedentemente presentati sono stati supportati dall'implementazione dei seguenti 11 diversi casi d'uso:

4.5.1 *UC1: Piattaforma di gestione e orchestrazione di rete 5G-LOGINNOV (MANO)*

L'architettura 5G-LOGINNOV sarà utilizzata per l'implementazione automatizzata e la gestione del ciclo di vita dei componenti di rete e servizi VNF (Virtual Network Functions).

4.5.2 *UC2: Ecosistema della piattaforma 5G-LOGINNOV Device Management*

L'ecosistema della piattaforma 5G-LOGINNOV Device Management (DM) avrà l'obiettivo di identificare e autentificare una serie di dispositivi IoT-5G in modo che possano interagire con la piattaforma e scambiare dati in maniera bidirezionale.

4.5.3 *UC3: La selezione dei mezzi operativi 5G-LOGINNOV*

Su ogni veicolo coinvolto nelle operazioni sarà installato un punto di accesso 5G che permetterà una precisa localizzazione e la trasmissione a bassa latenza dei dati alla piattaforma MANO. Verrà quindi sviluppato un algoritmo di selezione e assegnazione dei mezzi in base alla distanza dai container da trasportare. In questo modo verranno ridotte le distanze percorse con conseguenti effetti migliorativi sul consumo di carburante, sulle emissioni di CO_2 E NO_x, sulla produttività e sui costi.

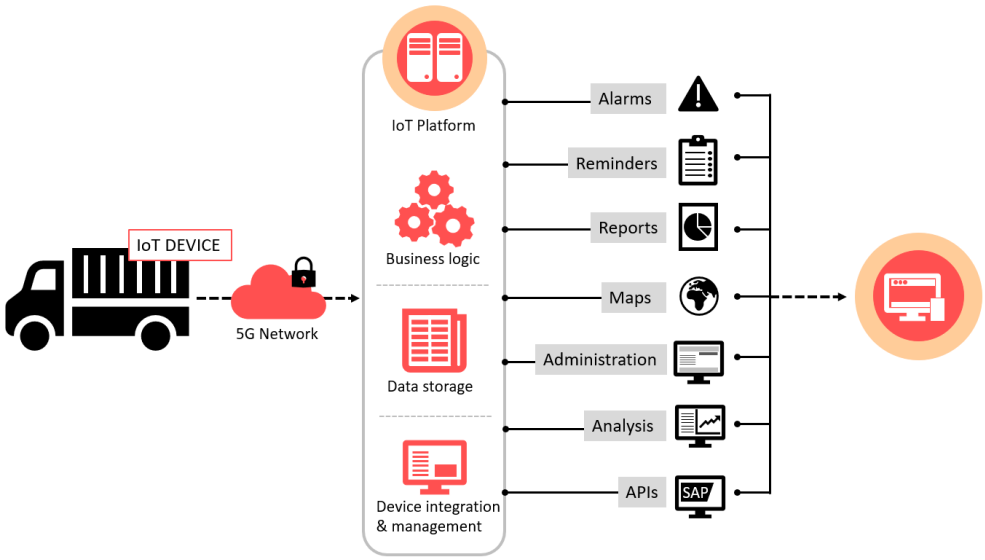

Figura 7: Schema di trasmissione dei dati attraverso il network 5G [15]

4.5.4 *UC4: Le telecamere di sorveglianza e analisi video ottimali 5G-LOGINNOV*

È prevista l'installazione di telecamere di video sorveglianza che attraverso la rete 5G potranno fornire informazioni live all'attuale piattaforma di monitoraggio delle operazioni.
In particolare, verranno introdotte delle analisi video in grado di rilevare la presenza di personale nelle aree non consentite e trasmettere messaggi agli addetti alla sicurezza in modo da effettuare le azioni necessarie per ridurre la possibilità di incidenti e lesioni.

4.5.5 *UC5: L'automazione 5G-LOGINNOV per i porti: controllo portuale, logistica e automazione remota*

In base al posizionamento dell'azienda rispetto alla catena logistica verranno implementati dei casi d'uso relativi al controllo portuale, alla logistica e all'automazione remota.
Per esempio saranno implementate delle telecamere sui macchinari operativi (es. carrelli elevatori) per l'identificazione dei container e il rilevamento e l'analisi di danni.
Queste informazioni saranno disponibili anche per altri sistemi di supporto (es. TOS- Terminal Operating System).

4.5.6 *UC6: 5G-LOGINNOV 5G per comunicazioni mission-critical nei porti*

Un primo caso d'uso prevederà:

- la realizzazione di telecamere indossabili che il personale di sicurezza indosserà per svolgere sia operazioni di routine che operazioni mission-critical;
- predisposizione di videocamere di sorveglianza portatili per monitorare (anche di notte) aree portuali specifiche;
- implementazione di una videosorveglianza automatizzata attraverso droni.

In un secondo caso d'uso, invece, verranno implementati dei servizi a supporto delle operazioni di sicurezza (es. monitoraggio dello stato del personale).

4.5.7 *UC7: la manutenzione predittiva 5G-LOGINNOV*

Attraverso un punto di accesso 5G sui veicoli da cantiere sarà possibile raccogliere e trasmettere i dati in tempo reale alla piattaforma MANO, la quale sarà integrata con PREDICTOR.

Questo strumento analizzerà i dati raccolti e svilupperà algoritmi di manutenzione predittiva al fine di anticipare eventuali guasti; il processo garantirà perciò una riduzione dei costi di manutenzione e dei guasti ai veicoli, implicando quindi una maggiore efficienza, una minor necessità di scorte e minori tempi di fermo.

4.5.8 *UC8/9: 5G-LOGINNOV Floating Truck & Emission Data (FTED)*

La valutazione complessiva delle emissioni richiede l'analisi di diversi fattori:

- Tipologia del veicolo
- Condizioni del veicolo
- Caratteristiche del percorso
- Misure TMS (Transport Management System)
- Flusso di traffico
- Caratteristiche di guida del conducente

Attraverso differenti misure innovative (es. analisi in tempo reale delle manovre, verifica continua dell'usura del veicolo, ecc..) sarà possibile isolare l'impatto di tutti i fattori appena descritti e comprendere quanto ciascuno di essi pesi sulle emissioni complessive.

4.5.9 *UC10: 5G GLOSA e Automated Truck Platooning (GTP) nell'ambito dell'iniziativa ecologica 5G-LOGINNOV*

Il sistema Green Light Optimized Speed Advisory (GLOSA) è una tipologia di tecnologia Vehicle-to-Infrastructure (V2I) che permette la comunicazione tra i veicoli e le infrastrutture (es. semafori) suggerendo, per esempio, l'adeguata velocità da mantenere per incontrare un semaforo verde e ridurre quindi le congestioni stradali.

L'obiettivo è quello di ottenere un traffico meno intasato e diminuire i consumi e le emissioni.

Queste funzionalità potranno essere applicate anche ai plotoni di camion automatizzati, i quali saranno in grado di mantenere una velocità ottimale, fermarsi nei parcheggi predefiniti e nelle aree pre-portuali in attesa della loro fascia oraria per la consegna dei prodotti.

4.5.10 *UC11: 5G-LOGINNOV loop di controllo dinamico per azioni di gestione del traffico sensibili all'ambiente (DCET)*

Verrà implementato un processo circolare per analizzare e cercare di ridurre le emissioni.

La prima fase consisterà nella raccolta di dati di monitoraggio del traffico (es. velocità dei veicoli) e dati di emissioni (FTED). In seguito questi valori verranno confrontati con dei target e in base agli scostamenti da essi si attuerà un piano d'azione per il raggiungimento dei valori ottimali.

Infine si procederà ad un controllo ottimizzato delle misure implementate nel piano d'azione e il processo ripartirà con la raccolta dei dati, cercando di migliorare iterativamente i KPI delle azioni di gestione del traffico sensibili all'ambiente.

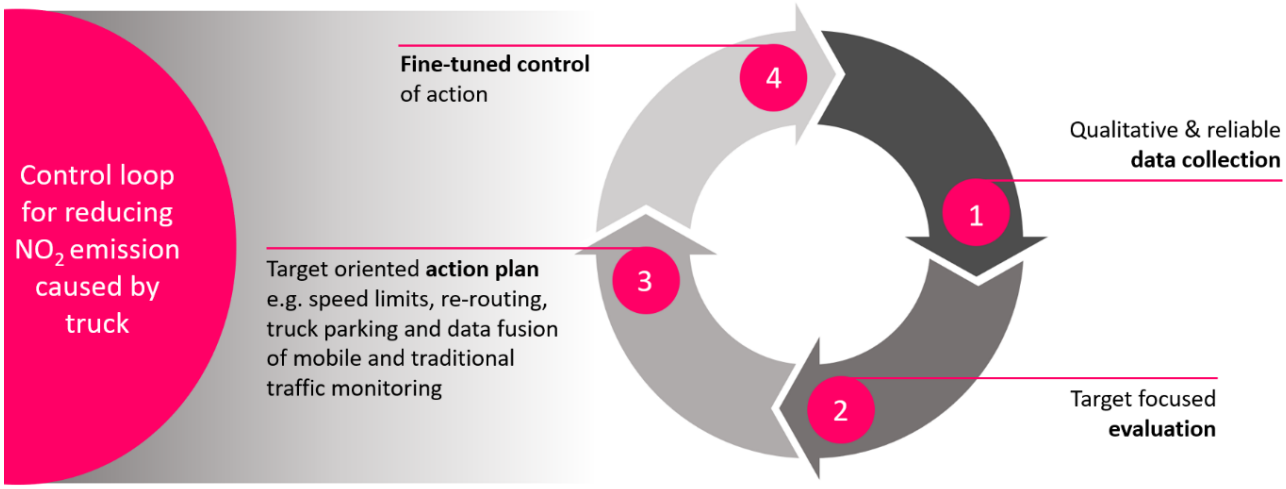

Figura 8: Processo circolare per l'analisi e la riduzione delle emissioni [15]

4.6 LIVELLO DI MATURITÀ TECNOLOGICA [15]

Il Technology Readiness Level (TRL) rappresenta un metodo sviluppato dalla NASA per valutare il grado di maturità di una determinata tecnologia basandosi su 9 livelli.

Livello di TRL	Descrizione
TRL 1	Osservati i principi fondamentali
TRL 2	Formulato il concetto della tecnologia
TRL 3	Prova di concetto sperimentale
TRL 4	Tecnologia convalidata in laboratorio
TRL 5	Tecnologia convalidata in ambiente (industrialmente) rilevante
TRL 6	Tecnologia dimostrata in ambiente (industrialmente) rilevante
TRL 7	Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo
TRL 8	Sistema completo e qualificato
TRL 9	Sistema reale provato in ambiente operativo (produzione competitiva, commercializzazione)

Tabella 4: Livelli di Maturità Tecnologica (TRL) secondo la Commissione Europea [16]

5G-LOGINNOV è un progetto interdisciplinare in cui ogni componente tecnologica implementata è caratterizzata da un TRL differente. In figura vengono analizzati i Technology Readiness Levels di partenza ed i rispettivi TRL target per ciascun caso d'uso.

	TRL level								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Management and Network Orchestration platform						●	→		●
Device Management Platform Ecosystem						●	→		●
Optimal selection of yard trucks					●	→		●	
Optimal surveillance cameras and video analytics						●	→		●
Automation for ports: port control, logistics						●	→		●
5G mission critical communications in ports					●	→		●	
Predictive Maintenance							●	→	●
Floating Truck & Emission Data implemented					●	→		●	
GLOSA & Automatic Truck Platooning							●	→	●
Dynamic control loop for environment sensitive TM						●	→	●	

Tabella 5: TRL di partenza e TRL target per ciascun caso d'uso [15]

4.7 IMPATTI [15]

Tramite il miglioramento dei porti, delle operazioni portuali e dei centri logistici a seguito dell'implementazione di tecnologie 5G, il progetto 5G-LOGGINOV avrà un impatto complessivo caratterizzato sostanzialmente dall'emergere di nuovi mercati (con attori entranti e attori già presenti), dalla riduzione dei costi e dal miglioramento ecologico.

1) **Nuova offerta Europea per tecnologie 5G a TRL 7 o superiore**
   5G-LOGINNOV contribuirà alla costruzione di un'eccellente offerta industriale europea di tecnologie 5G di base, con una rilevanza di livello globale nel mercato del settore logistico. A tale scopo, gli undici diversi casi d'uso testeranno e valuteranno le tecnologie 5G innovative a TRL7 o superiore implementate nei tre Living Labs europei. Inoltre, gli stakeholders coinvolti nel settore, verranno dotati di business models e strategie che consentano alle tecnologie 5G utilizzate nell'ambito della logistica l'ingresso a breve-medio termine nel mercato. Inoltre, saranno fornite le indicazioni necessarie all'utilizzo e alla riproduzione delle soluzioni proposte da 5G-LOGINNOV una volta terminato il progetto.

2) **Nuovi attori di mercato**
   Questo progetto presenta uno spiccato interesse nei confronti di nuovi attori di mercato nel campo della logistica e, per questo motivo, faciliterà la comparsa di realtà emergenti rappresentate da PMI e start-up avvalendosi della larga diffusione delle tecnologie 5G. Infatti le nuove compagnie che entreranno nel mercato della logistica portuale avranno il compito di sviluppare prodotti e servizi migliorati tramite l'utilizzo del 5G. Inoltre, lo sviluppo degli ecosistemi dei tre Living Labs consentirà ai proprietari di infrastrutture di aprire le porte al mercato delle innovazioni del 5G, consentendo di conseguenza l'evoluzione delle relative strategie di mercato. Infine, l'adozione da parte del mercato di soluzioni tecnologiche che sfruttino il 5G sarà fortemente supportata dal potenziale ingresso di PMI, start-ups e di nuovi attori in generale nel mercato.

3) **Start-up high tech o nuove opportunità di business per le PMI esistenti**

Una parte di 5G-LOGINNOV sarà dedicata ad una Open Call atta a selezionare, e successivamente integrare nel progetto, 5 start-up, le quali riceveranno il budget necessario allo sviluppo di soluzioni innovative che utilizzino le capacità aumentate del 5G da applicare alle operazioni portuali. Pertanto, le PMI e start-up, ed in particolar modo gli spin-offs degli istituti di ricerca, saranno inclusi in numerosi eventi ed attività, contribuendo quindi allo sviluppo del progetto con idee innovative. Inoltre, 5G-LOGINNOV creerà e coordinerà una rete di start-up impegnate nei centri logistici abilitati al 5G, le quali svolgeranno un ruolo importante nello sviluppo di nuove opportunità di mercato e partnership commerciali. Le attività svolte da queste start-up all'interno del progetto creeranno un impatto significativo sull'esistente sistema logistico così come sui futuri attori. Oltre a questi risvolti, gli eventi di divulgazione aumenteranno la possibilità di incontrare nuovi partner commerciali.

4) **Forte partecipazione delle PMI**

Durante lo sviluppo di 5G-LOGINNOV, i diversi Living Labs fungeranno da luogo per lo sviluppo di competenze tecniche e tecnologie 5G innovative di ultima generazione, portando all'affermazione di nuove start-up high tech. Pertanto, queste attività che si svolgeranno all'interno dei Living Labs coinvolgeranno fortemente le PMI partecipanti, permettendo loro di sviluppare e migliorare le più recenti tecnologie high tech; questo, di conseguenza, si rifletterà su un aumento del numero di PMI europee ad alto livello tecnologico con un ruolo attivo nel settore del 5G.

5) **Miglioramento dell'impatto sociale e ambientale**

Il progetto 5G-LOGINNOV, impiegando delle tecnologie innovative nei tre Living Labs, avrà come effetto una riduzione del numero di viaggi per il trasporto delle merci e del numero di chilometri effettuati dai veicoli, risultando perciò in una generale riduzione dei tempi e dei costi delle operazioni portuali. Il miglioramento generale nell'efficienza di queste operazioni avrà un impatto positivo anche nella qualità del servizio di consegna così come nelle condizioni di sicurezza sia del personale che del trasporto della merce. Oltre a ciò, 5G-LOGINNOV supporta fortemente l'European Green Deal, il quale ha l'obiettivo di ridurre del 90% l'emissione di gas effetto serra causati dai trasporti entro il 2050. Pertanto, il progetto punta ad ottenere una maggior efficienza delle operazioni nei porti di Atene, Amburgo e Koper impiegando un cambio multimodale dal trasporto stradale a quello marittimo e supportando contemporaneamente l'implementazione di questa mobilità multimodale tramite la gestione intelligente del traffico. In questo contesto il ruolo di 5G-LOGINNOV, in termini di riduzione dei costi e di miglioramento dell'impatto ambientale, trova un chiaro esempio nel porto di Amburgo; considerato l'enorme afflusso e circolo di mezzi di traporto in quest'area, con conseguente ingente consumo di carburante, il progetto punta ad ottenere un risparmio del 30% raggiungendo una riduzione di emissione di CO_2 pari a circa 23 Megatonnelate in una rete di soli 10 Km.

CAPITOLO 5

QUESTIONARIO E ANALISI DEI DATI

5.1 OBIETTIVI DEL QUESTIONARIO [13]

Il questionario è stato elaborato dai partner del consorzio del progetto 5G-LOGINNOV con lo scopo di studiare gli stakeholder per comprendere l'interesse e ottenere dei feedback riguardo alle nuove soluzioni tecnologiche.
L'obiettivo principale è quello di analizzare le esigenze attuali e future degli attori coinvolti nei Living Lab e ottenere delle indicazioni sui possibili livelli di diffusione e di adottabilità delle innovative tecnologie basate sulla connessione 5G.

5.2 PROFILAZIONE DEGLI INTERVISTATI

Il questionario è stato sottoposto a 42 individui, ognuno dei quali lavora in un'azienda coinvolta in uno dei tre Living Labs: Amburgo, Koper e Atene.

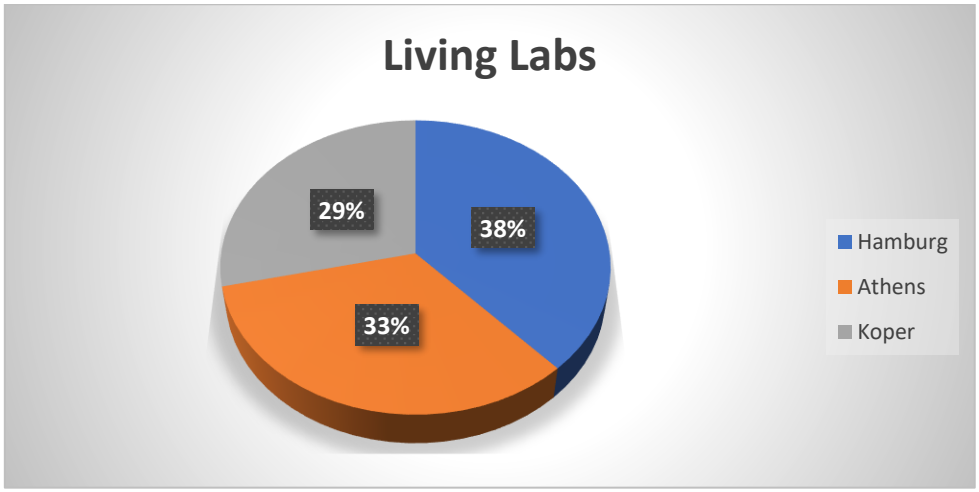

Figura 9: Living Lab di appartenenza degli intervistati

Sulla base di una prima analisi, come mostrato in figura 9, è possibile affermare che il 38% degli intervistati fa parte del Living Lab di Amburgo, il 33% fa parte del Living Lab di Atene, mentre il restante 29% è associato a Koper.

In secondo luogo è possibile analizzare il ruolo specifico di ogni rispondente all'interno dell'azienda in cui opera. In questo modo si può comprendere a che livello dell'organigramma aziendale appartengono gli intervistati.

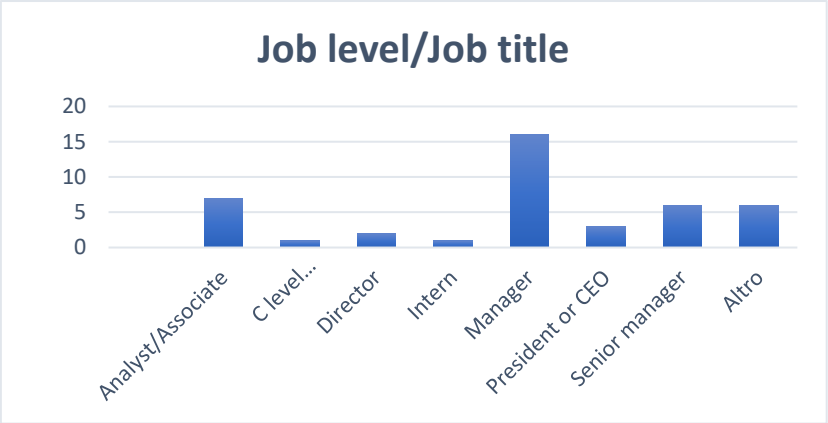

Figura 10: Job level degli intervistati

Il grafico evidenzia che:

- Il 17% degli intervistati è un Analyst/Associate
- Soltanto 1 su 42 rispondenti (circa 2%) appartiene alla categoria C level executive (CIO, CTO, COO, …)
- I Direttori rappresentano circa il 5% del totale
- Il 2% dei rispondenti appartiene alla categoria dei tirocinanti
- La classe più rappresentata è quella dei Manager (38%)
- 3 intervistati su 42 (7%) sono CEO della propria azienda
- La carica di Senior manager è ricoperta dal 14% dei rispondenti
- Il restante 14% opera in altri ruoli dell'organigramma aziendale

È interessante valutare, ora, il posizionamento nel mercato dei diversi rispondenti presi in considerazione.

In particolare è possibile analizzare a che livello della catena logistica operano le aziende coinvolte nel questionario e il settore industriale di cui fanno parte.

In primo luogo, le tipologie di operatori logistici possono essere classificabili utilizzando il termine ***Party Logistics (PL):***

1. **First Party Logistics** (1PL): Gli operatori logistici 1PL si occupano solamente della distribuzione della merce per conto del cliente.
2. **Second Party Logistics** (2PL): In questo livello di esternalizzazione le società si occupano di sia di distribuzione del prodotto che di stoccaggio.
3. **Third Party Logistics** (3PL): Gli operatori 3PL offrono servizi di stoccaggio, preparazione della spedizione e packing, trasporto e distribuzione al cliente finale. La gestione della logistica è, in questo caso, quasi completamente esternalizzata.
4. **Fourth Party Logistics** (4PL): Oltre ai servizi offerti dalle società 3PL, gli operatori 4PL svolgono anche il ruolo di consulenti logistici.
5. **Fifth Party Logistics** (5PL): La tipologia di esternalizzazione degli operatori 5PL riguarda, oltre alla completa gestione della catena logistica, i servizi legati all' e-commerce.

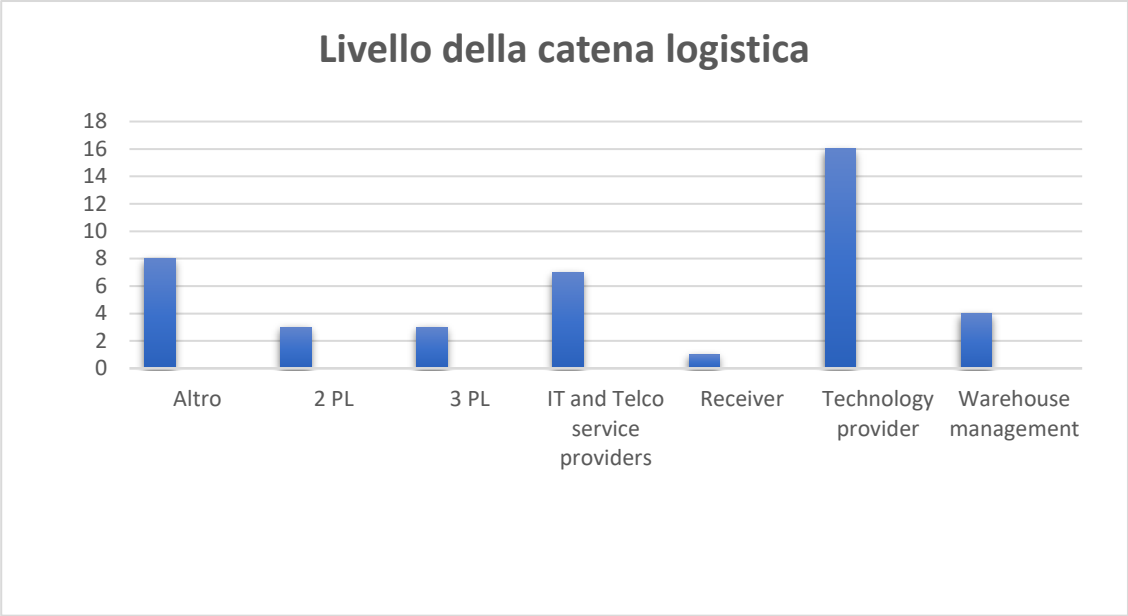

Figura 11: Posizionamento delle aziende nella catena logistica

Come risulta dal grafico:

- Le aziende che si occupano di gestione del magazzino rappresentano circa il 10% del totale
- Il 38% degli intervistati lavora in aziende che operano come fornitori tecnologici
- 1 azienda su 42 (2%) svolge il ruolo di receiver
- I fornitori di servizi IT e Telco occupano il 17% del totale
- Gli operatori logistici 2PL e 3PL rappresentano complessivamente il 14%
- Il restante 19% opera in altri livelli della catena logistica

In secondo luogo, si può analizzare l'appartenenza ad un determinato settore industriale con lo scopo di comprendere più a fondo l'identità degli intervistati.

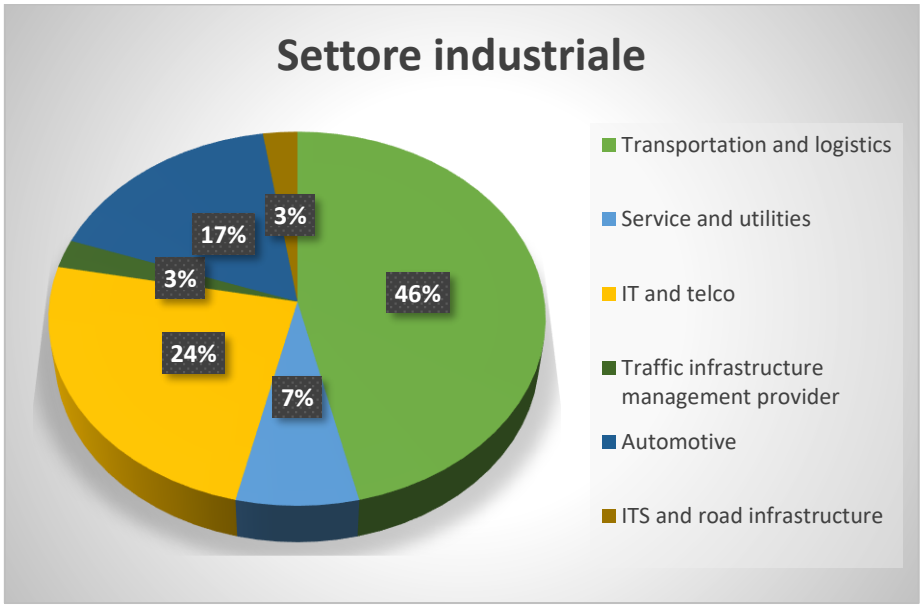

Figura 12: Settore industriale di appartenenza dei rispondenti

Il diagramma mostra che il settore industriale più rappresentato è quello dei trasporti e della logistica.

Il 24% degli intervistati opera in aziende del settore IT e telecomunicazioni, mentre il 17% rientra nel settore dell'automotive. Altri settori sono rappresentati in maniera minore.
Infine per delineare al meglio il profilo dei rispondenti e delle loro aziende è necessario effettuare una valutazione sulla dimensione delle aziende coinvolte sia in termini di numero di dipendenti che in termini economici.

In particolare, suddividendo le imprese in:

- Micro-imprese (<10 dipendenti)
- Imprese medio-piccole (10<dipendenti<249)
- Grandi imprese (>250 dipendenti)

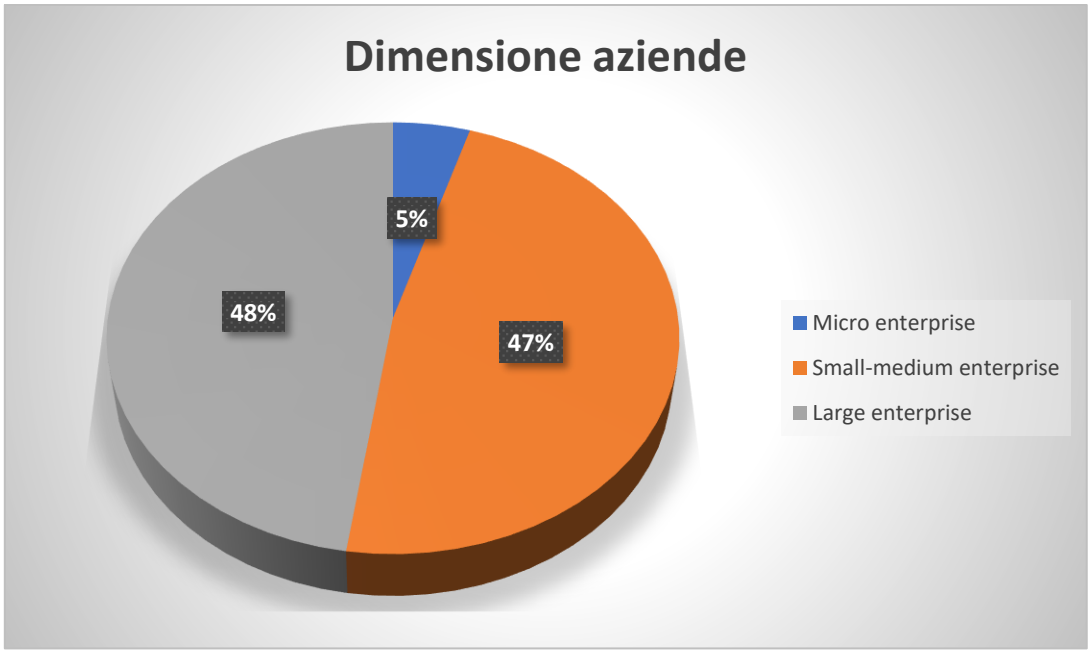

Figura 13: Numero di dipendenti delle aziende coinvolte

Il grafico mostra come il 48% delle imprese coinvolte abbia un numero di dipendenti maggiore di 250, il 47% appartenga alla categoria delle imprese medio-piccole, mentre solamente il 5% rappresenti le imprese con meno di occupati.
In termini di ricavi aziendali (in milioni di euro) il diagramma sottostante descrive la seguente situazione:

- 2 aziende su 42 (5%) hanno ottenuto dei ricavi minori di 0.5 M€
- Il 19% ha dei ricavi compresi tra 0.5 e 2 M€
- Il 14% delle aziende coinvolte produce ricavi compresi tra i 2 ed i 10 M€
- 7 imprese su 42 (17%) hanno ottenuto ricavi compresi tra 10 e 50 M€
- La percentuale maggiore di aziende coinvolte (45%) hanno ricavato più di 50 M€

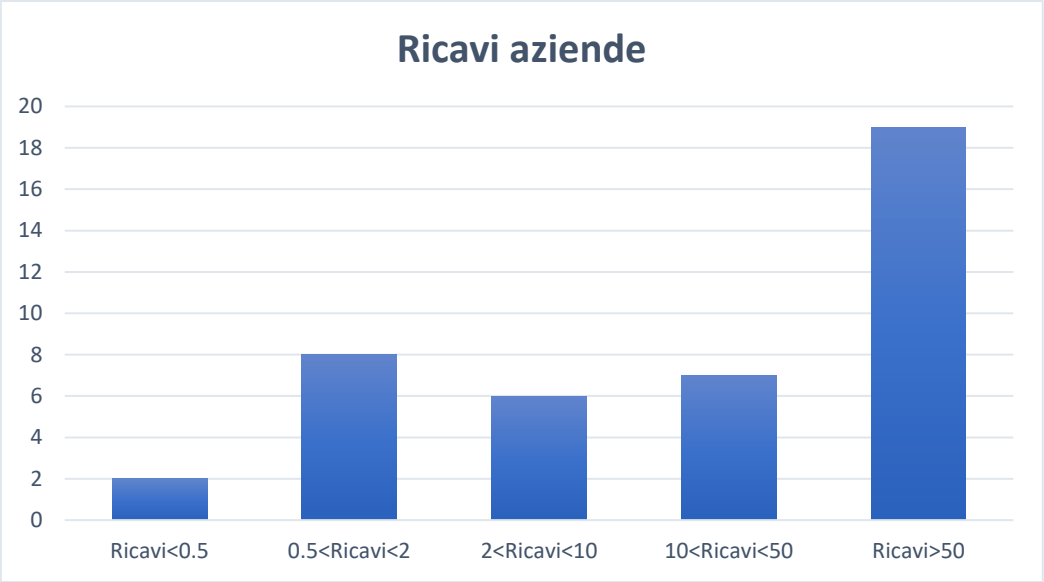

Figura 14: Ricavi delle imprese

5.3 CONNESSIONE TRA LIVELLO DELLA CATENA LOGISTICA E CONOSCENZA DELLE TECNOLOGIE

5.3.1 METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI: TABELLE DI CONTINGENZA, TEST CHI-QUADRO E RESIDUI STANDARDIZZATI

L'obiettivo della prima analisi condotta consiste nel ricercare delle connessioni tra variabili.
In particolare, attraverso l'utilizzo di metodologie statistiche vengono analizzate le relazioni di dipendenza tra il livello della catena logistica in cui opera un'impresa e il grado di conoscenza delle diverse tecnologie considerate.
Viene introdotto di seguito il concetto di **variabile categorica**.
Una variabile categorica ha una scala di misurazione composta da un insieme di categorie e le scale categoriche possono essere *scale ordinali* (le categorie hanno un preciso ordine) *o scale nominali* (l'ordine è irrilevante).
Le tabelle di contingenza vengono utilizzate per analizzare le relazioni tra variabili categoriche.

All'interno della seguente tabella di contingenza definiamo:

X \ Y	y_1	y_2	$\dots$	y_j	$\dots$	y_k	Totale
x_1	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$\dots$	$n_{1,j}$	$\dots$	$n_{1,k}$	$n_{1,\cdot}$
x_2	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$\dots$	$n_{2,j}$	$\dots$	$n_{2,k}$	$n_{2,\cdot}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\ddots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
x_i	$n_{i,1}$	$n_{i,2}$	$\dots$	$n_{i,j}$	$\dots$	$n_{i,k}$	$n_{i,\cdot}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\ddots$	$\dots$	$\dots$
x_h	$n_{h,1}$	$n_{h,2}$	$\dots$	$n_{h,j}$	$\dots$	$n_{h,k}$	$n_{h,\cdot}$
Totale	$n_{\cdot,1}$	$n_{\cdot,2}$	$\dots$	$n_{\cdot,j}$	$\dots$	$n_{\cdot,k}$	n

Tabella 6: Frequenze assolute [17]

- Y: variabile categorica di risposta
- X: variabile categorica esplicativa
- h: n. di categorie di X
- k: n. di categorie di Y
- Frequenze marginali assolute: $n_{i+} = \sum_{j=1}^{k} n_{ij}$, $n_{+j} = \sum_{i=1}^{h} n_{ij}$
- Dimensione del campione: n = $\sum_{ij} nij$

Dalle frequenze assolute si ricavano le frequenze relative:

X \ Y	y_1	y_2	$\cdots$	y_j	$\cdots$	y_k	Totale
x_1	$f_{1,1}$	$f_{1,2}$	$\cdots$	$f_{1,j}$	$\cdots$	$f_{1,k}$	$f_{1,\cdot}$
x_2	$f_{2,1}$	$f_{2,2}$	$\cdots$	$f_{2,j}$	$\cdots$	$f_{2,k}$	$f_{2,\cdot}$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\ddots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
x_i	$f_{i,1}$	$f_{i,2}$	$\cdots$	$f_{i,j}$	$\cdots$	$f_{i,k}$	$f_{i,\cdot}$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\ddots$	$\cdots$	$\cdots$
x_h	$f_{h,1}$	$f_{h,2}$	$\cdots$	$f_{h,j}$	$\cdots$	$f_{h,k}$	$f_{h,\cdot}$
Totale	$f_{\cdot,1}$	$f_{\cdot,2}$	$\cdots$	$f_{\cdot,j}$	$\cdots$	$f_{\cdot,k}$	1

Tabella 7: Frequenze relative [17]

- Frequenze relative: $f_{ij} = n_{ij}/n$
- Frequenze marginali relative: $f_{i+} = \Sigma_{j=1}^{k} fij$, $f_{+j} = \Sigma_{i=1}^{h} fij$
- f_{ij} rappresenta una stima della probabilità congiunta π_{ij} = P (X=i, Y=j)

5.3.1.1 *Distribuzione condizionata*

È di maggior interesse, però, analizzare come le distribuzioni delle varie righe siano dipendenti dalle distribuzioni di colonna (o viceversa). Quindi, fissando una riga, che corrisponde a fissare una categoria della variabile X, si studia la distribuzione della variabile Y, cioè si studia la distribuzione condizionata di Y dato X (Y|X). Si possono calcolare tante distribuzioni condizionate di Y|X quante sono le righe della tabella di contingenza. Allo stesso modo si possono analizzare le distribuzioni condizionate di X|Y.
Per analizzare l'associazione tra determinate categorie della variabile risposta e categorie della variabile esplicativa può essere utilizzato un approccio di tipo grafico.
Infatti, è possibile rappresentare attraverso i ***diagrammi a nastro*** le distribuzioni condizionate di riga o colonna e verificare qualitativamente l'associazione tra categorie.

5.3.1.2 *Test del chi-quadro e residui standardizzati*

Due variabili sono statisticamente indipendenti se la distribuzione condizionata di Y è identica ad ogni livello di X, cioè quando $\pi_{ij} = \pi_{i+} \cdot \pi_{+j}$
Uno dei test statistici più utilizzati per verificare l'indipendenza è **il test del chi quadro**.

Questo test confronta le frequenze osservate con quelle teoriche. In particolare si calcola:

$$\chi^2 = \Sigma_{ij} \frac{(nij - \hat{u}ij)^2}{\hat{u}ij}$$

Con $\hat{u}$ij = stima della frequenza teorica = $\frac{n_{i+} \cdot n_{+j}}{n}$

Il test chi quadro verifica l'indipendenza tra due variabili testando l'ipotesi nulla $H_0 : \pi_{ij} = \pi_{i+} \cdot \pi_{+j}$.

Il valore calcolato X^2 deve essere confrontato con una X^2 con gradi di libertà = (I-1)(J-1) per stabilire se accettare o meno l'ipotesi nulla.
Questo metodo non può essere applicato nel caso in cui più del 20% delle frequenze teoriche abbia un valore inferiore a 5 oppure una cella abbia frequenza teorica inferiore a 1.
Se il valore di X^2 risulta essere significativo (rifiuto H_0), può essere interessante analizzare quali siano le celle che causano tale significatività.

Per raggiungere tale obiettivo è possibile calcolare i **residui standardizzati** per ogni cella.

$$r = \frac{(n_{ij} - \hat{u}_{ij})}{\sqrt{\hat{u}_{ij}}}$$

Se si considera una significatività del 5%, il valore di r deve essere confrontato con 1.96 e -1.96.

In particolare se:

- $r < -2 \quad o \quad r > 2$ il valore di quella cella è significativo ed ha contribuito alla significatività del test chi-quadro.

- $-2 < r < 2$ il valore di quella cella non è significativo.

Le tabelle di contingenza, i diagrammi a nastro, il test chi quadro e i residui standardizzati sono metodi che possono essere utilizzati per analizzare le risposte al questionario degli intervistati e trarre delle conclusioni su eventuali associazioni tra variabili.
La prima analisi proposta studia la relazione tra il livello della catena logistica in cui opera una determinata azienda e il grado di conoscenza delle tecnologie esaminate.
In particolare è stata considerata come variabile esplicativa il livello della catena logistica in cui opera l'azienda ed è stata suddivisa in 7 categorie:

- Warehouse management
- Technology provider

- Receiver
- IT and Telco Service Providers
- 3PL
- 2PL
- Altro

La variabile risposta, invece, è rappresentata dal livello di conoscenza delle tecnologie e le categorie sono state costruite facendo riferimento alle risposte del questionario:

- Raggruppando le risposte appartenenti alle categorie “Very low” e “Low” è stata creata la categoria “Conoscenza bassa”
- Le risposte appartenenti alla categoria “Medium” rappresentano la categoria “Conoscenza buona”
- La categoria “Conoscenza ottima” è formata dall’unione delle risposte “High” e “Very high”

Per ogni tecnologia esaminata è stata creata una tabella di contingenza con i dati delle risposte dei 42 intervistati e un diagramma a nastro per effettuare una prima valutazione qualitativa della relazione tra le variabili. Successivamente è stata costruita una tabella di contingenza di riepilogo attraverso la somma delle singole tabelle di contingenza sviluppate per ogni tecnologia analizzata.
Effettuando un test chi quadro sulla tabella di riepilogo è possibile valutare l’eventuale dipendenza tra le due variabili in questione e, nel caso la dipendenza fosse confermata dal test, analizzando i residui standardizzati si possono valutare le celle che contribuiscono a tale risultato.

5.3.2 Cloud

Di seguito viene mostrata la tabella di contingenza utilizzata per rappresentare le risposte degli intervistati in merito alla conoscenza della tecnologia Cloud.

Si può notare come un'alta conoscenza della tecnologia in oggetto sia associata al 60% circa degli intervistati, 30% dichiarano di possedere una buona conoscenza, mentre solamente il 10% conosce poco il Cloud.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	2	2	4	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	0	1	2	**3**
IT and Telco Service Providers	0	3	4	**7**
Receiver	0	1	0	**1**
Technology Provider	0	5	11	**16**
Warehouse Management	0	0	4	**4**
Tot colonna	**4**	**13**	**25**	**42**

Tabella 8: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia Cloud

Non disponendo di un numero di dati elevato non è possibile applicare metodi per verificare l'indipendenza fra le variabili considerate, ma utilizzando un diagramma a nastro è possibile comunque effettuare una prima analisi qualitativa.

Per identificare delle tendenze, in ogni caso, sarà necessario un raggruppamento di più dati riferiti a tutte le tecnologie considerate.

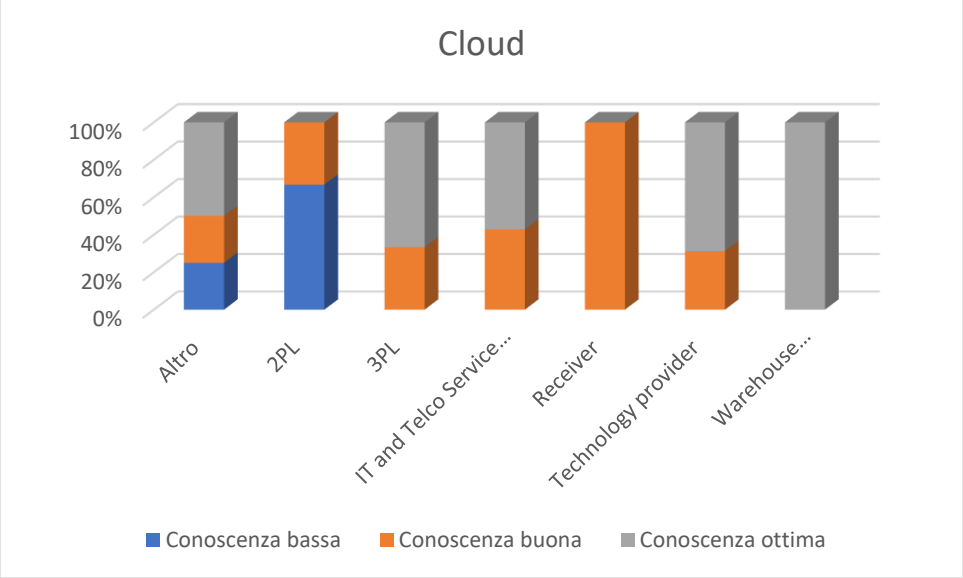

Figura 15: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia Cloud

Da una valutazione del diagramma a nastro risulta che i rispondenti dispongono di un'alta conoscenza del Cloud soprattutto nei settori di Warehouse Management e IT and Telco Service Providers, mentre una bassa conoscenza della tecnologia in esame è più presente per le imprese 2PL.

5.3.3 Internet of Things

La presente tabella di contingenza rappresenta le risposte in merito al livello di conoscenza della tecnologia IoT. In questo caso, il 66% degli intervistati dichiara avere un'ottima conoscenza, circa il 20% dispone di una buona conoscenza della tecnologia in oggetto e infine il 14% è associato ad una bassa conoscenza.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	3	2	3	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	0	0	3	**3**
IT and Telco Service Providers	1	0	6	**7**
Receiver	0	1	0	**1**
Technology Provider	0	4	12	**16**
Warehouse Management	0	0	4	**4**
Tot colonna	**6**	**8**	**28**	**42**

Tabella 9: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia IoT

Anche in questo caso valgono le considerazioni fatte in precedenza riguardo l'impossibilità di estrarre una tendenza dai dati e di sviluppare metodi per testare l'associazione tra le variabili.

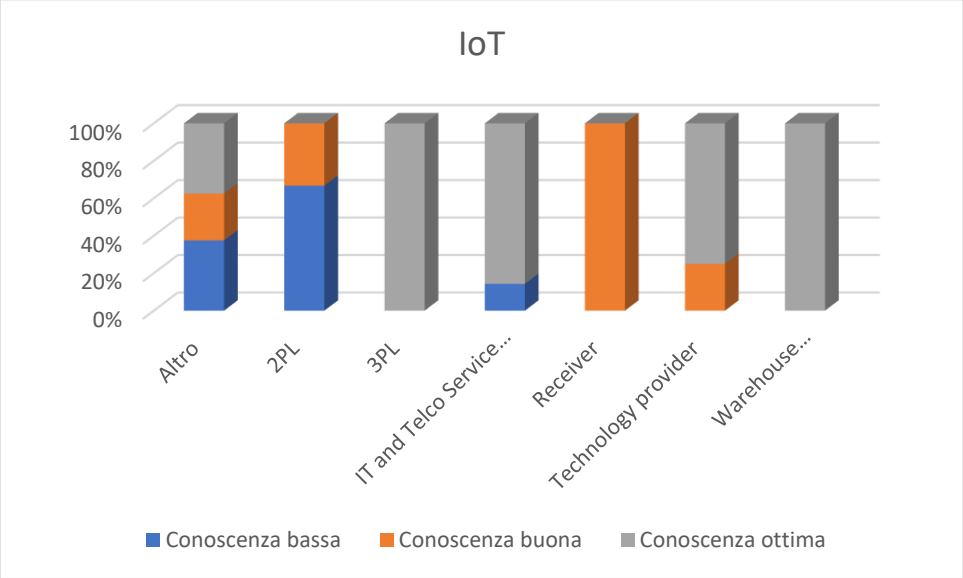

Figura 16: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia IoT

Il diagramma a nastro consente, comunque, di valutare che i rispondenti con una maggiore conoscenza delle tecnologie IoT operano nei settori 3PL, IT and Telco Service Providers e Warehouse Management.
La percentuale più alta di intervistati che sostengono di possedere una bassa conoscenza di tale tecnologia appartiene, invece, alla categoria 2PL.

5.3.4 Cyber – Physical Systems

Per quanto riguarda i CPS, i rispondenti mostrano un'inversione di tendenza. Infatti la tabella di contingenza mostra come solamente il 21% abbia un'alta conoscenza, mentre il restante 79% dichiara di avere una conoscenza media o bassa.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	5	2	1	**8**
2PL	3	0	0	**3**
3PL	0	1	2	**3**
IT and Telco Service Providers	3	2	2	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	6	7	3	**16**
Warehouse Management	2	1	1	**4**
Tot colonna	**20**	**13**	**9**	**42**

Tabella 10: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia CPS

Dal diagramma a nastro è possibile intuire come la percentuale più alta di intervistati con una bassa conoscenza della tecnologia considerata appartenga alle imprese delle categorie 2PL e Receiver, mentre solamente il settore 3PL mostra un'elevata presenza di rispondenti che dichiarano di avere un'alta conoscenza dei Cyber – Physical Systems.

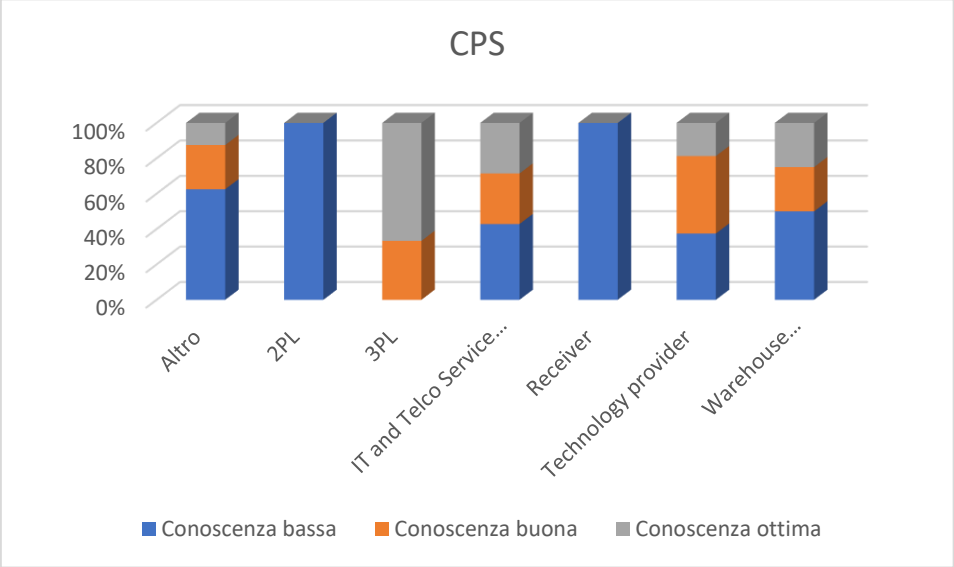

Figura 17: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia CPS

5.3.5 Cyber - Security Systems

La tabella di contingenza che rappresenta le risposte riguardo ai CSS mostra come un'alta conoscenza sia associata al 40% degli intervistati, il 24% dichiara una buona conoscenza, mentre il 36% conosce poco i sistemi di cybersecurity.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	5	1	2	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	0	1	2	**3**
IT and Telco Service Providers	2	2	3	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	4	5	7	**16**
Warehouse Management	1	0	3	**4**
Tot colonna	**15**	**10**	**17**	**42**

Tabella 11: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia CSS

Un'analisi del diagramma a nastro consente di osservare come i settori 3PL e Warehouse Management contengano la più alta percentuale di rispondenti che affermano di avere un'ottima conoscenza dei CSS.

Nelle categorie 2PL e Receiver, invece, gli intervistati dichiarano maggiormente di disporre di una bassa conoscenza.

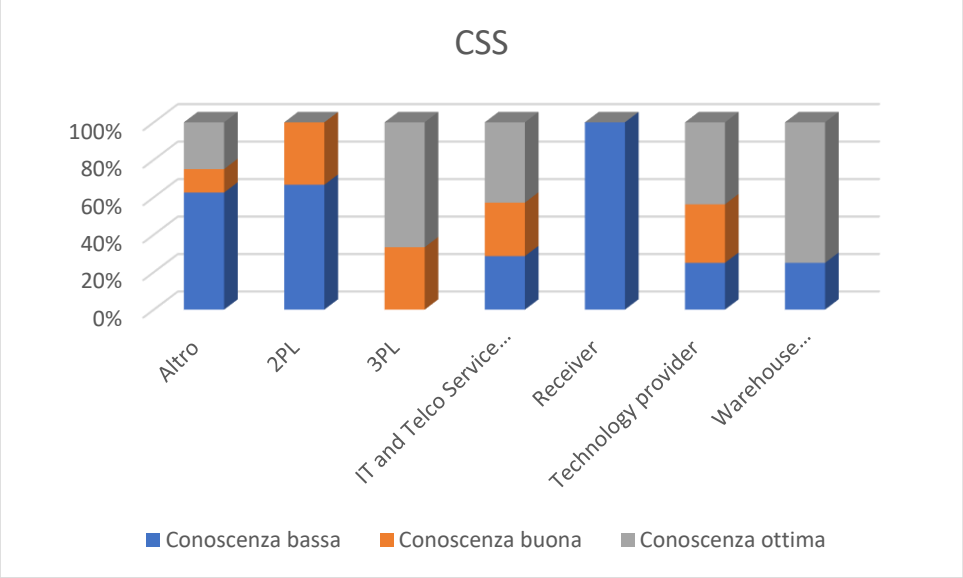

Figura 18: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia CSS

5.3.6 Smart Sensors

Dall'analisi della seguente tabella di contingenza risulta che gli intervistati che hanno una conoscenza approfondita degli Smart Sensors sono il 45% del totale, il restante 55% dichiara di avere una conoscenza buona o scarsa di tale tecnologia.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	3	3	2	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	1	2	0	**3**
IT and Telco Service Providers	0	4	3	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	1	3	12	**16**
Warehouse Management	1	1	2	**4**
Tot colonna	**9**	**14**	**19**	**42**

Tabella 12: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia Smart Sensors

Come evidente dal grafico, la percentuale più alta di rispondenti con un'elevata conoscenza dei sensori smart appartiene al settore Technology Provider, mentre per le imprese appartenenti ai settori 2PL e Receiver risulta una scarsa conoscenza.

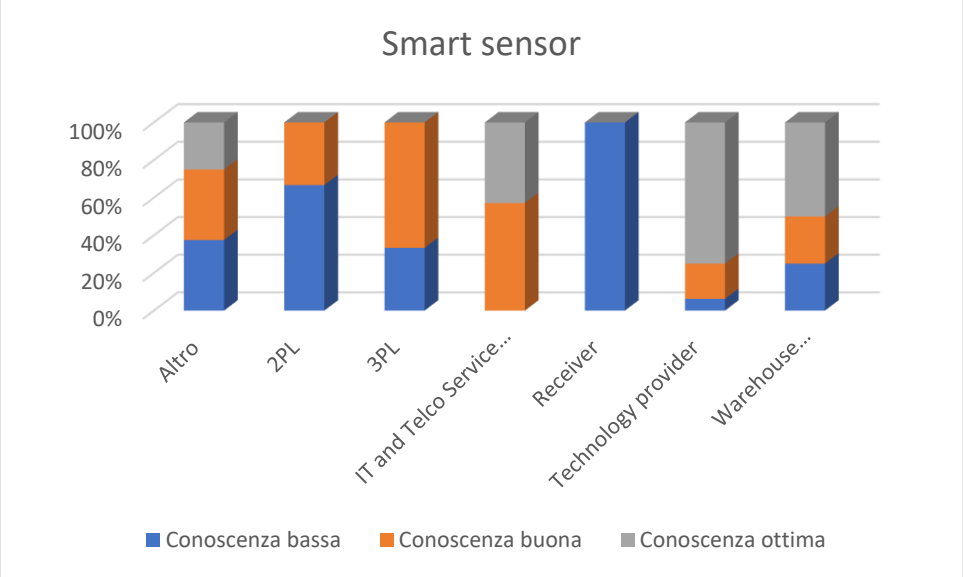

Figura 19: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia Smart Sensors

5.3.7 Big Data Analytics

La tabella di contingenza riferita alla raccolta e analisi dei Big Data mostra come il 24% abbia un'elevata conoscenza di questa tipologia di processi, il 45% dichiara di avere una buona conoscenza e circa il 31% degli intervistati possiede una scarsa conoscenza.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	4	3	1	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	1	2	0	**3**
IT and Telco Service Providers	1	3	3	**7**
Receiver	0	1	0	**1**
Technology Provider	5	6	5	**16**
Warehouse Management	0	3	1	**4**
Tot colonna	**13**	**19**	**10**	**42**

Tabella 13: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia Big Data Analytics

Dall'analisi del diagramma a nastro non è evidente nessun settore in particolare in cui ci sia un'elevata presenza di rispondenti con un'ottima conoscenza dei processi di Big Data Analytics.

Un'alta percentuale di individui che dichiarano di avere una scarsa conoscenza è, invece, presente nel settore 2PL.

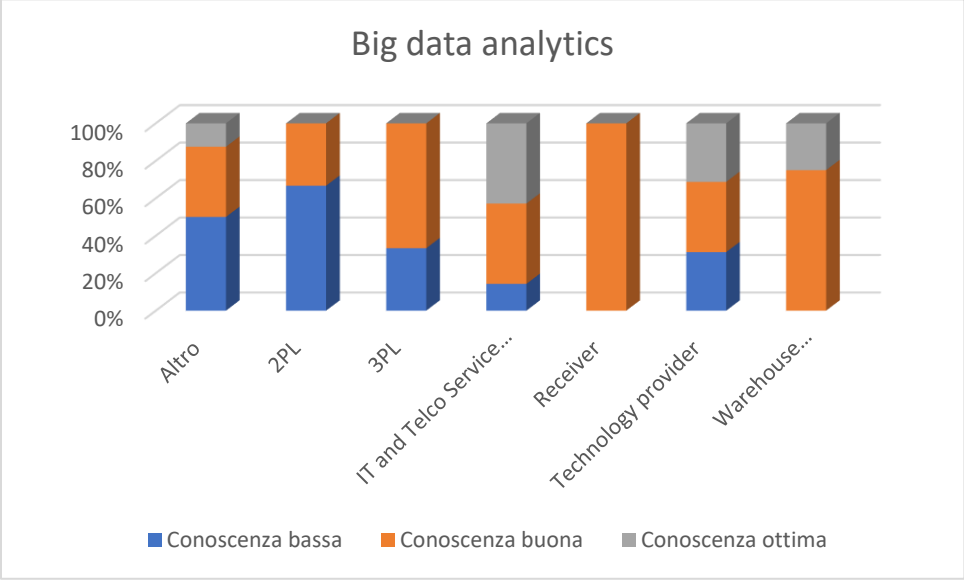

Figura 20: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia Big Data Analytics

5.3.8 Artificial Intelligence

La seguente tabella di contingenza rappresenta le risposte degli intervistati in merito al livello di conoscenza delle tecnologie di Artificial Intelligence.

La metà dei rispondenti afferma di possedere una bassa conoscenza di tali tecnologie, il 31% dichiara una buona conoscenza ed il restante 19% una conoscenza approfondita.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	5	3	0	**8**
2PL	2	1	0	**3**
3PL	3	0	0	**3**
IT and Telco Service Providers	3	1	3	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	7	6	3	**16**
Warehouse Management	0	2	2	**4**
Tot colonna	**21**	**13**	**8**	**42**

Tabella 14: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia AI

Nello specifico, la totalità dei rispondenti appartenenti alle categorie 3PL e Receiver afferma di possedere una scarsa conoscenza della tecnologia in esame.

Gli intervistati appartenenti alle imprese che operano nel settore del Warehouse Management dichiarano un livello di conoscenza buono (50%) e ottimo (50%).

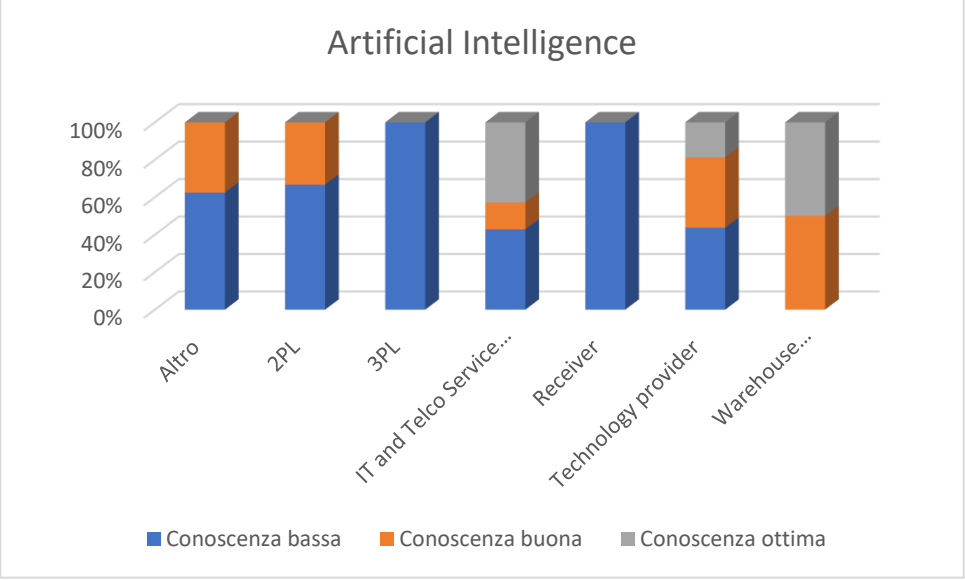

Figura 21: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia AI

5.3.9 Blockchain

Quasi la metà degli intervistati (48%) afferma di avere un basso livello di conoscenza della Blockchain.

Solamente il 21% dichiara di possedere conoscenze avanzate, mentre il restante 31% dispone di una buona conoscenza della tecnologia.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	2	5	1	**8**
2PL	1	1	1	**3**
3PL	2	1	0	**3**
IT and Telco Service Providers	2	2	3	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	12	2	2	**16**
Warehouse Management	0	2	2	**4**
Tot colonna	**20**	**13**	**9**	**42**

Tabella 15: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia Blockchain

Osservando il grafico si può notare come i settori Receiver e Technology Provider abbiano la più alta percentuale di rispondenti che dichiarano di avere una scarsa conoscenza sulla tecnologia Blockchain, mentre gli intervistati della categoria Warehouse Management possiedono una conoscenza buona o ottima.

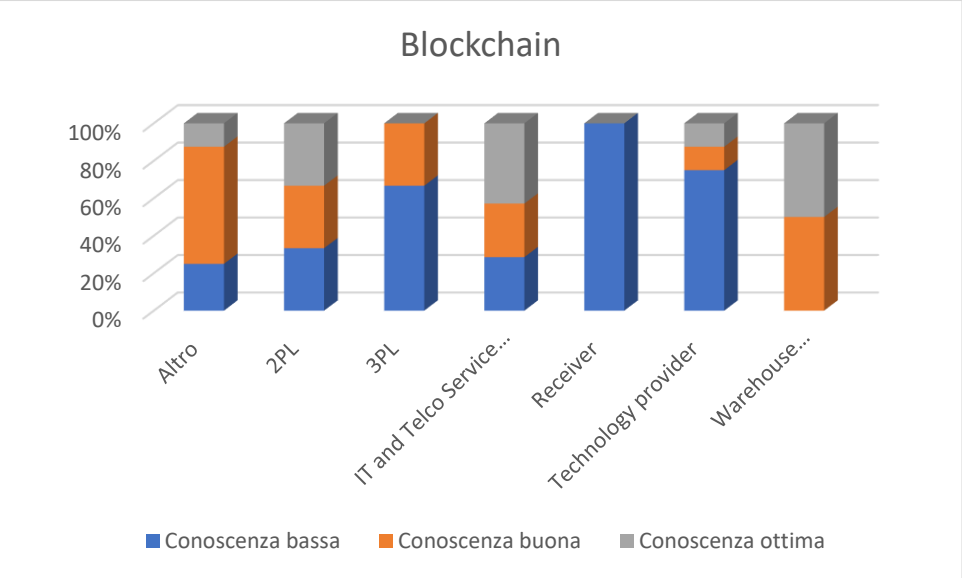

Figura 22: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia Blockchain

5.3.10 5G

La tabella di contingenza sottostante mostra le risposte degli intervistati in merito al livello di conoscenza della connessione mobile 5G.

Il 41% dei rispondenti afferma di avere un'ottima conoscenza, il 33% possiede una buona conoscenza e il restante 26% dichiara una scarsa conoscenza della tecnologia.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	3	5	0	**8**
2PL	2	0	1	**3**
3PL	3	0	0	**3**
IT and Telco Service Providers	0	1	6	**7**
Receiver	0	1	0	**1**
Technology Provider	2	5	9	**16**
Warehouse Management	1	2	1	**4**
Tot colonna	**11**	**14**	**17**	**42**

Tabella 16: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia 5G

In particolare, dal diagramma a nastro si nota che nel settore IT and Telco Service Providers è molto alta la percentuale di individui con un'ottima conoscenza del 5G.

Nelle categorie 2PL e 3PL, invece, la conoscenza della connessione mobile 5G risulta essere, in gran parte, bassa.

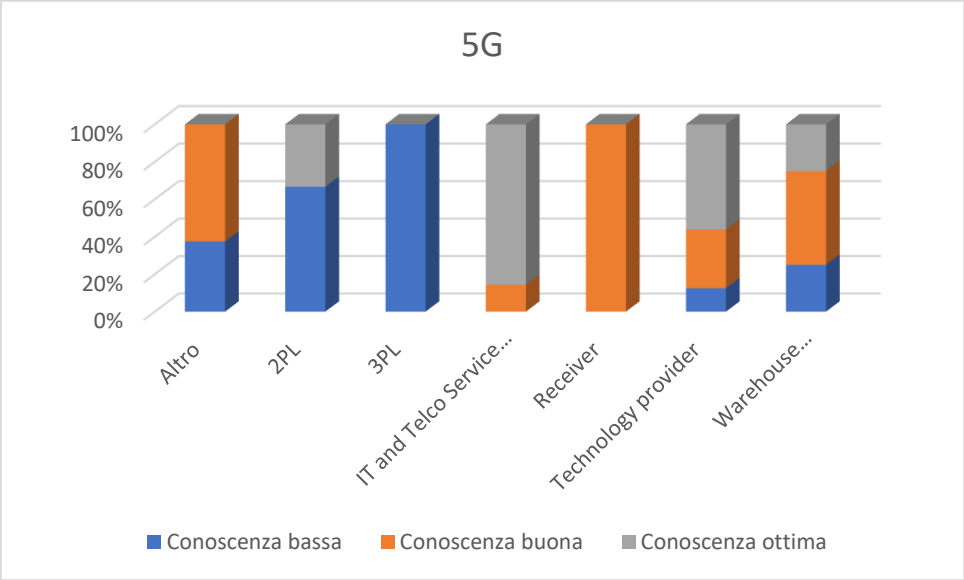

Figura 23: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia 5G

5.3.11 Wearable and Smart Devices

Dalla tabella di contingenza relativa ai Wearable and Smart devices risulta che il 41% degli intervistati ne possiede un'elevata conoscenza, il 33% dichiara di avere una buona conoscenza, mentre il 26% non conosce approfonditamene questi dispositivi.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	2	4	2	**8**
2PL	1	1	1	**3**
3PL	2	0	1	**3**
IT and Telco Service Providers	0	1	6	**7**
Receiver	1	0	0	**1**
Technology Provider	4	8	4	**16**
Warehouse Management	1	0	3	**4**
Tot colonna	**11**	**14**	**17**	**42**

Tabella 17: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza della tecnologia Wearable and Smart Devices

Dal grafico sottostante è evidente come nei settori IT and Telco Service Providers e Warehouse Management sia molto elevata la percentuale di rispondenti con un'ottima conoscenza dei Wearable and Smart Devices.

Al contrario, invece, nelle categorie 3PL e Receiver la conoscenza risulta essere in gran parte bassa.

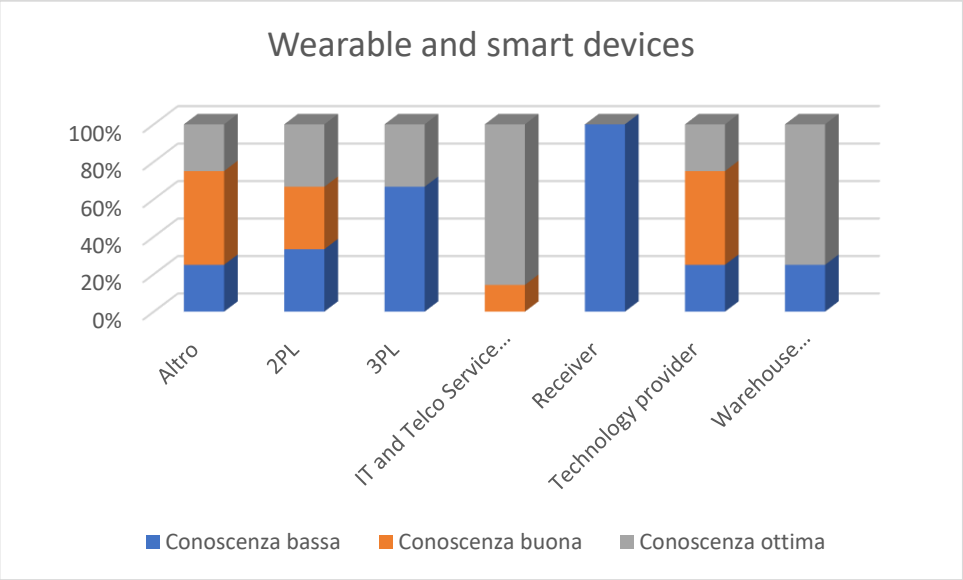

Figura 24: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza della tecnologia Wearable and Smart Devices

5.3.12 Connessione tra il livello della catena logistica e la conoscenza delle tecnologie

La tabella di contingenza sottostante è stata ricavata attraverso la somma delle singole tabelle di contingenza analizzate per ogni tecnologia. In questo modo è possibile stabilire una relazione di dipendenza tra le variabili "Livello della catena logistica" e "Conoscenza delle tecnologie".

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima	Tot riga
Altro	34	30	16	**80**
2PL	19	8	3	**30**
3PL	12	8	10	**30**
IT and Telco Service Providers	12	19	39	**70**
Receiver	6	4	0	**10**
Technology Provider	41	51	68	**160**
Warehouse Management	6	11	23	**40**
Tot colonna	**130**	**131**	**159**	**420**

Tabella 18: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di conoscenza delle tecnologie

Una prima analisi qualitativa del diagramma a nastro indica che nei settori IT and Telco Service Providers e Warehouse Management la percentuale di intervistati con un'ottima conoscenza delle tecnologie sia più alta rispetto agli altri livelli della catena logistica.

Nel settore 2PL risulta, invece, la percentuale maggiore di rispondenti con una bassa conoscenza delle tecnologie.

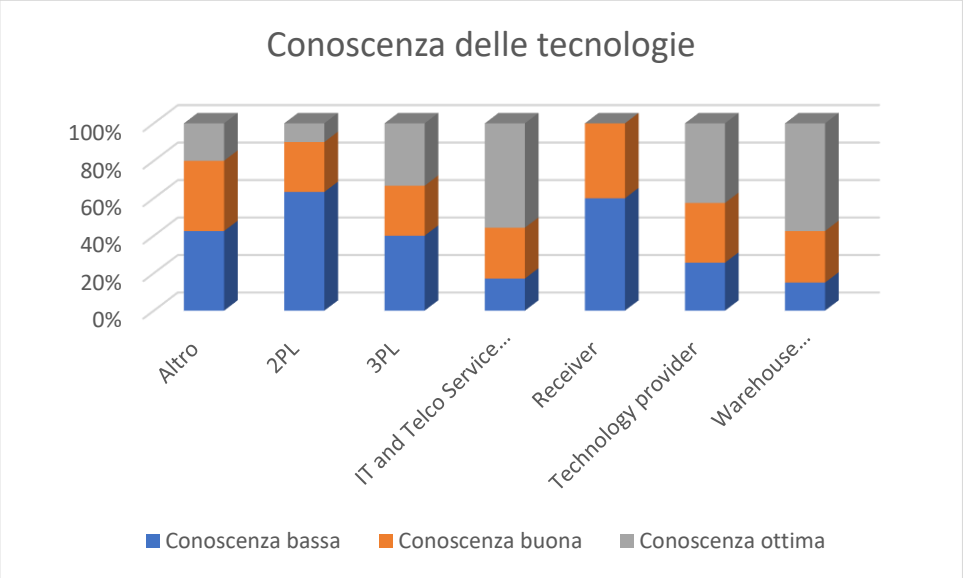

Figura 25: Diagramma a nastro relativo alla conoscenza delle tecnologie

TEST DEL CHI-QUADRO

A questo punto si possono determinare le stime delle frequenze teoriche secondo la formula:

$$\hat{u}ij = \frac{n_{i+} \cdot n_{+j}}{n}$$

Per valutare l'applicabilità del Test chi-quadro devono essere rispettati i seguenti vincoli:

- Non possono essere presenti più del 20% delle frequenze teoriche con un valore inferiore a 5.
- Nessuna cella deve avere frequenza teorica inferiore a 1.

	Conoscenza bassa	**Conoscenza buona**	**Conoscenza ottima**
Altro	24,7619	24,95238	30,28571
2PL	9,285714	9,357143	11,35714
3PL	9,285714	9,357143	11,35714
IT and Telco Service Providers	21,66667	21,83333	26,5
Receiver	3,095238	3,119048	3,785714
Technology provider	49,52381	49,90476	60,57143
Warehouse management	12,38095	12,47619	15,14286

Tabella 19: Frequenze teoriche

I vincoli di applicabilità del metodo sono rispettati e quindi si può calcolare:

$\chi^2 = \Sigma_{ij} \frac{(nij - \hat{u}ij)^2}{\hat{u}ij}$ = 56,1472 e confrontare con una χ^2 con gradi di libertà = (7-1)(3-1)=12 che, introducendo un livello di significatività del 5% è uguale a 21,03.
56,1472 > 21 ,03 quindi si rifiuta l'ipotesi nulla $H_0 : \pi_{ij} = \pi_{i+} \cdot \pi_{+j}$ deducendo che le due variabili risultano dipendenti.

RESIDUI STANDARDIZZATI

Per verificare quali categorie contribuiscano alla significatività riscontrata attraverso il test del chi-quadro, è necessario calcolare i residui standardizzati r e verificare quali celle contengano un valore di r < -2 oppure r > 2.

	Conoscenza bassa	Conoscenza buona	Conoscenza ottima
Altro	1,856481	1,010487	**-2,59587**
2PL	**3,187889**	-0,44366	**-2,47984**
3PL	0,890734	-0,44366	-0,40271
IT and Telco Service Providers	**-2,07673**	-0,60637	**2,428215**
Receiver	1,651062	0,498817	-1,94569
Technology Provider	-1,21123	0,155038	0,95449
Warehouse Management	-1,81346	-0,41793	**2,019114**

Tabella 20: Residui standardizzati

Analizzando la tabella dei residui standardizzati si nota come una conoscenza media delle tecnologie non fornisca indicazioni su quale sia il livello della catena logistica in cui opera l'azienda.
Si evidenzia un'associazione positiva tra un'alta conoscenza delle tecnologie e le categorie IT and Telco Service Providers e Warehouse Management.
L'alta conoscenza è, invece, correlata negativamente con le categorie 2PL e Altro.
Infine, una bassa conoscenza delle tecnologie è associata positivamente con le aziende appartenenti al settore 2PL e negativamente con quelle operanti nel settore IT and Telco Service Providers.

In conclusione, come già osservato qualitativamente nel diagramma a nastro, molto spesso nei settori IT and Telco Service Providers e Warehouse Management la conoscenza delle tecnologie è molto alta rispetto ad altri livelli della catena logistica.
Al contrario nel settore delle aziende 2PL la tendenza risulta quella di avere una scarsa conoscenza delle tecnologie analizzate.

5.4 IMPLEMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

La seconda analisi proposta riguarda la relazione tra la variabile esplicativa "Livello della catena logistica" e la variabile risposta "Livello di implementazione della tecnologia".
Le categorie della variabile esplicativa sono rimaste invariate rispetto all'analisi vista nel capitolo 5.4, mentre la variabile risposta è stata suddivisa nelle seguenti categorie:

- Tecnologia "Non di interesse"
- Tecnologia "Di interesse, ma non implementata"
- "Implementazione pianificata"
- Tecnologia "Implementata"

Successivamente, per ogni tecnologia esaminata è stata creata una tabella di contingenza con i dati delle risposte degli intervistati e un diagramma a nastro per effettuare una valutazione qualitativa della relazione tra le variabili. In questo caso non è riportata l'analisi di ogni singola tecnologia, ma solamente la tabella di contingenza di riepilogo costruita attraverso la somma delle singole tabelle di contingenza sviluppate per ogni tecnologia analizzata (Cloud, IoT, CPS, CSS, Smart Sensor, Big Data Analytics, AI, Blockchain, 5G, Wearable and Smart Devices, Stampa 3D, Realtà Virtuale).
Come risulta dalla tabella di contingenza sottostante, il 58% delle risposte indica che almeno una tecnologia è stata implementata, il 15% che l'implementazione è pianificata, il 19% denota che la tecnologia interessa ma non è implementata, al restante 8% non interessa l'implementazione.

	Non di interesse	**Di interesse, ma non implementato**	**È nei piani**	**Implementato**	**Tot riga**
Altro	14	17	11	16	**58**
2PL	0	2	1	7	**10**
3PL	2	10	0	8	**20**
IT and Telco Service Providers	2	3	7	53	**65**
Receiver	0	2	3	0	**5**
Technology Provider	6	16	20	86	**128**
Warehouse Management	2	9	6	16	**33**
Tot colonna	**26**	**59**	**48**	**186**	**319**

Tabella 21: Tabella di contingenza Livello catena logistica – Livello di implementazione delle tecnologie

A questo punto si possono determinare le stime delle frequenze teoriche secondo la formula:

$$\hat{u}_{ij} = \frac{n_{i+} \cdot n_{+j}}{n}$$

Per valutare l'applicabilità del Test chi-quadro devono essere rispettati i seguenti vincoli:

- Non possono essere presenti più del 20% delle frequenze teoriche con un valore inferiore a 5.
- Nessuna cella deve avere frequenza teorica inferiore a 1.

In questo caso, però, è evidente dalla tabella delle frequenze teoriche che i dati non rispettano i vincoli di applicabilità del Test chi-quadro.

	Non di interesse	Di interesse, ma non implementato	È nei piani	Implementato
Altro	4,727273	10,72727	8,727273	33,81818
2PL	0,815047	1,84953	1,504702	5,830721
3PL	1,630094	3,69906	3,009404	11,66144
IT and Telco Service Providers	5,297806	12,02194	9,780564	37,89969
Receiver	0,407524	0,924765	0,752351	2,915361
Technology Provider	10,4326	23,67398	19,26019	74,63323
Warehouse management	2,689655	6,103448	4,965517	19,24138

Tabella 22: Frequenze teoriche

È possibile comunque effettuare una valutazione del diagramma a nastro per analizzare qualitativamente la relazione tra le variabili individuate.

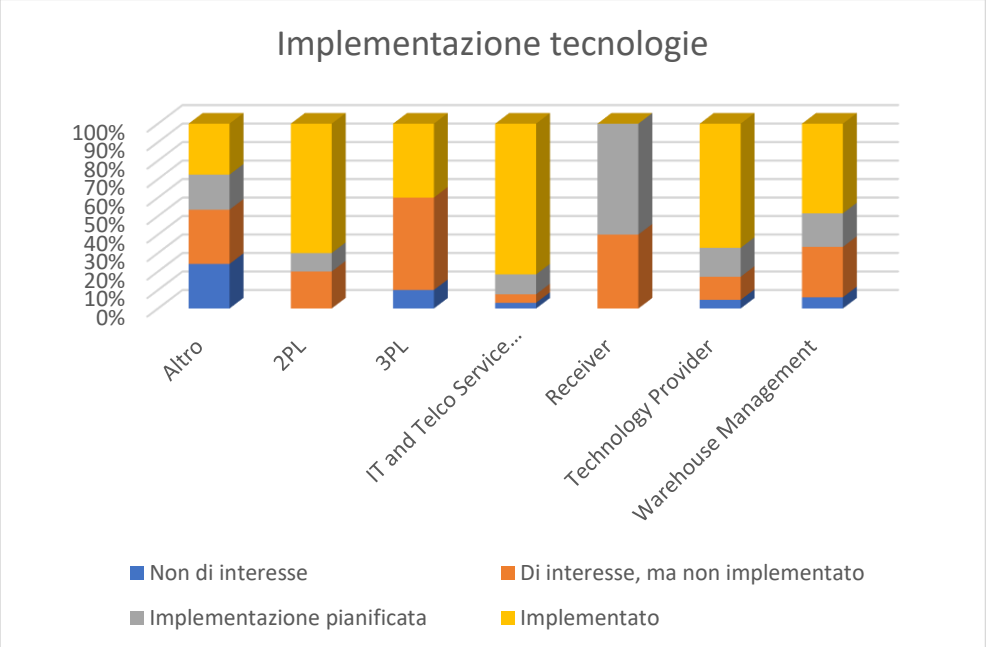

Figura 26: Diagramma a nastro relativo all'implementazione delle tecnologie

Il settore con la più elevata percentuale di tecnologie implementate risulta essere IT and Telco Service Providers. Questo esito è in linea con quello trovato nell'analisi del capitolo 5.4, infatti lo stesso settore risulta essere quello con la maggior conoscenza delle tecnologie e con la più alta implementazione.
Studiare la causalità tra conoscenza e implementazione sarebbe complicato, ma a valle di questi risultati possiamo comunque affermare che esiste un'associazione tra queste due variabili.

5.4.1 BENEFICI ATTESI DALL'IMPLEMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

A seguire, sono stati analizzati i benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie per comprendere le percezioni degli intervistati sui possibili vantaggi che determinate innovazioni possono portare.
Osservando il grafico sottostante si può notare come la maggior parte degli intervistati ritenga che l'implementazione delle tecnologie porti principalmente i seguenti benefici:

- Aumento dell'efficienza
- Miglioramento della qualità del servizio
- Riduzione dei costi

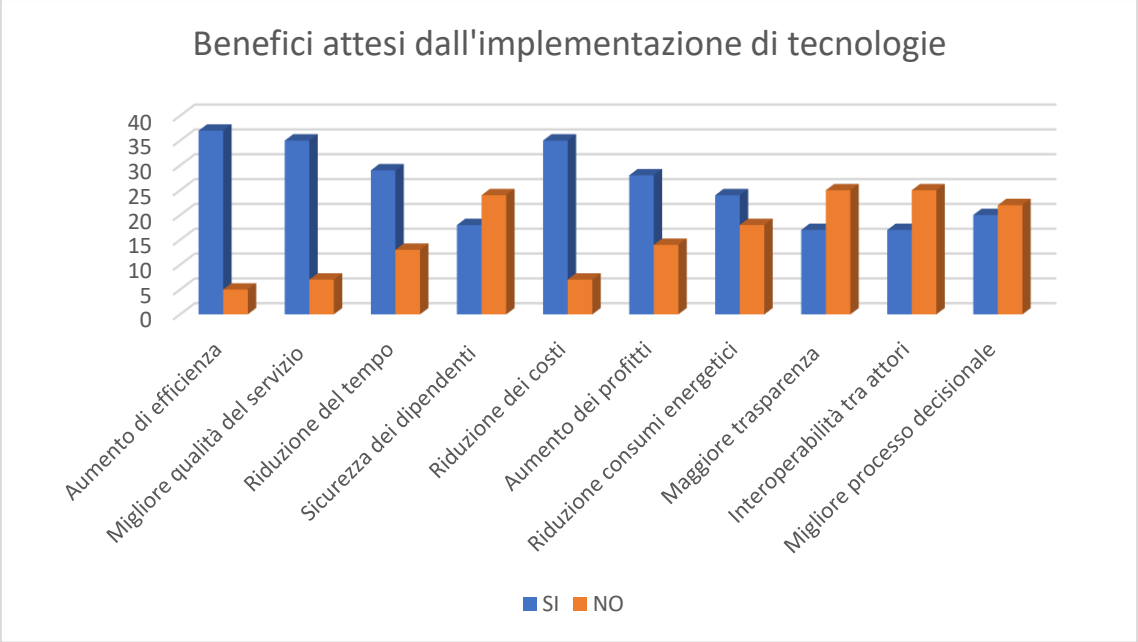

Figura 27: Benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie

In particolare, è stata analizzata l'implementazione delle seguenti tecnologie:

- 5G
- Internet of Things e Digital Twin
- Cloud Computing
- Blockchain e Artificial Intelligence

5.4.1.1 BENEFICI DERIVANTI DALL'IMPLEMENTAZIONE DEL 5G

È stato chiesto agli intervistati di valutare che grado di importanza potesse avere l'implementazione della connessione 5G per lo sviluppo di attività efficienti per il business aziendale, secondo le categorie:

1. "Non importante"
2. "Poco importante"
3. "Mediamente importante"
4. "Importante"
5. "Molto importante"

Osservando il diagramma a nastro si può notare come, secondo i rispondenti, i principali benefici derivanti dall'implementazione del 5G riguardino la possibilità di archiviare i dati in Cloud in modo da renderli accessibili da qualsiasi dispositivo connesso alla rete e la possibilità di sfruttare i dati in tempo reale per eseguire simulazioni di processi, rendendoli più efficienti.

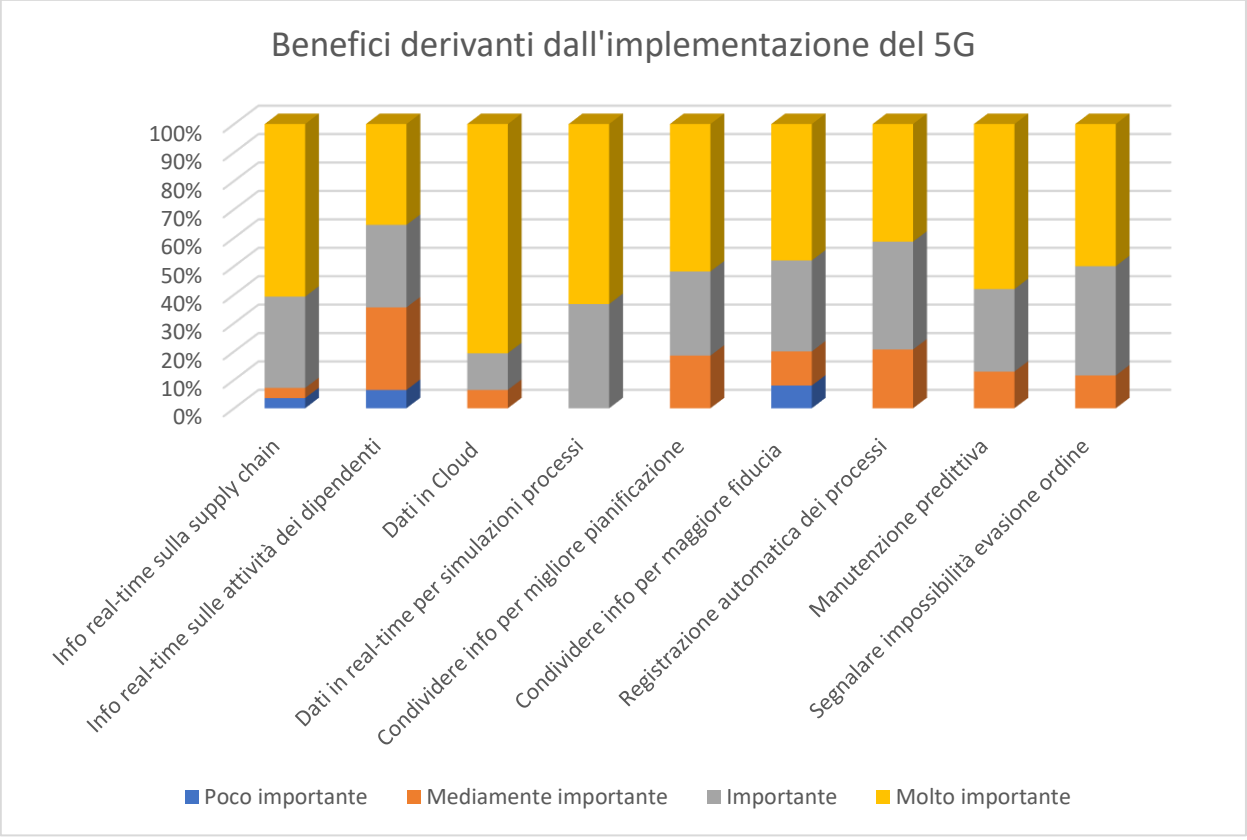

Figura 28: Benefici derivanti dall'implementazione del 5G

5.4.1.2 BENEFICI DERIVANTI DALL'IMPLEMENTAZIONE DI IOT E DIGITAL TWIN

Secondo gli intervistati, l'implementazione di dispositivi IoT e della tecnologia Digital Twin impatta maggiormente sulle seguenti attività:

- Possibilità di ottenere informazioni in tempo reale sullo stato dell'intera supply chain
- Archiviazione dei dati in Cloud e possibilità di accesso per tutti i dispositivi connessi alla rete
- Utilizzo dei dati in tempo reale per effettuare simulazione di processi
- Manutenzione predittiva attraverso l'analisi dei dati raccolti

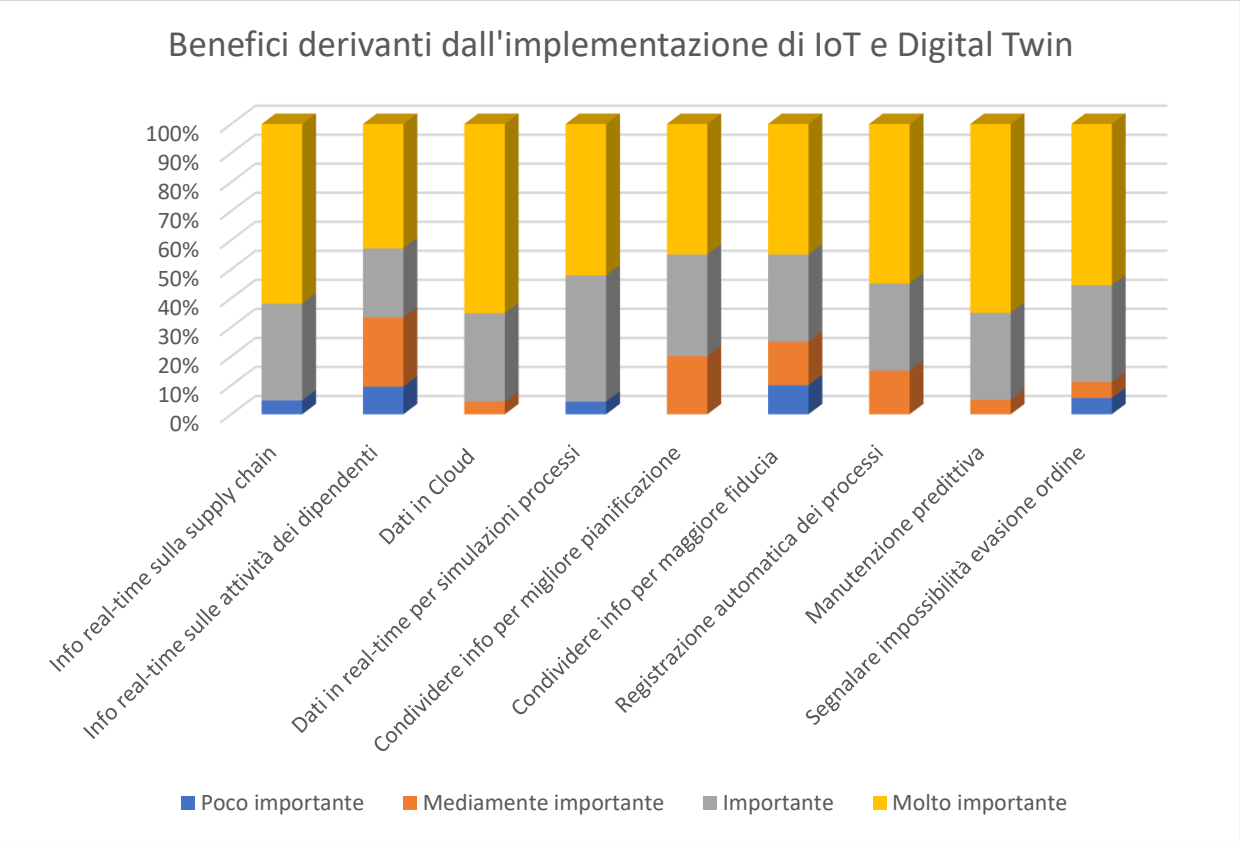

Figura 29: Benefici derivanti dall'implementazione di IoT e Digital Twin

5.4.1.3 BENEFICI DERIVANTI DALL'IMPLEMENTAZIONE DEL CLOUD COMPUTING

Nel caso del Cloud Computing, i rispondenti valutano che l'implementazione di tale tecnologia sia maggiormente importante per le seguenti attività:

- Possibilità di ottenere informazioni in tempo reale sullo stato dell'intera supply chain
- Archiviazione dei dati in Cloud e possibilità di accesso per tutti i dispositivi connessi alla rete
- Utilizzo dei dati in tempo reale per effettuare simulazione di processi
- Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semi-automatico tutti i processi

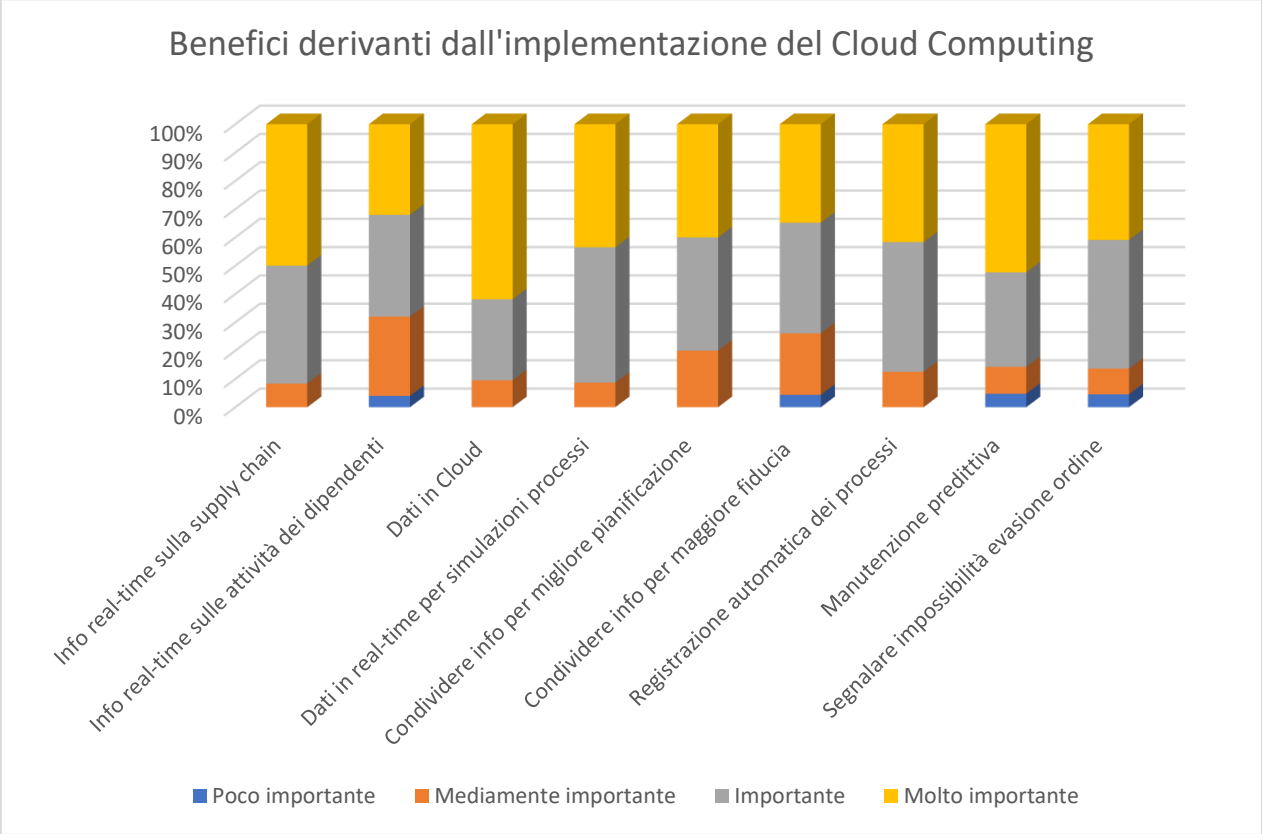

Figura 30: Benefici derivanti dall'implementazione del Cloud Computing

5.4.1.4 BENEFICI DERIVANTI DALL'IMPLEMENTAZIONE DELLA BLOCKCHAIN E ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Per quanto riguarda l'implementazione della tecnologia Blockchain e di sistemi di Artificial Intelligence, gli intervistati ritengono che i maggiori benefici si avrebbero sulle seguenti attività:

- Archiviazione dei dati in Cloud e possibilità di accesso per tutti i dispositivi connessi alla rete
- Utilizzo dei dati in tempo reale per effettuare simulazione di processi
- Manutenzione predittiva attraverso l'analisi dei dati raccolti

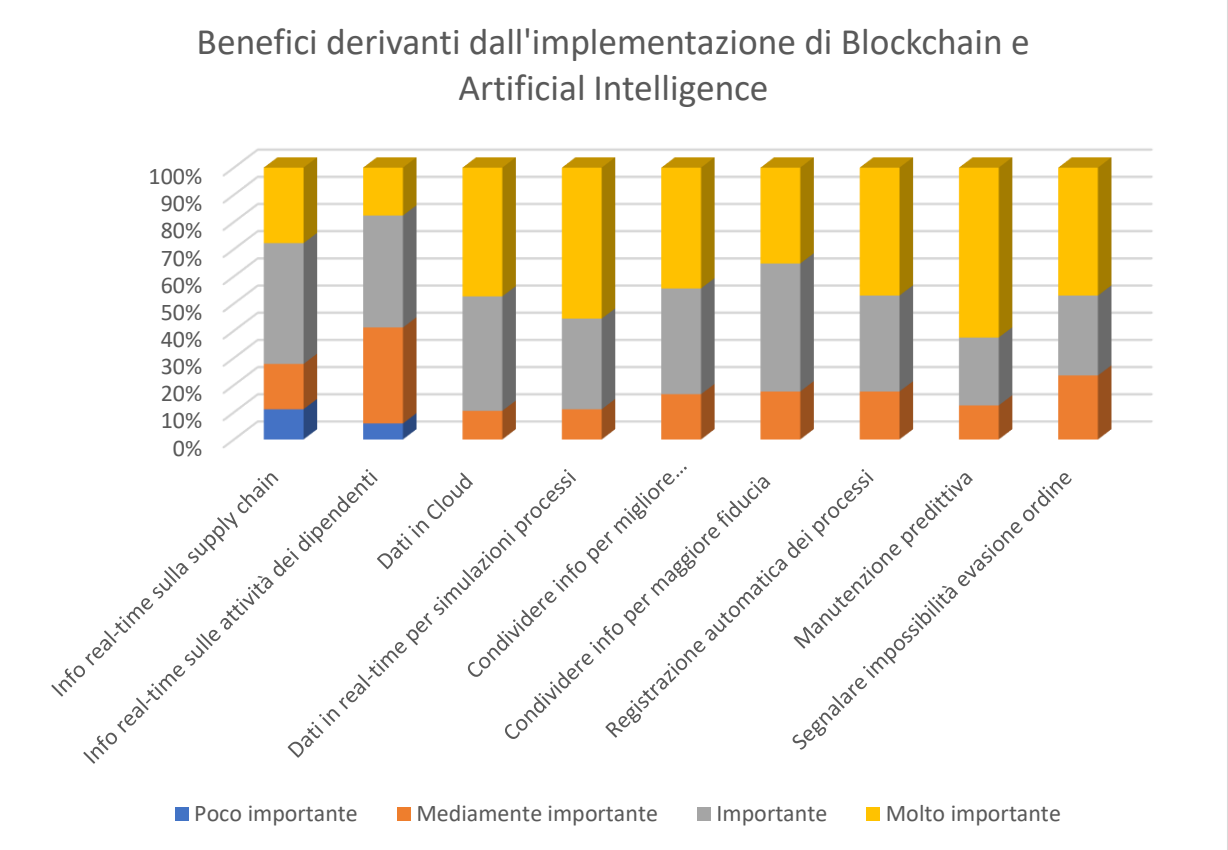

Figura 31: Benefici derivanti dall'implementazione di Blockchain e AI

5.5 LIVELLO DI ACCESSIBILITA' DEI DATI AZIENDALI

L'industria 4.0 e la logistica 4.0 si basano su servizi che prevedono l'utilizzo di dati aziendali per poter essere efficienti. L'obiettivo di questa analisi è valutare il livello di accesso a varie tipologie di dati per comprendere se questo aspetto possa incidere sulla volontà o meno di implementare determinate tecnologie innovative. È stato chiesto agli intervistati se l'azienda per cui operano sarebbe disposta a consentire l'accesso ai dati aziendali.
Il 12% degli intervistati dichiara che la sua azienda concederebbe l'accesso ai dati, il 59% afferma che l'accesso sarebbe consentito solo parzialmente e il restante 29% nega l'accesso.

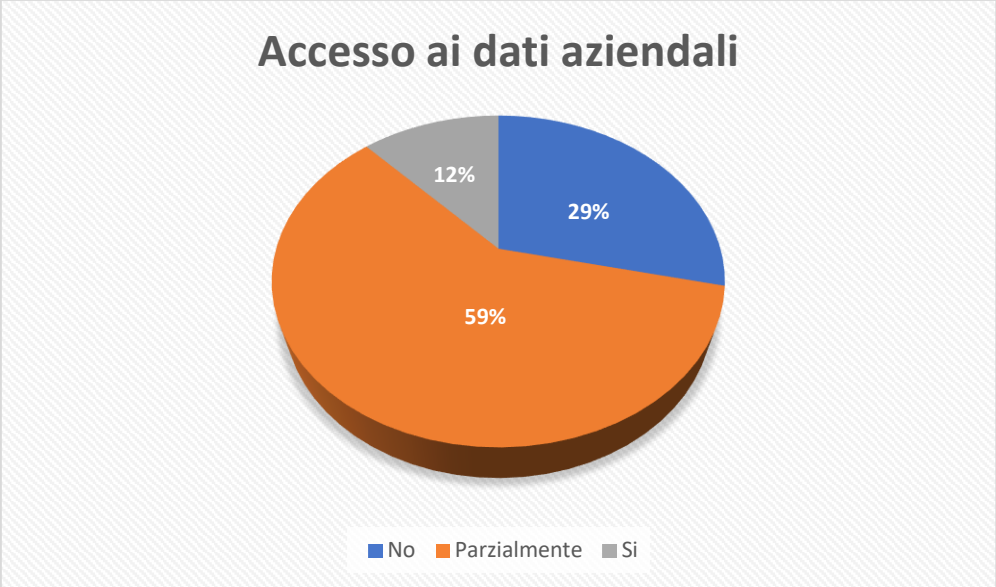

Figura 32: Diagramma a torta riferito all' accesso ai dati aziendali

La maggior parte di coloro che non consentono l'acceso affermano che i dati sono di proprietà dell'azienda e solamente chi ne fa parte può accedervi.

Successivamente è stato valutato il livello di accessibilità dei seguenti dati aziendali:

- Dati riferiti alla logistica e alla supply chain
- Dati relativi al monitoraggio del flusso produttivo
- Dati sensibili relativi al cliente

I diversi tipi di dati sono stati classificati dagli intervistati secondo le seguenti categorie:

- Inaccessibili
- Parzialmente accessibili su richiesta
- Totalmente accessibili su richiesta
- Liberamente accessibili

Osservando il grafico sottostante si può notare come l'inacessibilità sia prevalente per i dati sensibili relativi ai clienti. Per i dati riferiti alla supply chain e quelli relativi al monitoraggio del flusso produttivo la maggior parte dei rispondenti afferma che, previa richiesta, l'accessibilità è parziale.

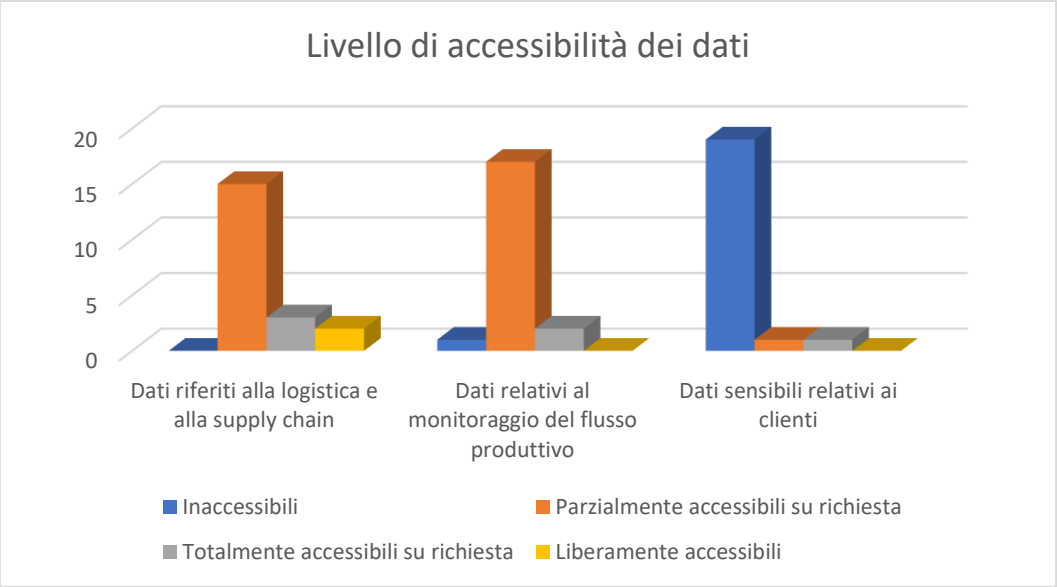

Figura 33: Livello di accessibilità dei dati

5.6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEI CASI D'USO

5.6.1 METODOLOGIA DI ANALISI DEI DATI: IL METODO DI BORDA [18]

All'interno del questionario è stato richiesto agli intervistati di classificare i miglioramenti raggiungibili attraverso l'implementazione dei singoli Casi d'Uso. In particolare, i rispondenti hanno prodotto una graduatoria di tali obiettivi in base al livello di importanza che avrebbero potuto assumere nell'ottimizzazione delle attività portuali.

Lo scopo di questa analisi è, quindi, quello di valutare gli ordinamenti individuali, aggregarli e ricavare una classificazione collettiva in modo da valutare quale sia il progresso più significativo da raggiungere attraverso l'implementazione dei Casi d'Uso.

Per ottenere ciò viene utilizzato il ***Metodo di Borda.***

Il Metodo di Borda rappresenta un sistema di voto ponderato in cui, dato un insieme N di alternative, ogni individuo formerà un ordine di preferenza nel quale verrà assegnato il valore 0 all' ultimo elemento in classifica, 1 al penultimo e così via, fino al primo elemento classificato che riceverà N-1 punti.

Sommando i valori che i diversi elementi hanno ottenuto nelle classifiche dei singoli individui, si otterrà una graduatoria complessiva.

Quando si applica un metodo per determinare una scelta collettiva partendo da scelte individuali bisogna considerare il ***Teorema di Arrow*** (1951).

In primo luogo, si introducono tre proprietà che un ordinamento collettivo dovrebbe soddisfare:

I. *Indipendenza delle alternative irrilevanti*

   Questa proprietà indica che l'ordinamento complessivo di due elementi dovrebbe dipendere esclusivamente dalla loro posizione relativa nelle classifiche dei singoli votanti e non essere influenzata da altri elementi. In altre parole, se si applica un metodo di ordinamento complessivo solamente ad un sottoinsieme di elementi, l'esito dovrebbe coincidere con quello in cui vengono considerati tutti gli elementi.

II. *Unanimità*

   La condizione dell'*unanimità* afferma che se in ogni classifica individuale l'alternativa A è preferita all'alternativa B, allora anche l'ordinamento collettivo deve rispettare questa preferenza.

III. *Non dittatorialità*

   Un ordinamento collettivo non deve essere dittatoriale, cioè non deve essere coincidente con gli ordinamenti di singoli individui ignorandone altri.

Il ***Teorema di Arrow***, detto anche Teorema dell'impossibilità, afferma che non esiste un metodo di determinazione di scelte collettive che rispetti contemporaneamente le condizioni di indipendenza delle alternative irrilevanti, unanimità e non dittatorialità.

Consapevolmente con le limitazioni introdotte del Teorema di Arrow, si è scelto comunque di procedere all'analisi delle scelte collettive attraverso il Metodo di Borda.

In primis, è stato chiesto ai rispondenti su quali Casi d'Uso fossero coinvolti.

Come evidente dal grafico, gli intervistati avranno una maggior partecipazione ai Casi d'Uso UC1, UC5, UC6, UC8-9, UC10, UC11.

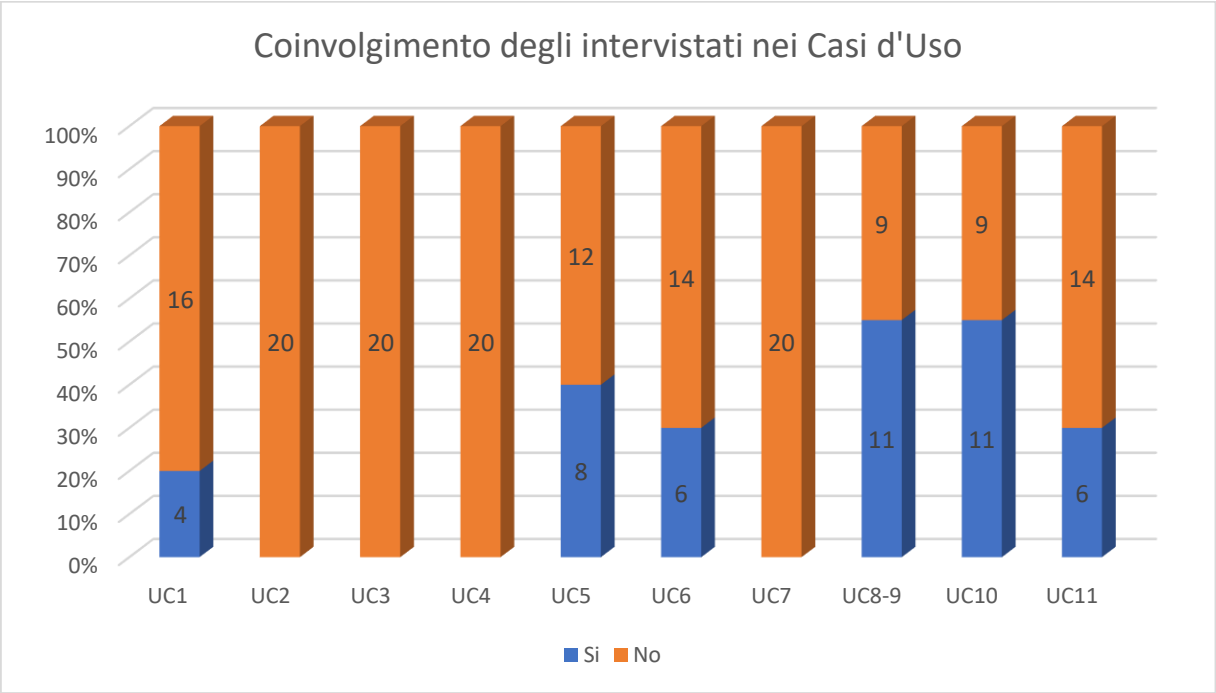

Figura 34: Coinvolgimento degli intervistati nei Casi d'Uso

In secondo luogo, è stato applicato il Metodo di Borda agli ordinamenti costruiti dai rispondenti per valutare quale fosse il miglioramento più rilevante in ogni Caso d'Uso considerato. Infine, effettuando un'analisi globale dei risultati ottenuti sui singoli Casi d'Uso, si è potuto estrarre un ordinamento complessivo che valutasse quali fossero i progressi più significativi introdotti dall'implementazione di tutti i Casi D'uso considerati.

5.6.2 UC1: Piattaforma di gestione e orchestrazione di rete 5G-LOGINNOV (MANO)

Con riferimento allo UC1, è stato applicato il Metodo di Borda agli ordinamenti dei singoli rispondenti e ne è risultata la classifica collettiva presente nel grafico sottostante.

In particolare, è evidente come gli intervistati ritengano che la piattaforma MANO possa avere il maggior impatto sull'aumento di efficienza delle operazioni portuali.

Al contrario i rispondenti credono che tale Caso d'Uso non influisca particolarmente sull'aumento di resilienza ai cambiamenti climatici.

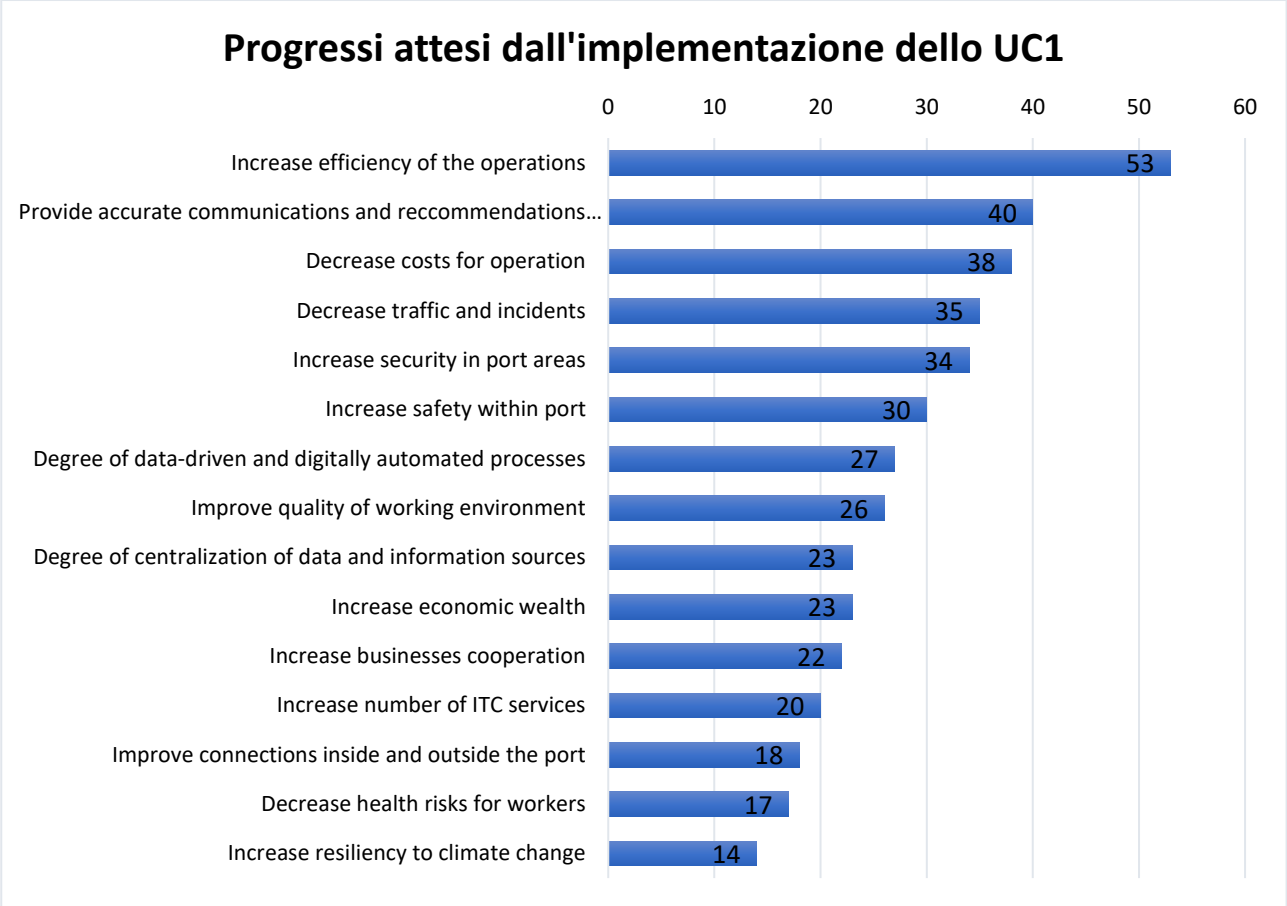

Figura 35: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC1

5.6.3 UC5: L'automazione 5G-LOGINNOV per i porti: controllo portuale, logistica e automazione remota

Attraverso l'applicazione del Metodo di Borda è stato ricavato l'ordinamento collettivo sottostante riferito allo UC5.

Nello specifico, gli intervistati ritengono che l'automazione nel porto incida principalmente sull'aumento di efficienza e sulla riduzione dei costi delle operazioni portuali.

Diversamente considerano l'impatto dello UC5 molto limitato nei confronti di un potenziamento delle connessioni tra l'interno e l'esterno del porto.

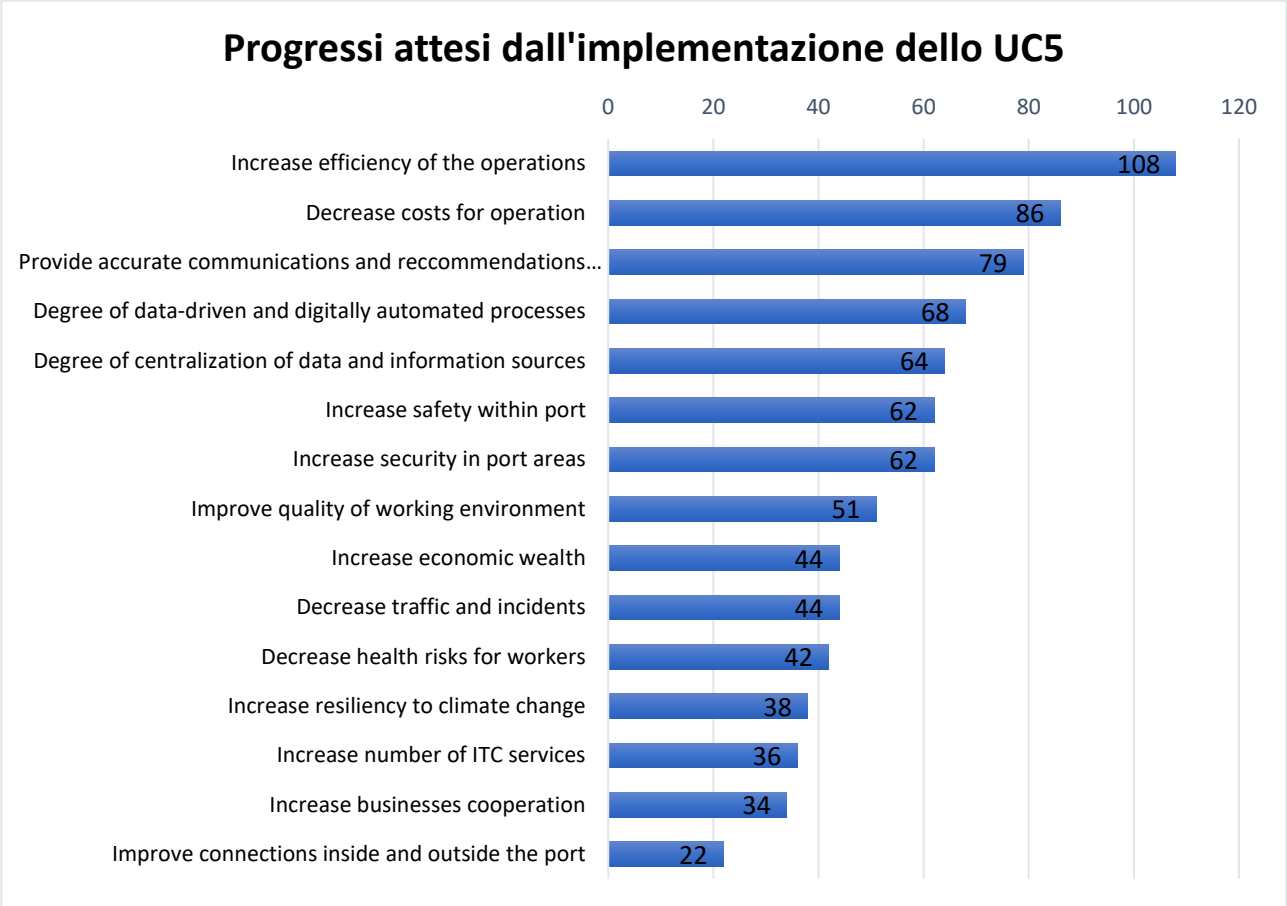

Figura 36: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC5

5.6.4 UC6: 5G-LOGINNOV 5G per comunicazioni mission-critical nei porti

Per quanto riguarda lo UC6, l'ordinamento complessivo ricavato dalle singole opinioni degli intervistati evidenzia che l'utilizzo del 5G per comunicazioni mission-critical nei porti può determinare un aumento della sicurezza all'interno del porto.

Il grafico sottolinea, invece, come lo UC6 non incida sull'aumento di resilienza ai cambiamenti climatici.

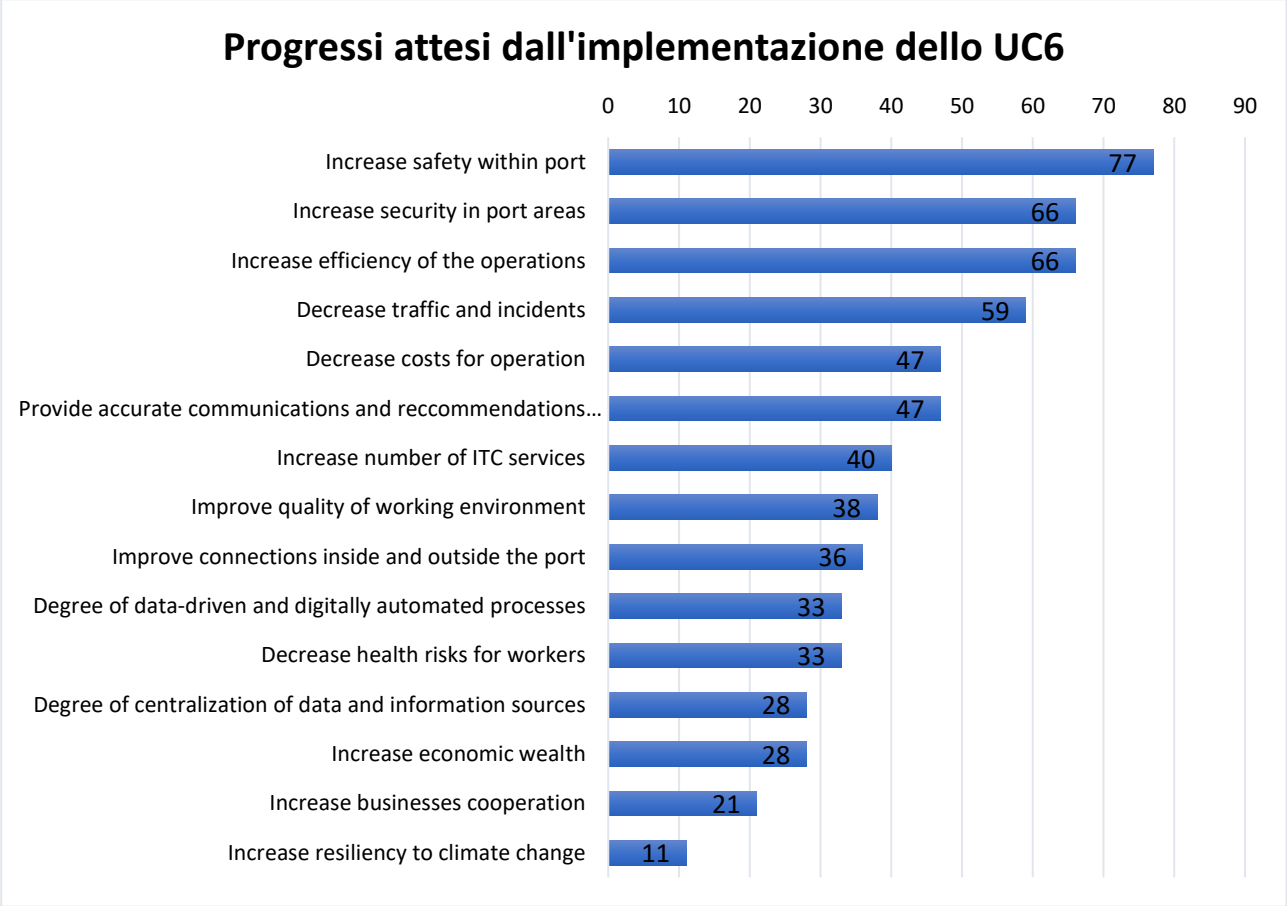

Figura 37: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC6

5.6.5 UC8/9: 5G-LOGINNOV Floating Truck & Emission Data (FTED)

In merito allo UC8/9 e alla possibilità di utilizzare strumenti innovativi per analizzare i diversi fattori che contribuiscono ai livelli totali di emissione, i rispondenti ritengono che possa influire sull'aumento di resilienza ai cambiamenti climatici.

Al contrario, l'ordinamento complessivo delle risposte degli intervistati evidenzia come questo Caso d'Uso non impatti sulla diminuzione del rischio per la salute dei lavoratori.

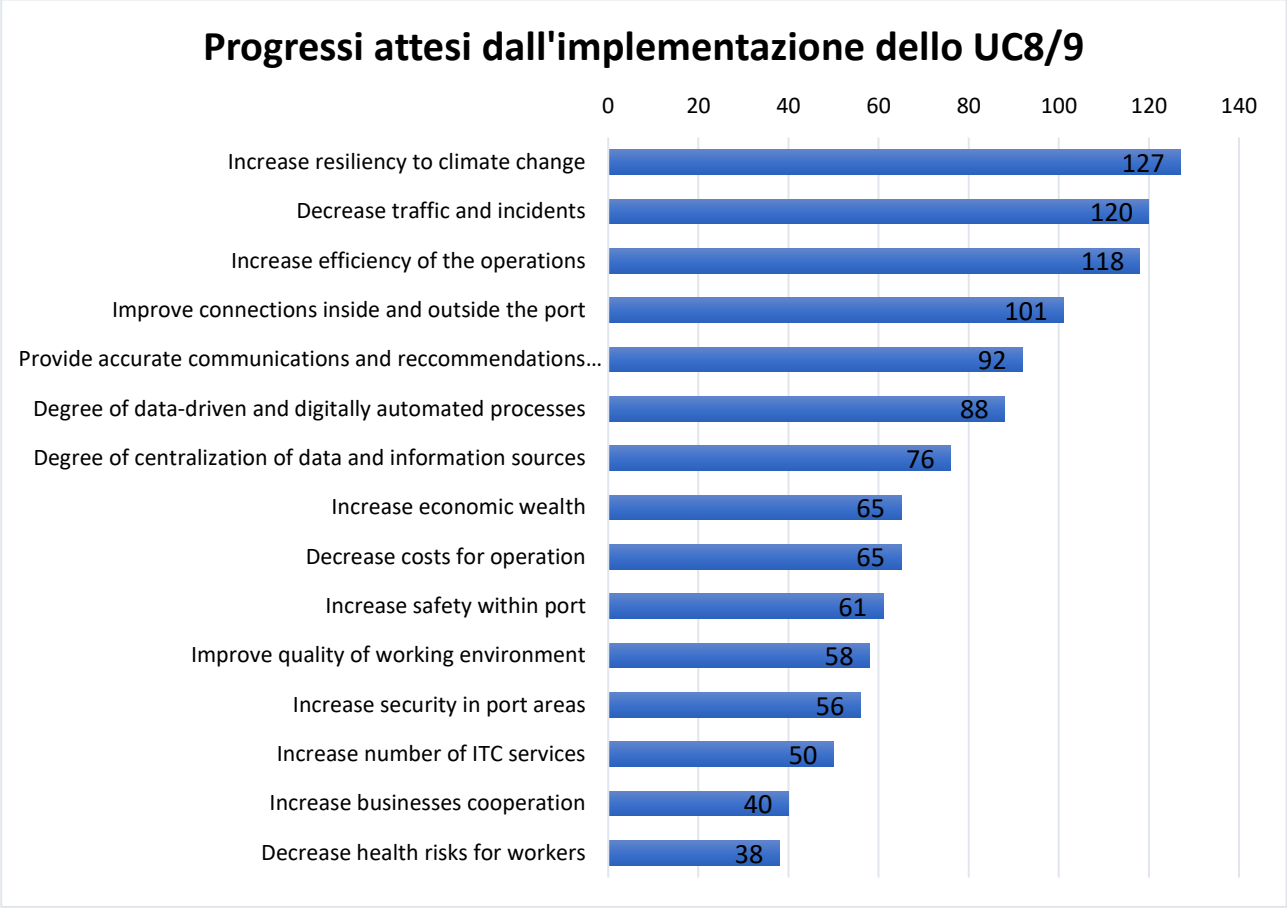

Figura 38: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC8/9

5.6.6 UC10: 5G GLOSA e Automated Truck Platooning (GTP) nell'ambito dell'iniziativa ecologica 5G-LOGINNOV

Attraverso l'implementazione della tecnologia GLOSA sarà possibile ottenere una comunicazione tra veicoli e infrastrutture. Questo, secondo l'opinione degli intervistati, sarà utile principalmente per aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e diminuire il traffico e gli incidenti.

Lo UC10 avrà, al contrario, un impatto residuo sulla diminuzione dei rischi per la salute dei lavoratori.

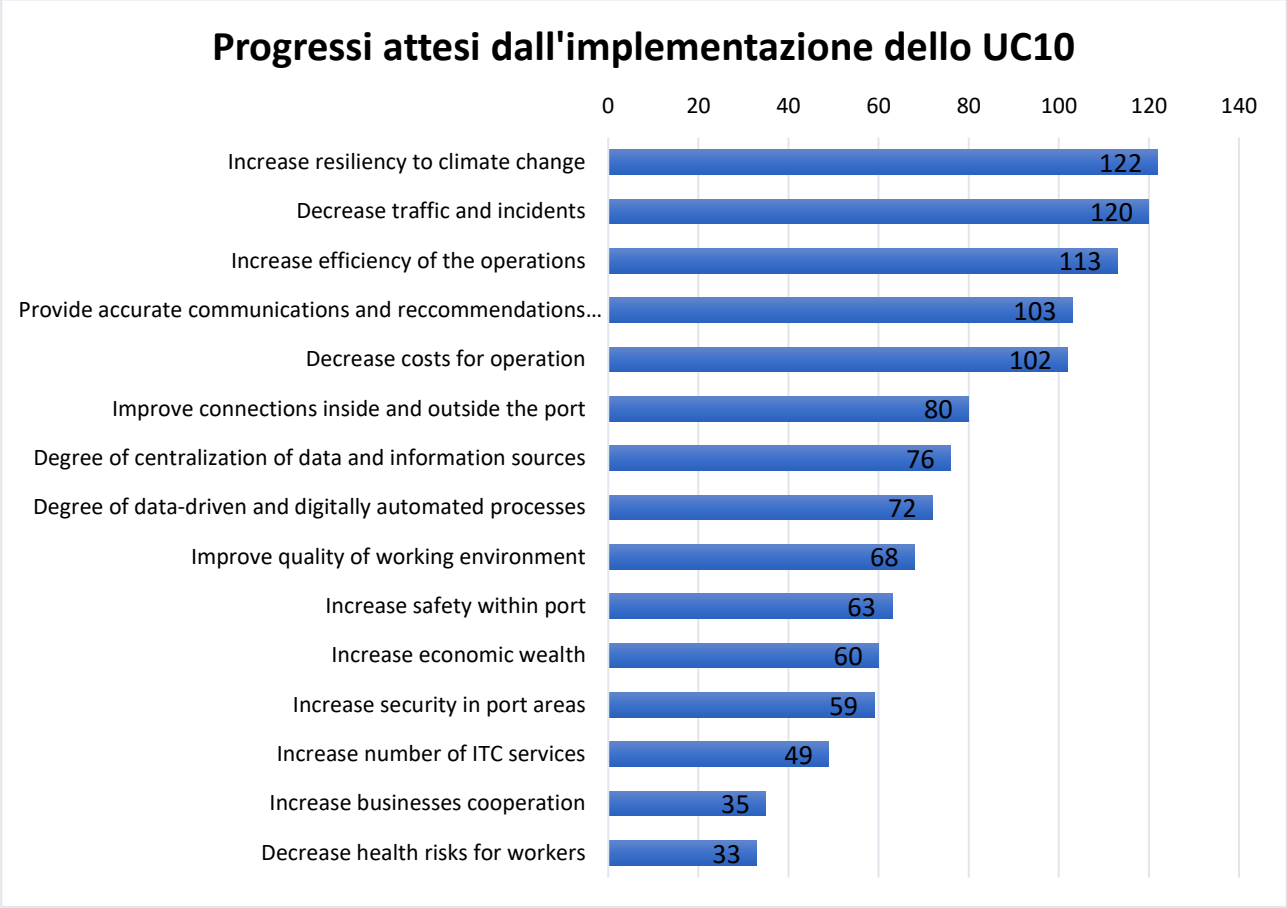

Figura 39: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC10

5.6.7 UC11: 5G-LOGINNOV loop di controllo dinamico per azioni di gestione del traffico sensibili all'ambiente (DCET)

L'implementazione dello UC11 permetterà la realizzazione di un processo circolare di gestione del traffico e riduzione delle emissioni.

La classifica collettiva derivata dall'algoritmo del metodo di Borda indica che, secondo gli intervistati, lo UC11 consentirà di fornire comunicazioni e raccomandazioni accurate per le operazioni, ma non impatterà sull'aumento di cooperazione tra le imprese.

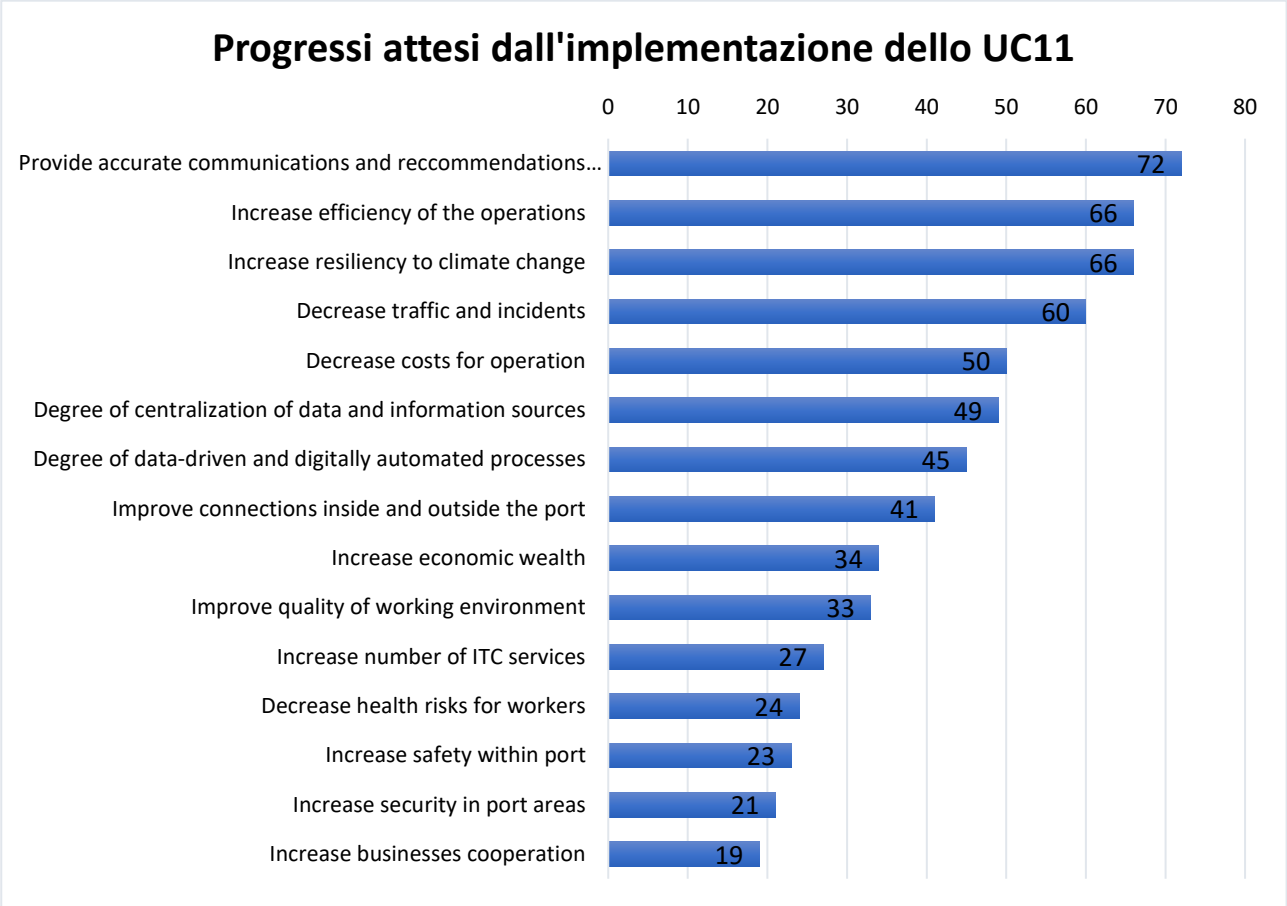

Figura 40: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dello UC11

5.6.8 PROGRESSI ATTESI DALL'IMPLEMENTAZIONE DEI CASI D'USO

Applicando il metodo di Borda sugli ordinamenti trovati per UC1, UC5, UC6, UC8/9, UC10, UC11 ne deriva una classificazione globale dei progressi più importanti attesi dall'implementazione dei Casi d'Uso considerati.

Nello specifico, gli intervistati ritengono che gli UCs possano influire principalmente sull'aumento di efficienza e su una maggiore accuratezza di comunicazione per le operazioni portuali.

Diversamente, i rispondenti non credono che tali implementazioni influiranno sull'aumento della cooperazione tra imprese e sulla diminuzione dei rischi per la salute dei lavoratori.

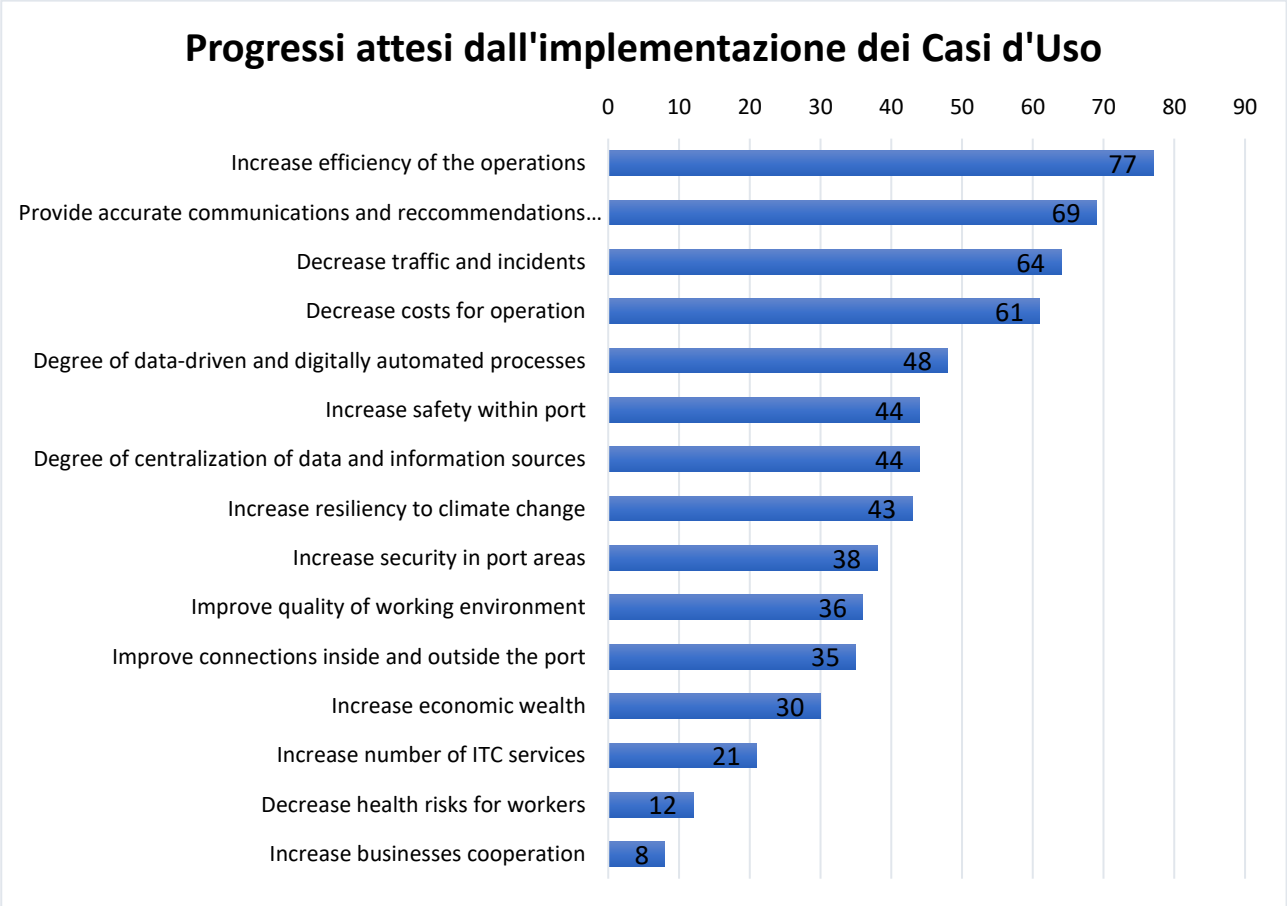

Figura 41: Ordinamento dei progressi attesi dall'implementazione dei Casi d'Uso

5.6.9 CASI D'USO E CRITICAL SUCCESS FACTORS

Una sezione del questionario richiede agli intervistati di identificare i più importanti Fattori Critici di Successo per realizzare gli obiettivi di ottimizzazione delle operazioni portuali.
In particolare, i rispondenti devono esprimere un livello di accordo per ogni Critical Success Factors riferito al contributo che possono fornire al raggiungimento dell'obiettivo di ottimizzazione.
Nel grafico sottostante sono stati individuati quattro livelli di accordo:

- Fortemente d'accordo
- D'accordo
- Neutrale
- Disaccordo

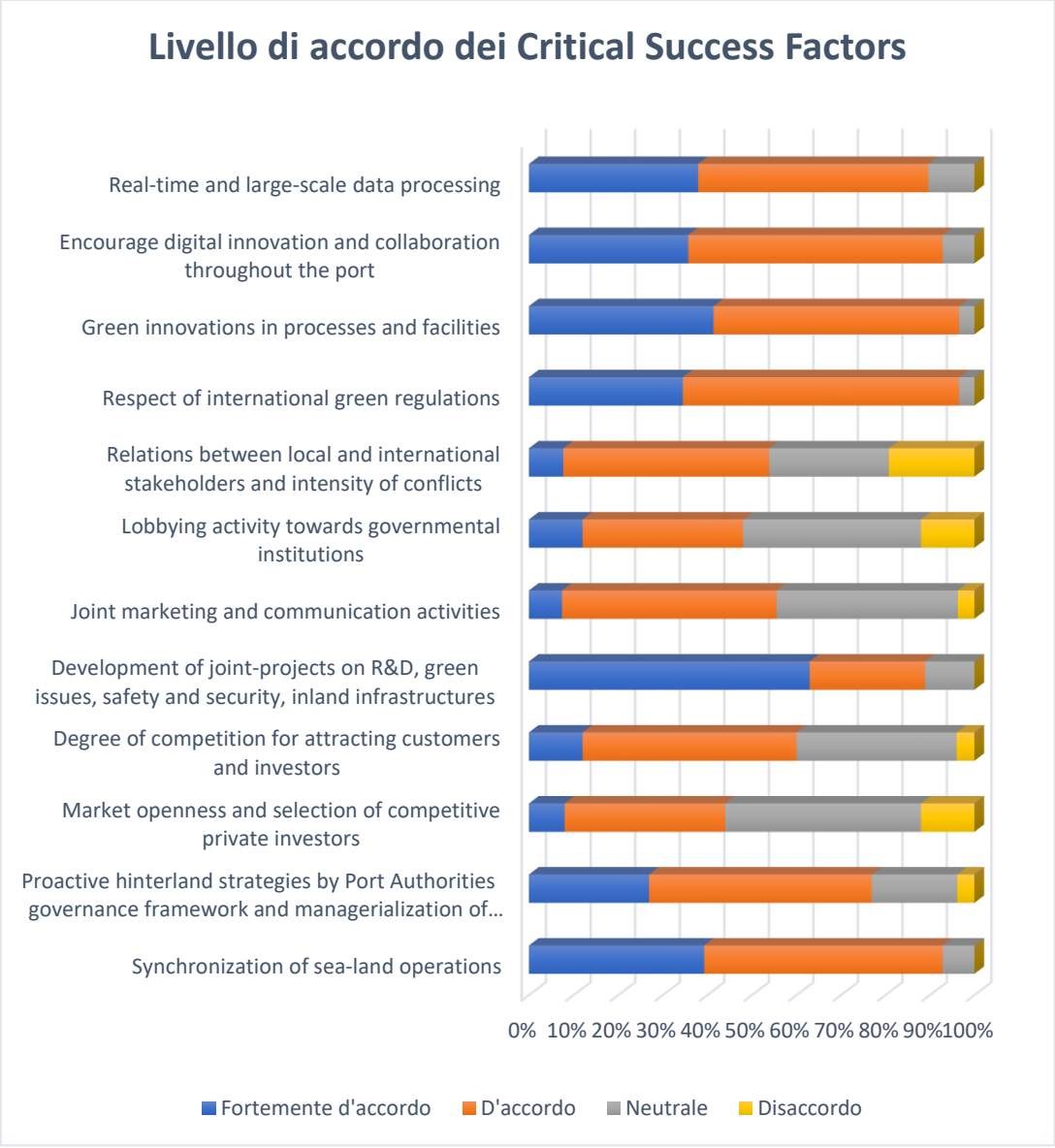

Figura 42: Livello di accordo dei Critical Success Factors con l'ottimizzazione del porto

Come evidente, il Fattore Critico di Successo che gli intervistati ritengono possa contribuire maggiormente all'ottimizzazione del porto risulta essere lo sviluppo di progetti congiunti in materia di ricerca e sviluppo, sostenibilità e politiche green, sicurezza, infrastrutture interne.
È interessare analizzare come ci sia una divergenza tra la valutazione degli impatti dei Casi d'Uso e l'identificazione dei Critical Success Factors.
Infatti, come risulta dal paragrafo 5.6.8 gli intervistati ritengono che l'implementazione dei Casi D'Uso non influirà sull'aumento di cooperazione tra le imprese, ma credono invece il principale Fattore Critico di Successo per raggiungere l'obiettivo di ottimizzazione delle operazioni portuali sia lo sviluppo di progetti congiunti.

CAPITOLO 6

CONCLUSIONI

In questo lavoro di tesi sono stati analizzati gli attori coinvolti nel progetto 5G-LOGINNOV ed in particolare sono state esaminate le loro risposte al questionario "5G-LOGINNOV – STAKEHOLDER ASSESSMENT" con lo scopo di comprendere l'interesse e ottenere dei feedback riguardo alle nuove soluzioni tecnologiche 5G e al loro impatto sull'ottimizzazione delle attività aziendali.
I risultati trovati attraverso le analisi effettuate possono essere suddivisi principalmente in due macro-categorie:

- Diffusione di tecnologie 5G nella catena logistica

Per poter identificare in quali settori della catena logistica risultasse maggiore la diffusione di soluzioni innovative sono state effettuate delle analisi sul grado di conoscenza e di implementazione di tecnologie 5G.
La prima analisi è stata condotta al fine di comprendere se ci fosse una connessione tra il livello della catena logistica in cui opera un'impresa e la conoscenza delle tecnologie innovative basate sulla connessione mobile 5G.
Il test di indipendenza Chi-quadro ha evidenziato come le due variabili considerate siano dipendenti.
Nello specifico, sono stati analizzati i residui standardizzati per verificare quali attori della catena logistica contribuiscano maggiormente alla significatività riscontrata e ne è derivato che nei settori IT and Telco Service Providers e Warehouse Management la conoscenza di nuove soluzioni tecnologiche è elevata. Al contrario nel settore delle aziende 2PL la tendenza risulta quella di avere una scarsa conoscenza delle tecnologie.
Successivamente è stata esaminata la relazione tra il livello della catena logistica in cui opera un'impresa e il grado di implementazione delle tecnologie innovative. In questo caso, a causa del numero limitato di dati a disposizione, non è stato possibile applicare un test Chi-quadro per poter studiare un'eventuale dipendenza delle variabili, ma attraverso una rappresentazione delle risposte degli intervistati tramite un diagramma a nastro si è potuto notare come il settore IT and Telco Service Providers sia quello con la più alta percentuale di tecnologie implementate.
Questi risultati possono essere compresi a fondo solamente se si definiscono al meglio i servizi offerti dalle aziende che operano nei settori descritti.
Gli IT and Telco Service Providers rappresentano la categoria di imprese che forniscono servizi alle aziende come installazione di software per l'elaborazione di elevate quantità di dati, servizi Cloud per la gestione dei database aziendali, soluzioni di accesso ad Internet con velocità di connessione elevata e ampia larghezza di banda ecc…
Per offrire tale tipologia di servizi alle imprese la conoscenza di queste tecnologie deve essere inevitabilmente molto elevata.
Lo stesso discorso può essere fatto per le imprese nel settore del Warehouse Management.
Infatti, le imprese che si occupano di sistemi di gestione del magazzino devono supportare il cliente nell'ottimizzazione dei processi di spedizione, raccolta, movimentazione, ricezione, monitoraggio del posizionamento e dei flussi dei prodotti ecc…
Per fare ciò è indispensabile la conoscenza di software gestionali, sistemi e impianti per magazzini automatici, identificatori RFID e molte altre tecnologie all'avanguardia.
Diversamente, nel settore 2PL le imprese si occupano solamente di una fase del processo logistico del cliente a cui forniscono il servizio (es. Società di trasporto).

In tal caso il risultato trovato nella prima analisi è coerente con la tipologia di attività svolta da queste aziende, infatti esse non necessitano di una elevata conoscenza di tecnologie innovative.
In conclusione, si può notare come la diffusione di nuove soluzioni tecnologiche basate sulla connessione 5G nella catena logistica stia crescendo in particolar modo nei settori in cui si stanno espandendo le competenze e creando degli standard tecnologici, si stanno sviluppando tecnologie complementari e in cui i benefici tangibili dell'implementazione risultano superiori ai costi di investimento.

- Valutazione dell'introduzione di tecnologie 5G

Per valutare gli impatti risultanti dall'introduzione di tecnologie innovative è stata fatta una prima analisi sui casi d'uso del progetto 5G-LOGINNOV e successivamente sono stati esaminati i principali benefici derivanti dall'implementazione di soluzioni tecnologiche 5G.
In primo luogo, attraverso l'applicazione del Metodo di Borda sono stati identificati i progressi attesi dall'implementazione dei Casi d'uso. In particolare, gli individui che hanno risposto al questionario "5G-LOGINNOV – STAKEHOLDER ASSESSMENT" ritengono che gli UCs possano influire principalmente sull'aumento di efficienza, su una maggiore accuratezza di comunicazione e sulla riduzione di costi per le operazioni portuali.
Questo risultato è coerente con quello derivato dall'analisi dei benefici risultanti dall'implementazione di tecnologie innovative. Infatti, anche in questa analisi, la maggior parte degli intervistati ritiene che l'implementazione di nuove tecnologie innovative comporti un aumento di efficienza, un miglioramento della qualità dei servizi e una riduzione dei costi.
Questi risultati evidenziano in primo luogo quali siano le percezioni in merito ai benefici derivanti dalle nuove soluzioni tecnologiche, ma soprattutto mettono in risalto degli incentivi concreti che potranno contribuire alla decisione di molte imprese di investire nell'implementazione di tecnologie innovative basate sulla rete mobile 5G.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Amr, M., Ezzat, M. & Kassem, S. Logistics 4.0: Definition and Historical Background. *NILES 2019 - Nov. Intell. Lead. Emerg. Sci. Conf.* 46–49 (2019) doi:10.1109/NILES.2019.8909314.

2. Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Tech. Univ. Dortmund* **1**, 4–16 (2015).

3. Dembińska, I. Smart logistics in the evolution of the logistics. *Eur. J. Serv. Manag.* **27**, 123–133 (2018).

4. Barreto, L., Amaral, A. & Pereira, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manuf.* **13**, 1245–1252 (2017).

5. WCED. Report of the World Commission on Environment and Development : Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman ' s Foreword. *Rep. World Comm. Environ. Dev. Our Common Futur.* (1987).

6. Strandhagen, J. O. *et al.* Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Adv. Manuf.* **5**, 359–369 (2017).

7. Cheng, J., Chen, W., Tao, F. & Lin, C. L. Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing. *J. Ind. Inf. Integr.* **10**, 10–19 (2018).

8. Jamil Saudagar. Management Vision. **9**, (2019).

9. Gartner Top 8 Supply Chain Technology Trends for 2020. https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-8-supply-chain-technology-trends-for-2020/.

10. 5G-Supply-Chain | Notiziario Tecnico TIM. https://www.gruppotim.it/content/tiportal/it/notiziariotecnico/edizioni-2020/n-3-2020/7-5G-Verticals-Abilitatori-Package/approfondimenti-1.html.

11. Community, S. Il porto digitale.

12. Bessid, S., Zouari, A. & Frikha, A. Smart Ports Design Features Analysis : A Systematic Literature Review. (2020).

13. Rai, A., Patnayakuni, R. & Seth, N. Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities. *MIS Q. Manag. Inf. Syst.* **30**, 225–246 (2006).

14. Panayides, P. M. & Song, D. W. Evaluating the integration of seaport container terminals in supply chains. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* **38**, 562–584 (2008).

15. Llerena, D. *et al.* 1.1Objectives 1.1.1. (2020) doi:10.1007/s12159-015-.

16. European Comission. Technology Readiness Levels Introduction. 7124 (2017).

17. Tabella di contingenza - Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Tabella_di_contingenza.

18. Scelte sociali. **1**, 3–5.