



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Ingegneria Gestionale
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Ottobre 2021

**Analisi delle tecnologie di Digital
Supply Chain implementabili in
un'azienda del settore edile**

Il caso Pedone Working srl

Relatore:

Anna Corinna Cagliano

Co-relatore:

Francesco Saverio Tiritiello

Candidato:

Marino Gabriele Vecchi

Ho deciso di dedicare questo spazio alle persone che mi hanno supportato nella stesura dell'elaborato e che mi supportano da sempre in ogni frangente della mia vita.

Ringrazio in primis la mia relatrice Anna Corinna Cagliano per la grande disponibilità dimostrata e per l'attenzione posta nella cura di ogni dettaglio. Le sue competenze sono state fondamentali per tutta la durata del percorso. Ringrazio il mio co-relatore Francesco Saverio Tiritiello, un ragazzo fantastico e solare che mi ha seguito durante l'attività di tirocinio permettendomi di sviluppare conoscenze e abilità differenti fra loro, facendo nascere in me nuovi interessi da coltivare in ambito lavorativo.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia per essermi stata sempre accanto e avermi supportato in ogni mia decisione, giusta o sbagliata che fosse. È grazie a loro se ho potuto intraprendere un percorso universitario in maniera spensierata, non dovendomi preoccupare di nulla se non di studiare. Sono stati in grado di inculcarmi sin da piccolo il valore del sacrificio, insegnandomi a non mollare mai quando si ha un obiettivo in testa.

Ringrazio Alessia, mia fidanzata, migliore amica, mamma, nonna, tutto per me. La sua presenza è fondamentale e non riuscirei mai più a farne a meno. È grazie a lei se non sono mai triste. Oltre che amore, riesce a trasmettermi tanta serenità e spensieratezza e per questo non smetterò mai di ringraziarla. Ti amo.

Ringrazio tutti i miei amici, senza i quali non sarei la persona che sono oggi. A Raffaele, Mattia, Fabio, Leo, Nicola, Dongo, i gemelli, Bebetto, Francesco, Alessandro e all'infinita lista di amici, grazie davvero di cuore.

Ringrazio il mio circolo Tennis, tutti i maestri e tutte le persone meravigliose che ho potuto incontrare lì e con cui ho instaurato uno splendido rapporto.

Ed infine, ringrazio me stesso per aver sempre creduto nelle mie capacità e non essermi arreso dinanzi ad alcuna difficoltà.

INDICE

INTRODUZIONE	9
1 <i>Industry 4.0: il futuro della supply chain</i>	10
1.1 Il mondo del lavoro prima del digitale.....	10
1.2 <i>Supply Chain e Supply Chain Management</i>.....	11
1.3 Le principali sfide del <i>Supply Chain Management</i>.....	12
1.4 L'avvento del digitale e della <i>Digital Supply Chain</i>	14
1.4.1 L'impatto delle nuove tecnologie sui diversi settori industriali e nei differenti Paesi.....	16
1.4.2 L'influenza del Covid-19 sull'Industria 4.0	17
1.5 Tecnologie caratterizzanti la <i>Digital Supply Chain</i>	18
1.5.1 Internet of Things.....	18
1.5.2 Big Data Analytics	20
1.5.3 Cyber Security.....	21
1.5.4 Cloud Computing	22
1.5.5 Additive Manufacturing.....	23
1.5.6 Advanced Automation.....	24
1.5.7 Advanced Human-Machine Interface (HMI)	25
1.5.8 Augmented Reality & Virtual Reality	27
1.5.9 Cyber-Physical-System (CPS).....	29
1.5.10 Blockchain	30
2 Caso studio: Pedone Working s.r.l.....	32
2.1 Un po' di storia	32
2.2 L'organizzazione aziendale di Pedone Working	34
2.3 Attenzione all'eco-sostenibilità	35

2.3.1	Il concetto di sostenibilità e le normative vigenti	35
2.3.2	Materiali <i>smart</i> e materiali eco-sostenibili	37
2.3.3	Ciclo, caratteristiche e proprietà della canapa	38
2.4	<i>Industries</i> in cui opera, clienti e fornitori.....	39
2.5	Prodotti e servizi offerti	40
3	Descrizione e mappatura AS-IS dei processi logistici.....	42
3.1	Metodologia utilizzata nell'analisi dei processi	42
3.2	L'impianto produttivo	45
3.3	Processo di approvvigionamento	49
3.4	Processo di produzione	52
3.5	Processo di distribuzione	61
3.6	Processo di controllo qualità.....	64
3.7	Individuazione delle criticità	66
3.7.1	Scarsa gestione del flusso informativo.....	67
3.7.2	Mancanza di digitalizzazione a supporto dei processi logistici	70
3.7.3	Mancanza di automazione nel processo di produzione	72
4	Applicazione delle tecnologie della <i>Digital Supply Chain</i> e mappatura TO- BE dei processi.....	74
4.1	Tecnologie <i>Digital Supply Chain</i>	74
4.1.1	<i>Cloud Computing</i>	75
4.1.2	<i>Human-Machine Interface</i>	80
4.1.3	<i>Advanced Automation</i>	86
4.2	Altre tecnologie implementabili.....	89
4.2.1	IoT	89
4.2.2	<i>Additive Manufacturing</i>	90

4.3	Visione strategica della società	92
4.3.1	Visione strategica di breve periodo	92
4.3.2	Visione strategica di medio-lungo periodo	93
5	<i>Conclusioni</i>.....	95
5.1	Benefici del lavoro di tesi.....	95
5.2	Limitazioni del lavoro di tesi	97
5.3	Passi futuri.....	98

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Le quattro rivoluzioni industriali (www.economyup.it)	11
Figura 2 - Cluster delle tecnologie di Industria 4.0 (www.mckinsey.com).....	15
Figura 3 - Risultati dello studio condotto da McKinsey (www.mckinsey.com)	17
Figura 4 - Funzionamento dei tag RFID e del RSW (www.internet4things.it).....	19
Figura 5 - Esempio di CoBot (www.industrial.omron.it)	25
Figura 6 - Esempio di applicazione del touch screen (www.hilscher.com)	26
Figura 7 - Esempi di visori OST e VST (www.slideshare.net)	28
Figura 8 - Schematizzazione del funzionamento di una blockchain (it.ihold.com)	31
Figura 9 - Casa di Luce (www.pedoneworking.it)	33
Figura 10 - Organigramma di Pedone Working	34
Figura 11 - Edifici e certificazioni di Pedone Working (www.pedoneworking.it)	36
Figura 12 - MATTONEdiCANAPA (www.pedoneworking.it).....	40
Figura 13 - Informazioni tecniche sul MdC (www.pedoneworking.it).....	41
Figura 14 - Stabilimento della Lecablock (www.lecablockfoggia.it).....	46
Figura 15 - Ingresso dell'impianto produttivo	48
Figura 16 - Silos contenenti la calce	51
Figura 17 - Quadro di comando	53
Figura 18 - Display del serbatoio.....	54
Figura 19 - Miscela che fuoriesce dalla "bocca" del miscelatore.....	55
Figura 20 - Inserimento di biomattoni all'interno di una cella	56
Figura 21 - Trasferimento della canapa sul nastro trasportatore	57
Figura 22 - Miscelatore.....	58
Figura 23 - Pressa per stampaggio	59
Figura 24 - Accatastatore saturo	60
Figura 25 - Pallet appena uscito da una cella di essiccazione	63
Figura 26 - Struttura schematizzata del Cloud (www.cloudflare.com)	75
Figura 27 - Piattaforma di SAP Analytics Cloud (nttdata-solutions.com)	77
Figura 28 - Dispositivo digitale utilizzato come HMI (www.ilprogettistaindustriale.it)	81
Figura 29 - App di AR impiegata in un impianto produttivo (www.progettoenergiaefficiente.it).....	84
Figura 30 - Esempio di Co-bot e applicazioni industriali (www.tenenga.it).....	87
Figura 31 - Stampante 3D per l'edilizia (www.stampa3dstore.com)	91

INTRODUZIONE

A partire dal XXI secolo, con la nascita di Internet e l'introduzione dei primi computer, è cambiato il modo di concepire la realtà in cui viviamo, segnando un netto distacco con il passato e aprendo le porte a quella che viene definita come la Quarta Rivoluzione Industriale. Attraverso quest'ultima, si è assistito ad una crescita esponenziale del digitale e delle sue applicazioni, sia nella realtà quotidiana che nella quasi totalità dei settori industriali, rappresentando una necessità imprescindibile per qualsiasi azienda, piccola o grande che sia, per rimanere competitiva sul mercato e per assicurarsi delle solide basi per una crescita sostenibile nel tempo. Pertanto, la presente tesi ha lo scopo di analizzare Pedone Working s.r.l., una piccola società operante nei settori *Construction* e *Manufacturing*, al fine di prevedere l'implementazione futura di tecnologie digitali a supporto dei principali processi logistici. Nel primo capitolo verranno introdotti i concetti di digitale e di *digital supply chain*, fornendo un *excursus* delle precedenti rivoluzioni industriali, presentando i *trend* riguardo le moderne catene di fornitura e introducendo le principali tecnologie appartenenti alla Quarta Rivoluzione Industriale. Nel secondo capitolo verrà trattata l'azienda oggetto della presente tesi, presentandone dapprima la storia e l'organizzazione aziendale attuale e offrendo successivamente una panoramica sull'eco-sostenibilità, tematica centrale per il *business* di Pedone Working. In ultima analisi, verrà fornita una breve descrizione dei settori di riferimento e dei prodotti principali. Nel terzo capitolo invece, verrà affrontata l'analisi AS-IS dei processi logistici, attraverso una loro mappatura, descrizione e successiva individuazione di criticità e problematiche che ne limitano l'efficienza. Nel quarto e ultimo capitolo, verranno presentate le tecnologie digitali necessarie a mitigare le criticità precedentemente introdotte, spiegando in che modo possono rappresentare un vantaggio per l'azienda e in che maniera potranno essere implementate. Si procederà successivamente con la realizzazione della mappatura TO-BE dei processi in questione e in ultimo, verranno discusse le linee guide per le scelte strategiche di breve e medio-lungo periodo. A conclusione, va sottolineato come l'obiettivo della presente tesi non riguardi la realizzazione di un'analisi definitiva per l'implementazione delle moderne tecnologie digitali, ma costituisca un valido punto di partenza nel caso in cui si scelga di seguire questa strada.

CAPITOLO 1

1 *Industry 4.0*: il futuro della *supply chain*

In questo capitolo verrà trattato il concetto di *Industria 4.0*. Verranno introdotte dapprima le precedenti tre rivoluzioni industriali susseguitesi nel corso della storia moderna, rivolgendo successivamente l'attenzione ai modelli di business attuali e ai trend di mercato. Verranno poi descritte le tecnologie abilitanti di *Industria 4.0*.

1.1 Il mondo del lavoro prima del digitale

Gli storici hanno individuato tre grandi rivoluzioni industriali, caratterizzate da una crescita significativa della produttività e da innovazioni nelle tecnologie di produzione impiegate. La prima rivoluzione risale alla seconda metà del 700', dapprima in Inghilterra con l'invenzione in campo tessile della *flying shuttle* e successivamente negli altri paesi, con l'invenzione della macchina a vapore. Entrambe le innovazioni hanno comportato una prima meccanizzazione della produzione. La seconda rivoluzione cominciò nel 1870 con il via alla produzione di massa e proseguì con l'utilizzo dell'elettricità, l'invenzione dei motori a scoppio e l'aumento del consumo di petrolio, culminando nei primi del '900 con le catene di montaggio a opera dell'imprenditore statunitense Henry Ford. Nel 1970, con la nascita dell'informatica e l'utilizzo del primo controllore logico programmabile (PLC), si è assistito alla terza rivoluzione industriale, caratterizzata da una prima forma di automazione del lavoro, da una diversificazione dei prodotti e servizi offerti e dalla gestione dei processi e dei flussi informativi (Maci, 2021). Tali rivoluzioni non sono da intendersi come l'una sostitutiva dell'altra, ma rappresentano dei mattoni che vanno ad aggiungersi alla complessa struttura chiamata *progresso*, migliorandone la produttività, riducendone i costi di produzione e aumentandone l'efficienza (Deloitte, 2015). A partire dagli inizi della seconda decade degli anni 2000 si sta affermando un nuovo trend industriale legato al concetto di digitalizzazione e che prende il nome di *Industria 4.0*. In figura 1 vengono schematizzate le quattro rivoluzioni ed il relativo impatto tecnologico.

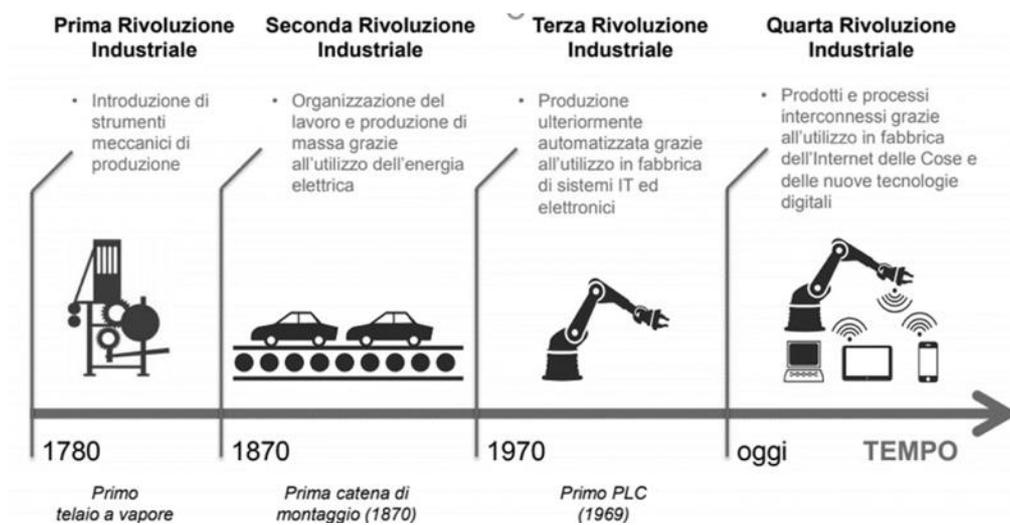


Figura 1 - Le quattro rivoluzioni industriali (www.economyup.it)

1.2 Supply Chain e Supply Chain Management

L'adozione del digitale all'interno delle aziende non è da considerarsi una spinta autonoma e solitaria verso il progresso, ma rappresenta una risposta alle crescenti sfide che si presentano per le diverse *Supply Chain* (SC) di una moltitudine di settori. Innanzitutto va definito il concetto di Supply Chain, o catena di fornitura. Essa rappresenta la rete di organizzazioni coinvolte, attraverso collegamenti a valle e a monte, nei diversi processi e attività che generano valore sotto forma di prodotti e servizi per il consumatore finale (Christopher, 2005). Col passare del tempo, è nata l'esigenza di definire tecniche e metodi con cui poter gestire tale rete. Si parla pertanto di *Supply Chain Management* (SCM), definito come una serie di approcci e politiche volte al coordinamento sistematico delle tradizionali funzioni aziendali, all'interno di ogni organizzazione e lungo la catena di distribuzione, che ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni di lungo periodo dei diversi attori che operano all'interno della medesima Supply Chain (Mentzer, 2001) [1].

Tali approcci garantiranno la coordinazione dei processi e delle attività attraverso il marketing, le vendite, il design di prodotto, la parte finanziaria e l'*Information Technology* (IT) (Rafele, 2020).

In passato, la *Supply Chain* era composta esclusivamente da tre ambiti:

- *Supply*: tutto ciò che riguarda la fornitura delle materie prime (*purchasing*) ed i requisiti di prodotto.

- *Production*: comprende le tecnologie di produzione, gli impianti, le facilities, i magazzini e i trasporti interni.
- *Market*: riguarda l'analisi della domanda di prodotto, la distribuzione geografica e la tipologia di clienti.

Tali processi erano fra loro sequenziali e pertanto, la trasmissione delle informazioni ne risultava lenta e mai simultanea. Ad oggi, questo modello non è più sufficiente, dovendo considerare un netto aumento dei *players* nella quasi totalità delle catene, unito alla forte personalizzazione e diversificazione dei mercati.

1.3 Le principali sfide del *Supply Chain Management*

Guardando con un occhio attento alle catene di fornitura moderne e al contesto in cui si trovano ad operare, si possono cogliere quelli che sono i trend e le principali sfide del *Supply Chain Management*:

- Misurazione delle metriche di performance e scelta dei *Key Performance Indicators* (KPI).
- Relazione fra i *Players* di mercato.
- Visibilità in termini di analisi dei dati.
- Incertezza.
- Crescente complessità.
- *Global Operations*.
- Strategie di gestione delle scorte.
- Tecniche di *lean logistics*.
- Centralità del cliente e omnicanalità.

A causa dell'elevata competitività presente nella stragrande maggioranza dei settori, è necessario che gli attori siano in grado di valutare attentamente le proprie performance e di compararle con quelle dei *competitors*, in modo da perseguire l'obiettivo dell'ottimizzazione continua dei processi chiave. Il numero di *players* che concorrono alla realizzazione di un prodotto/servizio è in costante aumento e ciò comporta la necessità di un allineamento degli obiettivi dei singoli, finalizzato all'ottimizzazione complessiva (Rafele,

2020). In termini di dati invece, il nuovo trend si basa su un utilizzo intelligente di questi ultimi. Essi hanno acquisito un peso notevole nelle moderne realtà, rappresentando uno strumento ormai indispensabile per supportare il processo decisionale. A causa dell'aumento di attori nelle catene e della crescente complessità dovuta all'evoluzione delle esigenze dei clienti moderni, i contesti in cui il SCM si trova ad operare sono dinamici e caratterizzati da incertezza. Si parla pertanto di *bullwhip effect*, cioè un fenomeno causato dalla distorsione delle informazioni lungo la supply chain che comporta una stima errata delle scorte a monte della stessa (Braz *et al.*, 2018). A ricoprire un ruolo centrale nei moderni processi aziendali è il concetto di *global operations* e di globalizzazione: le aziende devono tener conto della distanza fisica dettata da questo fenomeno e devono essere in grado di capire quando esternalizzare determinate fasi e quando invece conviene avere una catena di fornitura corta e compatta. In relazione alle strategie di produzione e gestione delle scorte, i moderni trend si concentrano su approcci misti, definiti *Push-Pull*, i quali consentono di avere un *trade-off* fra costi di inventario e costi di servizio (Fowler *et al.*, 2019) e sul concetto di *pooling*, cioè di condivisione delle scorte fra gli attori di una stessa catena. Per i flussi fisici veri e propri, le aziende stanno adottando soluzioni di trasporto condiviso e a carico completo, come il *mult-drop* (o “consegna multipla”, in cui un singolo produttore carica su uno o più mezzi, prodotti destinati a diversi punti vendita o centri di distribuzione) e il *multi-pick* (o “prelievo multiplo”, in cui diversi produttori caricano su uno o più mezzi, prodotti destinati ad un singolo punto vendita o centro di distribuzione) (Iannone, 2020), sfruttando piattaforme di distribuzione come i *cross-docking* (Rezaei *et al.*, 2017), mentre dal punto di vista digitale si è assistito ad una evoluzione attraverso i concetti di *Digitisation* e *Digitalisation* (trasformazione dei dati da analogici a digitali al fine di impiegarli per generare valore) [2]. Rispetto al passato, la figura del cliente ha acquisito importanza e centralità per le aziende. Al giorno d'oggi è importante capire quali attività generano valore aggiunto per quest'ultimo e quali invece no, valutando se esternalizzarle o puntare all'efficienza operativa (Sturari, 2019). Nel nuovo millennio si parla di *Omnicanalità*: le aziende devono definire, progettare, implementare e gestire in modo armonico e coerente la *customer experience*, dando ai propri clienti la possibilità di muoversi, durante uno stesso processo d'acquisto, tra i diversi canali messi a disposizione (Bettucci, *et al.*, 2016).

In ultima analisi, occorre soffermarsi sull'effetto che la pandemia da Coronavirus ha avuto sulle moderne *supply chain*. Secondo uno studio dell'Istat, durante la pandemia molte aziende sono state forzate ad interrompere le loro produzioni. Nel 2020, il 68,9% delle imprese ha proseguito con la propria attività, il 23,9% sono risultate parzialmente operative mentre il 7,2% totalmente chiuse. Sono circa 73.000 le aziende che hanno cessato la propria attività e di queste, 17.000 contano di non poter più riprendere ad operare. Tra giugno e ottobre 2020, più dei 2/3 delle imprese ha dichiarato di aver avuto una riduzione del fatturato rispetto all'anno precedente (Faramondi *et al.*, 2020).

La pandemia non ha fatto altro che accelerare il processo di transizione dalle vecchie alle nuove tecnologie, facendo risultare il 4.0 come una necessità imprescindibile per poter continuare a produrre e ad operare in modo sicuro, efficace ed efficiente.

1.4 L'avvento del digitale e della *Digital Supply Chain*

La prima volta in cui è stato ufficialmente utilizzato il termine *Industria 4.0* risale al 2011, nella fiera di Hannover in Germania, rappresentando il progetto di rilancio dell'industria tedesca. Nel 2013, l'*Industrie 4.0 Working Group*, composto dai colossi Bosch GmbH e Acatech, presentò il primo report riguardante tale tematica, segnando l'inizio di un lungo percorso in cui tutt'ora sono coinvolte la stragrande maggioranza delle imprese a livello mondiale (Zanotti, 2021).

Il termine *Industry 4.0* può essere definito come una forma di digitalizzazione dell'industria legata alla connessione intelligente fra macchine ed esseri umani (Gasparetto, 2017). Le tecnologie che permettono tale digitalizzazione possono essere suddivise in diversi *cluster* (Wee *et al.*, 2015):

- *Dati, potenza computazionale, e connettività*: Comprende i *Big Data Analytics*, l'*Internet of Things (IoT)* e la tecnologia *Cloud Computing*.
- *Analytics e intelligence*: Comprende i *Collaborative Robot* (o *Cobot*) e tutto ciò che riguarda l'*Artificial Intelligence*.

- *Interazioni uomo-macchina*: Comprende le interfacce uomo-macchina (HMI), il *Simulation Process*, l'*Augmented Reality* (AR) e la *Virtual Reality* (VR).
- *Conversione dal digitale al fisico*: comprende l'Additive Manufacturing (AM) e la *Stampa 3D*.

In figura 2 vengono presentati i *cluster* delle tecnologie 4.0 proposti da McKinsey.

Digitization of the manufacturing sector – Industry 4.0

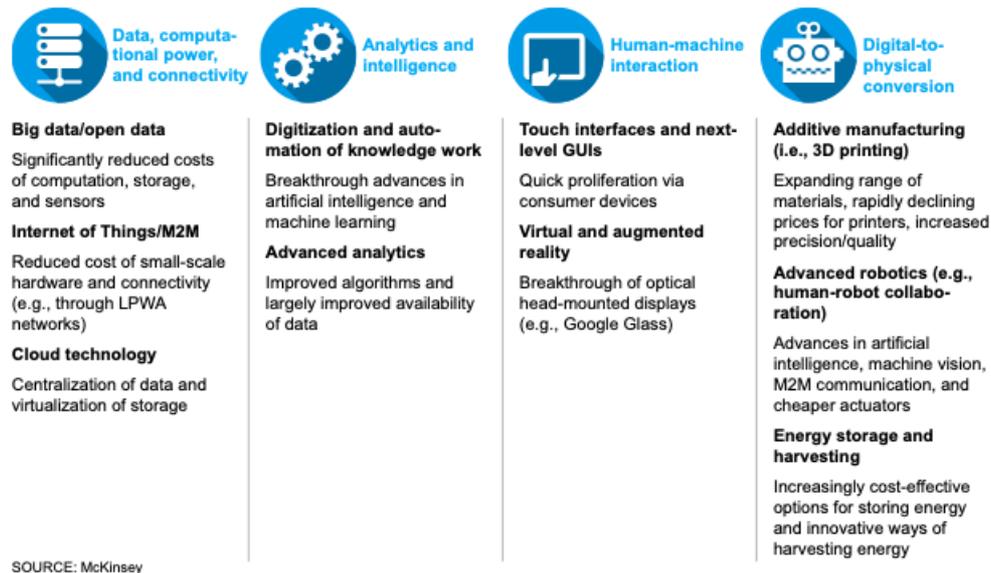


Figura 2 - Cluster delle tecnologie di Industria 4.0 (www.mckinsey.com)

Pur non essendo analizzata nello studio, non possiamo trascurare un quinto cluster relativo alla sicurezza dei sistemi. Esso comprende la *Blockchain*, i *Cyber Physical System* (CPS) e la *Cyber Security*, tutti strumenti volti a preservare i dati, elemento centrale della quarta rivoluzione industriale.

1.4.1 L'impatto delle nuove tecnologie sui diversi settori industriali e nei differenti Paesi

Le industrie con alta diversificazione di prodotto beneficeranno di guadagni in termini di produttività legata ad una maggiore flessibilità della produzione, mentre le industrie che richiedono alta qualità nei prodotti potranno godere di miglioramenti riguardo i tassi di errore grazie ai macchinari intelligenti che perfezioneranno la produzione sulla base dei dati raccolti e analizzati. Le industrie che invece possiedono manodopera specializzata ad alto costo avranno risparmi elevati, derivanti dall'automazione della produzione (Gerbert et al., 2015). Analizzando la situazione nei diversi Paesi, la Germania è considerata la precursore dell'implementazione del 4.0 in Europa, seguita dalla Francia, la quale si è attrezzata con una serie di misure per incentivare le aziende ad allinearsi ai nuovi trend. La Gran Bretagna è ancora leggermente indietro rispetto alla media mentre gli Stati Uniti approcciano al fenomeno attraverso forme diverse di digitalizzazione ma con gli stessi obiettivi (Maci, 2021). Da uno studio effettuato su 43 imprese italiane, emergono diverse applicazioni delle *smart technology*: la maggior parte di esse fa riferimento alla *Smart Execution* (produzione, logistica, manutenzione, qualità, sicurezza) e all'area della *Smart Integration* (*new product development, suppliers relationship management, product life-cycle management*), mentre l'area dello *Smart Planning* (*production&distribution planning, inventory management, supply chain event management*) ha ancora del potenziale nascosto (Lazzarin, 2016).

1.4.2 L'influenza del Covid-19 sull'Industria 4.0

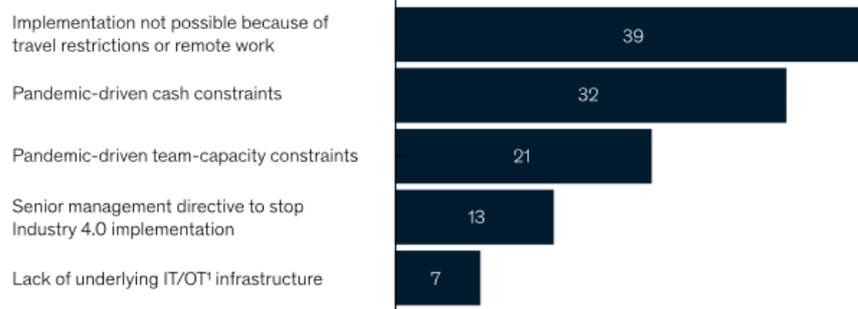
Dal report dell'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano emerge uno scenario di breve periodo caratterizzato da incertezza mentre nel medio-lungo periodo, gli studiosi sono convinti che il Covid-19 avrà un impatto positivo sull'adozione delle nuove tecnologie, forti della convinzione che la pandemia accelererà la trasformazione digitale [3]. Uno degli ultimi studi effettuati da McKinsey evidenzia come l'approccio alla digitalizzazione delle organizzazioni abbia influenzato la loro risposta alla pandemia. Dal report sono emersi tre principali risultati: le aziende che avevano già implementato le nuove tecnologie sono uscite più forti dalla crisi, quelle che lo stavano facendo hanno potuto metterle subito alla prova mentre chi non le ha adottate si è trovato in uno stato di emergenza. Il 94% degli intervistati ha affermato che l'*Industry 4.0* e le tecnologie ad essa collegate sono state fondamentali per garantire il funzionamento di tutte le attività durante la crisi. Ad eccezione della Cina, più di un terzo degli intervistati afferma che le proprie attività sono ripartite completamente dopo l'impatto della pandemia da Coronavirus, mentre quasi un terzo si aspetta che il recupero richieda un anno o più, citando ostacoli come la mancanza di fondi, di personale, di competenze e conoscenze (Agrawal, *et al.*, 2021).

In figura 3 è possibile osservare le principali cause che hanno frenato gli investimenti relativi all'Industria 4.0.

The crisis forced some companies to halt their Industry 4.0 investments.

Top two reasons our company is no longer implementing Industry 4.0

Respondents, %



*Information technology/operation technology

McKinsey
& Company

Figura 3 - Risultati dello studio condotto da McKinsey (www.mckinsey.com)

1.5 Tecnologie caratterizzanti la *Digital Supply Chain*

Si fornisce di seguito la lista delle tecnologie abilitanti all'Industria 4.0, trattate all'interno di questo paragrafo (Atti *et al.*, 2018):

- *Internet of Things (IoT)*
- *Big Data Analytics*
- *Cyber Security*
- *Cloud Computing*
- *Additive Manufacturing*
- *Advanced Automation*
- *Human-Machine Interface*
- *Augmented Reality & Virtual Reality*
- *Cyber-Physical Systems*
- *Blockchain*

1.5.1 Internet of Things

Il significato di IoT si sofferma sulla creazione di una rete globale di macchine interconnesse, capaci di scambiarsi informazioni in maniera reciproca e di integrare sistemi di inventario gestiti dai fornitori e sistemi di supporto clienti. Pertanto, è importante fornire una definizione di IoT comprensiva della relazione con il SCM (Ben-Daya *et al.*, 2017):

“L'Internet of Things è una rete di oggetti fisici che sono collegati digitalmente per rilevare, monitorare e interagire all'interno di un'azienda e tra l'azienda e la sua catena di fornitura consentendo agilità, visibilità, monitoraggio e condivisione delle informazioni per facilitare la pianificazione, il controllo e il coordinamento tempestivi dei processi della catena di fornitura“.

Fornita una definizione, occorre specificare quali siano le tecnologie che permettono di adottare l'IoT all'interno delle aziende (Lee *et al.*, 2015):

1. Identificazione a radiofrequenza (RFID): consente di identificare, tracciare e trasmettere i dati tramite tag e lettore per mezzo di onde radio. Esistono 5 tipologie di base per i tag RFID, differenti fra loro in termini di batteria, autonomia d'attivazione e interconnessione;
2. Reti di sensori wireless (RSW): è una rete composta da un set di sensori per monitorare e tracciare lo stato di diversi dispositivi come la loro posizione, i movimenti o la temperatura;
3. *Middleware*: software orientato ai servizi, permette agli sviluppatori di applicazioni di comunicare con dispositivi eterogenei come sensori, attuatori o tag RFID, realizzando comunicazioni di tipo input/output;
4. Cloud computing: è una piattaforma informatica basata su internet in cui è possibile condividere e accedere su richiesta a un pool di diverse risorse di elaborazione (computer, reti, archiviazione, software, *etc.*);
5. Applicazioni IoT: consentono interazioni da dispositivo a dispositivo e da uomo a dispositivo e rappresentano l'interfaccia tra quest'ultimo e l'utente.

In figura 4 viene schematizzato il funzionamento dei tag e del RSW.

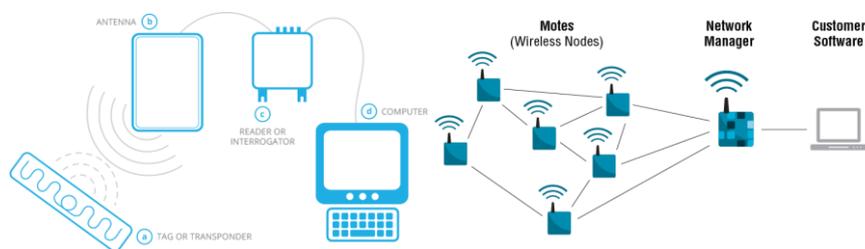


Figura 4 - Funzionamento dei tag RFID e del RSW (www.internet4things.it)

A livello industriale, tali tecnologie forniscono un valido strumento per individuare potenziali problematiche, supportare il processo decisionale e generare un valore aggiunto, ottimizzando i costi e favorendo un incremento di produttività (Lee *et al.*, 2015).

1.5.2 Big Data Analytics

Il termine *big data* viene impiegato per descrivere *dataset* caratterizzati da volume, variabilità, varietà e velocità d'acquisizione e che richiedono nuove architetture non tradizionali e scalabili per l'archiviazione, manipolazione e analisi in modo rapido ed efficiente (NIST, 2015).

Per comprendere al meglio il significato di tale definizione, è possibile rifarsi al modello delle 3V per cui un *dataset* costituisce un big data nel momento in cui soddisfa le caratteristiche di volume, velocità e varietà (Piva, 2019).

Col tempo, il concetto di big data è diventato sempre più reale e vicino alle realtà aziendali, al punto da ampliare questa definizione considerando anche le caratteristiche di veridicità e variabilità. Alle 5V se ne aggiunge una sesta, considerata dagli esperti come la più importante: il valore. Di fatti, se da un lato risulta importante che ci siano dei progressi tecnici relativi alla capacità computazionale delle architetture, è altrettanto importante che vengano sviluppate tecniche di *data analytics* che permettano di manipolare e trasformare i dati al fine di generare valore (De Mauro, 2019). Tali strumenti vengono detti *analyzer* e pertanto, la definizione di *big data* viene estesa in *Big Data Analytics*.

Sfruttando le tecniche di *data analytics* all'interno delle catene di fornitura, diventa possibile manipolare i dati raccolti da tag e sensori al fine di ottenere una migliore gestione della domanda, una riduzione dell'effetto *bullwhip*, una valutazione più corretta dei fornitori e un tracciamento capillare dei processi e dei prodotti. Possedere informazioni rielaborate non giova soltanto agli attori di una *supply chain* ma anche ai clienti finali. Conoscere il loro comportamento all'acquisto permette di modificare i prodotti secondo le loro esigenze, migliorando sensibilmente la *customer experience* (Raman *et al.*, 2018).

1.5.3 Cyber Security

Parlando di tecnologie di Industria 4.0, occorre trattare un ulteriore aspetto che non può essere assolutamente tralasciato. Si tratta della *Cyber Security*, argomento che, benchè non sia una tecnologia, riveste un ruolo centrale in ogni ambito della quarta rivoluzione industriale. Se in passato non era importante difendersi dagli attacchi informatici, ad oggi, a causa della mole di dati raccolti, analizzati e veicolati, diventa necessario adottare una serie di misure per contrastare il furto di questi ultimi. Gli attacchi informatici però, non colpiscono soltanto il settore dell'*Information Technology* (IT). Anche il comparto industriale, composto dalle infrastrutture e dai sistemi produttivi, è soggetto a possibili attacchi da parte di hacker. I danni in questione riguardano il blocco immediato della produzione con ripercussioni sul soddisfacimento della domanda e quindi sui flussi finanziari dell'azienda interessata. Spesso le piccole realtà non credono di poter essere minacciate da attacchi e di conseguenza, agiscono contro questi ultimi quando ormai è troppo tardi. È fondamentale invece mettere in atto una serie di azioni di prevenzione che impediscano l'insorgere di queste problematiche. Pertanto, è stato introdotto lo standard internazionale IEC 62443 che definisce i punti da sviluppare per una corretta *cyber security*, partendo dall'analisi delle vulnerabilità dell'impianto, proseguendo con la strutturazione di un *Cyber Security Management System* (CSMS) e terminando con le attività di mantenimento nel tempo delle prestazioni di sicurezza contro le cyber-minacce [4].

1.5.4 Cloud Computing

Il *cloud computing* è definito come un modello per consentire l'accesso di rete onnipresente, conveniente e su richiesta a un *pool* di risorse di elaborazione configurabili (ad esempio reti, server, archiviazione, applicazioni e servizi) che possono essere rapidamente fornite e rilasciate con uno sforzo di gestione minimo o interazione con il fornitore di servizi (Mell et al., 2011).

Tali risorse vengono messe a disposizione di più utenti in maniera condivisa, effettuando assegnazioni dinamiche e automatiche in base alle richieste e fornendo la massima trasparenza nel monitoraggio del servizio, sia al fornitore che al consumatore. La possibilità di modulare le risorse permette di possedere virtualmente una capacità illimitata, accessibile da una moltitudine di dispositivi eterogenei grazie alle disponibilità della rete (NIST, 2011).

In molte situazioni, parlare di *cloud* può essere però fuorviante, data l'ampia categoria di servizi che quest'ultimo comprende. Per questo motivo, è meglio distinguere fra tre diversi tipi di servizi offerti (Mohammed et al., 2021):

- *Software as a Service (SaaS)*: si basa sul noleggio di un pacchetto software che viene messo a disposizione dell'intera organizzazione.
- *Platform as a Service (PaaS)*: fornisce un ambiente *on-demand* per lo sviluppo e la gestione di applicazioni e software.
- *Infrastructure as a Service (IaaS)*: permette di affittare l'intera infrastruttura IT comprendente server, macchine virtuali, risorse di archiviazione, reti e sistemi operativi.

Altrettanto importante è la distinzione riguardante le modalità di distribuzione delle risorse, in base alle quali il servizio può essere di tipo privato, comunitario, pubblico o ibrido (Aryotejo et al., 2018).

L'utilizzo del *cloud* comporta numerosi vantaggi, come il risparmio di tempi e costi, la modulabilità, l'alta disponibilità ed il livello di sicurezza (Jaiswal, 2017), ma richiede allo stesso tempo la presenza di banda larga, un'attenta stipulazione contrattuale con il provider e un vincolo di utilizzo che rende ostico tornare ad impiegare soluzioni *on-premise*, cioè basate su software installati localmente nel parco hardware (Torchiani, 2018).

1.5.5 Additive Manufacturing

L'*Additive Manufacturing* (AM), spesso conosciuta col nome di “stampa 3D”, è un processo in cui un componente viene realizzato strato per strato direttamente nella sua forma finale, a meno di determinati trattamenti di finitura superficiale (Zhang *et al.*, 2019). Il primo a brevettare una tecnica di produzione basata sull'AM fu Charles Hull nel 1984, mediante la Stereolitografia (SLA). Da quel momento in poi, le tecniche di stampa 3D sono aumentate e si sono evolute, portando alla nascita nel 2005 della prima stampante auto-replicante.

Pur esistendo un vasto numero di tecniche di manifattura additiva, il processo preliminare che porta alla stampa dell'oggetto risulta essere standardizzato e parte da un modello CAD 3D che dopo essere stato convertito in formato STL, viene scomposto da un *software* di modellazione in diversi strati (*layer*) che saranno poi stampati con la specifica tecnica che si è scelto di adottare (Bacchetti *et al.*, 2018).

L'impiego della manifattura additiva implica numerosi vantaggi in termini di flessibilità, costi di trasporto ridotti, eliminazione di operazioni di assemblaggio e ottimizzazione del Time-To-Market (TTM) (D'Aveni, 2015, Bacchetti *et al.*, 2018).

In conclusione, viene fornito un elenco delle principali tecniche di stampa 3D. Oltre a differire per velocità di stampa, precisione e dimensioni massime ottenibili, le seguenti tecniche accettano materiali differenti fra loro, spaziando dai polimeri, ceramici e sabbie fino ad arrivare ai compositi di matrice metallica. In termini di tecnologia impiegata invece, alcune si basano sull'estrusione, altre su processi di sinterizzazione mentre altre ancora sul taglio laser o sulla stampa a getto d'inchiostro [5]:

- *Stereolitografia (SLA)*
- *Fused Deposition Modeling (FDM)*
- *Selective Laser Sintering (SLS)*
- *Direct Metal Laser Sintering (DMLS)*
- *Stampa 3D*
- *Stampa a getto d'inchiostro*
- *Fotopolimero a getto d'inchiostro*
- *Laminated object manufacturing (LOM)*

1.5.6 Advanced Automation

L'*advanced automation* ricopre un ruolo fondamentale nello sviluppo e nell'implementazione dell'industria 4.0. L'esigenza di una produzione più efficiente ha spinto un elevato numero di imprese ad adottare tecnologie di produzione basate sull'utilizzo dei *Collaborative Robot*, o *Cobot*, cioè robot progettati per condividere lo spazio di lavoro con gli esseri umani senza barriere protettive intorno. Essi non sostituiscono gli operatori ma li affiancano, interagendo in modo funzionale all'esercizio di un compito (Condemi, 2021). I robot usati in passato richiedevano spesso celle separate in cui poter svolgere i propri compiti e non prevedevano l'integrazione uomo-macchina. I moderni *cobot* invece, stanno diventando più autonomi, flessibili e cooperativi, capaci di interagire tra di loro, compiere azioni deduttive e lavorare fianco a fianco con gli umani, imparando da loro e migliorando le condizioni di sicurezza dei lavoratori stessi (Bloss, 2016).

Mediante i *cobot* si possono ottenere informazioni sulla produzione dell'intera linea in tempo reale, potendo predisporre azioni correttive anche da remoto e garantendo così una produttività H24. Il loro impiego non si ferma esclusivamente alle attività di produzione o di supporto ma comprende i più svariati campi aziendali, come la logistica (predisponendo dei *cobot* che movimentano la merce, scambiandosi informazioni sui propri movimenti, prelievi, depositi, etc.) o la gestione dei documenti. In figura 5 è rappresentato un *cobot* che collabora con un operatore.



Figura 5 - Esempio di CoBot (www.industrial.omron.it)

Tale innovazione, connubio perfetto fra architetture robotiche, intelligenza artificiale e IoT, rappresenta sicuramente un'occasione ghiotta per le imprese di poter raggiungere risultati ritenuti impossibili in passato, ma allo stesso tempo, non viene vista in maniera positiva da molte categorie di dipendenti che temono la perdita del proprio posto di lavoro (Nosengo, 2020).

1.5.7 Advanced Human-Machine Interface (HMI)

L'Human-Machine Interface (HMI) può essere definita come una disciplina che si occupa della progettazione, valutazione e implementazione di sistemi informatici interattivi per uso umano e dello studio dei principali fenomeni che li circondano (Porta, 2016).

Tali sistemi interattivi possono appartenere a diverse categorie, differenziate in base alla modalità con cui permettono il contatto fra uomo e macchina (Cannan *et al.*, 2011):

- Tecnologia basata sull'ottica: rientrano in questa categoria i laser, i led e tutto ciò che coinvolge l'uso di telecamere.
- Tecnologia basata sull'acustica: rientrano tutte le tecniche di riconoscimento vocale.

- Tecnologia bionica: combinazione di biologia, robotica e informatica, rappresenta qualsiasi tecnologia che utilizza o monitora gli aspetti biologici del corpo, al fine di svolgere una funzione.
- Tecnologia tattile: introdotta con il *touch screen*, riguarda tutte le interfacce che richiedono il contatto fisico fra uomo e macchina.
- Tecnologia di movimento: include tutte le HMI che possono rilevare il movimento e tradurlo in informazioni.

In figura 6 è possibile vedere un esempio di applicazione *touch screen*.



Figura 6 - Esempio di applicazione del *touch screen* (www.hilscher.com)

A causa della moltitudine di interfacce differenti, oggi non si parla più soltanto di HMI ma di *Advanced HMI*. L'aggiunta dell'attributo implica l'adozione di soluzioni non banali per le interazioni fra uomo e macchine ma anche la loro interconnessione. Di fatto, oltre ad impartire i comandi, le moderne HMI (*Advanced HMI*) sono connesse fra loro e mediante diversi sensori, raccolgono grandi set di dati e li analizzano, permettendo di ottenere in output informazioni utili per il processo ed il suo monitoraggio. Ad esempio, impiegando le *Advanced HMI* in un cantiere è possibile monitorare parametri ambientali e di sicurezza relativi al posto di lavoro. Di fatti, grazie ai dati raccolti dai sensori posti in *loco* (sia statici che dinamici, attraverso l'impiego di droni), le HMI restituiscono informazioni come le condizioni climatiche e la composizione del terreno. Dal punto di vista della sicurezza invece, offrono un valido aiuto segnalando le procedure corrette di lavoro per ogni dipendente e fornendo un avviso nel momento in cui viene inquadrato un materiale la cui movimentazione può essere potenzialmente pericolosa, o quando le operazioni da svolgere sono critiche e richiedono una maggiore attenzione, o ancora quando richiedono un surplus di forza lavoro per essere eseguite. All'interno di uno stabilimento industriale invece, le HMI possono essere sfruttate per agevolare e migliorare il training degli operatori

(Lazzarin, 2018), fornendo uno strumento interattivo per comprendere il funzionamento dei macchinari. Inoltre, grazie alla connessione fra ciascun macchinario e le HMI impiegate, l'operatore può capire sia lo stato di una precisa macchina, evidenziandone per esempio i parametri con cui è stata settata e la sua singola produttività, sia lo stato dell'intera linea di produzione, individuando immediatamente eventuali anomalie e predisponendo azioni correttive dalla stessa interfaccia, ove possibile.

1.5.8 Augmented Reality & Virtual Reality

L'*Augmented Reality* (AR) è una tecnologia che consente di sovrapporre contenuti digitali (testi, immagini, animazioni, *etc.*) alla visione del mondo reale da parte dell'utente, amplificandone la percezione (Peddie, 2017).

Nella conferenza del World Business Forum di Milano, Porter definì l'AR come la *Great Equalizer*, la “parificatrice” fra uomo e macchina, aiutando gli esseri umani a colmare il gap fra il mondo digitale e quello fisico, amplificando le sue capacità e permettendogli di utilizzare complessi macchinari senza dover necessariamente impostare un'adeguata e costosa formazione tecnica che fino ad oggi appariva indispensabile per ciascun operatore (Lazzarin, 2018).

Fornita una definizione di AR, occorre fare subito una precisazione distinguendo la realtà aumentata da quella virtuale (VR): se nell'AR la realtà viene arricchita di dati e informazioni altrimenti non percepibili ma rimane presso che la stessa, la VR è invece definita come un insieme di tecnologie che permettono di sperimentare in modo immersivo un mondo al di là della realtà, il cosiddetto *Virtual Environment* (VE) (Wohlgenannt *et al.*, 2020), in cui i normali sensi e le percezioni di un individuo sono addirittura annullate e sostituite da altre. Nonostante questa differenza, entrambe le tecnologie provvedono a mediare la realtà e si pongono pertanto sullo stesso piano.

A livello pratico, tali tecnologie sono costituite da display posti sul capo (i cosiddetti visori) che permettono di amplificare o modificare la realtà esterna e sono suddivisi in due categorie: gli *Optical-See-Through* (OST) e i *Video-See-Through* (VST). Nei dispositivi OST, la realtà aumentata è ottenuta mostrando elementi virtuali su di un vetro semi-trasparente posto dinanzi alla vista mentre in quelli VST, la realtà esterna viene catturata da telecamere poste sul visore che inviano le immagini ad un computer, il quale le rielabora

fornendo una sovrapposizione delle immagini virtuali sulla realtà oggettiva (Ballestin, *et al.*, 2021). In figura 7 vengono mostrati numerosi visori appartenenti alle due categorie.

Head-Mounted Displays (HMD)



Figura 7 - Esempi di visori OST e VST (www.slideshare.net)

Entrambe le modalità offrono vantaggi e svantaggi che le rendono complementari e pertanto, si cerca da anni di offrire delle soluzioni ibride basate sul design delle OST ma che permettano di *switchare* gradualmente all'occorrenza verso soluzioni di tipo VST, in modo da massimizzarne le potenzialità e limitarne gli svantaggi (Cutolo *et al.*, 2017).

Le tecnologie AR trovano applicazione in numerosi settori e ambiti, anche assai diversi fra loro. È possibile sfruttarle per formare un lavoratore usufruendo di numerosi vantaggi come velocità di apprendimento, costi ridotti e semplicità (Schuh *et al.*, 2015), così come è possibile impiegarle nella progettazione di un prodotto, nella produzione o nell'assemblaggio, semplificando notevolmente i *task* e comportando un livello di efficienza molto più alto rispetto a quello raggiunto senza l'ausilio dell'AR (Al-Ahmari *et al.*, 2016).

1.5.9 Cyber-Physical-System (CPS)

Un Cyber-Physical-System (CPS) è definibile come un sistema in cui si richiede che gli oggetti fisici siano affiancati dalla propria rappresentazione nel mondo digitale, siano integrati con elementi dotati di capacità di calcolo, memorizzazione e comunicazione, e che siano collegati in rete tra loro (Boschi *et al.*, 2017).

Le tecnologie abilitanti che costituiscono i CPS si basano essenzialmente su tre sottosistemi, integrati fra loro per massimizzarne l'efficacia: i sensori, gli attuatori e l'intelligenza decentrata. Per comprendere come essi interagiscano si può fare riferimento all'architettura delle 5C, con la quale vengono riassunte le funzionalità dei CPS (Lee *et al.*, 2014):

- *Smart connection*: capacità di acquisire dati tramite sensori e trasferirli agli altri CPS attraverso specifici protocolli di comunicazione.
- *Data-to-information conversion*: capacità di aggregare e convertire i dati in informazioni utili al processo.
- *Cyber*: rappresenta l'Hub centrale dell'architettura. Le informazioni che giungono al suo interno vengono ulteriormente manipolate e confrontate sia con le informazioni provenienti delle altre macchine connesse alla rete, sia con le serie storiche della macchina stessa.
- *Cognition*: capacità di utilizzare le informazioni per identificare gli scenari possibili e supportare il processo decisionale.
- *Configuration*: capacità di fornire il feedback della realtà virtuale a quella fisica, permettendo inoltre di applicare le azioni correttive prese al livello precedente.

In ultima analisi, va esaminata l'importanza che rivestono i CPS per la *Simulation process*. Essa è definita come un'attività importante del *Process engineering* e che copre l'intero ciclo di vita di un processo, dal R&D alla progettazione concettuale e al funzionamento dell'impianto. Tale attività non nasce con l'industria 4.0, ma grazie ad essa trova un boom di applicazioni in molteplici realtà aziendali, anche di piccole dimensioni. Sfruttando la digitalizzazione delle macchine di un impianto produttivo, la loro interconnessione e la possibilità di avere vaste moli di dati in tempo reale, la simulazione è in grado di testare il funzionamento dei processi ancor prima che essi vengano effettivamente svolti, fornendo in tal modo i diversi scenari

possibili e supportando il *decision making* [6]. Per tali ragioni, la domanda di software di simulazione è in netto aumento e secondo le stime dell'ABI Research, entro il 2025 i produttori saranno pronti a spendere più di 2 miliardi di euro all'anno per essi.

1.5.10 Blockchain

La nascita della *Blockchain* risale al 2008 ed è strettamente connessa a quella dei *Bitcoin*, prima moneta virtuale che sfrutta tale tecnologia. La *Blockchain* (letteralmente “catena di blocchi”) rappresenta un processo di condivisione di risorse informatiche (CPU, memoria, banda) da parte di soggetti che possono in tal modo costruire e aggiornare un database virtuale (definito registro) pubblico e decentralizzato (Benedetti *et al.*, 2016). Dal punto di vista tecnologico, si può affermare che si tratta di una sottofamiglia di tecnologie appartenenti al gruppo delle Distributed Ledger (o DLT, cioè tecnologie basate su registri distribuiti) il cui registro è strutturato come una catena di blocchi contenenti le transazioni e la cui validazione è affidata ad un meccanismo di consenso che può essere *permissionless*, in cui chiunque può diventare nodo della rete, o *permissioned*, in cui solo gli attori autorizzati hanno accesso alla rete.

Nonostante l'elevato numero di piattaforme che concorrono alla creazione di valore (si parla di “Internet delle transazioni” o “Internet del Valore”), esse possono essere accomunate sulla base di alcune caratteristiche fondamentali, rappresentate dai concetti di digitalizzazione, decentralizzazione, tracciabilità dei trasferimenti, disintermediazione, trasparenza e verificabilità, immutabilità del registro e programmabilità dei trasferimenti [7]. La *blockchain* può essere vista come un protocollo di comunicazione con cui si certificano le transazioni, archiviate all'interno di blocchi e rese disponibili agli attori della catena. Per comprendere al meglio il processo di validazione e inserimento, occorre introdurre i componenti fondamentali della suddetta tecnologia, vale a dire i nodi, la transazione, il blocco, il *ledger* (o registro) e l'*hash* (La Trofa, 2021).

Detto questo, si considerino due soggetti, A e B, che devono scambiarsi un valore. Per far ciò, viene costituita una transazione contenente una serie di elementi come l'indirizzo pubblico del ricevente, la firma digitale del cedente, le informazioni relative al valore scambiato, l'identità dei due

soggetti e le rispettive *cryptographic keys*. La transazione viene inserita insieme ad altre transazioni all'interno di un blocco il quale viene preparato per essere sottoposto alla verifica e validazione da parte dei partecipanti alla *blockchain*. Nel momento in cui viene approvato, il blocco è inserito all'interno della catena e le sue transazioni diventano permanenti, immutabili e consultabili da ciascun partecipante (Yaga *et al.*, 2018). In figura 8 viene schematizzato il funzionamento di una *blockchain*.

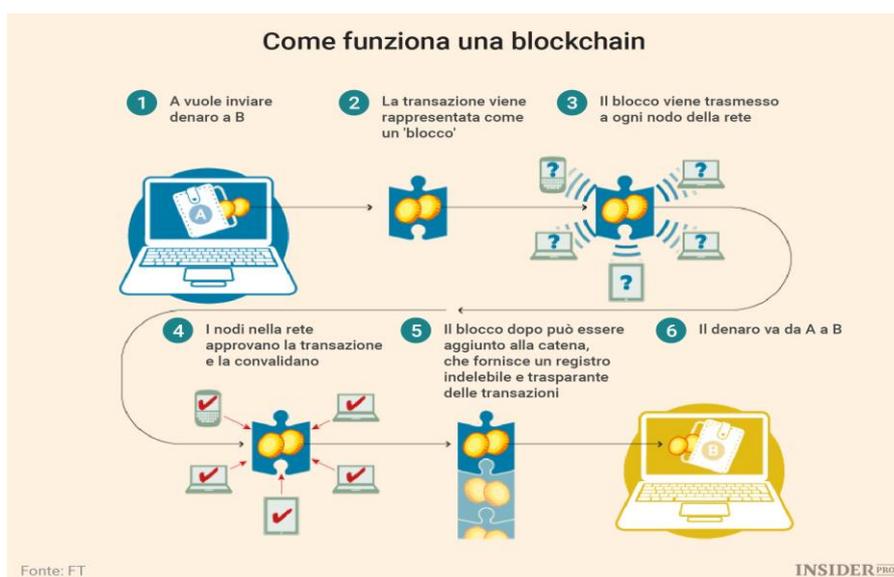


Figura 8 - Schematizzazione del funzionamento di una blockchain (it.ihold.com)

CAPITOLO 2

2 Caso studio: Pedone Working s.r.l.

All'interno di questo capitolo verrà fornita una panoramica generale di Pedone Working s.r.l, azienda caso di studio della presente tesi, introducendone storia, prodotti e servizi, fornitori e altre informazioni utili a contestualizzarla. Verrà esaminata la tematica relativa all'eco-sostenibilità, fondamentale per l'operato dell'azienda, e si provvederà a fornire un approfondimento sulla canapa, materiale impiegato da Pedone Working per realizzare i biomattoni.

2.1 Un po' di storia

Pedone Working (PW) nasce intorno alla metà degli anni 50' dal genio di Dante Pedone, geometra nativo di Bisceglie (BAT), paese in cui la stessa PW ha sede. Inizialmente, l'azienda conta pochi dipendenti, per lo più operai impiegati nelle quotidiane attività di edilizia. In quel periodo, il paese non è particolarmente sviluppato dal punto di vista edilizio e conta una superficie ancora troppo poco estesa. Tali condizioni sono risultate estremamente positive per il Geometra che ha così potuto ricoprire il ruolo di Imprenditore "costruttore", espandendo il proprio business, crescendo e diventando una realtà affermata. Dagli anni 90' in poi, Dante Pedone viene affiancato dai figli Piero, Massimo e Pantaleo, laureati rispettivamente in ingegneria e architettura, segnando la trasformazione dell'impresa nell'odierna Pedone Working s.r.l. Negli ultimi vent'anni, Pedone Working si è affermata a livello nazionale e internazionale come sviluppatore di interventi ad altissimo profilo di sostenibilità, con riconoscimenti a livello nazionale (CasaClima Gold Cube nel 2013, Platinum Cube nel 2018) e internazionale (Green Building Award 2016 promosso dall'ONU). Nasce in tal senso *BIOMatCanapa*, marchio italiano a diffusione nazionale ed internazionale, che identifica un'azienda dinamica e altamente competente, in continua ricerca e sviluppo di prodotti e sistemi innovativi, naturali e sostenibili (Pedone, 2020). Tale brand si occupa di produrre e proporre una gamma completa di prodotti da utilizzare negli interventi di bioedilizia, che si

distinguono per l'elevata qualità costruttiva e il comfort ambientale. Le caratteristiche dei materiali li rendono compatibili per nuove costruzioni NZEB (*nearly-zero energy building*, cioè edifici in cui le richieste di energia sono coperte in modo quasi totale da fonti rinnovabili [8]) e per ristrutturazioni su edifici esistenti. Pertanto, Pedone Working ha fatto della sostenibilità ambientale la sua forza, ampliando il suo business ormai non più esclusivamente legato al settore *Construction*. Nasce di fatti la divisione che si occupa di *Manufacturing* attraverso la produzione del biomattone. Quest'ultimo, come già affermato poc'anzi, viene impiegato nelle opere e nei servizi offerti da PW, ma non solo. La nascita della nuova divisione ha consentito alla società di espandere la propria attività, commercializzando in Italia e all'estero il suo prodotto. Inizialmente, la produzione dei biomattoni avveniva per conto di terzi, la Lecablock, azienda situata a Foggia e che vanta un'esperienza di quasi cinquant'anni nella produzione di mattoni. Negli ultimi anni, a causa della forte crescita nella domanda, Pedone Working ha esaminato la possibilità di integrarsi a valle, acquisendo la Lecablock. Tale situazione si è concretizzata nel 2020, ottenendo in tal modo un impianto produttivo ad utilizzo esclusivo. Nel corso dei prossimi anni verrà analizzata la possibilità di integrarsi a monte, così da ottenere una catena di fornitura corta e compatta, in accordo con i trend futuri relativi alle *Supply Chain*. In figura 9 viene illustrata Casa di Luce, un'opera realizzata da Pedone Working.



Figura 9 - Casa di Luce (www.pedoneworking.it)

2.2 L'organizzazione aziendale di Pedone Working

Pedone Working s.r.l. è organizzata secondo una struttura divisionale per settore di riferimento. L'amministratore delegato a capo della società rimane Dante Pedone ma di fatto, sono i tre figli a gestire le divisioni *Construction* e *Manufacturing*. Trattandosi di una piccola azienda che conta ufficialmente quattordici dipendenti, la struttura gerarchica risulta essere piatta e poco verticalizzata, basata su metodi di comunicazione rapidi e informali. In figura 10 è rappresentato l'organigramma aziendale.

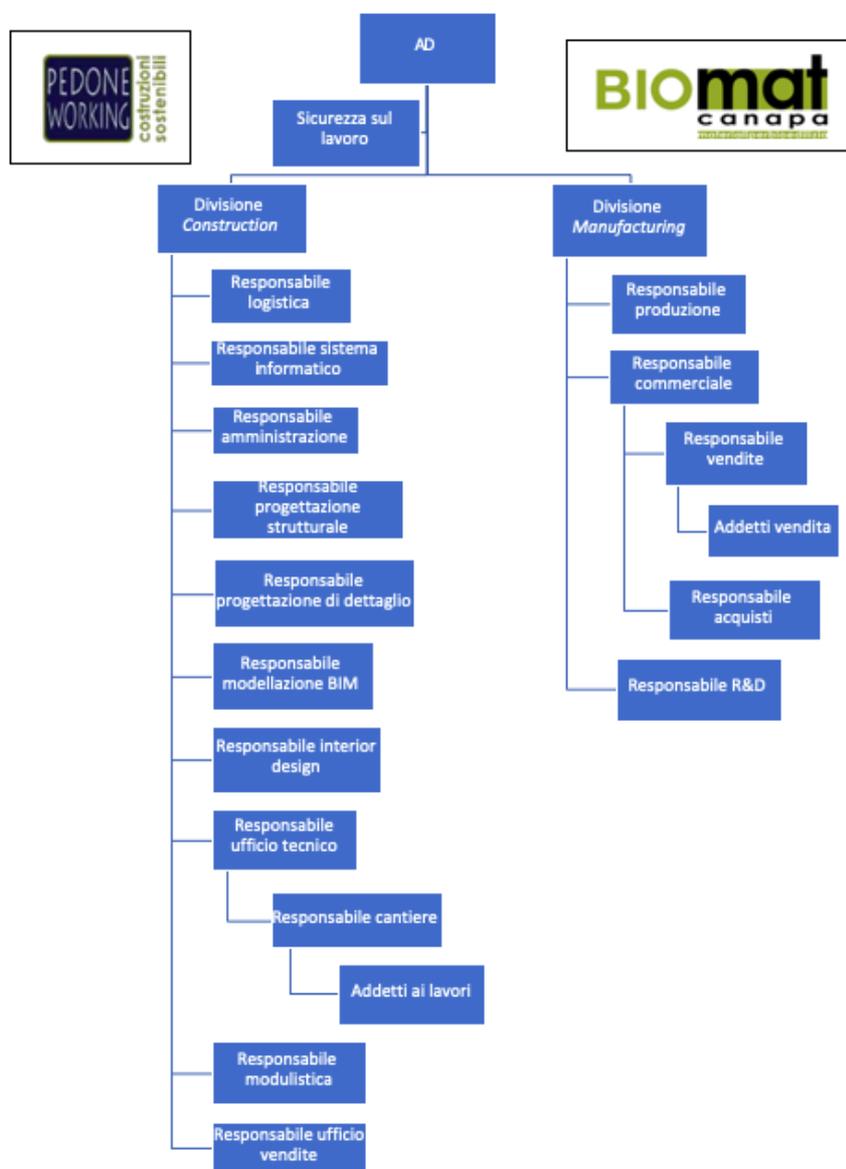


Figura 10 - Organigramma di Pedone Working

2.3 Attenzione all'eco-sostenibilità

Come già affermato nel paragrafo 2.1, Pedone Working pone al centro del suo business il concetto di sostenibilità ambientale, focalizzandosi sulla realizzazione di biomattoni e biopannelli, sia venduti come materiale da costruzione, sia impiegati per i servizi offerti.

All'interno del paragrafo verranno analizzati i concetti di sostenibilità, le relative norme e le certificazioni richieste. Verrà fornita un'analisi dei materiali *smart* con un approfondimento sull'utilizzo della canapa, materiale impiegato da Pedone Working per la realizzazione dei suoi prodotti.

2.3.1 Il concetto di sostenibilità e le normative vigenti

Può essere considerato sostenibile uno sviluppo in grado di coniugare le dimensioni economiche, ambientali e sociali in ogni attività umana, mantenendole alte nel tempo e non erodibili (Vota, 2020). In tale definizione emergono i tre pilastri fondamentali della sostenibilità: l'aspetto economico, quello ambientale e quello sociale.

In ambito edilizio, tale tematica sta acquisendo sempre più rilevanza. Tralasciando l'aspetto economico, il quale ricopre da sempre un ruolo centrale nelle scelte dei costruttori, ad oggi diventa necessario offrire prodotti e servizi che abbiano un basso impatto ambientale e che garantiscano una qualità della vita superiore al passato. Sempre più soluzioni prediligono la bioedilizia, cioè la combinazione fra l'utilizzo di materiali biocompatibili e l'adozione di fonti di energia rinnovabile. In molti casi si parla di *green building*, cioè di edifici che migliorano la qualità degli ambienti ed il benessere delle persone che li abitano. Attraverso questi ultimi è possibile ottenere una migliore qualità dell'aria, un'illuminazione completamente naturale ed un comfort acustico non indifferente [9]. Gli elementi fondamentali da tener conto nella realizzazione dei *green building* sono rappresentati dai materiali impiegati (meglio se reperiti in loco o comunque a costo logistico minimo), dal fabbisogno energetico per costruirli e abitarli, dalla loro localizzazione geografica e dal consumo idrico.

A partire dal decreto legislativo del 24 Dicembre 2015 fino ad arrivare a quello dell'11 Ottobre 2017, i criteri ambientali minimi (CAM) per l'edilizia

pubblica sono aumentati e hanno acquisito un'importanza via via maggiore. Si tratta dei requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato [10]. Nel 2020, tali criteri sono stati temporaneamente sospesi a fronte di una revisione dell'ultimo decreto e di una potenziale sua estensione nell'edilizia privata. Di fatti al momento, gli obblighi di legge relativi al privato riguardano esclusivamente le certificazioni a livello energetico mentre le certificazioni ambientali sono tutte volontarie. Nonostante ciò, numerosi costruttori, come PW d'altronde, tende a certificare le proprie strutture attraverso sistemi di certificazione come *CasaClima*, *Platinum Cube* o *Protocollo Itaca*. In figura 11 è possibile vedere alcuni edifici realizzati dalla società con le rispettive certificazioni ottenute.



Figura 11 - Edifici e certificazioni di Pedone Working (www.pedoneworking.it)

2.3.2 Materiali *smart* e materiali eco-sostenibili

Nel paragrafo 2.3.1 si è accennato al discorso sulla bioedilizia e sull'utilizzo di materiali biocompatibili e *smart* nelle moderne costruzioni. Un materiale si definisce *smart* quando è capace di reagire agli stimoli esterni modificando le sue proprietà meccaniche, ottiche, elettriche o chimiche. Negli ultimi anni si sta assistendo ad uno sviluppo di questi materiali in numerosi settori, compreso quello edilizio, il quale si trova a fare i conti col concetto di sostenibilità ambientale, tematica sempre più presente nei moderni trend di costruzione. Ad oggi, si cerca di adottare materiali intelligenti che sappiano adattarsi al mutare delle condizioni, fornendo alte prestazioni energetiche e mantenendo basso l'impatto ambientale.

Pur essendo materiali ad alta efficienza energetica, non tutti i materiali *smart* appartengono alla categoria dei materiali eco-sostenibili. Per esempio basti pensare ai nano-materiali, i quali nonostante possiedano caratteristiche indiscutibilmente ottimali, vengono prodotti da complessi processi industriali che inevitabilmente finiscono per inquinare l'ambiente. Di fatti, un materiale si definisce eco-sostenibile quando oltre a non essere inquinante direttamente, non lo è anche il suo processo di produzione. In questa categoria rientrano prodotti come l'isolamento a base di funghi, quello in lana di pecora, biomattoni realizzati con batteri, pannelli in paglia e tanti altri, proposti dalle moderne aziende di costruzione che cercano di essere all'avanguardia in materia di sostenibilità [11].

2.3.3 Ciclo, caratteristiche e proprietà della canapa

Nel paragrafo 2.3.2 sono state fornite le definizioni di materiale *smart* e materiale eco-sostenibile, sottolineando come spesso uno non implica necessariamente l'altro. Nel caso di Pedone Working invece, la situazione è ben diversa. I biomattoni che quest'ultima produce hanno origine dalla miscelazione di acqua, canapa e calce e rappresentano un esempio di come un materiale riesce ad essere sia *smart* che eco-sostenibile. Oltre a garantire un isolamento termico e acustico notevole, tali mattoni rappresentano un esempio di materiali a *zero-sfrido*. Nel momento in cui uno di questi dovesse rompersi, è possibile tritarlo e aggiungergli dell'acqua per far sì che possa essere riutilizzato in *toto*. La vera svolta però, risiede nel potere assorbente della canapa, la quale permette di immagazzinare ingenti quantità di CO₂ (circa 60 kg/m³) andando ad operare un'azione di disinquinamento, importante sia per l'ambiente che per la salute dei cittadini. Grazie alle sue proprietà, Pedone Working riesce a mantenere costantemente un bilancio energetico positivo, ottenendo benefici in termini di premialità e minori costi di urbanizzazione.

Oltre al suo straordinario potere assorbente, la canapa possiede numerose altre qualità che la rendono un candidato perfetto come materiale del futuro. A livello di coltura, si tratta di una pianta con un ciclo di crescita estremamente rapido (quattro-cinque mesi circa) e che necessita di poca acqua, esclusivamente nel periodo di germinazione. Durante la fase di accrescimento dimostra già il suo potere assorbente, esercitando la sua azione disinquinante sia in fase di coltivazione che in fase di impiego nell'edilizia. Al termine della crescita, le piante vengono falciate ed ogni elemento prodotto trova un impiego in ambiti anche assai diversi, per esempio i semi vengono ripiantati oppure utilizzati come mangime, mentre le foglie trovano impiego in campo farmaceutico. L'elemento fondamentale per Pedone Working rimane però lo stelo, dal quale si ottiene il materiale necessario a produrre i biomattoni. Nel momento in cui le piante vengono falciate, sono spedite in un impianto situato a Cerignola (FG) dove avviene la loro lavorazione. Le fasi principali del processo vengono elencate qui di seguito:

- Macerazione dello stelo.
- Battitura: lo stelo viene battuto per tritare il legno interno.
- Stigliatura: attraverso un pettine avviene la separazione fra fibra esterna e legno interno (canapulo).

- Gramolatura: il canapulo viene convogliato in un impianto che si occupa di spezzettarlo ulteriormente fino ad ottenere la granulosità voluta.
- Vagliatura: i canapuli vengono selezionati e raccolti in base alla granulometria.

Al termine di quest'ultima fase, i "canapulini", cioè i materiali che presentano granuli più piccoli, vengono impiegati per la produzione di intonaci mentre i canapuli più grandi vengono raccolti in sacchi e spediti a Foggia nell'impianto produttivo di Pedone Working per essere impiegati nella produzione di mattoni.

È importante analizzare l'intera filiera della canapa poiché come affermato nel paragrafo 2.1, la società sta attuando negli ultimi anni una strategia di integrazione verticale. Il suo obiettivo è quello di ottenere una catena di fornitura compatta e veloce in modo tale da incrementarne la flessibilità e garantire un bilancio energetico ancor più positivo. Dopo l'acquisizione dell'impianto produttivo di Lecablock, il prossimo passo potrebbe riguardare l'integrazione a monte, comprendendo sia la fase di lavorazione che quella di coltivazione, ormai non più svolta in diverse parti d'Europa ma localizzata anch'essa a Cerignola.

2.4 Industries in cui opera, clienti e fornitori

Pedone Working nasce come azienda del settore *Construction*, ma con la creazione del marchio *BIOMatCanapa* comincia ad operare anche nel settore *Manufacturing*, proponendo una vasta gamma di prodotti in costante evoluzione e sviluppo. La società offre interventi edili principalmente a livello nazionale, disponendo di circa 40 agenti di vendita su tutto il territorio italiano. In ambito manufacturing invece, la presenza di Pedone Working è garantita anche in diverse realtà estere come Inghilterra, Francia, Turchia, Israele, Grecia, Albania e Romania. I fornitori delle materie prime, degli additivi, dell'acqua e dei prodotti per imballaggio sono partner strategici per la società. Situati tutti nell'arco di 150 km², localizzati principalmente tra Cerignola e Foggia, consentono di mantenere compatta la catena di fornitura con impatti positivi sia per la flessibilità e la rapidità che per la questione riguardante l'emissione di inquinanti.

2.5 Prodotti e servizi offerti

I prodotti di Pedone Working sono tutti aderenti ai principi di sostenibilità economica, sociale e ambientale e derivano dall'impiego, in misura differente e con procedimenti diversi, della canapa e della calce miscelate con acqua e additivi, i quali fungono da acceleratori di presa. Il ciclo della canapa è già stato affrontato all'interno del paragrafo 2.3.3, delineando sia la fase di coltivazione che quella di lavorazione, mentre per quanto riguarda la calce, si tratta di un legante puro di origine dolomitica che garantisce eccezionale traspirabilità, elevatissima durabilità e funge da sanificante naturale.

Il prodotto principale di Pedone Working è rappresentato dal MATTONE di CANAPA (MdC), un mattone termico, igroregolatore, deumidificante e ignifugo, 100% naturale in canapa e calce. In figura 12 è possibile vedere una sua rappresentazione.



Figura 12 - MATTONEdiCANAPA (www.pedoneworking.it)

Composto dalla componente legnosa della pianta di canapa e da legante aereo, è un mattone disponibile in diversi spessori che unisce leggerezza e prestazione termo-acustica alla straordinaria regolazione dell'umidità e alla resistenza al fuoco, caratteristiche che lo rendono idoneo per nuove costruzioni, sopraelevazioni ed efficientamenti energetici “a cappotto” ($\lambda=0.07 \text{ W/m}^2\text{k}$, $m=4.5$, $d=335 \text{ kg/m}^3$).

In figura 13 vengono riportate le caratteristiche principali del prodotto e la gamma di spessori in cui viene realizzato.

INFORMAZIONI TECNICHE								
	MATT.5	MATT.8	MATT.12	MATT.15	MATT.25	MATT.30	MATT.36	MATT.40
Spessore in cm	5	8	12	15	25	30	36	40
Densità in kg/m ³	335	335	335	335	335	335	335	335
λ Conduttività termica in W/(mK)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
U Trasmissanza termica in W/(m ² K)	1,13	0,76	0,53	0,43	0,27	0,22	0,19	0,17
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo (μ)	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00	3,00 - 5,00
Calore specifico (J/kgK)	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280
Coefficiente di assorbimento acustico	1classeA	1classeA	1classeA	1classeA	1classeA	1classeA	1classeA	1classeA
Indice atten. acustica Rw (dB) con intonaco sp.1,5 per lato	---	24,37	36,55	37,51	40,11	41,17	42,29	42,96
Sfasamento senza intonaco	1h29'	3h09'	5h53'	7h58'	14h48'	18h13'	22h19'	25h04'
Reazione al fuoco	CERTIFICATO EI 180 DALL'ISTITUTO GIORDANO**							

**Prova eseguita su campione di muratura di sp.12cm intonacato con INTOCANAPA. EI180 DALLO SPESSORE 12CM!!

Figura 13 - Informazioni tecniche sul MdC (www.pedoneworking.it)

Un'alternativa molto valida al MATTONE di CANAPA è rappresentata dal CANAPASSORBE TERMOMATTONE. Disponibile esclusivamente con uno spessore di 5 cm, possiede una densità maggiore rispetto all'MdC e assicura prestazioni migliori in termini di resistenza alla diffusione del vapore acqueo e resistenza al calore.

Durante la fase di stigliatura descritta nel paragrafo 2.3.3, la fibra esterna dello stelo viene separata dalla parte legnosa interna. La fibra viene ulteriormente suddivisa in fibra lunga, impiegata nel tessile, e fibra corta, impiegata per la produzione di pannelli isolanti. Tali pannelli sono quindi realizzati a partire dalla miscelazione di canapa, calce e acqua insieme alle fibre ottenute con la stigliatura e rappresentano un'altra linea di prodotti targati Pedone Working. In quest'ultima rientrano il BIOCANAPANEL, il BIOCANAPLUS ed il Pannello Cappotto.

CAPITOLO 3

3 Descrizione e mappatura AS-IS dei processi logistici

All'interno del capitolo verrà fornita dapprima una panoramica sulla metodologia di analisi impiegata. Successivamente verrà descritto l'impianto produttivo utilizzato per la produzione dei blocchi in canapa, oggetto di studio della presente tesi, seguito dall'analisi AS-IS dei processi di approvvigionamento, produzione e distribuzione, con un breve cenno ai controlli di qualità eseguiti sui blocchi e sulla canapa stessa. Infine, verranno individuate e descritte le principali criticità riscontrate all'interno dei processi logistici trattati.

3.1 Metodologia utilizzata nell'analisi dei processi

La presente tesi ha l'obiettivo di analizzare i principali processi logistici di una società edile che opera nel settore *Manufacturing* al fine di individuare eventuali criticità (aspetti che ne limitano l'efficienza di performance) e attuare azioni di miglioramento consistenti nell'implementazione di tecnologie 4.0. Di fatti, La digitalizzazione del settore manifatturiero è oramai un trend imprescindibile per tutte quelle realtà che mirano al miglioramento sostenibile dei processi e pertanto, diventa necessario che anche Pedone Working si adegui e compia un salto nella quarta rivoluzione industriale.

L'approccio utilizzato per l'analisi è rappresentato dal *Business Process Design* (Laguna *et al.*, 2019), il quale consiste nelle seguenti fasi:

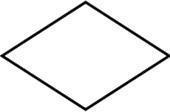
- Mappatura AS-IS dei processi logistici mediante *flowchart* e successiva descrizione.
- Individuazione delle criticità e relativa descrizione.
- Analisi delle criticità e individuazione delle potenziali tecnologie 4.0 implementabili, con relativa descrizione della loro applicazione.
- Mappatura TO-BE dei processi logistici mediante *flowchart*, comprensivi delle tecnologie individuate e valutazione dei benefici conseguibili.

Tale metodologia non comporta uno stravolgimento dei processi analizzati tipico del *Business Process Reengineering*, con cui si ridisegnano processi nuovi a partire da zero al fine di ottenere un'efficienza in termini di tempo e costi (Bhaskar, 2014), bensì riguarda l'implementazione di miglioramenti incrementali.

Per realizzare la mappatura e successiva descrizione dei processi, è stato necessario raccogliere una consistente mole di informazioni dai diversi attori coinvolti. In primis, affiancando il responsabile dell'Ufficio Logistico durante l'attività di tirocinio, è stato possibile apprendere le procedure di evasione dell'ordine e distribuzione dei prodotti, con particolare attenzione all'operato complessivo della logistica *back-end* (mentre la logistica di facciata, o *front-end*, è gestita dal Responsabile di Produzione localizzato nello stabilimento Lecablock). Intervistando il Responsabile della divisione BIOmat Canapa all'interno dello studio ingegneristico di Pedone Working, è stato possibile ottenere una panoramica del processo di produzione dei mattoni in canapa. Tali informazioni sono state successivamente arricchite mediante una visita guidata dello stabilimento Lecablock in data 04/06/2021. In occasione di quest'ultima, con l'ausilio di un registratore e di una fotocamera per scattare fotografie, è stato intervistato il Responsabile di Produzione riguardo i processi logistici fondamentali, accompagnandolo in un tour dell'intero impianto e degli uffici in cui egli svolge regolarmente il suo lavoro. A causa di una delle criticità che verrà trattata nel sotto-paragrafo 3.7.1, unitamente all'impossibilità di seguire più approfonditamente l'operato dell'azienda, dovuta alla pandemia da Coronavirus, non è stato possibile raccogliere dati numerici ed eventuali *Key Performance Indicator* (KPI) su cui basare le analisi seguenti. Nonostante ciò, integrando le informazioni provenienti dalle diverse fonti, è stata ottenuta una mappatura dei processi con un grado di dettaglio sufficiente a garantire un corretto svolgimento dello studio proposto dalla presente tesi.

In conclusione, si riporta in tabella 1 la simbologia relativa ai *flowchart* realizzati, con annessa descrizione.

Tabella 1 - Simbologia impiegata nei flowchart e relativa descrizione

SIMBOLOGIA	DESCRIZIONE
	<p>Simbolo di <i>start/end</i>. Viene posizionato ad inizio e fine <i>flowchart</i> e non può essere duplicato</p>
	<p>Simbolo relativo alle attività svolte.</p>
	<p>Simbolo di <i>Input/Output</i>.</p>
	<p>Simbolo relativo al blocco condizionale. Possiede due frecce in uscita, una per il soddisfacimento della condizione ed una per il mancato soddisfacimento</p>
	<p>Simbolo che esprime l'attesa di un tempo</p>
	<p>Simbolo relativo ai documenti cartacei e alle informazioni veicolate verbalmente o telefonicamente</p>
	<p>Simbolo relativo all'archiviazione elettronica di una informazione o di un documento (<i>Directory, Database, Cloud, Blockchain</i>)</p>
	<p>Simbolo del connettore</p>
	<p>Simbolo che collega i blocchi del <i>flowchart</i> e ne genera il flusso di processo</p>

3.2 L'impianto produttivo

Lo stabilimento in cui è situato l'impianto produttivo in esame si estende per circa 100.000 m² ed è localizzato nella zona industriale di Foggia. In passato, l'intero complesso era di proprietà esclusiva della Lecablock, società che vanta un'esperienza consolidata nella produzione di blocchi per l'edilizia. Negli ultimi vent'anni, Lecablock è stata una partner importante per Pedone Working, permettendo a quest'ultima di affacciarsi al mondo dell'eco-sostenibilità adattando le tecnologie e le procedure utilizzate ai nuovi trend di produzione. Con il passare del tempo, il business legato ai biomattoni è cresciuto ed è nata l'esigenza di andare oltre il rapporto di partnership, attuando un'operazione di acquisizione concretizzata nel 2020. Integrandosi a valle, la società conta di migliorare i flussi produttivi e informativi, ottenendo un'esclusività sulla produzione realizzata da Lecablock. Nonostante ciò, l'impianto continua a produrre anche prodotti in calcestruzzo grazie ai quali riesce a mantenere una profittabilità alta sul mercato (le tempistiche per la produzione in calcestruzzo sono molto più brevi di quelle relative ai biomattoni, consentendo in tal modo una produttività più elevata ed introiti extra per la società acquisita).

Lo stabilimento dispone di due impianti produttivi: quello principale viene impiegato per la produzione dei mattoni mentre l'altro è attualmente dismesso. Pertanto, è in fase valutativa la possibilità di riadattarlo e renderlo funzionale alla produzione industriale di un nuovo pannello, una delle ultime linee produttive ideate da Pedone Working.

In figura 14 è rappresentato lo stabile, comprensivo degli impianti produttivi citati.



Figura 14 - Stabilimento della Lecablock (www.lecablockfoggia.it)

A livello di struttura e localizzazione, l'ingresso principale dello stabile permette l'accesso ad una *hall* in cui si possono ammirare le riproduzioni dei prodotti maggiormente realizzati dalla società ed in cui è possibile apprendere informazioni in merito alla sua storia. Dalla *hall* è possibile recarsi nella sala conferenze e negli uffici, dove il Responsabile della Produzione e degli Acquisti coordina l'operato dell'impianto, esegue l'approvvigionamento delle materie prime, gestisce la documentazione e si interfaccia con l'ufficio logistico di Pedone Working. All'esterno della *hall* si estende un vasto piazzale in cui sono localizzate sia le merci pallettizzate, organizzate in base alla tipologia di prodotto e con una logica di prelievo *First-in-first-out* (FIFO), sia le materie prime stoccate e pronte ad essere impiegate.

All'interno dell'impianto principale sono presenti diversi elementi, elencati e descritti qui di seguito:

- Quadro di comando: rappresenta il centro di controllo dell'impianto. Al suo interno è possibile impostare la ricetta, esplicitare i quantitativi di materie prime da impiegare, azionare il ciclo di produzione, settare i parametri delle macchine e attivare manualmente i singoli macchinari.
- Miscelatore (o betoniera): permette di polimerizzare diversi materiali al fine di creare l'impasto dei mattoni. Esso è connesso ai silos contenenti gli inerti mediante nastro trasportatore e ai silos contenenti i leganti mediante tubazioni. Attraverso una bocca situata a valle dello

stesso, l'impasto viene fatto fuoriuscire ad intermittenza, già premiscelato con acqua.

- Serbatoio d'acqua: connesso direttamente al miscelatore, è dotato di un contatore attraverso il quale viene monitorata la quantità di acqua presente all'interno del serbatoio.
- Silos impiegati per i leganti: situati all'esterno dell'impianto, dispongono di bilance di precisione. Grazie ad esse, il sistema riconosce il raggiungimento del peso indicato e arresta in tal modo il flusso di calce che scorre dai silos al miscelatore attraverso le tubazioni.
- Silos impiegati per gli inerti: si tratta di sei silos collocati in un edificio adiacente al reparto in cui si produce, localizzati dal lato opposto dell'impianto rispetto a quelli contenenti i leganti. Dotati di sensori con cui viene segnalato il raggiungimento della soglia critica e con cui si regola il movimento dei nastri trasportatori, vengono riempiti con l'ausilio di un nastro trasportatore inclinato e direzionabile sul quale sono posati gli inerti acquistati.
- Pressa: accoglie in ingresso quantitativi di impasto prefissati e permette di stamparli sotto forma di mattoni di dimensioni predefinite dallo stampo impiegato.
- Stampi: sono circa trenta e permettono di ottenere mattoni con spessori differenti.
- Accatastatore: chiamato in gergo "treno", permette di prelevare i mattoni freschi appena stampati e collocarli nelle celle di essiccazione. Può essere azionato sia in maniera automatica da quadro di comando, sia in maniera manuale dal quadro disposto direttamente sull'accatastatore.
- Celle di essiccazione: sono quattordici camere all'interno delle quali l'accatastatore colloca i mattoni appena prodotti. Essendo accessibili soltanto da un lato, generalmente si riempie una camera con mattoni della stessa tipologia così che, trascorso il tempo di stagionatura, la camera possa essere interamente svuotata.

Oltre quelle specifiche citate, sono presenti altre attrezzature come benne o carrelli elevatori, tipiche di un qualsiasi impianto di produzione. Per quanto riguarda la forza lavoro, si contano quattro dipendenti: tre di questi svolgono un ruolo esclusivamente pratico e manuale, mentre il quarto possiede un'esperienza ultraventennale all'interno dell'impianto e pertanto, gli è stato

attribuito il ruolo di “Capo Produzione”. Essi si occupano sia della produzione che della logistica, effettuando la movimentazione delle merci, la pallettizzazione ed il loro stoccaggio.

In termini di produttività invece, l’impianto garantisce una produzione massima giornaliera di 60 m³ di biomattoni, anche se in genere non si producono più di 53-55 m³. In conclusione, va segnalata la presenza di un piccolo edificio in cui vengono svolte diverse prove di qualità, sia sulla canapa che sui mattoni stessi, al fine di testarne le proprietà e stilare dei report di garanzia sui prodotti.

In figura 15 è rappresentato l’impianto in cui vengono realizzati i biomattoni di Pedone Working.



Figura 15 - Ingresso dell'impianto produttivo

3.3 Processo di approvvigionamento

Il processo di approvvigionamento si riferisce alle materie prime impiegate nella produzione dei biomattoni. Pertanto, sono esclusi dall'analisi gli elementi di supporto ai prodotti come i pallet o i film da impiegare nell'operazione di pallettizzazione, nonostante la procedura di approvvigionamento relativa a questi ultimi sia pressoché la stessa.

Come verrà affermato nel paragrafo 3.4, nel momento in cui il Responsabile di Produzione aggiorna il magazzino, effettua contestualmente una valutazione del livello delle scorte rimanenti. Se queste ultime sono al di sotto di una certa soglia, in genere fissata in base alle richieste medie di produzione, il responsabile avvia la procedura di approvvigionamento. Essa consiste nell'inviare una mail informale al fornitore, se il materiale da reperire ha un prezzo standard (cosa che accade per l'acqua e la calce, per cui si conosce a priori il costo totale) oppure attraverso una mail formale contenente l'ordine, se il bene in questione ha un prezzo variabile sul mercato (come accade per gli additivi e per la canapa, il cui prezzo è variabile in base al lotto considerato). In questo secondo caso, avviene una negoziazione fra le parti che può portare alla definizione di un accordo o all'annullamento della richiesta di approvvigionamento, causata da un prezzo non ritenuto competitivo dal Responsabile di Produzione. Verificatasi questa opzione, la procedura di approvvigionamento viene rieseguita dall'inizio, individuando un fornitore differente con cui avviare una trattativa. Sia che si tratti di una mail informale, sia che si tratti di un ordine regolarmente emesso, le informazioni definite riguardano il prodotto e le quantità richieste, unitamente al giorno e all'orario di consegna della merce.

Inviata la conferma dell'ordine al Responsabile di Produzione, egli si occuperà di inserirla nel Sistema Informativo Aziendale (SIA), composto da *file* Word ed Excel organizzati in *directory* situate localmente sui PC aziendali, tutti collegati alla rete Internet. Un SIA è definito come l'insieme di tutte le attività, le risorse tecniche e umane e gli strumenti di cui un'azienda si avvale per generare e far circolare le informazioni all'interno della propria organizzazione (Lavagna, 2018). Pertanto, è possibile avere Sistemi Informativi più semplici come nel caso in esame, oppure *software* veri e propri (SAP, AS400, etc.), capaci di eseguire analisi e manipolazioni di dati al fine di ottenere informazioni valide nel supportare il *decision making*.

Archiviata la conferma dell'ordine nella *directory* specifica, il fornitore elabora e invia la fattura elettronica al Sistema di Interscambio (SdI) dell'Agenzia delle Entrate che in massimo cinque giorni, provvede a inoltrarla al PC aziendale dell'impianto di produzione. Così come per la conferma dell'ordine, anche le fatture vengono raccolte in *directory* specifiche in modo tale da tenerne traccia.

Il fornitore si occupa quindi di organizzare il trasporto, individuando un vettore fra quelli messi a disposizione dalla società di trasporti con cui ha stipulato un accordo e programmando la consegna definendo luogo di partenza e arrivo, orario di carico e scarico merci ed eventualmente altre informazioni riguardo le modalità di prelievo e consegna.

A questo punto, il fornitore redige il Documento Di Trasporto (DDT), il quale attesta le merci che saranno trasportate con le relative quantità, le informazioni riguardanti il mittente, il destinatario ed il vettore, il giorno e l'orario di consegna, la causale e le firme del conducente e del destinatario e si occupa di predisporre la merce sul proprio piazzale, in modo da consentire il carico dei mezzi secondo le modalità pattuite. Trascorso il tempo prestabilito, relativo alla data in cui deve essere effettuata la consegna, il vettore effettua il prelievo delle merci e del relativo DDT dal fornitore e le trasporta presso lo stabilimento della Lecablock.

All'arrivo, viene aperto il cancello principale che affaccia direttamente sul piazzale in modo da permettere l'ingresso del/dei camion e consentire al trasportatore di scaricare la merce.

Contestualmente allo scarico della merce sul piazzale, il trasportatore firma il DDT e si occupa di consegnarlo al Responsabile di Produzione o, nel caso sia impegnato in altre attività, al Capo Produzione che provvede a lasciarlo nell'ufficio del Responsabile di Produzione. Come già affermato nel paragrafo 3.2, il Capo Produzione ricopre un ruolo differente dai semplici addetti all'impianto. Egli possiede maggiori responsabilità rispetto questi ultimi e si trova in posizione di subordinazione verso il Responsabile di Produzione. Oltre a consegnare il DDT, il Capo Produzione si occupa di compilare e consegnare al Responsabile di Produzione il documento chiamato "Rapportino di Produzione" con il quale si effettua un controllo a valle delle materie prime impiegate nella produzione. Oltre questi compiti, al Capo Produzione spetta l'onere di prelevare la ricetta di produzione nel momento in cui quest'ultima abbia subito modifiche, così come deve comunicare eventuali anomalie riscontrate nel controllo qualità. A consegna

avvenuta, il Responsabile di Produzione firma il DDT, lo carica nelle relative *directory* e procede con l'aggiornamento delle materie prime disponibili, inviando il DDT firmato sia al fornitore che all'Ufficio Logistico, fornendo a quest'ultimo le informazioni riguardo il livello delle scorte.

Prima di effettuare lo stoccaggio della merce, gli operatori del reparto di produzione eseguono controlli a campione sulle materie prime per testarne il peso e individuare potenziali anomalie. Nel caso in cui il peso dei campioni analizzati sia sotto i limiti di tolleranza, il Capo Produzione segnala la situazione al Responsabile di Produzione che potrà in tal modo contattare il fornitore per chiedere spiegazioni e avviare eventualmente la procedura di reso. Dopo i controlli, la merce viene stoccata sul piazzale e, qualora sia necessario cominciare subito la produzione dei blocchi in canapa, si procede con la miscelazione della calce con gli additivi ed il suo inserimento nei silos appositi.

In figura 16 vengono rappresentati i silos contenenti la calce, impiegati per la produzione dei blocchi.



Figura 16 - Silos contenenti la calce

Gli allegati 1 e 2 in appendice rappresentano rispettivamente i *flowchart* delle attività e delle informazioni, relativi al processo di approvvigionamento descritto in questo paragrafo.

3.4 Processo di produzione

Qualsiasi tipologia di mattone realizzata, necessita di un tempo di stagionatura più o meno breve prima di poter essere impiegato in edilizia. Tale fase permette di essiccare i mattoni, compattandoli ed eliminando una percentuale elevata di acqua contenuta al loro interno. Per realizzarla, è necessario inserire i mattoni all'interno di specifiche celle e attendere che questi ultimi siano pronti. Qualora un cliente richieda un certo prodotto non disponibile a piazzale e non presente a stagionatura, l'Ufficio Logistico situato nello studio ingegneristico di Pedone Working redige un ordine di produzione comprendente la tipologia di mattoni da realizzare e le relative quantità e lo invia al Responsabile di Produzione dell'impianto della Lecablock. Quest'ultimo si occupa di rielaborarlo, andando ad esplicitare le quantità di materie prime necessarie affinché venga realizzata la produzione richiesta e di inserirlo nel SIA, all'interno delle specifiche *directory*. Qualora il quantitativo di materia prima non sia sufficiente, il Responsabile di Produzione avvia la procedura di approvvigionamento descritta nel paragrafo 3.3 e attende la loro ricezione. La consegna può avvenire dopo 1-2 giorni così come in giornata, dipende dalla richiesta del Responsabile di Produzione e dalla disponibilità data dal fornitore.

Con la disponibilità dei materiali, il Responsabile di Produzione stampa e consegna l'ordine al Capo Produzione, con la possibilità di allegare la ricetta del mattone da realizzare. Ciò accade poiché la funzione di R&D della società continua a studiare attivamente la composizione chimico-fisica dei materiali, sperimentando costantemente nuove soluzioni e proponendo ricette sempre più improntate all'efficienza e alla qualità del prodotto finito.

A consegna avvenuta, il Responsabile di Produzione effettua nuovamente un controllo delle materie prime per accertarsi che esse non siano scese sotto la soglia critica e in tal caso, avvia la procedura di approvvigionamento. Recatosi nell'impianto, il Capo Produzione procede con l'inserimento dell'ordine all'interno del quadro di comando mentre comunica agli altri

operatori la quantità di acqua da inserire nel serbatoio al fine di realizzare un lotto. Tale serbatoio è situato internamente al miscelatore e permette di immettere in quest'ultimo i quantitativi di acqua proporzionati alla miscela dei mattoni che si vogliono realizzare, monitorando la quantità residua di acqua attraverso un piccolo display posto sul serbatoio stesso. In figura 17 è rappresentato il quadro di comando dell'impianto di produzione.

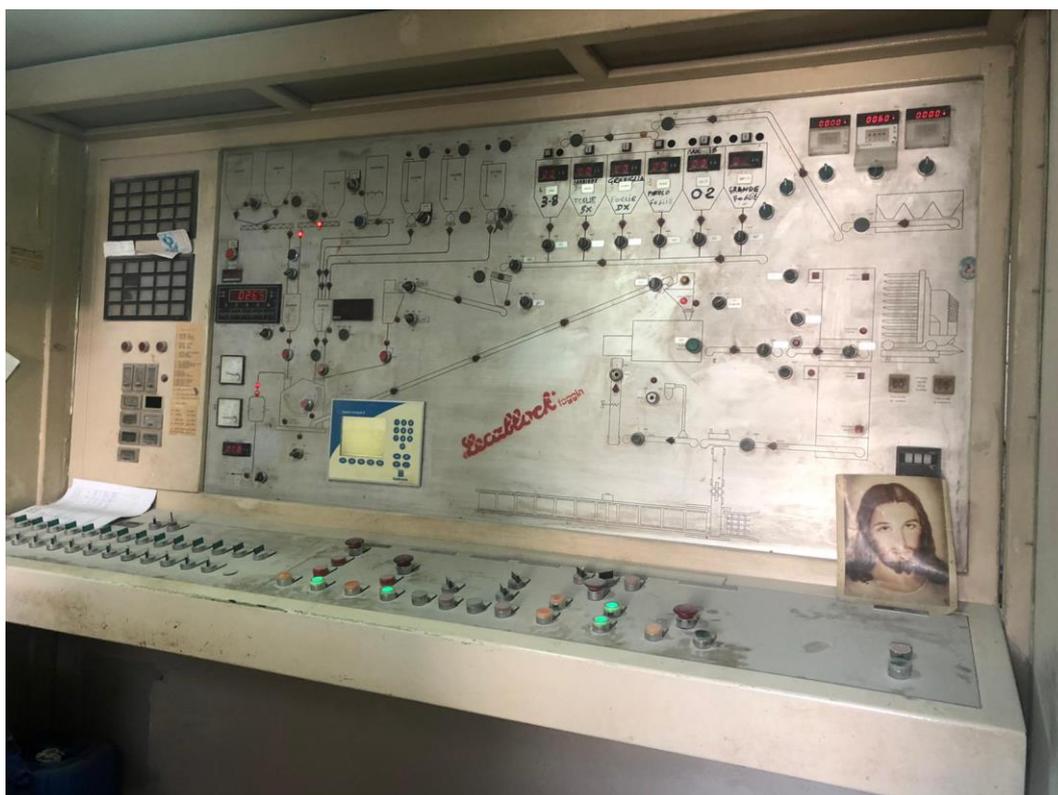


Figura 17 - Quadro di comando

Dal quadro vengono settati i diversi parametri di produzione riguardanti:

- La regolazione dei sensori: grazie al loro funzionamento è possibile arrestare automaticamente il flusso di calce che scorre nelle tubazioni precedentemente introdotte nel paragrafo 3.2, in merito alla spiegazione delle diverse parti che costituiscono l'impianto. La bilancia posta al termine di tali tubazioni riconosce il peso impostato e garantisce che le quantità di calce mescolata sia quella definita dalla ricetta.

- Il quantitativo d'acqua: va definita la quantità di acqua che deve essere miscelata in ciascuna iterazione del ciclo di produzione. Nonostante il serbatoio venga riempito una sola volta con il quantitativo necessario alla realizzazione di un lotto, occorre impostare la quantità d'acqua che il serbatoio deve rilasciare ogni qual volta entra materiale nel miscelatore. In figura 18 è rappresentato il display del serbatoio situato all'interno del miscelatore.



Figura 18 - Display del serbatoio

- Il tempo di apertura della “bocca” del miscelatore: tale parametro è fondamentale poiché scandisce il ritmo di produzione dell'intera linea ed è strettamente connesso al funzionamento dei sensori. In figura 19 è raffigurato il miscelatore con la “bocca” aperta per lasciar passare la miscela sul nastro trasportatore.



Figura 19 - Miscela che fuoriesce dalla “bocca” del miscelatore

- Il numero di giri del motorino relativo alla canapa: a causa della volatilità della canapa, non è possibile regolare i sensori per stabilire i quantitativi da immettere nel miscelatore. Pertanto, essi sono stati disattivati ed è stato calcolato il quantitativo rilasciato nel miscelatore dal nastro trasportatore per ciascun giro del motorino d'avviamento. In tal modo, è possibile impostare manualmente il numero di giri da effettuare e l'intervallo di tempo fra un giro e l'altro per scandire il ritmo di produzione.
- La cella in cui depositare i mattoni: va definita a priori la camera di essiccazione in cui collocare i mattoni prodotti. In figura 20 è rappresentato l'accatastatore scarico dopo aver collocato i biomattoni all'interno di una cella di essiccazione.



Figura 20 - Inserimento di biomattoni all'interno di una cella

Terminata la fase di *setting*, gli operatori effettuano il montaggio dello stampo adatto alla tipologia di mattone da produrre sul macchinario per lo stampaggio e, qualora la canapa non sia presente nell'impianto, si occupano di trasferirla al suo interno. Essa viene poi caricata su di una benna e mediante un carrello elevatore, viene depositata sul nastro trasportatore. Non potendo pesarla, a causa proprio dell'elevata volatilità e della mancanza di una bilancia adatta, è necessario quantificare la canapa da immettere nel miscelatore attraverso una benna opportunamente tarata con cui è possibile rapportare un preciso volume di canapa ad una rispettiva quantità. In tal modo, è stato possibile ovviare a questi inconvenienti derivanti dall'iniziale inadeguatezza dell'impianto a realizzare mattoni ecosostenibili. In figura 21 è rappresentata l'operazione di carico della canapa sul nastro trasportatore.

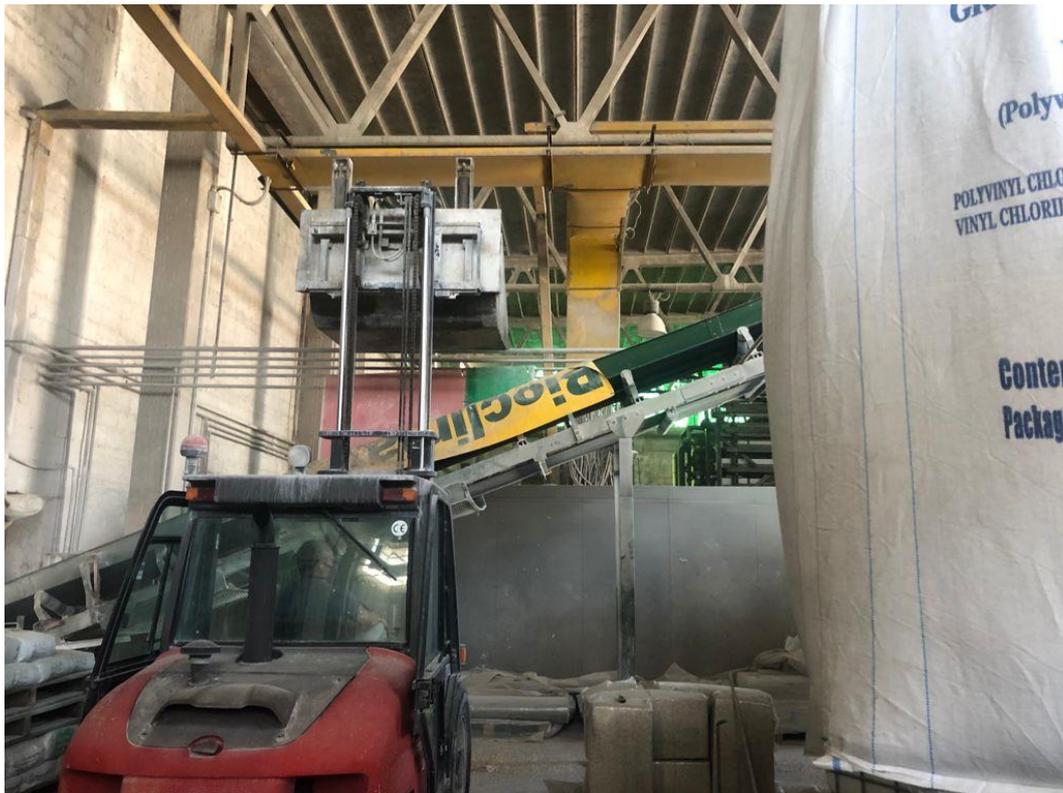


Figura 21 - Trasferimento della canapa sul nastro trasportatore

Avviando la produzione dal quadro di comando, viene attivato il nastro trasportatore che convoglia la canapa all'interno del miscelatore. In base al numero di giri pre-impostato e alla quantità di calce definita dai sensori, i materiali entrano nel macchinario con una certa frequenza e vengono miscelati con quantitativi di acqua definiti nella fase di *setting*. In figura 22 è rappresentato il miscelatore provvisto di nastro trasportatore per la canapa (a sinistra) e tubazioni per la calce (a destra).



Figura 22 - Miscelatore

L'impasto prodotto viene rilasciato da una "bocca" posta nella parte inferiore del miscelatore con un ritmo pre-impostato e termina all'interno di una pressa per stampaggio. Se il settaggio dei parametri è stato effettuato correttamente, il momento in cui si esaurisce l'impasto contenuto nel miscelatore coincide con l'attivazione del nastro trasportatore e del flusso relativo alla tubazione, con il conseguente inserimento di nuova canapa e calce all'interno del macchinario. In tal modo, la produttività dell'impianto rimane pressoché costante e si possono evitare errori nelle percentuali di materie prime contenute nella miscela del prodotto.

In figura 23 è rappresentata la pressa per stampaggio mentre produce una serie di biomattoni.



Figura 23 - Pressa per stampaggio

I mattoni appena realizzati vengono automaticamente inseriti nell'accatastatore, il quale ha la funzione di trasportarli nelle celle di essiccazione, ed il processo continua fin quando non si esaurisce la canapa depositata sul nastro trasportatore. In quel momento, se il numero di giri del motorino d'avviamento è stato settato nel modo corretto, l'impianto arresta la sua produzione e diventa necessario caricare nuovamente la canapa sul nastro e riattivare il ciclo produttivo dal quadro di comando. Si precisa che il numero di giri e l'intervallo di tempo fra un giro e l'altro devono essere tali da esaurire esattamente il quantitativo di canapa posto sul nastro. Nel momento in cui l'accatastatore raggiunge la saturazione, il sistema si arresta temporaneamente per consentire il trasferimento dei mattoni nelle celle di essiccazione ed il successivo riposizionamento dell'accatastatore. Se il lotto non è stato prodotto completamente, la produzione riprende dal punto in cui si era arrestata mentre se è stato terminato, si procede con la produzione di un nuovo lotto riempiendo nuovamente il serbatoio, settando i parametri e cambiando eventualmente lo stampo, oppure si conclude la produzione giornaliera.

In figura 24 è rappresentato l'accatastatore.



Figura 24 - Accatastatore saturo

Trascorso il tempo di stagionatura di un lotto, pari a circa 60 giorni, gli operatori impostano manualmente l'accatastatore per effettuarne il prelievo. Il lotto viene così trasferito su un pallet posizionato da un operatore su un nastro che lo trasporta direttamente sul piazzale. Un altro operatore si occupa di imballarlo e stoccarlo, applicando un'etichetta che permette di tracciare il prodotto e ottenere informazioni circa la tipologia di mattone prodotto, il lotto di appartenenza, la data di produzione e l'impiego futuro. Al termine di questa operazione, l'operatore che se n'è occupato redige un documento con cui segnala al Responsabile di Produzione la merce che è stata messa su piazzale. In tal modo, quest'ultimo può aggiornare la merce disponibile sul piazzale e comunicarlo all'Ufficio Logistico (situato a Bisceglie, nell'azienda di Pedone Working).

Al termine della produzione giornaliera, il Capo Produzione elabora un report, denominato "Rapportino di Produzione", relativo alla quantità dei mattoni realizzati ed il relativo impiego di materie prime e lo consegna al

Responsabile di Produzione. Quest'ultimo confronta il report con l'ordine di produzione rielaborato (vedere inizio paragrafo) al fine di evidenziare eventuali scostamenti dai valori attesi. In tal caso, se il problema non dipende da un errore in fase di stesura dell'ordine, procede con l'invio di una segnalazione all'Ufficio Logistico che può così avviare una procedura di controllo. Il problema viene quindi comunicato alla funzione di R&D che effettua alcune analisi sulla ricetta impiegata. Aggiornate le materie prime residue, viene contattato l'Ufficio Logistico per confermare la produzione e comunicare le nuove giacenze a magazzino.

Gli allegati 3 e 4 in appendice rappresentano rispettivamente i *flowchart* delle attività e delle informazioni, relativi al processo di produzione descritto in questo paragrafo.

3.5 Processo di distribuzione

Il processo distributivo ha origine dall'emissione di un ordine da parte di un cliente. Quest'ultimo può essere sia un semplice consumatore che vuole effettuare una ristrutturazione di un immobile privato, sia una società che necessita di biomattoni per realizzare un'opera *ex novo*. In entrambi i casi, l'ordine può essere comunicato attraverso una telefonata o una mail all'Ufficio Logistico, il quale si occupa di rielaborarlo, creando un file in cui vengono esplicitati i prodotti ed il cliente che li richiede e successivamente, lo inserisce nel SI aziendale, all'interno della relativa *directory* che contiene tutti gli ordini emessi, organizzati in base alla data in cui vengono formulati dal cliente.

Talvolta, il cliente non ha piena coscienza dei materiali e delle quantità necessarie a portare a termine il suo progetto e pertanto, l'ordine effettuato non è definito in maniera esatta. Per tali ragioni, l'Ufficio Logistico elabora un preventivo personalizzato definito "Proposta d'ordine" con cui mostra al cliente alcune soluzioni progettuali molto vicine a quella richiesta, fornendo contestualmente i materiali necessari a realizzarle, le relative quantità, l'imponibile fiscale ed il luogo di partenza. Tali soluzioni possono riguardare semplici ristrutturazioni che il cliente vuole effettuare in autonomia ma anche progetti di costruzione per cui il cliente non ha ben chiara la tipologia di materiali da impiegare, le relative quantità e in alcuni casi, anche la procedura

edilizia da adottare. Qualora quest'ultimo decidesse di rifiutare la proposta, può annullare la richiesta o elaborare una controfferta. Al termine della fase di negoziazione, e in caso di accettazione dell'ordine, l'Ufficio Logistico effettua un controllo dei prodotti al fine di valutarne la presenza su piazzale o in stagionatura ed in caso negativo, avvia la procedura di produzione.

Effettuato il controllo, l'Ufficio Logistico invia il file relativo all'ordine al Responsabile di Produzione e contestualmente, avvisa il cliente riguardo la data di consegna. A quel punto, il responsabile si occupa della scelta del trasportatore, definendo con quest'ultimo i dettagli in merito alla data, l'orario, i luoghi di partenza e arrivo e le modalità di prelievo e consegna.

Stabiliti questi aspetti, il Responsabile di Produzione effettua un controllo sulla merce a piazzale per capire se è già possibile effettuare il *picking* dei materiali e la successiva preparazione dell'ordine oppure no. Di fatti, se anche uno solo dei prodotti non è disponibile nella quantità richiesta, viene redatta una segnalazione scritta indicante la merce mancante e viene consegnata direttamente al Reparto Produzione. In tal modo, gli operatori che lavorano nell'impianto possono stabilire con esattezza quali prodotti andranno a costituire l'ordine al termine del loro periodo di stagionatura.

Nel momento in cui si ha la piena disponibilità dei prodotti richiesti, il Responsabile di Produzione emette la lista di prelievo e la consegna al reparto produzione. Gli operatori possono così avviare le operazioni di creazione dell'ordine, effettuando il *picking* dei prodotti interessati, preparando i pallet, applicando le etichette di individuazione cliente e trasferendo e stoccando la merce nell'area di pre-carico.

In figura 25 è rappresentato un pallet da imballare e stoccare su piazzale.



Figura 25 - Pallet appena uscito da una cella di essiccazione

Nel frattempo, il Responsabile di Produzione modifica la quantità di merce su piazzale e invia le informazioni aggiornate all'Ufficio Logistico. Nonostante le attività di *picking* vengano svolte generalmente dall'Ufficio Logistico, in Pedone Working ciò non avviene. Questo accade poiché trattandosi ancora di una piccola realtà, molte figure aziendali ricoprono più ruoli, anche diversi fra loro. In questo caso, il Responsabile di Produzione, come affermato nel paragrafo 3.1, è localizzato nello stabilimento della Lecablock (Foggia, FG) e pertanto, svolge tutti i compiti connessi direttamente all'impianto stesso come l'emissione della lista di prelievo o la segnalazione delle merci mancanti. Al contrario, l'Ufficio Logistico, il quale, come precedentemente affermato, è localizzato a Bisceglie (BAT), si occupa di gestire la logistica da remoto, interfacciandosi continuamente con il Responsabile di Produzione. Utilizzando un paragone legato all'informatica, si può quindi affermare che il responsabile svolge il ruolo di *logistica front-end* mentre l'ufficio logistico quello di *logistica back-end*.

Arrivata la data di consegna, l'Ufficio Logistico redige il DDT e lo invia al Responsabile di Produzione, il quale lo stampa e lo consegna direttamente al

trasportatore che lo firma. Prelevata la merce e caricato il mezzo di trasporto, il vettore consegna l'ordine al cliente provvisto di DDT. Quest'ultimo lo firma e lascia che il trasportatore lo scannerizzi e lo invii all'Ufficio Logistico, dove potrà essere archiviato all'interno della relativa *directory*. Gli allegati 5 e 6 rappresentano rispettivamente i flowchart delle attività e delle informazioni, relativi al processo di distribuzione descritto in questo paragrafo.

3.6 Processo di controllo qualità

Pur trattandosi di un processo al di fuori dell'ambito logistico, occorre sottolineare l'importanza dei controlli e delle prove in un contesto in cui la qualità gioca un ruolo centrale. Nella descrizione del processo di approvvigionamento (paragrafo 3.3) è stato evidenziato come le materie prime vengano sottoposte a controlli a campione riguardo il loro peso, a volte eseguito su un solo pallet, altre volte sull'intera merce consegnata. Nel caso del processo produttivo invece, il controllo a valle viene eseguito con l'intento di verificare l'esatto impiego delle materie prime e la correttezza delle ricette utilizzate. Di fatti, come affermato nel paragrafo 3.4, al termine della produzione giornaliera il Capo Produzione redige il "Rapportino di Produzione" e lo confronta con l'ordine rielaborato dal Responsabile di Produzione.

Questi sono soltanto due dei diversi controlli effettuati all'interno dello stabilimento, precisamente in un edificio adibito esclusivamente a quel compito. In merito alle materie prime, nello specifico la canapa, vengono svolte essenzialmente due prove:

- La misurazione del peso specifico.
- Il calcolo del grado di umidità.

Per quanto riguarda il peso specifico, è fondamentale tenere traccia di questa grandezza, dovendo fare i conti con il problema della misurazione della massa. Come affermato nel paragrafo 3.3, non è ancora possibile lavorare con il peso della canapa a causa della sua eccessiva volatilità e la mancanza di bilance adatte a misurarne la massa. Pertanto, si è optato per una strategia che aggirasse questo ostacolo, tarando le benne e lavorando con i volumi.

Così facendo però, risulta indispensabile monitorare il peso specifico dei carichi di canapa in arrivo per non incappare in errori in fase di miscelatura. Relativamente al grado di umidità invece, il problema risiede nella modalità di stoccaggio utilizzata. Di fatti, trovandosi su piazzale, i materiali sono soggetti ad intemperie e di conseguenza, possono assorbire vapore acqueo aumentando il loro grado di umidità. Se per la calce ciò non costituisce un problema, per la canapa invece rappresenta una problematica non trascurabile, dovendo considerare la fase di essiccazione dei mattoni e la conseguente perdita di peso associata al vapore acqueo assorbito in precedenza dalla canapa. Per testare il grado di umidità, si preleva un campione da una *bag*, lo si pesa e lo si lascia in forno per un giorno intero. Trascorso questo tempo, si pesa nuovamente il campione e si calcola quanta massa è stata persa in modo da definire in percentuale quanto deve valere il peso lordo del mattone (cioè il peso pre-essiccazione). Rivolgendo l'attenzione su quest'ultimo, occorre definire tre prove indispensabili a testarne le proprietà:

- Il calcolo del peso.
- La capacità di assorbimento di acqua.
- Il calcolo dello sforzo massimo supportato.

Tali prove vengono eseguite su un campione prelevato da una cella di essiccazione dopo un tempo di sette giorni dalla sua produzione. Il primo aspetto da analizzare riguarda il peso del mattone, il quale deve rientrare nei limiti di tolleranza definiti dalla funzione R&D in fase di progettazione.

Successivamente, è necessario valutare la capacità di assorbimento di acqua, immergendo il mattone per un minuto e ricalcolandone il peso. Da precedenti studi condotti dalla funzione R&D, emerge che la quantità massima da assorbire tale per cui le proprietà non vengano alterate non può eccedere il valore di 50 grammi.

Infine, occorre effettuare la prova da sforzo, inserendo il mattone in un macchinario e calcolando la forza massima di compressione che esso può sostenere prima di frantumarsi.

Eseguite le varie prove, un operatore addetto si occupa di elaborare un report sui risultati ottenuti. Tale documento viene periodicamente esaminato da un comitato specifico composto da responsabilità qualità che hanno il compito di comprovare la veridicità delle informazioni riportate e verificarne l'aderenza alle normative ISO9001, rappresentando una forma di garanzia verso i clienti che utilizzano i prodotti targati Pedone Working.

3.7 Individuazione delle criticità

Nei principali processi di *supply chain* descritti all'interno del presente capitolo, figurano alcuni aspetti critici che saranno trattati in questo paragrafo. Di fatti, la dimensione relativamente piccola della società, unitamente alle tecnologie datate 1980, comportano la presenza di criticità da analizzare, al fine di proporre tecnologie 4.0 mirate alla risoluzione di tali problematiche e al miglioramento dei processi in questione.

Attraverso una corretta gestione dei processi, è possibile ottenere una migliore organizzazione del lavoro con un conseguente risparmio di tempo per molte figure coinvolte nei processi. Tale risparmio può tradursi in un incremento di produttività e di fatturato da un lato e da un miglioramento della *Customer Relationship* dall'altro. Una gestione della produzione più organizzata e basata sull'analisi di dati inerenti ai flussi di magazzino e degli ordini ricevuti permette di fare previsioni in merito alla produzione futura. In tal modo, diventa possibile programmare quest'ultima ed evadere gli ordini in maniera più rapida, con un incremento di soddisfazione per i clienti.

In merito al processo di individuazione delle criticità, esse sono frutto in parte dei bisogni espressi dall'Ufficio Logistico e dal Responsabile di Produzione, in altra parte derivano da un'attenta osservazione delle procedure e dell'organizzazione aziendale durante l'attività di tirocinio.

Le principali criticità che verranno analizzate all'interno dei successivi paragrafi riguardano:

- *Scarsa gestione del flusso informativo.*
- *Mancanza di digitalizzazione a supporto dei processi logistici.*
- *Mancanza di automazione nel processo di produzione.*

Le problematiche portate alla luce dall'Ufficio Logistico inerenti la gestione documentale e dei flussi informativi scambiati fra impianto e studio ingegneristico rappresentano sicuramente delle criticità che verranno approfondite nei sotto-paragrafi 3.7.1 e 3.7.2 e a cui si cercherà di fornire una potenziale soluzione nel capitolo 4.

Per quanto riguarda la questione dell'automazione del processo produttivo, essa è stata portata alla luce più volte dal Responsabile di Produzione durante la visita guidata e pertanto, verrà approfondita nel sotto-paragrafo 3.7.3.

3.7.1 Scarsa gestione del flusso informativo

Qualsiasi realtà imprenditoriale presa in considerazione, piccola o grande che sia, opera veicolando informazioni fra gli attori e i macchinari coinvolti in ciascun processo aziendale. Gestire in maniera corretta i flussi di tali informazioni rappresenta un elemento fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di performance prefissati, fornendo un supporto al processo decisionale e fissando inoltre le basi per una crescita sostenibile nel tempo.

Il compito di gestire i flussi informativi spetta al Sistema Informativo Aziendale (SIA), il quale, come affermato nel paragrafo 3.3, rappresenta tutto ciò di cui un'azienda si avvale per generare e far circolare le informazioni all'interno della propria organizzazione.

Oggi, le aziende si avvalgono degli *Enterprise Resource Planning* (ERP), cioè software gestionali che integrano tutti i processi di business fondamentali e tutte le funzioni aziendali, al fine di supportare il *management* ed il *decision making*. Attraverso gli ERP, è possibile archiviare e rielaborare i dati raccolti, trasformandoli in informazioni utili e pertanto, il loro impiego sta diventando sempre più un *must* per le aziende che hanno obiettivi di crescita nel prossimo futuro. Nella definizione di SIA contenuta nel paragrafo 3.3, viene sottolineato come anche i *software* a supporto della gestione e rielaborazione dei dati rappresentino uno strumento appartenente ai sistemi informativi aziendali e quindi, si può affermare con certezza che un ERP costituisca una parte fondamentale di un SIA e di una sua corretta e proficua gestione.

Pedone Working, pur essendo molto all'avanguardia in materia di sostenibilità, appare un po' indietro nella gestione dei flussi informativi, complice proprio la mancanza di un ERP che permetta di gestire sia la divisione *Construction*, i cui processi sono tutti circoscritti allo studio sito in Bisceglie, che la divisione *Manufacturing*, i cui processi si snodano fra lo studio e l'impianto della Lecablock.

Di fatti, La prima problematica introdotta, nonché la più importante, riguarda proprio l'asimmetria informativa fra lo studio ingegneristico di Pedone Working e l'impianto produttivo di Lecablock.

Nel processo di approvvigionamento, la conferma dell'accettazione dell'ordine e la ricevuta di fatturazione elettronica vengono archiviate localmente nelle *directory* poste sul PC dell'impianto. Se la conferma dell'accettazione dell'ordine non è un'informazione di rilievo per l'Ufficio

Logistico, trattandosi di un elemento appartenente puramente al *purchasing* e privo di dati utili allo svolgimento di analisi future, non si può affermare lo stesso per la fattura. Possedere l'insieme delle fatture elettroniche catalogate rispetto alle date di approvvigionamento, consente all'Ufficio Logistico di trarre informazioni riguardo la periodicità con cui avviene il riordino ed il costo di ciascuno di essi. Normalmente, tali informazioni rimangono in capo al Responsabile di Produzione e pertanto, non vengono sfruttate per eventuali analisi sul *Reorder Point*. Ciò implica una gestione dei riordini non pianificata e che di riflesso, impatta sulla modalità di gestione della produzione, basata su un meccanismo di tipo *pull*. In merito ai documenti invece, i DDT redatti dai fornitori e recapitati all'interno dell'impianto devono essere inviati ogni volta all'Ufficio Logistico che deve quindi archivarli manualmente nelle *directory* poste sul proprio PC. Per quanto riguarda l'aggiornamento del *file* sulle materie prime, tale operazione viene eseguita dal Responsabile di Produzione che comunica successivamente all'Ufficio Logistico le informazioni aggiornate. In questo modo, l'Ufficio Logistico deve necessariamente aggiornare il proprio *file* sulle giacenze per evitare che eventuali incongruenze si ripercuotano sugli ordini dei clienti. A causa della mole di lavoro però, tale situazione si verifica spesso, comportando una situazione di asimmetria informativa.

Nel processo di produzione, le problematiche che si presentano sono pressoché le stesse del processo di approvvigionamento. Di fatti, a produzione avvenuta, il Responsabile di Produzione deve comunicare all'Ufficio Logistico le materie prime impiegate in modo da permettere l'aggiornamento del *file* sulle giacenze. La situazione è la stessa per il documento "Merce su piazzale", il quale dopo essere stato trascritto al PC, aver aggiornato il file complessivo sulla merce a piazzale e averlo archiviato in formato cartaceo, necessita che le informazioni contenute al suo interno vengano comunicate all'Ufficio Logistico per aggiornare il *file* gestito da quest'ultimo. Nella situazione attuale, l'ordine di produzione redatto dall'Ufficio Logistico deve essere necessariamente rielaborato dal Responsabile di Produzione prima di essere stampato e consegnato al Capo Produzione, costituendo in tal modo una perdita di tempo.

Nel processo di distribuzione invece, l'ordine emesso dal cliente non diventa subito disponibile per il Responsabile di Produzione, il quale deve attendere che l'Ufficio Logistico lo inoltri all'impianto produttivo. L'ordine può giungere telefonicamente o via mail e in entrambi i casi, necessita di una

rielaborazione da parte del Responsabile di Produzione al fine di esplicitare le materie prime da utilizzare. Così come per il processo produttivo, è necessario aggiornare il *file* relativo alla merce su piazzale indicando i lotti che sono stati spostati dal piazzale all'area di pre-carico e specificando i clienti o l'impiego per cui tali lotti sono destinati. In merito alla gestione documentale invece, permangono le stesse problematiche introdotte per il processo di approvvigionamento per cui il DDT viene inviato da un attore all'altro della catena di fornitura. Di fatti, esso viene inviato dall'Ufficio Logistico al Responsabile di Produzione che lo stampa e lo consegna al trasportatore. Quest'ultimo lo firma, lo consegna al cliente che lo controfirma e infine, lo restituisce al trasportatore che può così inoltrarlo all'Ufficio Logistico.

La mancanza di un SIA potente si riscontra anche in merito al raccoglimento e alla rielaborazione dei dati, come già accennato all'interno del suddetto sotto-paragrafo durante la trattazione dell'asimmetria informativa nei processi logistici principali. La stragrande maggioranza delle piccole-medie imprese non riconosce l'importanza centrale che i dati assumono nel raggiungimento degli obiettivi prefissati e nella crescita degli standard e delle performance aziendali. Non disponendo di ambienti e strumenti adatti, Pedone Working raccoglie una quantità esigua di dati in merito alla produzione giornaliera realizzata, agli ordini ricevuti periodicamente e alle richieste di approvvigionamento inoltrate, con le relative quantità di materia prima domandata. Inoltre, archiviandoli all'interno di semplici *directory*, risulta difficoltoso eseguire rielaborazioni e analisi future. Ciò implica notevoli limitazioni nella previsione della domanda, nell'organizzazione delle richieste di approvvigionamento e nella gestione del magazzino, poiché mancando solide basi derivanti dalla manipolazione dei dati, la società deve adeguarsi effettuando previsioni e stime ancorate all'esperienza del Responsabile di Produzione, portandola ad essere sempre oberata di lavoro e a vivere costanti situazioni di affanno.

3.7.2 Mancanza di digitalizzazione a supporto dei processi logistici

Come ampiamente discusso nel primo capitolo, la digitalizzazione dell'industria moderna è un fenomeno altamente in crescita, soprattutto nelle grandi realtà, dove oramai il concetto di digitale è presente in molte attività svolte. Ciò però non significa che le piccole realtà non debbano abbracciare il paradigma di Industria 4.0, anzi, è fondamentale che anche loro implementino soluzioni digitali per rimanere al passo con i trend e puntare ad una crescita di efficienza in un orizzonte temporale futuro.

Nel caso in esame, tali soluzioni sono del tutto assenti: nell'Ufficio Logistico, le diverse documentazioni vengono gestite con modalità differenti. Ad esempio, le proposte d'ordine e i DDT vengono redatti utilizzando il PC mentre gli aggiornamenti riguardo le scorte e la merce su piazzale vengono comunicati telefonicamente o via mail e molto spesso, ciò comporta che le informazioni ottenute non vengano inserite nei *file* corretti ma rimangono appunti scritti in formato cartaceo. Molte pratiche gestite dal Responsabile dell'Ufficio Logistico vengono scannerizzate e caricate sul SIA, all'interno delle *directories* di riferimento, mentre altre rimangono in formato cartaceo e vengono archiviate come fascicoli negli scaffali dell'Ufficio Logistico.

In questo modo, oltre ad avere un ambiente di lavoro disordinato e confuso, viene preclusa la possibilità di consultare rapidamente tutte le informazioni in possesso dell'azienda e si è impossibilitati ad eseguire eventuali analisi, poiché queste ultime risulterebbero non veritiere a causa dei dati omessi. Inoltre, tale situazione comporta a cascata altre problematiche, come la necessità di procedere affidandosi alla memoria del Responsabile dell'Ufficio Logistico oppure l'incapacità di poter trasmettere competenze e procedure ad altre figure, complice la mancanza di una mappatura di queste ultime.

All'interno dello stabilimento della Lecablock invece, la mancanza di digitalizzazione è avvertita su diversi fronti. In primis, la gestione documentale risulta essere lenta e macchinosa a causa dell'utilizzo del formato cartaceo. Dopo l'elaborazione dell'ordine, il Responsabile di Produzione non può inviarlo direttamente all'impianto non essendoci nessun dispositivo digitale al suo interno. Al contrario, all'interno degli uffici dello stabilimento sono presenti PC aziendali e reti internet attraverso cui il

Responsabile di Produzione svolge il ruolo di gestione d'impianto e logistica *back-end*. A causa di questa asimmetria, il Responsabile di Produzione è costretto a stamparlo e ad attendere che un operatore venga a ritirarlo. La stessa identica sorte tocca alla ricetta del mattone e al documento relativo alla merce su piazzale e ciò ovviamente contribuisce a rallentare sia i flussi informativi che quelli fisici. Dal punto di vista della produzione, si riscontra l'assenza di monitoraggio dell'intero processo. Come affermato nel paragrafo 3.3, al termine della produzione giornaliera, il Capo Produzione redige il "Rapportino di Produzione" per quantificare l'effettivo consumo di materie prime. Tale documento viene consegnato manualmente al Responsabile di Produzione, il quale può così comparare l'esito del rapporto all'ordine emesso da lui stesso al fine di evidenziare eventuali scostamenti. Tale procedura, svolgendosi al termine della produzione, non consente di tracciarne l'avanzamento *step-by-step* e pertanto, gli eventuali errori commessi non vengono analizzati e corretti tempestivamente.

Anche la tracciabilità dei prodotti costituisce un aspetto suscettibile di miglioramento. Come già affermato nel paragrafo 3.5, ai prodotti imballati viene applicata un'etichetta che identifica le informazioni principali del prodotto, come lotto di appartenenza, data di produzione e impiego futuro. Se per i prodotti in calcestruzzo l'impianto predispone *bar-code* da leggere con scanner, per la produzione dei mattoni in canapa ciò non avviene non essendo previsti per tale tipologia di prodotti. Di conseguenza, l'Ufficio Logistico ha dovuto escogitare un'alternativa che permettesse di identificare i lotti, affidandosi ad un codice alfa-numerico che segnalasse il tipo di mattone prodotto e la relativa data di produzione. Applicando un'ulteriore etichetta riportante il cliente a cui i prodotti sono destinati o il tipo d'impiego per cui sono stati realizzati, dato che oltre al B2B e al B2C, i mattoni vengono anche utilizzati per le opere realizzate da Pedone Working, è stato in parte possibile sopperire alla mancanza di un *bar-code*, ma il problema della semplicità di identificazione dei lotti persiste tutt'ora.

Infatti, non potendo utilizzare uno scanner o un dispositivo direttamente su di essi, diventa molto complicato avere traccia delle loro destinazioni e relativi impieghi, così come risulta complicato aggiornare i documenti riguardanti la merce su piazzale. Questo perché gli operatori del Reparto Produzione sono costretti a spostarsi fra i diversi lotti segnando le informazioni riportate sulle etichette e riportandole sui moduli cartacei che segnalano la merce su piazzale. Inoltre, tale situazione non consente una

corretta gestione dei flussi della merce nell'area di pre-carico che risulta quindi mal-organizzata, comportando non poche difficoltà quando bisogna caricare i mezzi per le successive consegne.

3.7.3 Mancanza di automazione nel processo di produzione

A differenza della produzione dei mattoni in calcestruzzo, per i quali il processo risulta completamente automatizzato, quelli in canapa presentano alcune criticità che al momento ne rendono impossibile la completa automazione. Come affermato nel paragrafo 3.4, la canapa è un inerte altamente volatile e come tale, non può essere stoccato all'interno dei silos, i quali sono stati progettati per inerti pesanti come sabbie, ghiaie o pietrischi. Inoltre, i sensori posizionati non riconoscono la canapa e di conseguenza non si attivano per trasportarla direttamente nel miscelatore.

Queste problematiche derivano dalla natura dell'impianto e dei macchinari stessi, i quali appartengono ad una tecnologia di 40 anni fa e non sono stati certamente progettati per la produzione di mattoni eco-sostenibili. Per ovviare a tale problema evitando una riprogettazione della struttura e una sostituzione in massa dei macchinari, Pedone Working e Lecablock hanno pensato di impiegare una benna tarata con cui prelevare e depositare la canapa utilizzata sul nastro trasportatore. Per il suo corretto funzionamento, i relativi sensori sono stati disattivati ed è diventato necessario azionare manualmente il nastro ogni qualvolta si esaurisce la canapa nel miscelatore. Tale situazione, oltre a vincolare costantemente due operatori nello svolgimento di attività routinarie, comporta un rischio nella qualità del prodotto finito. Di fatti, lavorare con i volumi e con una benna tarata piuttosto che con i relativi pesi, impone l'obbligo di svolgere analisi aggiuntive sul peso specifico della canapa, fermo restando che della quantità posta sul nastro, una piccola percentuale viene persa proprio a causa della volatilità dell'inerte, con la conseguenza che i mattoni realizzati possiederanno una composizione leggermente diversa da quella stabilita da ricetta.

In tabella 2 vengono illustrate le criticità precedentemente definite e le relative cause.

Tabella 2 - Schematizzazione criticità processo As-Is

CRITICITÀ	CAUSA CRITICITÀ
1. Asimmetria informativa fra studio ingegneristico/Ufficio Logistico e impianto produttivo	Scarsa gestione del flusso informativo
2. Ridondanza delle operazioni di modifica dei documenti	Scarsa gestione del flusso informativo
3. Raccolta ed analisi dati carente (dati relativi alla gestione del magazzino e alla produzione)	Scarsa gestione del flusso informativo
4. Gestione documentale non standardizzata e cartacea	Scarsa gestione del flusso informativo
5. Intrasferibilità del <i>know-how</i>	Mancanza di formalizzazione delle competenze necessarie per eseguire i processi produttivi e logistici
6. Scarso monitoraggio <i>real-time</i> dei processi	Mancanza di un dispositivo in grado di tenere traccia dei parametri di produzione durante la realizzazione di un lotto
7. Scarsa tracciabilità del prodotto	Assenza di dispositivi di lettura dei codici alfa-numeriche applicati sui lotti
8. Produttività sub-ottimale	Processo produttivo semi-automatizzato, impiego superfluo di forza-lavoro per compiti ripetitivi e automatizzabili

CAPITOLO 4

4 Applicazione delle tecnologie della *Digital Supply Chain* e mappatura TO-BE dei processi

All'interno del terzo capitolo sono stati trattati i principali processi logistici di Pedone Working, fornendo una descrizione attuale di questi ultimi (AS-IS) e individuandone alcuni aspetti ritenuti critici per il progresso e la crescita della società. Nel quarto capitolo verranno proposte possibili soluzioni alle criticità riscontrate. Tali soluzioni verranno riprese dal primo capitolo e saranno approfondite, fornendo una loro descrizione, le modalità di implementazione e l'impatto che avranno sui processi in esame. Successivamente, verrà realizzata la mappatura TO-BE di tali processi contenente le soluzioni proposte e infine, verranno riportate brevemente le visioni di breve-medio periodo e lungo periodo dell'azienda, relative alle possibili scelte strategiche future.

4.1 Tecnologie *Digital Supply Chain*

Terminata la mappatura e successiva descrizione dei processi AS-IS, l'autore della presente tesi, in qualità di tirocinante di Pedone Working, si è occupato di effettuare un'analisi preliminare della situazione attuale riguardo i medesimi processi, supportato dall'esperienza e dalle competenze dei Responsabili dell'Ufficio Logistico e dell'impianto produttivo. A valle delle riflessioni fatte, sono state individuate tre tecnologie principali appartenenti alla Quarta Rivoluzione Industriale, riportate qui di seguito. L'ordine in cui sono state menzionate non è casuale ma rispetta quello delle tre criticità affrontate nel paragrafo 3.7:

- *Cloud Computing.*
- *Human-Machine Interface.*
- *Advanced Automation.*

Si specifica che esse rappresentano esclusivamente le tecnologie di riferimento delle soluzioni individuate. Tali soluzioni verranno introdotte e trattate all'interno dei successivi sotto-paragrafi.

4.1.1 *Cloud Computing*

All'interno del paragrafo 3.7.1 è stata approfondita la tematica inerente i flussi informativi, sottolineando come una scarsa gestione di questi ultimi si traduca in una situazione non ottimale in cui diventa complesso porre delle solide basi per una crescita sostenibile nel tempo. A seguito della trattazione, emerge chiaramente la necessità di una tecnologia in grado di eliminare l'asimmetria informativa fra studio ingegneristico e impianto produttivo, promuovendo una modalità di lavoro flessibile e basata sulla condivisione. La soluzione che si è scelto di adottare riguarda la tecnologia del *Cloud Computing*, la quale, come affermato nel paragrafo 1.5.4, rappresenta un *pool* condiviso di risorse di archiviazione ed elaborazione a cui è possibile accedere attraverso la rete. In figura 26 è rappresentata la schematizzazione di una struttura di *Cloud Computing*.

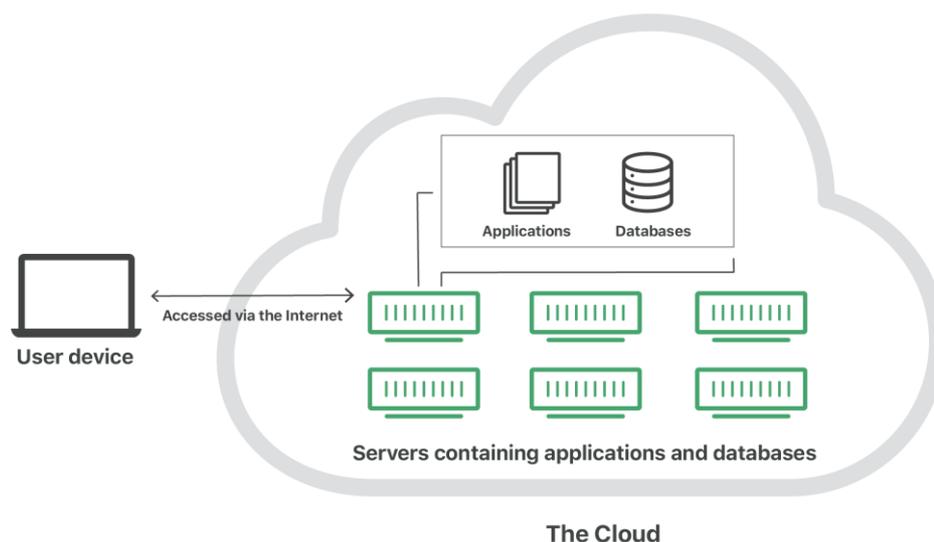


Figura 26 - Struttura schematizzata del Cloud (www.cloudflare.com)

Dall'immagine è possibile vedere come il *Cloud* permetta di sfruttare la connessione ad internet per accedere da remoto a server contenenti *database* e applicazioni su cui i dati raccolti vengono rispettivamente archiviati e rielaborati. Sfruttando tale soluzione, il Responsabile di Produzione e l'Ufficio Logistico possono lavorare su cartelle condivise aggiornando gli stessi *file* ed eliminando qualsiasi forma di asimmetria informativa, possedendo ciascuno le informazioni dell'altro.

Come specificato nel paragrafo 4.1, la soluzione proposta nello stesso rappresenta esclusivamente la classe di appartenenza. Di fatti, come affermato nel paragrafo 1.5.4, parlare di *Cloud* in generale può essere fuorviante, esistendo numerose tipologie differenti di servizio che i *provider* possono offrire in base alle esigenze dell'azienda che lo richiede. Nel sottoparagrafo 3.7.1 è stato inoltre introdotto il concetto di ERP, fornendone una definizione e spiegando la relazione che intercorre fra quest'ultimo e i più volte citati SIA. Se con il *Cloud* si vanno ad eliminare le forme di asimmetria informativa che intercorrono fra le parti, con gli ERP si fornisce uno strumento a supporto dell'archiviazione e dell'analisi dei dati. Pertanto, una soluzione potenzialmente adottabile e altamente competitiva per un'azienda come Pedone Working è rappresentata dal *SAP Analytics Cloud* (SAC). Essa permette di avere funzionalità di *Business Intelligence* (BI), *augmented & predictive analytics* e pianificazione in un unico ambiente in *Cloud*. Facendo parte della componente analitica del *Portfolio SAP Business Technology Platform*, offre all'intera azienda il supporto dell'analitica avanzata [12].

In figura 27 è rappresentata la schematizzazione della piattaforma *Cloud* con annesse funzionalità e *core capabilities*.

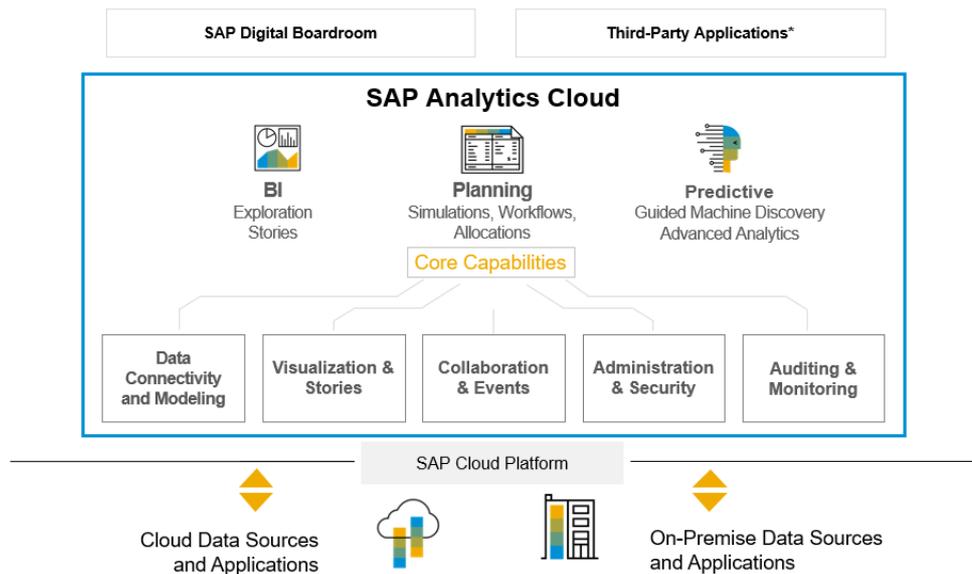


Figura 27 - Piattaforma di SAP Analytics Cloud (nttdata-solutions.com)

La SAC rappresenta una soluzione di tipo *SaaS* basata sulla *SAP Cloud Platform* (SCP) che combina funzioni di analisi, reportistica, pianificazione, creazione di previsioni, visualizzazione e collaborazione in un'unica soluzione centralizzata, fruibile da tutti gli *stakeholders* di una stessa realtà aziendale.

Il vantaggio che Pedone Working può trarre da questo genere di soluzione è rappresentato innanzitutto dalla facilità e semplicità con cui ciascun attore può consultare i dati aziendali, modificando i documenti e i *file* in maniera congiunta ed evitando la loro inutile duplicazione. Sfruttando gli strumenti di BI di analisi e reporting è possibile realizzare grafici e *dashboard* con cui rappresentare informazioni come i ricavi operativi, divisi in base ai prodotti e alle attività che li generano, o i costi associati all'operato aziendale. Con gli strumenti di analisi diventa possibile rielaborare queste informazioni per osservarne i flussi annuali e compararli con quelli degli anni passati. Attraverso gli strumenti di pianificazione aziendale, Pedone Working può organizzare al meglio le attività che svolge nelle due divisioni in cui opera, effettuando un'assegnazione ottimale delle risorse umane e tecnologiche, massimizzandone la produttività e l'efficienza. Pianificando la produzione al dettaglio, l'azienda è in grado di definire a priori e con precisione le materie prime che saranno utilizzate in un dato periodo temporale, ottenendone una stima sui costi e supportando le analisi predittive sul loro

approvvigionamento. Di fatti, grazie alle applicazioni *SAP Predictive* è possibile eseguire analisi predittive da visualizzare mediante istogrammi, grafici a dispersione e rappresentazioni 3D. Tali applicazioni consentono alla società di poter mappare graficamente sia i flussi di materie prime in ingresso ed uscita che i flussi relativi alla merce su piazzale. In tal modo, si possono effettuare considerazioni sulle modalità di gestione delle materie prime, valutando la strategia di riordino ritenuta più idonea, ma anche analisi inerenti al processo produttivo. Ad esempio, possono essere studiate le richieste avanzate dai clienti al fine di prevedere la domanda futura, in modo da individuare l'approccio migliore per gestire la produzione. Guardando alla funzione R&D invece, SAC permette un raccoglimento e una rielaborazione più efficiente ed efficace dei dati provenienti dalle sperimentazioni, spingendo Pedone Working a migliorare continuamente i suoi prodotti. Tutti questi strumenti e applicativi accessibili dal *web browser* consentono un supporto analitico al *decision making*, valorizzando le scelte strategiche che l'azienda deve sostenere e rappresentando quindi un *must* per la quasi totalità delle imprese sul mercato [13].

Conclusa la trattazione riguardo le caratteristiche del SAC, occorre soffermarsi sulla sua adozione in azienda. Le soluzioni di questo genere, per quanto possano essere scalabili e adattabili ad ogni ambiente di lavoro, necessitano di un'analisi approfondita da parte di esperti che possono così gestire al meglio il processo di implementazione. Data la natura di questa tesi, in cui si vuole fornire all'azienda in questione le linee guida per attuare un processo di digitalizzazione, non verrà affrontata nello specifico la gestione del progetto di adozione del *SAP Analytics Cloud* ma ci si limiterà a fornire lo schema generale che ogni azienda dovrebbe seguire per implementare tale tipologia di soluzione.

Il processo di installazione del SAC nell'ambiente di produzione di un'azienda va gestito come un vero e proprio progetto, composto da diverse fasi rappresentanti ciascuna una precisa *milestone*. Tali fasi sono riportate nei punti seguenti con annessa descrizione [14]:

- *Project preparation*: Fase di pianificazione, consiste nel definire i requisiti e i confini di progetto, nonché tutti gli elementi coinvolti in esso. Trattandosi di una fase preliminare, l'azienda che supporta l'implementazione collabora con l'azienda-cliente per definire gli ambiti interessati dal SAP, gli obiettivi, le priorità e le competenze richieste al *team* di lavoro.

- *Business blueprint*: In questa fase viene organizzata una riunione con le diverse figure aziendali coinvolte nel progetto per definire come è strutturato quest'ultimo. Tale riunione, chiamata *workshop*, viene poi indetta periodicamente per definire lo stato di avanzamento del progetto e per discutere di eventuali dettagli in corso d'opera. Durante questa fase, i *team* di lavoro interni all'azienda-cliente si occupano di mappare i processi aziendali interessati dall'implementazione del SAP.
- *Realization*: Fase centrale dell'implementazione, coinvolge diversi *team* di lavoro. Il *team* funzionale si occupa di analizzare i sistemi fisici su cui verrà implementato SAP, mentre il *team* tecnico si concentra sulle soluzioni da implementare, lavorando sulle personalizzazioni richieste dal cliente. Il *team* centrale invece, lavora parallelamente all'implementazione dei diversi software e applicativi SAP in ambiente di test. Soltanto quando tutti i test saranno stati completati con esito positivo, si comincerà ad implementare la soluzione in ambiente di produzione.
- *Final preparation*: Al termine della realizzazione e del collaudo della soluzione definita, si procede con la preparazione finale. In tale fase, si comincia a predisporre l'ambiente di produzione che interesserà effettivamente il SAP e si forma il personale sul funzionamento del gestionale e su come i processi aziendali ne sono stati influenzati. Solo quando il sistema sarà pronto al 100% si potrà proseguire con la fase successiva.
- *Go-live*: Fase cruciale del progetto, consiste nell'arresto del vecchio sistema di gestione dei flussi informativi e nella migrazione dei dati dal vecchio al nuovo ambiente. In questa fase, diventa di fondamentale importanza monitorare l'utilizzo della soluzione SAP nei giorni successivi al *go-live* per evitare che insorgano problematiche legate alla poca attenzione del personale coinvolto. Pertanto, il *team* centrale di progetto rimane a disposizione per risolvere eventuali problematiche.
- *Production support*: In questa fase, l'azienda che supporta l'implementazione del SAP monitora il suo funzionamento nell'ambiente di produzione e lo supporta. I *team* di lavoro dedicati alla migrazione possono essere ridotti, destinando parte di essi al

proseguo delle attività aziendali, svolte in maniera diversa a causa della presenza della nuova soluzione.

- *Change in management*: In ultimo, è indispensabile che le competenze necessarie ad utilizzare SAP vengano trasferite dal fornitore all'azienda-cliente. Trattandosi molto spesso di soluzioni personalizzate, il cliente deve essere informato riguardo ogni personalizzazione e funzionalità aggiuntiva del gestionale per poter trarne benefici in termini di efficienza ed efficacia nella gestione dei processi interessati.

4.1.2 Human-Machine Interface

All'interno del sotto-paragrafo 3.7.2 è stato trattato il problema relativo alla mancanza di digitalizzazione a supporto dei principali processi logistici che coinvolgono sia l'impianto produttivo della Lecablock che lo studio ingegneristico di Pedone Working.

Le principali limitazioni dettate dalla mancanza di digitalizzazione si riscontrano nella gestione documentale dell'Ufficio Logistico e del Responsabile di Produzione, nel monitoraggio *step-by-step* dei processi svolti nell'impianto produttivo e nella tracciabilità dei prodotti. Al fine di ridurre tali limitazioni e ottenere un netto miglioramento nella gestione e nell'organizzazione della società, una soluzione potenzialmente adottabile è rappresentata dall'impiego di dispositivi digitali *hi-tech* come Interfacce Uomo-Macchina. In figura 28 è rappresentato un dispositivo digitale utilizzabile all'interno di un impianto produttivo.



Figura 28 - Dispositivo digitale utilizzato come HMI (www.ilprogettistaindustriale.it)

Nello specifico, la soluzione più economica ma ugualmente valida ed efficace è quella riportata nella figura precedente. I *tablet* rappresentano uno strumento fondamentale per gestire i flussi aziendali con efficienza e semplicità. Grazie alla loro grande maneggevolezza ed ergonomia, seconda solo ai visori di *augmented & virtual reality*, i *tablet* trovano largo impiego in realtà aziendali di qualsiasi dimensione.

Nello specifico, Pedone Working può adottare tale soluzione per una gestione documentale più rigorosa e organizzata. Di fatti, con l'impiego dei *tablet*, i documenti in arrivo dall'impianto produttivo possono essere consultati immediatamente in formato digitale, trovandosi sulla *SAP Cloud Platform*. Per quanto riguarda i documenti cartacei invece, essi potranno essere elaborati direttamente sul *tablet* sfruttando dei modelli di documento già preimpostati. Eliminando la presenza del cartaceo ed evitando di dover trascrivere ogni volta le informazioni ricevute telefonicamente o via mail all'interno di file, si riducono le perdite di tempo dovute ad operazioni ripetitive e prive di valore aggiunto, incrementando la produttività del Responsabile dell'Ufficio Logistico che potrà così dedicarsi ad altri compiti. Come affermato nel sotto-paragrafo 3.7.2, la co-presenza di dati digitali e non, implica la mancanza di esattezza nelle analisi svolte, rendendole inutili e deleterie per eventuali scelte strategiche da adottare. Inoltre, la presenza e

l'accumulo di dati in formato cartaceo attraverso pile di documenti, contribuisce a ridurre lo spazio e ad aumentare il disordine dell'Ufficio Logistico, con potenziali conseguenze sull'operato del Responsabile del suddetto ufficio. Sfruttando la digitalizzazione derivante dall'implementazione dei *tablet*, si eliminano le problematiche poc'anzi citate riguardo l'Ufficio Logistico, migliorando le sue condizioni di lavoro e supportandolo nel *decision making*. Nell'impianto produttivo, l'utilizzo dei *tablet* consente di gestire i documenti relativi ai principali processi logistici in maniera rapida e semplice. Nel processo di produzione diventa così possibile inviare la ricetta e l'ordine di produzione direttamente sul *tablet* del Capo Produzione, evitando la consegna manuale in favore di un incremento in termini di efficienza. Al termine della produzione di un lotto, il Capo Produzione può elaborare il "Rapportino di Produzione" direttamente sul proprio dispositivo digitale, in modo tale che il confronto fra l'ordine di produzione e il consumo effettivo di materie prime avvenga in maniera automatica. Nel caso in cui non si verificano anomalie, il Capo Produzione può limitarsi ad inviare una semplice notifica sul *computer* del Responsabile di Produzione, confermando l'esattezza della ricetta e dei quantitativi mentre in caso di incongruenze, potrà inviare al Responsabile di Produzione l'ordine e l'annesso resoconto così che quest'ultimo possa avviare una procedura di indagine per verificare *in primis*, la correttezza dell'ordine e in secondo luogo, la validità della ricetta di produzione. Per quanto riguarda il documento "Merce su Piazzale", valgono le stesse considerazioni fatte per il "Rapportino di Produzione". Sfruttando i *template* impostati sul *tablet*, il Capo Produzione può elaborare giornalmente il documento relativo alla merce sul piazzale, caricandolo direttamente sulla piattaforma *Cloud* di Pedone Working (ipotizzando che la soluzione discussa nel sotto-paragrafo 4.1.1 venga implementata) e rendendolo disponibile sia sul PC del Responsabile di Produzione, che su quello del Responsabile dell'Ufficio Logistico. In tal modo, è la piattaforma stessa che aggiorna il documento che riporta complessivamente la merce su piazzale, eliminando così un ulteriore compito svolto dal Responsabile di Produzione e dall'Ufficio Logistico. In termini di gestione dell'ordine di un cliente, l'utilizzo di un *tablet* consente al Capo Produzione di possedere istantaneamente, sul proprio dispositivo, la lista di prelievo emessa dal Responsabile di Produzione, evitando di ritirarla personalmente e di doversi mettere in contatto con quest'ultimo. Come affermato nel paragrafo 3.5, nel momento in cui anche uno solo dei prodotti

richiesti dal cliente non è disponibile a *picking*, non sarà possibile emettere la lista di prelievo ed il Capo Produzione dovrà necessariamente redigere e inviare una segnalazione al Responsabile di Produzione, indicando il prodotto mancante ed il tempo necessario affinché termini il periodo di stagionatura e tale prodotto diventi disponibile a *picking*. In tal modo, il Responsabile di Produzione conoscerà la situazione attuale dell'ordine e saprà quando emettere la lista di prelievo. In tale procedura però, è possibile che si crei confusione fra due ordini distinti che attendono il termine della stagionatura di uno stesso prodotto. Di fatti, può capitare che un'errata consultazione del documento di segnalazione comporti una mancata produzione, credendo che il prodotto in stagionatura, già destinato ad un preciso cliente, sia in realtà disponibile. Sfruttando gli applicativi installati sul *tablet*, è possibile evitare questa situazione, elaborando la segnalazione in formato digitale e impostando un avviso che evidenzi, al termine della stagionatura di un prodotto, l'ordine corrispondente ed il relativo cliente a cui è destinato. Tenendo conto di tutte le migliorie potenzialmente apportabili attraverso l'utilizzo di dispositivi digitali all'interno dell'impianto produttivo, è possibile eliminare le problematiche presentate precedentemente per lo stesso Ufficio Logistico, favorendo una gestione più ordinata e organizzata dei documenti.

Relativamente al monitoraggio dei processi, il solo *tablet* non rappresenta una soluzione in grado di osservare l'avanzamento delle attività e controllarne i relativi parametri. Di fatti, è necessario richiedere lo sviluppo di applicativi di *augmented reality* che permettano, inquadrando i diversi macchinari presenti all'interno dell'impianto, di mostrare i relativi parametri di funzionamento e stabilire il flusso di produzione in termini di produttività oraria, in modo da valutare l'efficienza e l'efficacia dei processi produttivi. Inoltre, esercitando un *monitoring* continuo, è possibile verificare immediatamente la presenza di potenziali problematiche, arrestando eventualmente la produzione ed evitando che esse si ripercuotano al termine della stessa con effetti esponenziali.

In figura 29 è rappresentato un *app* di AR installata su un *tablet* ed utilizzata all'interno di un impianto produttivo.



Figura 29 - App di AR impiegata in un impianto produttivo
(www.progettoenergiaefficiente.it)

Oltre che per il *monitoring* dei processi, le *app* di *augmented reality* svolgono un ruolo fondamentale nella tracciabilità dei prodotti. Come affermato nel paragrafo 3.4, al termine del periodo di stagionatura di un lotto, questo viene estratto dalla cella di essiccazione in cui è ubicato e viene pallettizzato. Durante questa operazione, gli viene applicata un'etichetta riportante un *bar-code*, nel caso di mattoni in calcestruzzo, o un codice alfa-numerico, nel caso di prodotti targati BIOmat Canapa. In entrambi i casi, il codice riporta informazioni in merito alla tipologia di mattone realizzato e alla data di produzione. Come affermato nel paragrafo 3.5 invece, nel momento in cui viene elaborato un ordine di un cliente, gli addetti al Reparto Produzione si occupano di applicare un'etichetta indicante il nominativo del cliente, mentre per i lotti destinati all'edilizia di Pedone Working, l'etichetta indica il tipo di impiego specifico. Con la tecnologia attuale, è possibile leggere i *bar-code* con lo *scanner* ma non il codice alfa-numerico o l'etichetta relativa all'impiego/cliente. Di conseguenza, la gestione dei prodotti in canapa risulta complicata e rallentata, dovendo decifrare il codice ed il destinatario da riportare manualmente sul documento cartaceo "Merce su Piazzale". Con l'utilizzo di un *tablet* e di un'*app* in grado di evidenziare la data di produzione e il cliente/impiego semplicemente inquadrando l'etichetta, si evitano queste

problematiche e diventa possibile auto-compilare il documento relativo al piazzale, caricandolo successivamente sulla piattaforma *Cloud*.

Nel sotto-paragrafo 4.1.1 è stata evidenziata la soluzione precisa da adottare, appartenente alla classe delle tecnologie di *Cloud Computing*. In questo sotto-paragrafo invece, è stata specificata la tipologia di HMI da impiegare ma non il modello preciso. Per quest'ultimo, è necessario svolgere un'ulteriore analisi in cui si evidenziano tutte le tipologie di *tablet* che supportano in maniera ottimale le *app* di AR e fra questi, si effettua una selezione basata su diversi parametri come ergonomia e prezzo d'acquisto. Tale analisi non verrà eseguita nella presente tesi, trattandosi di una valutazione specifica da eseguire nel caso si opti per l'implementazione di una simile soluzione. In ogni caso, è opportuno stimare il numero minimo di dispositivi da implementare, considerando sia lo studio ingegneristico che l'impianto produttivo. Tenendo conto delle necessità del Responsabile dell'Ufficio Logistico, già ampiamente discusse all'interno del suddetto sotto-paragrafo, sarà necessario fornire un solo dispositivo da assegnare a quest'ultimo. Per quanto riguarda l'impianto invece, si potranno adottare due dispositivi, uno assegnato in via esclusiva al Capo Produzione per monitorare i processi ed elaborare il "Rapportino di Produzione" ed uno utilizzato dagli addetti al Reparto Produzione per tracciare i prodotti ed elaborare il documento "Merce su Piazzale".

In ultima analisi, va definito il processo di implementazione della soluzione discussa e come quest'ultima debba essere gestita. Come affermato all'interno del sotto-paragrafo, è necessario effettuare una prima analisi per stabilire quale sia il modello più indicato per il tipo di impiego. Allo stesso tempo, vanno individuati uno o più fornitori di applicazioni di AR con cui discutere le specifiche tecniche di tali *app* al fine di svilupparle. Entrambe le fasi vanno gestite come progetti a se stanti e richiedono che i team coinvolti collaborino *step-by-step* per il raggiungimento di una soluzione ottimale. Al termine di tali fasi, è necessario soffermarsi sull'implementazione vera e propria. In questo caso, il fornitore (o i fornitori) degli applicativi è tenuto ad effettuare il trasferimento del *know-how*, insegnando al Responsabile di Produzione, all'Ufficio Logistico e al Reparto Produzione, come utilizzare le *app* sviluppate. Infine, il fornitore deve pattuire con Pedone Working un periodo di assistenza per monitorare il funzionamento dei dispositivi e fornire assistenza.

Terminata l'analisi dei dispositivi di HMI e delle *app* di AR, è possibile introdurre due ulteriori applicazioni di tali tecnologie, consistenti nella manutenzione e nella produttività da remoto, implementabili in futuro e che richiedono una studio di fattibilità a parte. Di fatti, l'impianto produttivo non permette di programmare i macchinari al fine di renderli controllabili attraverso i *tablet* e pertanto, è necessario valutare una sua potenziale riprogettazione. Possedendo un impianto con tecnologie moderne e completamente automatizzato, diventa possibile azionare la produzione da remoto, monitorandola costantemente e ottenendo risultati importanti in termini di produttività. Inoltre, sia in caso di guasti o errori inaspettati, sia in caso di interventi di prevenzione, il Capo Produzione riceve un avviso sul proprio dispositivo e può in tal modo collegarsi all'impianto per esaminare il guasto e attuare azioni correttive da remoto o semplicemente per effettuare una manutenzione predittiva.

4.1.3 *Advanced Automation*

Nel sotto-paragrafo 3.7.3 è stata introdotta la criticità relativa all'assenza di automazione all'interno del processo produttivo dei biomattoni. Di fatti allo stato attuale, tale processo risulta semi-automatico, trattandosi di un impianto e di macchinari progettati per realizzare mattoni in calcestruzzo e non in canapa. Al fine di ovviare a tale problematica, l'autore della presente tesi e i Responsabili dell'Ufficio Logistico e dell'impianto produttivo hanno pensato di aumentare il grado di automazione del Reparto Produzione introducendo un *Co-bot*, soluzione appartenente alla classe tecnologica dell'*Advanced Automation*. A causa dell'incompatibilità fra quest'ultimo e i macchinari impiegati per la produzione, non risulta possibile impostare una gestione integrata, programmando la linea in modo tale da ottenere un processo altamente automatizzato. Nonostante ciò, lasciando invariate le modalità con cui vengono gestiti i macchinari e connettendo il *tablet* descritto nel paragrafo 4.1.2 con il *Co-bot*, diventa possibile programmarlo sulla base del ritmo di produzione prefissato, arrestandolo in qualsiasi momento dal dispositivo di HMI. Di conseguenza, con un'opportuna programmazione, il *Co-bot* eseguirà i *task* di prelievo dalla *bag* del quantitativo esatto di canapa richiesta ed il successivo deposito sul nastro trasportatore, eliminando la

necessità di una benna tarata, del carrello elevatore e della presenza costante di due addetti al Reparto Produzione.

In figura 30 è rappresentato un generico *Co-bot* con relative applicazioni industriali.

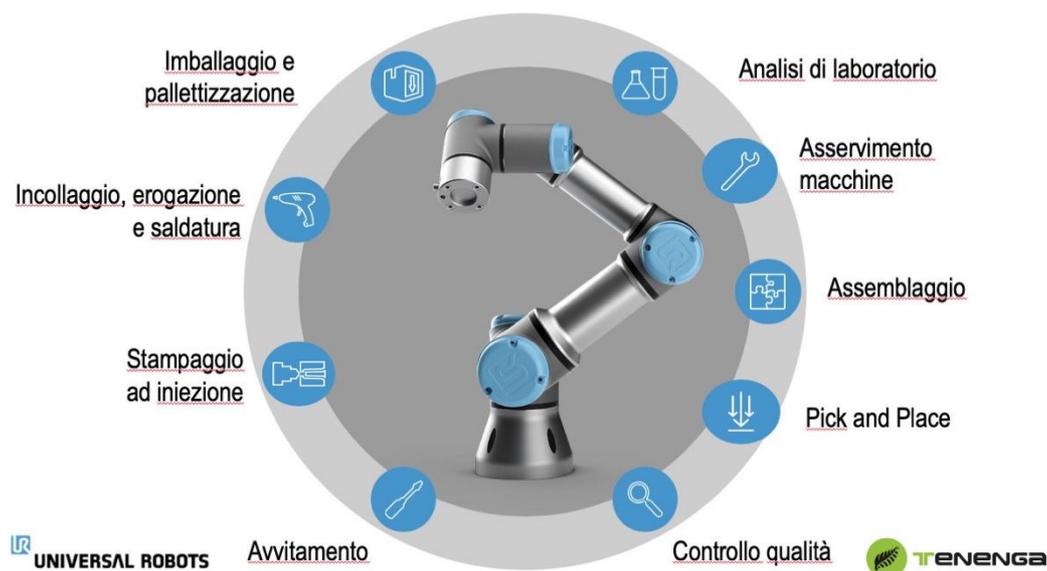


Figura 30 - Esempio di *Co-bot* e applicazioni industriali (www.tenenga.it)

Data la natura di un *Co-bot*, è possibile programmarlo per collaborare con gli addetti al Reparto Produzione, i quali avranno il compito di monitorare il suo operato e di trasferire le *bag* di canapa dal piazzale all'interno dell'impianto produttivo. La tipologia di *Co-bot* più indicata per l'applicazione in questione è rappresentata da quella mostrata in figura 30, composta da un braccio meccanico alla cui estremità è possibile montare un dispositivo o un ulteriore componente in modo tale da *customizzare* il *Co-bot* stesso. Nel caso specifico, l'applicazione di cui si servirà Pedone Working riguarda il *pick & place*, cioè il prelievo di materiale ed il suo successivo posizionamento. Pertanto, verrà montata una benna di piccole dimensioni che permetterà di prelevare la canapa e di trasferirla sul nastro trasportatore. Tale benna verrà dotata di un sensore incorporato che consentirà al *Co-bot* di prelevare la quantità di canapa richiesta in un ciclo di produzione. Inoltre, data l'altezza a cui è collocato il nastro trasportatore, il fornitore della soluzione adottata dovrà garantire le modifiche necessarie al raggiungimento dell'altezza prefissata.

Pur avendo individuato la tipologia di *Co-bot* da implementare, è necessario identificare il fornitore ed il modello preciso da adottare. Tale scelta implica il bisogno di analizzare una serie di parametri come ergonomia, adattabilità e prezzo d'acquisto al fine di stabilire con il giusto criterio, quale sia la soluzione ottima. Individuata quest'ultima, il fornitore pattuirà con Pedone Working i termini contrattuali relativi alle modalità di implementazione della tecnologia e la durata del servizio di assistenza *post-implementazione*.

Negli allegati che vanno dal 7 al 12 sono rappresentati i *flowchart* TO-BE dei principali processi logistici, provvisti delle tecnologie proposte nel seguente paragrafo. Inoltre, a conclusione della trattazione, viene presentata una tabella riassuntiva riportante le principali criticità individuate (che riassumono le criticità esposte nella tabella 2 del capitolo 3), le soluzioni proposte e la legenda dei colori associati nei *flowchart* per ciascuna tecnologia.

Tabella 3 - Tecnologie proposte e relative criticità

CRITICITA'	SOLUZIONE PROPOSTA	LEGENDA
Scarsa gestione del flusso informativo	<i>Cloud Computing & ERP - SAP Analytics Cloud</i>	Verde
Mancanza di digitalizzazione a supporto dei processi logistici	<i>HMI & AR - Tablet provvisti di app di augmented reality</i>	Arancione
Mancanza di automazione nel processo di produzione	<i>Co-bot</i>	Rosso

4.2 Altre tecnologie implementabili

Nel paragrafo 4.1 sono state introdotte le soluzioni tecnologiche alle criticità individuate nel paragrafo 3.7. Nonostante ciò, le tecnologie implementabili in Pedone Working sono molteplici ed esulano dalla mera risoluzione di problematiche e criticità. Di fatti, dall'analisi delle informazioni riportate nel primo capitolo, emergono due ulteriori classi tecnologiche potenzialmente implementabili che verranno trattate nei sotto-paragrafi seguenti.

4.2.1 IoT

A conclusione del sotto-paragrafo 4.1.2, sono state introdotte due ulteriori applicazioni dei dispositivi *tablet*: una riguarda la manutenzione da remoto, l'altra la produzione H24. Per entrambe, come già affermato nel sotto-paragrafo 4.1.2, è necessario che venga effettuata una riprogettazione dell'impianto. Tale soluzione è una prerogativa imprescindibile affinché i macchinari possano rispondere alle nuove esigenze in campo digitale. Nella fattispecie, essi necessitano di sensori IoT che permettano di interconnettere ciascun macchinario dell'impianto e che consentano ai *tablet* di monitorarne ogni parametro. In tale ambito, il concetto di *digital twin* riveste un ruolo fondamentale, rappresentando l'anello di congiunzione fra impianto e *tablet*. I sensori IoT non sono essenziali soltanto per le applicazioni appena discusse, ma rappresentano una tecnologia fondamentale anche per il *Cloud Computing* e per l'*Advanced Automation*.

Di fatti, grazie ad essi è possibile raccogliere una vasta mole di dati in maniera automatica e farli confluire direttamente sulla piattaforma *Cloud*. Ciò consente al *SAP Analytics Cloud* di avere costantemente nuovi dati da analizzare e manipolare al fine di trarne informazioni utili al *decision making* e al raggiungimento di una posizione di vantaggio competitivo.

Per quanto riguarda l'impiego del *Co-bot*, quest'ultimo appartiene ad una tecnologia molto più recente rispetto ai macchinari. Di conseguenza, per ottenere una sua integrazione con l'intera linea produttiva, è necessario predisporre dei sensori IoT per ciascun macchinario. In tal modo, non sarà più obbligatorio caricare il nastro trasportatore prima di azionare l'impianto, ma sarà possibile azionare direttamente quest'ultimo per far sì che il *Co-bot*

esegua il compito per cui è stato programmato. I risvolti di tale applicazione comportano un elevato grado di efficienza, permettendo di evitare di azionare la linea ogni volta che il nastro trasportatore è carico di canapa poiché sarà necessario attivarla una volta sola e lasciare che essa svolga in autonomia la produzione impostata tramite ordine di produzione.

4.2.2 Additive Manufacturing

Fra le tecnologie trattate nel primo capitolo, quella a maggior impatto per il settore manifatturiero è senz'altro l'*Additive Manufacturing*. Introdotta nel sotto-paragrafo 1.5.5, è stata fornita una descrizione del processo preliminare di stampa 3D, sono stati accennati i relativi vantaggi e infine, è stato presentato un *excursus* delle diverse tipologie di AM, differenti l'una dall'altra in termini di precisione, materiali supportati e velocità di stampa. In ambito edilizio, è già da un decennio che l'AM viene impiegata, anche se non in maniera diffusa, per lo stampaggio di strutture o per la realizzazione dei suoi componenti da assemblare. Nello stampaggio diretto, essa sfrutta una struttura a portale sulla cui sommità è collocato un braccio meccanico con cui viene estruso o iniettato (in base alla tecnica che si è scelto di adottare) il materiale da costruzione. Trattandosi però di un'applicazione ancora agli albori, essa viene impiegata esclusivamente per strutture di piccole dimensioni e possiede limitazioni in termini di tempo di realizzazione e tipologia di materiale stampabile (Paolini *et al.*, 2019).

In figura 31 è rappresentata una struttura a portale, o *gantry*, mentre stampa un edificio.



Figura 31 - Stampante 3D per l'edilizia (www.stampa3dstore.com)

Proprio a causa delle limitazioni sopra-citate, è opportuno che Pedone Working richieda la consulenza in materia di AM ad una società esperta del settore. Di fatti, è necessario che vengano analizzate tutte le tecniche attualmente esistenti al fine di stabilire quale di queste possa essere potenzialmente adottabile per effettuare la stampa dei biomattoni e soprattutto, se tali operazioni possano essere svolte in tempi tali da ottenere un beneficio in termini di produttività piuttosto che uno svantaggio.

Nonostante ciò, occorre ribadire che lo stato dell'arte in materia di AM è ancora troppo poco sviluppato e pertanto, sarà necessario aspettare diversi anni prima che i passi mossi in tale ambito siano tali da permettere la realizzazione di biomattoni in tempi brevi o addirittura, lo stampaggio di case ecosostenibili di dimensioni anche elevate.

4.3 Visione strategica della società

Terminata l'analisi delle tecnologie implementabili, sfruttate sia per mitigare la presenza di criticità, sia per incrementare il grado di efficienza dei processi, occorre fornire delle linee guida di quelle che possono essere le scelte strategiche di Pedone Working nel breve e nel medio-lungo periodo. Tali valutazioni sono frutto dell'intervista fatta al Responsabile della divisione Manufacturing, delle analisi svolte dai Responsabili dell'Ufficio Logistico e dell'impianto produttivo e dell'esperienza di tirocinio dell'autore della presente tesi.

4.3.1 Visione strategica di breve periodo

Nel breve periodo, Pedone Working potrà analizzare in dettaglio le proposte trattate nella presente tesi al fine di organizzare e gestire la loro futura implementazione. Per fare ciò, è necessario definire un programma, cioè un insieme di progetti accomunati da uno stesso obiettivo, in questo caso incrementare l'efficienza e l'efficacia dei processi logistici aziendali. Fatto questo, è fondamentale definire un *program team* che si occupi di coordinare ad alto livello tutti i *team* di progetto coinvolti in ciascuno di essi. Il *program team* dovrà pianificare e schedulare le risorse di ciascun progetto, partendo dal fatto che i progetti più importanti riguardano la mitigazione delle criticità, ordinate in base alla loro importanza. Di conseguenza, è opportuno cominciare subito i progetti relativi al *SAP Analytics Cloud* e l'implementazione dei *tablet*, i quali, oltre ad essere estremamente importanti per la gestione dei flussi informativi e per una migliore organizzazione del lavoro, sono fra loro interconnessi e pertanto, è necessario che vengano pianificati e svolti simultaneamente. Per quanto riguarda il progetto relativo all'implementazione del *Co-bot*, esso non dipende strettamente dai due progetti precedenti e di conseguenza, è preferibile pianificarlo successivamente ai primi due in modo da non impegnare più risorse di quelle normalmente disponibili. Di fatti, come ribadito più volte all'interno della presente tesi, Pedone Working rappresenta una piccola realtà e come tale, non dispone di una forza lavoro numerosa e variegata. Pertanto, bisogna porre particolare attenzione alla pianificazione delle attività dei diversi

progetti in modo da non sovraccaricare i dipendenti e da non impegnarli in ulteriori attività.

4.3.2 Visione strategica di medio-lungo periodo

Nel medio-lungo periodo, è possibile implementare le soluzioni basate sui sensori IoT e sull'Additive Manufacturing. Anche l'adozione di tali tecnologie va gestita come un progetto, pianificandone le attività e monitorandone l'avanzamento. Nel caso specifico, non è possibile fare stime sull'implementazione dell'AM nella realizzazione futura di biomattoni, data la necessità di progresso che essa richiede. Per quanto riguarda i sensori invece, è necessario svolgere accurati studi dei macchinari e della strumentazione contenuta nell'impianto, al fine di stabilire se l'apparecchiatura attuale supporta l'implementazione di sensori o se è necessario sostituire i vecchi macchinari in favore di nuovi modelli che supportino il digitale.

Terminata la presentazione di queste soluzioni, occorre sottolineare che i piani strategici di Pedone Working non si esauriscono con l'implementazione di tecnologie digitali: aspetti fondamentali da tener conto per il futuro riguardano le scelte di integrazione verticale e la riprogettazione dell'impianto secondario, attualmente dismesso.

Per quanto riguarda l'integrazione, Pedone Working ha acquisito Lecablock ed il suo stabilimento, integrandosi a valle. Tale scelta strategica è stata valutata per diversi anni e si è concretizzata nel 2020, portando PW ad avere un impianto produttivo ad uso esclusivo. Nel secondo capitolo invece, è stato affrontato il tema dell'eco-sostenibilità e dell'importanza della canapa come materiale da costruzione e pertanto, non è da escludersi la possibilità che la società si integri a monte in modo tale da gestire in prima persona il ciclo produttivo della canapa. Tale scelta deve essere ovviamente analizzata dal Responsabile di BIOmat Canapa, supportato eventualmente da altre figure esterne come collaboratori, stagisti o tesisti.

In ambito riprogettazione di impianto invece, come già affermato nel paragrafo 3.2, è in fase valutativa la possibilità di riadattare l'impianto produttivo dismesso per la produzione di un nuovo pannello. La domanda di tale soluzione edile è cresciuta esponenzialmente da quando è stata resa disponibile sul mercato nel 2021 e ciò ha rappresentato un grosso problema

per l'impianto, il quale non è in grado di soddisfare le richieste nei tempi prestabiliti. La produzione di tale pannello viene fatta manualmente dagli addetti al Reparto Produzione all'interno dello stabilimento, generalmente all'esterno dell'impianto produttivo. Al fine di ovviare alla manualità del processo produttivo e alla scarsa produttività, è necessario effettuare un'industrializzazione della procedura di realizzazione del pannello, effettuando una vera e propria *process engineering*. Pertanto, sarà fondamentale individuare sul mercato un fornitore in grado di offrire un servizio di questo genere, concordando con quest'ultimo i termini contrattuali.

CAPITOLO 5

5 Conclusioni

In quest'ultimo capitolo verranno brevemente discussi i benefici del lavoro di tesi, non soltanto dal punto di vista dell'azienda ma anche dell'autore. Verranno successivamente trattate le limitazioni che si sono verificate durante lo svolgimento delle attività, e saranno illustrati i passi futuri verso cui la società potrà indirizzarsi al fine di valorizzare al meglio il proprio *business*.

5.1 Benefici del lavoro di tesi

Terminata l'analisi AS-IS dei processi logistici principali e approfondite le diverse tecnologie abilitanti l'Industria 4.0, è stato possibile comprendere l'importanza che il digitale può ricoprire nella spinta al progresso di una piccola società edile operante nel settore *Manufacturing*. Dall'analisi svolta, è subito emersa la necessità di gestire in modo efficiente i flussi informativi mediante soluzioni basate sul *Cloud* e sugli ERP. Tale prerogativa accomuna tutte le piccole-medie imprese, le quali basano il proprio *business* esclusivamente su prodotti e servizi offerti, tralasciando l'importanza di una corretta organizzazione del lavoro e peccando in termini di raccoglimento e analisi dei dati. L'analisi svolta ha evidenziato come all'interno dei locali aziendali, manchino spesso dispositivi digitali a supporto dei processi, utili a interconnettere il personale ma anche i macchinari stessi. Inoltre, il raggiungimento di standard elevati di efficienza operativa è un must per qualsiasi azienda che opera nel manifatturiero e pertanto, risulta chiara la necessità di automazione nei processi, soprattutto per quanto riguarda la produzione. L'azienda oggetto della presente tesi potrà beneficiare del lavoro svolto, sfruttandolo come punto di partenza per approfondire le tematiche trattate e svolgere analisi approfondite, richiedendo il supporto di figure più esperte fornite dalle principali società di consulenza. Presentando tali proposte in maniera opportuna attraverso certificazioni, analisi e perizie giurate, è possibile ottenere finanziamenti e incentivi fiscali dallo Stato

Italiano riguardo l'acquisto di macchinari e software 4.0, investimenti in R&D e formazione 4.0 del personale. In tal modo, la società potrà avviare un processo di digitalizzazione che gradualmente, gli permetterà di crescere in termini di prestazioni, incrementandone il valore e massimizzando le potenzialità offerte dalla gamma di prodotti targata Pedone Working.

Descritti brevemente i benefici del suddetto lavoro, occorre evidenziare come questi ultimi non impattino esclusivamente sull'azienda oggetto di analisi, ma rivestano un ruolo fondamentale anche nella formazione e nell'esperienza guadagnata dall'autore. Durante lo svolgimento del progetto di tesi, egli ha potuto comprendere il processo di gestione degli ordini, occupandosi di sviluppare dei fogli di calcolo su Excel che permettessero di gestire in maniera integrata l'intero processo, partendo dalla definizione di una proposta d'ordine fino ad arrivare all'elaborazione e invio del DDT, includendo la gestione della produzione e del magazzino. Al fine di migliorare la gestione dell'anagrafica clienti, l'autore ha dovuto elaborare una soluzione che permettesse di gestirla in modo automatico, privando l'Ufficio Commerciale dell'onere di doverla aggiornare manualmente ogniqualvolta venisse individuato un potenziale cliente. Pertanto, è stato sviluppato un semplice database relazionale in cui far confluire i dati raccolti grazie ad un *form* sviluppato in HTML e PHP. Pur non avendo ancora implementato effettivamente tale soluzione, lo studio fatto ha permesso lo sviluppo di competenze di base nell'ambito della programmazione, fondamentali al giorno d'oggi per un qualsiasi laureato STEM. Inoltre, l'attività di tesi ha consentito l'avvicinamento al digitale non solo per la società analizzata ma anche per l'autore, che ha così ottenuto un'infarinatura di quelli che saranno i trend tecnologici futuri.

5.2 Limitazioni del lavoro di tesi

Nello svolgimento dell'attività di tesi sono stati riscontrati alcuni vincoli che hanno impattato in maniera marcata sul lavoro svolto, limitando notevolmente i risultati potenzialmente ottenibili. In *primis*, va riconosciuto il disagio causato dalla pandemia da Coronavirus, la quale ha rallentato pesantemente lo svolgimento della maggior parte delle attività. Di fatti, sono state necessarie diverse autorizzazioni per ottenere l'accesso all'impianto produttivo di Lecablock al fine di effettuare la visita guidata con annessa intervista al Responsabile di Produzione. Inoltre, il distanziamento sociale causato dal Covid-19 ha limitato profondamente l'accessibilità dello studio ingegneristico di Pedone Working, impattando sullo svolgimento dello stage formativo e della successiva attività di tesi. Potendo accedere ai locali commerciali per poche ore settimanali, l'autore della tesi non è stato in grado di visionare i principali processi aziendali ma ha dovuto basarsi sulla descrizione fornita dal Responsabile dell'Ufficio Logistico, nonché tutor aziendale dell'attività di tirocinio. Pertanto, occorre sottolineare quanto sia importante che le analisi future vengano effettuate in un periodo post-pandemia, così da renderle più facilmente eseguibili ed ottenere risultati più aderenti ad una situazione di normalità.

Un'ulteriore limitazione allo svolgimento dell'attività di tesi è rappresentato dalle dimensioni aziendali. Pur avendo clienti all'estero, Pedone Working rimane una piccola realtà che conta poco più di quindici dipendenti e che non possiede procedure mappate e formalizzate. Di conseguenza, è risultato complesso procedere con analisi valutative sul grado di automazione e di digitalizzazione dei processi. Inoltre, la criticità riguardante l'assenza di dati storici da analizzare si ripercuote sulla qualità dello studio svolto, che pertanto rimane un lavoro preliminare da approfondire in futuro, sia con la presenza di dati che con quella di strumenti e tecniche adatti a manipolarli. In ultima istanza, la mancanza di esperienza dell'autore rappresenta certamente un limite da non trascurare. Trattandosi della prima esperienza concreta di stage, sono mancate le basi tecniche e pratiche per condurre un processo di analisi e valutazione di elevato spessore. Nonostante ciò, come già affermato all'interno del paragrafo, il presente studio rappresenta un punto di partenza nell'esplorare le tecnologie digitali del futuro e individuare ciò che permetterà alla società di crescere.

5.3 Passi futuri

A conclusione dell'elaborato, si fornisce una potenziale pianificazione dei passi futuri della società:

- Proseguire con le analisi tecniche sull'implementazione del digitale nei processi, concentrandosi sul ruolo dei dati e sul potenziamento del Sistema Informativo Aziendale.
- Contestualmente al proseguimento delle analisi, è necessario effettuare un *Business Process Reengineering* al fine di incrementare l'efficienza dei processi e delle procedure. Inoltre con la loro formalizzazione, risulteranno scalabili e ciò consentirà di formare nuovo personale qualificato in maniera semplice e veloce.
- Riprogettare l'impianto produttivo, sostituendo i vecchi macchinari con tecnologie più recenti, dotate di *digital twin*, interconnesse fra loro e soprattutto interamente automatizzate.
- Valutare in futuro la possibilità di integrarsi a monte, acquisendo la società che fornisce la canapa, materia prima fondamentale per il *business* eco-sostenibile di Pedone Working.

BIBLIOGRAFIA

- Agrawal, M., Dutta, S., Kelly, R., Millàn, I. (2021), "COVID-19: An inflection point for Industry 4.0", McKinsey Operations, January 2021, available at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/covid-19-an-inflection-point-for-industry-40> (accessed 12 March 2021)
- Al-Ahmari, A., Abidi, M., Ahmad, A., Darmoul, S. (2016), "Development of a virtual manufacturing assembly simulation system", *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 1-13, available at: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814016639824> (accessed 23 April 2021)
- Aryotejo, G., Kristiyanto, D., Mufadhol (2018), "Hybrid cloud: bridging of private and public cloud computing", *Journal of Physics: Conference Series*, The 7th International Seminar of New Paradigm and Innovation on Natural Science and Its Application, 17 October 2017, Semarang, Indonesia
- Atti, G., Russo, F., Babayantz, D., et al. (2018), "La quarta rivoluzione industriale: verso la supply chain digitale", FrancoAngeli s.r.l., Milano
- Bacchetti, A., Zanardini, M. (2018), "Additive manufacturing: cos'è e come funziona la manifattura additiva", available at: <https://www.internet4things.it/iot-library/che-cose-il-3d-printing-e-come-si-colloca-nellambito-industry-4-0-e-iot/> (accessed 9 April 2021)
- Ballestin, G., Chessa, M., Solari, F. (2021), "A Registration Framework for the Comparison of Video and Optical See-Through Devices in Interactive Augmented Reality", *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 64828-64843, available at: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9416430> (accessed 27 May 2021)
- Bellini, M. (2021), "Blockchain: cos'è, come funziona e gli ambiti applicativi in Italia", available at: <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/> (accessed 6 May 2021)
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019), "Internet of things and supply chain management: a literature review", *International Journal of Production Research*, Vol. 57, Nos. 15-16, pp. 4719-4742, available at: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140> (accessed 14 March 2021)

- Benedetti, M., (2016), "*La tecnologia blockchain: nuove prospettive per I mercati finanziari*", in *Convegno della Banca d'Italia, 21 Giugno 2016, Roma, Italia*
- Bettucci, M., D'Amato, I., Perego, A., Pozzoli, E. (2016), "*Omnicanalità: Assicurare continuità all'esperienza del cliente*", EGEA spa, Milano
- Bhaskar, H.L. (2018), "*Business Process Reengineering: A process based management tool*", *Serbian Journal of Management*, Vol. 13, No. 1, pp. 63-87, available at: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1452-4864/2018/1452-48641801063B.pdf>
- Bloss, R. (2016), "*Collaborative robots are rapidly providing major improvements in productivity, safety, programing ease, portability and cost while addressing many new applications*", *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 43, No. 5, pp. 463-468, available at: <http://dx.doi.org/10.1108/IR-05-2016-0148> (accessed 15 April 2021)
- Bompan, E. (2020), "*La casa di canapa, sicura e sostenibile*", *La Repubblica*, available at: https://www.repubblica.it/dossier/economia/i-gioielli-del-made-in-italy/2020/12/21/news/la_casa_di_canapa-278293344/ (accessed 30 May 2021)
- Boschi, F., Taisch, M., De Carolis, A. (2017), "*Nel cuore dell'Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems*", available at: <https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/> (accessed 26 April 2021)
- Braz, A. C., De Mello, A. M., Gomes, L. A., Nascimento, P. (2018), "*The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review*", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 202, pp. 376-389
- Cannan, J. Huosheng, H. (2011), "*Human-Machine Interaction (HMI): A Survey*", working paper, School of Computer Science & Electronic Engineering University of Essex, Essex
- Chang, W., Grady, N., NIST, N. (2015), "*NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Big Data Definitions*", Special Publication (NIST SP), *National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, MD, available at: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1500-1> (Accessed 23 March 2021)
- Christopher, M. (2005), "*Supply Chain Management. Creare valore con la logistica*", Pearson Italia S.p.a., Milano

- Condemi, J. (2021), “Cobot: cosa sono e quali sono i vantaggi dei robot collaborativi”, available at: <https://www.internet4things.it/iot-library/cobot-cosa-sono-e-quali-sono-i-vantaggi-dei-robot-collaborativi/> (accessed 25 May 2021)
- Cutolo, F., Fontana, U., Carbone, M., D’Amato, R., Ferrari, V., (2017) “Hybrid Video/Optical-See-Through HMD”, in *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, Nantes, France, 2017, pp.52-57, available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8088448> (accessed 24 April 2021)
- D'Aveni, R. (2015), "The 3D printing revolution", *Harvard Business Review*, Vol. 93, No. 5, pp. 40-48., available at: <https://hbr.org/2015/05/the-3-d-printing-revolution> (accessed 11 April 2021)
- De Mauro, A. (2019), “*Big Data Analytics: Analizzare e interpretare dati con il machine learning*”, Apogeo Editore, Adria
- Faramondi, A., Costa, S. (2020), “*Situazione e prospettive delle imprese nell'emergenza sanitaria Covid-19*”, Istat, available at: <https://www.istat.it/it/files/2020/12/REPORT-COVID-IMPRESE-DICEMBRE.pdf> (accessed 6 March 2021)
- Fowler, J. W., Kim, S., Shunk, D. L. (2019), “*Design for customer responsiveness: Decision support system for push–pull supply chains with multiple demand fulfillment points*”, *Decision Support Systems*, Vol. 123, No. 113071, pp. 1-14
- Gasparetto, W. (2017), “*Concetti Industria 4.0: Fabbrica intelligente ed industria del futuro*”, available at: <https://www.confindustria.ud.it/upload/pagine/Industria%2040/Gasparetto%20-%20Fraunhofer.pdf> (accessed 10 June 2021)
- Gerbert, P., Lorenz, M., Rübmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnish, M. (2015), "*Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*", BostonConsultingGroup, April 2015
- Iannone, F. (2020), “*Logistica ed esternalità dei trasporti*”, available at: <http://www.federicocarbonini.it/wp-content/uploads/2020/05/comp-costi-ferroviari.pdf> (accessed 20 May 2021)

- Jaiswal, M. (2017), "Cloud Computing and Infrastructure", *SSRN Electronic Journal*, Vol. 4, No. 2, pp. 742-746, available at: <https://www.researchgate.net/publication/350453556> (accessed 4 April 2021)
- Laguna, M., Marklund, J. (2019), "Business process modeling, simulation and design", Taylor & Francis Group, NY
- La Trofa, F. (2021), "Cos'è la Blockchain, come funziona, gli esempi, le applicazioni e le potenzialità", available at: <https://tech4future.info/blockchain-cose-esempi-applicazioni/> (accessed 27 May 2021)
- Lavagna, S. (2018), "L'integrazione dei sistemi informativi a supporto delle decisioni aziendali", Youcanprint, Milan
- Lazzarin, D. (2016), "Industria 4.0, le 6 tecnologie abilitanti secondo il Politecnico di Milano", available at: <https://www.digital4.biz/supply-chain/industria-40-politecnico-milano-sei-tecnologie-abilitanti/> (accessed 11 March 2021)
- Lazzarin, D. (2018), "Porter: Con la realtà aumentata colmeremo il gap tra mondo reale e mondo digitale" available at: <https://www.digital4.biz/executive/digital-transformation/porter-la-realta-aumentata-colmeremo-gap-mondo-reale-mondo-digitale/> (accessed 20 April 2021)
- Lee, I., & Lee, K. (2015), "The Internet of Things (IoT): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises", *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 40 No. 7, pp. 593-602
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H. A. (2014), "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems", *Elsevier*, Vol. 3, pp. 18-23
- Maci, L. (2021), "Che cos'è l'Industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare", available at: <https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/> (accessed 3 March 2021)
- Mell, P., Grance, T. (2011), "The NIST Definition of Cloud Computing", *National Institute of Standards and Technology*, pubblicazione 800-145, Settembre 2011, available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf> (accessed 31 March 2021)

- Mohammed, C. M., Zeebaree, S. M. R. (2021), “*Sufficient Comparison Among Cloud Computing Services: IaaS, PaaS, and SaaS: A Review*”, *International Journal of Science and Business*, Vol. 5, No. 2, pp. 17-30, available at: <https://ijsab.com/wp-content/uploads/667.pdf> (accessed 2 April 2021)
- Nosengo, N. (2020), “*Robot e umani: la sfida dell'automazione e il lavoro*” available at: <https://ilbolive.unipd.it/it/news/robot-lavoro-sfida-automazione-umani> (accessed 16 April 2021)
- Paolini, A., Kollmannsberger, S., Rank, E. (2019), “*Additive manufacturing in construction: A review on processes, applications, and digital planning methods*”, *Additive Manufacturing*, Vol.30, 100894, available at: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100894>.
- Peddie, J. (2017), “*Augmented Reality: Where We Will All Live*”, Springer, Berlino
- Piva, A. (2019), “*Le 5V dei big data: dal volume al valore*”, available at: https://blog.osservatori.net/it_it/le-5v-dei-big-data (accessed 24 March 2021)
- Porta, M. (2016), “*Interazione Uomo-Macchina e Usabilità*”, available at: https://vision.unipv.it/stm-cim/m_at09/stmcim-16.pdf (accessed 18 April 2021)
- Rafele, C. (2020), “*Supply Chain Management*”, Cap.1-9, available at: <https://didattica.polito.it/> (accessed 2 March 2021)
- Raman, S., Patwa, N., Niranjana, I., Ranjan, U., Moorthy, K., Mehta, A. (2018), “*Impact of big data on supply chain management*”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, available at: <https://doi.org/10.1080/13675567.2018.1459523> (accessed 26 March 2021)
- Rezaei, S., Kheirkhah, A. (2017), “*Applying forward and reverse cross-docking in a multi-product integrated supply chain network*” *Prod. Eng. Res. Devel.*, Vol. 11, pp. 495–509
- Schuh, G., Gartzke, T., Rodenhausen, T., Marks, A. (2015), “*Promoting work-based learning through industry 4.0*”, *Procedia CIRP*, Vol. 32, pp. 82–87
- Sturari, M. (2019), “*Come riconoscere le attività a valore aggiunto e gli sprechi in azienda*”, available at: <https://blog.mcgroup.it/attività-a-valore-aggiunto-e-sprechi-in-azienda> (accessed 7 March 2021)

- Torchiani, G. (2018), “*Cloud computing, cos’è e quali sono i benefici*”, available at: <https://www.techcompany360.it/tech-lab/cloud-computing-cose-e-quali-sono-i-benefici/> (accessed 5 April 2021)
- Vota, V. (2020), “*Sostenibilità e Impresa: una Sfida per il Futuro nell’Ottica di una Maggiore Competitività*”, *Business and Management Sciences International Quarterly Review*, Vol. 11, No. 4, pp. 401-416, available at: <http://riviste.paviauniversitypress.it/index.php/ea/article/view/2049/2201> (accessed 29 May 2021)
- Wee, D., Kelly, R., Cattell, J., & Breunig, M. (2015), “*Industry 4.0: How to navigate digitalization of the manufacturing sector*”, McKinsey Operations, April 2015, available at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector> (accessed 9 March 2021)
- Wohlgenannt, I., Simons, A., Stieglitz, S. (2020), “*Virtual Reality*”, *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 62, pp. 455-461, available at: <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9> (accessed 27 May 2021)
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., Scarfone K. (2019), “*Blockchain Technology Overview*”, NIST, available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/NIST.IR.8202.pdf> (accessed 8 May 2021)
- Zanotti, L. (2021), “*Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business*”, available at: <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/> (accessed 21 May 2021)
- Zhang, D., Qiu, D., Gibson, M. A., Zheng, Y., Fraser, H. L., StJohn, D. H., Easton, M. A. (2019), “*Additive manufacturing of ultrafine-grained high-strength titanium alloys*”, *Nature*, No. 576, pp. 91-95, available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1783-1> (accessed 25 May 2021)

SITOGRAFIA

- [1] <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/supply-chain-management-cose-e-perche-e-importante-per-le-aziende/>
- [2] <https://www.smartlabs.eu/2019/04/03/digitalizzazione-digitalization-digitization/>
- [3] <https://www.economyup.it/innovazione/industria-4-0-leffetto-coronavirus-gli-investimenti-calano-ma-la-digitalizzazione-accelera/>
- [4] <https://h-on.it/it/cyber-security-e-industria-4-0/>
- [5] <http://www.custompartnet.com>
- [6] <https://www.focusindustria40.com/simulazione-ottimizzazione-processi/>
- [7] https://blog.osservatori.net/it_it/blockchain-spiegazione-significato-applicazioni
- [8] <https://www.costruzionispinozzi.it/edilizia-sostenibile-cos-e-e-i-suoi-vantaggi/>
- [9] <https://www.venest.it/la-sostenibilita-ambientale-applicata-alledilizia/>
- [10] <https://www.promozioneacciaio.it/cms/it7240-la-normativa-italiana-in-materia-di-sostenibilita-ambientale.asp>
- [11] <https://www.rinnovabili.it/greenbuilding/materiali-edili-ecosostenibili-cradle-543/>
- [12] https://www.sap.com/italy/products/cloud-analytics.html?DFA=1&gclid=CjwKCAjwgb6IBhAREiwAgMYKRpySWt_nIoBEg7W4bA6L27x0Yt5LfMPCY_DcY5Da7hCyG9QI6bTuvChoCgYgQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- [13] <https://innovabee.de/sap-analytics-cloud/>
- [14] <https://www.cisin.com/coffee-break/Enterprise/what-are-the-steps-in-sap-implementation.html>