

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Applicazione dei concetti della Smart Factory ad un'azienda del settore automotive.

Il caso 2a S.p.A.



Relatore

Ch. Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Candidato

Federico Fontana

Settembre 2018

INDICE

INTRODUZIONE	1
---------------------------	----------

CAPITOLO 1

DIGITAL SUPPLY CHAIN: DEFINIZIONE E FONDAMENTI	5
---	----------

1.1. Da Industry 4.0 a Smart Factory: Il concetto di “quarta rivoluzione industriale”	5
1.2. Supply Chain tradizionale e suoi limiti	13
1.3. Pilastri della Digital Supply Chain	17
1.3.1. Cyber-Physical-System (CPS)	18
1.3.2. Internet Of Things (IOT)	21
1.3.3. Big Data Analytics.....	28
1.3.4. Cloud Computing.....	33
1.3.5. Blockchain	40
1.3.6. Additive Manufacturing.....	44
1.3.7. Advanced Human - Machine Interface	54
1.3.8. Augmented Reality.....	56
1.3.9. Autonomous Robot.....	59
1.4. Applicazione e benefici nel settore manifatturiero	61
1.4.1. Esempi tratti da letteratura.....	63

CAPITOLO 2

L’AZIENDA 2a S.p.A.....	73
--------------------------------	-----------

2.1. Storia.....	73
2.2. Struttura	74
2.3. Prodotti	75

2.4. Clienti e Fornitori.....	77
-------------------------------	----

CAPITOLO 3

ANALISI SUPPLY CHAIN AS - IS 79

3.1. Analisi della Supply Chain (AS-IS) dell'impresa	79
3.1.1. Approvvigionamento.....	79
3.1.2. Produzione.....	82
3.1.3. Distribuzione.....	86
3.2. Criticità riscontrate.....	89
3.2.1. Approvvigionamento.....	89
3.2.2. Produzione.....	91
3.2.3. Distribuzione.....	92
3.3. Progetti in corso Industry 4.0	93

CAPITOLO 4

APPLICAZIONE DEI CONCETTI DI DIGITAL SUPPLY CHAIN AL CASO DI STUDIO 97

4.1. Attività di previsione in ambiente SMART.....	98
4.2. Implementazione del Cloud Computing per il miglioramento dei processi.....	100
4.2.1. Il Cloud Computing nel processo di Approvvigionamento.....	100
4.2.2. Il Cloud Computing per la creazione e modifica di progetti di lavoro	105
4.3. Monitoraggio processo produttivo	108
4.4. Implementazione di soluzioni RFID nei processi di produzione per la tracciabilità dei materiali.....	110
4.5. Implementazione delle tecnologie AR e VR.....	113

4.6. Autonomous Robots ed accrescimento dei volumi produttivi.....	115
4.7. Manutenzione predittiva.....	117
4.8. Additive Manufacturing per la produzione di ricambi	119
4.9. Considerazioni sulle soluzioni proposte.....	119
4.10. Valutazione aziendale delle soluzioni proposte	123

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI 125

5.1. Discussione dei risultati	125
5.2. Vantaggi del lavoro di tesi	126
5.3. Limitazioni del lavoro di tesi	128
5.4. Passi futuri.....	129

BIBLIOGRAFIA 133

SITOGRAFIA 141

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Rivoluzioni Industriali, evoluzione storica.....	6
Figura 2 - Strumenti dell'Industry 4.0	7
Figura 3 - Integrazione verticale.....	11
Figura 4 - Rappresentazione di una Supply Chain	13
Figura 5 - Rappresentazione grafica del Bullwhip Effect	16
Figura 6 - Schematizzazione CPS	19
Figura 7 - Architettura di sistema per l'Internet of Things.....	22
Figura 8 - Sottosistemi dell'IoT	23
Figura 9 – Sistema IoT con dispositivi direttamente connessi ad internet.....	24
Figura 10 - Esempio di tag RFID.....	25
Figura 11 - Tecnologia RFID	26
Figura 12 - Tecnologia NFC.....	28
Figura 13 - Le 4 V dei Big Data	30
Figura 14 - Big Data Analytics process.....	32
Figura 15 - Cloud Computing.....	34
Figura 16 – Modelli di servizio con relativi esempi.....	37
Figura 17 - Funzionamento Blockchain	41
Figura 18 - Esempio di Merkle Tree	42
Figura 19 - Processo FDM	48
Figura 20 - Processo MJM	49
Figura 21 - Processo di Stereografia a Laser	50
Figura 22 - Schema del processo SLS	51
Figura 23 - Processo LOM.....	52
Figura 24 - Processo EBM	53
Figura 25 - Esempi di Augmented Reality nell'intrattenimento	57
Figura 26 – Esempio di Realtà Aumentata in ambito industriale.....	58
Figura 27 - Esempio di Realtà Virtuale.....	59
Figura 28 - Esempio di linea produttiva Smart ed utilizzo di Cobot	60

Figura 29 - Robot Collaborativo Comau	61
Figura 30 - Processo di produzione della scocca.....	65
Figura 31 – Esempio di “terminale a bordo linea”	66
Figura 32 - Piattaforma mobile a guida autonoma.....	68
Figura 33 - Montaggio sottoscocca eseguito da un robot.....	69
Figura 34 - Particolare realizzato attraverso il processo di stampa 3D.....	69
Figura 35 - Chairless Chair e ProGlove	70
Figura 36 - Veduta aerea stabilimento di Santena	74
Figura 37 - Particolari prodotti dall'azienda 2a S.p.A.	75
Figura 38 - Esempio di un Servizio DaaS.....	101
Figura 39 - Esempio sistema DaaS per l'azienda 2a S.p.A.	102
Figura 40 - Esempio di Gate RFID	112
Figura 41 - Utilizzo dell'AR nel processo di controllo qualità.....	114

INTRODUZIONE

La rivoluzione digitale a partire dalla fine degli anni 50 e la successiva rivoluzione informatica dei primi anni 70 hanno profondamente modificato il mondo nel quale noi viviamo ed interagiamo. Oggi le informazioni viaggiano in modo virtuale ed istantaneo attraverso internet e noi tutti siamo abituati ad utilizzare smartphone o computer come oggetti quotidiani per inviare o condividere informazioni. Anche il mondo industriale a partire dalla seconda metà del XX secolo, seppur con una certa inerzia, si è affacciato a queste innovazioni senza fino ad oggi riuscire a sfruttarle pienamente. Il concetto di Supply Chain inteso come catena di individualità, ossia come singole aziende che operano limitatamente a quelli che sono i propri fornitori e clienti diretti, collegate fra di loro in un ambiente fortemente dinamico ed incerto deve lasciar posto ad un nuovo paradigma, quello della Digital Supply Chain (DSC). Esso si propone il compito di abbattere le barriere funzionali fra i vari step della catena al fine di offrire un ecosistema completamente integrato, che fa della piena visibilità fornita a tutti gli attori coinvolti, dai fornitori di materie prime sino ai clienti il suo punto di forza.

Il seguente lavoro di tesi offre uno studio dei principali strumenti innovativi offerti dalla DSC e come essi possano essere applicati nel settore della produzione di particolari per pressofusione destinati al settore automotive. In questo settore opera l'azienda presa come riferimento per le successive analisi, la 2a S.p.A. L'azienda si trova ad essere il nodo centrale di un mercato con solide basi nel mondo della produzione in serie ma che, ad oggi, deve offrire prodotti dall'alto tasso tecnologico e di customizzazione. L'elevata variabilità dei prodotti, unita ad un alto livello qualitativo richiesto dai clienti in un ambiente fortemente soggetto alle variazioni di mercato fanno sì che alla 2a S.p.A. sia richiesta un'adeguata flessibilità e capacità di risposta in ogni condizione.

Attraverso questo elaborato è stato eseguito uno studio dell'intera Supply Chain dell'azienda al fine di poter proporre possibili soluzioni, attraverso l'uso delle

innovazioni tecnologiche offerte dalla DSC, che possano risolvere le criticità emerse dall'analisi nell'ottica di un miglioramento dei processi produttivi ed allo stesso tempo permettere all'azienda di poter controllare ed anticipare le oscillazioni di cui soffre il settore di riferimento.

La tesi consta di cinque capitoli: nel primo capitolo verranno illustrati i concetti di quarta rivoluzione industriale e di DSC, e come essa si discosta dalla Supply Chain tradizionale. Prendendo spunto dai limiti di quest'ultima verrà poi fornita una definizione della DSC ed uno studio dei suoi pilastri fondanti. Nel secondo capitolo verrà presentata l'azienda 2a S.p.A. ed il settore nel quale essa opera. Nel terzo capitolo verrà presentata l'analisi della Supply Chain della 2a S.p.A. suddivisa nei tre principali processi caratteristici: approvvigionamento, produzione e distribuzione. Verranno poi discusse le criticità riscontrate e cosa l'azienda sta già facendo per superarne alcune. Il quarto capitolo presenta una discussione delle possibili soluzioni, alla luce di quelli che sono i principi della DSC presentati nel primo capitolo, per risolvere le criticità, relative ai processi dell'azienda 2a S.p.A., precedentemente discusse. Infine nel quinto capitolo verranno presentate le conclusioni con particolare attenzione per quelli che sono i risultati ottenuti, le limitazioni riscontrate, e gli eventuali spunti di ricerca futura.

L'elaborato si prefigge il compito di fornire dei risultati che rappresentino una solida base di partenza per i futuri studi in ambito Industry 4.0 presentando un quadro generale di quelli che sono i pilastri della DSC ed un'analisi approfondita dello stato attuale delle tecnologie utilizzate nella sua implementazione. In particolare le future ricerche dovranno spaziare su diversi ambiti da quello prettamente gestionale fino a quello informatico per poi realizzare una fusione di questi al fine di realizzare algoritmi più efficienti e dotati di protocolli di sicurezza sempre più elaborati ed in linea con i risultati da conseguire. In ambito Additive Manufacturing e Autonomous Robot, invece, la ricerca dovrà spingere la tecnologia verso una maggiore sostenibilità economica ed una più semplice

implementazione anche in settori ad alto tasso produttivo o che presentano particolari criticità.

Allo stesso tempo dal punto di vista aziendale l'elaborato si prefigge l'intento di dare visibilità ed importanza a concetti ancora sconosciuti in molte realtà produttive e spingere, alla luce dei potenziali benefici, società più o meno grandi ad implementare tali soluzioni con meno timore e avendo una linea guida da seguire. La discussione delle soluzioni proposte a partire da un'analisi delle criticità riscontrate, infatti, rende più semplice il processo decisionale delle aziende che dopo aver individuato le proprie criticità ed aver condotto i propri studi mirati, saranno in grado di fare le proprie valutazioni economiche e quindi decidere quali soluzioni adottare nello specifico caso, fornendo al contempo ulteriori informazioni e dati per successivi sviluppi.

CAPITOLO 1

DIGITAL SUPPLY CHAIN: DEFINIZIONE E FONDAMENTI

Obiettivo di questo capitolo è quello di definire il concetto di Digital Supply Chain e come si è arrivati a questa rivoluzione, sia tecnologica che concettuale, che prende il nome di Industry 4.0 ripercorrendo i vari step dell'evoluzione industriale.

Evoluzione che presenta un vero e proprio punto di rottura con la Supply Chain tradizionale e che si pone l'obiettivo di superare i limiti fisici esistenti attraverso una serie di nuovi strumenti la cui implementazione è indispensabile per avere una “fabbrica connessa e intelligente” e potersi quindi fregiare della definizione di Smart Factory.

1.1. Da Industry 4.0 a Smart Factory: Il concetto di “quarta rivoluzione industriale”

Nuove esigenze di mercato ed emergenti tecnologie indipendenti come l'Internet of Things (IoT) legate ad una sempre maggiore digitalizzazione dei sistemi stanno spingendo le imprese manifatturiere verso la Digital Supply Chain.

Con il termine “quarta rivoluzione industriale” si vuole dare un senso di continuità all'evoluzione tecnologica che ha avuto il mondo industriale fin dalla seconda metà del 1700. La prima rivoluzione industriale (XVIII secolo) iniziò con l'invenzione e l'introduzione, in ambito manifatturiero, di attrezzature meccaniche di fabbricazione quali ad esempio la spoletta volante, congegno inventato nel 1733 da John Kay per consentire la tessitura automatica permettendo così un'importante riduzione dei tempi di produzione del tessuto ed il dimezzamento del numero di operai richiesti per ogni telaio, e le macchine a vapore (Lucarelli, 2017).

Successivamente (XIX secolo) la scoperta dell'elettricità e l'utilizzo dei primi mezzi di trasporto a petrolio permisero l'avvio della produzione di massa dei beni, configurandosi di fatto come la seconda rivoluzione industriale. Dai primi anni '70 fino ai giorni nostri l'introduzione massiccia dell'elettronica e dell'Information Technology (IT) in ambito produttivo hanno permesso il diffondersi dell'automazione e la diversificazione della produzione configurandosi nella terza rivoluzione industriale chiamata anche "rivoluzione digitale" [1].

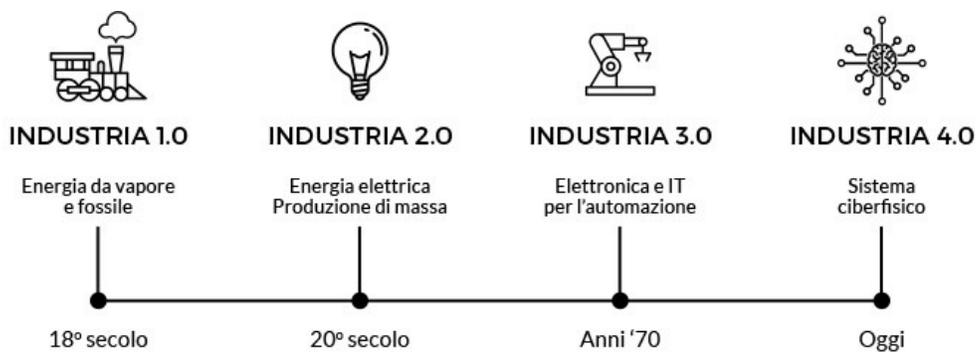


Figura 1 - Rivoluzioni Industriali, evoluzione storica (www.toolsforsmartminds.com)

Il termine "Industry 4.0" venne utilizzato per la prima volta in Germania, durante la Fiera di Hannover, nel 2011 dal governo tedesco nell'ambito di un progetto per lo sviluppo del settore manifatturiero del paese che avrebbe dovuto riportare l'industria del paese a ruolo di leader mondiale (Kagermann, 2013).

L'Osservatorio industria 4.0 del Politecnico di Milano nel suo primo report ha definito l'Industry 4.0 come "l'adozione congiunta di tecnologie digitali capaci di aumentare l'interconnessione e cooperazione delle risorse (asset fisici, persone e informazioni) usate nei processi operativi sia interne alle fabbriche sia distribuite lungo la value chain". Si tratta quindi di sistemi basati su una rete di oggetti "intelligenti" che, grazie al web, permetteranno l'interazione tra il mondo

reale e quello virtuale e analizzeranno i dati raccolti per prevedere problematiche, auto configurarsi ed adattarsi ad eventuali cambiamenti.

Le tecnologie alla base dell'Industry 4.0 si dividono in due grandi insiemi. Uno più vicino all'IT (Internet of Things, Big Data e Cloud Computing), l'altro più eterogeneo e vicino al livello operativo (Advanced Human Machine Interface, Advanced Automation, Additive Manufacturing) [2].

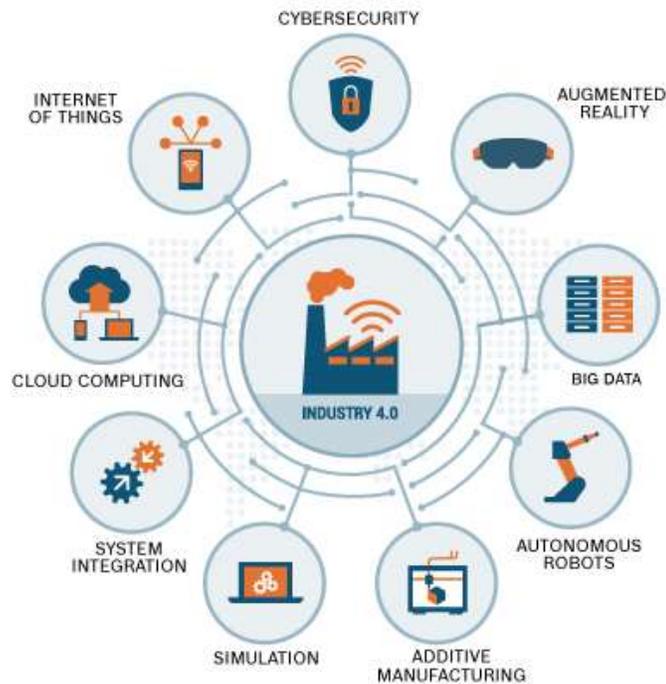


Figura 2 - Strumenti dell'Industry 4.0 (www.forbes.com)

Il principale obiettivo di questa rivoluzione è quello di rispondere ad una realtà che negli ultimi anni è mutata notevolmente e che attraverso la globalizzazione e l'estrema customizzazione della domanda, necessaria per la differenziazione di prodotti in mercati con un tasso di crescita tecnologico tendente allo zero, spinge le aziende ad una maggiore flessibilità produttiva da un lato e ad una riduzione netta dei tempi di produzione dall'altro, anche per prodotti

caratterizzati da un'elevata complessità intrinseca ed una Supply Chain complessa e frammentata (Sturgeon, 2009).

Diventa quindi di particolare importanza per le aziende accedere a nuove tecnologie con l'obiettivo di rendere flessibile l'intera Supply Chain coordinando e velocizzando il passaggio di informazioni tra i vari soggetti della catena attraverso, ad esempio, la digitalizzazione delle informazioni che si afferma come uno dei concetti principali di questa rivoluzione (Gerbert, 2015).

È importante sottolineare che l'ingresso nel mondo dello "Smart Manufacturing", inteso come l'insieme di tutte le risorse utilizzabili, fuori e dentro l'impresa, con lo scopo di aumentare l'efficienza ed il valore della produzione, sia possibile solo attraverso la reale comprensione del meccanismo complessivo e l'attuazione di almeno parte del pacchetto di innovazioni insite in questa rivoluzione con l'obiettivo di avere una maggiore integrazione delle risorse al fine di generare un valore addizionale, ridurre le inefficienze, valorizzare la conoscenza e migliorare la capacità di pianificare e reagire. Tutto ciò non sarebbe possibile adottando isolatamente solo alcune innovazioni (Wang, 2016).

È proprio in questo contesto di fusione tra il mondo fisico ed il mondo virtuale che si identifica quella che prende il nome di Smart Factory che si attua attraverso la crescente integrazione, nei lavori svolti ad oggi dagli esseri umani, di "sistemi cyber-fisici" (CPS), macchine intelligenti e accesso ad internet. L'idea centrale della fabbrica intelligente è la digitalizzazione e l'informatizzazione della catena di produzione che porta al prodotto finale. Ciò consente a macchine ed impianti di adattare i loro sistemi in base all'evoluzione degli ordini e alle condizioni operative contingenti attraverso processi di auto-ottimizzazione e di riconfigurazione. Per far ciò i sistemi dovranno essere in grado di percepire le informazioni, ricavarne risultati e modificare il loro comportamento sulla base della conoscenza già acquisita sotto forma di esperienza (Hwaiyu, 2017).

In quest'ottica risulta evidente come l'informazione ed i dati scambiati in tempo reale attraverso i dispositivi rappresentino il fattore chiave per il successo. Le Smart Factories, infatti, forniranno ai propri clienti prodotti e servizi "intelligenti" collegati ad internet attraverso i quali potranno continuare a raccogliere ed analizzare i dati provenienti da dispositivi, come ad esempio i wearable device (occhiali intelligenti, smartwatch) o più semplicemente tablet pc e smartphone connessi alla rete, con l'obiettivo di definire i comportamenti e le esigenze dei clienti e fornire loro beni sempre nuovi e più sostenibili (Lasi, 2014).

Le principali società di consulenza come Boston Consulting o McKinsey hanno proposto 3 differenti cluster di tecnologie:

- **SMART PRODUCTION:** che raggruppa tutte le nuove tecnologie produttive il cui obiettivo è quello di favorire la collaborazione fra uomo, macchina e sistemi con, ad esempio, l'uso di pannelli di controllo attraverso i quali la macchina possa instaurare un vero e proprio dialogo con l'operatore e non soltanto ricevere ordini come accade oggi o ancora con l'utilizzo di wearable device che permettono al soggetto di interagire con ciò che gli sta attorno.
- **SMART SERVICES:** che prevede una riprogettazione di tutte le strutture informatiche e tecniche con l'obiettivo di avere la massima integrazione tra tutti gli attori della Supply Chain, clienti inclusi con la creazione di veri e propri database virtuali (cloud) in grado di ospitare tutte le informazioni del prodotto dalla sua creazione fino all'utilizzo fatto dall'utente finale.
- **SMART ENERGY:** con l'obiettivo di creare nuovi sistemi di alimentazione che permettano un più efficiente monitoraggio dei consumi energetici al fine di ottenere impianti ed infrastrutture più performanti, più economiche e più tecnologiche attraverso l'installazione

nelle stesse macchine di dispositivi in grado di analizzare i consumi e dare indicazioni sulle reali potenzialità ed ottimizzazioni possibili [3].

Una fabbrica in grado di abbracciare l'insieme di queste tecnologie è a tutti gli effetti una Smart Factory in cui le macchine instaurando un dialogo con il prodotto, divenuto anch'esso intelligente ed in grado di scambiare dati ed informazioni con gli impianti di produzione, non si limitano più ad eseguire la semplice produzione preimpostata da una programmazione elaborata precedentemente ma dialogando con i magazzini ed i clienti finali. In quest'ottica le attrezzature non solo riescono a capire il fabbisogno in tempo reale, ma sono inoltre in grado di programmare gli approvvigionamenti di materiale onde prevenire lo stock-out e infine eseguire auto manutenzione programmata evitando così anche i fermi impianti dovuti ai guasti.

Questa rivoluzione ha ovviamente un impatto anche sul Manufacturing Execution System (MES), sistema computerizzato usato nella produzione per tracciare e documentare la trasformazione delle materie prime in prodotti finiti, che è stato fondamentale per le prestazioni, la qualità e l'agilità necessaria nelle sfide create da una produzione globalizzata e che dovrà aggiornarsi per rispondere ai nuovi obiettivi posti dalla nuova rivoluzione industriale presentata dallo Smart Manufacturing (Baotong, 2017).

Il primo aspetto fondamentale è quello della decentralizzazione del MES non obbligatoriamente fisica, ma certamente logica resa possibile dai progressi tecnologici che costituiscono un ribaltamento della logica dei processi produttivi. Questo perché ogni prodotto intelligente o CPS sarà in grado di identificarsi e connettersi, fornendo la sua posizione e lo stato, con un sistema che può essere fisicamente centralizzato ma la cui potenza di calcolo può essere ovunque. Questo è il tipico approccio del cosiddetto "Cloud Computing" (Paragrafo 1.3.4).

Un secondo aspetto è quello legato al perfezionamento della Supply Chain che dovrà essere integrata orizzontalmente per garantire una perfetta trasparenza di questa e per facilitare la collaborazione inter-corporativa in quanto una società dovrebbe sia competere che collaborare con molte altre. Attraverso l'integrazione orizzontale le società collegate potranno formare un ecosistema efficiente con l'obiettivo di far emergere nuove reti di valore e nuovi modelli di business. Allo stesso tempo la Supply Chain dovrà essere integrata verticalmente per garantire, attraverso la connessione, il controllo o l'adempimento di qualsiasi altro processo aziendale e la creazione di un sistema flessibile e riconfigurabile in grado di adattarsi a diversi tipi di prodotto con l'unificazione di tutti i livelli aziendali, partendo dai sensori fino al livello di pianificazione delle risorse (Enterprise Resource Planning, ERP). Principale conseguenza di ciò è che il MES oltre ad essere logicamente decentralizzato dovrà essere anche realmente modulare ed interoperabile (Almada-Lobo, 2015).

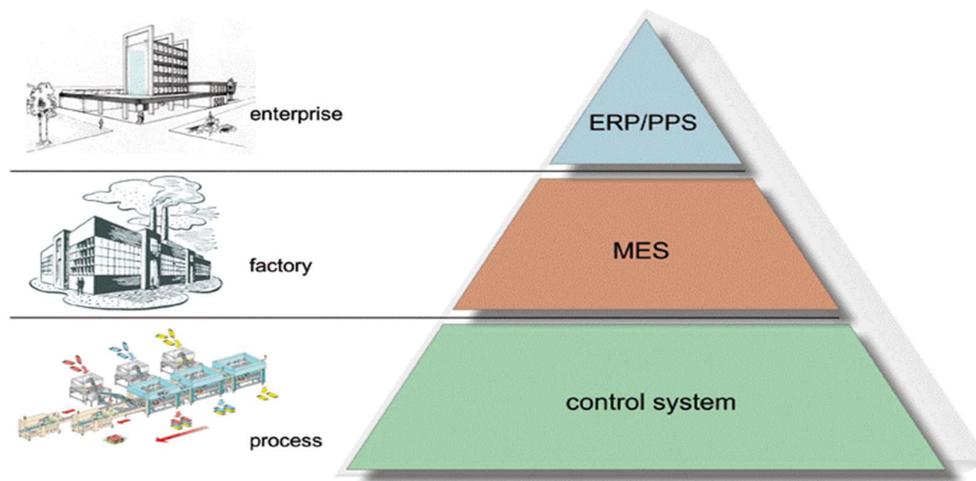


Figura 3 - Integrazione verticale (<http://www.gerhard-schubert.it>)

Un altro aspetto importante è quello della connettività che non si afferma come una vera e propria novità in ambito produttivo in quanto esistono già realtà con

apparecchiature di controllo o transponder più o meno sofisticati in grado di comunicare in maniera bidirezionale con un'interfaccia, basti pensare all'utilizzo di dispositivi palmari o smartphone in ambito logistico o di trasporto. L'obiettivo della Smart Factory è quello di spingere questa connettività a livelli estremi in modo da essere diffusa negli impianti di produzione e poter da un lato guidare il processo produttivo verso performance sempre migliori e dall'altro permettere la piena visibilità della Supply Chain a tutti gli attori coinvolti nel processo secondo la logica dell'Internet of Things. Tutto ciò permetterà al MES interfacce più adattabili ed efficienti ed aprirà le porte ad altre innovazioni quali ad esempio la cosiddetta "Augmented Reality".

Infine, l'enorme quantità di dati generata richiederà un'elevata capacità di memorizzazione ed elaborazione possibile attraverso il Cloud Computing al fine di poter effettuare un'analisi in tempo reale delle prestazioni e di attivare azioni nella maniera il più rapida possibile ed allo stesso tempo per permettere un'analisi offline delle inefficienze al fine di ottimizzare il sistema (Hwaiyu, 2017).

Tutto ciò ovviamente si scontra con una certa resistenza all'innovazione del mondo industriale legata al fatto che modificare ed implementare nuove soluzioni su sistemi di produzione affermati e collaudati nel tempo richiede un elevato livello di investimenti sia in ambito economico che di risorse umane per superare l'elevata rigidità caratteristica dell'ambito manifatturiero. Un altro fattore critico è rappresentato dalla sicurezza dei dati che una volta digitalizzati e delocalizzati possono essere attaccati e manipolati dall'esterno richiedendo quindi anche in questo caso importanti investimenti in ambito di sicurezza ed il superamento di preconcetti legati alla condivisione delle proprie informazioni personali nell'ottica di un'ottimizzazione globale (Lin, 2017).

1.2. Supply Chain tradizionale e suoi limiti

Le Supply Chain non sono statiche, ma evolvono e cambiano in dimensione, forma e configurazione e nel modo in cui sono coordinate controllate e gestite. Nuove catene di fornitura possono emergere per le più svariate ragioni, ad esempio in risposta a svolte tecnologiche come i display pieghevoli (Lee e Cheng, 2013), l'emergere di una nuova nicchia di prodotto o di mercato come nel caso degli smartwatch (Hahn, 2015), o nuovi mercati geografici, come nel caso dell'Africa, per molti prodotti di consumo (Russo et al., 2012) oltre ad eventuali modifiche dei quadri normativi o fattori politici.

Nonostante non esista una univoca significato del concetto di Supply Chain, essa può essere definita come una serie di tre o più entità (organizzazioni o individui) direttamente coinvolte in flussi (a monte e/o a valle) di prodotti, servizi, denaro e/o informazioni. A questi possono essere aggiunti eventuali flussi di ritorno, solitamente inclusi nella cosiddetta Revers Logistics (Mentzer, 2001).

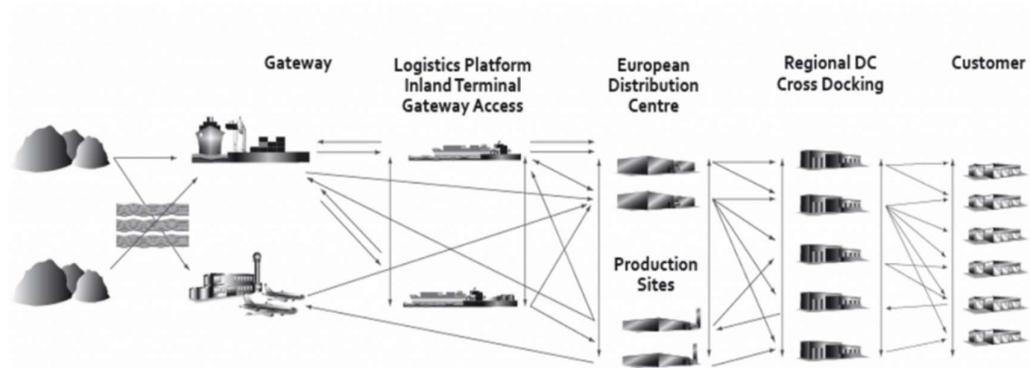


Figura 4 - Rappresentazione di una Supply Chain (www.antwerpmanagementschool.be)

L'obiettivo principale di una Supply Chain è la soddisfazione del cliente finale attraverso la fornitura di prodotti nei tempi, quantità e luoghi richiesti.

Gli attori principali di una Supply Chain possono essere raggruppati in sei categorie che sono:

- Clienti finali
- Dettaglianti
- Grossisti
- Distributori
- Produttori
- Fornitori di componenti e materie prime
- Trasportatori e fornitori di servizi logistici

Di queste categorie alcune, come grossisti e distributori, non sono sempre presenti. In questo caso sarà il produttore stesso a fornire i prodotti direttamente ai dettaglianti, così come accade ad esempio nell'ambito della Grande Distribuzione Organizzata (GDO). Nel caso in cui, invece, siano presenti i grossisti, allora questi faranno da intermediario fra i produttori ed il dettagliante acquistando grandi lotti all'ingrosso per poi rivendere al successivo anello della catena unità più piccole (Chopra e Meindl, 2015).

Il trasporto dei beni da un punto ad un altro della catena è stato nel tempo, a causa degli elevati costi fissi generati da esso, deverticalizzato e, ad oggi, la maggior parte delle aziende non è dotata di mezzi propri e usufruisce dei servizi forniti da appositi fornitori di servizi logistici che prendono il nome di Logistics Service Provider (LSP). Quest'ultimi, in tempi recenti hanno ampliato ulteriormente la loro gamma di servizi essendo ora in grado di svolgere attività integrate quali ad esempio ricevimento, stoccaggio e preparazione degli ordini, come nel caso dei Third Party Logistics (3PL) fino alla gestione dell'intera funzione logistica con i Fourth Party Logistics (4PL).

A partire dai primi anni '90, il progressivo spostamento del controllo del mercato dal prodotto prima al cliente intermedio, e successivamente al consumatore finale ha spinto le aziende a modificare il proprio approccio al mondo della produzione industriale al fine di controllare le prestazioni e

migliorarne l'efficienza produttiva attraverso il coordinamento dei vari membri della Supply Chain. Nasce così il Supply Chain Management (SCM) definito come “un sistematico e strategico coordinamento delle tradizionali funzioni aziendali e delle tattiche prima all'interno di ogni azienda e poi lungo i vari membri della catena di distribuzione con l'obiettivo di migliorare le prestazioni di lungo periodo dei singoli membri e dell'intera catena” (Mentzer, 2001).

Scopo primario del SCM è quello di massimizzare il livello di servizio al cliente finale attraverso il miglioramento di alcune funzioni come:

- La previsione di domanda con l'obiettivo di comprendere le esigenze dei consumatori.
- La pianificazione della domanda al fine di realizzare processi più attendibili, precisi e di ridurre al minimo possibile la reverse logistics.
- Il trattamento degli ordini.
- La pianificazione della capacità produttiva e il conseguente utilizzo ottimale degli impianti.
- La pianificazione dell'utilizzo dei materiali.
- L'integrazione tra domanda e fornitura.
- L'integrazione e collaborazione tra produzione, logistica e marketing

Il punto chiave su cui si basa il SCM è quello di vedere l'intero processo come un unico sistema, in cui qualsiasi inefficienza lungo la SC che sia causata dai fornitori, magazzini, rivenditori o persino dagli impianti produttivi deve essere analizzata al fine di trovarne le cause scatenanti in modo tale da risolverle (Cooper e Ellram, 1993).

Il SCM diventa fondamentale quindi per quelle aziende che non essendo più completamente verticalmente integrate, hanno ceduto a fornitori esterni attività che per motivi di resa dei capitali investiti o per livello di competenze richieste non rappresentano più il core business dell'azienda. In questo caso, quindi la performance della Supply Chain è subordinata alle prestazioni di tutti gli individui che spesso potrebbero anche essere geograficamente molto distanti,

come è stato per il fenomeno dell'Outsourcing tipico della prima decade del nuovo millennio.

Nel passato all'esigenza, oramai affermata nel mondo produttivo, di essere reattivi le aziende risposero attraverso il mantenimento di elevati livelli di scorte. Oggi la filosofia è cambiata e per certi aspetti ribaltata. Infatti l'elevata volatilità dei gusti della clientela legata ad un mercato sempre più frenetico e customizzato hanno evidenziato gli elevati rischi di gestione ed immagazzinamento legati alle scorte, spingendo quindi il mondo della produzione di beni verso la filosofia dello "zero scorte" (Burgess et al, 2006).

A questo si aggiungono gli effetti distorsivi legati alla mancanza di coordinamento tra gli attori di una rete logistica sulla propagazione della domanda finale di un bene. Questa distorsione, conosciuta anche come "Bullwhip Effect" è determinata dalla razionalità limitata degli utenti che rende maggiore l'inefficienza della gestione della Supply Chain, con maggiore intensità quanto più la catena di distribuzione è lunga e quanto maggiore è il Lead Time (tempo di consegna dell'ordine; LT) (Lee e Billington, 1992).

Il disallineamento degli obiettivi strategici legati alla diffidenza da parte dei vari soggetti della Supply Chain a condividere informazioni genera un'amplificazione esponenziale sulla variazione delle vendite partendo dai rivenditori fino alla domanda dei produttori.

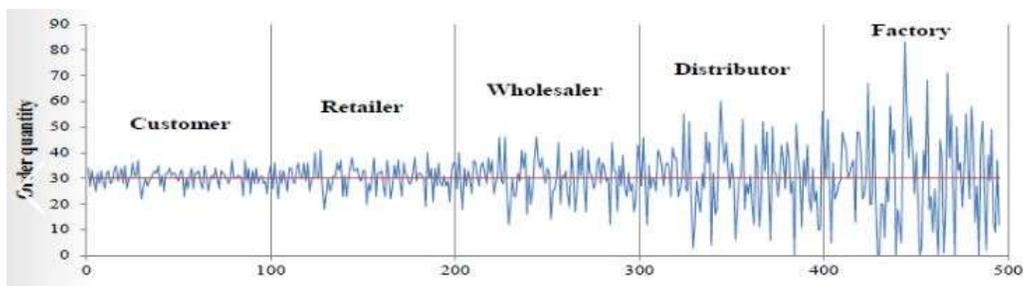


Figura 5 - Rappresentazione grafica del Bullwhip Effect (www.hbr.org)

Tutti questi problemi, legati ad una evoluzione tecnologica rappresentata in primis dall'ingresso delle tecnologie legate ad internet nel mondo della produzione stanno spingendo sempre più la Supply Chain Tradizionale verso una nuova evoluzione al fine di diventare intelligente, migliorare la comunicazione e l'automazione dei meccanismi con l'obiettivo finale di migliorare l'efficienza e diminuire i costi annessi. Questo cambio di paradigma porta ad una ristrutturazione generale della Supply Chain Tradizionale che prende il nome di Digital Supply Chain (Wu, 2016).

La tabella seguente rappresenta la sintesi dei limiti della SC tradizionale trattati in questo paragrafo e le cause che hanno portato ad essi.

LIMITE

Elevati costi fissi generati dalla gestione del processo

Limitata capacità di monitoraggio ed ottimizzazione dei processi

Elevati rischi di gestione ed immagazzinamento legati alle scorte produttive

Razionalità limitata dei vari soggetti della SC (Bullwhip Effect)

Incapacità di supporto delle nuove tecnologie digitali

Tabella 1.1 Limiti della Supply Chain

1.3. Pilastri della Digital Supply Chain

Dopo aver discusso dell'evoluzione storica e manageriale che ha portato negli ultimi anni al cambio del paradigma industriale ed all'emergere della Digital Supply Chain, in questo capitolo si analizzeranno nel dettaglio tutti gli strumenti tecnologici innovativi legati a questo mondo e quali sono i reali benefici della loro applicazione.

Di seguito, nello specifico, verranno trattati i seguenti nuovi concetti caratterizzanti la Digital Supply Chain:

- Cyber-Physical System (CPS)
- Internet of Things (IOT)
- Big Data Analytics
- Cloud Computing
- Blockchain
- Additive Manufacturing
- Advanced Human-Machine Interface
- Augmented Reality
- Autonomous Robot

1.3.1. Cyber-Physical-System (CPS)

I Cyber Physical System (CPS) rappresentano una delle tecnologie chiave, dette anche Key Enabling Technology (KET) dell'Industry 4.0 [4]. Il concetto di CPS è stato introdotto per la prima volta nel 2006 durante un workshop NFS svolto ad Austin, Texas, USA come “un sistema composto da entità collaborative dotato di capacità di calcolo e attori di una connessione intensiva con il mondo fisico ed i fenomeni circostanti, usando e fornendo tutti i servizi di trattamento e comunicazione dei dati disponibili sulla rete” (Lee, 2006).

In altre parole un CPS è un insieme di differenti tecnologie abilitanti, le quali generano un sistema autonomo, intercomunicante ed intelligente e pertanto capace di facilitare l'integrazione tra soggetti diversi e fisicamente distanti. Tutto ciò si basa sulla presenza di oggetti interconnessi i quali, tramite sensori, attuatori ed una connessione di rete, sono in grado di generare e produrre dati di vario genere attraverso la capacità dei sistemi stessi di creare ed affiancare all'aspetto fisico dei prodotti, dei sistemi e dei processi quello virtuale o digitale. Quest'ultimo prende il nome di Digital Twin (Jiang, 2017).



Figura 6 - Schematizzazione CPS (www.ncbi.nlm.nih.gov)

Le tecnologie abilitanti che riguardano i CPS possono essere suddivise in tre sottoinsiemi fondamentali:

- **Sensori integrati** attraverso i quali il CPS è in grado di rilevare autonomamente la sua attuale situazione operativa all'interno dell'ambiente in cui si trova (tipologia, stato, posizione).
- **Attuatori** che servono a svolgere azioni, ovvero a mettere in pratica le decisioni correttive volte ad ottimizzare una situazione o un processo.
- **Intelligenza decentrata** che valutando sia le informazioni dei propri sensori che quelle fornite da altri CPS elabora in tempo reale i possibili scenari di scelta e comunica simultaneamente quello maggiormente adatto.

Inoltre Le funzionalità dell'architettura di un CPS possono essere riassunte in 5 livelli:

- **SMART CONNECTION:** capacità di gestire e acquisire dati resi disponibili in real-time grazie a sensori intelligenti e di trasferirli con specifici protocolli di comunicazione;
- **DATA-TO-INFORMATION CONVERSION:** capacità di aggregare i dati e di convertirli in informazioni a valore aggiunto;
- **DIGITAL TWIN:** capacità di rappresentare in real-time il dominio reale in una realtà digitale;
- **COGNITION:** capacità di identificare diversi scenari e di supportare un corretto processo decisionale;
- **CONFIGURATION:** capacità di fornire feedback alla realtà fisica da quella virtuale e di applicare le azioni correttive prese al livello precedente [5].

Da qui nasce il concetto della Smart Factory, reso possibile dall'implementazione dei CPS nell'ambiente di fabbrica, e in grado di garantire elevati livelli di efficienza nell'utilizzo di impianti flessibili e multifunzionali, e capace di monitorare i mercati e il loro andamento attraverso un dialogo e un'integrazione totale tra impresa e consumatore.

1.3.2. Internet Of Things (IOT)

La connessione IOT e la diffusione naturale di questi dispositivi intelligenti, ciascuno con un comportamento autonomo o semiautonomo consentono, oggi, una produzione significativamente più elevata ed un migliore uso delle risorse umane eliminando imponenti gap informativi sulle condizioni real-time di una fabbrica.

Fino ad oggi i dispositivi esistenti in commercio potevano essere connessi o intelligenti, ma non entrambe le cose. Sistemi come unità di controllo nei motori o termostati, ad esempio, hanno una capacità di elaborazione interna ma non sono in grado di comunicare al di fuori del loro circuito chiuso. Allo stesso tempo sistemi connessi come le reti di comunicazione o più semplicemente gli interruttori della luce possono facilmente trasmettere informazioni ma non possiedono alcuna intelligenza intrinseca. Oggi le grandi corporation usano sistemi e dispositivi che sposano i due concetti fondendoli assieme. Questo è l'Internet Of Things, tradotto letteralmente in “internet delle cose”, una unione di sistemi che sono stati tradizionalmente disparati e che ora lavorano in simbiosi con un unico obiettivo comune (Rong, 2016).

Il termine Internet Of Things venne coniato da Kevin Ashton nel 1999 all'interno di una presentazione rivolta alla società americana Procter&Gamble (P&G), nella quale Ashton presentò un suo studio effettuato presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT) sull'implementazione di sistemi di identificazione a radio frequenza per il miglioramento del flusso informativo della Supply Chain di P&G (Ashton, 2009). Esso è un neologismo riferito all'estensione di internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti. Attraverso chip e sensori inseriti al loro interno, gli oggetti sono in grado di interagire tra di loro e con la realtà circostante. Così il mondo fisico può essere quasi interamente digitalizzato, monitorato e in molti casi virtualizzato.

L'Internet Of Things offrirà in futuro alle organizzazioni impegnate nella gestione della Supply Chain un potente ed innovativo strumento per monitorare

e gestire tutte quelle operazioni che ad oggi rappresentano i punti critici dello sviluppo del mondo produttivo.

Ad oggi il mondo dell'IOT è suddiviso in due sottoinsiemi specifici. Il “Consumer IoT” che include computer indossabili, dispositivi domestici intelligenti e apparecchi collegati in rete e” l’Industrial IoT (IIoT)” che comprende sistemi intelligenti collegati in rete per la produzione di energia, produzione, assistenza medica e trasporto (Hwaiyu, 2017).

Tecnologicamente il Consumer IoT e l’Industrial IoT sono molto più diversi di quanto non possa sembrare. Il Consumer IoT fino ad ora ha attirato molto più interesse in quanto è più comprensibile per la maggior parte delle persone anche se questi in realtà non fanno altro che collegare solo alcuni punti come nel caso di un orologio o un termostato alla rete e non hanno nell’affidabilità un elemento critico. Questi sistemi di tipo puramente consumistico vengono quindi definiti come sistemi “Greenfield” per via del fatto che non esiste un’infrastruttura o un design distribuito che deve essere considerato. Solitamente i Consumer IoT non sono altro che un’evoluzione naturale della connettività dal computer comandato manualmente all’automatizzazione delle cose che ci circondano.

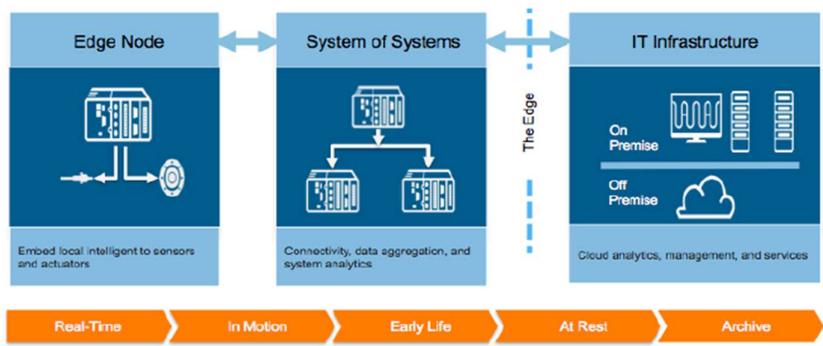


Figura 7 - Architettura di sistema per l'Internet of Things (Ashton, 2009)

L’industrial IoT, invece, avrà un impatto economico molto più ampio e si preannuncia come il futuro strategico della maggior parte delle grandi aziende.

A differenza del primo, l'IIoT avrà il compito di gestire e controllare dispendiosi compiti critici all'interno di un processo produttivo. È evidente che esso dovrà avere dei requisiti ben diversi dal primo sottosistema in quanto, in questo caso, l'affidabilità è spesso un elemento imprescindibile e le eventuali conseguenze di una violazione della sicurezza sono decisamente ad impatto molto più elevato che nel caso dei Consumer IoT. Un'altra grande differenza è legata alla differenza di quantità di punti interconnessi con gli IIoT che comprenderanno, una volta a regime migliaia o milioni di punti.

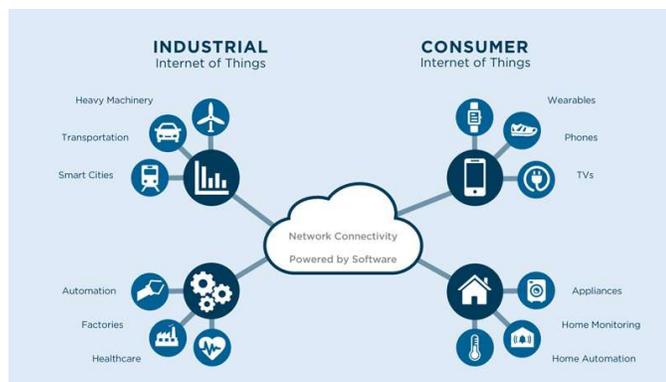


Figura 8 - Sottosistemi dell'IoT (www.isipc.it)

Esistono diversi consorzi di aziende che stanno studiando il mondo dell'IoT e come questo evolverà nel futuro. Il principale di questi per dimensioni e progressi ottenuti è l'Industrial Internet Consortium (IIC) che riunisce sotto la propria egida aziende del calibro di GE, Intel, Cisco, AT&T e IBM. Il suo obiettivo è quello di costruire un'architettura che possa coprire tutti i settori e connettere sistemi come i trasporti, i controlli medici, la produzione di energia, il mondo industriale ed altri [6].

Fino ad oggi i dispositivi connessi erano solitamente collegati ad un server aziendale e solo successivamente, attraverso l'intervento umano i dati presenti sul server venivano inviati al cloud. Un sistema IIoT, invece, prevede che i dispositivi stesi siano in grado di inviare le informazioni e i dati raccolti,

attraverso l'implementazione all'interno del dispositivo di un Gateway in grado di instradare il dispositivo in rete e permettergli la comunicazione con la rete stessa e gli altri dispositivi, direttamente al cloud.

In realtà macchine in grado di connettersi in rete esistono già dai primi anni 70 quando furono introdotte sul mercato le prima macchine dotate di dispositivi PLC (Programmable Logic Controller). Queste erano in grado di rilevare ed immagazzinare dati ma non di interagire con le altre risorse presenti in rete.

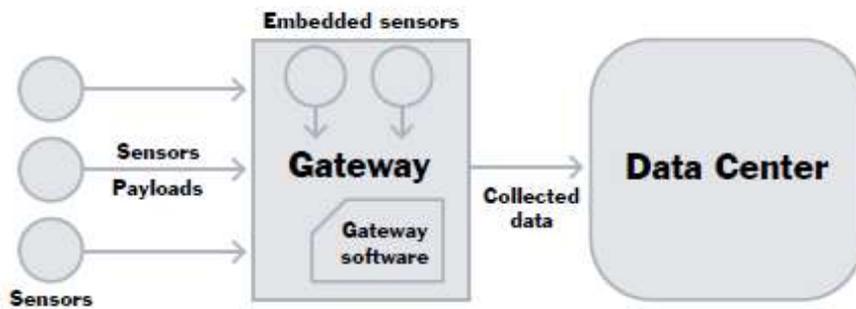


Figura 9 – Sistema IoT con dispositivi direttamente connessi ad internet (www.zemsania.com)

L'obiettivo che si vuole perseguire in futuro è quello di portare il sistema ad un nuovo livello evolutivo. Un livello dove non sarà più necessario programmare manualmente la produzione ad ogni variazione del ritmo di esecuzione in quanto saranno le macchine stesse ad adattare il proprio ritmo sulla base delle informazioni ricevute in tempo reale dalle macchine a monte o a valle di esse. Tutto ciò è possibile solo se i prodotti a loro volta saranno identificati attraverso un codice e potranno a loro volta memorizzare informazioni affinché la macchina in questione sia in grado di riconoscere quali lavorazioni eseguire su uno specifico prodotto in maniera autonoma e provvedere al corretto setup di essa stessa (Hwaiyu, 2017).

Il compito di reperire i dati spetta a sensori e dispositivi elettromeccanici in grado di convertire segnali elettrici o magnetici e convertirli in segnali digitali

per comunicarli a loro volta a lettori installati su ogni macchina. Un esempio di quanto descritto sino ad ora è la tecnologia RFID (Radio Frequency IDentification) che è una tecnologia di identificazione automatica, senza fili e che permette la memorizzazione di informazioni in modo univoco ad un oggetto e la loro trasferibilità mediante onde radio [7].



Figura 10 - Esempio di tag RFID

Nella sua forma più semplice esso si compone di tag, antenna e lettore e fino a poco tempo fa questa tecnologia, non essendo integrata in modo ottimale con i sistemi informativi aziendali risultava fine a sé stessa e solo ora si inizia a capirne la reale potenzialità.

Come per il codice a barre lo scopo della tecnologia RFID è quello di identificare un oggetto e i suoi vantaggi rispetto al primo sono:

- Lettura del tag in modo automatica e non manuale.
- La scansione può avvenire in modo massivo leggendo centinaia di tag, anche se all'interno di un involucro esterno, in modo sequenziale senza dover spaccettare il pallet e leggere un'etichetta alla volta.
- Il tag non necessita di essere pulito o ben disteso per poter essere letto.

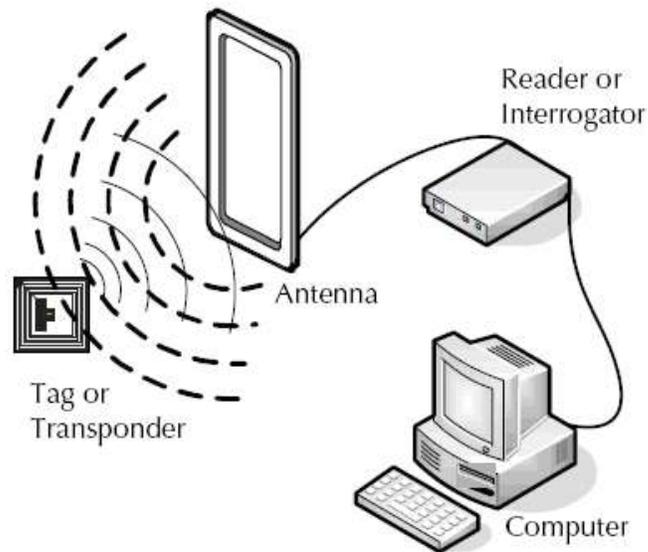


Figura 11 - Tecnologia RFID (www.sciencedirect.com)

I tag possono essere attivi (dotati di un'alimentazione autonoma) o passivi (alimentati dal campo magnetico generato dal lettore stesso) in base alla distanza ed alla necessita di identificare la posizione del tag stesso, possiedono un codice univoco (non modificabile) e sono costituiti da memorie parzialmente riscrivibili o non riscrivibili.

I reader rappresentano il vero sistema di codifica dell'informazione ricevuta dall'antenna e da trasmettere alla rete. Possono operare su diverse tipologie di frequenze in un range che va dai 130 kHz (Low Frequencies) sino ai 5,8 GHz (Micro-Waves) in base alla necessita di lettura ed alle superfici da coprire. Operare con frequenze più alte garantisce, infatti, velocità di trasmissione maggiori, dimensioni delle antenne ridotte, coperture maggiori, ma crea problemi di interferenza, difficoltà di trasmissione in condizioni difficili e di penetrabilità del segnale.

L'implementazione della tecnologia RFID al livello produttivo rappresenta un importante innovazione rispetto alla classica gestione manuale del prodotto in quanto attraverso l'identificazione automatica si otterrebbe un'automatica e

trasparente analisi dei dati evitando così ridondanze ed errori ricorrenti. Altri importanti miglioramenti legati all'implementazione della tecnologia tag sono:

- Forte riduzione dello stock
- Riduzione dei costi di inventari
- Migliore accuratezza e monitoraggio dell'inventario
- Riduzione delle tempistiche di spedizione
- Controllo più veloce e ottimale dei colli di bottiglia
- Aumento delle vendite, grazie alla riduzione dell'out of stock

Una categoria particolare di tag RFID sono i cosiddetti tag NFC (Near Field Communication) utilizzati principalmente per i servizi di marketing e per i pagamenti contactless. Essi hanno un costo più elevato, più memoria e contengono più informazioni. Sono un interessante esempio degli sforzi volti a migliorare la sicurezza dei dati e delle transazioni. Elemento di fondamentale importanza nella diffusione di questa nuova tecnologia fu, oltre ai problemi di integrazione, la paura di condividere le informazioni interne, che per molti anni ha rappresentato uno scoglio fondamentale alla diffusione e all'implementazione dell'RFID, in quanto l'idea di inserire all'interno dei prodotti dei dispositivi in grado di aggiornare le proprie informazioni suscitava sospetti da parte dei consumatori e da parte delle aziende stesse in termini di privacy e sicurezza.

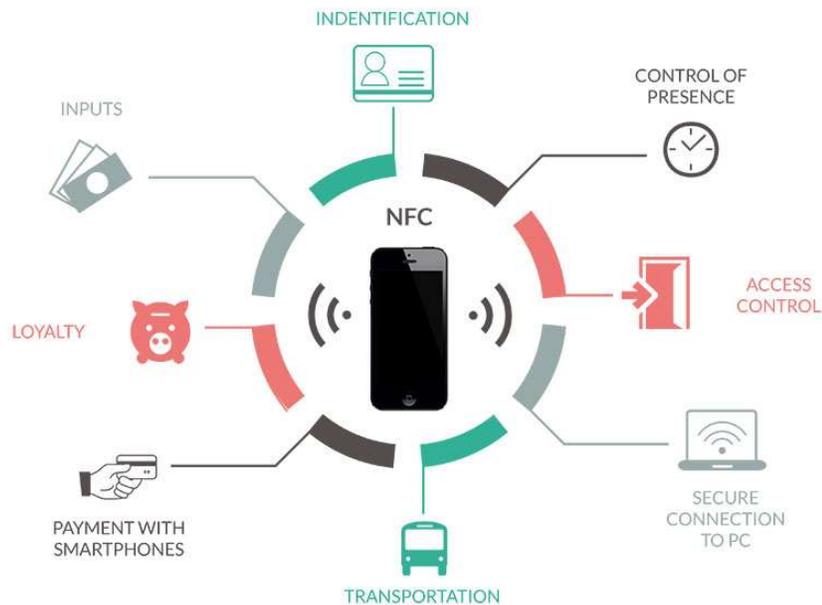


Figura 12 - Tecnologia NFC (<http://www.asiarfid.com>)

Ad oggi i tag microchip rappresentano solo un piccolo esempio di oggetti smart in grado di comunicare con la rete e scambiare dati. Ogni giorno sempre più prodotti, di uso comune, basti pensare agli smartphone ad esempio, vengono equipaggiati con videocamere, sensori, rilevatori di temperatura o di luminosità, orologi, dispositivi wearable e molto altro ancora.

1.3.3. Big Data Analytics

Il processo di acquisizione ed analisi dei dati ottenuti dai CPS attraverso l'implementazione dell'IoT rappresenta il cardine principale attorno a cui ruota la riuscita trasformazione di un impianto in una Smart Factory. Questo perché aver progettato i sistemi, cablato le macchine e implementato l'intero sistema di connessioni costituirebbe un enorme spreco di tempo ed investimenti se i dati ottenuti da essi e dal mondo virtuale venissero semplicemente accantonati. È quindi fondamentale che questi dati vengano immagazzinati, analizzati, filtrati ed utilizzati per ottimizzare i processi da un lato e guidare la clientela dall'altro.

L'informazione è il driver del processo decisionale aziendale a tutti i livelli (strategico, tattico e operativo). Tuttavia la quantità di informazioni e dati generati, e raccolti attraverso le aziende sta crescendo ad un ritmo elevato (Rai et al, 2006).

L'obiettivo di questo processo è quello di identificare modelli comportamentali all'interno dei dati, che alla fine consentano di prevedere il comportamento futuro e, nel caso del mondo produttivo, permettano di ottimizzare e semplificare il processo produttivo e l'intera Supply Chain attraverso l'implementazione del "miglioramento continuo" importato dalla filosofia Lean. Ora, poiché le prestazioni della Supply Chain dipendono in larga parte dalla misura delle informazioni ottenute dai dati, l'applicazione del concetto di Big Data diventa uno degli argomenti principali in un contesto SCM (Kache, 2017).

Il termine Big Data è stato usato per la prima volta da Michael Cox e David Elisworth nel 1997 e fu definito come "una raccolta di dati digitali le cui dimensioni e la cui complessità sono tali da necessitare di strumenti di gestione diversi da quelli usati per le normali banche dati, al fine di garantire analisi accurate ed interrogazioni sufficientemente veloci" (Cox, 1997). Un'altra definizione è successivamente stata fornita dal National Institute of Standard and Technology (NIST) che ha parlato di Big Data come "una quantità di dati caratterizzata da un elevato volume, varietà, variabilità e velocità di acquisizione che richiede un'architettura scalabile per un efficiente immagazzinamento, analisi e manipolazione di essa" (NIST, 2015).

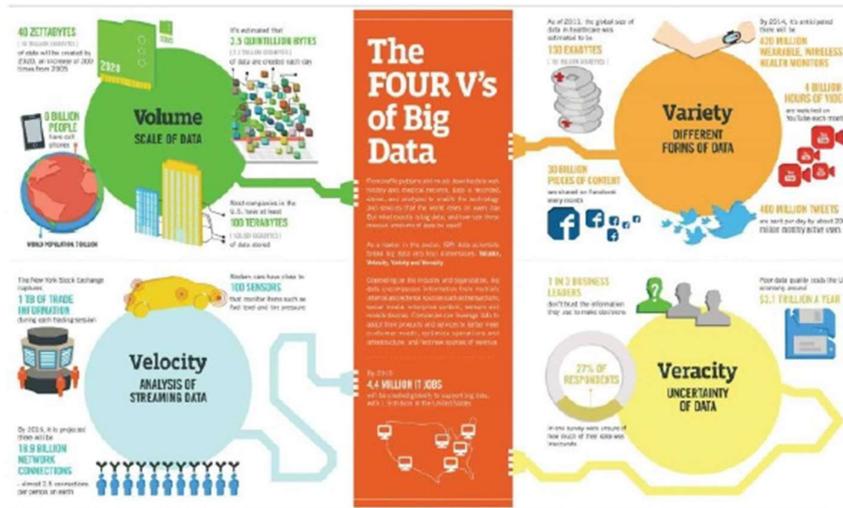


Figura 13 - Le 4 V dei Big Data (<http://www.ibmbigdatahub.com>)

Fondamentale è evidenziare le caratteristiche essenziali che i dati dovranno avere e che sono divenute note come le 4V:

- **VOLUME:** I Big Data implicano enormi quantità di dati, utilizzati in diversi processi che vanno dalla raccolta, all'archiviazione sino all'elaborazione ed all'aggiornamento dei dati stessi.
- **VELOCITÀ:** I Big Data vengono spesso raccolti in tempo reale, ad alta velocità, da fonti come imprese, macchine, social media o interazioni umane tramite dispositivi mobili. Una volta ricevuto il dato la velocità con cui esso può essere archiviato, consultato, elaborato, analizzato e visualizzato diventa cruciale.
- **VARIETÀ:** I Big Data provengono da molte fonti e possono essere omogenei (strutturati) o eterogenei (non strutturati). È quindi evidente che questi possano costituire nel loro insieme una elevata varietà e complessità rendendo quindi più complicata anche la loro eventuale analisi.

- VERACITÀ: La quantità dei dati raccolti, come abbiamo visto, può variare in quantità, origine e struttura e ciò influisce sulla precisione dell'analisi dei dati. La veracità denota la completezza e l'accuratezza dei dati e l'analisi della qualità affinché essi possano fornire un reale valore aggiunto nel processo decisionale. Vi sono infatti molte incertezze nel processo di acquisizione di dati che potrebbero anche presentarsi come dati "sporchi" o denotare certe "irregolarità" (Hwaiyu, 2017).

Il tentativo di dare un senso a questa crescente massa di dati prende il nome di Big Data Analytics. Il NIST descrive il ciclo di vita dei dati nel quadro del "Big Data Interoperability Framework" suddividendo il processo nei seguenti passaggi:

- RACCOLTA: In questa fase i dati grezzi vengono raccolti ed archiviati.
- PREPARAZIONE: I dati grezzi vengono analizzati, puliti e vi è una prima organizzazione delle informazioni.
- ANALISI: Vera e propria fase di analisi dei dati basata sulle informazioni pulite ed organizzate in precedenza.
- AZIONE: In output si avranno le informazioni utili per generare valore per l'impresa

La Big Data Analytics è il processo di analisi dei Big Data per scoprire schemi nascosti, correlazioni sconosciute ed altre informazioni utili che possono essere utilizzate per prendere decisioni migliori. I Big Data di solito includono insiemi di dati con dimensioni che vanno oltre la capacità degli strumenti software

comunemente usati di acquisire, curare, gestire ed elaborare i dati entro un tempo trascorso tollerabile (Queiroz, 2018).

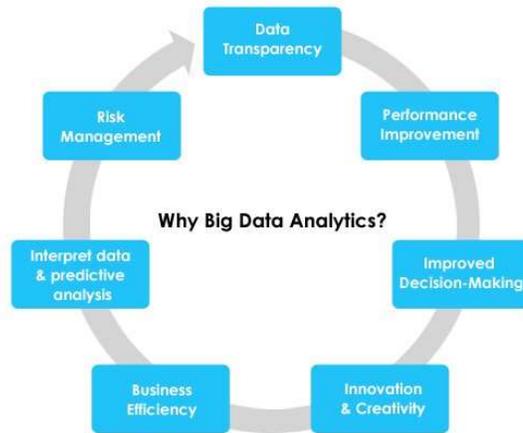


Figura 14 - Big Data Analytics process (www.varsigma.com)

Per il mondo industriale la corretta implementazione dei Big Data Analytics ha un potenziale enorme in quanto permetterebbe, ad esempio, di ottenere enormi vantaggi in termini di costi dalla riduzione di questi legati a fermi macchina imprevisti, consentendo così alle aziende di ridurre gli investimenti nei buffer ed ai partner di gestire una Supply Chain più snella eliminando i rischi di approvvigionamento.

Uno dei principali problemi che gli studiosi dei Big Data hanno dovuto risolvere è legato all'immagazzinamento dei dati. È evidente che dover immagazzinare ingenti quantità di dati da fonti diverse per tipologia e posizione geografica in un tempo relativamente breve mal si coniuga con i vecchi sistemi locali di cui fino ad oggi le imprese si sono servite. Di conseguenza ci si è rivolti al mondo dei servizi cloud per l'immagazzinamento dei dati definiti con il nome di Cloud Computing che verranno meglio definiti nel prossimo paragrafo.

Questa necessita di esternalizzare i propri dati e affidare la loro analisi a personale esterno rappresenta un'importante innovazione nel mondo aziendale e ha posto in evidenza il discorso legato alla sicurezza. Infatti i vecchi sistemi fatti di “clausole di riservatezza su trattamento dei dati” mal si accostano ad un nuovo mondo di dati condivisi, memorizzati su server connessi alla rete e che comunicano con altri dispositivi connessi a loro. Così come per la piattaforma IoT, quindi, anche i Big Data devono garantire elevati standard di sicurezza e privacy sulla conservazione, e sull'uso di dati e relativi metadati. A questo fine, oggi, si sta prestando particolare attenzione anche allo sviluppo spinto di nuovi antivirus che possano garantire sistemi di crittografia dei dati ad elevate cifrature (sino a 2048 bit) oltre alla creazione di processi di condivisione delle risorse informatiche fra più utenti attraverso la creazione di database informatici, come nel caso della Blockchain (Paragrafo 1.3.5) al fine di evitare di avere tutti i dati concentrati su un unico server (Hwaiyu, 2017).

1.3.4. Cloud Computing

Dopo aver analizzato gli strumenti per l'acquisizione dei dati (CPS) connessi attraverso la rete in modo da poter dialogare fra loro (IoT) al fine di avere una raccolta dati (Big Data) che possa essere la base per futuri miglioramenti ed ottimizzazioni in campo industriale ci si è posti il problema di dove poter salvare questa enorme mole di dati che per alcuni studiosi del settore, una volta a regime sarà dell'ordine degli zettabyte, ovvero miliardi di terabyte. Risulta infatti evidente che i vecchi sistemi locali di salvataggio e consultazione di dati mal si prestano ad una tale quantità di dati ed è quindi richiesta una potenza di calcolo parallelo e massivo con strumenti dedicati eseguiti su decine, centinaia o anche migliaia di server (Jacobs, 2009).

La soluzione a tutti questi problemi è offerta da ciò che in informatica è noto con il termine inglese Cloud Computing è “un paradigma di erogazione di risorse informatiche, come l'elaborazione o la trasmissione di dati, caratterizzato

dalla disponibilità on demand attraverso internet a partire da un insieme di risorse preesistenti e configurabili”. Un’altra definizione è stata fornita dal NIST per il quale “Il Cloud Computing `e un modello onnipresente, conveniente e che abilita l’accesso on-demand tramite la rete a un pool condiviso di risorse di elaborazione configurabili (ad es. reti, server, immagazzinamento, applicazioni e servizi), che possono essere erogate e liberate in modo rapido tramite attività di gestione o interazione con i service provider” (Mell, 2011).

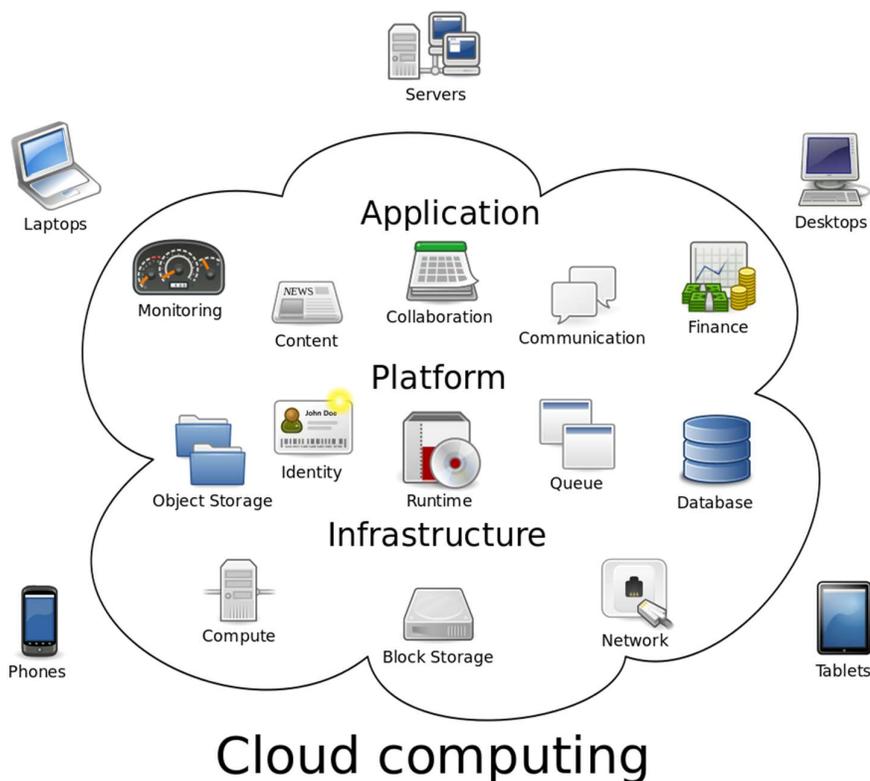


Figura 15 - Cloud Computing (<https://ricominciada4.fondirigenti.it>)

Il cloud si configura quindi come il luogo di lavoro “virtuale” a cui ogni utente può accedere sfruttando una molteplicità di applicazioni e strumenti, senza che vi sia bisogno di installare fisicamente qualcosa. Per sfruttare la nuvola, infatti è

sufficiente possedere un device (dallo smartphone al laptop) ed un accesso ad internet. Così facendo l'utente finale può gestire le risorse offerte dal provider secondo un nuovo paradigma di utilizzo che passa dal vecchio "on premises" inteso come installazione ed esecuzione del software direttamente su una macchina locale intesa come singola postazione di lavoro, al nuovo "on demand" in cui le risorse sono accessibili via internet e tipicamente ospitate da un fornitore di terze parti.

I due approcci non si differenziano solo per il nome ma anche per altri aspetti come per il metodo di pagamento che per il cloud viene definito un pagamento on-demand mentre per i servizi on-premise vi è un tradizionale investimento iniziale, o per la possibilità di personalizzazione che nei sistemi cloud è più limitata a meno che non si sia disposti a pagare un prezzo aggiuntivo, ed infine per il funzionamento che nel caso di piattaforme cloud sono indipendenti e quindi permettano l'uso ed il funzionamento su qualunque browser.

Ma quello che forse rappresenta il vero punto di vantaggio della soluzione cloud è la flessibilità. Con questa soluzione, infatti, ogni azienda può tranquillamente richiedere l'utilizzo di un ben determinato volume di risorse, pagando solo per quelle con la possibilità di aumentare o diminuirle a seconda delle esigenze, senza sprechi [8].

Il cloud computing può essere suddiviso in base alle tipologie fondamentali di servizi in:

- SaaS (Software as a Service)
Consiste in un'applicazione che viene offerta al cliente tramite browser, senza la necessità di installare alcun software sul proprio device, ed ha un modello di fatturazione solitamente "per utente", ovvero un canone mensile che viene applicato al singolo utente ed al suo account. In passato la stessa filosofia di funzionamento veniva usata anche con l'acronimo, oramai in disuso, ASP (Application service provider). L'SaaS è uno dei termini più vecchi della sfera del cloud ed è forse il più diffuso

nell'ambito del CRM come nel caso di multinazionali del calibro di Salesforce, Google Analytics o FreshBooks.

Caratteristica principale dei servizi SaaS è la loro completa autonomia operativa. I clienti, infatti non devono preoccuparsi di nessun aspetto tecnico ma devono solo utilizzare l'applicazione, in quanto sarà il fornitore del servizio ad occuparsi della "scalabilità" della stessa, dei server e della sicurezza necessaria ad erogare il servizio. Ulteriori declinazioni del modello sono rappresentate da:

- DaaS (Data as a Service)

In questo caso vengono messi a disposizione via web solamente i dati ai quali gli utenti possono accedere tramite qualsiasi applicazione come se fossero residenti su un disco locale.

- Haas (Hardware as a Service)

Rappresenta un servizio attraverso il quale l'utente invia dati ad un computer che vengono elaborati

- PaaS (Platform as a Service)

A differenza del SaaS, invece che l'accesso ad uno o più programmi singoli, all'utente viene fornita una piattaforma software che può essere costituita da diversi servizi, programmi, librerie, ecc. Il cliente accede ad un vero e proprio framework distribuito che può essere utilizzato per scrivere le sue applicazioni, per replicarle e facilitarne il funzionamento anche al crescere delle visite. Il cloud computing di tipo PaaS è infatti pensato soprattutto per gli sviluppatori che vogliono scrivere le loro applicazioni dotandole di una infrastruttura di cloud computing completamente "managed". Sarà lo stesso software di base ad occuparsi di aumentare le risorse o diminuirle in base alle richieste delle applicazioni, mentre da parte degli sviluppatori non è necessario alcun

intervento sul sistema, né per installare nuovi componenti. Recentemente servizi di questo tipo sono stati implementati da Google (Google AppEngine) e Microsoft (Microsoft Azure)

- IaaS (Infrastructure as a Service)

È l'ultimo livello della struttura in cui oltre alle risorse virtuali in remoto, vengono messe a disposizione anche risorse hardware, come ad esempio server, sistemi di memoria o archivi e backup. Si tratta di un vero e proprio accesso con privilegi di amministratore ad una architettura cloud. I clienti possono creare più istanze virtuali (senza limiti di numero) ed usufruire delle risorse dell'infrastruttura cloud per far funzionare le loro macchine. Si tratta quindi di piattaforme cloud molto sviluppate, pensate per consentire ai clienti di chiedere risorse in tempo reale, passando da 10 a 1000 istanze in pochi minuti e soprattutto fornendo loro strumenti che permettano di gestirle. Esempio di questa struttura è il modello di Amazon EC2 nel quale il cliente può utilizzare il server liberamente, installando il sistema operativo che preferisce e utilizzandolo in unione ad altre istanze virtuali per bilanciare il carico delle sue applicazioni online (Magoulès, 2009).

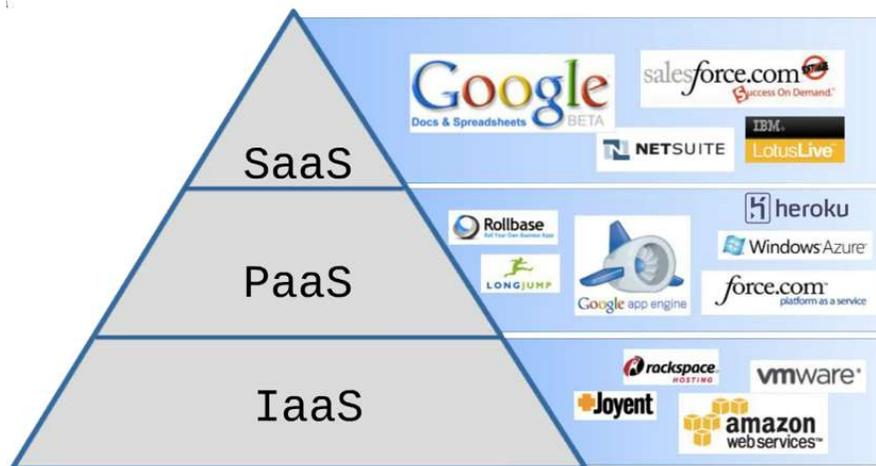


Figura 16 – Modelli di servizio con relativi esempi (www.microsoft.com)

L'architettura informatica del cloud computing si basa su uno o più server reali, a seconda delle capacità di calcolo richieste, fisicamente collocati presso i data center dei fornitori del servizio, assicurati da diversi protocolli di sicurezza per garantire l'inviolabilità dei dati presenti. Il cliente a sua volta accede, via browser o specifica applicazione, ai dati attraverso l'utilizzo di una serie di interfacce create appositamente dal fornitore per accedere al servizio richiesto o amministrarlo.

Così come per i paragrafi precedenti, ancor di più nel caso del cloud computing esistono numerosi aspetti legati alla sicurezza ed alla privacy dei dati contenuti. Nel corso degli ultimi anni stiamo assistendo ad una evoluzione di tecniche sempre più raffinate legate soprattutto alla volatilità delle informazioni memorizzate nei cloud ed alla crittografia utilizzata per proteggere i dati.

Tra i principali problemi legati al mondo della sicurezza sono degni di nota:

- Ricerche di mercato e profilazione dell'utente
Utilizzare un servizio di cloud computing per memorizzare dati personali o sensibili, espone l'utente a potenziali problemi di violazione della privacy. I dati personali vengono memorizzati nelle Server Farms di aziende che spesso risiedono in uno stato diverso da quello dell'utente. Il cloud provider, in caso di comportamento scorretto o malevolo, potrebbe accedere ai dati personali per eseguire ricerche di mercato e profilazione degli utenti. A questo problema, recentemente, la comunità europea ha iniziato a applicare soluzioni correttive come nel caso della normativa GDPR (General data Protection Regulation) recentemente entrata in vigore.
- Pirateria informatica
Con i collegamenti wireless, il rischio sicurezza aumenta e si è maggiormente esposti ai casi di pirateria informatica a causa della minore sicurezza offerta dalle reti senza fili.

- Spionaggio industriale

Rappresenta il principale ostacolo alla diffusione dei servizi cloud nel mondo industriale in quanto nel caso di industrie o aziende, tutti i dati memorizzati nelle memorie esterne potrebbero essere seriamente esposti a eventuali casi di spionaggio industriale. L'impegno delle case fornitrici di servizi per proteggersi da questo rischio è costantemente proteso verso un'evoluzione dei sistemi di difesa e crittografia dei dati (Mantelero, 2010)

- Continuità del servizio

Rischio che si corre nell'affidare la gestione e l'elaborazione dei dati a servizi esterni che potrebbero diventare non operativi o subire malfunzionamenti che rendano il recupero dei dati quanto meno difficoltoso se non, in extrema ratio, impossibile. Per questo motivo le aziende fornitrici utilizzano architetture ridondanti e spesso molto sovrapotenziata rispetto alla reale necessità ed inoltre si avvalgono della consulenza di personale esperto (Mourtzis, 2016).

Un caso a parte è rappresentato dalla possibilità di avere una connessione internet adeguata sia in entrata che in uscita come velocità e banda sfruttabile onde evitare il rischio di paralisi

- Difficoltà di migrazione de dati

Un rischio residuale dovuto al fatto che ad oggi non esiste uno standard definito tra i gestori dei servizi e soprattutto non esiste una vera e propria normativa che tuteli i clienti nel caso di fallimento de gestore dei servizi. La soluzione a questo problema è facilmente implementabile attraverso una normativa che garantisca ai clienti il recupero dei dati, così come avviene per i servizi telefonici (Portabilità del proprio numero telefonico) [9].

1.3.5. Blockchain

La Blockchain, in italiano “catena di blocchi”, consiste in quel processo secondo il cui un insieme di soggetti condivide risorse informatiche (memorie, CPU, banda) con l’obiettivo di rendere disponibile alla comunità di utenti un database virtuale solitamente di tipo pubblico, la cui caratteristica fondante è che ogni individuo connesso alla rete possiede una copia dei dati costituendosi quindi come un database decentralizzato. È un modello fondato su due assunti fondamentali, da un lato l’utilizzo di protocolli di aggiornamento e sicurezza fra i più avanzati e dall’altro sulla reciproca fiducia che ogni soggetto della Blockchain deve necessariamente avere verso tutti gli altri partecipanti (Benedetti, 2016).

I primi a parlare di Blockchain furono nel 1991 Stuart Haber e W. Scott Stornetta, mentre il primo Blockchain distribuito fu concettualizzato da una persona anonima o da un gruppo di persone che vanno sotto il nome di Satoshi Nakamoto nel 2008 ed implementato l’anno seguente come componente principale della valuta digitale Bitcoin dove funge da libro mastro pubblico per tutte le transazioni[10].

Una successiva evoluzione del Blockchain si ebbe nel 2014 spingendo gli esperti a parlare di “Blockchain 2.0”. In questa nuova versione oltre alle normali transazioni già permesse fu implementato lo scambio di valute senza l’ausilio di organizzazioni intermediarie facendo sì che questa tecnologia diventasse totalmente indipendente rispetto al classico concetto di economia inteso come mero scambio di moneta. È infatti importante notare come il Blockchain dia, per la prima volta nella storia, la possibilità a chiunque di poter monetizzare le proprie informazioni garantendo allo stesso tempo il più totale anonimato (Tapscott, 2016).

Una Blockchain è fondamentalmente un registro aperto e distribuito che, sfruttando la tecnologia peer-to-peer, può memorizzare le transazioni tra due parti in modo sicuro, verificabile e permanente. Una volta scritti, i dati in un

blocco non possono essere retroattivamente alterati senza che vengano modificati tutti i blocchi successivi ad esso, il che, per la natura del protocollo e dello schema di validazione, necessiterebbe il consenso della maggioranza della rete. I blocchi inoltre vengono creati ogni qualvolta qualcuno accede al database, diventando esso stesso un nuovo nodo della rete. In questo modo ogni individuo connesso alla rete diventa automaticamente parte del database virtuale in cui sono scritte le informazioni eliminando il vincolo della localizzazione fisica dei dati (Iansiti, 2017).

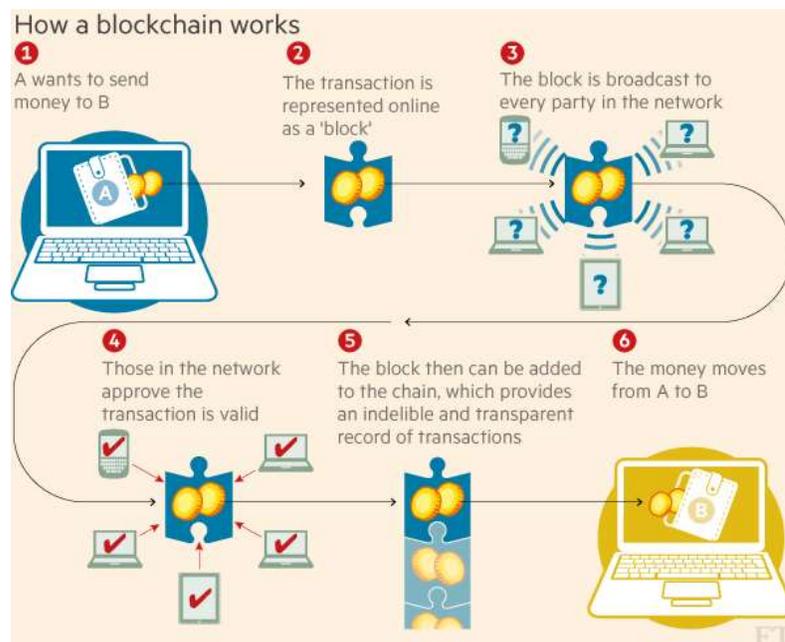


Figura 17 - Funzionamento Blockchain (www2.deloitte.com)

La Blockchain si configura quindi come una lista in continua crescita di record, chiamati “blocks” che sono collegati tra loro mediante l’uso della crittografia. Le transazioni vengono distribuite sui nodi che la convalidano, inserendole nel primo blocco libero disponibile. Un sistema di time stamping decentralizzato, ovvero che non necessita di una sola ed unica risorsa centrale come può essere un server, impedisce che la stessa quantità di Bitcoin venga usata per compiere

due acquisti o che la traccia della transazione venga cancellata o modificata. Diventa così possibile pubblicare tutte quelle applicazioni e quei dati che oggi, per sicurezza e per privacy, risiedono su server proprietari e privati.

Una Blockchain può essere pubblica o privata: nel primo caso chiunque acceda alla rete può disporre della copia aggiornata del codice e diventare un nodo della rete; si ha una Blockchain privata qualora invece solo alcuni soggetti verificati ne possano far parte e l'autenticazione delle transazioni avvenga sulla base di regole prestabilite.

La formazione della “catena di blocchi” avviene attraverso un processo che in informatica viene denominato Merkle Tree (o Hash Tree) dal nome di Ralph Merkle che lo brevettò nel 1979. In pratica i blocchi si configurano come un albero in cui ogni nodo foglia è etichettato con l'hash di un blocco dati e ogni nodo non foglia è etichettato con l'hash crittografico delle etichette dei suoi nodi figli. Gli hash consentono una verifica efficiente e sicura dei contenuti di grandi strutture di dati [11].

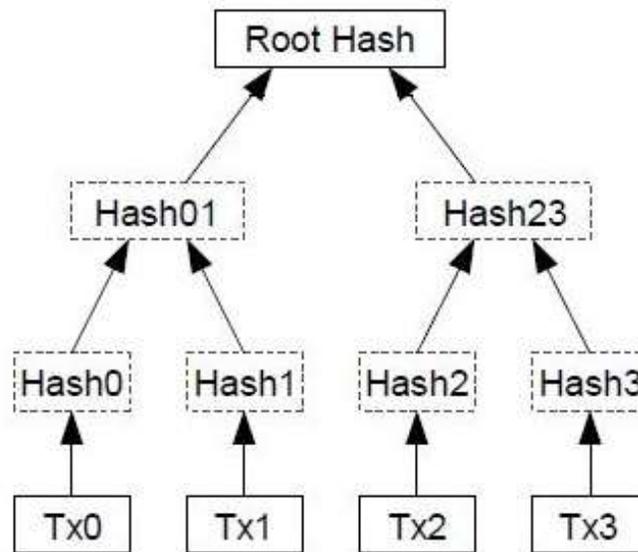


Figura 18 - Esempio di Merkle Tree (<https://blockonomi.com/merkle-tree/>)

Le biforcazioni nella catena saranno la conseguenza della generazione contemporanea di due blocchi. Ogni Blockchain, oltre ad una cronologia basata su un hash sicuro, ha uno specifico algoritmo per segnare diverse versioni della cronologia che si va a creare con le biforcazioni in modo che una con un valore più alto possa essere selezionata rispetto alle altre. I blocchi non selezionati per l'inclusione nella catena sono chiamati blocchi orfani (Lee Kuo Chuen, 2015).

La Blockchain recentemente ha attirato l'attenzione del mondo IoT grazie alle importanti prospettive di sviluppo in termini di sicurezza informatica. IBM e la principale compagnia di navigazione Maersk hanno testato l'applicazione della Blockchain nella logistica ed hanno mostrato in un PoC (Proof of Concept) che una quest'ultima può essere utilizzata per tracciare i container durante il processo di spedizione. L'obiettivo del progetto era ridurre lo sforzo e il lavoro di ufficio necessari per la spedizione. Attraverso la piattaforma, tutti gli attori della catena di approvvigionamento possono accedere alle informazioni che sono rilevanti per loro e possono agire su di essa. Riducendo i documenti, fornendo informazioni importanti più rapidamente e prevenendo le frodi, IBM e Maersk sperano di ridurre drasticamente i costi di spedizione.

Allo stesso modo altre start-up in giro per il mondo, come nel caso della Project Provenance Ltd., stanno cercando di garantire la tracciabilità delle certificazioni ed altre informazioni importanti dei prodotti attraverso l'implementazione di esse su una Blockchain. L'idea è che ogni prodotto ottenga un "passaporto digitale" che ne provi l'autenticità e aiuti a determinarne l'origine, impedendo in tal modo la vendita di prodotti contraffatti.

In ambito prettamente Industry 4.0, invece l'applicazione della Blockchain può essere la soluzione per quelli che sono i problemi relativi all'identificazione dei dispositivi IoT e nella riduzione della vulnerabilità dell'intero sistema. Registrare i dispositivi con la creazione di un'identità digitale di questi su una Blockchain li renderebbe difficili da manipolare una volta implementati. Sempre a proposito di manipolazione di dati, l'eventuale salvataggio dei Big Data all'interno di una

Blockchain sarebbe la garanzia della correttezza e non modificabilità di questi a posteriori [12].

Queste sono solo alcune delle potenzialità che la tecnologia della Blockchain propone nell'ambito dell'industry 4.0. È evidente che per convalidare le potenziali applicazioni della tecnologia Blockchain e valutare gli sviluppi futuri prevedibili, è necessario prima determinare la fase attuale di essa e sulla base di questa valutazione si potrà indagare su quali siano le sfide tipiche che le aziende affronteranno durante l'implementazione e lo sviluppo delle future "soluzioni Blockchain". In ogni caso, diversi enti, principalmente bancari, come UBS, Santander e Unicredit, hanno aperto centri di ricerca dedicate alla Blockchain per esplorare le varie implicazioni che questa nuova tecnologia può avere nell'ambito dei servizi finanziari e per incrementarne l'efficienza e ridurre i costi e come riportato dal Forum Economico Mondiale (Settembre 2015) si prevede che entro il 2025 il dieci per cento del PIL mondiale sarà archiviato su Blockchain o tecnologie sfruttanti questa tecnologia (Marr, 2016).

1.3.6. Additive Manufacturing

Fino ad ora si è parlato di come le informazioni possano circolare all'interno ed all'esterno di un ambiente produttivo. Sono state analizzate le tecnologie alla base del nuovo modello di comunicazione uomo-macchina e di come queste possano relazionarsi con il mondo che le circonda e come queste informazioni saranno trattate ed analizzate nel futuro. Ma il concetto di Smart Factory non riguarda solo il mondo virtuale dei dati e dell'informazione ma anche quello puramente pratico della produzione come nel caso dell'Additive Manufacturing (AM).

L'AM, in realtà non rappresenta una vera e propria novità nel panorama produttivo essendo già stato introdotto dalla prima metà degli anni ottanta con il nome di stampa 3D. Oggi le tecnologie di fabbricazione additiva stanno

uscendo dall'ambito in cui erano destinate, come la produzione di prototipi, per divenire uno strumento di produzione di massa.

Con l'espressione AM si intende l'insieme di processi di produzione di fabbricazione additiva partendo da modelli digitali, in contrapposizione alle tradizionali tecniche sottrattive (lavorazione per asportazione, taglio e foratura). Il processo di stereolitografia, tecnica che per molti anni è stata alla base dell'AM, parte da un modello CAD 3D che viene suddiviso in strati da un software integrato nel sistema di controllo della macchina, o da servizi on-line e successivamente lo schema di strati risultanti guida la stampante nella deposizione, o sinterizzazione, del materiale [13].

La definizione originale dell'AM la diede l'inventore del processo, Chuck Hull, nel 1986 definendola come "Un sistema per generare oggetti tridimensionali basato sulla creazione di un modello trasversale dell'oggetto da costituire, sulla superficie di un medium fluido capace di alterare il suo stato fisico in risposta a stimoli sinergici quali radiazione incidente, bombardamento di particelle o reazioni chimiche, in lamine adiacenti che rappresentano le sezioni trasversali adiacenti successive dell'oggetto che si integrano tra loro, provvedendo ad una progressiva crescita per apposizione dell'oggetto desiderato, per cui un oggetto è creato da una superficie sostanzialmente planare del medium fluido durante il processo di formazione" (Hull, 1986).

I materiali maggiormente utilizzati nello stampaggio 3D sono i polimeri, grazie alla loro facilità di lavorazione, ma in ambito industriale non è raro che vengano utilizzati anche i metalli, le ceramiche e altri materiali compositi sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche richieste dal prodotto finito. La svolta nell'utilizzo di questa tecnologia è consistita nella scadenza di alcuni brevetti chiave che hanno portato al crollo del costo delle stampanti con la conseguenza espansione esponenziale.

La produzione con tecniche tradizionali resta ad oggi la soluzione migliore dal punto di vista economico per la produzione di componenti in serie con un'alta

domanda ed una richiesta costante nel tempo. Essa infatti garantisce un elevato volume produttivo con al tempo stesso la riduzione dei tempi morti attraverso la suddivisione del lavoro in attività elementari sequenziate e descritte in un ciclo di lavorazione. Esiste però un mercato secondario con domanda incerta e volume di produzione relativamente basso che è quello dei pezzi di ricambio per cui le nuove tecnologie di produzione come l'AM aprono nuovi scenari. Fino ad oggi la domanda incerta di questa tipologia di prodotto costringeva i produttori a mantenere un certo livello di giacenza delle scorte al fine di poter soddisfare in maniera tempestiva le eventuali richieste dei clienti. Questo sistema costringe i produttori ad assumersi il rischio di una certa percentuale di invenduto ed allo stesso tempo li obbliga a mantenere in condizioni efficienti tutta l'attrezzatura per la produzione al fine di poter reintegrare periodicamente le scorte. Il loro reintegro, inoltre, costringe il produttore ad interrompere la produzione in essere con relativi tempi morti di attrezzaggio, cambio stampo, ecc.

La tecnica dell'AM si presenta in questo quadro produttivo come una soluzione flessibile in grado di separare la produzione di prodotti destinati al mercato dei ricambi da quello della produzione in serie di componenti per la produzione di nuovi veicoli, riducendo l'incertezza della domanda passando da una produzione per magazzino ad una su richiesta. Tutto ciò garantendo al contempo la creazione di particolari dalle geometrie complesse, elevata resistenza meccanica ed elevata precisione [14].

I principali vantaggi della stampa 3D sono da ricercare innanzi tutto nell'inesistenza di vincoli legati alla forma del pezzo da produrre. Sarà infatti sufficiente realizzare eventuali supporti ad hoc per le forme più complesse, dotate di sbalzi o superfici irregolari da rimuovere successivamente una volta terminata la stampa. Un altro grande vantaggio consiste nell'eliminazione degli scarti di produzione, essendo la stampa seguita e guidata costantemente da un computer, ed allo stesso tempo dei costi di manodopera ed assemblaggio per via della possibilità di stampare componenti e meccanismi già assemblati. Infine

in vista futura un possibile vantaggio sarà quello dell'eliminazione dei costi di trasporto in quanto sarà sufficiente progettare il particolare da inviare telematicamente al cliente che poi provvederà in proprio allo stampaggio del particolare. Dal punto di vista dello sviluppo di nuovi prodotti si assiste ad una drastica riduzione del "time to market": c'è la possibilità di produrre piccoli lotti da immettere subito sul mercato per testarne l'efficacia e l'appetibilità, fare le modifiche necessarie in base ai feedback dell'utenza, e avviare poi la produzione su larga scala. Inoltre la grande flessibilità di questa tecnologia permette la realizzazione di prodotti personalizzati senza costi aggiuntivi e, nello stesso lotto di produzione, è possibile creare pezzi diversi uno dall'altro, creati su misura, senza dover attrezzare diversamente la macchina.

Esistono diverse tecnologie per l'AM che si differenziano principalmente per il modo in cui sono stampati gli strati. Alcuni metodi usano materiali che si fondono o si ammorbidiscono con il calore, mentre altri depongono materiali liquidi che vengono successivamente fatti indurire con tecnologie diverse. Ogni metodo presenta vantaggi e svantaggi che è importante analizzare prima di procedere con l'avvio della produzione. I principali metodi di stampa utilizzati nell'AM sono:

- Fused Deposit Modeling
- Stampa a getto d'inchiostro
- Stereolitografia
- Selective Laser Sintering
- Direct Metal Laser Sintering
- Laminated Object Manufacturing
- Electron Beam Melting

Fused Deposit Modeling (FDM)

Tecnologia inventata alla fine degli anni ottanta da S. Scott Crump, consiste nella costruzione di un modello fisico per estrusione di un filamento metallico o polimerico che, raccolto in apposite bobine, attraverso una serie di rulli viene depositato su una testa di estrusione guidata a sua volta da una macchina a controllo numerico che si occupa di definire le esatte coordinate (secondo i tre assi cartesiani) in cui depositare il composto fuso. La fusione di questo avviene per riscaldamento. Infatti la testa di estrusione attraverso una serie di resistenze elettriche presenti al suo interno viene riscaldata alla temperatura di fusione del materiale prescelto e mantenuta alla giusta temperatura per tutto il processo attraverso la regolazione dell'intensità di corrente.

Per la creazione di eventuali cavità, sporgenze o aree vuote, possono essere utilizzati polimeri termoplastici solubili in grado di evaporare una volta completato il processo di produzione e asciugatura del particolare.

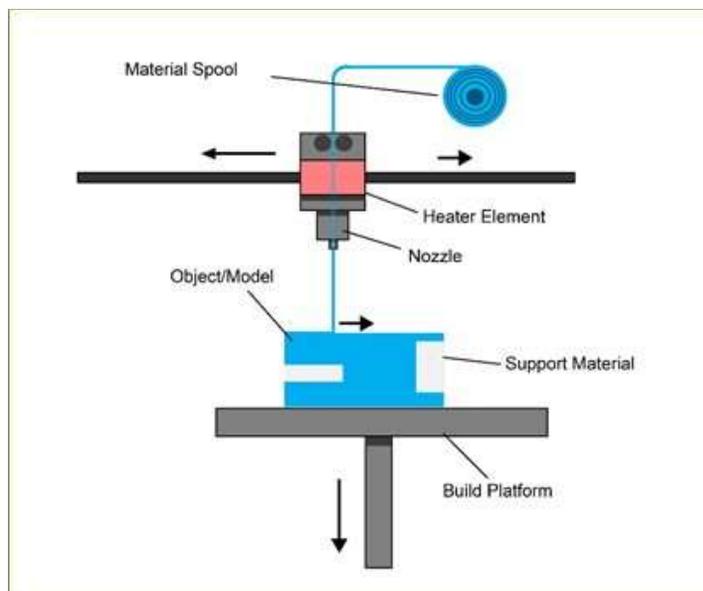


Figura 19 - Processo FDM (www.tth.com)

Il materiale termoplastico più utilizzato è l'Acrilonitrile Butadiene Stirene (ABS) per applicazioni dove non è richiesta una particolare resistenza ai carichi, in questo caso viene invece utilizzato il polycarbonato.

I vantaggi di questa tecnica sono la semplicità di utilizzo, la resistenza meccanica dei particolari ottenuti e la possibilità di creare geometrie complesse [15].

Stampa a getto d'inchiostro (IJM, MJM)

Processo simile a quello delle comuni stampanti a getto d'inchiostro. Il processo pratico si basa sulla deposizione di strati liquidi fotopolimerici sensibili ai raggi ultra violetti e quasi in contemporanea due potenti lampade UV provvedono al loro indurimento. Più precisamente una serie di pompe trasportano due resine, quella che serve per realizzare il modello e quella che serve come supporto, dalle cartucce ai serbatoi della testina. La testina provvede a deporre in modo appropriato le resine; in particolare la resina "modello" è depositata dove c'è il volume del prototipo, invece quella di supporto si utilizza per riempire le cavità.

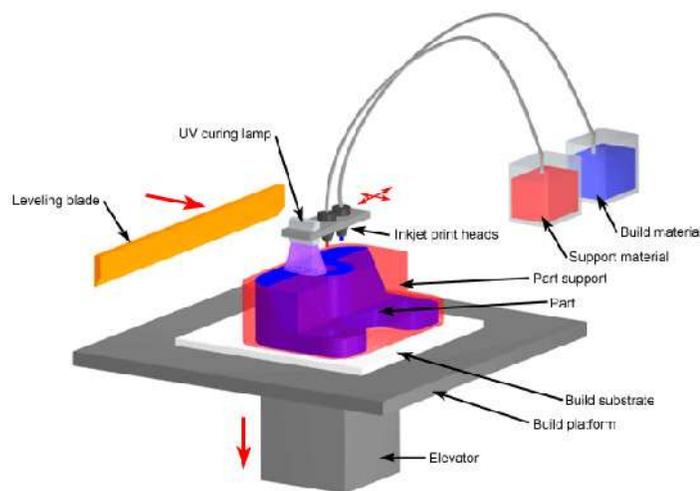


Figura 20 - Processo MJM (www.3dbubs.com)

Il materiale solitamente utilizzato per la produzione è cera o gesso ed i vantaggi del processo sono da ricercare nella produzione di parti ad alta definizione, con dettagli minuti e ottima finitura superficiale con un notevole abbattimento di tempi e costi di produzione [16].

Stereolitografia (SL)

Processo brevettato dallo stesso Hull nel 1986 e che ad oggi, per via degli elevati costi di attrezzaggio, è poco diffuso. La tecnica è utilizzata principalmente per la produzione di prototipi destinati a complesse prove di funzionamento e si suddivide in “Stereolitografia Laser” e “Stereolitografia per deposizione o stampa tridimensionale” (DLP).

Nella prima una vasca contiene una speciale resina liquida in grado di polimerizzare se esposta alla luce (fotopolimerizzazione). Appena al di sotto del livello del fluido è presente una piastra forata. Un raggio laser viene proiettato da un sistema di specchi in modo da scandire la superficie del liquido e nel contempo modulato in modo da ricostruire una immagine raster della prima sezione dell'oggetto da costruire. Terminata la prima scansione la piastra si abbassa leggermente e una successiva scansione laser genera una seconda sezione. Il processo si ripete fino a completare l'oggetto.

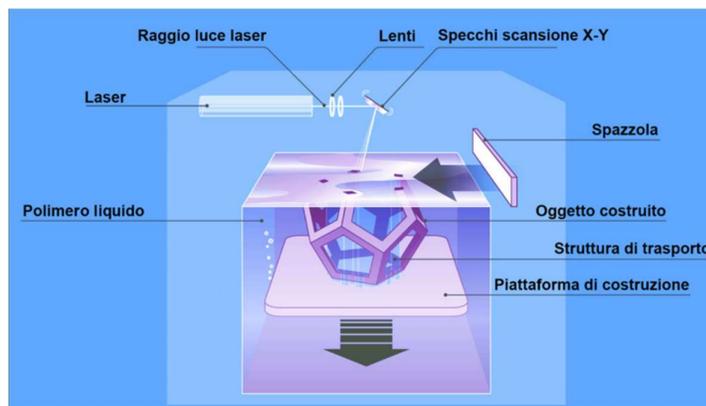


Figura 21 - Processo di Stereografia a Laser (www.3dsystems.com)

Nella seconda un ugello estrude una piccola quantità di materiale termoplastico fuso mentre scandisce la superficie di una lastra in modo simile a come avviene durante una stampa a getto d'inchiostro. Al termine della deposizione dello strato, una lama passa sulla superficie in modo da regolarizzare e uniformare il piano. La lastra si abbassa e una nuova scansione crea il successivo livello.

Questa tecnica utilizza macchine e materie prime meno costose rispetto alla tecnica laser ma offre una definizione minore.

Selective Laser Sintering (SLS)

La tecnologia, inventata da Carl Deckard nel 1984, si basa sull'esposizione ad un laser di elevata potenza di particelle microscopiche di plastica (polvere di nylon) che le fonde insieme per formare un oggetto solido tridimensionale. La polvere viene inizialmente rilasciata su una piattaforma, per creare uno strato di circa 0,1 mm., che viene poi colpita dal laser che la fonde in uno strato compatto. Le polveri non sinterizzate sul piano costituiscono il supporto per gli strati successivi, fino alla realizzazione dell'oggetto completo.

Al termine della lavorazione l'oggetto viene rimosso e separato dalle polveri non sinterizzate, che in parte o totalmente possono essere riutilizzate.

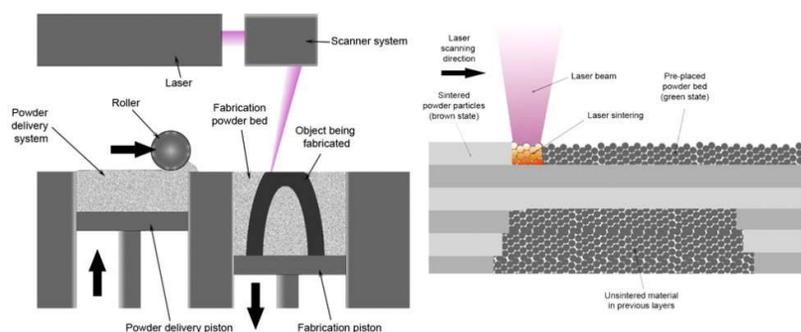


Figura 22 - Schema del processo SLS (www.3dhubs.com)

La particolare tecnologia della sinterizzazione consente l'utilizzo di diversi materiali, solitamente miscelati al nylon, con i quali si ottengono oggetti con diverse caratteristiche di robustezza, elasticità, resistenza alle temperature (PA12, Nylon caricato fibra vetro o alluminio, TPU, Polistirene fondibile) [17].

Direct Metal laser Sintering (DMLS)

Tecnologia analoga alla SLS che usa metalli come materiali di produzione.

Laminated Object Manufacturing (LOM)

Processo attraverso il quale strati di carta patinata adesiva, plastica o laminati metallici vengono successivamente incollati e tagliati in forma attraverso l'utilizzo di un cutter laser.

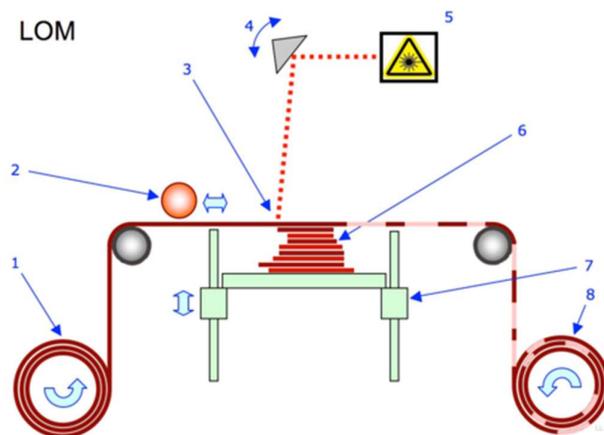


Figura 23 - Processo LOM (Dizon, 2017)

I vantaggi di questo processo sono il basso costo grazie alla materia prontamente disponibile, il fatto che i prodotti ottenuti possono essere successivamente lavorati mediante fresatura e foratura e successivamente rifiniti.

Electron Beam Melting (EBM)

Tecnologia mediante la quale una sorgente di elevata energia, composta da un fascio opportunamente concentrato e accelerato di elettroni colpisce un materiale in forma “microgranulometrica” provocandone la fusione completa. Il processo di produzione prevede il posizionamento sotto vuoto degli strati di polvere del materiale da fondere, a partire da spessori di circa 0,1 mm e con una capacità di fusione fino a 80 cm³/h. L'operare sotto vuoto, e quindi in assenza di aria, permette anche di lavorare su materiali che altrimenti reagirebbero immediatamente con l'ossigeno producendo composti indesiderati.

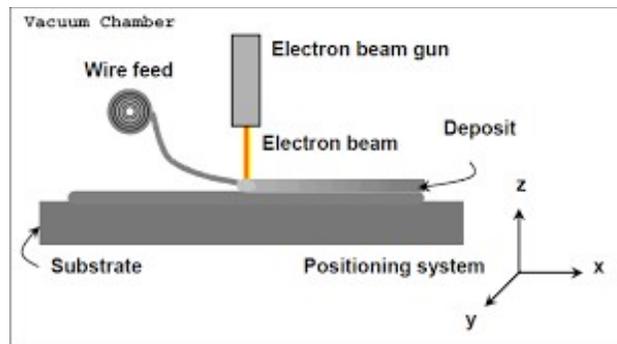


Figura 24 - Processo EBM (www.3dprint.com)

Questa tecnica è attualmente usata con successo nel settore aeronautico, aerospaziale e biomedico in particolare per la fusione di lega di titanio e la creazione di protesi articolari biomediche (Loeber, 2011).

1.3.7. Advanced Human - Machine Interface

Si definisce Human – Machine Interface (HMI) l'interfaccia uomo-macchina di ultima generazione, impiegata per acquisire o trasmettere informazioni sonore, tattili e visive. Rientrano in questa categoria sia sistemi consolidati come gli scanner tridimensionali e i display touchscreen, sia soluzioni successive come i dispositivi wearable, i sensori di movimento e i visori per la realtà aumentata. Un prodotto dotato di HMI può essere mono o bi-direzionale, ossia impiegato per la sola raccolta dati, come solo dispositivo di output, oppure con entrambe le funzionalità.

In generale un'interfaccia viene definita “advanced” se propone soluzioni non banali di interazione tra persone, sistemi informatici e componenti meccanici. Le applicazioni delle Advanced HMI spaziano dalle attività di simulazione e addestramento per personale specializzato fino ai videogiochi e ai sistemi di acquisizione di dati ambientali o di parametri di sicurezza. Negli impianti di produzione automatizzata tipici dell'Industry 4.0, l'Advance HMI è una tecnologia di riferimento poiché indispensabile per i sistemi di auto-apprendimento, per la gestione dell'interazione tra fabbrica, lavoratori e ambiente, nonché per qualunque dispositivo progettato per funzionare in autonomia [18].

La normativa ISO 9241-110 del 2006 definisce l'interfaccia uomo - macchina, detta comunemente interfaccia utente, come “tutte le parti del sistema interattivo (software o hardware) che forniscono informazioni e comandi necessari all'utente per svolgere una determinata attività con il sistema interattivo” [19].

Essa si configura quindi come lo strumento che permette all'essere umano di interagire con le macchine e che quindi, in quanto tale, deve essere adattato alle sue esigenze e capacità. Per fare un esempio di strumento si consideri un interruttore della luce. Esso permette all'essere umano di interagire con la

macchina in modo semplice e la sua posizione deve essere adatta allo scopo (un interruttore per accendere la luce posto sul tetto sarebbe poco pratico).

L'HMI alle volte è anche declinata come “Man Machine Interface” con la differenza che in questo caso l'operatore potrà, in determinate circostanze, non solo agire sul funzionamento della macchina, ma anche osservare lo stato, attraverso pannelli di controllo, spie di segnalazioni, campi di visualizzazione o software, ed intervenire nel processo, come ad esempio nel caso del cruscotto dell'automobile (McDonald, 2000).

Negli ultimi anni gli strumenti e le tecnologie che si stanno affacciando sul contesto industriale si basano su 3 pilastri fondamentali. I dispositivi dovranno essere:

- Portabili, scalabili e trasversali;
- Dotati di un'elevata potenza;
- Connessi al cloud e scambiare informazioni in modo bidirezionale tra macchina ed utilizzatore.

Nell'aprile del 2017 il Ministero dello Sviluppo economico (Mise) ha pubblicato una guida dedicata al Piano nazionale Industria 4.0. In esso viene evidenziato come nel corso degli ultimi anni il mondo industriale si sia concentrato principalmente solo sull'innovazione tecnica e meccanica tralasciando l'ambito dell'HMI. È infatti evidente la distanza che separa il mondo delle interfacce di tipo “consumer”, che hanno raggiunto livelli di usabilità ed interazione estrema, da quello manifatturiero e di produzione [20].

Gli HMI oggi possono essere semplici e onnipresenti come il tradizionale display a tocco singolo montato su una macchina o tecnologicamente avanzati come un pannello di controllo multi-touch o persino una tecnologia mobile

connessa come smartphone e smartwatch. Il loro obiettivo è quello di monitorare attentamente la produzione e rispondere alle mutevoli richieste di produzione, migliorando l'efficienza e riducendo i tempi di fermo, in linea con quelli che sono gli obiettivi della Digital Supply Chain.

Il diffondersi di soluzioni innovative e dei dispositivi mobili rappresenta una reale rottura con il concetto di HMI del passato. Essi infatti erano terminali isolati, autonomi solitamente distribuiti da una Original Equipment Manufacturer (OEM) come parte di una macchina. Le nuove soluzioni invece, grazie anche all'apporto dei cambiamenti innescati negli impianti di produzione a seguito dell'IoT, sono riconfigurate per inviare i dati al cloud e sono interfacciabili con i dispositivi di tutti i giorni (smartphone, tablet, dispositivi wearable) con l'importante possibilità per ingegneri e tecnici del monitoraggio remoto (Yazdi, 2014).

Infine gli HMI saranno fondamentali in futuro in quanto, grazie alla loro elevata capacità di calcolo permetteranno di eseguire controlli predittivi, analisi e statistiche presentando il tutto attraverso interfacce “user-friendly” che non richiederanno esperti dell'IT per essere interpretate e comprese e permetteranno di estrarre dati che una volta confluiti insieme agli altri Big Data permetteranno una completa analisi delle tendenze e dei comportamenti delle macchine al fine di ottimizzarli e migliorarne l'utilizzo.

1.3.8. Augmented Reality

Con Augmented Reality (AR), o in italiano Realtà Aumentata, ci si riferisce all'integrazione di ulteriori informazioni generate da un computer all'interno di un ambiente reale. La maggior parte delle tecnologie AR attuali prendono in prestito gli elementi della computer grafica tradizionale e li immergono nell'ambiente di lavoro attuale del singolo individuo. La potenzialità di questa tecnologia è molto elevata ma al contempo le limitazioni tecnologiche hanno, fin ora, limitato l'uso dell'AR relegando questa tecnologia solo ad ambienti

accademici e, in rare eccezioni, industriale. I progressi tecnologici, soprattutto riguardo i dispositivi mobili, hanno rimosso alcuni principali limiti tecnologici e le App AR, pur se con funzionalità limitate abbondando negli store virtuali dei principali fornitori mondiali. Tuttavia, il loro uso è ancora principalmente limitato alle applicazioni di intrattenimento e marketing mentre nelle applicazioni produttive sta solo recentemente iniziando a divenire comune (Paelke, 2014).

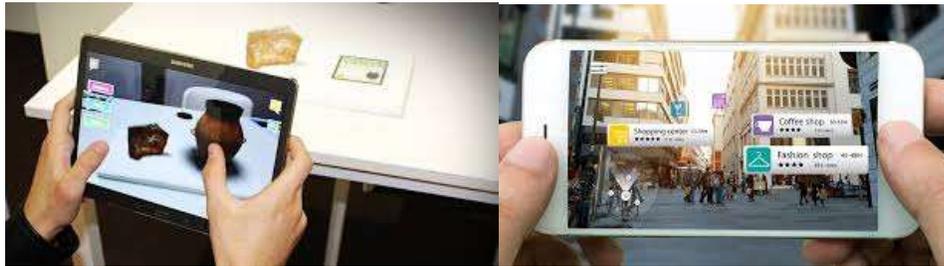


Figura 25 - Esempi di Augmented Reality nell'intrattenimento (www.netstrategy.it/)

Tutto ciò è stato reso possibile solo dopo l'avvento di una nuova interfaccia grafica utente (GUI) chiamata interfaccia WIMP dal nome dei suoi elementi principali (Windows, Icons, Menu, Pointer) che hanno sostituito le vecchie interfacce CLI (Command Line Interface). Un vantaggio chiave nelle GUI è che gli utenti possono interagire direttamente con le rappresentazioni visive di oggetti e comandi sullo schermo e ricevere un feedback visivo immediato, alleviando così la necessità di ricordare comandi complessi mentre con il vecchio sistema le informazioni e le interazioni fra uomo e ambiente avvenivano solo a livello d'interfaccia estrapolando il contenuto dall'ambiente reale. Questi sviluppi sono di particolare interesse in un contesto di applicazione industriale poiché gli attuali sviluppi verso sistemi di produzione intelligenti e collegati in rete danno luogo ad elevati volumi di dati che devono essere trasformati in informazioni fruibili ed utilizzabili e le dinamiche sempre crescenti richiedono

sistemi adeguati a supportare gli operatori in un ambiente in rapida evoluzione (Jacob, 2008).

Nel 1997 Ronald Azuma introduce l'attuale definizione di AR intesa come “una combinazione di aumento registrato dal punto di vista spaziale con una risposta interattiva ed in tempo reale alle azioni dell'utente”.



Figura 26 – Esempio di Realtà Aumentata in ambito industriale (<https://mteess.gouvernement.lu>)

In sostanza la realtà aumentata è l'arricchimento, con dati aggiuntivi in formato digitale, di informazioni di cui già normalmente disponiamo nelle attività, semplici o complesse, che svolgiamo durante il giorno. La realtà aumentata è anche l'integrazione e il potenziamento delle possibilità che ci vengono offerte dai nostri cinque sensi con dispositivi ad alta tecnologia (Azuma, 1997).

E', a questo punto, importante distinguere la AR dalla Realtà Virtuale (VR) che rappresenta un'altra tecnologia che pur avendo le stesse origini e lo stesso fine ha seguito un percorso diverso. La AR, infatti, parte da ciò che ci circonda, che c'è attorno a noi, e che viene inoltre modificato con l'aggiunta di animazioni e contenuti digitali che consentono di avere una conoscenza più approfondita dell'ambiente che ci circonda (Volker, 2014).

La VR, invece, crea un ambiente totalmente artificiale, costruito al computer, e lo rende credibile avvalendosi di tecnologie che danno la sensazione a chi le utilizza di trovarsi realmente immerso in quello scenario.

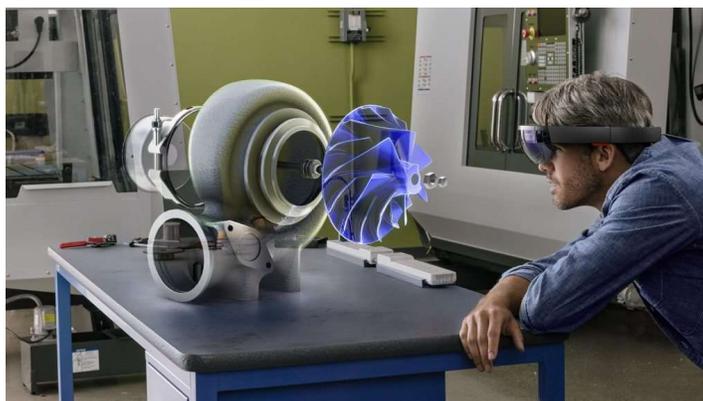


Figura 27 - Esempio di Realtà Virtuale (www.vg247.it)

Diversi studi sottolineano come il mondo industriale si stia muovendo in entrambe le direzioni al fine di implementare soluzioni di supporto per gli operatori sempre più ergonomiche e funzionali sfruttando anche quelle che sono le innovazioni del mondo tecnologico di consumo come gli “AR glasses” o i software implementati dai principali produttori di smartphone.

1.3.9. Autonomous Robot

Negli ultimi anni la ricerca sta spingendo il settore dell'automazione verso la creazione di una nuova generazione di robot che non siano solo delle macchine in grado di operare in situazioni gravose o pericolose seguendo uno schema ben determinato e ripetitivo ma bensì in grado di operare a supporto ed in collaborazione con l'uomo attraverso schemi di autoapprendimento ed essendo in grado di interfacciarsi con la realtà che le circonda adattandosi a schemi variabili e operazioni diverse in base al prodotto da lavorare. Queste nuove macchine, che prendono il nome di “Cobot” (acronimo di “Collaborative Robot”) hanno come principale obiettivo quello di supportare l'operatore migliorando da un lato l'ergonomia e le prestazioni e contemporaneamente migliorando la qualità del prodotto lavorato [21].



Figura 28 - Esempio di linea produttiva Smart ed utilizzo di Cobot (www.tbemanager.com)

A differenza dei robot industriali tradizionali che operano in maniera isolata e ripetitiva per schemi prefissati i cobot sono provvisti di un'elevata capacità di calcolo, necessaria per elaborare l'enorme quantità di dati forniti dai sistemi IoT che li circondano in tempo reale. Proprio questa caratteristica inserisce i robot autonomi fra le tecnologie fondanti delle Smart Factories delineate nella quarta rivoluzione industriale. Essi infatti saranno in grado di adattare movimenti ed operazioni al contesto operativo ed al cambiamento delle variabili esterne sempre garantendo la sicurezza dell'operatore con l'obiettivo futuro di riuscire ad adattare le funzioni di queste macchine anche al di fuori delle condizioni operative preventivate e precedentemente programmate in modo da farne a tutti gli effetti delle macchine intelligenti (Peshkin, 2001).

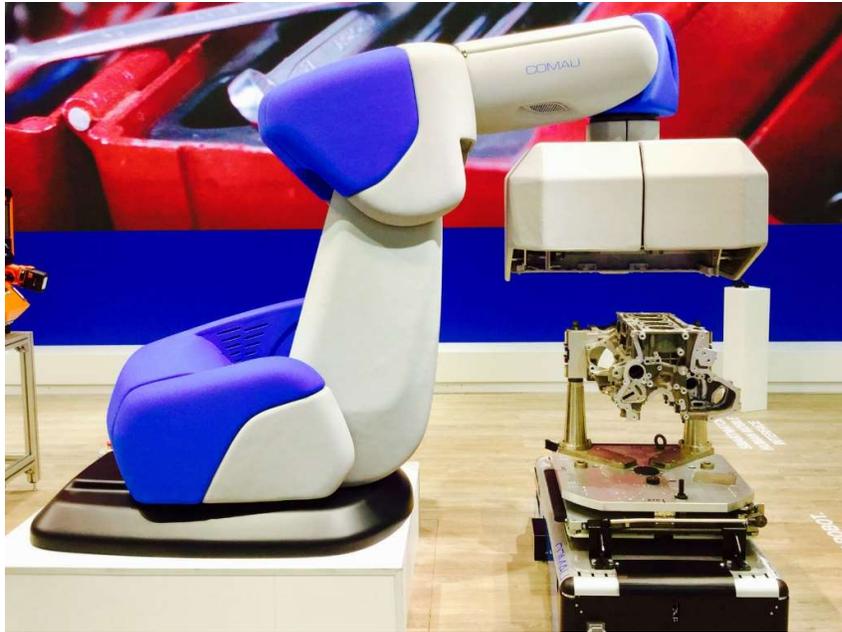


Figura 29 - Robot Collaborativo Comau (www.comau.com)

1.4. Applicazione e benefici nel settore manifatturiero

Le tecnologie analizzate nei paragrafi precedenti rappresentano l'intero pacchetto di innovazioni rappresentanti la quarta rivoluzione industriale. Come già detto in precedenza non è obbligatoria, e per certi aspetti anche difficilmente ottenibile per via degli elevati costi di implementazione, l'applicazione pedissequa di tutte le tecnologie descritte. La realtà industriale mondiale ha iniziato, invece, ad integrare o applicare solo alcune parti del modello al fine di ottenere risultati economici più o meno immediati, ottimizzare la capacità produttiva, migliorare i servizi resi e la qualità del posto di lavoro per i propri dipendenti.

Alcune aziende hanno già iniziato ad integrare i principali trend, come ad esempio a società di logistica Knapp Ag che ha adottato cuffie per la realtà aumentata, consentendo ai lavoratori di veder proiettati gli oggetti da prendere su uno schermo. In questo modo diventa più facile individuare la merce da trasportare e imballare. Un altro esempio è quello della Local Motors che ha

implementato presso i propri stabilimenti la creazione di dispositivi ottenuti interamente attraverso la tecnologia della stampa 3D [22].

Interessanti sono anche i primi tentativi di collaborazione fra realtà diverse come potrebbero essere aziende incentrate nel settore manifatturiero ed altre specializzate nell'ambito dei servizi IT con l'obiettivo di connettere varie parti della produzione e consentire un'interazione tra loro, come nel caso della SLM Solutions, società produttrice di stampanti 3D, e la Atos, compagnia di servizi IT.

L'Industria 4.0 permetterà anche di lanciare servizi pay-by-use e a sottoscrizione, trasformando i macchinari da CAPEX (Capital EXpenditure; spese in conto capitale ad OPEX (Operating EXpenditure; spesa operativa). Rolls-Royce è tra le prime ad aver sperimentato questo approccio nel business dei motori dei jet. Molte aziende manifatturiere, infatti, hanno sviluppato una grande esperienza sui loro prodotti e processi ma non sanno trarre valore dai dati accumulati. Per questo motivo, potrebbero monetizzare attraverso la concessione della proprietà intellettuale dei loro prodotti, offrendo consulenza per dare valore alla loro esperienza.

Un ultimo aspetto dell'Industria del futuro sarà la possibilità di monetizzare i dati sfruttando il proprio know how per fornire al mondo industriale dispositivi elettronici in grado di analizzare materiali o oggetti e attraverso l'analisi dei database aziendali fornire la soluzione migliore a fronte del pagamento di un noleggio del dispositivo [23].

Questi sono solo alcuni esempi dei benefici che l'Industry 4.0 può portare al mondo manifatturiero ma è fondamentale che il mondo industriale sia capace di comprendere le basi di questo cambiamento, analizzarlo e farlo proprio. Molte di queste tecnologie stanno tentando di emergere da anni, alcune non sono ancora pronte per essere adottate su larga scala, ma tutti dovranno tenerne conto nell'immediato futuro. Tuttavia, secondo uno studio prodotto da

McKinsey molti manager non sanno ancora che cosa sia la Digital Supply Chain oppure hanno idee confuse a riguardo.

Inoltre, nel 2015, PWC ha elaborato un rapporto raccogliendo dati su più di 2.000 aziende di 26 paesi; includendo settori come aerospaziale, difesa, automotive, chimica, elettronica, engineering, costruzioni, produzione di carta e di packaging, trasporti e logistica. Un terzo degli intervistati ha affermato che le loro aziende hanno già raggiunto un buon livello di digitalizzazione e integrazione e l'86% si aspetta di ottenere elevate riduzioni di costi e incrementi di fatturato. Il 55% degli intervistati ha dichiarato di aspettarsi un ritorno sugli investimenti di meno di due anni [24].

Risulta quindi evidente come sia fondamentale essere pronti ad accettare il cambiamento onde evitare il rischio di restare tagliati fuori da un processo che se da un lato porterà grandi vantaggi dall'altro rappresentare un duro banco di prova e di selezione per le aziende esistenti nel panorama mondiale.

1.4.1. Esempi tratti da letteratura

Uno dei settori che per primo ha reagito alle novità apportate dalla Digital Supply Chain è quello dell'automotive che ha implementato diverse soluzioni in diversi stabilimenti ed in alcuni casi riprogettato per intero alcune linee produttive [25].

MASERATI

Ne è un chiaro esempio la Maserati (Gruppo FCA) che ha letteralmente riprogettato e rinnovato entrambi gli stabilimenti, quello di Grugliasco (AGA Plant), dove vengono prodotte la Maserati Ghibli e la Maserati 4 Porte, e quello di Mirafiori (Mirafiori Plant) dove viene prodotta la Maserati Levante. Per entrambi gli stabilimenti si parla di produzione di discreti volumi di altissima qualità, tipico esempio di fusione tra produzione "Taylor made" (con livelli di

personalizzazione molto elevati) e produzione di serie. Il modello di fabbrica integrata e capace di dare risposte rapide e credibili alle aspettative della clientela è stato reso possibile attraverso la collaborazione fra il costruttore e la filiale italiana di Siemens che ha progettato e realizzato tutto il software necessario al funzionamento della fabbrica.

In particolare entrambe le linee hanno potuto utilizzare tutte le più moderne tecnologie in chiave digitale con l'obiettivo di portare ai massimi livelli possibili l'efficienza produttiva. Ogni singolo progetto è guidato da un singolo numero, il Codice Identificativo della Scocca, che racchiude in sé tutte le informazioni relative al prodotto finito ed è in grado di guidare ogni singola macchina e/o operatore nella produzione ed assemblaggio dei componenti oltre al dialogare con il sistema logistico interno ed esterno per far sì che ogni singolo prodotto sia disponibile lungo la linea nel momento e nella sequenza esatta.

Tutta la fase di lastratura ed assemblaggio della scocca è ad oggi completamente robotizzata ed il personale può controllare e monitorare il processo di produzione e i dati riguardanti le operazioni da compiere o la salute dei robot attraverso schermi touch. Questi dati oltre ad essere disponibili lungo la linea vengono anche distribuite attraverso una serie di device mobili ad ogni operatore di linea che potrà così controllare da qualunque punto il buon andamento della linea rendendo il concetto di prossimità fisica un concetto ormai superato ed eliminando al contempo qualunque supporto dati diverso da quello digitale.



Figura 30 - Processo di produzione della scocca (Maserati, AGAP)

Per quanto riguarda la manutenzione, ad esempio, ogni dispositivo è dotato di apposito pannello recante codici QR (Quick Response) che appena inquadrato attraverso un dispositivo mobile permette l'accesso ai manuali corredati da video e spiegazioni passo passo. I dati raccolti, inoltre, vengono analizzati attraverso algoritmi di pattern o recognition al fine di prevenire i guasti ed evitare il rischio di fermi macchina imprevisti.

In Maserati vengono utilizzate in sempre più produzioni prodotti ottenuti attraverso la stampa 3D come nel caso di supporti plancia o altri utensili evitando così di doversi rivolgere a fornitori esterni e favorendo la velocità di produzione.

Per quel che riguarda gli operatori, essi sono tutti dotati di dispositivi mobili (smartphone, smartwatch) attraverso i quali seguire le varie operazioni, segnalare eventuali problemi o semplicemente segnalare la fine del proprio compito.

Attraverso lo scambio telematico di informazioni è stato pure possibile abbattere le esigenze di magazzino e capitale circolante attraverso una gestione dei fornitori “just in time” e “just in sequence” [26].



Figura 31 – Esempio di “terminale a bordo linea” (Maserati)

ALFA ROMEO

Sulla stessa linea si sta muovendo in tempi recenti anche il marchio Alfa Romeo (Gruppo FCA) nello stabilimento di Cassino dove vengono prodotti i modelli di punta del marchio, la berlina Alfa Romeo Giulia ed il SUV Alfa Romeo Stelvio, che ha avviato una stretta collaborazione con Samsung per sfruttare a pieno quelle che sono le caratteristiche di additive manufacturing e robot collaborativi già presenti nello stabilimento. Anche in questo caso l'obiettivo finale è quello di affinare l'efficienza della catena produttiva e contribuire ad una migliore qualità del lavoro degli addetti di linea.

La prima fase consiste nella digitalizzazione del processo attraverso il collocamento di monitor ad alta luminosità in punti strategici della linea produttiva che mostrano l'andamento della produzione stessa ed eventuali anomalie.

La seconda fase ha riguardato il miglioramento delle condizioni di lavoro e l'implementazione di dispositivi (smartphone e smartwatch) che potessero aiutare i dipendenti a svolgere in maniera migliore il loro compito.

Il tutto è poi stato integrato con il MES di FCA al fine di avere un sistema digitale in grado di comunicare con ogni punto della linea produttiva e di tenere sotto controllo e possibilmente prevenire ogni eventuale anomalia [27].

AUDI

Un altro esempio di applicazione delle tecnologie dell'Industry 4.0 è rappresentato dall'Audi (Gruppo Volkswagen AG) che nello stabilimento di San José Chiapa, in Messico, ha avviato un processo di digitalizzazione dello stabilimento con l'obiettivo di convertire la fabbrica in Smart Factory, unendo i concetti di Smart Manufacturing e Smart Logistic. Presso questo stabilimento viene prodotta il SUV Audi Q5 con un livello di automazione che raggiunge l'ottanta per cento del totale delle operazioni.

Audi presta molta attenzione ai dettami della Digital Supply Chain, a tal punto da aver creato una nuova divisione, la Audi Production Lab., con il compito di sviluppare nuove tecnologie e sistemi di movimentazione logistica. Il loro obiettivo dichiarato è, entro il 2025, quello di abolire le catene di montaggio per come sono intese al giorno d'oggi e creare, al loro posto, un sistema di piattaforme semoventi, robot intelligenti di supporto agli operai specializzati, droni di collegamento tra i moduli, realtà virtuale, stampanti 3D e scanner coordinati attraverso una rete di comunicazione basata sull'analisi dei Big Data [28].

Un ruolo chiave è svolto ad esempio dai sistemi di trasporto senza conducente (Automated Guided Vehicle, AVG) dotati di tre scanner laser integrati: due sul davanti e uno sul retro. Questi permettono all'AVG di orientarsi ed evitare di urtare le persone. Uno degli scanner anteriori è inclinato in modo tale da poter riconoscere anche oggetti appesi al soffitto. Tutto ciò senza seguire una traccia o alcun segno colorato sul pavimento, ma piuttosto si muovendosi liberamente.



Figura 32 - Piattaforma mobile a guida autonoma (Audi)

L'obiettivo futuro è quello di demandare a questi moduli tutte le operazioni di trasporto e confezionamento di componenti di piccole dimensioni al fine di utilizzare meno spazio ed organizzare il trasporto in modo più efficiente e soprattutto di ridurre il rischio di incidenti sul lavoro. In ambito assemblaggio lo stesso sistema, inoltre può garantire ai veicoli, controllati da un singolo scanner laser, di consegnare i pezzi nel posto giusto al momento giusto, in linea con il principio di “merce a persona”.

Il concetto su cui Audi fonda le proprie innovazioni è infatti quello del “montaggio modulare”. Con questo metodo, piccole stazioni di lavoro separate hanno lo scopo di rendere possibili flussi di lavoro altamente flessibili in termini sia temporali che spaziali in cui sistemi di trasporto senza conducente supportano il trasporto delle parti necessarie per la produzione, mentre un computer centrale controlla con precisione i sistemi di trasporto senza conducente, riconoscendo le esigenze di ogni stazione e garantendo un flusso di lavoro costante. Così facendo infatti non sono le persone ad adattarsi al tempo impostato, ma piuttosto è il sistema che si adatta al lavoratore ed al timing del processo.



Figura 33 - Montaggio sottoscocca eseguito da un robot (Audi)

Audi ha inoltre implementato la tecnologia della stampa 3D ai massimi livelli permettendo la produzione di particolari in metallo dalle geometrie complesse senza la precedente produzione dei relativi utensili. Questi particolari, ottenuti attraverso un processo di stampa EBM hanno evidenziato, inoltre, rigidità più elevate di quelli prodotti con i metodi convenzionali ed allo stesso tempo un peso inferiore.



Figura 34 - Particolare realizzato attraverso il processo di stampa 3D (Audi)

Infine per quanto riguarda le dotazioni degli operatori, degne di nota sono la “Chairless Chair”, un esoscheletro passivo che supporta l'operatore e ne migliora la postura durante lo svolgimento delle sue mansioni ed il “ProGlove”, un guanto dotato di scanner di codici a barre integrato e che può essere attivato semplicemente premendo insieme il pollice e l'indice. Il dispositivo nel guanto non ha bisogno di essere focalizzato sul codice a barre nel processo; segnali ottici (LED), acustici (cicalino) e touch (vibrazione) indicano che l'oggetto è stato scansionato. La batteria è progettata per la durata di un turno e può essere ricaricata completamente entro due ore da quel momento. Grazie all'integrazione dello scanner nel guanto, un dipendente ha entrambe le mani libere per il proprio lavoro e consente di risparmiare ulteriori movimenti, ad esempio sollevando o abbassando uno scanner esterno. Nel complesso, il flusso di lavoro è reso più ergonomico [29].



Figura 35 - Chairless Chair e ProGlove (Audi)

LAMBORGHINI

Ultima, in termini temporali, ad aver abbracciato la filosofia della Digital Supply Chain è stata la Lamborghini che attraverso una serie di investimenti strategici

ha ampliato il proprio sito arricchendolo di un nuovo comparto produttivo destinato alla produzione del nuovo SUV della casa di Sant'Agata Bolognese, Il Lamborghini Urus.

La linea di assemblaggio della Urus, in linea con il modello di Smart Factory, integra nuove tecnologie produttive per affiancare gli operatori nelle attività di assemblaggio, rispettando quelli che sono da sempre i punti forti dell'azienda, primo fra tutti l'artigianalità del prodotto. I robot affiancano gli operatori per migliorare l'ergonomia e per svolgere le operazioni più ripetitive e che richiedono un'alta qualità, come l'incollaggio vetri, l'avvitatura sotto scocca e l'assemblaggio delle ruote.

Come affermato da Ranieri Niccoli, responsabile della produzione, il nuovo modello di fabbrica, chiamato "Manifattura Lamborghini" ha fra i suoi punti di forza, la maggiore flessibilità di produzione e una migliore accessibilità delle informazioni e interconnessione dei sistemi, a potenziamento della professionalità artigianale che ci contraddistingue" [30].

Questi sono solo alcuni esempi di come il mondo manifatturiero si sta iniziando a muovere e ad applicare i concetti della Digital Supply Chain. I casi trattati sono stati scelti per la loro importanza e per gli ingenti investimenti messi in campo. Ma l'automotive non è il solo settore che si sta prodigando per realizzare questa rivoluzione. Esistono altri casi, infatti, di realtà che rappresentano eccellenze in altri settori come nel caso dei prodotti alimentari [31].

Ne sono esempi la Ferrero S.p.A. che punta sul telecontrollo del cioccolato, dalle linee produttive fino agli scaffali della grande distribuzione, o la Barilla che ha messo sul piatto 50 milioni di euro nel raddoppio dello stabilimento di Rubbiano dedicato ai sughi pronti e che aprirà quest'anno nel segno dell'automazione e del digitale coniugando gli aspetti di efficienza e flessibilità anche attraverso un sofisticato sistema di tracciabilità [32]

CAPITOLO 2

L'AZIENDA 2a S.p.A.

Attraverso questo capitolo si vuole introdurre la realtà analizzata come caso studio per questo lavoro di tesi. Si procederà con una presentazione dell'azienda sia dal punto di vista puramente strutturale che dal punto di vista produttivo delineando il raggio d'azione e le principali competenze sviluppate nel mercato di riferimento.

2.1. Storia

L'azienda 2a S.p.A. nasce nel 1974 a Borgaro Torinese come una piccola fonderia di pressofusione di zama localizzata principalmente sulla produzione di cerniere. Dopo circa dieci anni la società ha iniziato a vendere la propria tecnologia di fusione all'industria automobilistica nazionale e per applicazioni IT. Per seguire la crescente domanda dei clienti, nazionali ed esteri, che chiedevano pezzi di dimensioni sempre maggiori non solo in zama, ma anche in alluminio, nel 1989 la 2a acquistò quattro fonderie diverse concentrate successivamente nello stabilimento di Santena.

Nel 1994 nasceva così la società Fonderie 2a S.r.l. che iniziava a lavorare con clienti diversificati e globali e produrre una gamma di pressofusi che va dai pochi grammi sino ai 15/20 chilogrammi di peso.

Nel 2008 la società Fonderie 2a S.r.l. è stata inglobata nella 2a S.p.A. formando così un'unica azienda.

2.2. Struttura

Attualmente l'azienda 2a S.p.A. ha sede legale in Via San Quintino 8 Torino (TO). L'attività lavorativa è invece suddivisa su tre sedi produttive:

La sede di Santena (TO), Via Asti 67/bis, dove vengono stampati la totalità dei pezzi prodotti internamente ed è composta da circa 120 dipendenti, tra operatori ed impiegati.

La sede di Villastellone (TO), Corso Savona 6, dove vengono eseguite le lavorazioni meccaniche della maggior parte dei pezzi prodotti ed è composta da circa 60 dipendenti, tra operatori ed impiegati.

La sede di Borgaro Torinese (TO), Via Tetti dell'Oleo 9, che oltre ad essere la sede amministrativa dell'azienda si occupa anche della lavorazione meccanica di una piccola parte dei pezzi ed è composta da circa 45 dipendenti, tra operatori ed impiegati.



Figura 36 - Veduta aerea stabilimento di Santena

A queste si aggiungono i due stabilimenti esteri di Wenzhou (Cina), specializzato nella produzione di cerniere, e di Auburn (USA) con funzioni di produzione e lavorazione di particolari destinati per il locale mercato dell'automotive.

L'azienda inoltre si avvale della collaborazione di circa una decina di fonderie esterne presenti per la totalità nel centro-nord Italia e di una ventina di officine per la lavorazione meccanica presenti nella stessa provincia di Torino per far fronte alle richieste della clientela e per poter avere allo stesso tempo una certa flessibilità nell'ambito della capacità massima di produzione in grado di offrire.

2.3. Prodotti

La 2a S.p.A. si presenta ai propri clienti come un partner completo in grado di fornire particolari di diverse dimensioni producendo senza alcun problema pezzi piccoli e del peso di qualche centinaio di grammi, come pistoni e staffe di supporto, sino a pezzi più grandi e di diverse decine di chilogrammi come nel caso dei copri-volano per il settore veicoli industriali.



Figura 37 - Particolari prodotti dall'azienda 2a S.p.A.

Il sistema di produzione dell'azienda è diversificato sulla base della tipologia di processo. La fase di pressofusione e stampaggio dei particolari, per via della necessità di avere un carico macchina costante, evitare costosi fermi macchina ed essere il più possibile flessibili e reattivi nei confronti della clientela, può essere classificata come produzione per il magazzino. La 2a S.p.A. infatti produce interi lotti di semilavorati, destinati al magazzino che vengono stoccati in attesa che una richiesta del cliente inneschi la successiva fase. La fase di lavorazione meccanica, finitura ed assemblaggio, ove richiesto, avviene invece come produzione su commessa. I particolari quindi, una volta ricevuta la richiesta dal cliente vengono prelevati dai magazzini intermedi per essere lavorati ed essere pronti alla consegna. Usando il modello di classificazione di Wortmann è possibile suddividere la produzione dell'azienda in una produzione Make to Stock per quanto riguarda l'impianto di Santena e in una produzione Make to Order per quanto riguarda gli impianti di Villastellone e Borgaro Torinese. In particolar modo la differenziazione per quanto riguarda le modalità del processo produttivo sono necessarie per prevenire eventuali modifiche dei disegni, forniti ad inizio commessa dai clienti, in corso d'opera che renderebbero inutilizzabili eventuali pezzi lavorati in precedenza.

I pezzi prodotti dall'azienda, ottenuti attraverso un processo di pressofusione ad alta pressione sono destinati a diversi segmenti del mondo automotive raggruppabili in quattro distinte categorie:

- Componenti per i powertrain come ad esempio vari componenti per la trasmissione (scatole cambio, differenziale,)
- Componenti per i telai cioè tutte le parti che una volta assemblate vanno a formare il telaio del veicolo come nel caso delle traverse porta fari.

- Componenti strutturali necessari a definire la struttura, appunto del veicolo (passaruota interni)
- Componenti assemblati che racchiude tutti quegli elementi prodotti in vari componenti e che vengono assemblati direttamente dall'azienda prima di essere spediti al cliente finale (filtro olio, filtro acqua)

I particolari, a seconda delle esigenze possono essere grezzi, lavorati meccanicamente, verniciati ed assemblati.

2.4. Clienti e Fornitori

Il parco clienti della 2a S.p.A. è molto variegato e si compone di diverse realtà suddivisibili in tre grandi macro-categorie:

- Mercato automotive fra le quali è possibile annoverare i principali produttori europei del settore
- Mercato de veicoli industriali
- Aziende produttrici specializzate in vari ambiti (chimica, pneumatica, elettronica, ed altri) inquadrate nell'indotto dell'automotive

Poiché l'azienda si configura esclusivamente come una pressofusione di alluminio, quest'ultimo di configura come il principale materiale acquistato. I fornitori sono quindi le principali fonderie di alluminio e leghe leggere del nord Italia. In particolare, la 2a S.p.A. ogni anno provvede, attraverso l'avvio di un apposito bando, alla creazione di una gara fra le fonderie al fine di stipulare una serie di contratti, diversi per quantità mensile e condizioni orarie e di trasporto del carico, per la fornitura annuale della lega. Nell'anno preso in esame la lega, nelle sue varie composizioni, è fornita principalmente da 4 fonderie che

garantiscono il costante rifornimento di almeno il 70% materia prima usata dall'azienda. Il restante 30% circa viene fornito o dalle stesse fonderie o da altre, a spot, in base ad una ricerca di mercato al fine di ottenere il materiale al prezzo di mercato più basso. Oltre a queste si possono aggiungere altre fonderie nazionali o estere, nel caso in cui il cliente abbia specifiche richieste o particolari pretese sia per quanto riguarda il fornitore da scegliere che per la particolare tipologia di lega usata per la produzione.

CAPITOLO 3

ANALISI SUPPLY CHAIN AS - IS

L'obiettivo di questo capitolo è quello di studiare approfonditamente i processi di approvvigionamento, produzione e distribuzione attuali (AS-IS) dell'azienda 2a S.p.A.. Il fine di tale lavoro è quello di dare evidenza a quelle che sono le criticità di detti processi. Perciò sono stati stesi per ogni processo due flowchart, uno dettagliante le attività e l'altro le relative informazioni.

3.1. Analisi della Supply Chain (AS-IS) dell'impresa

3.1.1. Approvvigionamento

Il processo di gestione degli approvvigionamenti consiste nell'insieme di tutte le operazioni necessarie per garantire all'azienda la presenza delle risorse necessarie alla propria produzione. In ogni caso è infatti necessario evitare un eventuale stock-out che causerebbe costi difficilmente ammortabili a causa dei fermi macchina che ne seguirebbero.

Al fine di poter comprendere appieno come avviene il processo di approvvigionamento da parte dell'azienda è necessario prima chiarire alcuni aspetti. Presso la 2a S.p.A. la funzione relativa all'acquisto della materia prima è svolta integralmente dall'Ufficio Acquisti, che si configura come un'entità autonoma rispetto all'Ufficio Logistico sia in senso fisico, in quanto i due uffici si trovano in sedi diverse dell'azienda, sia in senso logico.

Il compito essenziale dell'Ufficio in questione è, quindi, quello dell'identificazione dei fabbisogni delle materie prime, della scelta del fornitore a cui affidare l'espletamento del fabbisogno aziendale fra quelli muniti di contratti in essere, dell'emissione dell'ordine e della verifica del ricevimento della merce in questione. Oltre a queste fasi prettamente operative l'Ufficio si occupa anche della continua ricerca di possibili nuovi fornitori e della gestione dei rapporti con quelli attuali. Il trasporto dell'alluminio è a carico dei fornitori e la

frequenza degli ordini, pur essendo vincolata (ove previsto) contrattualmente in un numero minimo di carichi al mese, dipende esclusivamente dalle richieste produttive dell'azienda. Il Lead Time dei fornitori non è fisso e può variare in base alla tipologia di lega richiesta, al punto di prelievo di questa ed alla disponibilità del materiale da parte del fornitore. Essendo però quest'ultimi situati tutti nel nord Italia, mediamente le tempistiche di approvvigionamento non necessitano di lunghi Lead Time, ed i tempi di attesa si attestano orientativamente nell'ordine della settimana con possibilità, in caso di richieste urgenti da parte dell'azienda, di contrarre questi fino ad un minimo di 24/48 ore.

Al momento, la fase di approvvigionamento della materia prima non si avvale dell'uso di alcun software per la valutazione dei quantitativi necessari alla produzione e la decisione e la responsabilità in seno all'acquisto ricadono, come già detto precedentemente, sull'Ufficio Acquisti che manualmente, basandosi sulle informazioni provenienti dai magazzinieri circa la reale quantità di materia prima presente nei magazzini e sulla propria esperienza, provvede di volta in volta ad espletare la propria funzione.

Di seguito è descritto l'insieme delle operazioni necessarie per la gestione degli approvvigionamenti, ed i relativi scambi informativi, identificando fra parentesi il numero delle rispettive attività rappresentate nei flow chart di cui all'allegato numero 1.

Il processo si apre con la creazione da parte dell'Ufficio Logistico degli ordini di produzione (1) in base ai quali L'Ufficio Acquisti, ogni due settimane circa, pianifica gli approvvigionamenti di materie prime (2). L'Ufficio Acquisti, inoltre aggiorna con cadenza giornaliera, attraverso la compilazione di un file in formato elettronico .xlsm, il livello di giacenza dei magazzini di materia prima (3) secondo le informazioni ricevute dai magazzinieri, i quali a loro volta riportano manualmente su un foglio di carta il quantitativo di materia prima presente a magazzino, (4), e procede con l'emissione di un ordine di acquisto,

per via telematica, per la lega in questione (5). L'Ufficio Acquisti innanzitutto selezionerà un fornitore fra quelli disponibili da contratto sulla base della tipologia di lega richiesta e degli orari di consegna concordati in fase di definizione del contratto, onde evitare la sovrapposizione di più consegne con il conseguente rischio di formazione di colli di bottiglia (6). Il principale obiettivo è infatti quello di evitare che più consegne si sovrappongano nella stessa finestra temporale al fine di garantire un rapido stoccaggio del materiale e di evitare colli di bottiglia nella fase di immagazzinamento. Nel caso in cui i fornitori sotto contratto abbiano già consegnato il loro quantitativo mensile di materia prima, per la specifica tipologia di lega, allora l'Ufficio di cui sopra procederà ad effettuare una ricerca di mercato per il numero di carichi necessari ad evadere l'ordine presso un ventaglio di fornitori che comprende sia quelli di cui sopra sia altri fornitori "occasional" dell'azienda (7). Dopo una fase di contrattazione relativa ai prezzi applicati dai fornitori si procede con la scelta del fornitore designato, secondo la logica del prezzo inferiore e del rapporto in essere con il fornitore stesso, e per via telematica vengono definiti la data di consegna ed eventuali eccezioni relative ad imballo o alle modalità di trasporto (8).

All'arrivo della merce precedentemente ordinata i magazzinieri verificheranno, tramite apposita pesa a ponte, installata presso l'azienda, l'effettiva quantità ricevuta ed il corretto imballaggio della stessa (9) e contestualmente, l'Ufficio Qualità provvederà ad eseguire una serie di analisi chimico fisiche al fine di constatare la buona qualità ed il rispetto dei limiti di composizione della merce (10). Nel caso in cui durante questa fase di controllo venissero evidenziate delle problematiche (11), sarà compito dell'Ufficio Acquisti contattare il fornitore, principalmente via e-mail, per applicare i dovuti correttivi per la gestione della non conformità che possono andare dalla semplice segnalazione al fornitore fino all'estrema possibilità del respingimento del carico (12). Una volta ottenuto il consenso da parte del personale di magazzino e dell'Ufficio Qualità, l'Ufficio Acquisti darà il via libera per lo scarico della merce (13), il conseguente

stoccaggio presso l'apposito buffer della materia prima presente all'interno della stessa area di produzione (14) e contemporaneamente procederà a comunicare telematicamente all'amministrazione la ricezione del carico (15) al fine di innescare il processo contabile relativo al pagamento del fornitore. Quest'ultimo processo esula dal processo di studio.

3.1.2. Produzione

Dopo l'approfondita analisi riguardo il processo di approvvigionamento eseguito nel paragrafo precedente, in questo si procederà con la descrizione dettagliata del processo di produzione coordinata principalmente dall'Ufficio Logistico che mensilmente organizza la produzione sulla base delle commesse dei clienti. Sono inoltre previste delle riunioni settimanali fra l'ente logistico ed i responsabili di produzione per analizzare l'andamento della produzione e le eventuali misure correttive da porre in essere per rispettare le consegne programmate. L'azienda esegue una produzione prevalentemente "make to order" dei pezzi che vengono periodicamente richiesti dai clienti. Solo per piccoli lotti, solitamente relativi a particolari la cui produzione in serie può ritenersi conclusa e destinati al mercato dei pezzi di ricambio la produzione è da ritenersi "make to stock".

L'insieme delle operazioni necessarie per la produzione di un particolare ed i relativi scambi informativi, identificando fra parentesi il numero delle rispettive attività rappresentate, sono descritti nei flow chart di cui all'allegato numero 2. Il processo di produzione presso la 2a S.p.A. viene innescato dall'invio, per via telematica, di un ordine presso l'Ufficio Logistico (1). L'ordine può riguardare la produzione di un particolare già presente nel database aziendale o, in alternativa un nuovo particolare con qualsiasi forma e lega di alluminio e con diversi livelli di finitura ed eventuali assemblaggi. Nel primo caso L'ufficio Logistico provvederà ad emettere un ordine di produzione per la fonderia, attraverso la compilazione di un apposito "libro" (contenente i riferimenti

relativi al pezzo da produrre, al tonnellaggio della pressa ed alla lega da utilizzare) che rappresenta il cronoprogramma di produzione di ogni macchina presente nella fonderia e soggetto alla validazione del Responsabile di Impianto (2). Se invece il particolare in questione rappresenta un nuovo codice, mai trattato prima dall'azienda, allora L'Ufficio Logistico girerà, attraverso apposita partizione condivisa fra gli enti interessati del server aziendale, la richiesta all'Ufficio Commerciale che in collaborazione con l'Ufficio Tecnico effettua uno studio di fattibilità tecnico/economica (3, 4) e procede alla progettazione dell'attrezzatura necessaria (5) alla produzione. Una volta conclusa questa fase preliminare sarà poi compito dell'Ufficio Commerciale contrattare con il cliente, attraverso vari incontri organizzati in sede, i relativi costi totali della nuova commessa (6) ed infine accettarlo come nuovo progetto dell'azienda (7) in caso di raggiungimento dell'accordo economico o cancellare l'ordine in caso contrario (8).

Successivamente alla fase di contrattazione l'Ufficio Tecnico provvederà ad elaborare i necessari progetti CAD-CAM sulla base delle indicazioni fornite dal cliente e, se necessario, apportare le necessarie modifiche, concordate sempre con il cliente, per l'adattamento di questi alla tecnologia produttiva esistente con tutte le informazioni necessarie (operazioni o processi speciali da eseguire manualmente a bordo macchina) alla compilazione del foglio di lavoro necessario al reparto di produzione (9). Questi disegni, insieme a tutta la documentazione relativa al particolare verranno successivamente archiviati in forma digitale presso appositi server condivisi con il resto dell'azienda. Qualora la richiesta di cui sopra venga approvata, solo dopo aver ricevuto conferma dall'Ufficio Tecnico di aver provveduto a fornirsi delle necessarie attrezzature di produzione, l'Ufficio Logistico, così come per i codici di routine procederà ad emettere un ordine di lavoro alla fonderia nei modi e nei tempi necessari (con un anticipo compreso fra due e quattro settimane, considerato che, come detto sopra, la produzione segue una programmazione mensile) al fine di soddisfare le richieste di approvvigionamento previste con il cliente in fase di concordato.

Il processo di produzione e lavorazione dei particolari è abbastanza lineare e simile per la maggior parte dei pezzi prodotti. La pressofusione dei particolari prodotti avviene presso lo stabilimento di Santena, nel quale, dopo una prima fase di fusione della lega (10), in appositi forni fusori, necessaria alla produzione, vi è la fase di stampaggio vera e propria (11) eseguita su macchine per pressofusione a camera fredda di diversa forza di chiusura in base alle caratteristiche dimensionali del pezzo da produrre. I pezzi una volta stampati subiscono le operazioni di tranciatura meccanica (12) e, se necessario, sabbiatura (13). Successivamente alla fase di tranciatura e sabbiatura, i particolari vengono sottoposti ad un controllo qualità per valutarne la conformità. Nel caso in cui questo evidenziasse delle criticità, i pezzi prodotti verranno scartati e destinati ad una nuova fusione al fine di recuperare la materia prima utilizzata.

A questo punto i pezzi vengono imballati su apposite pedane (14) e i pallet di semilavorati così formati vengono stoccati in magazzino (15) in attesa di essere trasferiti presso gli stabilimenti di Villastellone (16) e, in misura molto ridotta, di Borgaro Torinese per le successive operazioni di lavorazione meccanica. Le attività di trasporto fra i vari stabilimenti vengono coordinate dall'Ufficio Logistico appoggiandosi ad un trasportatore esterno con il quale è stato precedentemente stipulato un contratto annuale di trasporto.

A Villastellone, successivamente ad un controllo visivo (17), i semilavorati in questione vengono caricati su apposite isole robotizzate che procederanno alle lavorazioni meccaniche necessarie alla tipologia di prodotto (foratura (18), spianatura (19), filettatura e alesatura (20), lavaggio (21)). Il successivo controllo a campione dei pezzi così lavorati determina il passaggio allo step successivo per i pezzi conformi o, per i pezzi difettosi, l'imballaggio per la successiva spedizione presso lo stabilimento di Santena (22) per essere nuovamente fusi così da recuperare la materia prima utilizzata. Infine, per i pezzi destinati al contenimento di liquidi ad alta pressione viene eseguita, come ultima operazione, la prova di tenuta (23) e solo in caso di superamento di questa essi ottengono il via libera per la successiva fase di immagazzinamento dei prodotti

finiti. In caso, invece, di non superamento della prova i pezzi vengono stoccati in appositi spazi a bordo macchina per essere successivamente imballati e spediti presso un'azienda esterna (24) che procederà al processo di impregnazione e successivamente, una volta rientrati i particolari, ripetere la prova di tenuta.

Nel caso in cui i cui il particolare richieda ulteriori lavorazioni per conto terzi, come ad esempio la verniciatura, sarà compito dell'Ufficio Logistico organizzare il trasferimento ed il successivo ritiro dei pezzi dal terzista (25), attraverso l'utilizzo di un apposito vettore logistico con il quale concordare ogni ritiro via email, e verificare, al rientro dei pezzi in stabilimento tramite apposito Ufficio Qualità, il corretto esito dell'attività svolta (26).

La fase finale è quella di immagazzinamento dei prodotti finiti, sempre presso lo stabilimento di Villastellone (27), in attesa dell'imballaggio finale in contenitori specifici forniti dai clienti stessi e della preparazione per il ritiro o spedizione in base a quanto concordato in fase di trattativa con il cliente.

Come già evidenziato nel corso dell'analisi del processo di produzione, per pura scelta di convenienza è stato deciso di semplificare l'analisi tenendo conto solo della produzione nei due stabilimenti di Santena e Villastellone, data l'esigua percentuale di particolari lavorati presso lo stabilimento di Borgaro Torinese e tenuto conto che il processo di produzione si può ritenere equivalente a quello espletato presso il centro di lavorazioni meccaniche di Villastellone.

Inoltre è stato deciso di tenere traccia, nell'analisi della Supply Chain, solo dei processi interni alla 2a S.p.A., senza considerare le produzioni affidate in sub-appalto. Queste rappresentano una percentuale non indifferente nella totalità della produzione dell'azienda, ma sono punti della catena su cui l'azienda ha scarsa capacità di controllo limitandosi, quindi, alla comunicazione dei fabbisogni produttivi ed alla programmazione delle forniture di materia prima e ritiro dei prodotti finiti, con tutti i problemi che ne conseguono in caso di ritardi nella produzione o elevata difettosità dei particolari prodotti.

Per quanto riguarda la produzione attraverso fornitori esterni l'Ufficio Logistico, unitamente all'Ufficio Acquisti, si occupa di inviare telematicamente, attraverso lo scambio di una serie di mail le richieste di lavorazione ai vari fornitori ed organizzare, sempre tramite apposito trasportatore esterno, lo spostamento dei lotti da un fornitore all'altro (nel caso in cui oltre allo stampaggio sia esternalizzata anche la lavorazione meccanica) e dai fornitori allo stabilimento di Villastellone, sia per i prodotti finiti che per i semilavorati. L'Ufficio Qualità, attraverso appositi audit, ha il compito di accertare la qualità dei particolari e di intervenire in itinere in caso di problemi con azioni correttive.

3.1.3. Distribuzione

In quest'ultimo paragrafo verrà analizzato il processo di distribuzione dei prodotti in uscita dal processo di produzione, di cui si è discusso nel paragrafo 3.1.2.. In particolare, l'Ufficio Logistico a fronte del ricevimento degli ordini di fornitura dei particolari dai diversi clienti procederà a sovrintendere tutte le operazioni dall'imballaggio dei colli fino all'effettiva uscita del carico dall'azienda. In particolare, al fine di organizzare carichi completi, la composizione dei carichi in uscita può essere formata da unità di carico omogenee o disomogenee nel caso in cui il cliente in questione abbia più particolari in produzione presso l'azienda al fine di ottimizzare le spedizioni e quindi ridurre l'impatto dei costi di trasporto sul prodotto finale. In linea di massima la distribuzione della merce al cliente, il cui costo è sostenuto dalla 2a S.p.A., avviene attraverso un operatore logistico esterno che provvederà a consegnare la merce.

Il processo di distribuzione ed i relativi scambi informativi, identificando fra parentesi il numero delle rispettive attività rappresentate, è descritto nei flow chart di cui all'allegato numero 3. Il primo passo del processo di distribuzione consiste nella ricezione, da parte dell'Ufficio Logistico, di un ordine di fornitura per una determinata tipologia di prodotto (1). A fronte di questa richiesta

l'ufficio verifica la reale disponibilità delle risorse richieste, in termini di materie prime e attrezzature necessarie alla produzione in serie del particolare (stampi, trance, ecc.), ed in caso positivo provvede a comunicare all'Amministrazione l'espletamento del nuovo ordine (2) e contemporaneamente attiva gli addetti alla produzione per la preparazione dei pallet (3) secondo le richieste (materiali di imballo/contenitori) dei clienti. Poiché i prodotti finiti vengono imballati per il trasporto verso il cliente esclusivamente in contenitori di proprietà di quest'ultimo, la preparazione del lotto può avvenire solo se il cliente avrà fornito i supporti idonei al trasporto del materiale. In caso contrario sarà compito dell'Ufficio Logistico procedere alla richiesta, per via telematica, di fornitura di quest'ultimi (4) al cliente. Una volta preparati i pallet la produzione predisporrà le etichette (5) da apporre sui lotti contenenti le informazioni relative al lotto di produzione ed i riferimenti del successivo Documento Di Trasporto (DDT) di spedizione. Il lotto così formato resta in attesa nell'area di carico merci e l'Ufficio Logistico precederà a contattare l'operatore logistico designato per quella specifica spedizione (6) ed al contempo provvederà ad informare il cliente affinché questo si appresti a ricevere (7) la spedizione in essere e successivamente autorizza lo spostamento del lotto presso la zona di carico nella quale esso resterà in attesa del trasporto designato (8). Nel caso in cui la richiesta dei particolari non possa essere soddisfatta per mancanza dei pezzi pronti l'Ufficio Logistico provvederà, tramite e-mail a emettere un ordine di produzione "urgente" (9) e contestualmente contatterà il cliente per avvertirlo del ritardo nella consegna (10). Sarà poi il Customer Care, una volta consegnato il lotto, a risolvere eventuali controversie o penali per il ritardo nella consegna.

Quando il camion arriva presso lo stabilimento di spedizione, l'Ufficio Logistico procede con la supervisione delle operazioni di carico (11) ed una volta completate si impegna ad inviare al cliente, via mail, gli estremi del carico spedito (12) e contemporaneamente procede a passare la pratica all'Ufficio Qualità (13) che attraverso il Customer Care gestirà i successivi contatti con il cliente.

Il cliente, alla ricezione della merce, provvederà a sua volta a verificare la correttezza delle specifiche richieste ed in caso di problemi provvederà a contattare il Customer Care dell'azienda (14) che, in collaborazione con l'Ufficio Qualità, provvederà a risolvere eventuali criticità e concordare gli addebiti legati a non conformità (15).

Solo allora il cliente, in base agli accordi commerciali concordati in fase di contrattazione iniziale, provvederà a pagare le relative fatture (16) ed innescare il processo di gestione contabile interno all'azienda. Questo processo esula dal presente studio.

Per quanto riguarda la gestione dei magazzini di materia prima, non esiste una regola precisa. Allo stato attuale, la lega, suddivisa per tipologia segue in linea di principio una logica LIFO in quanto essendo il magazzino disposto lungo le pareti del fabbricato in cui avviene la produzione, una logica diversa richiederebbe lo spostamento dei vari lotti arrivati per ultimi con notevole spreco di tempo e spazio per la loro movimentazione. Poiché la materia prima ricevuta per essere accettata deve rispettare degli stretti parametri chimico-fisici e non essendo ad oggi implementato un sistema di tracciabilità di quest'ultima, la soluzione utilizzata non implica grandi problemi.

Per quanto riguarda invece la gestione dei magazzini di semilavorati e dei prodotti finiti, essi seguono una logica FIFO sia perché la produzione è principalmente di natura make to order sia perché, nel caso dei semilavorati i pezzi prodotti, man mano che i lotti sono ultimati, vengono spediti presso lo stabilimento dove avverrà la successiva lavorazione meccanica mentre per i prodotti finiti essi verranno prontamente imballati e spediti al cliente. Così facendo la 2a S.p.A. da un lato si garantisce scorte minime di magazzino e dall'altro tende a raggruppare eventuali difettosità sfuggite al controllo degli operatori e che potrebbero compromettere l'accettazione di futuri lotti da parte dei clienti.

3.2. Criticità riscontrate

Come già enunciato più volte nella trattazione di questa tesi il principale obiettivo che spinge le aziende ad interfacciarsi con una realtà mutevole e dinamica come quella della Digital Supply Chain è la prospettiva di ridurre i costi eliminando gli sprechi senza, allo stesso tempo, dover rinunciare alla qualità dei propri prodotti. Nel caso in analisi, tutto ciò è però possibile solo superando alcune criticità presenti nei processi appena analizzati e nelle macrostrutture a cui fanno capo quest'ultimi.

3.2.1. Approvvigionamento

Dall'analisi del processo di approvvigionamento risulta evidente come tutto il rifornimento della materia prima rappresenti per la 2a S.p.A. uno dei momenti più importanti dell'intero processo produttivo, non solo perché senza materia prima non si potrebbe produrre nulla, rischiando quindi di fermare l'intero processo con le conseguenti penali o, nei casi peggiori la perdita della commessa, ma anche perché una macchina ferma rappresenterebbe un costo non ammortabile e quindi difficile da supportare.

Il primo fattore critico che emerge da questa fase è legato alle operazioni di pianificazione degli approvvigionamenti (Attività n° 2, Allegato 1) che avviene in modo del tutto manuale. L'ufficio Acquisti sulla base delle informazioni ricevute dall'Ufficio Logistico circa i piani di produzione e sull'andamento del consumo delle scorte di materia prima presenti a magazzino decide se è necessario emettere un ordine immediato o attendere un secondo momento così da garantire un flusso continuo di materiale. La prima criticità è quindi rappresentata dall'individuazione delle esatte tempistiche di rifornimento al fine di garantire all'azienda un flusso continuo di materia prima necessaria al processo produttivo, evitando così il rischio di stock out ed allo stesso tempo mantenere la scorta di quest'ultima il più bassa possibile al fine di evitare gli elevati costi legati all'immobilizzazione delle risorse.

Una seconda criticità si verifica a seguito di questa prima fase, nel caso in cui le quantità di materiale a contratto siano già esaurite. In questo scenario infatti l'Ufficio Acquisti dovrà effettuare una ricerca di mercato fra i principali fornitori italiani a cui successivamente segue la definizione del prezzo e delle caratteristiche della consegna (Attività n° 7-8, Allegato 1) Nel caso in cui i fornitori prescelti per la fornitura della materia prima relativa a quantità extra contrattuali (Paragrafo 3.1.1) diano esito negativo la fase di ricerca e contrattazione potrà richiedere anche tempistiche lunghe costringendo il personale a dover ripetere le operazioni elencate sopra ogni qualvolta si riceva un esito negativo dal fornitore selezionato.

Conseguenza di quanto fin ora analizzato è l'elevato effetto Bullwhip sull'approvvigionamento delle materie prime, che evidenzia un andamento ciclico molto marcato alternando fasi in cui i magazzini presentano un coefficiente di saturazione critico a fasi in cui la mancanza di risorse costringe l'azienda a rallentare la produzione. Tutto ciò è legato principalmente alla poca trasparenza esistente in azienda fra l'Ufficio Logistica e l'Ufficio Acquisti con quest'ultimo che non ha alcuna visibilità su quelli che sono gli effettivi ordini dei clienti e, che in alcuni casi, si limita a subire passivamente quelle che sono le variazioni dello stock prodotto (modifiche nella pianificazione della produzione o nella saturazione degli stampi) avendo alle volte tempistiche inferiori alla settimana per reagire ed adeguare le scorte di materia prima nella giusta lega e quantità.

Un'ultima criticità evidenziata nel corso dell'analisi della Supply Chain dell'azienda è legata all'aggiornamento delle quantità presenti a magazzino (Attività n° 3-4, Allegato 1) che vengono svolte esclusivamente manualmente senza l'ausilio di alcun software. Questo sistema espone l'Ufficio Acquisti a possibili errori di interpretazione (i numeri scritti a penna non sempre possono essere chiari) o, nel caso in cui il magazziniere sbaglia a contare i pallet presenti o non sia a conoscenza di ulteriori scorte stoccate magari in posizione diversa dal

solito, ad errate valutazioni della reale scorta di magazzino amplificando ulteriormente l'effetto Bullwhip precedentemente indicato.

3.2.2. Produzione

Trattandosi di produzione in serie di particolari standardizzati su commissione, con commesse spesso definite nel lungo periodo (dai tre mesi all'anno di produzione) il processo di produzione non offre un'elevata variabilità nel breve periodo. Se quindi, da un lato nelle commesse di lungo periodo, l'azienda si trova ad operare in un contesto produttivo più stabile con quantitativi ben definiti e processi ripetitivi nel tempo, dall'altro si evidenziano delle criticità relative all'iter di avvio di una produzione nel caso in cui il progetto da implementare sia un nuovo progetto o una modifica di un progetto già esistente (Attività 3-4-7, Allegato 2). In particolare ciò è dovuto al fatto che spesso i nuovi progetti su cui l'azienda, nelle figure dell'Ufficio Tecnico e Commerciale, si trova a lavorare sono già stati analizzati e sviluppati dal personale dei clienti e, se il "linguaggio tecnico" o la tecnologia prevista per la produzione delle due realtà aziendali (cliente e fornitore) è diversa, il rischio è che il tempo richiesto per interpretare le specifiche tecniche ed adattare alla tecnologia pre-esistente sia maggiore di quello richiesto da una ri-progettazione del prodotto.

Un'altra criticità presente attualmente nell'azienda 2a S.p.A. è il mancato monitoraggio del processo produttivo. I particolari prodotti devono in alcuni casi rispondere ad elevati livelli di qualità determinata, a sua volta, dalle condizioni ambientali di lavoro delle macchine (es. temperature presse) o dalle caratteristiche chimico-fisiche del materiale utilizzato (materiale che può presentare variazioni percentuali nella composizione chimica fra un lotto ed un altro). Risulta quindi evidente come un monitoraggio continuo del processo permetterebbe all'azienda un notevole risparmio in termini di costo di produzione, eliminando gli scarti ed una maggiore precisione nella determinazione delle date di consegna dei lotti, evitando così le eventuali penali

dovuti a ritardi o “viaggi speciali”. Inoltre visto che la stessa produzione è suddivisa fra due impianti dislocati in aree diverse della provincia di Torino, una riduzione degli scarti permetterebbe anche un’importante riduzione del costo di trasporto del materiale, destinato ad essere nuovamente fuso, da uno stabilimento all’altro.

Infine, la mancanza di un sistema di tracciabilità univoco dalla materia prima al prodotto finito, rende notevolmente complicato identificare le cause di difettosità di particolari già consegnati e l’identificazione del lotto di produzione del particolare stesso.

La produzione esternalizzata, che come già detto nel paragrafo 3.1.2. è stato deciso di non analizzare nel presente lavoro di tesi, presenta interessanti vantaggi in termini di flessibilità produttiva, permettendo all’azienda di far fronte alla variabilità delle richieste potendo usufruire di questo “polmone” rappresentato dalle aziende a cui ci si rivolge per la produzione in sub-appalto evitando così il rischio di ritrovarsi con impianti fermi per mancanza di commesse. Allo stesso tempo, però questo sistema presenta delle criticità nei casi in cui vi sia un ritardo nella consegna dei prodotti finiti o non siano rispettati gli standard produttivi previsti. Ciò, infatti costringe l’azienda, che in ogni caso è responsabile della produzione nei confronti del cliente, onde evitare che il cliente possa rifiutare l’intero lotto prodotto, a ritardare in alcuni casi la consegna dei particolari con la conseguente attribuzione di penali a carico dell’azienda stessa ed in alcuni casi a dover modificare la propria produzione interna, precedentemente pianificata, per far fronte ad urgenze da soddisfare nel minor tempo possibile.

3.2.3. Distribuzione

Durante le visite presso il centro di distribuzione di Villastellone non è stato possibile eseguire un’approfondita analisi di quelle che sono le dinamiche del processo stesso. In ogni caso le uniche criticità evidenziabili sono legate alle modalità con cui l’azienda segnala al cliente la mancanza degli specifici

contenitori (Attività n° 4, Allegato 3) e segnala all'operatore logistico la disponibilità al ritiro del prodotto finito precedentemente suddiviso in lotti (Attività n° 6-11 Allegato 3). Poiché entrambe le attività richiedono un certo lasso di tempo per essere portate a termine un eventuale ritardo nei tempi di risposta da parte del cliente nel primo caso e dell'operatore logistico nel secondo comportano lo stoccaggio del materiale all'interno del magazzino in apposite aree per un tempo ben maggiore da quello previsto nel caso di una gestione ottimizzata delle tempistiche di trasporto. Ciò comporta un aumento dello stock ed il rischio di poter non rispettare i tempi di consegna concordati con il cliente andando incontro a possibili penali applicate da quest'ultimo.

3.3. Progetti in corso Industry 4.0

La 2a S.p.A. recentemente ha avviato alcuni progetti volti ad innovare la realtà aziendale e permettere una prima transizione verso quella che dovrebbe essere la Smart Factory del futuro attraverso l'implementazione di alcune caratteristiche tipiche dei processi dell'Industry 4.0 con l'obiettivo di avvicinarsi il più possibile al concetto di Digital Supply Chain. I progetti sono ancora allo stato embrionale, con la conseguenza che non è ad oggi possibile fare un'analisi quantitativa di quello che sarà il loro reale impatto economico sulla produzione ma è comunque evidente la volontà dell'azienda di investire in innovazione attendendosi un importante ritorno futuro in termini di guadagni economici, attraverso l'abbattimento degli sprechi, ed il miglioramento della qualità del prodotto.

I progetti avviati sono fra di loro collegati e vertono principalmente intorno all'implementazione di un modello di IoT e all'analisi dei successivi Big Data ottenuti da tale modello. In particolare, un primo progetto, avviato nel febbraio del 2018 e tutt'ora in corso ha come obiettivo quello di cablare l'intera azienda attraverso la rete internet con particolare attenzione alle aree produttive e quindi al collegamento in rete delle macchine presenti in azienda al fine di permettere,

così come previsto dalla filosofia IoT, lo scambio di informazioni sia di tipo puramente logistico/gestionale (stato macchina, prodotto, flusso MP) che di processo industriale (informazioni di temperatura o energia assorbita, ecc.). Il collegamento di tutte le macchine ha rappresentato un'importante sfida in quanto la diversa età di esse, unito a interfacce proprietarie o in alcuni casi inesistenti, ha reso non poco complicata la comunicazione fra esse ed il MES. Una volta completato il collegamento in rete di tutte le macchine produttive avverrà la fase di implementazione e debugging del software che rappresenterà il principale canale di comunicazione all'interno dell'azienda fra i vari reparti produttivi e l'amministrazione. Attraverso questo software sarà possibile raccogliere i dati e le informazioni e suddividerle per tipologia fra informazioni di natura puramente gestionale ed informazioni di processo industriale.

Un altro progetto, della durata di circa diciotto mesi a partire dal mese di luglio 2018, diretta conseguenza del primo, sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Torino, punta a creare attraverso l'acquisizione dei Big Data ottenuti dal sistema IoT precedentemente discusso, un modello di simulazione delle macchine utilizzate nella produzione. L'obiettivo è quello di creare un flusso di dati grezzi da archiviare all'interno di un sistema più grande, come ad esempio un MES di cui si è parlato nel capitolo 1, e solo successivamente attraverso specifici enti questi dati dovranno essere analizzati, ripuliti e contestualizzati nella forma e per l'utilizzo ritenuto più efficace per l'azienda stessa.

In linea parallela a questo secondo progetto si è provveduto ad installare presso le unità produttive dello stabilimento di Santena delle termo-camere con l'obiettivo di effettuare un'analisi termografica delle presse al fine di evidenziare le possibili cause, in termini di variazioni ambientali, responsabili di eventuali anomalie o non conformità dei pezzi prodotti. Anche in questo caso i dati ottenuti saranno utilizzati per costruire un modello predittivo circa le migliori condizioni di funzionamento delle macchine al fine di ottimizzare l'efficienza.

Infine si sta valutando allo stato attuale l'interesse dei fornitori, una volta che il sistema IoT sarà a regime, verso la così detta tele-assistenza. L'intenzione è quella di permettere la comunicazione diretta fra la macchina ed il fornitore per permettere a quest'ultimo attraverso l'analisi dei dati di effettuare una manutenzione predittiva e preventiva ed evitare, così facendo, costosi fermi macchina.

A contorno di tutte le attività intraprese fin ora e di quelle future vi è la necessità di creare un centro documentale informatico digitalizzando tutta la documentazione e le istruzioni di lavoro al fine di creare un sistema efficiente, in grado di operare in maniera del tutto indipendente e permettere successive implementazioni come ad esempio i tag RFID, attraverso i quali accedere sempre in formato digitale ai manuali di ogni singola macchina, per l'intervento della manutenzione.

Ad oggi i principali problemi incontrati dall'azienda nell'implementazione di queste tecnologie sono principalmente di due tipologie. La prima è legata alla scarsa disponibilità dimostrata dai fornitori nell'utilizzo delle nuove tecnologie di comunicazioni su macchine già esistenti. Le motivazioni rispetto a questo atteggiamento sono molteplici. Da un lato vi è la mancanza di personale disponibile, da parte delle aziende fornitrici, a cui affidare il compito di modifica delle macchine pre-esistenti, preferendo dare la precedenza all'installazione di nuove e macchine con un ritorno remunerativo maggiore del semplice upgrade. Un'altra motivazione, nel caso di fornitori del settore metalmeccanico, è legata nell'incapacità di fornire all'azienda un supporto tecnico e tecnologico di natura prettamente di tipo elettronico e quindi l'incapacità da parte dei fornitori di creare e fornire un'interfaccia attraverso cui le macchine possano dialogare in modo digitale con l'intero sistema.

Un altro problema è rappresentato, come per molti ambiti in cui la tecnologia è entrata solo di recente, dall'inerzia cognitiva del personale che vede la nuova tecnologia come un qualcosa di superfluo e da dover aggiungere alle proprie mansioni. Diventa quindi fondamentale porsi come obiettivo quello di

sviluppare una crescita delle risorse umane interne per le quali la nuova tecnologia deve diventare un importante strumento di ottimizzazione e supporto al proprio lavoro nell'ottica del continuo miglioramento tipico della nuova filosofia dell'Industry 4.0

CAPITOLO 4

APPLICAZIONE DEI CONCETTI DI DIGITAL SUPPLY CHAIN AL CASO DI STUDIO

Questo capitolo ha lo scopo di mettere insieme i vari aspetti finora trattati e combinare la realtà della 2a S.p.A. presentata nel capitolo 3 con i concetti e gli strumenti innovativi presentati nella dissertazione sulla Digital Supply Chain di cui al capitolo 1. Il principale focus sarà incentrato sulle criticità riguardanti la Supply Chain dell'azienda e come, attraverso l'utilizzo delle tecnologie e dei concetti della DSC, sia possibile ottenere miglioramenti e benefici in ognuna delle fasi analizzate sempre nella direzione di un'azienda Smart ed in linea con i fondamenti dell'Industry 4.0.

Le soluzioni proposte prendono spunto da un'analisi delle possibili alternative applicate in contesti simili in aziende che hanno già introdotto innovazioni in ambito DSC e di cui si è in parte già discusso nel paragrafo 1.4.1 di questo elaborato. Gli ambiti analizzati sono i più disparati spaziando dall'automotive, ai servizi fino all'alimentare. Ne sono un esempio l'introduzione di robot autonomi per la produzione di scocche nel caso di Maserati, l'introduzione di dispositivi wearable come supporto alla produzione nel caso di Alfa Romeo, e infine l'utilizzo della tecnologia dell'AM, ad alti livelli, per la produzione di particolari in metallo nel caso di Audi.

Oltre a questi casi già analizzati in precedenza, di particolare interesse è stato lo studio del caso di Servair, player internazionale per i servizi aerei che per automatizzare la ricezione di merci ed automezzi ha predisposto un sistema che, sfruttando la tecnologia del Cloud Computing nella forma del SaaS, ha permesso di aumentare la sicurezza aeroportuale ottimizzando consumi e costi con, allo stesso tempo, ricadute ambientali quali ad esempio la riduzione del carbon footprint.

In ambito IoT e Blockchain sono stati analizzati, invece, i casi di Aldes e Barilla. La prima, azienda specializzata in sistemi di condizionamento e qualità dell'aria, ha integrato un sistema all'interno dei propri dispositivi che permette a questi di comunicare con il sistema centrale, gestendo in real time le informazioni, garantendo un accesso in tempo reale dei dati raccolti e migliorandone al tempo stesso la loro tracciabilità.

Barilla infine in occasione dell'Expo di Milano del 2015, in collaborazione con IBM, ha avviato due progetti. Un primo relativo alla creazione di un packaging speciale per due suoi prodotti, dotando essi di un QR code che consente al consumatore, sulla base di una soluzione basata sull'IoT, di accedere a tutti i passaggi della filiera, ed un secondo, ancora in fase di implementazione, che punta all'utilizzo della Blockchain per la tracciabilità della filiera del basilico con lo scopo di eliminare il rischio di contraffazioni alimentari.

Questi sono solo alcuni degli esempi di aziende che hanno già in qualche modo implementato soluzioni DSC nel loro sistema produttivo e che hanno costituito la linea guida per lo sviluppo delle soluzioni di seguito proposte anche alla luce di quelli che sono i primi progetti avviati dall'azienda analizzata in questa direzione.

Le stime numeriche, riguardanti i benefici, indicate in questo capitolo sono il risultato delle informazioni fornite dal personale aziendale, oltre che dall'analisi dei processi eseguita durante la permanenza in azienda.

4.1. Attività di previsione in ambiente SMART

Fino ad oggi la 2a S.p.A. ha operato senza effettuare alcuna previsione circa quelli che sono gli andamenti di mercato dei propri prodotti. Ciò è dovuto innanzitutto al fatto che la propria produzione è destinata ad un settore, quello dell'automotive, che opera le proprie scelte sulla base di schemi previsivi delle vendite e quindi presenta andamenti poco stabili, soprattutto negli ultimi anni per via dell'elevata variabilità dei mercati. Inoltre il settore di mercato che

l'azienda occupa è allo stato attuale un mercato in forte crescita ed espansione con richieste sempre maggiori in termini di quantità, variabilità e qualità dei prodotti. Indubbiamente la disponibilità di nuove tecnologie informatiche, unite alle innovazioni apportate dalla DSC, oltre ad una importante evoluzione culturale hanno portato in tempi recenti in risalto i concetti di gestione e previsione della domanda in una SC come chiave di volta per il successo in ambienti altamente competitivi.

Fermo restando che una stima di quella che sarà la produzione di serie di prodotti finiti resta allo stato attuale difficoltosa senza una piena partecipazione e condivisione delle informazioni dei clienti, l'analisi dei Big Data e l'utilizzo delle tecnologie proprie dell'IoT sarebbero un'ottima base da cui partire per una proposta di forecasting circa la tipologia e le quantità di materia prima richiesta così da avviare i processi di approvvigionamento ed allertare la catena di fornitura in anticipo.

Condivisione delle informazioni, analisi di marketing e acquisizione di dati dall'ambiente in cui opera la 2a S.p.A. sarebbero gli elementi da cui partire per un'analisi approfondita dei Big Data così da ottenere, una volta scremati e contestualizzati quest'ultimi, attraverso l'utilizzo di tecniche di statistica inferenziale e di sistemi di regressioni non lineari, quali siano i trend relativi all'utilizzo delle varie leghe di alluminio e come esso cambi nel tempo.

Un approccio di questo tipo permetterà in futuro all'azienda di prevedere i futuri usi delle varie leghe e reagire tempestivamente ad eventuali modifiche o nuove richieste così da evitare ulteriori effetti distorsivi legati alla scorta di materia prima (effetti Bullwhip, paragrafo 1.2) rendendo l'azienda meno soggetta alla variabilità del mercato di riferimento con un abbattimento di circa il quindi/venti per cento dei costi relativi all'approvvigionamento.

4.2. Implementazione del Cloud Computing per il miglioramento dei processi

Il Cloud Computing rappresenta una possibile risoluzione ai problemi relativi alla gestione dei flussi informativi che, spesso, nei modelli di SC tradizionale vengono relegati in secondo piano non rappresentando flussi fisici di materiale o di prodotto. Con l'avvento delle tecnologie digitali di condivisione dei dati, che rappresentano il cuore della rivoluzione apportata dalla DSC, invece è emersa l'importanza è il relativo peso che il Cloud Computing può avere sulle attività svolte in maniera tradizionale. In particolare è apparso evidente come la mancanza di coordinamento e di condivisione delle informazioni relative all'intera SC sia un importante ostacolo da superare per rendere l'intero sistema più fluido ed efficiente.

Ci si è voluti soffermare in particolar modo su quelle attività che, ad oggi, vengono sviluppate attraverso canali di comunicazione interna o tramite mail senza utilizzare appositi supporti o canali dedicati e progettati appositamente per quello scopo come, ad esempio, i sistemi SaaS e PaaS presentati nel capitolo 1.

4.2.1. Il Cloud Computing nel processo di Approvvigionamento

L'implementazione della tecnologia del Cloud Computing, permetterebbe alla 2a S.p.A. di superare le criticità relative al processo di approvvigionamento della materia prima. In dettaglio, l'utilizzo della tipologia di servizio SaaS declinata nel modello DaaS (esempio in figura 36) permetterebbe ai clienti di condividere in tempo reale con l'azienda ed in particolare con l'Ufficio Acquisti le informazioni relative alle future richieste di produzione così da concedere all'ente preposto il tempo necessario per un corretto ed ottimizzato approvvigionamento sia in termini temporali, sia in termini quantitativi.

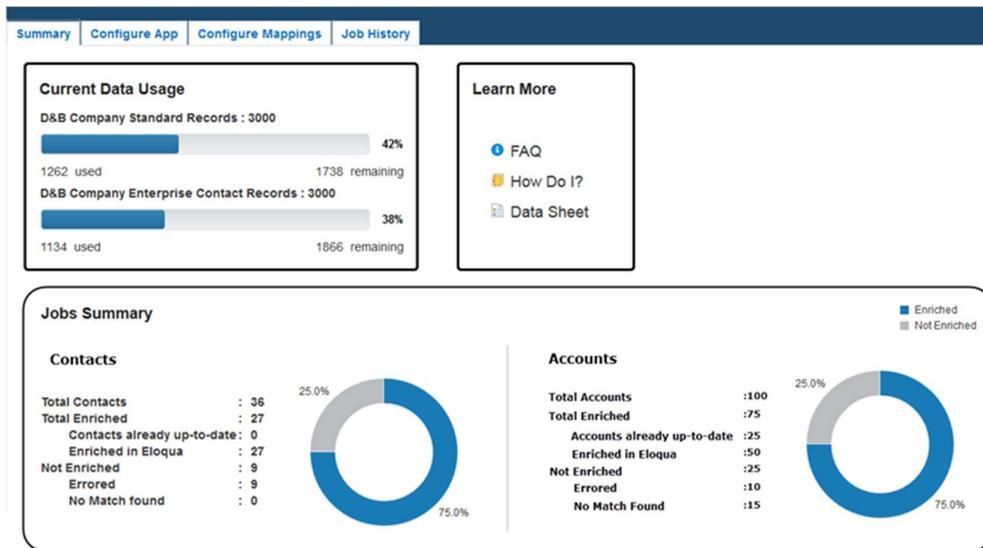


Figura 38 - Esempio di un Servizio DaaS (www.oracle.com)

Un sistema del genere, nello specifico, permetterebbe all'Ufficio Acquisti di poter conoscere la programmazione relativa alle richieste di produzione dei vari clienti su un orizzonte temporale di lungo periodo. Per fare ciò è necessario creare una piattaforma digitale (figura 37) attraverso la quale i clienti, tramite apposite maschere, condividano con l'azienda i propri fabbisogni produttivi e quindi gli ordini che intendono inviare per la produzione di ogni singolo particolare. Così facendo, l'Ufficio Acquisti, a fronte di una programmazione di produzione di lungo periodo, potrà organizzare per tempo l'approvvigionamento della materia prima (con almeno quattro giorni di anticipo sulla produzione) secondo le modalità ritenute più consone conoscendo in anticipo quale sarà l'andamento ed il consumo delle risorse per le produzioni in essere.

Programmazione produzione - Cliente XXX

File Edit View Help

Item One

Ordini chiusi

Lotto xxx	Richiesta 05/03/18	Spedizione 27/06/18	DDT.	Doc.pdf
Lotto xyx	Richiesta 25/03/18	Spedizione 19/07/18	DDT.	Doc.pdf

Ordini aperti

Lotto xyy	Richiesta 14/04/18	Spedizione _/_/_	DDT.	Doc.pdf
Quantità 6800 pz		Approvato	Stato produzione ●	CAD PRG.cad
Lotto yyy				
Quantità 12000 pz		In attesa di Approv.	Stato produzione ●	CAD PRG.cad
Nuova Segnalazione				
Lotto xyx	Richiesta 26/05/18	Spedizione _/_/_	DDT	Doc.pdf

Ordini mese successivo

Lotto yxx	Richiesta _/_/_	Spedizione _/_/_	DDT	Doc.pdf
Quantità 4000 pz		NON CONSOLIDATO	Stato produzione ●	CAD PRG.cad

Ordini trimestre successivo

Ordini semestre successivo

Item Two

Item Three

Figura 39 - Esempio sistema DaaS per l'azienda 2a S.p.A. (maschera Ufficio Acquisti)

In particolare il servizio proposto sopra si contraddistingue per il fatto che l'azienda non necessita di server proprietari e non deve occuparsi di alcun aspetto tecnico. Ogni incombenza in tal senso sarà, invece, demandata al fornitore del servizio che dovrà garantire sia la scalabilità che la sicurezza dell'intera infrastruttura oltre a fornire un'applicazione strutturata ed in linea con le esigenze del committente. Inoltre il modello DaaS permette all'azienda la condivisione dei soli dati rendendo questi decentrati rispetto al sistema aziendale, conservandoli ad esempio su un server esterno all'azienda, e permettendo ad ogni individuo della catena, abilitato, di potervi accedere in maniera autonoma, attraverso un'apposita procedura di login, utilizzando specifiche applicazioni, o molto più semplicemente sfruttando un qualunque browser disponibile in commercio.

L'utilizzo di un sistema del genere permetterebbe, nel lungo periodo, ai clienti di anticipare, comunicandola attraverso apposite maschere, la previsione di

prodotti che andranno a richiedere alla 2a S.p.A. secondo i loro modelli previsionali e, nel breve attraverso la conferma delle previsioni divenute quindi ordini effettivi, permetterebbe all'azienda di poter pianificare la produzione su ordini consolidati con una bassa tolleranza alle modifiche in termini di progetto e quantità prodotte.

Quindi l'implementazione di un modello di condivisione cloud di questo tipo fra clienti e azienda garantirebbe diversi vantaggi. In primo luogo permetterebbe ai clienti di interagire, inserendo le informazioni relative agli ordini che andranno ad effettuare. Allo stesso tempo il modello permetterebbe alla 2a S.p.A., attraverso l'analisi di queste informazioni, di poter effettuare una migliore programmazione degli approvvigionamenti in termini di efficienza, ottimizzando le richieste ai fornitori a fronte della conoscenza delle richieste dei clienti nel breve periodo e quindi evitando eccessi o ammanchi di materia prima. Un notevole miglioramento infine lo si otterrebbe anche in termini di costo permettendo all'azienda, conoscendo la domanda futura dei clienti, di poter anticipare o rinviare l'acquisto della materia prima sulla base dell'andamento del mercato e della quotazione della materia prima oppure poter sfruttare vantaggiosi sconti-quantità in fase di contrattazione delle forniture.

Un sistema di condivisione delle informazioni di natura DaaS potrebbe anche essere implementato dal lato della SC relativa ai fornitori. La condivisione, fra fornitori abituali e azienda, di informazioni relative alle tipologie ed alla quantità di materiale disponibile presso i loro impianti permetterebbe all'Ufficio Acquisti nel breve periodo di poter snellire in maniera decisa il processo di contrattazione ed acquisto della materia prima e metterebbe al sicuro l'azienda da possibili atteggiamenti collusivi da parte dei vari fornitori. Nel lungo periodo, inoltre, informazioni del genere potrebbero essere utili per rendere informata l'azienda di possibili stock out da parte del fornitore e permettere all'azienda stessa una migliore pianificazione dei tempi di spedizione qualora il materiale tornasse disponibile o di apportare soluzioni alternative a questo problema.

È evidente che questo modello di condivisione delle informazioni presenta notevoli vantaggi in termini di:

- Ottimizzazione delle informazioni in quanto si eviterebbero lunghi scambi di email fra le varie parti della SC.
- Ottimizzazione del livello di servizio offerto, attraverso una opportuna schedulazione del lavoro dalla fase di pianificazione di acquisto della materia prima sino alla spedizione del prodotto finito.
- Ottimizzazione nella gestione dei magazzini di materia prima, intermedi e dei prodotti finiti con conseguenti risparmi in termini di costo, la cui quantificazione non è possibile essendo legati alla volatilità dei listini della materia prima, permettendo all'azienda di anticipare le variazioni di mercato e di usufruire di eventuali sconti quantità.

Ma i vantaggi in termini di ottimizzazione del servizio, forniti dall'implementazione di un modello innovativo della Digital Supply Chain, non avrebbero ricadute solo sull'azienda analizzata ma su tutta la catena di produzione andando ad interessare sia i clienti (a valle) che avrebbero un servizio migliore e più trasparente, sia i fornitori (a monte) che si troverebbero una schedulazione degli ordini più lineare e di lungo periodo, permettendo anche ad essi di poter prevenire e preventivare eventuali oscillazioni di mercato (effetto Bullwhip) ed apportare le dovute azioni correttive con i relativi risparmi di costo per tutta la catena produttiva.

Infine, è importante sottolineare come un sistema cloud che unifichi le informazioni relative al processo di approvvigionamento di materia prima con quelle di consumo della stessa durante il processo di produzione, attraverso la creazione di un file condiviso, anche in semplice formato .xlsx (Excel) che riporti l'andamento di quest'ultima, fra i vari responsabili di produzione e l'Ufficio Acquisti, eliminerebbe il problema dell'aggiornamento manuale delle giacenze di magazzino con relativo rischio di errori. Sarebbe infatti sufficiente fornire ai responsabili della produzione dispositivi mobili, come tablet o smartphone connessi alla rete aziendale, attraverso i quali poter intervenire

indicando il reale consumo in tempo reale di materia prima e segnalare eventuali anomalie così da avere costantemente il quadro della situazione in merito alle scorte ed alla necessità di approvvigionamento in ogni istante.

4.2.2. Il Cloud Computing per la creazione e modifica di progetti di lavoro

L'utilizzo della tecnologia del Cloud Computing nella forma del PaaS permetterebbe all'azienda 2a S.p.A. di superare la criticità presente nel processo di produzione, relativa alle differenti forme di linguaggio tecnico o tecnologia produttiva esistenti fra cliente e azienda stessa.

La progettazione tradizionale prevede un processo sequenziale in cui ogni step viene sviluppato in ambienti chiusi come il proprio computer o nel migliore dei casi utilizzando partizioni interne all'azienda e limitate alla condivisione del solo ufficio preposto. Questi step devono, successivamente essere sottoposti a verifica ed approvazione da vari soggetti interni ed esterni all'impresa richiedendo per la comunicazione e la condivisione dei progetti l'utilizzo di mail o sistemi di condivisione, come l'utilizzo dei cloud messi a disposizione dai principali browser, il cui raggio di azione è limitato all'interno della sola rete aziendale. Proprio la condivisione rappresenta uno dei principali limiti di questo sistema di lavoro in quanto memorizzando i progetti su partizioni private o aziendali risulta veramente complesso per i vari membri della squadra di lavoro ed ancor di più per chi il progetto dovrà approvarlo e valutarlo poter avere una visione d'insieme del lavoro che di fatti si presenta diviso in blocchi relativi alla suddivisione dello stesso fra i vari membri dell'Ufficio Tecnico.

La costruzione di una piattaforma remota condivisa comune permetterebbe, invece, ai clienti di poter accedere tramite una connessione internet ad una serie di software tecnici adeguati alla realtà produttiva, poter visualizzare il progetto nella totalità delle sue componenti. La condivisione delle modifiche progettuali necessarie allo svolgimento del progetto ridurrebbe drasticamente il rischio di

incomprensioni o necessarie modifiche di adeguamento del progetto iniziale che richiedono, nella migliore ipotesi, un certo tempo, quantificabile in circa sette, quindici giorni, di contrattazione di queste con il cliente. La piattaforma così sviluppata permetterebbe, attraverso l'utilizzo di un unico linguaggio tecnico comune, concordato fra le parti ed implementato dal gestore dei servizi, la creazione di progetti CAD-CAM immediatamente eseguibili o comunque facilmente comprensibili ed allo stesso tempo aiuterebbe l'azienda a fornire un efficiente strumento di collaborazione e supporto con la clientela, potendo a sua volta proporre innovazioni o modifiche del processo nel senso del miglioramento qualitativo del prodotto.

Un sistema di tipo PaaS inoltre risolverebbe anche il problema legato alla remota, ma esistente possibilità che determinati file possano non essere correttamente visualizzati dai supporti informatici di cui è proprietaria l'azienda. Ciò solitamente è dovuto al fatto che le due realtà aziendali (fornitore e cliente) utilizzano programmi con versioni o aggiornamenti, dello stesso software, differenti ed alle volte non compatibili fra di loro. E questo, per fare un esempio, il caso della piattaforma office che, nelle sue varie versioni presenta alcune criticità di condivisione soprattutto quando si utilizzano versioni meno recenti del software per l'analisi di file creati con l'ultima edizione di esso. Con un sistema di questo tipo, invece, sarà il provider stesso ad avere l'onere della gestione sia dell'intera piattaforma di progettazione fornita (Software) e dei relativi aggiornamenti, sia della quantità di risorse da destinare al suo sviluppo (Hardware) relegando al cliente l'unico obbligo di dotarsi di una linea internet adeguata al trasferimento dei dati.

Inoltre questa tecnologia, così come nel caso precedente non vincola più l'utente alla propria postazione di lavoro permettendo ad ogni operatore di poter accedere al sistema attraverso le proprie credenziali da una qualunque postazione dotata di connessione ad internet sia essa un computer fisso o un dispositivo mobile

Inoltre, attraverso l'utilizzo di un Cloud PaaS, il cliente interagendo direttamente con l'Ufficio Tecnico della 2a S.p.A. otterrà un preventivo più in linea con quello che potrà essere il prezzo finale del prodotto oltre ad una maggiore trasparenza negli eventuali discostamenti fra quest'ultimo ed il prezzo iniziale. Per quanto riguarda invece la re-ingegnerizzazione di un processo esistente, legata ad eventuali modifiche del particolare da produrre, un sistema di condivisione renderebbe più chiara e veloce la comunicazione fra i tecnici dell'azienda e quelli dei clienti permettendo una più rapida ed efficiente risoluzione dei problemi e consentendo all'azienda di poter schedare la produzione, come già indicato in precedenza, entro termini di tempo minori, evitando infine eventuali incomprensioni ed ulteriori modifiche a produzione già in atto.

Un approccio Cloud Computing pone anche un alto standard in termini di sicurezza in quanto esso permette ai vari utenti autorizzati ad accedere ai file la visualizzazione e la modifica degli stessi direttamente sul cloud senza la necessità per i vari soggetti coinvolti di dover scaricare e trasferire i progetti fra un device e l'altro per la loro modifica e condivisione. Il software, infatti, registrerà ogni accesso ed ogni modifica con il relativo login dell'operatore e quindi sarà possibile per i responsabili conoscere in ogni momento, tramite apposite maschere, chi è al lavoro su un determinato progetto e chi ha apportato determinate modifiche.

In conclusione l'implementazione di un sistema cloud come quello presentato comporterebbe in prima analisi una importante riduzione, nell'ordine del 50%, delle tempistiche richieste allo stato attuale per lo sviluppo di un progetto, permettendo così, all'Ufficio Tecnico di dedicarsi ad altri compiti come, ad esempio, il monitoraggio delle attrezzature esistenti o risoluzione di altri problemi di carattere tecnico ed allo stesso tempo ridurrebbe drasticamente tutti i potenziali problemi legati al riadattamento di un progetto. Inoltre si avrebbero una maggiore velocità di implementazione e messa in produzione dei particolari grazie ad una progettazione CAD eseguita sempre dai clienti ma

immediatamente attuabile, senza bisogno di ulteriori modifiche, e in conclusione un miglioramento dei servizi e della qualità offerti alla clientela.

4.3. Monitoraggio processo produttivo

Per quanto riguarda il monitoraggio del processo produttivo, come riportato nel paragrafo 3.3, l'azienda ha già avviato un progetto di digitalizzazione informativa, in linea con il modello IoT. Un adeguato monitoraggio, attraverso il collegamento di tutte le macchine produttive in rete, permetterà all'azienda stessa di abbattere, di circa il quaranta/sessanta per cento (la percentuale è legata alla tipologia di prodotto ed alla complessità insita nella sua produzione) il numero dei prodotti difettosi e quindi ottimizzare il processo produttivo, potendo così intervenire nel momento in cui si verifica un'anomalia e porvi rimedio.

I dati ottenuti dai sensori posti sui dispositivi necessari alla produzione, in un sistema costruito secondo i principi dell'IoT, andranno ad aggiungersi a quelli derivanti dai processi di approvvigionamento e distribuzione e confluiranno insieme a quelli dei sistemi di tracciabilità relativi alle transazioni fra i vari elementi della SC in un unico database che dovrà essere analizzato e scremato al fine di ottenere un cruscotto di informazioni circa il reale andamento, in termini economici, di produzione e di movimentazione delle merci, dell'impresa. Così facendo sarà possibile, in futuro, monitorare le condizioni dell'azienda con particolare attenzione agli indicatori riguardanti l'efficienza produttiva, in tempo reale, da remoto connettendosi con il proprio dispositivo alla rete, favorendo un'efficiente analisi e risoluzione delle criticità di modo da poter raggiungere l'ottimo eliminando le inefficienze e gli sprechi.

Ciò comporta in prima analisi una riduzione del magazzino degli scarti ma ben più importante un risparmio in termini di costo di produzione, con una riduzione stimata di entrambi i parametri di circa il 30%, oltre che nella previsione esatta dei tempi di consegna con una schedulazione più efficiente.

Infine, aspetto non secondario, un corretto monitoraggio del processo produttivo ed un'attenta analisi delle condizioni di produzione può portare ad un innalzamento della qualità dei prodotti, e quindi un innalzamento del livello di servizio offerto al cliente.

La digitalizzazione del monitoraggio del processo produttivo permette, inoltre di risolvere anche le criticità evidenziate nel processo di distribuzione. Un efficace monitoraggio infatti permette una corretta previsione delle tempistiche di completamento del lotto di produzione permettendo così all'Ufficio Logistico di intervenire per tempo ed assicurare il rifornimento degli specifici contenitori di imballaggio evitando quindi che la merce stazioni, per un periodo di tempo che varia fra i cinque ed i dieci giorni lavorativi, nel magazzino in attesa di essere preparata alla spedizione. Lo stesso discorso vale per la criticità relativa alla modalità con la quale viene segnalato all'operatore logistico, la disponibilità al ritiro di un lotto di merce già imballato e pronto per la spedizione. Allo stato attuale, non potendo l'azienda contare su una previsione corretta delle tempistiche di completamento del lotto, avverte l'operatore logistico della disponibilità del lotto solo ad avvenuto imballaggio di quest'ultimo. Il lasso di tempo che quindi si viene a creare fra la segnalazione e l'effettivo ritiro, di circa tre/cinque giorni lavorativi, non è ottimizzato e potrebbe essere ridotto notevolmente, fino all'annullamento dello stesso, con una efficiente pianificazione.

Un adeguato monitoraggio ed una corretta condivisione delle informazioni, fra le varie parti dello stabilimento produttivo, permetterebbero quindi di anticipare la segnalazione relativa alla richiesta degli imballi di spedizione ed all'operatore logistico di quando il lotto sarà pronto. Così facendo, verrebbe ottimizzato il lasso di tempo intercorrente fra il completamento della produzione del lotto e la successiva spedizione a non più di circa 36/48 ore, tempo necessario per il corretto imballaggio dei particolari. Allo stesso tempo verrebbe ridotto lo stock di prodotti finiti a magazzino, al pari di una scorta di sicurezza, le cui dimensioni

variano sulla base del particolare richiesto e dei volumi produttivi, con un'ulteriore riduzione dei rischi legati ad eventuali ritardi nei due processi analizzati.

L'insieme di tutte queste soluzioni si sintetizza, infine, in uno snellimento del processo produttivo, che essendo coordinato dall'approvvigionamento della materia prima sino alla consegna del prodotto finito permette, attraverso l'analisi della grande mole di dati ottenuta di effettuare una programmazione della produzione ed una schedulazione su orizzonti temporali maggiori riducendo quindi rischi legati all'effetto Bullwhip (Paragrafo 1.2) ed all'incertezza delle scorte, soprattutto a monte della Supply Chain.

4.4. Implementazione di soluzioni RFID nei processi di produzione per la tracciabilità dei materiali

Sempre restando nel mondo delle innovazioni tecnologiche relative all'IoT, l'utilizzo di sistemi di lettura di codici, siano essi sistemi ottici (codici a barre), o a radio-frequenza (RFID o NCF) permetterebbero alla 2a S.p.A. di creare un sistema di tracciabilità univoco. I primi, ad oggi, rappresentano la soluzione più economica e di più facile implementazione richiedendo semplicemente l'acquisto di un generatore di codici a barre e di un dispositivo di lettura di quest'ultimi, mentre i secondi rappresentano la soluzione più efficiente in quanto meno soggette ad errori o ritardi dovuti alle operazioni necessariamente eseguite dagli operatori.

I sistemi RFID hanno assunto elevata importanza negli ultimi anni come strumenti per aumentare la visibilità dei flussi di materiale garantendo allo stesso tempo una riduzione dei tempi di lavoro e del rischio di errori in quanto non obbligano gli operatori ad aprire gli imballi ed allo stesso tempo evitano errori di scansione, trascrizione delle informazioni o semplicemente inserimenti doppi (Hwaiyu, 2017).

In particolare sarebbe possibile, per la 2a S.p.A. dotare i pallet di materia prima in entrata presso lo stabilimento di tag riportanti tutte le informazioni relative alle caratteristiche chimico-fisiche, alla data di arrivo ed al fornitore della merce. Successivamente, applicando la stessa tecnologia sui prodotti finiti sarebbe possibile ricostruire la storia di ogni pezzo a partire dalla materia prima utilizzata oltre a, una volta implementato il sistema IoT, poter utilizzare questi dati insieme ai Big Data relativi all'impianto per poter determinare quali condizioni abbiano determinato un eventuale difetto o variazione nel processo produttivo.

È importante sottolineare quest'ultimo aspetto, vero scopo dei sistemi RFID in ottica DSC. Una corretta valutazione dei dati ottenuti dalle macchine utilizzate per la produzione, infatti, non solo può verificare l'esistenza di anomalie nel processo causa di non conformità ma, attraverso l'analisi delle informazioni ottenute anche dall'ambiente aziendale è possibile comprendere le condizioni (variazioni di tipo climatico, elettrico, usura componenti, ecc.) che hanno portato a queste anomalie così da anticiparne il loro verificarsi e porre rimedio in anticipo.

Allargando l'orizzonte di questa tecnologia a monte (fornitori) ed a valle (clienti) sarebbe inoltre possibile arricchire il ventaglio di informazioni di cui dispone ogni singolo particolare aumentando in maniera importante il livello di servizio e permettendo un'identificazione univoca delle cause di difettosità. L'utilizzo di questo tipo di tecnologia su ampia scala è limitato dagli elevati costi di implementazione, stimato in circa centomila euro annui per singolo stabilimento ripartito fra software, sistemi di lettura e dispositivi (computer, tablet, ecc.), che richiederebbero l'utilizzo di un codice ottenuto dallo standard GS1, al fine di indentificare in maniera univoca e inequivocabile i singoli prodotti, condiviso fra le varie realtà della SC oltre all'acquisto di tutti i sistemi di lettura e sistemi digitali necessari a supportare la tecnologia.

Un sistema Electronic Product Code Information Services (EPCIS) così ottenuto che permette di memorizzare in un apposito archivio interno, il cui accesso è limitato solo ad individui autorizzati tramite credenziali, ogni singolo

codice memorizzato nei tag RFID sarebbe, inoltre, un ottimo strumento di deterrenza contro eventuali furti e sottrazioni di materiale di consumo, materia prima o prodotto finito, da parte dei trasportatori esterni e permetterebbe inoltre tramite appositi portali RFID (figura 40) la lettura e l'individuazione del contenuto del carico ancor prima che esso venga scaricato dal camion e che i pallet vengano scomposti, garantendo un ulteriore livello di sicurezza per tutta la filiera produttiva



Figura 40 - Esempio di Gate RFID (www.gs1it.org)

Al fine di garantire una tracciabilità autentica e certa è, inoltre, possibile utilizzare la Blockchain per registrare i dati relativi alle forniture in ingresso e uscita (provenienza, data spedizione, quantità, peso, ecc.) fornendo un'ulteriore garanzia su di essi. Così come argomentato nel paragrafo 1.3.5 di questo elaborato di tesi, la registrazione di tutte le informazioni previste dallo standard EPICS su una Blockchain risolverebbe il problema della vulnerabilità dei database tradizionali cancellando la possibilità di modificare le relative

informazioni riguardanti la tracciabilità ed eliminando il problema della fiducia reciproca a cui si deve affidare ogni soggetto di una SC verso tutti gli altri attori della filiera. Ogni soggetto infatti sarebbe “proprietario” di una copia del registro ed ogni aggiornamento delle transazioni verrebbe automaticamente modificato su tutte le copie in maniera simultanea ogni qualvolta i soggetti stessi della catena ne approvino il contenuto. Il sistema così creato oltre alla garanzia dei dati favorirebbe la condivisione degli stessi, elemento cardine per l’invulnerabilità della Blockchain stessa.

Infine in ambito prettamente produttivo la tecnologia RFID, affiancata ai robot collaborativi (Paragrafo 4.5) permetterebbe a quest’ultimi di variare i parametri di lavoro e le procedure da eseguire su un prodotto semplicemente attraverso la lettura del tag, contenente tutte le informazioni specifiche della lavorazione, senza la necessita di una implementazione manuale delle operazioni da eseguire da parte di un operatore rendendo quindi la produzione stessa un processo più efficiente e meno soggetto ad errori o difetti e quindi con un alto standard qualitativo.

4.5. Implementazione delle tecnologie AR e VR

In ottica futura, un interessante applicazione in ambito sia produttivo che di intervento di manutenzione è rappresentato dall’utilizzo della Realtà Aumentata e Realtà Virtuale.

In fase produttiva, nello svolgimento dei processi di lavorazione meccanica dei particolari, esse permetterebbero agli operatori, attraverso l’utilizzo di dispositivi mobili, come ad esempio tablet o smart glasses, di prendere visione, nel senso letterale del termine, delle operazioni da eseguire su un determinato prodotto oltre che di eventuali specifici controlli da effettuare in sede di analisi finale del pezzo stesso attraverso l’utilizzo di informazioni 3D o animazioni simulate.

Queste tecnologie in sede di interventi di manutenzione potrebbero, inoltre, permettere un’importante riduzione dei tempi di intervento azzerando il rischio

di commettere eventuali errori e consentendo l'invio di statistiche ed informazione relative alla macchina ai responsabili di manutenzione che avendo così il quadro generale dell'impianto potranno predisporre interventi predittivi evitando ulteriori fermi impianto. Il personale addetto potrebbe quindi intervenire sulle strumentazioni presenti in azienda seguendo passo passo dei manuali digitali che guideranno gli operatori nella manutenzione delle macchine garantendo così interventi mirati e senza alcuna possibilità di errore o dimenticanza. Tutto ciò sarà, però, possibile solo a seguito della digitalizzazione dei manuali e delle procedure di intervento sulle macchine queste

Un'ultima applicazione della tecnologia è quella relativa al controllo qualità (figura 38). La AR, infatti, permetterebbe agli operatori un'immediata verifica, attraverso la sovrapposizione del campione realmente prodotto con uno virtuale ottenuto dall'elaborazione dei progetti CAD, del rispetto delle specifiche tecniche di produzione, direttamente a bordo macchina, riducendo quindi la necessita del trasporto dei campioni al laboratorio solo qualora vengano richieste analisi approfondite

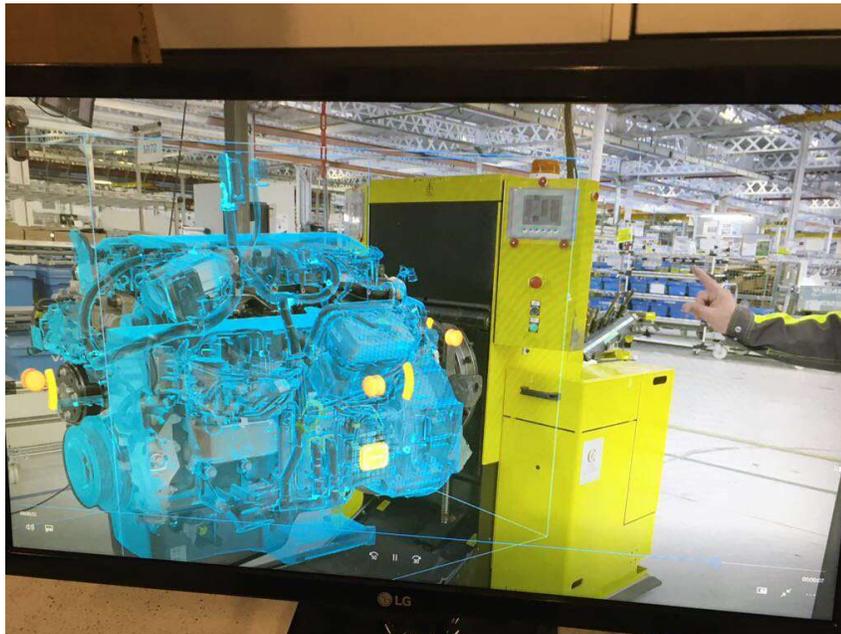


Figura 41 - Utilizzo dell'AR nel processo di controllo qualità (www.renault-trucks.com)

In conclusione, mentre in ambito produttivo e di controllo qualità la tecnologia in questione avrebbe principalmente il compito di supportare e rendere meno difficoltoso il lavoro degli operatori, in ambito di manutenzione essa si prefigge il compito di apportare un reale risparmio di tempo, in termini di interventi e di fermi macchina e, di riflesso, un risparmio di costo aumentando la produttività degli impianti stessi. La stima di questi tempi e dei costi è, allo stato attuale, di difficile valutazione in quanto legata sia al tipo di intervento da operare sia alla tipologia ed all'età della macchina su cui intervenire, con relative differenze tecnologiche e di progetto e che quindi richiedono interventi di manutenzione ben diversi.

4.6. Autonomous Robots ed accrescimento dei volumi produttivi

La Digital Supply Chain come è stato ampiamente discusso in questo elaborato affonda le sue origini nel mondo di internet e nelle innovazioni che un suo uso mirato può portare. Una di queste innovazioni riguarda il miglioramento delle condizioni di lavoro del personale che può essere affiancato da robot in grado di lavorare in simbiosi con loro e di supportarli nelle operazioni che svolgono quotidianamente. È questo il caso dell'Autonomous Robots, anch'esso strumento dell'Industry 4.0, che a fronte dell'implementazione di un sistema IoT e dell'acquisizione e successiva analisi dei Big Data ottenuti permetterebbero alla 2a S.p.A. un aumento delle capacità produttive unito ad un alleggerimento del carico di lavoro manuale degli operatori preposti.

Così come già avviene nel caso della lavorazione meccanica, in cui la gran parte del lavoro viene svolta su isole robotizzate o anche nel caso dello stampaggio con i robot industriali destinati alle operazioni di estrazione dei pezzi dagli stampi è possibile immaginare l'implementazione di robot collaborativi nelle fasi di caricamento della materia prima nei forni fusori ed in uscita dei pezzi dalle presse.

Nel primo caso si tratterebbe di un sistema in grado di prelevare la lega specifica per la lavorazione da avviare e convogliarla direttamente tramite nastri trasportatori nei forni fusori. In questo caso risulta fondamentale che il robot in questione sia in grado di riconoscere le varie tipologie di lega e sia in grado di instradarne la tipologia esatta verso il forno di destinazione. In uscita dalle presse invece sarebbe possibile creare un sistema di movimentazione e lavorazione dei pezzi direttamente gestito dai cobot che prelevando i pezzi dalle presse dovranno conoscere quali sono le operazioni standard da compiere su un determinato pezzo e segnalare eventuali anomalie.

In questo modo sarebbe possibile accrescere la produttività dell'impianto alleggerendo gli operatori da tutte quelle operazioni di fatica (come nel caso della movimentazione di particolari di elevato peso o nel caso di operazioni ripetitive, come quelle di sbavatura dei pezzi, eseguite a bordo macchina) che oggi compiono manualmente. Inoltre sarebbe anche possibile affidare ai robot il compito di supervisione (attraverso l'analisi dei pezzi con scanner laser in grado di misurare la corrispondenza del pezzo prodotto con le specifiche richieste) del sistema produttivo, e tramite apposito sistema di allarme, segnalare a chi di dovere l'evidenziarsi delle criticità.

Un sistema così composto oltre ad aumentare l'efficienza dell'impianto permetterebbe, inoltre, di avere un ulteriore innalzamento del livello di servizio legato ad un livello di qualità costante e non affetto da errori umani o soggetti ai processi ciclici di affaticamento degli operatori con la conseguente possibilità di poter ridurre il numero di controlli qualità, a fronte di un prodotto sempre più standardizzato, e quindi con costi di produzione minori.

Un ulteriore esempio di attività che i robot collaborativi potrebbero svolgere sono tutte le attività di assemblaggio dei prodotti formati da diversi componenti, concetto questo non nuovo nel settore automotive, ed anche alcune operazioni di controllo qualità fornendo in quest'ultimo caso un livello di prestazioni ben più elevato di quello fornito da un operatore manuale. Dotando i robot di sensori, scanner, sistemi a raggi x e laser, essi potrebbero, direttamente a bordo

macchina verificare la presenza di anomalie sia per quanto riguarda la superficie dei particolari che nella composizione interna come nel caso della presenza di bolle d'aria rimaste all'interno del particolare che ne impedirebbero l'utilizzo, garantendo una analisi al 100% della produzione e fermando anzitempo qualsiasi componente difettoso.

Risulta evidente che per arrivare a ciò è necessario prima mettere in atto la standardizzazione e la digitalizzazione delle procedure oltre che alla creazione di un sistema automatico di riconoscimento dei pezzi di modo da creare un apparato capace di operare su diversi particolari autonomamente senza che il personale preposto debba, ogni qualvolta cambi il lotto produttivo, istruire nuovamente il robot nelle operazioni da compiere.

4.7. Manutenzione predittiva

Una delle voci che hanno maggiore impatto sul bilancio di un'azienda è quella relativa alla manutenzione degli impianti. È evidente come essa presenti dei costi crescenti in funzione dell'utilizzo che viene fatto delle macchine coinvolte nel processo di produzione che a fronte di una maggiore continuità operativa o, come nel caso delle presse, delle notevoli forze di pressione cui sono sottoposte presentano elevati indici di usura.

Ciò comporta una costante richiesta di interventi di manutenzione ordinaria che in alcuni casi, come la rottura delle macchine, possono sfociare in interventi di manutenzione straordinaria con conseguente interruzione del processo produttivo e riduzione dell'efficienza dell'impianto. L'implementazione delle tecnologie dell'IoT, attraverso l'utilizzo di dispositivi CPS e dell'analisi dei Big Data possono ridurre l'impatto di questi eventi attraverso la previsione e la programmazione degli interventi di manutenzione così da scongiurare eventuali rotture o fermate del processo produttivo.

Il primo passo da compiere consiste nell'installazione sugli impianti che presentano le maggiori criticità, rappresentate nel caso dell'azienda in questione

nelle presse che sono soggette ad elevata usura per via delle elevate temperature e pressioni di esercizio, di una serie di sensori che rilevino i principali parametri critici di funzionamento (temperatura, vibrazioni, tensioni elettriche, ecc.) attraverso i quali effettuare l'acquisizione dei dati da far confluire attraverso la rete, che connette tutto l'impianto, in un database. Questi dati dovranno poi essere analizzati al fine di estrarre le informazioni ed i dati più significativi (variazioni cicliche o cause che hanno portato ad una rottura). I dati, una volta ripuliti e ordinati verranno inviati ad appositi software di analisi (Jmp o Jaspersoft per fare degli esempi) che incrociando questi con lo storico dell'azienda creeranno degli scenari futuri al fine di prevenire, attraverso opportuni interventi mirati, guasti potenzialmente imminenti determinati da condizioni contingenti.

Un intervento mirato e predittivo sui componenti soggetti ad usura, inoltre, è molto utile quando anticipando eventuali fenomeni di usura è possibile evitare che anche le altre componenti della macchina, non soggette per loro natura a tensioni critiche, possano a loro volta danneggiarsi rendendo le riparazioni più lunghe e costose. Per fare un esempio pratico del caso in esame si pensi ad una pressa. Nel caso in cui durante il processo di stampaggio uno dei cuscinetti addetti al supporto dei pistoni dovesse cedere improvvisamente, la sua rottura potrebbe causare un eventuale deformazione, o ancor peggio la rottura del pistone stesso e di tutte le parti collegate al piano mobile della pressa per via dello spostamento del carico pressorio dal piano normale di lavoro. Risulta quindi evidente come un'attività di manutenzione preventiva possa far risparmiare notevoli quantità tempo e denaro, considerato che una macchina presenta un costo la cui unità di misura si attesta nell'ordine del milione di euro, se eseguita in maniera corretta.

4.8. Additive Manufacturing per la produzione di ricambi

Nel caso specifico la tecnica dell'AM garantirebbe alla 2a S.p.A. un risparmio legato alla possibilità di non avere più bisogno di stampi che rappresentano un importante voce di costo, sia per la loro manutenzione che ancor di più per l'acquisto di nuovi, a fronte di una domanda sporadica e di basso livello.

Attraverso l'AM è quindi possibile garantire la fornitura di quei ricambi, per prodotti la cui produzione in serie è terminata già da diverso tempo ma la cui disponibilità al bisogno deve essere comunque garantita, che pur presentando volumi decisamente bassi hanno un'elevata redditività per l'azienda garantendo allo stesso tempo l'eliminazione di tutti i costi di stoccaggio dei particolari ottenuti con il metodo tradizionale senza andare ad incidere, allo stesso tempo, sui tempi di servizio del cliente. La tecnologia in questione andrebbe quindi ad affiancarsi al processo di stampaggio tradizionale permettendo così all'azienda di non dover fermare la produzione per inserire nella programmazione la produzione di lotti piccoli al fine di ripristinare le scorte di quest'ultimi e quindi andando ad eliminare tutti i tempi morti dovuti all'attrezzaggio delle presse ed al transitorio di avvio delle macchine. Sarebbe invece più efficiente dotare l'azienda di stampanti 3D che possano produrre piccoli lotti di prodotti anche di geometria complessa al fine di garantire la produzione dei particolari destinati ad un mercato con domanda residua e molto variabile nel tempo così da garantire un'elevata qualità del prodotto ed eliminare, inoltre, gli sprechi dovuti ai particolari difettosi di cui è afflitta la produzione tradizionale.

4.9. Considerazioni sulle soluzioni proposte

In questo elaborato di tesi sono state avanzate delle proposte innovative derivate dalle tecnologie fondanti la DSC con l'obiettivo ultimo di fornire dei miglioramenti e delle possibili soluzioni alle criticità riscontrate nella fase di analisi dell'attuale SC dell'azienda 2a S.p.A. Le soluzioni proposte presentano diversi livelli di complessità sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista

economico. Alcune proposte infatti, pur presentando a prima vista un elevato costo di implementazione, in realtà, sono integrabili all'interno dei progetti già avviati dall'azienda e quindi di più facile attuazione. Viceversa, altri progetti, pur essendo supportati potenzialmente da elevati benefici, sia in termini quantitativi che qualitativi, alla luce degli elevati investimenti necessari presentano indici di profittabilità incerti e che richiedono un più approfondito studio anche alla luce dell'evoluzione tecnico-economica del settore. A tal scopo è stata elaborata una classifica delle soluzioni proposte con andamento decrescente di fattibilità.

1. Monitoraggio processo produttivo
2. Utilizzo del Cloud Computing per la creazione e modifica dei progetti di lavoro
3. Implementazione di soluzioni RFID nei processi di produzione per la tracciabilità dei materiali
4. Implementazione delle tecnologie AR e VR
5. Manutenzione predittiva
6. Utilizzo del Cloud Computing per il processo di approvvigionamento
7. Attività di previsione in ambiente SMART
8. Autonomous Robots ed accrescimento dei volumi produttivi
9. Additive Manufacturing per la produzione dei ricambi

La classifica così ottenuta può essere suddivisa in tre gruppi ben distinti e tiene conto in prima istanza del tempo necessario per l'implementazione delle varie soluzioni e successivamente del costo rappresentato dalle difficoltà tecnologiche che esse presentano.

A fronte anche dei progetti già avviati dall'azienda 2a S.p.A. le prime 3 proposte potrebbero essere implementate nel breve periodo e darebbero risultati immediati, una volta a regime, in termini di miglioramento degli indicatori di performance dell'impianto e di riduzione dei tempi di produzione eliminando gli sprechi ed aumentando l'efficienza delle macchine.

Nello specifico il monitoraggio del processo produttivo è uno dei temi già approcciati dall'amministrazione e quindi ritenuta di notevole importanza per l'ingresso dell'azienda nel mondo delle Smart Factories.

L'utilizzo del cloud computing nello sviluppo di progetti di lavoro (ordini) con i clienti potrebbe essere di facile attuazione a fronte di un interesse di quest'ultimi che essendo per lo più grandi realtà del settore automotive, abituate a lavorare su previsione, dovrebbero essere maggiormente disponibili alla condivisione dei loro dati.

L'implementazione di soluzioni RFID associate alla produzione ed alla tracciabilità dei prodotti a fronte di un modesto investimento permetterebbe alla 2a S.p.A. di fornire un elevato standard di servizi sia in termini di informazioni fornite al cliente finale sulla natura dei propri prodotti, sia in termini di analisi delle cause prime di eventuali difettosità. Il successivo utilizzo della tecnologia della Blockchain per il salvataggio delle informazioni ottenute è considerato, allo stato attuale, di difficile attuazione e merita ulteriori approfondimenti e studi di fattibilità in futuro alla luce di quello che sarà lo stato dell'arte delle altre innovazioni di cui essa è a supporto.

Il secondo gruppo di soluzioni presentano un livello di difficoltà superiore al primo principalmente per tutta una serie di problematiche tecniche che ne potrebbero far accrescere i costi di implementazione.

Nello specifico, l'utilizzo delle tecnologie AR e VR in ambito produttivo e di controllo qualità sarebbe un importante supporto per gli operatori dell'impianto garantendo standard qualitativi superiori a quelli ottenuti da un controllo visivo che seppur accurato tende ad avere una certa variabilità per una serie di cause che vanno dal livello di addestramento del personale fino al fisiologico calo di attenzione collegato all'affaticamento dell'operatore. L'utilizzo della stessa tecnologia in ambito di manutenzione, invece, presenta una serie di problematiche che richiedono una attenta valutazione circa la possibilità di poter realmente digitalizzare tutte le possibili procedure manutentive. Una procedura

“diversa” da quella standard infatti, soprattutto su macchine non più nuove, può diventare un’anomalia reiterata nel tempo rendendo di fatto inutile la simulazione in ambiente virtuale in quanto non sarebbe possibile prevederla e digitalizzarla in anticipo.

La manutenzione predittiva presenta importanti vantaggi per l’azienda in quanto permetterebbe ad essa un notevole risparmio in termini di tempo, abbattendo il rischio di fermo impianto, sia in termini di costo, abbattendo il rischio di rotture per elevata usura. Questa tecnologia, però, presenta dei limiti tecnici di portata non indifferente. Il primo è quello relativo alla realizzazione, attraverso l’utilizzo di sistemi IoT e Big Data di uno storico aziendale sul quale successivamente costruire i vari scenari di simulazione. Il secondo è legato alla resistenza che i fornitori delle macchine potrebbero opporre nella condivisione con i clienti di informazioni e dati ritenuti da essi riservati.

Difficoltà simili sono quelle ravvisate per l’utilizzo del Cloud Computing nel processo di approvvigionamento esteso a tutta la filiera. Non si ritiene che esistano sostanziali limiti nella condivisione delle informazioni con i clienti mentre la difficoltà principale sarebbe rappresentata dalla riluttanza dei fornitori di materia prima a condividere con la 2a S.p.A. i propri dati.

L’ultimo gruppo di soluzioni racchiude tutte le proposte applicabili solo nel lungo periodo e che presentano elevati costi di implementazione ed incognite tecniche che richiedono ulteriori approfondimenti futuri.

Di questo gruppo fa parte l’implementazione dell’attività di previsione innanzi tutto perché essa al pari di altre soluzioni già menzionate richiedono prima la raccolta e l’analisi dei “Big Data” nel medio lungo termine ed inoltre in quanto allo stato attuale l’organigramma aziendale non presenta figure professionali in grado di ricoprire un incarico del genere lasciando quindi intatto il dubbio sulla reale portata in termini di valore aggiunto di tale innovazione.

Infine, l’utilizzo di tecnologie quali l’Autonomous Robot e l’AM occupano le ultime posizioni di questa classifica per via degli elevatissimi costi di

investimento, legati principalmente al costo dei dispositivi, a fronte di una ricaduta incerta legata principalmente al fatto che le tecnologie necessarie, soprattutto nel caso dei “Cobot” sono piuttosto recenti ed in alcuni casi, ancora in fase di studio e realizzazione. Conseguenza di quanto detto è la necessità di valutare attentamente l’impatto queste tecnologie potranno fornire in futuro e rivalutarne il loro utilizzo anche alla luce delle continue evoluzioni che queste continueranno ad avere.

4.10. Valutazione aziendale delle soluzioni proposte

A seguito di una serie di interviste con i responsabili aziendali dei vari processi produttivi descritti nel capitolo 3 è stato possibile raccogliere le opinioni di questi circa le soluzioni proposte.

L’azienda si è dimostrata particolarmente interessata alle proposte avanzate in linea con i progetti pilota già avviati dalla direzione. È questo ad esempio il caso delle proposte circa il monitoraggio del processo produttivo che una volta completata l’implementazione del modello IoT (paragrafo 3.3) ne costituirebbe la naturale prosecuzione. A conclusioni simili si è arrivati anche nella valutazione delle soluzioni RFID per la tracciabilità dei materiali. A questo proposito però l’azienda si riserva di valutare soluzioni alternative magari più adatte a prodotti pressofusi, come ad esempio la stampa di codici direttamente sul prodotto.

L’implementazione delle tecnologie AR e VR hanno avuto pareri contrapposti. Se da un lato infatti il loro utilizzo potrebbe fornire effettivamente dei progressi rilevanti, specialmente in ambito controllo della qualità, il loro utilizzo in ambito di manutenzione, così come la manutenzione predittiva è visto come qualcosa di difficilmente realizzabile allo stato attuale a causa dell’esistenza di procedure complesse e di interventi difficilmente prevedibili e digitalizzabili.

In merito al cloud computing l’azienda ritiene che esso possa offrire importanti vantaggi all’intera SC ma mentre ripone ampia fiducia nella condivisione di questa tecnologia verso i clienti, restano i dubbi circa una sua implementazione

dal lato dei fornitori che potrebbero essere poco interessanti a realizzare un sistema del genere per un loro singolo cliente.

Pareri negativi sono stati forniti in merito all'utilizzo di Robot, soprattutto nella variante "collaborativa" e della stampa 3D ritenute tecnologie la cui implementazione presenta, allo stato attuale, costi troppo elevati rispetto ai reali benefici ottenibili.

Infine, in merito all'attività di previsione della domanda l'azienda ritiene di non avere, al giorno d'oggi, i mezzi per poter effettuare stime attendibili a lungo termine, rinviando ogni possibile giudizio a revisioni future.

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

Lo sviluppo di questo elaborato ha evidenziato le potenzialità che il nuovo paradigma della Digital Supply Chain offre al mondo industriale con un focus particolare sul settore automotive. Potenzialità che non sono puramente di risparmio economico puro e semplice, ma che invece hanno come obiettivo il miglioramento delle interazioni fra i vari soggetti coinvolti e l'ottimizzazione dell'intera catena produttiva.

A tal fine è stato necessario affrontare un approfondito studio della letteratura, corredato da esempi pratici di realtà del settore che già hanno intrapreso il cammino verso la quarta rivoluzione industriale, per capire quali siano realmente le potenzialità di ogni singola tecnologia e quali ricadute presenta sui processi. Tutto ciò è stato infine utilizzato per presentare delle soluzioni reali alle criticità riscontrate nello studio della Supply Chain dell'azienda 2a S.p.a.

In questo capitolo finale verranno presentati i reali vantaggi che questo elaborato può fornire all'azienda di cui sopra e al settore, senza però tralasciare anche i limiti riscontrati durante l'elaborazione di questo documento ed infine offrire dei suggerimenti circa i possibili passi futuri da compiere.

5.1. Discussione dei risultati

Il lavoro svolto ha messo in evidenza i potenziali benefici che l'applicazione delle tecnologie contenute nel paradigma dell'Industria 4.0 potrebbero fornire all'intero settore in cui si colloca l'azienda 2a S.p.A. Risulta evidente come l'utilizzo di tecnologie come il Cloud Computing possano snellire e semplificare la comunicazione e la condivisione delle informazioni fra i vari attori della catena produttiva e come l'implementazione di dispositivi CPS nell'ambito dell'IoT (trasmissione di informazioni atte all'identificazione spaziale dei prodotti ed allo stato della macchina) e utilizzati in collaborazione con i Big Data possano

migliorare il sistema produttivo evitando imprevisti o deviazioni da quello ideale che comporterebbero soluzioni costose in termini di percentuale di scarto del prodotto o stop alla produzione.

Non mancano inoltre le soluzioni legate alla sicurezza come nel caso della Blockchain che, sempre tramite la rete internet, presenta una solida base su cui fondare gli assunti di veridicità e garanzia delle informazioni contenute circa la tracciabilità dei prodotti, permettendo allo stesso tempo una riduzione dei documenti cartacei ed una trasmissione real time delle informazioni.

Infine di non meno interesse sono state le soluzioni non Web Based come l'utilizzo di robot autonomi sia nell'accezione originale del termine, sia in quella più recente di robot collaborativi in grado non solo di supportare l'operatore nei processi produttivi, ma grazie alle caratteristiche SMART di sostituirlo in operazioni dall'elevato tasso di fatica, oppure l'utilizzo delle tecniche dell'AM qualora sia richiesta una produzione dai volumi flessibili, con domanda sporadica ma che comunque presentano ancora un'elevata profittabilità, come nel caso dei pezzi di ricambio.

5.2. Vantaggi del lavoro di tesi

L'approfondita analisi dei pilastri fondanti la DSC e della SC della 2a S.p.A. ha permesso di elaborare una serie di proposte con lo scopo di ottenere dei benefici che tocchino più aspetti possibili, da quello puramente di tipo organizzativo a quello produttivo. La mancanza di una letteratura approfondita, data la relativa novità che questa rivoluzione rappresenta nel panorama industriale fanno sì che questo elaborato rappresenti una solida base di partenza per le successive analisi, fornendo una serie di possibili soluzioni ma lasciando al contempo il campo aperto a nuove evoluzioni delle singole tecnologie trattate.

I vantaggi per l'azienda e per l'intero settore sono non indifferenti. L'ambiente incerto degli ultimi anni legato ad una produzione dei prodotti finiti di stampo tipicamente previsionale, come nel caso dell'automotive, collegato a sua volta

con un business che sta facendo della customizzazione il suo punto di forza di fronte ad un appiattimento del livello tecnologico fra i competitor comporta una elevata variabilità di produzione e di informazioni a supporto di quest'ultima. Proprio in questo ambiente trovano spazio e facilità di impiego le soluzioni trattate permettendo un miglioramento dei processi produttivi ed allo stesso tempo della qualità dei prodotti attraverso l'implementazione di soluzioni IoT e CPS. Una corretta analisi dei Big Data fornirà alle aziende nuovi strumenti attraverso i quali misurare l'efficienza di ogni singola macchina e poter prevedere le azioni da intraprendere così da poter studiare le soluzioni migliori ad ogni problema.

Inoltre è stato più volte sottolineato come le soluzioni cloud proposte possano rendere più fluido e snello il processo comunicativo, rendendolo istantaneo in entrambe le direzioni, sia da valle verso monte (dal produttore al cliente) sia da monte verso valle (dal produttore al fornitore) e risolvendo al contempo tutte le potenziali barriere legate a protocolli differenti.

In merito alla Blockchain, il suo uso rende impossibile ogni tentativo di contraffazione, certificando ogni transazione attraverso un sistema di salvataggi multipli su database non collegati e rendendo allo stesso tempo le informazioni contenute facilmente accessibili tramite apposite interfacce

Strumenti come la stampa 3D permetterebbero la decentralizzazione di determinati processi permettendo al contempo una risposta flessibile in linea con domande variabili come nel caso di parti di ricambio fuori produzione.

Infine tecnologie come l'HMI, l'AR e l'Autonomous Robot renderanno più semplice il lavoro degli operatori affrancandoli da tutte le operazioni ripetitive e che richiedono un certo impegno fisico ed al contempo migliorandone l'efficienza, come nel caso dell'HMI, o la qualità come nel caso dell'AR.

Tutto ciò in conclusione, evidenzia come i reali vantaggi dell'implementazione degli strumenti della DSC non siano limitati solo all'azienda analizzata ma

abbiano una reale ricaduta anche lungo tutta la filiera produttiva generando effetti a cascata su ciascun attore coinvolto nel processo.

5.3. Limitazioni del lavoro di tesi

Non mancano, nella stesura di questo elaborato, degli importanti limiti legati a diversi aspetti sia tecnici che economici. Il principale limite è rappresentato, come già accennato nei paragrafi precedenti, dalla natura innovativa dell'argomento trattato. Pur esistendo realtà industriali che hanno già abbracciato ed implementato, almeno in parte, i concetti dell'Industry 4.0, non esistono ancora dei riscontri pratici circa la reale portata in termini di vantaggi sia tecnici che economici.

Il caso in esame, inoltre, presenta un'elevata varietà di particolari prodotti con caratteristiche e volumi richiesti molto diversi fra loro. Ciò, senza ulteriori analisi, ha comportato non poche difficoltà nel realizzare una quantificazione attendibile degli investimenti necessari per utilizzare tali soluzioni. L'implementazione delle soluzioni proposte richiede oltre l'installazione di nuove infrastrutture anche il collegamento di esse con il sistema informativo pre-esistente e la condivisione degli stessi investimenti presso altre realtà della catena rendendo il tutto un processo che richiede tempi lunghi e non compatibili con quelli necessari allo sviluppo di una tesi.

Occorre, inoltre, porre l'attenzione anche sulla difficoltà tutt'ora esistente che presentano le aziende circa la condivisione di informazioni e dati. È stata infatti spesso riscontrata, durante lo sviluppo di questo elaborato, una notevole inerzia circa la condivisione di informazioni di qualunque natura, siano esse di tipo organizzativo o tecnico. Essendo la condivisione delle informazioni uno dei cardini fondamentali su cui si basa l'intero assunto della DSC sarà necessario, in futuro prestare maggior attenzione circa la creazione di un rapporto di fiducia fra le varie aziende costituenti una SC.

Infine, nello specifico, la realtà aziendale analizzata presenta un ulteriore limite legato alla frammentazione del processo produttivo (l'azienda opera su tre

stabilimenti distanti fra loro). Una realtà aziendale così costituita pur presentando margini di miglioramento ed ottimizzazione molto elevati in merito ai benefici della DSC richiede analisi molto approfondite circa la valutazione dei potenziali investimenti. Stima degli investimenti che richiederebbero tempi difficilmente compatibili con quelli di una tesi rendendo quindi complesso poter fornire una valutazione attendibile e rimandando quindi a studi successivi ogni possibile considerazione circa la fattibilità delle proposte trattate.

5.4. Passi futuri

A fronte dei vantaggi e dei limiti presentati nei paragrafi precedenti, stante la continua evoluzione degli argomenti trattati potrebbe essere interessante, in futuro, approfondire quest'ultimi alla luce di quelli che saranno i loro ulteriori sviluppi. In particolare l'ambito puramente informatico relativo ai Big Data ed all'utilizzo dell'IoT si caratterizza per essere un settore poco maturo, mutevole e in rapida evoluzione sia in termini di implementazione che queste tecnologie potranno avere sia in termini di protocollo di sicurezza (si pensi alla Blockchain) e quindi di espansione delle reti di condivisione fra le aziende. Discorso diverso per le tecnologie legate all'AM e all'Autonomous Robot, che seppur ormai consolidate nel tempo ad oggi sono state utilizzate solo in ambiti elitari e destinati a produzione di natura puramente ingegneristica, come nel caso della prototipazione rapida. L'abbattimento dei costi di implementazione e l'allargamento dei confini conoscitivi di questi strumenti potranno in futuro dare un importante impulso al settore produttivo migliorandone aspetti sia economici che di gestione del lavoro.

Lo studio di quelli che saranno i risultati ottenuti da aziende che hanno già avviato la riprogettazione dei loro impianti in Smart Factories permetterebbe di realizzare uno studio economico dettagliato circa la reale portata degli investimenti in termini di fattibilità tecnica e profittabilità economica.

Oltre a questo sarebbe possibile compiere ulteriori ricerche future su realtà produttive legate a settori diversi ma che presentano analoghe condizioni di contorno al fine di verificare la replicabilità delle soluzioni proposte o, al contrario, lo studio di soluzioni specifiche, ad hoc, per ogni singola realtà produttiva.

Un ulteriore spunto di riflessione circa le possibili azioni future potrebbe essere quello di coinvolgere nello studio più realtà della stessa SC al fine di creare piattaforme volte ad integrare sia al livello operativo che decisionale i diversi sistemi informativi e attraverso lo studio circa quali informazioni le aziende siano realmente disposte a condividere, creare piattaforme ad hoc per la tipologia di settore analizzata.

Resta da sottolineare, che in alcuni casi, si è scelto di presentare solo un limitato set di tecnologie disponibili per l'implementazione delle soluzioni proposte. È questo, ad esempio il caso della tracciabilità di materiali e prodotti finiti tramite tecnologia RFID e NFC. Una ricerca futura potrà mettere in evidenza soluzioni alternative a queste ed effettuare una comparazione tecnico-economica fra soluzioni presentate e soluzioni alternative.

Infine per quanto riguarda la 2a S.p.A., i risultati mostrano come l'azienda abbia intrapreso la strada giusta per l'implementazione delle tecnologie relative alla DSC benché essa sia solo all'inizio. Indubbiamente l'azienda dovrà continuare a sviluppare i progetti già avviati al fine di implementare un sistema IoT a livello aziendale e valutare successivamente quali altre innovazioni, diretta conseguenza dei primi, portare avanti sulla base di un'attenta valutazione circa la profittabilità di esse.

Un ulteriore passo che l'azienda dovrebbe compiere in futuro è quello di coinvolgere in maniera attiva i clienti. Essi infatti, essendo player di caratura internazionale non solo saranno in grado di supportare le potenziali innovazioni che interesseranno l'azienda ma potranno fornire validi consigli ed ulteriori

soluzioni che possano ulteriormente ottimizzare i processi di cui sono essi stessi in parte attori.

Infine nell'ottica di un potenziale ampliamento della capacità produttiva, è stata riscontrata una certa difficoltà circa l'adattabilità degli impianti esistenti ai concetti presentati in questo elaborato, per mancanza di spazio in alcuni casi o perché l'impianto presenta macchinari analogici e quindi difficilmente collegabili in rete se non a fronte di elevati investimenti. Si consiglia, quindi, in futuro di progettare i futuri impianti tenendo conto delle potenziali innovazioni presentate così da poter effettuare semplici upgrade dei sistemi senza per forza dover stravolgere interi processi con conseguenti risparmi sugli investimenti necessari.

BIBLIOGRAFIA

Abbatista G., (1998), "Storia Moderna", Donzelli Editore, pp. 606-610

Almada-Lobo, Francisco (2015), "The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)", *Journal of Innovation Management*, Vol. 3. No 4, pp. 16-21

Ashton Kevin (2009), "That 'internet of things' thing" *RFiD Journal* vol. 22 no. 7 pp. 97-114

Ahson, S., Ilyas, M. (2008), *RFID Handbook, Applications, Technology, Security, and Privacy*, CRC Press, Boca Raton, Florida

Azuma, R., (1997), "A survey of augmented reality" *Teleoperators and Virtual Environments Journal*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385

Baotong, C., et al (2017), "Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case and Challenges", *IEEE Access*, Vol. 6, pp. 6505-6519

Benedetti, M., (2016), "La tecnologia blockchain: nuove prospettive per i mercati finanziari", *Convegno della Banca d'Italia*, 21 Giugno, Roma

Burgess, K, et al, (2006), "Supply chain management: a structured literature review and implications for future research", *IEEE International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 26, No. 7, pp.703-729, available at: <https://doi.org/10.1108/01443570610672202>

Cagliano A., Rafele C., (2016), "Digital e Supply Chain: sviluppi in corso", *dipartimento di Ingegneria gestionale e della Produzione Politecnico di Torino*, 21 settembre

Cooper M.C., Ellram L. M. (1993), “Characteristics of Supply Chain Management and the Implication for Purchasing and Logistics Strategy”, The International Journal of Logistics Management, Vol. 4, No. 2, pp. 13-24

Cox, M., Ellsworth, D. (1997), “Application-Controlled Demand Paging for Out-of-Core Visualization” Report NAS-97-010, NASA Ames Research Center, Moffett Field, July

Dizon, J, R, et al (2017), “Mechanical Characterization of 3D-Printed Polymers”, 2017, Elsevier Additive Manufacturing Journal, 9 Dicembre, Vol. 20, pp. 44-67, available at: [10.1016/j.addma.2017.12.002](https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.12.002)

Gerbert, P., et al (2015), “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, The Boston Consulting Group

Jacobs, A., (2009), “The Pathologies of Big Data, 2009 ACMQueue, Vol. 7, No. 6

Jiang, J., R., (2017), “An Improved Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0 Smart Factories”, 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation, 13 Maggio – 17 Maggio, Sapporo, Japan

Hahn, J. (2015), “Report: wearable device shipments to surpass 214 million in 2019”, Digital Trends, 20 December

Hau Lee, Corey Billington, (1992), “Managing supply Chain inventory: pitfalls and opportunities”, SMR,

Hull, C. W., (1986), “Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography”, 11 Marzo, available at: <https://patents.google.com/patent/US4575330A/en>

Hwaiyu, G. (2017), "Internet of Things and Data Analytics", John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey

Iansiti, M., Lakhani, K. R. (2017), "The Truth About Blockchain" Harvard Business Review, available at: <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>

Jacob, R., et al, (2008), "Reality-based interaction: a framework for post-WIMP interfaces" 26th Annual Chi Conference on Humand Factors in Computing System, New York, NY, USA, pp. 201-210, April, available at: <https://doi.org/10.1145/1357054.1357089>

Kagermann, H. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry", Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Forschungsunion, pp. 1-82

Kache, F., Seuring, S., (2017), "Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management", IEEE International Journal of Operations & Production Management, Vol. 37 No. 1, pp. 10-36, available at: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., and Hoffmann, M., (2014), "Industry 4.0", Business & Information Systems Engineering, Vol. 6, No. 4, pp. 239-242, available at: <http://aisel.aisnet.org/bise/vol6/iss4/5>

Lee E. A., (2006), "Cyber-Physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?" in Proc. of NSF Workshop On Cyber-Physical Systems, Austin, Texas

Lee Kuo Chuen, D., (2015), “Bitcoin Mining Technology” Handbook of digital currency: bitcoin, innovation, financial instruments, and big data, Academic Press, pp. 47–51

Lee, M., J., Cheng, J. (2013), “Smartphone makers race to build flexible screens: Samsung, LG release curved displays as steppingstones to bendable devices”, The Wall Street Journal, 4 November, available at: www.wsj.com/articles/SB10001424052702304682504579155293454958568

Lin, J., Yuy, W., Zhangz, N., Yang, X., Zhang, N., Zhao, W. (2017), “A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications”, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 1, No. 95, pp. 1-12

Loeber, L, et al (2011), “Comparison of selective laser and electron beam melted titanium aluminides” International symposium 22 luglio, Austin, USA

Lucarelli, E., et al (2014), “fabbrica 4.0 La rivoluzione della manifattura digitale”, Il Sole 24 ORE, Milano

MacCarthy, B., L., et al (2016), “Supply chain evolution – theory, concepts and science”, International Journal of Operation & Production Management, Vol. 36, No. 12, pp. 1696-1718, available at: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2016-0080>

Magoulès, F., (2009), “Fundamentals of Grid Computing: Theory, Algorithms and Technologies”, CRC Press,

Mantelero, A. (2010), “Processi di outsourcing informatico e cloud computing: la gestione dei dati personali ed aziendali”, in Dir. informaz. Informatica, pp. 673-696

Marr, B., (2016), “How Blockchain Technology Could Change The World”, Forbes, 27 Maggio

Mcdonald, J.M., (2000), “Active Research Topics in Human Machine Interfaces” Intelligent System and Robotics Center, Sandia National Laboratories

Mentzer, J.T., et al (2001), “Defining Supply Chain Management”, Journal of Business Logistics, Vol. 22, No. 2, pp. 1-25

Mell, P., Grance, T., (2011), “The NIST Definition of Cloud Computing” NIST Special Publication 800 – 145, Settembre

Mourtzis, D., Vlachou, E., (2016), "Cloud-based cyber-physical systems and quality of services", The TQM Journal, Vol. 28 No. 5, pp. 704-733, available at: <https://doi.org/10.1108/TQM-10-2015-0133>

NIST Big Data Public Working Group, (2015), “NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions”, NIST Special Publication 1500-1, September, available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1500-1.pdf>

Osservatorio Industria 4.0 (2017) “Industria 4.0: Tecnologie e Quadro operativo”, Report, available at: https://www.osservatori.net/it_it/pubblicazioni/industria-4-0-tecnologie-e-quadro-applicativo

Paelke V., (2014), “Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0 environment”, 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFFA), 16 Settembre – 19 Settembre, Barcelona, Spain, Available at: [10.1109/ETFFA.2014.7005252](https://doi.org/10.1109/ETFFA.2014.7005252)

Peshkin M.A., et al (2001), “Cobot architecture” IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 4, pp. 377-390, available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/954751/>

Queiroz, M., M., Telles, R., (2018), "Big data analytics in supply chain and logistics: an empirical approach", IEEE International Journal of Logistics Management, available at: <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2017-0116>

Rai, A., Patnayakuni, R. and Seth, N. (2006), “Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities”, MIS Quarterly, Vol. 30 No. 2, pp. 225-246.

Rong, W., et al, (2016), “The internet of things (IOT) and transformation of the smart factory” IEEE International Electronics Symposium (IES), 29 Settembre – 30 Settembre, Denpasar, Indonesia

Russo, B., Sun-Basorun, A. and Van Wamelen, A. (2012), “The rise of the African consumer”, McKinsey Report, McKinsey Global Institute, Johannesburg, RSA, October.

Shrouf, F., Ordieres, J., Miragliotta, G. (2014), “Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm” 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 9 Dicembre – 12 Dicembre, Selangor, Malaysia

Sturgeon, T., J., et al (2009), “Globalization of the automotive industry: main features and trends”, International Journal of Technological Learning, Innovation and Development, Vol. 2, No. 1, pp. 7-24

Tapscott, D., (2016), “The Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money”, Business, and the World., Maggio

Volker, P., (2014), “Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0 environment” 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFFA) 16 Settembre – 19 Settembre, Barcelona, Spain

Wang, S., Wan, J., Li, D., Zhang, C. (2016), “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 12, No. 1

Wu, L., Yue, X., Jin, A., Yen, D., C., (2016), "Smart supply chain management: a review and implications for future research", IEEE The International Journal of Logistics Management, Vol. 27 No: 2, pp. 395-417, available at: <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2014-0035>

Yazdi, F., Göhner, P., (2014), “Adaptive Human-Machine-Interface of Automation Systems” 5th Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, Aprile, Costa de Caparica, Portugal

SITOGRAFIA

- [1] https://www.randstad.it/knowledge360/archives/guida-allindustria-40-definizione-origine-del-nome-e-soluzioni-tecnologiche_732/

- [2] <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/polimi-i-6-pilastri-dello-smart-manufacturing-dall-industrial-big-data-alla-stampa-3d-per-nl/>

- [3] <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>

- [4] <http://www.bandwich.it/2017/11/16/cyber-physical-system-industry-4-0/>

- [5] <https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>

- [6] <http://www.iiconsortium.org/>

- [7] <http://gs1it.org>

- [8] <https://www.digital4trade.it/tech-lab/cloud-computing-cose-e-quali-sono-i-benefici/>

- [9] <http://punto-informatico.it/2725933/PI/News/cloud-computing-quanto-valgono-dati-perduti.aspx>

- [10] <https://www.economist.com/briefing/2015/10/31/the-great-chain-of-being-sure-about-things>

- [11] <https://github.com/IAIK/merkle-tree>

- [12] <https://medium.com/@philippsandner/application-of-blockchain-technology-in-the-manufacturing-industry-d03a8ed3ba5e>
- [13] <http://www.ilprogettistainindustriale.it/ladditive-manufacturing-tra-prototipi-e-produzione-di-massa/>
- [14] <https://www.digital4.biz/supply-chain/la-stampa-3d-rivoluziona-la-logistica-dai-ricambi-giornata-alla-produzione-domicilio/>
- [15] <http://www.stratasys.com/it/stampanti-3d/technologies/fdm-technology>
- [16] <http://prototypize.com/multi-jet-modelling-mjm/>
- [17] <https://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/>
- [18] https://www.wired.it/attualita/tech/2018/03/02/advanced-hmi-human-machine-interface/?refresh_ce=
- [19] <https://www.iso.org/standard/38009.html>
- [20] <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>
- [21] <http://www.e-novia.it/it/smart-robots/>
- [22] <https://www.internet4things.it/industry-4-0/industria-40-la-nuova-era-del-manifatturiero/>
- [23] <https://www.internet4things.it/industry-4-0/come-sfruttare-il-cloud-per-lindustria-4-0-e-per-limpresa-4-0/>

- [24] <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industria-40-gli-impatti-di-lungo-periodo-sul-sistema-socio-economico/>
- [25] <https://motori.ilmattino.it/economia/>
- [26] http://stream24.ilsole24ore.com/video/impresa-e-territori/in-fabbrica-40-i-sensori-hi-tech-fabbrica-diventa-app/ADOu6TGC?autored&refresh_ce-awe=1
- [27] <https://www.internet4things.it/iot-library/industry-4-0-tecnologia-samsung-per-la-fabbrica-digitale-di-alfa-romeo/>
- [28] <https://www.automoto.it/news/audi-smart-factory-con-robot-e-big-data-produrre-con-la-massima-efficienza.html>
- [29] <https://www.audi.com/en/company/sustainability/smartfactory.html>
- [30] https://www.quattroruote.it/news/industria-finanza/2017/10/17/lamborghini_con_la_urus_sant_agata_raddoppia.html
- [31] http://www.repubblica.it/economia/affari-e-finanza/2017/10/09/news/dalla_maserati_alla_ferrero_limpresa_4_0_a_desso_viaggia_a_tassi_di_sviluppo_cinesi-177864421/
- [32] <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2017-02-16/barilla-investe-50-milioni-e-raddoppia-fabbrica-sughi-rubbiano-124211.shtml?uuid=AEYhBOX>