

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Industry 4.0 e Digital Twin: grado di conoscenza e analisi nel settore dei servizi



Relatore

Prof. Guido Perboli

Candidato

Danilo Costanzo

Co-relatore

Dott. Stefano Musso

Dott.ssa Mariangela Rosano

Anno Accademico 2019-2020

Indice

Abstract	1
Introduzione	2
Capitolo 1	5
Industry 4.0	5
1.1 Le nuove tecnologie	5
1.1.1 Il sistema CPS	5
1.1.2 Internet delle cose (IoT)	7
1.1.3 Big Data Analytics	10
1.1.4 Cloud Computing	11
1.2 Smart Factory	11
1.2.1 La realtà aumentata	13
1.2.2 Smart Wearables	13
1.2.3 La realtà aumentata in azienda	14
1.3 Product as a service business model (P-a-a-s)	15
1.3.1 Sensorizzare il prodotto	16
1.3.2 Logiche contrattuali	17
1.4 La struttura asset-light	18
1.4.1 Esempio 1: il settore dell'arte	19
1.4.2 Esempio 2: il settore sanitario	19

1.5 Beni di informazione	20
1.6 Gestione dei servizi	21
1.7 Piano di incentivazione per l'Industria 4.0	22
Capitolo 2	25
Il Digital Twin: overview	25
2.1 Il Digital Twin.....	25
2.1.1 Origini.....	25
2.1.2 Funzionamento	26
2.1.3 Vantaggi.....	27
2.1.4 Sfide.....	28
2.2 Alcune applicazioni del Digital Twin.....	29
2.2.1 Digital Twin Shop-floor (DTS).....	30
2.2.2 Digital Twin for Product Design (DTPD).....	32
2.3 Piattaforme per i Digital Twin	35
2.3.1 GE Predix.....	35
2.3.2 Siemens.....	36
2.3.3 Amazon AWS IoT.....	38
2.3.4 SAP	40
Capitolo 3	43
Literature Review	43
3.1 Stato dell'arte dell'Industria 4.0.....	43

3.1.1	Caso 1: Sicurezza nel lavoro	43
3.1.2	Caso 2: Catena del freddo	44
3.1.3	Caso 3: Monitoring di un allevamento di pesci.....	45
3.1.4	Caso 4: Interconnessione robot-linea produttiva.....	47
3.1.5	Caso 5: Interconnessione di una nuova linea produttiva	48
3.1.6	Caso 6: Monitoraggio del processo produttivo di una cantina.....	49
3.1.7	Caso 7: Manutenzione intelligente	50
3.1.8	Caso 8: Manutenzione con tecnologie semantiche.....	51
3.1.9	Caso 9: Tracciabilità degli assets di magazzino	52
3.1.10	Caso 10: Tracciabilità della merce nel settore fast-fashion	53
3.1.11	Caso 11: Logistica di trasporto smart	54
3.1.12	Caso 12: Ottimizzazione della produzione attraverso la simulazione	55
3.1.13	Caso 13: Vetrina 4.0	56
3.1.14	Caso 14: Piattaforma web per attività post-vendita.....	57
3.1.15	Caso 15: Monitorare il volume di traffico in una stazione di benzina.....	59
3.1.15	Caso 16: Smart Factory.....	60
3.1.17	Caso 17: Stampa 3D per velocizzare le fasi di R&D.....	61
3.1.18	Caso 18: Monitoraggio per la conservazione del patrimonio	62
3.1.19	Caso 19: Miglioramento dell'assistenza medica	63
3.1.20	Caso 20: Smart Water in Canada.....	65
3.1.21	Caso 21: Water Quality in Russia.....	67

3.1.22	Caso 22: La gestione delle colture.....	69
3.1.23	Caso 23: Monitoraggio dei passeggeri in aeroporto	71
3.1.24	Caso 24: Smart Tourist	73
3.2	Privacy e sicurezza	73
3.2.1	Blockchain.....	74
3.3	Caso di studio: Block-based Architecture	76
3.3.1	Memorizzare una transazione.....	80
3.3.2	Accesso alla transazione	82
3.3.3	Controllo della transazione	83
3.3.4	La fiducia distribuita.....	83
3.3.5	Valutazione.....	84
Capitolo 4	87
Industry 4.0 & Digital Twin: indagine	87
4.1	Obiettivo	87
4.2	Il questionario	87
4.2.1	Struttura del questionario	88
4.3	Risultati.....	88
4.3.1	Le imprese del campione	88
4.3.2	Conoscenza del paradigma Industry 4.0	93
4.3.3	Grado di implementazione delle tecnologie dell'Industry 4.0	96
4.3.4	Conoscenza del Digital Twin	98

4.3.5 Cross Analysis Attività Importanti – Benefici Attesi	101
4.3.6 Cross Analysis Attività Importanti – Digital Twin Ranking	102
4.3.7 Cross Analysis Digital Twin Ranking – Benefici attesi	103
4.3.8 Cross Analysis Digital Twin Ranking – Implementazioni Industry 4.0.....	104
4.3.9 Cluster Analysis: il profilo delle imprese innovatrici.....	106
Conclusioni.....	110
Bibliografia.....	111

Indice delle figure

Figura 1: Timeline dell'evoluzione industriale	2
Figura 2: Timeline dell'evoluzione industriale	2
Figura 3: Esempio semplice di sistema CPS	6
Figura 4: Progresso tecnologico	8
Figura 5: Smart glasses	13
Figura 6: Configurazione del nuovo modello “a ragnatela”	16
Figura 7: Livelli di funzionalità.....	17
Figura 8: Logiche contrattuali nel tempo	17
Figura 9: Rappresentazione del Digital Twin.....	25
Figura 10: Traditional production process of shop-floor	30
Figura 11: DTS conceptual model.....	31
Figura 12: Digital Twin based product design	33
Figura 13: Predix Platform	35
Figura 14: Processo di digitalizzazione nella Value Chain.....	37
Figura 15: AWS IoT model.....	38
Figura 16: AWS IoT Platform.....	39
Figura 17: SAP Leonardo Framework	41
Figura 18: Elaborazione del Caso 1 (Fonte: Industria 4.0 senza Slogan).....	44
Figura 19: Refrigeration on Internet by Zerynth	44
Figura 20: Fish farm monitoring.....	46
Figura 21: Sistema integrato sviluppato da T4SM	47
Figura 22: Digital Twin by T4SM.....	48
Figura 23: Tracciabilità degli assets di magazzino	53

Figura 24: Logistica di trasporto smart	55
Figura 25: Elaborazione del Caso 15	59
Figura 26: Plug & Sense! di Libelium	62
Figura 27: Un dispositivo MySignals	64
Figura 28: Aridea utilizza Libelium's P&S! Smart Water Xtreme per questo progetto.....	65
Figura 29: Grafico della riduzione prevista dei consulenti di acqua potabile a lungo termine.....	66
Figura 30: Diagramma del progetto "Drone on the Volga"	68
Figura 31: Robonomics Network.....	68
Figura 32: Diagramma di comunicazione di Agrotech	71
Figura 33: Diagramma del monitoraggio	73
Figura 34: Struttura di una BC	74
Figura 35: Esempio di BC nel caso dei Bitcoin.....	75
Figura 36: Overview dell'architettura proposta	77
Figura 37: Memorizzare una transazione	81
Figura 38: Accesso alla transazione.....	82
Figura 39: Controllo della transazione.....	83
Figura 40: servizi offerti dalle imprese del campione.....	89
Figura 41: Ruolo dell'intervistato nell'organigramma.....	90
Figura 42: Fatturato delle imprese	91
Figura 43: Numero di dipendenti.....	91
Figura 44: % fatturato dipendente dai clienti chiave	92
Figura 45: Conoscenza delle tecnologie dell'Industry 4.0	93
Figura 46: Disponibilità alla condivisione dei dati.....	94
Figura 47: Motivi del diniego alla condivisione dei dati	95
Figura 48: Grado di accessibilità dei dati.....	95
Figura 49: Implementazione delle tecnologie	96

Figura 50: Ranking attività importanti per le imprese di servizi	97
Figura 51: Esistenza di un piano di innovazione strategica	98
Figura 52: Ranking benefici attesi	98
Figura 53: ranking proposte di implementazione Digital Twin	99
Figura 54: Disponibilità all'investimento nelle implementazioni del DT	99
Figura 55: Periodo atteso per avere un ritorno economico	100
Figura 56: Analisi incrociata Attività Importanti-Benefici Attesi (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)	101
Figura 57: Matrice di corrispondenza Attività Importanti - Digital Twin Ranking (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)	102
Figura 58: Analisi incrociata tra Benefici Attesi - Digital Twin Ranking (verde=match alto; giallo=match medio; rosso=match scarso)	103
Figura 59: Analisi incrociata tra Digital Twin Ranking e tecnologie implementare Industry 4.0 (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)	105
Figura 60: Dendogramma gerarchico	107
Figura 61: Traccia del profilo delle imprese innovative	109

Abstract

Questo lavoro di tesi è stato elaborato per capire come si è evoluto il business model grazie all'avvento delle tecnologie riguardanti l'Industry 4.0 e quale sia il profilo di una impresa innovatrice. La nostra analisi si inserisce in un progetto più ampio composto dalle analisi di tutti gli ATECO. L'ATECO analizzato in questo elaborato corrisponde al settore dei servizi. Il prodotto finale, caratteristico del manifatturiero, non è più al centro del profitto e del business ma è uno strumento su cui creare una rete di servizi tramite i quali le imprese possono ottenere flussi di cassa continui. Sono stati analizzati vari e numerosi casi studio riguardanti l'Industry 4.0 ed è stata condotta una rigorosa literature review riguardo il nuovo paradigma del Digital Twin. Infine, è stato proposto un questionario volto ad indagare lo stato di conoscenza ed adozione, da parte delle imprese di servizi, dell'Industry 4.0 e l'interesse verso il Digital Twin e le sue implementazioni. I dati raccolti sono stati analizzati ed è stato tracciato il profilo delle imprese innovatrici al fine di identificare il grado di innovazione e le caratteristiche delle imprese adatte ad implementare il paradigma Digital Twin.

Introduzione

Negli anni passati vi era una visione aziendale più statica in cui non tutte le aziende riuscivano ad adattarsi ai cambiamenti e a riorganizzare efficacemente l'organizzazione aziendale interna e le risorse. Nel corso degli anni la visione aziendale ha subito radicali cambiamenti. L'organizzazione aziendale si è evoluta ed è diventata col tempo più dinamica e pronta ad adattarsi ad eventuali cambiamenti tecnologici e dello scenario in cui essa vive. La fabbrica non è più statica ed immutabile ma diviene modulare e ricomponibile a seconda della commessa. I leader di oggi devono sapere captare il futuro e attrezzare i dipendenti e riadattare le strategie aziendali. A favorire questo processo è stata la quarta rivoluzione industriale con le sue novità tecnologiche.

Il mondo ha vissuto diverse fasi di crescita dell'industria con delle rivoluzioni che hanno portato a poco a poco degli elementi all'interno della società.

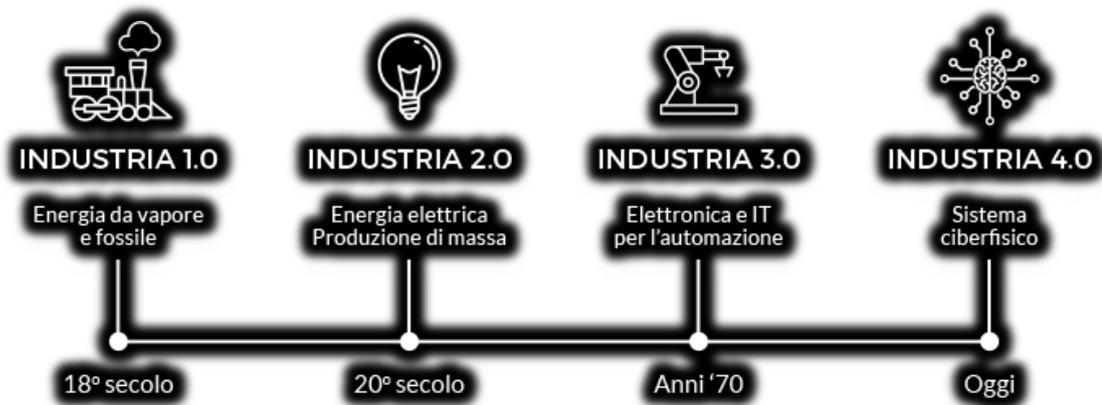


Figura 1: Timeline dell'evoluzione industriale

La prima fase è avvenuta nel 1700 con la prima rivoluzione industriale che ha portato l'importante novità della risorsa vapore così da migliorare notevolmente la condizione dell'uomo. Un secolo dopo è stata introdotta l'elettricità con la seconda rivoluzione industriale portando all'industria vera e propria, con la nascita della produzione di massa e con nuovi mezzi di trasporto, di comunicazione e con l'avvento del capitalismo. Nasce il motore a scoppio e vi è l'aumento

dell'utilizzo del petrolio come nuova fonte energetica. Con questa rivoluzione vi fu una riduzione del tempo che passava tra una scoperta scientifica e la successiva applicazione pratica. Taylor, con l'organizzazione scientifica del lavoro (OSL), fu un massimo esponente delle teorie di questo periodo. Attraverso la ripartizione dei processi operativi in attività o gruppi di attività e la loro assegnazione ad attori o unità organizzative, egli trasformò l'organizzazione del lavoro in scienza. In particolare, è bene ricordare la catena di montaggio mobile alla Ford Motors, caratterizzata da divisione del lavoro e corrente elettrica. Ford standardizzò la produzione, utilizzò una produzione a flusso continuo e i principi del Taylorismo per produrre un manufatto complesso come un autoveicolo. Riuscì così, con un prezzo non eccessivamente alto, ad accrescere i suoi guadagni. Conoscenza tecnica e sapere scientifico hanno quindi accelerato i ritmi dell'innovazione tecnologica. La terza rivoluzione industriale ha visto la nascita dell'elettronica e dell'informatica nel 1900, con l'introduzione nel mondo di chip che permettessero di far calcoli enormi in brevissimo tempo. È in questi anni che è nato il primo controllore a logica programmata (PLC), un sistema elettronico digitale destinato all'uso in ambito industriale che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione del programma utente orientato al controllo di macchine e processi. La quarta rivoluzione industriale, chiamata anche Industry 4.0, ha portato alla creazione dell'intelligenza artificiale e di sistemi cyber-fisici. Essa di fatto scaturisce dall'interconnessione e dalla cooperazione di lavoratori e sistemi informatici tipici della rivoluzione stessa. Si tratta di un processo in corso, la cui data d'inizio non è ancora stata stabilita e solo a posteriori sarà possibile indicarne l'atto fondante. All'interno di questa realtà si colloca la nascita e lo sviluppo del Digital Twin. Esso consiste nel creare un gemello digitale, ovvero un'astrazione di un qualsiasi oggetto reale (che sia un processo, un'attività o un macchinario) così da poterne monitorare i cambiamenti e fare previsioni future su eventuali comportamenti e/o problematiche. In questa tesi, dopo aver illustrato come le novità introdotte dall'Industria 4.0 sia dal punto di vista tecnologico che strategico, viene effettuata una analisi sul Digital Twin e vengono osservati dei casi applicativi

degli strumenti dell'Industria 4.0. Infine, viene mostrata un'indagine per capire il grado di conoscenza e di implementazione delle tecnologie mostrate nel settore dei servizi.

Capitolo 1

Industry 4.0

1.1 Le nuove tecnologie

L'Industria 4.0 definisce la quarta rivoluzione industriale che ha cambiato il modo in cui le aziende manifatturiere lavorano. Il processo di cambiamento in atto attraversa svariate aziende, dalle più grandi imprese alle medio-piccole, e porta all'adozione di sistemi di lavorazione automatizzati ed intelligenti. La Smart Factory è proprio questa: un'azienda intelligente in cui l'operatività dell'uomo diverrà sempre meno cruciale. I quattro pilastri dal punto di vista tecnologico di questa realtà sono: Sistemi Cyber-fisici (CPS), Internet of Thing (IoT), Big Data e Cloud Computing.

1.1.1 Il sistema CPS

Un sistema CPS è un meccanismo controllato e monitorato da algoritmi computerizzati, strettamente integrato con internet e i suoi utenti. Nei sistemi CPS, i componenti software e fisici sono strettamente collegati, ognuno operando in differenti scale spaziali e temporali, esibendo modalità comportamentali multiple e distinte, interagendo l'uno con l'altro in una miriade di modi che cambiano in funzione del contesto. Tutti i componenti fisici non umani coinvolti nel processo di produzione come ad esempio i macchinari, non esistono solo come li percepiamo con i nostri cinque sensi ma anche all'interno di "un'immagine virtuale" che rispecchia il mondo reale e fornisce ulteriori informazioni.

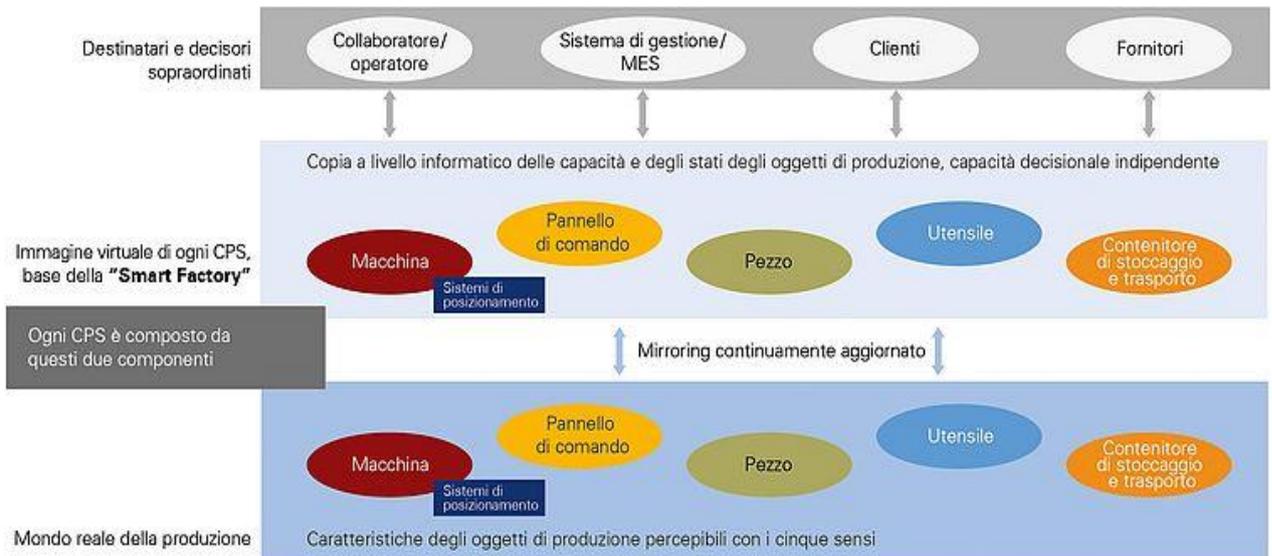


Figura 3: Esempio semplice di sistema CPS

L'immagine virtuale si trova nel mondo dell'Information Technology (IT) e rappresenta tutte le possibilità e le capacità dei componenti fisici nonché i loro stati attuali. Sulla base delle informazioni fornite dall'immagine virtuale, il singolo componente fisico decentrato è in grado di prendere decisioni in maniera autonoma e di comunicarle direttamente ai componenti fisici vicini. Un contenitore di trasporto intelligente, ad esempio, invia alla rispettiva macchina la richiesta di fornitura di ulteriori pezzi quando trova lo scaffale in magazzino vuoto. Ogni componente fisico che dispone di una simile immagine virtuale e che può essere interconnesso con altri componenti del processo di produzione ai fini dell'interazione viene chiamato "sistema cyber-fisico". In sintesi, i componenti (in particolare i sensori) rilevano lo stato effettivo del processo e comunicano tutte le informazioni importanti all'unità di controllo centrale. A livello dell'unità di controllo o anche del sistema di gestione sopra-ordinato viene poi analizzato lo stato effettivo del processo, vengono prese decisioni e si interviene nel processo con l'aiuto di attuatori o con azioni manuali.

1.1.2 Internet delle cose (IoT)

L'IoT è l'interconnessione di dispositivi fisici, veicoli, edifici, integrati con elettronica, software, sensori, attuatori e connettività di rete che consente loro di accumulare e scambiare dati. L'IoT permette agli oggetti interconnessi di essere monitorati da remoto. Lo scopo per cui è nato l'IoT è quello di semplificare e automatizzare alcune pratiche di vita quotidiana, riducendo il lavoro svolto con l'ausilio di dispositivi intelligenti. Quando il termine, Internet of Things (IoT), è emerso per la prima volta, è stato riferito a oggetti collegati interoperabili e identificabili in modo univoco utilizzando la tecnologia di identificazione a radiofrequenza (RFID). Per RFID si intende una tecnologia per l'identificazione e/o memorizzazione automatica di informazioni inerenti ad oggetti, animali o persone (*automatic identifying and data capture*, AIDC) basata sulla capacità di memorizzazione di dati da parte di particolari etichette elettroniche, chiamate *tag* (o chiavi elettroniche e di prossimità), e sulla capacità di queste di rispondere all'interrogazione a distanza da parte di appositi apparati fissi o portatili, chiamati *reader* (o anche interrogatori). Collegando il lettore RFID a rete wireless, i lettori possono identificare e tracciare automaticamente e in modo univoco gli oggetti collegati con tag in tempo reale. Successivamente, la tecnologia IoT è stata utilizzata con altre tecnologie, come sensori, attuatori, il sistema di posizionamento globale (GPS) e dispositivi mobili che sono gestiti tramite Wi-Fi, Bluetooth, reti cellulari o comunicazione in prossimità (Near-field Communication NFC, tecnologia di ricetrasmisione che fornisce connettività senza fili bidirezionale e a breve distanza). La comunicazione wireless (WSN) è una delle tecnologie più significative del ventunesimo secolo. Un WSN è un sistema composto da ricetrasmittitori a radiofrequenza (RF), sensori, microcontrollori e fonti di energia. I WSN sono l'infrastruttura più importante per l'implementazione dell'IoT. La differenza principale tra RFID e WSN è che il secondo consente diverse topologie di rete e comunicazioni multi-hop, mentre i dispositivi RFID non hanno capacità di cooperazione. L'integrazione di WSN e RFID consente

all'IoT di implementare servizi industriali e l'ulteriore implementazione di servizi in applicazioni estese.

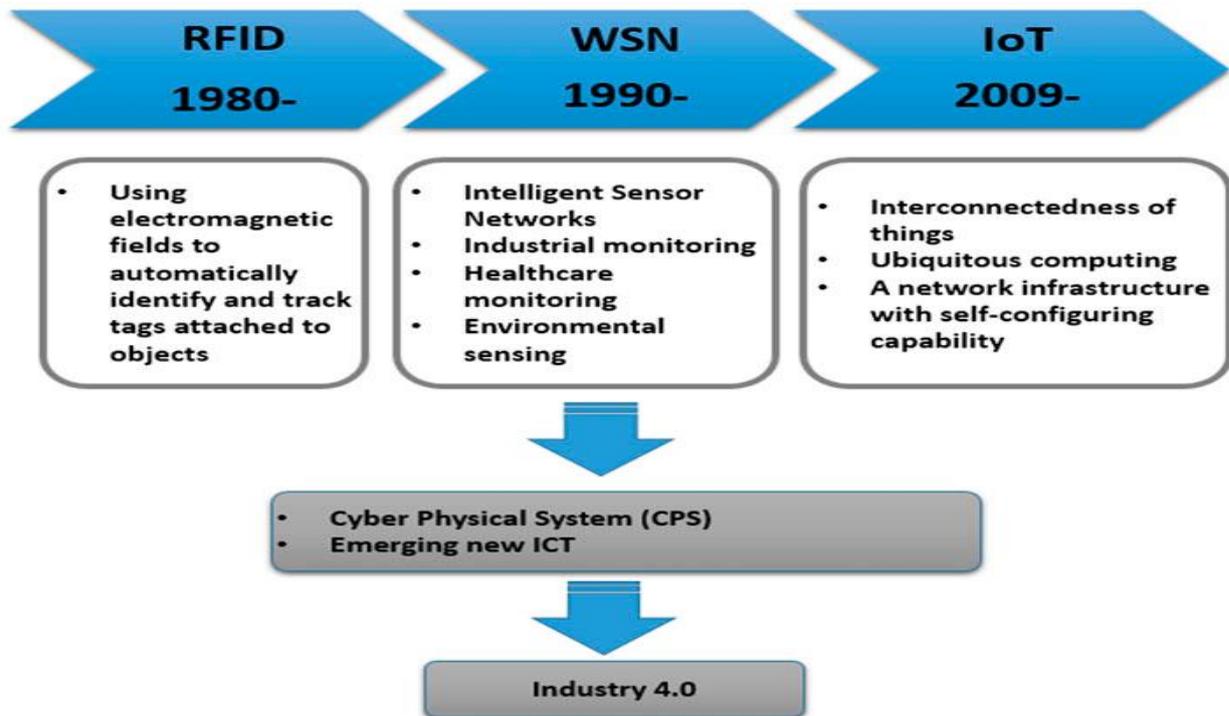


Figura 4: Progresso tecnologico

La Figura 4 presenta i progressi in RFID, WSN e IoT. Oggi RFID, WSN e IoT sono usati per formare una solida base tecnologica per supportare CPS e le nuove ICT emergenti. Di conseguenza, Industry 4.0 è in grado di sviluppare una nuova generazione di sistemi di produzione che integrano e sincronizzano i dati in tempo reale tra gli oggetti fisici e lo spazio informatico. (Li Da Xu, s.d.)

SMART CITY

Per Smart City si intende l'applicazione dell'IoT in uno scenario cittadino. Tramite un monitoraggio della posizione e spostamento delle auto, è possibile ricostruire una mappa della città e cercare, ad esempio, di ottimizzare il funzionamento dei semafori in funzione alla gestione del traffico oppure misurare l'inquinamento dell'aria.

SMART HOME

Per Smart Home si intende l'applicazione dell'IoT in una casa. I dispositivi intelligenti, comunicando tra loro, agiscono per migliorare la vita domestica. Lo smartphone può essere usato come telecomando per accendere o spegnere i vari dispositivi e monitorare la routine di una persona. Il sistema memorizza le abitudini personali per metterlo in atto alle ore programmate quotidianamente.

SMART CAM

La sorveglianza può avvenire attraverso telecamere posizionate in una vasta area come ausilio alla Polizia o in caso di sicurezza pubblica per monitorare parti della città a rischio meteorologico.

AGRICOLTURA

In ambito agricolo, è possibile identificare gli animali grazie ai chip con tag RFID e monitorare l'attività del bestiame differenziando quale animale è eventualmente malato e quale è sano per evitare contagi.

AMBITO SANITARIO

L'applicazione dell'IoT, attraverso sensori o Wearable, può servire a monitorare parametri vitali del paziente come la respirazione, la temperatura corporea e la pressione sanguigna. Le informazioni possono essere facilmente trasferite al centro medico e monitorare i pazienti da remoto.

INDUSTRIAL INTERNET OF THING

Lo Industrial Internet of Thing (IIoT) è la base dell'interconnessione all'interno della fabbrica intelligente. Consiste in un network di devices, quindi nell'applicazione di sensori collegati, veicoli e macchinari che permettono la comunicazione multidirezionale ed interattività tra diversi processi produttivi. Sostituire le macchine tradizionali con gli oggetti dell'Internet of Things consente alle imprese di tenere sotto controllo in tempo reale tutti i processi aziendali e di raccogliere i dati da utilizzare in molteplici modi, in particolare per prendere decisioni e ottimizzare il processo produttivo attuando manutenzioni preventive.

L'IoT e l'IIoT si differenziano tra loro in quanto la prima consente di avere a disposizione macchine intelligenti mentre la seconda consente di connetterle tra loro e sviluppare dati più elaborati. Inoltre, i dispositivi IIoT sono più resistenti perché devono operare in condizioni estreme come luoghi ad alta temperatura, luoghi a rischio corrosione o in condizioni subacquee.

1.1.3 Big Data Analytics

Big Data Analytics è il processo mediante il quale vengono esaminate grandi moli di dati per scoprire pattern nascosti, correlazioni non note, trend di marketing, preferenze dei clienti e altre informazioni utili dell'azienda. Quindi i risultati analitici possono portare a marketing più efficace poiché nasce la pubblicità di nicchia (*target advertising*), a nuove opportunità di guadagno e ad un servizio clienti migliore poiché i milioni di dati raccolti in poco tempo permettono di discriminare le tipologie di clienti e capire ciò di cui ha bisogno. Considerata la quantità di informazioni che ogni dispositivo riesce a raccogliere e condividere con gli altri dispositivi servendosi dell'IoT, spesso si tende a confondere o paragonare il concetto di IoT con il concetto di Big Data. Questo è un paragone concettualmente sbagliato perché nell'IoT i dati inviati ai server dai dispositivi sono in parte filtrati all'origine, poiché possono essere dati generati da rumori prodotti dai sensori stessi e quindi non rilevanti ai fini dell'applicazione, o anche per diminuire la quantità di dati che deve essere trasferita tramite la rete. Non tutti i dati raccolti necessitano di

memorizzazione all'interno di un database, in quanto potrebbero essere informazioni il cui unico scopo è quello di essere utilizzati temporaneamente e, successivamente, subito cancellati.

1.1.4 Cloud Computing

Il cloud computing è un termine generale per la fornitura di servizi di hosting su Internet. Il cloud computing consente alle aziende di utilizzare risorse e servizi informatici su internet, proprio come ad esempio l'elettricità, piuttosto che dover costruire e mantenere infrastrutture in sede. Vengono forniti al cliente in tempo reale indipendentemente da luogo e device. Possiamo fare diversi esempi di Cloud:

- la vendita di un'applicazione ad un consumatore che non ne conosce la complessità ma paga per utilizzare il servizio (software as a service);
- la vendita di una piattaforma che fornisce linguaggi di programmazione, librerie, servizi dedicati sviluppati dal provider così da facilitare al cliente lo sviluppo di applicazioni senza la necessità di dover acquistare e gestire server e software interni (platform as a service);
- la vendita di un vero e proprio spazio con una rete, risorse e potenza computazionale (infrastructure as a service);
- la vendita di un servizio online di virtualizzazione a container dove il fornitore del servizio permette all'utente di sviluppare, eseguire, testare e distribuire software in container di applicazioni e poi sfruttando infrastrutture informatiche ad hoc (container as a service).

1.2 Smart Factory

La fabbrica intelligente rappresenta un approccio totalmente nuovo al lavoro nelle aziende manifatturiere, dando un'iniezione di dinamismo e ottimizzando le performance delle linee produttive. Essa è caratterizzata dall'interconnessione tra tutti gli assets con uno scambio continuo

di informazioni e dati, sia all'interno che all'esterno dell'azienda. La nuova organizzazione dei processi permette di soddisfare più in profondità le esigenze e le richieste individuali dei clienti. Sono fabbriche dove i CPS comunicano attraverso l'IoT assistendo persone e macchine nell'esecuzione delle attività. Il Cloud consente nuovi livelli di scalabilità, flessibilità e reattività. Analytics e Big Data permettono di ottenere informazioni predittive e trend ricavati in tempo reale da enormi volumi di dati. Sensori intelligenti connessi tra di loro controllano le attività meccaniche. Questi sensori liberano il personale dall'effettuare le varie regolazioni in ogni stazione di lavoro di produzione. I Social Media aprono nuove forme di collaborazione all'interno e all'esterno dell'azienda. Le tecnologie di elaborazione dati sempre più veloci consentono di prendere decisioni sulla base di analisi in tempo reale. Interconnettere questi dispositivi con sistemi di controllo di livello superiore è cruciale per le Smart Factory.

AGILE	La fabbrica è capace di auto-configurarsi grazie alla tecnologia di sensori di ultima generazione. Questo consente alla catena di fornitura di rispondere con più agilità e un minor tempo di produzione e di arrivo al mercato.
FLESSIBILE	La Smart Factory è costruita per adattarsi a diversi ambienti manifatturieri.
EFFICACE	Gli attori coinvolti possono anticipare ed agire prima che si manifesti un problema riducendo al minimo gli interventi manuali.
EFFICIENTE	Big Data Analytics è lo strumento chiave per scoprire pattern significanti, i quali aumentano la predittività e l'efficienza della catena di fornitura.

1.2.1 La realtà aumentata

Il concetto di realtà aumentata è stato introdotto per la prima volta nel 1992 per denotare un display "a testa scoperta": questa tecnologia è utilizzata per 'aumentare' il campo visivo dell'utente con le informazioni necessarie nell'esecuzione dell'attività corrente e pertanto ci riferiamo a tale tecnologia come 'realtà aumentata' (Caudell e Mizell, 1992). Esso è un concetto base per la progettazione di una Smart Factory e consiste nella capacità di combinare realtà e mondo virtuale, restando interattivi in tempo reale. Il concetto di realtà aumentata è diverso da realtà virtuale perché nel secondo caso il soggetto non riesce a vedere il mondo realtà che lo circonda. Un esempio di realtà aumentata è il popolare videogioco Pokemon Go (2016), grazie all'utilizzo di uno smartphone, che ha permesso l'interazione tra i due mondi.

1.2.2 Smart Wearables

Le tecnologie Smart Wearables, o semplicemente Wearables, sono definite come piccoli dispositivi elettronici, spesso costituiti da uno o più sensori e dotati di capacità computazionale (Macintosh, Rajakulendran e Salah, 2014). Si tratta di oggetti indossabili in svariate parti del corpo, quali testa, piedi, braccia e polsi, capaci di immagazzinare una grande quantità di dati. Le informazioni raccolte possono essere sia semplici, come il numero di passi compiuti in un giorno, che complesse, come le misurazioni dei battiti cardiaci o delle onde cerebrali. Le Smart Wearables giocano sempre più un ruolo essenziale sia nel mercato del consumatore che in campo industriale.



Figura 5: Smart glasses

Gli Smart Glasses per la realtà aumentata (ARSG) sono un esempio di Wearables e sono sempre più popolari, tanto da essere identificati come una tecnologia vitale per gli operatori nelle fabbriche intelligenti del futuro. Il motivo del boom è che sono considerati più efficienti di altri dispositivi per la realtà aumentata in quanto mobili, facilmente indossabili e utili per lavorare con due mani libere, senza dover far uso di oggetti terzi quali manuali, guide e tablet. Utilizzando il riconoscimento degli oggetti basato sulla fotocamera, infatti, gli ARSG possono rilevare l'oggetto specifico che l'utente sta guardando, fornendo informazioni sensibili al contesto adattate dinamicamente alla situazione specifica.

1.2.3 La realtà aumentata in azienda

Le potenzialità della realtà aumentata sono sfruttate da tante aziende, anche di grandi dimensioni, di diversi settori. Come detto, le novità della realtà aumentata sono un elemento base per la creazione di una Smart Factory. Nel settore manifatturiero, lo strumento è di grande aiuto per gli operatori. Essi usano la tecnologia nelle fasi di montaggio o riparazione di macchinari, ricevendo le istruzioni davanti ai propri occhi riguardo a come operare, che pulsanti schiacciare e in quale ordine. Può essere utilizzato per registrare e aggiornare l'inventario o per dare assistenza remota a distanza ad un cliente. Costi e tempi si abbassano, tutti i dati sono più precisi, la possibilità di errore viene abbattuta, gli operatori risultano più motivati grazie alla maggior sicurezza nell'eseguire il proprio compito. Nel settore medico, gli utenti saranno in grado di consultare e aggiornare cartelle cliniche in tempo reale e filmare le procedure mentre vengono eseguite, creando efficaci materiali di formazione medica. Inoltre, chi li indossa può connettersi con altri professionisti, con l'opportunità di collaborare in tempo reale durante le procedure, migliorando potenzialmente i risultati finali. Nel settore aerospaziale è bene citare il caso di Boeing, la più grande azienda aerospaziale del mondo, leader nella produzione di jet di linea commerciali, aerei militari, satelliti, sistemi di difesa e sicurezza, nonché fornitrice di assistenza post-vendita. Boeing

ha sfruttato la realtà virtuale ed in particolare gli Smart Glasses nella costruzione degli aerei, per effettuare i cablaggi. Cavi e sistemi elettrici sono infatti differenti in ogni modello di aereo, richiedono competenze specifiche e complesse. Il costante movimento dell'occhio dal piano di lavoro al testo era un'interruzione continua che rendeva molto difficile stare concentrati sul lavoro. Allora Boeing ha stretto collaborazione con Upskill, esperta in software di realtà aumentata. Upskill ha messo a disposizione la piattaforma Skylight che consente agli operatori di eseguire la scansione di un codice QR per caricare le istruzioni di assemblaggio. Essa supporta funzionalità avanzate come il supporto ai comandi vocali e la caratteristica di poter trasmettere in diretta streaming ciò che viene ripreso dalla fotocamera equipaggiata, così da consentire il supporto immediato da remoto in caso di necessità.

1.3 Product as a service business model (P-a-a-s)

Col tempo il modello di business delle imprese ha subito cambiamenti. Si tratta di un'evoluzione del business model che negli ultimi anni è andato sempre più affermandosi, specie nell'ambiente che riguarda tutti quei modelli di business aventi a che fare con internet, grazie al cloud e al concetto di IoT. Mentre in passato ogni impresa puntava sul suo prodotto finale per ottenere profitti, oggi il prodotto finale non è più al centro del profitto e del business ma è uno strumento su cui creare una rete di servizi tramite i quali le imprese possono ottenere flussi di cassa continui. Nasce così il termine Internet of Service (IoS), ovvero una tecnologia che permette di monitorare il ciclo di vita del prodotto e garantirne l'affidabilità. Ad esempio, per una impresa di elettrodomestici non è più la lavatrice a garantire profitti. Le imprese vendono il bene a prezzi più bassi rispetto al passato ma offrono diversi servizi ad esso legati come la manutenzione, la possibilità del cliente di monitorarne i consumi o di individuare la fascia oraria più adatta all'utilizzo per risparmiare. Questi dati vengono catturati dal produttore permettendo di individuare eventuali malfunzionamenti e migliorare la fase di ricerca e sviluppo.



Figura 6: Configurazione del nuovo modello "a ragnatela"

Si assiste a:

- Spostamento del potere economico a favore del cliente;
- Nuovi intermediari;
- Più personalizzazione;
- Nuove logiche nella pubblicità (le review hanno sostituito le pubblicità nell'influenza della scelta perché sono notizie autentiche dalla "saggezza del popolo" mentre si ha la concezione che le pubblicità siano false e tendenziose);
- Nuove complementarietà tra aziende che erano in precedenza imprese non collegate.

1.3.1 Sensorizzare il prodotto

Sensorizzare il prodotto può permettere l'aggiunta di funzionalità.

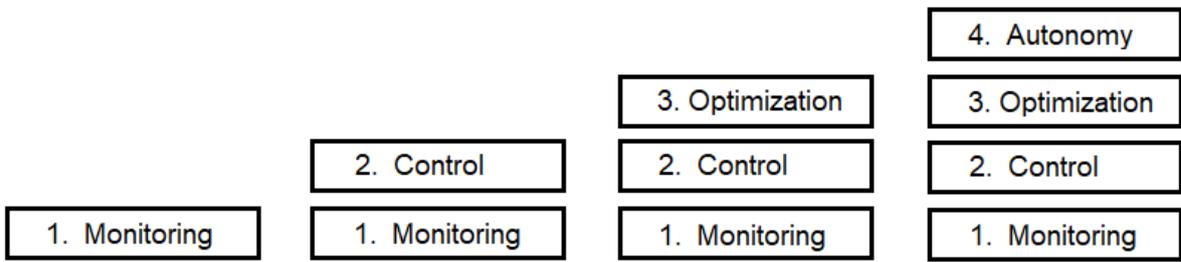


Figura 7: Livelli di funzionalità

Il primo tipo di funzionalità è semplicemente il monitoraggio: avviso su cosa stia avvenendo senza fare alcuna azione correttiva. Nel secondo tipo si può aggiungere il controllo così da intervenire direttamente e correggere l'eventuale errore. Nel terzo tipo, in più, si può ottimizzare. Ad esempio, nel caso di sensori sulle turbine di pale eoliche, posso intervenire e ottimizzare spegnendo le pale se non c'è vento. La funzione autonomia nel quarto livello si riferisce al machine learning, cioè la macchina si rende conto del contesto e capisce cosa sia meglio fare (autodiagnosi del problema).

1.3.2 Logiche contrattuali

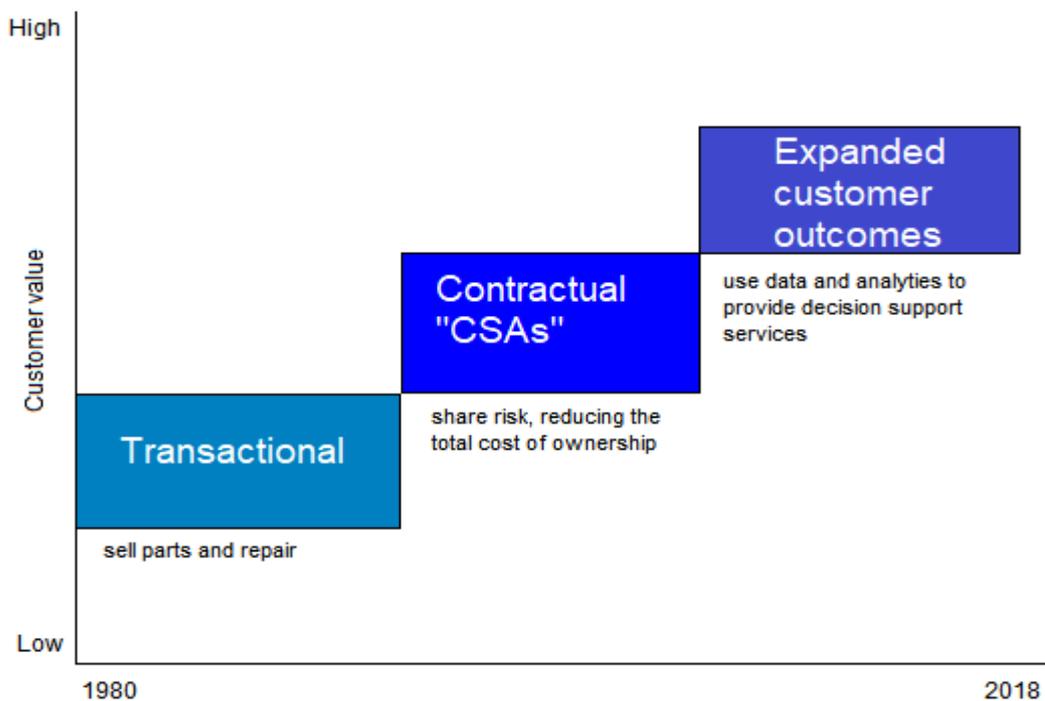


Figura 8: Logiche contrattuali nel tempo

Le logiche contrattuali, a seguito della vendita di un prodotto durevole, sono cambiate. Nel contratto classico, alla rottura di un pezzo, il fornitore ripara in cambio di un prezzo abbastanza alto. Il valore per il cliente è basso. Nel contratto CSA (Contract Service Agreement), alla rottura di un pezzo, il fornitore deve riparare entro un tempo stabilito (ad esempio due giorni) per non pagare una penale. Se la rottura accade solamente due volte l'anno, ad esempio, il cliente avrà un premio. Quando si concede in outsourcing la gestione di un bene durevole, viene stipulato il CSA per ripararsi dal rischio che chi ha venduto il servizio sia inefficiente poiché, se lo fosse, va incontro a penali di diverso tipo. Questo è un sistema di incentivazione sia per il cliente che per il fornitore. Si garantisce manutenzione ordinaria e straordinaria ed il valore per il cliente è aumentato. Il contratto CSA si è ulteriormente evoluto nel tempo grazie alle nuove tecnologie viste. Il servizio offerto permette di appropriarsi di una buona fetta del valore perchè non si limita solo a vendere il prodotto, a stipulare contratti incentivanti, ma ad offrire consulenza sull'*operation* per aiutare i clienti a ridurre sprechi e inefficienze. Il fornitore, oggi, ha contatto diretto e quotidiano con i clienti. Se il fornitore riesce a far risparmiare il 5% del costo operativo del cliente rispetto all'anno precedente, ottimizza la sua gestione e quindi un 10% del 5% risparmiato lo incassa il fornitore come premio. Il meccanismo di pricing cambia soprattutto se si riesce a offrire un servizio che dia un elevato valore aggiunto.

1.4 La struttura asset-light

Le aziende/società tendono ad abbandonare il modello di impresa con risorse e attrezzature interne a vantaggio di modelli strutturali più snelli che minimizzano beni e attrezzature interne mediante l'utilizzo di risorse esterne oppure digitali. In un mondo sempre più complesso, c'è meno integrazione verticale e più specializzazione della filiera. Giocano un ruolo fondamentale la digitalizzazione e la nascita di piattaforme digitali. Dassault Systèmes e BoostAeroSpace hanno lanciato una piattaforma di collaborazione per l'industria aerospaziale e la difesa europee. La

piattaforma AirDesign funge da spazio di lavoro comune per collaborare nella progettazione e produzione grazie ad un servizio su cloud privato. In questo modo, dati su prodotto e produzione tra più partner vengono scambiati in modo semplice e in tempo reale. La digitalizzazione coinvolge anche altri settori insospettabili.

1.4.1 Esempio 1: il settore dell'arte

Possiamo fare un esempio pratico prendendo il settore dell'arte. Google, una delle più famose società a livello mondiale, ha come *core-competence* il rendere digitali le immagini (basti pensare alla funzione Street View). Digitalizzare può essere fatto anche nel settore dell'arte, in cui posso mostrare immagini su Google per attrarre visitatori. Posso far iniziare online l'esperienza tramite Google e proseguirla nel sito del museo per attrarli nella struttura fisica. Se digitalizzo i quadri, posso mostrare il quadro della stanza di Van Gogh sotto tutte le prospettive e mostrare dettagli non percepibili senza uno zoom con relative spiegazioni. Allora il museo assumerà 300 dipendenti e la maggior parte di essi saranno studiosi. Il museo vedrà snellire l'organizzazione (meno integrazione verticale) in favore di collaborazioni (più integrazione orizzontale). Le competenze e gli esperti digitali saranno offerti da Google. Stiamo assistendo ad una collaborazione tra imprese che qualche anno prima non erano assolutamente collegate tra loro.

1.4.2 Esempio 2: il settore sanitario

Un altro esempio è il settore sanitario, in particolare il lavoro del radiologo. Esso conosce il funzionamento della macchina e di come relazionarsi col cliente. Conosce come posizionare l'arto per verificare la presenza di fratture. Il contatto col cliente è gestito in ambulatorio. Nel momento in cui l'immagine è digitale, può essere spedita a qualcuno che si trova nell'altra parte del mondo. Può essere mandata in un posto lontano per una questione di continuità del servizio in modo che il servizio sia 24 ore su 24 attivo o perché costa meno (i dipendenti percepiscono uno stipendio maggiore di notte). Ciò è stato reso possibile anche grazie alla lingua inglese, con cui è stato

superato il problema della lingua. Il machine learning permette di registrare i referti e di individuare in modo indipendente la diagnosi (bisogna fare comunque un check per verificare che non sia un falso allarme). La struttura si limita quindi all'ambulatorio dove avviene il contatto col cliente mentre le altre fasi del processo possono essere svolte in collaborazione.

1.5 Beni di informazione

Nel mercato mondiale una buona fetta dei processi economici riguarda i cosiddetti beni di informazione. Sono costituiti da un lato dal software nel suo complesso (dati, programmi e attività in rete) e dall'altro le merci multimediali (intrattenimento e cultura).

Il valore economico dei beni di informazione ha la caratteristica che può essere valutato compiutamente solo attraverso il suo consumo (tramite l'utilizzazione di tecnologie informatiche che consentono al software e dai prodotti multimediali di essere utilizzati). Uno dei problemi fondamentali di chi li produce e vende è rappresentato dal contrasto tra il fornire il bene ai consumatori (far sapere quello che si offre loro) e far pagare un prezzo che permetta di sostenere i costi di produzione. I beni di informazioni sono caratterizzati da:

- Alto costo fisso di produzione (si pensi al costo per produrre la prima versione di un prodotto software);
- Bassi costi per la gestione successiva alla produzione (costa poco la produzione di copie successive al software iniziale).

La natura digitale del bene di informazione fa sì che esso possa essere distribuito attraverso supporti e canali poco costosi, al di là di un costo fisso iniziale relativamente alto per organizzare la rete iniziale. La prima conseguenza sul carattere produttivo dei beni di informazione è l'adozione delle cosiddette economie di scala: il costo medio per la produzione del bene di

informazione diminuisce costantemente al crescere del numero dei beni prodotti. Una considerazione molto importante è che per i beni di informazione non ci sono limiti di capacità produttiva: le unità di prodotto sono di fatto copie (digitali) e quindi la possibilità distributiva è (teoricamente) illimitata.

E' importante considerare la *richness* (ricchezza) e la *reach* (raggiungibilità) delle informazioni. La 'richness' è, da parte del cliente, il livello di ricchezza in quello che cerca mentre la 'reach' rappresenta la raggiungibilità dei clienti e quanti ne processo alla volta.

1.6 Gestione dei servizi

Gestire un servizio significa progettare, erogare e mantenere la soddisfazione dell'utente individuando i KPI (indicatori chiave di successo) e creando valore economico. Le novità viste nei paragrafi precedenti hanno contribuito all'aumentare dell'automazione, che si traduce nel diminuire gli input e mantenere costante l'output. L'innovazione ha creato valore aggiunto e portato all'aumento dei salari. Una grande sfida risiede nella capacità di unire da una parte la digitalizzazione delle *operations* e dall'altra i processi di digitalizzazione della *customer experience*. Solo la convergenza tra questi due vettori di innovazione interni ed esterni è la chiave per la riuscita del business. Per fare ciò, l'industria 4.0 mette a disposizione tecnologie digitali che stanno portando ad una produzione di massa sempre più capace di incorporare variazioni del prodotto finale, talvolta personalizzate, nel processo di produzione. In questo paragrafo, si sente il bisogno di presentare alcuni trend della gestione di un servizio:

- Co-creation: è un tipo di esperienza basata sul self-service che consente di creare un prodotto attraverso una esperienza divertente dove c'è anche una componente educativa. Un esempio, permetto ad un ragazzino di creare e personalizzare nel dettaglio il suo pupazzo;

- Automation: l'automazione ha permesso di fare molte cose grazie all'intelligenza artificiale. Non conviene fare automazione qualora il costo del lavoro è basso, come ad esempio per una impresa di pulizie;
- Customization: il servizio permette di creare un prodotto completamente personalizzato, con calma e senza imbarazzo. I dati vengono usati per discriminare al dettaglio i clienti. Per fare un esempio, ci sono hotel che riescono a far trovare in stanza la bevanda preferita del cliente senza che esso l'abbia ordinata;
- End-to-end integration: tutte le fasi del servizio o dell'intero ciclo di vita di un prodotto vengono seguite e monitorate. Sviluppo e produzione lavorano sinergicamente insieme garantendo un miglioramento continuo;
- Service "as a factory": il servizio è erogato con logiche industriali, come le macchinette del caffè del Politecnico di Torino. Vi è standardizzazione per ridurre i costi, con sensori che grazie all'IoT permettono di capire se vi sono guasti e di monitorare il magazzino;
- Service "as a theatre": il servizio segue logiche teatrali, ovvero creare un'esperienza che valga la pena ricordare. L'interazione col cliente deve essere paragonata ad attori che parlano con gli spettatori. E'una leva competitiva fondata su logiche teatrali più che industriali.

1.7 Piano di incentivazione per l'Industria 4.0

Nell'anno 2016 è stato varato il piano "Industria 4.0", poi rivisto nel 2018 e rinominato "Impresa 4.0". Il piano si pone come un'articolata raccolta di forme di incentivazione rivolte alle imprese di qualsiasi dimensione che vogliono innovare i propri processi produttivi sia di servizi che di beni. Alle forme di incentivazione che si erano dimostrate efficaci, ne sono state aggiunte altre create appositamente.

- Iper e Super Ammortamento: prevede la supervalutazione rispettivamente del 250% e 140% degli investimenti effettuati in beni materiali e immateriali nuovi necessari per la trasformazione tecnologica dei processi produttivi. Tutti i soggetti titolari di reddito d'impresa possono accedere all'incentivo.
- Nuova legge Sabatini: conosciuta anche come “Misura Beni Strumentali” è una forma di sostegno degli investimenti effettuati dalle PMI in acquisti o, acquisizioni a mezzo leasing, di macchinari, impianti, attrezzature, software, hardware e altre tecnologie digitali. A seguito della richiesta di finanziamento ad un istituto di credito o società di leasing convenzionato, si può beneficiare del contributo in conto interessi, che prevede il rimborso di buona parte degli interessi pagati.
- Fondo di Garanzia: ha la finalità di garantire l'accesso alle fonti finanziarie, da parte delle PMI, senza la necessità di presentare garanzie aggiuntive sugli importi garantiti dal fondo.
- Credito d'imposta per la Ricerca e Sviluppo: prevede un credito d'imposta del 50% sulle spese di R&S fondamentale, industriale e sperimentale. Ad ogni beneficiario sono riconosciuti fino ad un massimo annuale di 20 milioni di euro. L'incentivo si rivolge a tutti i soggetti titolari di reddito d'imposta.
- Patent box: prevede un regime di tassazione agevolato per tutti i redditi da utilizzo software protetti, brevetti industriali, formule e invenzioni industriali, disegni e modelli di processi. L'obiettivo è favorire le attività di ricerca e sviluppo sul mercato italiano.
- Incentivi Start up e PMI innovative: sgravi fiscali per i soggetti che hanno investito in startup e PMI innovative con lo strumento dell'equity crowdfunding.
- Credito d'imposta per la formazione: prevede un credito d'imposta del 40% sulle spese relative alla formazione dei dipendenti riguardo l'apprendimento di competenze connesse alle tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0. Ad ogni soggetto beneficiario sono riconosciuti

fino ad un massimale di 300000 euro l'anno. L'incentivo si rivolge ad imprese presenti sul territorio italiano o residenti all'estero con organizzazione stabile in Italia.

- Accordi per l'innovazione: le imprese che presentano progetti di ricerca e sviluppo sperimentali anche in modo congiunto con centri di ricerca o altre imprese, possono beneficiare di agevolazioni nella forma di, contributo diretto alla spesa o finanziamento agevolato.
- Contratti di sviluppo: si rivolge a programmi strategici e di sviluppo di grandi dimensioni. Sono finanziabili programmi di sviluppo industriali, per la tutela ambientale e di sviluppo per le attività turistiche. Le agevolazioni fiscali sono concesse per importi di spesa non inferiori a 20 milioni di euro.

Capitolo 2

Il Digital Twin: overview

2.1 Il Digital Twin

Il termine Digital Twin è stato usato la prima volta nel 2002 quando Michael Grieves, insegnante presso l'Università del Michigan, parlò di un sistema con il quale si potesse replicare tutte le condizioni e le caratteristiche di un prodotto fisico in maniera digitale.

2.1.1 Origini

La NASA è stata l'artefice dell'utilizzo di questa tecnologia realizzando una struttura con cui era in grado di poter creare un dispositivo in una versione completamente virtuale, su cui poter effettuare dei test replicando le stesse caratteristiche e condizioni che avrebbe dovuto affrontare nello spazio o in zone della Terra difficili.

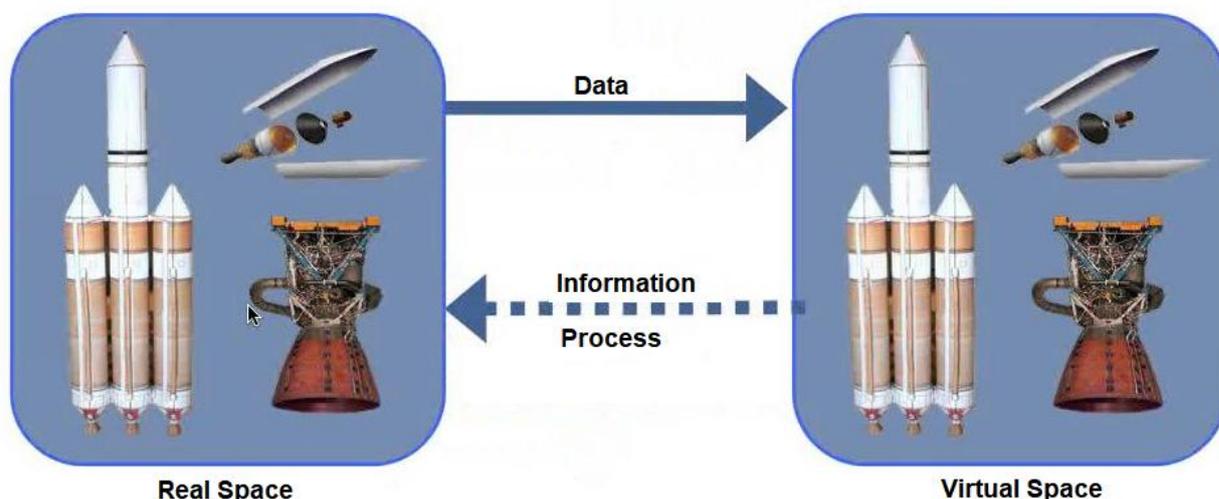


Figura 9: Rappresentazione del Digital Twin

Successivamente sono riusciti a collegare la copia digitale con versione fisica del prodotto aerospaziale, cercando di mantenere la copia aerospaziale il più aggiornata possibile grazie al loro collegamento in un layer di processamento che connette i due spazi tramite i flussi di dati

bidirezionali, in modo da poter identificare anomalie o discrepanze dalle previsioni. Le tecnologie viste nel Capitolo 1, sono insite nel concetto di Digital Twin.

Allo stesso modo, gli innumerevoli dati raccolti dalle imprese servono per l'analisi e le previsioni future in modo tale da ridurre i costi aziendali. A tal proposito, il Digital Twin è una delle migliori tecnologie usate al giorno d'oggi perché permette di monitorare qualunque fase di realizzazione del prodotto. Ogni dato o informazione ricevuta è continuamente analizzato e può portare miglioramenti nel mondo reale sia dal lato del produttore (miglioramento di tecniche produttive) che dal lato cliente (miglioramento del design per versioni future in base a problemi rilevati dai clienti). Il Digital Twin può addirittura sostituire il testing del prodotto fisico con il testing del prodotto digitale. Questo permette di risparmiare sulla produzione di diversi tipi di prototipi. Una volta che il prodotto è sul mercato, la quantità di dati continuamente registrata permette di ridurre i costi di manutenzione e intervenire conoscendo il punto preciso e il tipo di intervento da operare.

2.1.2 Funzionamento

Il gemello digitale serve come replica virtuale di ciò che sta effettivamente accadendo in un ambiente in tempo reale. Esso non è pensato per funzionare sulla base di una singola tecnologia, ma richiede che molte soluzioni lavorino all'unisono. Questo è possibile grazie ai sensori, distribuiti ovunque nell'ambiente fisico e nelle componenti di processo, che sia un'azienda con macchinari o uno smart building con sale e impianti vari. I sensori comunicano, attraverso IoT, con altri oggetti e processano i segnali, di vario tipo, permettendo al gemello digitale di catturare dati operazionali e ambientali. Grazie alla tecnologia di aggregazione tra il mondo fisico e il mondo digitale, i dati vengono elaborati mediante tecniche analitiche per analizzarli attraverso simulazioni algoritmiche. L'intelligenza artificiale consente alle macchine di imparare dall'esperienza, adattarsi a nuovi input ed eseguire attività simili a quelle umane. Grazie ai recenti sviluppi tecnologici, concretizzatisi nella capacità di raccogliere ed elaborare grandi quantità di

dati, l'IA può effettivamente percepire l'ambiente, analizzare le situazioni e identificare le decisioni migliori per raggiungere l'obiettivo predefinito. L'intelligenza artificiale può essere impiegata a diversi livelli del Digital Twin per garantire migliori prestazioni in condizioni di incertezza. Se nel sistema reale è richiesta un'azione o una risposta ad una esigenza o ad un problema, l'intelligenza artificiale sottostante il Digital Twin la riproduce mediante "attuatori" sottoposti al controllo umano, che innescano il processo fisico. In base alla soluzione proposta, si agisce in modo differente: se si sceglie la soluzione manuale, il sistema dice cosa fare e gli ingegneri studiano la soluzione proposta cercando eventualmente di applicarla; se invece si sceglie la soluzione automatica, saranno direttamente gli attuatori presenti nel sistema ad applicarla.

2.1.3 Vantaggi

Il principale vantaggio di un Digital Twin si cela all'interno del suo stesso nome: una copia digitale della realtà, dove "vedere", "pensare" e "agire", è totalmente privo di rischi. Il concetto di Digital Twin incapsula un grande potenziale, che si realizza in:

- **Miglioramento continuo:** l'implementazione del concetto di Digital Twin coinvolge molte altre tecnologie digitali e innovazioni che, a loro volta, possono configurarsi come fattori chiave per innescare futuri miglioramenti aziendali;
- **Predittività:** impiegando diverse tecniche di modellazione (matematica o basata su simulazione o, ancora, su dati etc.) il Digital Twin può essere utilizzato per prevedere lo stato futuro di asset aziendali rilevanti, così come l'impatto di eventuali criticità (ad esempio, interruzioni di servizio o malfunzionamenti di vario genere);
- **Analisi di scenario (what-if):** attraverso interfacce utente correttamente progettate, è facile interagire con il sistema Digital Twin e testare diversi scenari per identificare le migliori azioni da implementare nel sistema reale;

- **Visibilità:** il gemello digitale migliora la visibilità relativa al funzionamento di macchine o altri asset aziendali, nonché di più grandi sistemi interconnessi (ad esempio, un impianto di produzione o un aeroporto);
- **Conoscenza:** il Digital Twin può essere utilizzato come strumento di comunicazione e documentazione, per comprendere e spiegare i comportamenti di uno o più sistemi;
- **System Integration:** se progettato correttamente, il Digital Twin può connettersi con altre applicazioni aziendali per estrarre i dati necessari al suo funzionamento, soprattutto in contesti come le *operations* di una Supply Chain, tra cui: produzione, approvvigionamento, gestione dei magazzini, trasporto e logistica, assistenza sul campo, ecc;
- **Blue oceans:** il Digital Twin non solo potenzia i modelli di business tradizionali, ma ne abilita anche di nuovi, come quelli basati su concetti di “servitization”, in cui la conoscenza circa lo stato di salute di un asset e la corretta pianificazione delle attività di manutenzione sono fondamentali per garantire un livello di servizio adeguato.

2.1.4 Sfide

Esistono una serie di sfide da affrontare per cogliere appieno i benefici di un Digital Twin:

- **Connettività:** molte potenziali applicazioni del concetto di Digital Twin non fanno riferimento ad asset statici. Fornire connettività in tempo reale a oggetti in movimento potenzialmente costante o situati in aree remote può rivelarsi una sfida. Inoltre, affinché questa connettività costante restituisca un reale valore, sono richieste una larghezza di banda e una potenza di calcolo non indifferenti;
- **Hardware:** un progetto Digital Twin può richiedere un numero più o meno significativo di sensori connessi la cui gestione comporta tempi di installazione e manutenzioni complesse;

- **Lunghi cicli di vita:** molti asset per cui sarebbe utile sviluppare un Digital Twin sono caratterizzati da un lungo ciclo di vita, che generalmente si estende ben oltre la validità dei software proprietari utilizzati per il loro design, simulazione o analytics. Ciò significa che una cauta selezione delle tecnologie da utilizzare diventa un vero fattore critico di successo nel lungo periodo;
- **Risorse umane:** le competenze richieste per lo sviluppo e la gestione di Digital Twin necessitano di investimenti in un'adeguata formazione del personale preposto. D'altro canto, l'utilizzo efficace di questa metodologia, alterando il paradigma di lavoro in alcune aree aziendali, innesca rilevanti opportunità di crescita per il personale, che diviene attore della trasformazione digitale;
- **Sicurezza:** nel loro naturale funzionamento, i Digital Twin accumulano dati, capitale intellettuale e quindi valore per le aziende. È quindi importante garantire la sicurezza dei sistemi di gestione dei dati per evitarne la perdita o il danneggiamento.

2.2 Alcune applicazioni del Digital Twin

Gestire l'incertezza sta diventando, per molte imprese, una lotta quotidiana. In questo contesto, le aziende hanno iniziato a raccogliere quante più informazioni possibili sulla propria attività, nel tentativo di preservare il proprio vantaggio competitivo.

2.2.1 Digital Twin Shop-floor (DTS)

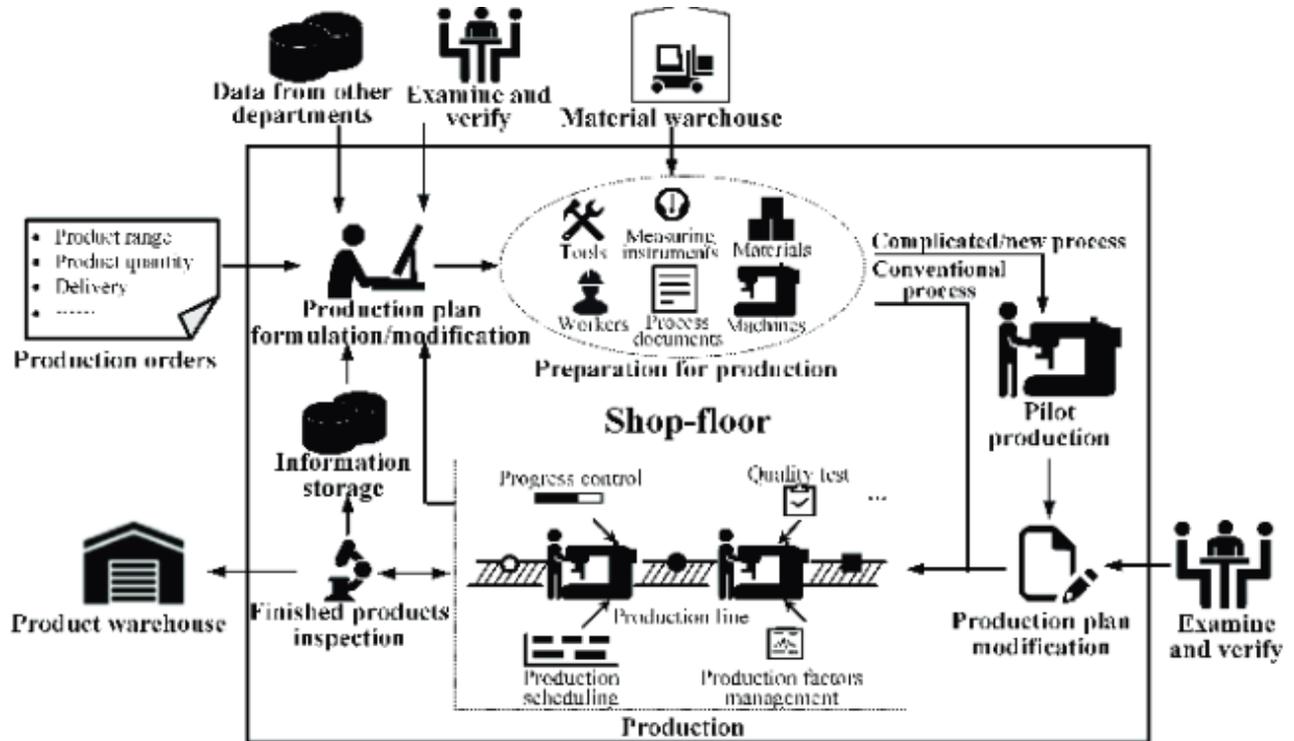


Figura 10: Traditional production process of shop-floor

Il Digital Twin Shop-floor (DTS) è l'applicazione dell'omonimo paradigma ad una linea produttiva nell'ambito industriale. Il processo tradizionale di produzione consta di numerosi passaggi. Prima della produzione viene redatto il piano di produzione sulla base degli ordini e dello storico. Una volta che il piano è validato, si passa alla preparazione per la produzione vera e propria. Durante la produzione il processo viene monitorato, assicurandosi che segua quanto schedulato. Nel caso emergano discrepanze, il piano viene modificato e adattato alla situazione. A fine produzione, vengono effettuati i controlli qualitativi e valutate le performance. Tutte queste operazioni generano una serie di documenti che sono archiviati sotto forma di file. Dunque, nella produzione tradizionale, lo spazio virtuale è limitato e tende a sovrapporsi a quello fisico. Il focus è raccogliere i dati e collezionarli, mentre vengono ignorate tutta una serie di possibilità come,

effettuare simulazioni, ottimizzare, predire ecc... La mancanza di una sincronizzazione efficace, tra spazio virtuale e fisico, è il problema principale.

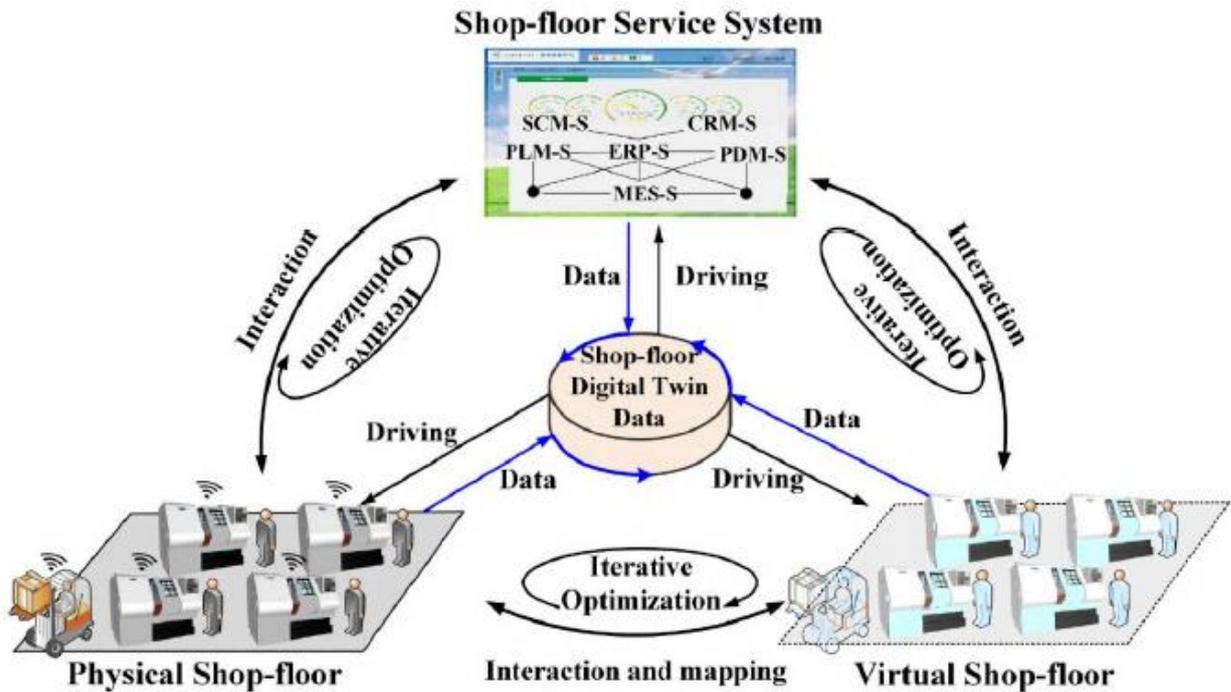


Figura 11: DTS conceptual model

Le tecnologie abilitanti di Industry 4.0, attraverso l’IoT e i CPS, efficientano la produzione e garantiscono che le risorse fisiche possano comunicare, controllare ed elaborare. Queste tecnologie, permettono di abilitare il Digital Twin all’interno di uno shop-floor. Il modello concettuale di un DTS si basa su un database centrale che ha la duplice funzione di accentrare e instradare le informazioni. Il Physical Shop-floor interagisce continuamente con il Virtual Shop-floor, in quanto la replica digitale deve costantemente mantenersi aggiornata. Questi dati vengono inviati al database centrale, che scambia le informazioni con lo Shop-Floor Service System ove risiedono tutti i sistemi informativi aziendali per il controllo, gestione e programmazione della produzione e supply chain. Infine, l’informazione, sotto forma di comandi arriva nuovamente al livello fisico. Questo modello

concettuale permette di garantire sincronizzazione, consistenza e interoperabilità dei dati. (F. Tao, 2017)

2.2.2 Digital Twin for Product Design (DTPD)

Il DTPD è un'applicazione relativamente recente del Digital Twin che permette di creare un prodotto. È noto che il processo di progettazione del prodotto si riferisce al processo completo di un progetto specifico dall'inizio alla fine. Il tradizionale processo di design del prodotto si basa sulla conoscenza e l'esperienza professionale dell'individuo. In tali circostanze, i progettisti devono eseguire vari test per dimostrare costantemente la validità e l'usabilità del progetto in fase di progettazione. Allo stesso tempo, il moderno design del prodotto tende a mettere i clienti al centro e migliorarne la partecipazione, senza considerare a volte che essi non hanno conoscenze professionali. Il processo di progettazione è diventato col tempo digitale, basato sui Big Data e sul Cloud Manufacturing. Però vi sono dei limiti: la progettazione su Big Data pone l'attenzione solo su dati fisici, non virtuali, e la progettazione basata sul Cloud non può dare risposte immediate dovute a cambiamenti in tempo reale a causa della mancanza di interazione tra l'analisi dei Big Data e le altre attività. In allusione ai problemi di cui sopra, viene proposto un nuovo processo di progettazione del prodotto basato sul gemello digitale.

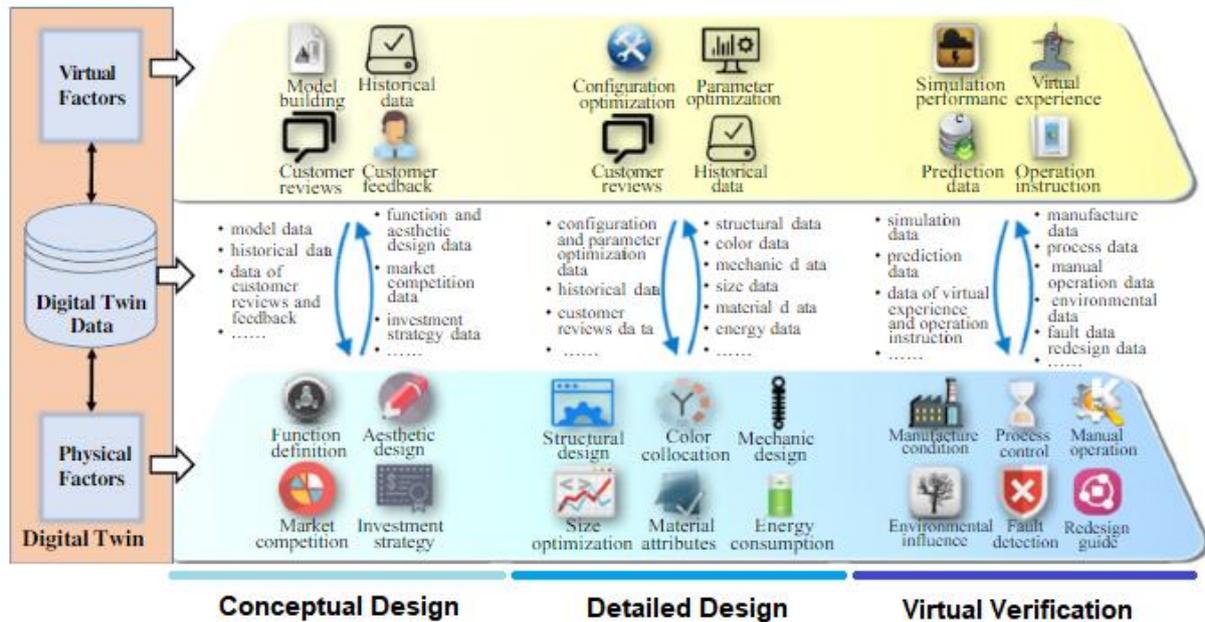


Figura 12: Digital Twin based product design

Il gemello digitale è una simulazione multi-fisica, multi-scala e probabilistica integrata di un prodotto complesso e può mappare correttamente tutti i tipi di dati fisici del prodotto su uno spazio virtuale. Il prodotto virtuale può riflettere l'intero processo del ciclo di vita del prodotto fisico corrispondente. Il processo di progettazione del prodotto può essere suddiviso in progettazione concettuale, progettazione dettagliata e verifica virtuale (Fig. 10).

La **progettazione concettuale** è la prima e anche la più importante fase del processo di progettazione del prodotto, in cui i progettisti devono determinare la direzione di progettazione futura del prodotto completo. In questa fase, i progettisti definiranno il concetto, l'estetica e le funzioni principali del nuovo prodotto. Nel frattempo, devono occuparsi di vari tipi di dati come la soddisfazione del cliente, vendite e competitività del prodotto, piani di investimento e molti altri informazioni. Questi dati sono enormi e dispersi, il che ne rende difficile la raccolta. Utilizzando il gemello digitale, che può integrare tutti i tipi di dati nello spazio fisico del prodotto e integrare facilmente tutte le informazioni, i progettisti possono capire rapidamente cosa migliorare. Inoltre,

il gemello digitale è una fedele mappatura del prodotto fisico e può rendere la comunicazione tra clienti e progettisti più trasparente e più veloce utilizzando i dati di trasmissione in tempo reale. Può guidare perfettamente il miglioramento del nuovo prodotto sfruttando appieno il feedback dei clienti su problemi comparsi nell'uso del prodotto della generazione precedente.

La **progettazione dettagliata** è la fase successiva. In questa fase, i progettisti dovrebbero completare la progettazione e la costruzione del prototipo del prodotto, nonché lo sviluppo di strumenti e attrezzature utilizzati nella produzione commerciale. I progettisti devono perfezionare ulteriormente lo schema di progettazione del prodotto che include funzioni, configurazione e aspetto del prodotto, parametri di progettazione e dati di test sulla base della fase precedente. La fase di progettazione dettagliata richiede ripetuti test di simulazione per garantire che il prototipo del prodotto possa ottenere le prestazioni desiderate. Usando le tecnologie tradizionali, a causa della mancanza di dati in tempo reale e dell'impatto ambientale, l'effetto dei test di simulazione non è evidente. Fortunatamente, la tecnologia del gemello digitale può risolvere questo problema. Può registrare tutti i dati del prodotto, l'influenza dell'ambiente ed evolversi con essi. Inoltre, permette di passare da uno scenario What-If ad uno Now-What di decisione con informazioni disponibili in tempo reale ed immediatamente fruibili a coloro che devono prendere decisioni. Non è solo strumento di simulazione ma di ottimizzazione generale del ciclo di vita.

La **verifica virtuale** è l'ultima fase. Nel modello tradizionale, la validità e la fattibilità dello schema di progettazione non possono essere valutate fino a quando non si esegue la produzione in piccoli lotti dopo aver terminato la progettazione del prodotto. Non solo allungherà il ciclo produttivo, ma aumenterà anche notevolmente i costi di tempo e denaro. Col gemello digitale, qualsiasi qualità degli accessori sarà prevista prima che vengano prodotti sfruttando appieno i dati di apparecchiature, ambiente, materiale, caratteristiche fisiche dei clienti e dati storici dell'ultima generazione del prodotto. Questo metodo è in grado di verificare se esiste un qualche difetto del

segno e di individuarne la causa, quindi la riprogettazione sarà rapida e conveniente. Pertanto, utilizzando la tecnologia del gemello digitale, i progettisti possono creare degli scenari di simulazione per applicare efficacemente i test di simulazione sui prototipi e prevedere con precisione le prestazioni effettive dei prodotti fisici per quanto possibile. (Technol, 2018)

2.3 Piattaforme per i Digital Twin

Partendo già da una base solida costituita dai framework sviluppati per la tecnologia IoT, molte aziende hanno implementato il loro lavoro per poter rendere più semplice e veloce lo sviluppo della tecnologia del gemello digitale, indipendentemente dall'ambito desiderato.

2.3.1 GE Predix

Predix è un servizio platform as a service (PaaS) per sistemi cloud sviluppato da General Electric per la raccolta e l'analisi di dati di macchine industriali. La GE ha progettato Predix con lo specifico scopo di presentare una piattaforma che fosse in grado di soddisfare le aspettative dell'industria producendo risultati validi per qualsiasi tipo di mercato e per qualsiasi settore industriale di una azienda.

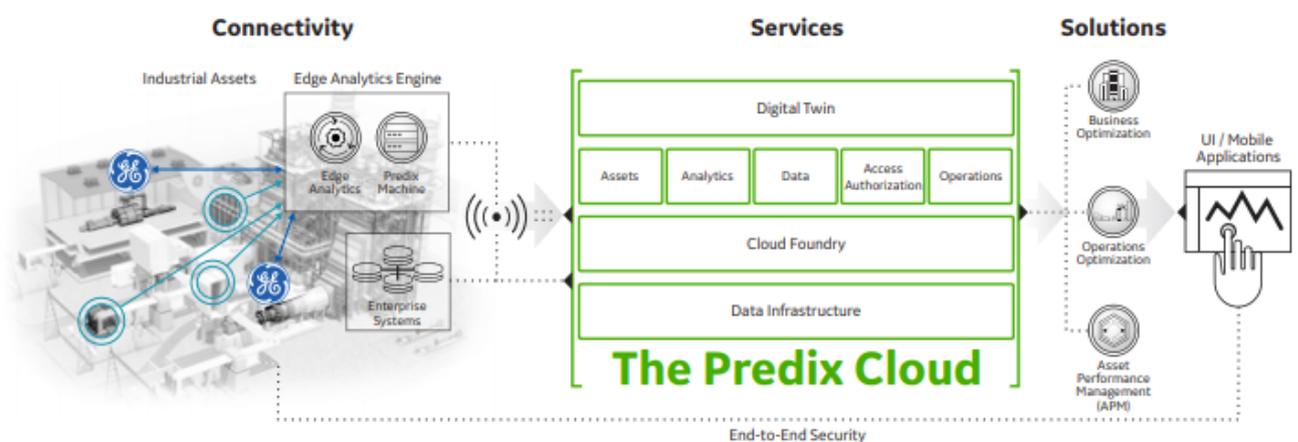


Figura 13: Predix Platform

L'azienda ha lanciato la piattaforma nel 2016, capace di rendere ogni macchina intelligente. E' costruita intorno alla figura del gemello digitale per effettuare previsioni da dati grezzi o dati ottenuti tramite operazioni analitiche. Predix considera i dispositivi remoti come dispositivi intelligenti in grado di poter operare direttamente sui dati o sulle risorse stesse a cui è vicino. Ogni dispositivo utilizzato prevede l'uso di Predix Machine, in grado di garantire alle macchine stesse l'uso e l'organizzazione di protocolli di autenticazione e comunicazione. Tradizionalmente vi sono sensori o attuatori posizionati anche in posti scomodi per effettuare comunicazioni. Il cloud è importante perché rappresenta l'unica fonte di verità, sia per dati presenti che storici. Un dispositivo Predix è in grado di comunicare in maniera bi-direzionale con l'ambiente e le risorse di cui si deve occupare, collezionando dati e inviando segnali senza dover lasciare al cloud il compito di esaminare ed effettuare previsioni. Con questa novità vengono superati diversi problemi rispetto ad una architettura unicamente dipendente dal cloud, come l'impossibilità di dislocare dei dati importanti altrove oppure costi di comunicazione elevati quando in certi casi applicativi è più economico svolgere analisi direttamente alla fonte. Infine, ad ogni oggetto è assegnata una posizione perché vi sono oggetti che sono in costante movimenti in certi ambiti lavorativi. Predix permette di tracciarli e di effettuare delle analisi globali (all'insieme degli oggetti) per miglioramenti nei trasporti o altri processi aziendali. (Predix, 2018) (General Electric, s.d.)

2.3.2 Siemens

«Noi investiamo da sempre sulla tecnologia di simulation e testing, e continuiamo a farlo. perché da qui a dieci anni ci sarà sempre bisogno di fare testing. La complessità non è un problema, la si gestisce. Fa parte del fare innovazione». (Leuridan)

Jan Leuridan, Senior Vice President, Simulation and Test Solutions di Siemens PLM Software, ha sottolineato come Siemens sia in questi anni la principale società di software, cresciuta sia sulla base della propria ricerca e sviluppo, sia grazie alle acquisizioni realizzate negli ultimi anni.

Siemens propone una suite di prodotti (Digital Enterprise Suite) rivolti a diverse aree e necessità di business. Essa permette di digitalizzare intere linee produttive e ridefinire le fasi di prototipazione e testing dei prodotti.

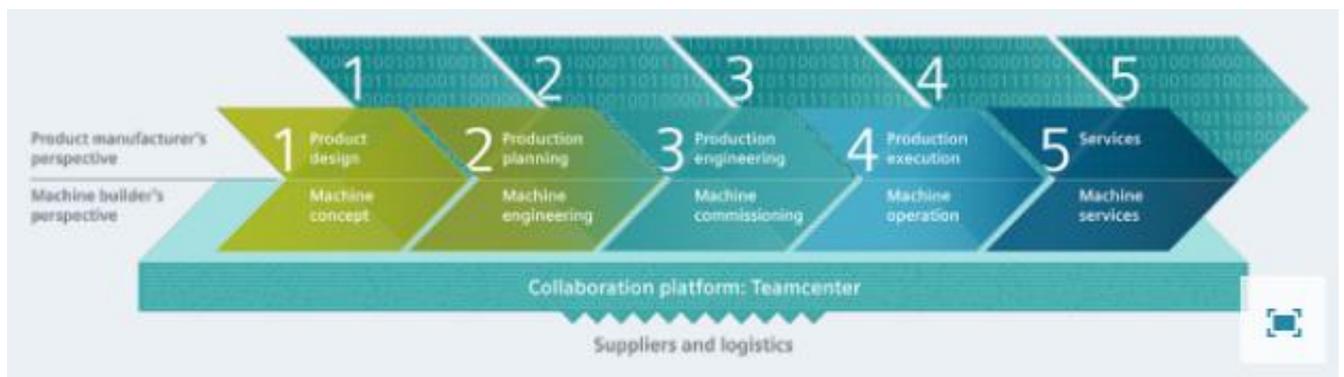


Figura 14: Processo di digitalizzazione nella Value Chain

La Digital Enterprise Suite consente alle aziende manifatturiere di integrare e digitalizzare i loro processi aziendali, compresi i loro fornitori. Possono iniziare in qualsiasi momento della loro catena del valore, dalla progettazione del prodotto alla pianificazione della produzione, ingegneria della produzione, esecuzione della produzione e servizi, ed espandere il processo di digitalizzazione passo dopo passo. Lo stesso vale per la costruzione di macchine: dal design all'ingegneria, messa in servizio, funzionamento della macchina e servizi. MindSphere, il sistema operativo IoT aperto basato su cloud, crea un collegamento tramite Internet of Things per connettere prodotti, impianti, sistemi e macchine con i proprio duplicati digitali. Ciò significa che i produttori possono analizzare le loro strutture, i prodotti e fornire informazioni dettagliate sull'intera catena del valore per una ottimizzazione continua. Allo stesso modo, i costruttori delle

macchine possono analizzare le prestazioni della macchina costruita e cercare di migliorarla. L'approccio olistico del Digital Twins proposto da Siemens, permette di ridurre sostanzialmente il numero di prototipi, prevedere le prestazioni dell'unità di produzione, dei prodotti stessi e assicurarsi di produrre ciò che i clienti si aspettano. (Siemens, s.d.)

2.3.3 Amazon AWS IoT

Amazon ha creato la struttura AWS IoT per specializzarsi nel campo dei dispositivi interconnessi.

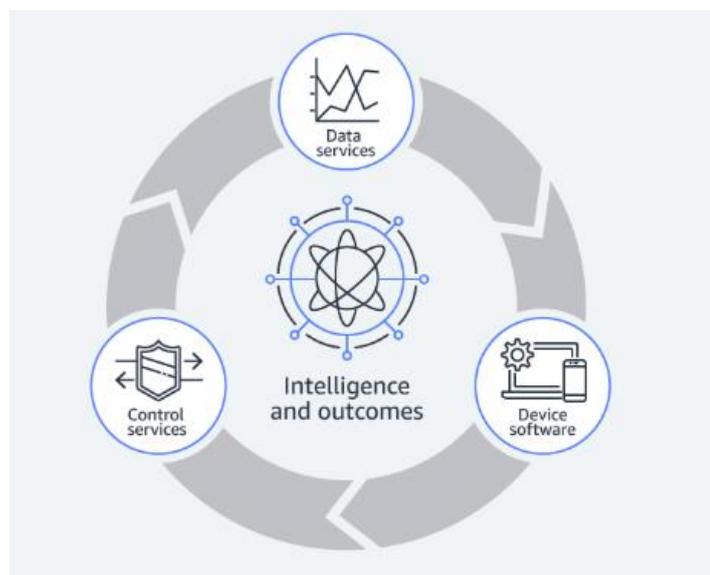


Figura 15: AWS IoT model

AWS IoT fornisce software per dispositivi, servizi di controllo e servizi di dati. Il software per dispositivi consente di connettere in modo sicuro dispositivi, raccogliere dati e intraprendere azioni intelligenti localmente, anche quando non c'è internet. I servizi di controllo ti permettono di monitorare, gestire e rendere sicuri parchi dispositivi ampi e differenti. I servizi di dati ti aiutano ad estrarre i valori dai dati IoT.

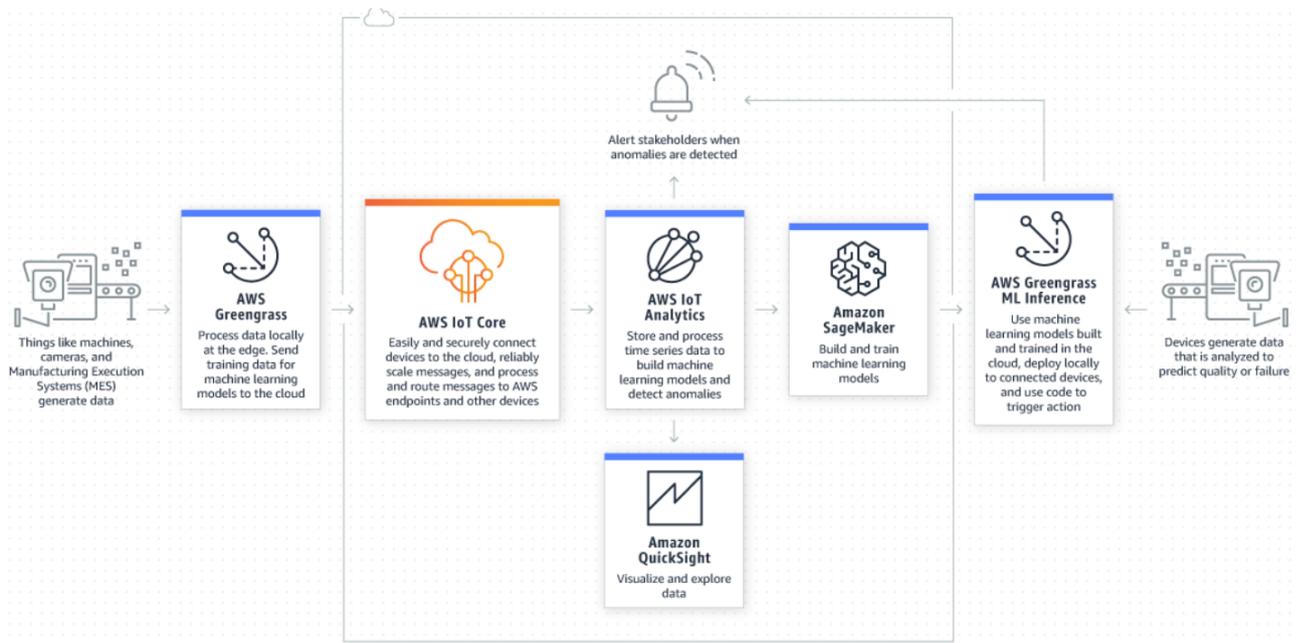


Figura 16: AWS IoT Platform

La sua struttura è costituita da diversi moduli:

- **AWS Greengrass:** è un modulo che permette ai dispositivi edge di collegarsi in modo sicuro al server a cui deve inviare i dati permettendo alla piattaforma di funzionare anche in caso i dispositivi abbiano una connessione poco robusta o intermittente col cloud. Il modulo sincronizzerà i dati raccolti non appena la connessione sarà di nuovo stabile. Tramite crittografia permette l'invio dati alla rete senza problemi mentre grazie alle sequenze di login da effettuare ad ogni connessione, permette azioni ai soli dispositivi conosciuti;
- **AWS IoT Core:** è un modulo in grado di supportare un numero molto elevato di dispositivi, così da riunire i precedenti prodotti di Amazon derivanti dall'IoT e dal campo dell'analitica, e di supportare una quantità di messaggi spaventosa. E' in grado di elaborare e instradare tali messaggi agli endpoint di AWS e ad altri dispositivi in modo sicuro. Supporta protocolli di comunicazione ad alto livello quali HTTP, WebSockets e

MQTT riducendo al minimo il codice da eseguire sui dispositivi e i requisiti relativi a larghezza di banda di rete. Questo modulo è il cuore pulsante di tutta la piattaforma. Dato che lavora insieme al modulo AWS Greengrass è possibile interagire con i dispositivi facilmente e memorizzare lo stato recente di un dispositivo connesso per verificarlo e impostarlo anche quando sarà disconnesso. Nel momento in cui si riconnetterà, sarà aggiornato automaticamente;

- **AWS IoT Analytics:** è un modulo che è in grado di filtrare le informazioni utili per poter prendere decisioni migliori e precise per i Digital Twin. Dovendo raccogliere dati di diversa forma da diversi dispositivi, quindi dati non strutturati, il modulo permette di filtrarli in un datastore delle serie temporali per l'analisi. In caso di anomalie rilevate può informare tramite notifica l'utente che avrà il compito di controllare il problema;
- **Amazon QuickSight:** è la piattaforma per la visualizzazione, l'esecuzione di analisi ad hoc e la raccolta di informazioni strategiche dai dati;
- **Amazon SageMaker:** è il modulo che si occupa di modelli di machine learning con cui operare sui dati ricevuti dal modulo AWS IoT Analytics per fare previsioni e rilevare problemi ancor prima del loro effettivo verificarsi;
- **AWS Greengrass ML Inference:** i modelli prodotti dal modulo precedente vengono utilizzati per installare nei dispositivi connessi alla rete i dati dei modelli di machine learning così da reagire, al verificarsi di determinate condizioni, con le azioni correttive sviluppate informando anche in questo caso l'utente.

(Amazon, s.d.)

2.3.4 SAP

SAP Leonardo fornisce un sistema di modellazione del Digital Twin e gestione dei dispositivi, oltre a servizi di connettività, messaggistica, archiviazione e Application Programming Interface

(API) per l'implementazione del Digital Twin. Propone una serie di applicazioni che agevolano il lavoro di tecnici e manager grazie ad app per smartphone e garantiscono le interconnessioni con i sistemi esterni.

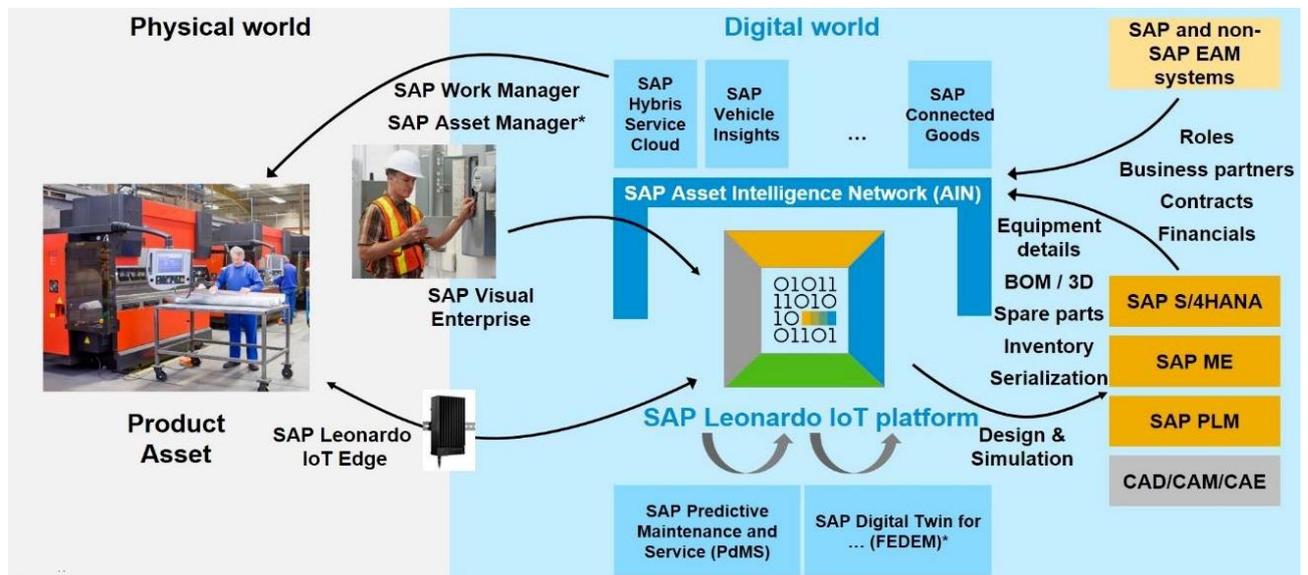


Figura 17: SAP Leonardo Framework

La struttura di SAP Leonardo propone vari moduli:

- SAP Predictive Maintenance and Services (PdMS): questo modulo utilizza modelli complessi per identificare anomalie, valutare lo stato degli asset e la loro vita residua, predire gli errori e fornire supporto alle decisioni per la manutenzione schedulata;
- SAP Asset Intelligent Network (AIN): funge da repository di asset condivisi e da sistema di collaborazione per tutti i partner commerciali afferenti al ciclo di vita degli asset. AIN inoltre, permette di implementare scenari collaborativi legati al Digital Twin;
- SAP Asset Intelligent Network (AIN): funge da repository di asset condivisi e da sistema di collaborazione per tutti i partner commerciali afferenti al ciclo di vita degli asset. AIN inoltre, permette di implementare scenari collaborativi legati al Digital Twin;

- SAP IoT Application Enablement: è una sezione che offre la possibilità agli sviluppatori di costruire la propria applicazione IoT in grado di gestire grandi quantità di dati industriali.

(SAP Leonardo, s.d.)

Capitolo 3

Literature Review

3.1 Stato dell'arte dell'Industria 4.0

In queste pagine, verranno trattati dei casi di applicazione del paradigma dell'Industria 4.0 cercando di dare una panoramica più esaustiva possibile.

3.1.1 Caso 1: Sicurezza nel lavoro

Gli infortuni sul lavoro sono dovuti alla diffusa abitudine dei lavoratori di non indossare l'attrezzatura adeguata e dei datori di lavoro che spesso non impongono le regole nel modo giusto. Secondo l'art. 18, comma 1, del decreto legislativo 81, il datore di lavoro ha l'obbligo di assicurarsi che i propri dipendenti indossino i Dispositivi di Protezione Individuali (DPI) richiesti per l'ambito lavorativo. Più volte la Cassazione ha ribadito che il mancato uso dei DPI è colpa del datore di lavoro, anche se questo ha fornito al lavoratore tutti i dispositivi previsti. Per questi motivi, una PMI del settore manifatturiero, ha deciso di sfruttare la tecnologia RFID, ovvero Radio-frequency identification. Grazie all'utilizzo di lettori RFID sparsi per lo stabilimento e l'applicazione di tag RFID su tutti i DPI e sul badge di riconoscimento dei dipendenti, è possibile capire se uno specifico dipendente indossa l'opportuno DPI per la zona lavorativa in cui si trova. Nel caso in cui vi sia una trasgressione delle norme di sicurezza, viene inviata una notifica al responsabile di sicurezza al fine di procedere con le opportune segnalazioni al dipendente. Può essere usato anche come localizzatore dei lavoratori in situazioni di emergenza.



Figura 18: Elaborazione del Caso 1 (Fonte: Industria 4.0 senza Slogan)

3.1.2 Caso 2: Catena del freddo

Zerynth, società attiva nell'ambito IoT e Industry 4.0, ha sviluppato un dispositivo capace di monitorare lo stato di un frigorifero mantenendo sotto controllo tutti i parametri caratteristici (temperatura o umidità).

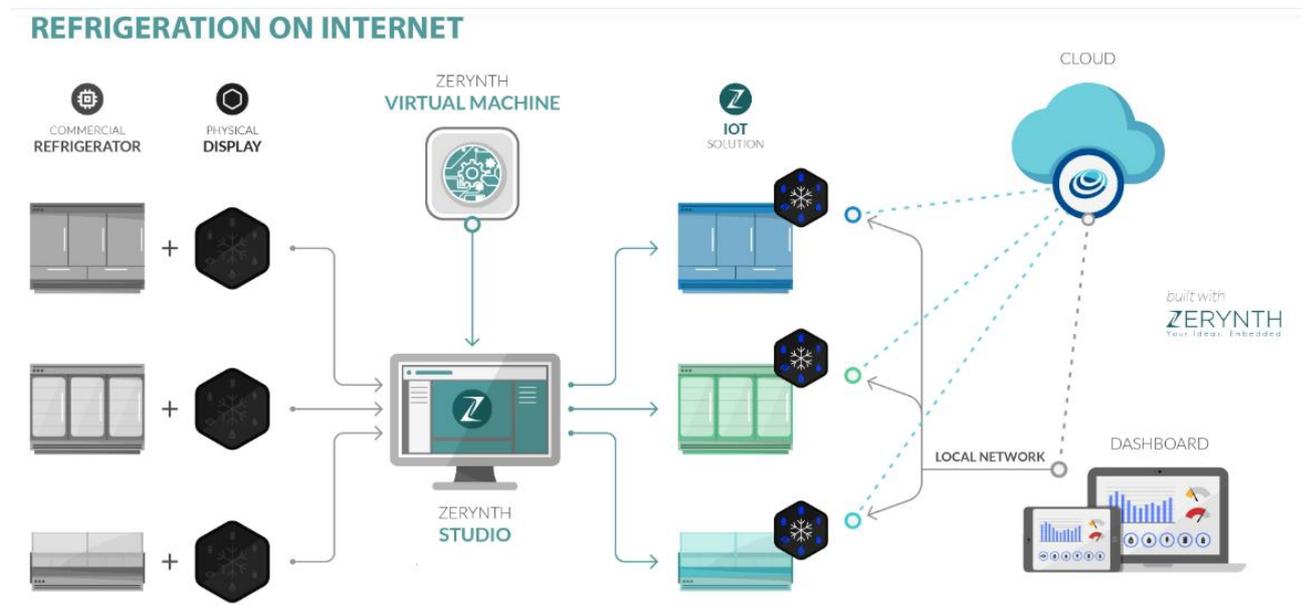


Figura 19: Refrigeration on Internet by Zerynth

Il dispositivo (Refrigeration on Internet, ROI) invia i dati raccolti al sistema cloud che esegue l'algoritmo di gestione dei dispositivi. Ciò rende possibile la gestione della catena del freddo per prodotti surgelati e di gestire l'accensione del sistema refrigerante in base all'andamento dei valori tenuti sotto controllo così da garantire una maggiore efficienza energetica e quindi risparmi in termini monetari. Il sistema può segnalare eventuali azioni di manutenzione. L'accesso ai dati archiviati in cloud è possibile da computer, tramite browser web e da smartphone, tramite app mobile dedicata.

Tecnologie:

- Sensori di temperatura, luminosità, umidità
- Microcontrollori
- Sistema di archiviazione Cloud
- App mobile e software Zerynth

Vantaggi:

- Registrazione automatica della temperatura per assolvere alla normativa HACCP
- Monitoraggio live dei parametri caratteristici
- Diminuzione ed efficienza dei consumi energetici
- Manutenzione predittiva
- Mantenimento della catena del freddo

3.1.3 Caso 3: Monitoring di un allevamento di pesci

Gli impianti di itticoltura permettono di allevare pesci al fine di farne aumentare il peso anche di 15 volte. Il sistema sviluppato da Libelium e PHA Distribution, raccoglie i dati e li invia grazie al protocollo 3G/GPRS e allo standard IEEE 802.15.4 al gateway centrale che incamera i dati e li

salva in cloud. In questo modo tutto il processo di raccolta dati viene automatizzato e il responsabile di allevamento può monitorare i dati anche sotto forma di semplici grafi. I parametri fondamentali che devono essere tenuti sotto controllo, al fine di garantire la salute dei pesci, sono la temperatura dell'acqua, la conducibilità, il pH, la quantità di ossigeno disciolto, il potenziale redox e la concentrazione di Ammonio, NO3 e NO2.

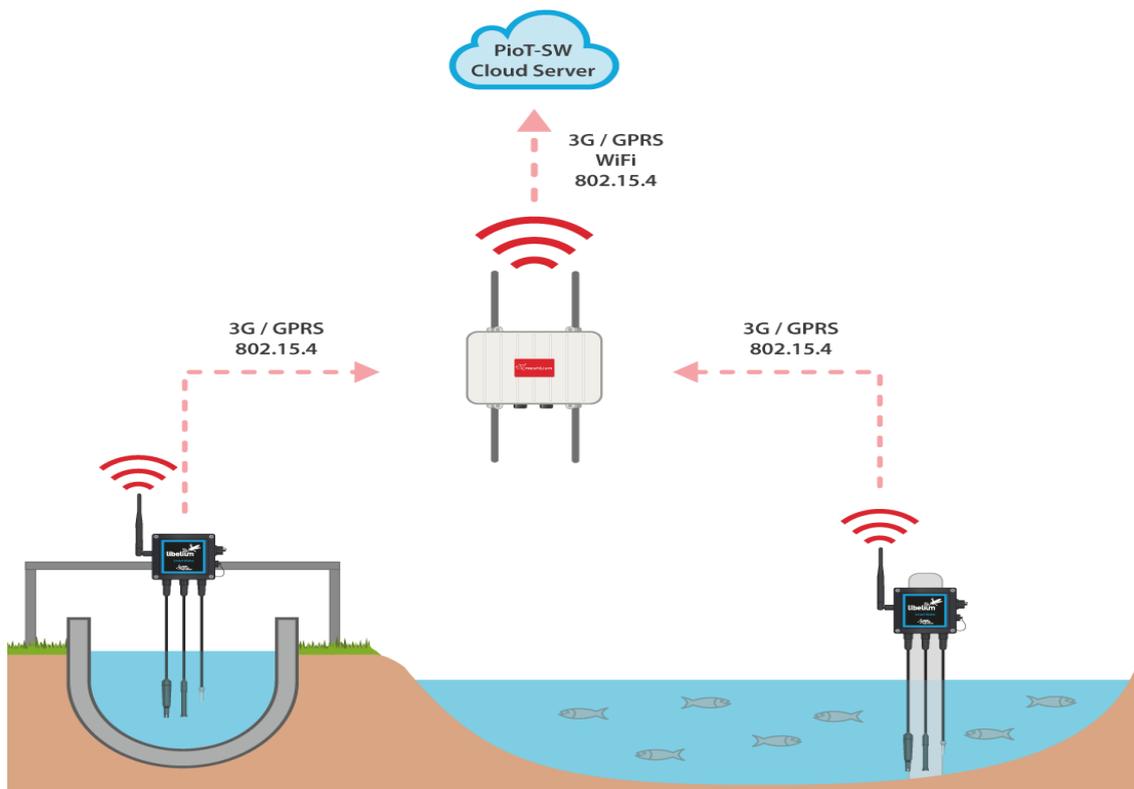


Figura 20: Fish farm monitoring

Tecnologie:

- Sensori per il monitoraggio di temperatura, ph, ossigeno disciolto, conducibilità, potenziale di ossido riduzione, concentrazione di NH4, NO3 e NO2.
- Standard di comunicazione 3G/GPRS
- Standard IEEE 802.15.4

Vantaggi:

- Monitoraggio live dei parametri che influenzano il ciclo di vita del pesce
- Incremento della produttività e riduzione della mortalità
- Automazione della registrazione dei dati raccolti
- Predizione degli eventi legati al PLC del pesce

3.1.4 Caso 4: Interconnessione robot-linea produttiva

Fratelli Carminati è una PMI manifatturiera che ha l'esigenza di interconnettere il robot di carico brocciatura con la linea produttiva. L'obiettivo è automatizzare la raccolta delle segnalazioni riguardo allarmi, stato del robot, numero fermi, numero dei pezzi prodotti e identificare il costo associato alla commessa. La difficoltà dovuta all'interconnessione di entità hardware e software differenti è stata superata grazie alle soluzioni sviluppate dal partner tecnologico T4SM.

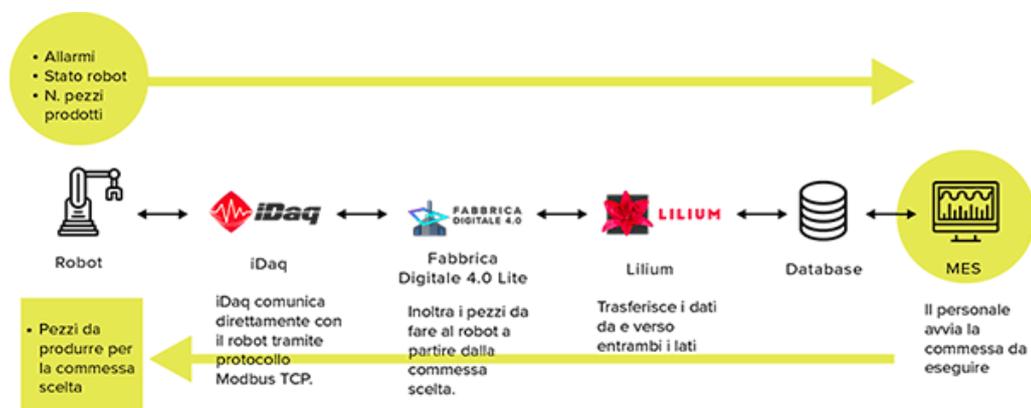


Figura 21: Sistema integrato sviluppato da T4SM

Tecnologie:

- Soluzioni software di raccolta dati, elaborazione, invio, sviluppati da T4SM (iDaq, Fabbrica Digitale 4.0 Lite, Liliium)

Vantaggi:

- Riduzione dei tempi di avvio commessa, l'operatore apre la commessa dal MES e i dati di configurazione sono automaticamente inviati al robot
- Tracciabilità dell'intero PLC
- Raccolta dei dati della commessa
- Determinazione dei costi e addebitamento di questi alla specifica commessa

3.1.5 Caso 5: Interconnessione di una nuova linea produttiva

La sfida del caso di studio tratta la necessità di interconnettere i macchinari con una nuova linea di produzione. Il fine è quello di minimizzare i tempi di setup e di configurazione, automatizzando il più possibile le attività di linea. E' stato creato un gemello digitale della linea produttiva con informazioni sui parametri in tempo reale. La nuova linea è composta da 6 aree: un'area di alimentazione, una linea di preparazione, un forno, una pressa a bilanciare, un impianto di raffreddamento ed una linea automatica robotizzata deputata al calibraggio. Al fine di raggiungere gli obiettivi preposti, T4SM, il partner tecnologico scelto, ha progettato una soluzione capace di comunicare con i vari PLC e computer delle macchine di linea.

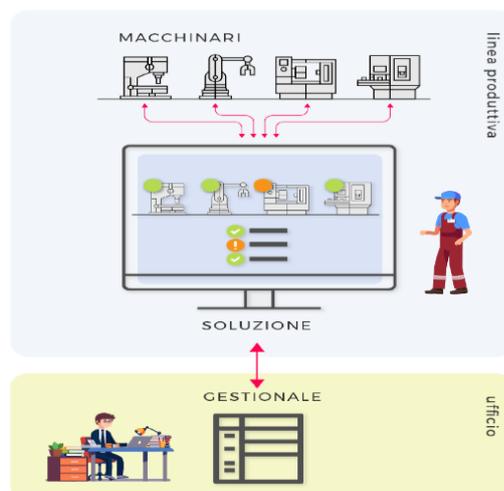


Figura 22: Digital Twin by T4SM

È stato sviluppato un modulo di scambio dati con il gestionale interno, al fine di dare il totale controllo della produzione al responsabile di linea. In questo modo si è assicurata la qualità del prodotto, il corretto funzionamento e settaggio dei macchinari, e si è ridotto drasticamente il numero degli scarti.

Sono stati impiegati soluzioni software di raccolta dati, elaborazione, invio, sviluppati da T4SM (iDaq, Fabbrica Digitale 4.0, Liliium) e Pc con monitor touchscreen. La tecnologia consente l'Interconnessione del gestionale con i macchinari della linea, il monitoraggio real-time della linea di produzione attraverso un'interfaccia semplice e chiara, la riduzione di errori e tempi di produzione e incremento di produttività, il tracciamento automatico di tutti i dati di processo e la possibilità di avviare la produzione (tipologia e numero pezzi) direttamente dal gestionale.

3.1.6 Caso 6: Monitoraggio del processo produttivo di una cantina

Il vino pago, prodotto dalla cantina Pago Ayles, è un particolare prodotto di elevata qualità che viene coltivato nella comunità autonoma di Aragona; motivo per cui si è resa necessaria la collaborazione con RemOT, una società con esperienza in sistemi di interpretazione e mappatura geografica. Lo sviluppo del progetto, rientrando nell'ambito dell'agricoltura di precisione è stato affidato a Libelium, società leader nell'abilitazione di servizi e prodotti all'IoT. Si è proceduto all'installazione di oltre 100 punti di misurazione in vigna su circa 25 parametri di misurazione. I dati raccolti hanno permesso di ridurre i rischi ed i costi di manutenzione, nonché di disporre di modelli predittivi utilizzati per valutare l'andamento della produzione e i possibili problemi legati alle condizioni climatiche.

Tecnologie:

- Sensoristica per la misurazione di temperatura, umidità e pressione ambientale; temperatura del suolo; umidità del terreno; pioggia; velocità del vento e direzione.

- Pannelli solari con batterie di accumulo per l'autoalimentazione dei sensori
- Standard di comunicazione 4G/3G
- Sistema Cloud Microsoft Azure
- Agrimes (Applicazione web per il monitoraggio dei dati)

Vantaggi:

- Monitoraggio real-time dei parametri che influenzano il vigneto
- Conoscenza della pianta da irrigare e della quantità di acqua da erogare
- Conoscenza delle fili di viti che necessitano di cure specifiche
- Aumento della qualità del vino del 25%
- Riduzione del 10-50% dei costi di produzione a seconda dell'annata

3.1.7 Caso 7: Manutenzione intelligente

Una PMI del settore converting ha deciso di rivolgersi a Liberologico s.r.l, in qualità di partner tecnologico, al fine di implementare sui propri macchinari tutta una serie di sensori deputati a raccogliere i dati di funzionamento e concentrarli verso un database in cloud. Questi dati sono poi oggetto di analisi statistiche di tipo predittivo. In questo modo, il cliente che utilizza il macchinario, viene avvisato preventivamente della necessità di manutenzione e il produttore, con i dati raccolti, può schedare la produzione dei pezzi di ricambio e indicare la disponibilità dei tecnici per l'attività di manutenzione.

Tecnologie:

- Sensori per la raccolta dei dati dai macchinari
- Software di concentrazione dati
- Software di collezione dati su piattaforma proprietaria

- Database in cloud

Vantaggi:

- Riduzione dei fermi macchina e incremento della produttività
- Allungamento della vita utile del macchinario
- Efficienza dei costi di formazione del personale manutentivo
- Abbattimento dei costi di magazzino
- Miglioramento dell'efficienza dell'impianto OEE

3.1.8 Caso 8: Manutenzione con tecnologie semantiche

Una PMI cliente di Hyperborea s.r.l. produce e installa in tutto il mondo macchinari estremamente complessi. Questa complessità condiziona le attività manutentive, in quanto la mole di dati ed informazioni legate sono numerose. L'operatore addetto alla manutenzione inquadra il macchinario di interesse e scattare una foto procedendo alla ricerca delle istruzioni di dettaglio. Può anche effettuare foto ai singoli componenti ed inserire tag di riferimento, il sistema procederà alla ricerca e a restituire le procedure manutentive necessarie. In questo modo determinate riparazioni possono essere effettuate direttamente dai dipendenti del cliente, lasciando al produttore solo la manutenzione che necessita di know-how specifico. La soluzione è stata implementata sfruttando Alfresco (Software open source), capace di archiviare le informazioni in modo organizzato per materiali e macchinari specifici. Tutte le informazioni sono disponibili all'operatore tramite browser web.

Tecnologie:

- Alfresco open source software

- Semantic Web

Vantaggi:

- Velocizzazione dei tempi di accesso alla documentazione
- Riduzione degli errori dell'addetto alla manutenzione
- Riduzione del carico di lavoro dei tecnici della PMI

3.1.9 Caso 9: Tracciabilità degli assets di magazzino

Una piccola impresa toscana necessitava di un sistema capace di tracciare le attrezzature da lavoro prelevate dai propri dipendenti dal magazzino. I problemi principali sono stati sostanzialmente due: automatizzare il processo di registrazione entrata/uscita delle attrezzature utilizzate dai dipendenti ed evitare la perdita delle stesse. Per questo motivo si è rivolta a 3Logic MK per sviluppare un sistema economicamente compatibile con le proprie disponibilità. Per fare ciò si è scelto di dotare ogni dipendente di un badge con tag RFID UHF passivo, inoltre tutte le attrezzature a magazzino sono state dotate dello stesso tag adesivo. All'ingresso del magazzino è stato installato un varco di controllo dotato di antenne a radiofrequenza. Quando il dipendente attraversa il varco, viene registrata la sua presenza ed il materiale che ha prelevato o restituito. In questo modo è possibile ridurre il tempo impiegato nella ricerca di attrezzature, capire se sono state già prelevate e da chi, azzerare gli errori di inventario e incrementare il livello di responsabilità dei dipendenti.

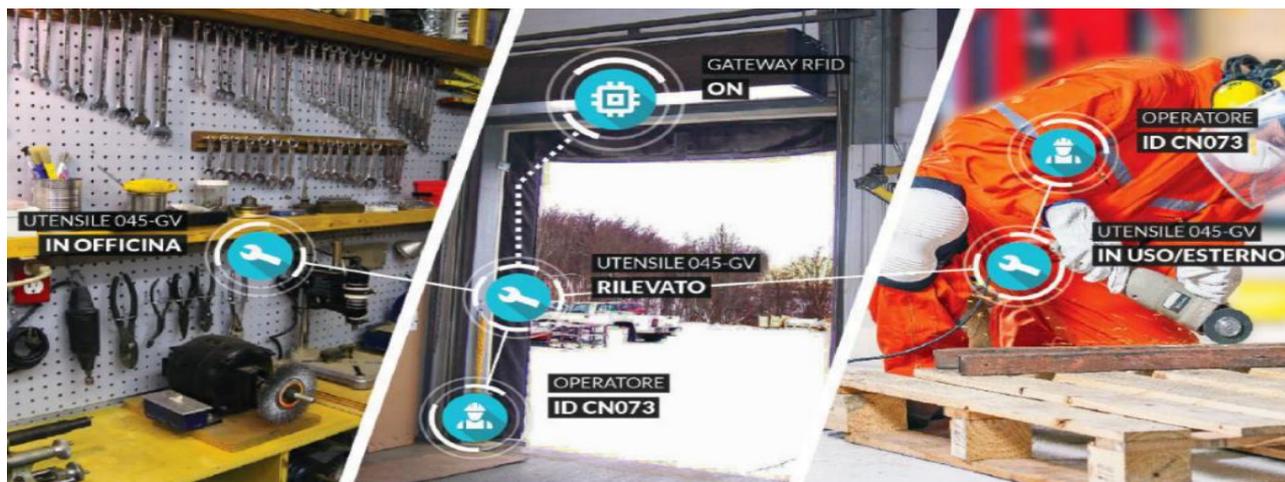


Figura 23: Tracciabilità degli assets di magazzino

Tecnologie:

- Tag RFID UHF passivo
- Antenne per il rilevamento RFID
- SignalIR
- Server SQL (Database)
- ERP

Vantaggi:

- Riduzione del tempo non a valore aggiunto speso per la ricerca delle attrezzature
- Monitoraggio e registrazione dei prelievi delle attrezzature
- Incremento del livello di responsabilizzazione dei dipendenti

3.1.10 Caso 10: Tracciabilità della merce nel settore fast-fashion

Kaos è una PMI del settore dell'abbigliamento fast fashion, che per rimanere competitiva in un mercato monopolizzato da big player quali ZARA, H&M, Primark ed altri necessitava di dover centralizzare la gestione delle informazioni dei capi disponibili alla vendita. Per questo motivo si

è rivolta a Tenega, che ha sviluppato una soluzione basata sull'uso di etichette RFID UHF applicate su tutti i capi di abbigliamento e di una serie di antenne capaci di ricevere il segnale dei tag e procedere alle attività di registrazione lungo tutta la filiera produttiva. I punti vendita sono dotati di varchi con antenne a radiofrequenza.

Tecnologie:

- Tag RFID UHF passivo (70x25mm)
- Applicativo di gestione magazzino in cloud
- Varchi con antenne a radiofrequenza
- Lettori portatili RFID

Vantaggi:

- Maggiore velocità ed efficienza delle attività di movimentazione magazzino
- Centralizzazione e supervisione
- Semplificazione della Supply Chain
- Interfaccia intuitiva per l'aggiornamento delle disponibilità magazzini/pos accessibile da web

3.1.11 Caso 11: Logistica di trasporto smart

Il progetto prevede l'installazione di trasmettitori GPS sull'intera flotta di trasporto, in modo da conoscere l'esatta posizione della merce in consegna e la velocità di movimento del mezzo. Queste informazioni, unite a quelle riguardanti il traffico o le condizioni climatiche vengono rielaborate da una piattaforma in cloud sviluppata da Zerynth. In caso di incongruenza con l'orario schedulato di consegna, viene inviata una notifica diretta al responsabile di produzione.



Figura 24: Logistica di trasporto smart

Tecnologie:

- Modulo GPS
- Piattaforma di archiviazione dati in Cloud
- Software di analisi Zerynth

Vantaggi:

- Riduzione dei tempi di fermo macchina a causa di ritardi della merce
- Schedulazione del processo di produzione smart
- Miglioramento del processo di ricevimento merci

3.1.12 Caso 12: Ottimizzazione della produzione attraverso la simulazione

Una PMI produttrice di metalli, a causa dei numerosi guasti e dei tempi di setup lunghi, ha deciso di implementare un sistema di simulazione del processo produttivo. Si è proceduto raccogliendo i dati di input, provenienti da un monitoraggio continuo del processo ed il software ha permesso di rilevare l'esistenza di un collo di bottiglia riconducibile ad uno specifico macchinario.

Successivamente si è valutata la necessità di riorganizzare il flusso. Applicando la metodologia integrata Single Minute Exchange or Die, tutte le operazioni di setup interessate dal collo di bottiglia sono state rese parallele. I processi di simulazione possono essere usati anche per minimizzare i difetti delle parti fabbricate. Tecnopress, società attiva nella pressofusione di componenti e parti in alluminio per il mondo automotive e altri settori industriali, ha adottato una metodologia computerizzata di ottimizzazione basata su tecnologia MAGMAfrontier, un modulo del software Magmasoft per l'ottimizzazione automatica del processo di pressocolata. In sostanza, attraverso questo tool, una volta impostato il modello virtuale del processo di pressofusione, le funzionalità di simulazione permettono di esaminare gli effetti quantitativi causati dalle variazioni dei parametri chiave e di individuare in automatico le migliori configurazioni, anche quando i pezzi e componenti da realizzare sono caratterizzati da elevati livelli di complessità. In questa applicazione, l'uso del software di simulazione e ottimizzazione automatica permette di gestire al contempo variabili di tipo geometrico (dimensioni del sistema di colata, modifiche geometriche del componente, ecc.) e variabili di processo (parametri macchina, tempi ciclo, ecc.). (Enginsoft)

3.1.13 Caso 13: Vetrina 4.0

Zarynth ha sviluppato una vetrina intelligente a 12 tavole rotanti in cui ogni tavola è comandata da un microcontrollore in grado di alternarsi nella vetrina di esposizione mostrando molte più collezioni. Il sistema è controllato tramite app mobile. L'app a disposizione del gioielliere permette di mostrare una collezione specifica ed eventualmente bloccare la rotazione, per procedere col prelievo dell'oggetto. Grazie ad alcuni sensori posti di fronte la vetrina, è possibile raccogliere informazioni su quante persone passano davanti ad essa e quante invece si fermano ad osservare. Gli strumenti di analisi elaborano i dati raccolti e valutano la correlazione tra prodotti, clienti che hanno richiesto di vedere una specifica collezione, orario della richiesta e vendite effettive dei prodotti. In questo modo è possibile capire quali sono i prodotti di maggiore

interesse e sui quali investire in acquisti, ma anche definire dei target di clienti e mostrare loro determinati prodotti in determinati orari.

Tecnologie:

- 12 Microcontrollori a 32bit
- Standard di trasmissione dati Wifi
- Mobile App
- Software proprietario Zerynth

Vantaggi:

- Ampliamento dello spazio di esposizione
- Acquisizione dati di mercato
- Trasformazione di una vetrina statica in una vetrina paragonabile ad un cartellone pubblicitario dinamico che si personalizza in base all'utenza che la sta guardando

3.1.14 Caso 14: Piattaforma web per attività post-vendita

Un cliente, produttore di macchinari complessi, si è rivolto a Net7 al fine di migliorare le attività di assistenza e formazione post-vendita e il rapporto con i clienti, implementando una soluzione che permette di potenziare il rapporto dell'impresa con la propria clientela internazionale tramite un portale web che fornisce al cliente strumenti avanzati di supporto e presenta informazioni di marketing mirate; ad esempio fornisce informazioni sulle installazioni e sulla situazioni contabile, e propone l'acquisto di accessori, di formazione e di servizi di assistenza. I dati sui macchinari, sui processi e sulla clientela sono già resi disponibili dagli altri sistemi aziendali e sono quindi integrati e condivisi sulla rete. La piattaforma infatti non sostituisce l'esistente ma valorizza il patrimonio informativo dell'azienda. Questo portale ha permesso all'azienda fornitrice di non

dover più inviare i propri tecnici o addetti al marketing dai clienti sparsi in tutto il mondo per individuare le loro necessità. Infatti il cliente può ottenere direttamente dalla piattaforma le informazioni necessarie per capire autonomamente di cosa ha bisogno e di quali componenti/servizi aggiuntivi può disporre. Questo permette di rafforzare il rapporto con il cliente e aumentare la fidelizzazione, ma anche di ampliare le occasioni di guadagno che prima erano condizionate dalle risorse che venivano impiegate per visite in loco dai clienti.

Tecnologie:

- Piattaforma open source (Drupal)

Vantaggi:

- Riduzione dei costi di assistenza, formazione e attività di marketing
- Riduzione dei tempi di assistenza
- Erogazione di servizi post-vendita ad-hoc
- Incremento della fidelizzazione del cliente

3.1.15 Caso 15: Monitorare il volume di traffico in una stazione di benzina

Un gestore di circa 10 stazioni di servizio spagnole ha stretto una partnership con Libelium per implementare la propria tecnologia IoT col fine di customizzare l'attività commerciale della stazione di benzina. Sono stati installati una serie di gateway capaci di rilevare la presenza di smartphone Android e iPhone ed in generale qualsiasi dispositivo con connettività wifi o bluetooth. L'obiettivo è stato quello di conoscere il numero di macchine che si rifornivano presso la stazione e la densità di traffico sulla strada ove è ubicata la stazione. Le informazioni sulla densità di traffico permettono di elaborare una strategia di pricing personalizzata, volta a stimare l'elasticità dei prezzi a seconda del comportamento dei clienti.

Tecnologie:



- Gateway Wifi/BT
- Database MySQL locale
- Microsoft Dynamics NAV ERP

Figura 25: Elaborazione del Caso 15

Vantaggi:

- Conoscenza del tasso di veicoli che accedono all'area di servizio e non effettuano rifornimento

- Conoscenza della durata media di soggiorno dei veicoli allo scopo di contrastarla con il tempo medio di rifornimento che registra il proprio sistema di controllo
- Determinazione del prezzo migliore sulla base dell'elasticità rilevata
- Valutazione dell'impatto delle promozioni nei servizi richiesti

3.1.15 Caso 16: Smart Factory

Polibol è una media impresa, con una reputazione mondiale per l'innovazione tecnologica come stampante per imballaggi flessibili. Il processo di produzione delle bobine di imballaggi flessibili è molto delicato e durante tutte le fasi produttive la temperatura ha un ruolo cruciale, in quanto se troppo alta può rendere il pigmento secco o influire sull'elasticità dei materiali, ma anche determinare la delaminazione del prodotto finale. Libelium ha accessorizzato lo stabilimento di dispositivi IoT per il rilevamento di temperatura, umidità, luce e composti organici volatili. Dei sensori raccolgono i dati e li inviano ad un gateway multiprotocollo, per poi essere archiviati su un database locale ed essere trasferiti ogni 60 secondi al cloud Azure di Microsoft.

Tecnologie:

- Sensoristica per la misurazione di temperatura, luce, umidità e VOC
- Gateway Meshlium Wifi/Ethernet/802.15.4
- Interfaccia web Meshlium proprietaria di Libelium per lo storage dei dati
- Cloud Microsoft Azure

Vantaggi:

- Riduzione dei costi di produzione
- Qualità del prodotto garantita
- Monitoraggio delle condizioni di lavoro

- Controllo di temperatura, umidità, luce e composti organici volatili

3.1.17 Caso 17: Stampa 3D per velocizzare le fasi di R&D

B810 s.r.l. è una società specializzata nella progettazione e produzione di sistemi elettronici e nello sviluppo di tecnologie innovative per il mondo IoT. Il caso in oggetto riguarda un apparecchio chiamato KILO e dedicato al monitoraggio dei consumi elettrici. Le fasi di sviluppo di questo sistema di monitoraggio normalmente prevedevano 8 step, partendo dal design attraverso un modello 3D CAD, l'invio del disegno ad un fornitore esterno per la stampa del prototipo, le verifiche di funzionalità sul prototipo e le necessarie richieste di modifica, la consegna del nuovo prototipo ed eventualmente in assenza di errori lo sviluppo della supply chain del prodotto finito. Con l'uso della stampa 3D è stato possibile velocizzare tutti gli step di sviluppo, dimezzare i costi e mantenere l'intero processo sotto controllo, evitando numerosi costi di transazione dovuti alla dipendenza da fornitori esterni.

Tecnologie:

- FDM - GIMAX 3D MATY, Stampante 3D per lo sviluppo dei tool di produzione
- STL – Formlabs FORM 2, Stampante 3D per la produzione dei campioni dedicati ai test meccanici
- MJP – PJ 2500 Plus, Stampante 3D per la produzione secondo la prototipazione rapida

Vantaggi:

- Riduzione del tempo di sviluppo, da 59 a 16 giorni
- Riduzione dei costi di sviluppo, da 5600€ a 2550€
- Processo totalmente sotto controllo durante tutte le fasi di R&D

3.1.18 Caso 18: Monitoraggio per la conservazione del patrimonio

Libelium e il Museo di Huesca hanno sviluppato un progetto di ricerca che unisce arte e tecnologia, utilizzando l'IoT per la conservazione del patrimonio storico-artistico. Hanno raggiunto un accordo di collaborazione guidato dall'area di conservazione del museo per misurare le condizioni di conservazione di due importanti capolavori: il primo è intitolato "Tiraz de Cols", un pezzo dell'XI secolo lussuosamente elaborato con oro e seta; il secondo è il cosiddetto "Arazzo di Roda de Isábena", del XVI secolo. Queste opere d'arte devono essere conservate in condizioni di luce e umidità molto specifiche. Un eccesso di luce provoca una perdita irreversibile di colore nel tessuto. Allo stesso modo, l'umidità può causare la contrazione e la dilatazione del tessuto, danneggiando l'immagine. "Plug & Sense!" sono i dispositivi di Libelium posizionati dietro entrambi i pezzi con solo il sensore di luce visibile. I dati raccolti dai dispositivi vengono inviati a Internet tramite una connessione 4G e arrivano in forma grafica a una pagina Web dove possono essere analizzati in tempo reale. Il team di restauro del museo può anche registrare dati storici e vedere come i parametri di misurazione si evolvono in diversi momenti della giornata, delle stagioni dell'anno e in base all'occupazione alta o bassa della sala del museo che ospita questi pezzi.

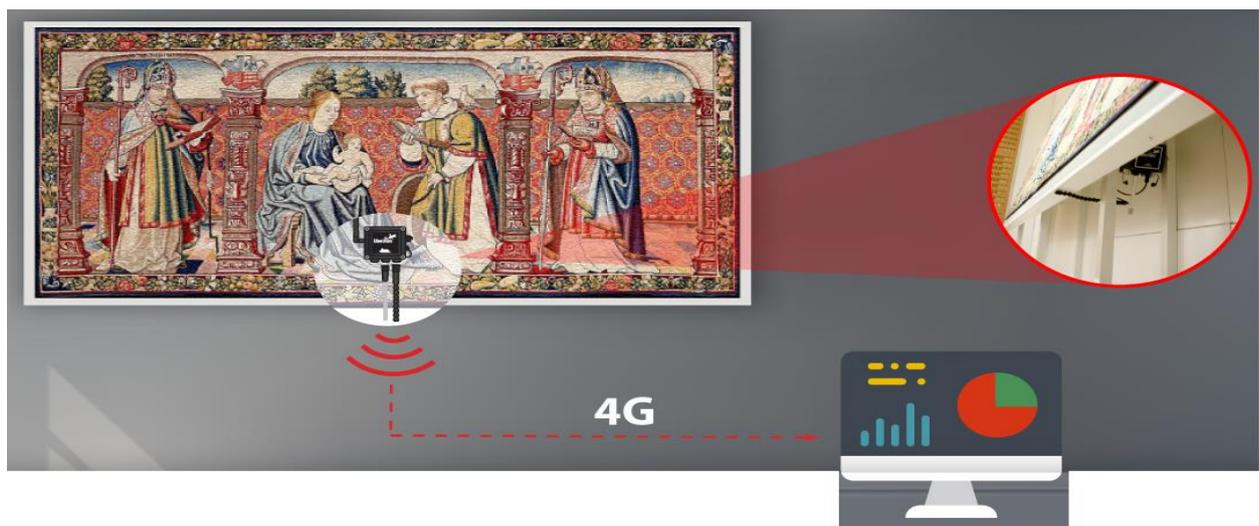


Figura 26: Plug & Sense! di Libelium

3.1.19 Caso 19: Miglioramento dell'assistenza medica

Il deserto del Sahara è il più grande deserto del mondo. Le sue dimensioni e il clima inospitale lo rendono un luogo in cui le comunicazioni sono difficili, sia su strada che su Internet. All'estremità orientale di questo deserto si trova la regione del Sahara occidentale, uno dei territori più scarsamente popolati del mondo e forse quello con la più bassa densità di popolazione. Di fronte a questo quadro, i servizi medici locali non sono in grado di rispondere alle emergenze come vorrebbero. Un'emergenza medica che richiede un viaggio all'ospedale più vicino può comportare un viaggio in auto di più di 8 ore. Le azioni umanitarie sono costanti nell'area, in particolare quelle dedicate alla salute, all'alimentazione e all'istruzione, tre pilastri fondamentali per lo sviluppo e la riduzione delle disuguaglianze in qualsiasi popolazione. La soluzione MySignals offerta da Libelium, offre la possibilità di trasportare un ospedale in una valigetta. Il dispositivo MySignals è servito da supporto nella sala di osservazione, dove hanno raccolto dati su tensione e saturazione, nonché elettrocardiogrammi.

Questi dati hanno aiutato il team medico a generare una storia medica del paziente. Le patologie legate alla cattiva alimentazione (come il diabete o l'ipertensione), il tratto respiratorio, la pelle e gli occhi erano le più frequenti nella popolazione. La maggior parte di queste patologie potrebbe essere monitorata con sensori come glucometro, flusso d'aria, spirometro, pulsossimetro ECG o SPO2. Il dispositivo consente ai dati di essere inviati al cloud tramite Bluetooth, ma a causa delle difficoltà della connettività Internet in questo progetto, non è stato possibile, quindi i team medici hanno utilizzato la modalità autonoma del dispositivo per vedere i valori sullo schermo.



Figura 27: Un dispositivo MySignals

3.1.20 Caso 20: Smart Water in Canada

Più di 1,67 milioni di persone in Canada si identificano come indigeni (secondo il censimento del 2016). Circa la metà vive nelle province dell'Ontario e della Columbia Britannica. Molte di queste comunità hanno vissuto per decenni raccogliendo l'acqua con una pentola e mettendola sul fuoco per bollire per evitare di contrarre malattie trasmesse dall'acqua. Seguendo gli obiettivi di sviluppo sostenibile, il governo canadese vuole garantire l'accesso all'acqua potabile e pulita a queste comunità indigene. La società partner di Libelium, ovvero Aridea Solutions (West Virginia, USA), sta attualmente eseguendo un progetto pilota congiunto con un suo altro partner SaskTel (società di telecomunicazioni con sede nella provincia di Saskatchewan, California) utilizzando la piattaforma Plug and Sense! per aiutare a prevedere livelli di acqua dannosi per un impianto di trattamento delle acque.



Figura 28: Aridea utilizza Libelium's P&S! Smart Water Xtreme per questo progetto

Aridea ha una vasta esperienza con progetti di “acqua intelligente” in Nord America e ha già lavorato con i sensori di Libelium per proteggere e conservare l'abitudine della balena in Alaska e per preservare le cozze d'acqua dolce in via di estinzione nel fiume Ohio. La tecnologia utilizzata si basa su Plug & Sense di Libelium! Smart Water Xtreme con sensori per misurare la profondità dell'acqua e gli elementi chimici. I dati vengono inviati da 4G (SIM fornita da Sasktel) per comunicare direttamente con la piattaforma cloud Terralytix Portal di Aridea.

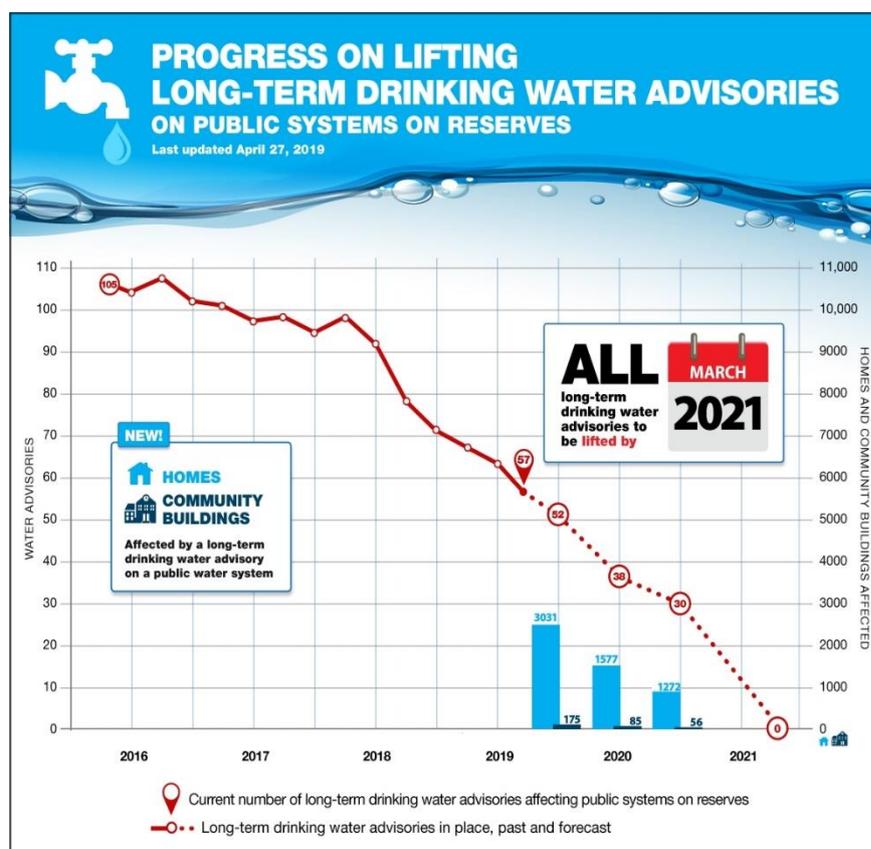


Figura 29: Grafico della riduzione prevista dei consulenti di acqua potabile a lungo termine

Tecnologia:

- Piattaforma Libelium P&S! Smart Water Xtreme
- Sistema 4G (fornito da Sasktel)
- Piattaforma cloud Terralytix Portal, della società Aridea

Vantaggi:

- Riduzione dei consulenti di acqua potabile a lungo termine
- Acqua potabile e pulita
- Identificare le aree di possibile contaminazione, così da ottimizzare la gestione delle risorse idriche e non sprecare denaro
- Riduzione dei costi e la rimozione degli errori umani nel flusso di lavoro

3.1.21 Caso 21: Water Quality in Russia

In questo caso, sono trattate ulteriori tecnologie come droni e blockchain. Airlab Rus, Smart IoT Distributions (distributore di Libelium in Russia) e la Tolyatti State University hanno sviluppato il progetto "Drone on the Volga" per misurare l'inquinamento idrico nel Kuybyshev Reservoir, il più grande bacino idrico dell'Eurasia, situato nel fiume Volga (in Samara Oblast). Airlab, organizzazione no profit e centro di ricerca sulla robotica, specializzato in Smart Cities e Industry 4.0 in Russia, implementa la piattaforma software open source Robonomics per progetti di monitoraggio dell'inquinamento dell'ambiente urbano con sensori statici e mobili su droni volanti e di superficie d'acqua. La blockchain è una parte importante del lavoro di Airlab e appare in questo progetto con l'obiettivo di ottenere informazioni sull'acqua intelligente da fornire agli stakeholder. Una blockchain è in genere gestita da una rete peer-to-peer che aderisce collettivamente a un protocollo per la comunicazione tra nodi e convalida nuovi blocchi. Una volta registrati, questi dati non possono essere modificati senza alterare tutti i blocchi successivi, quindi i dati storici sono immutabili e qualsiasi aggiunta richiede il consenso della maggioranza della rete.

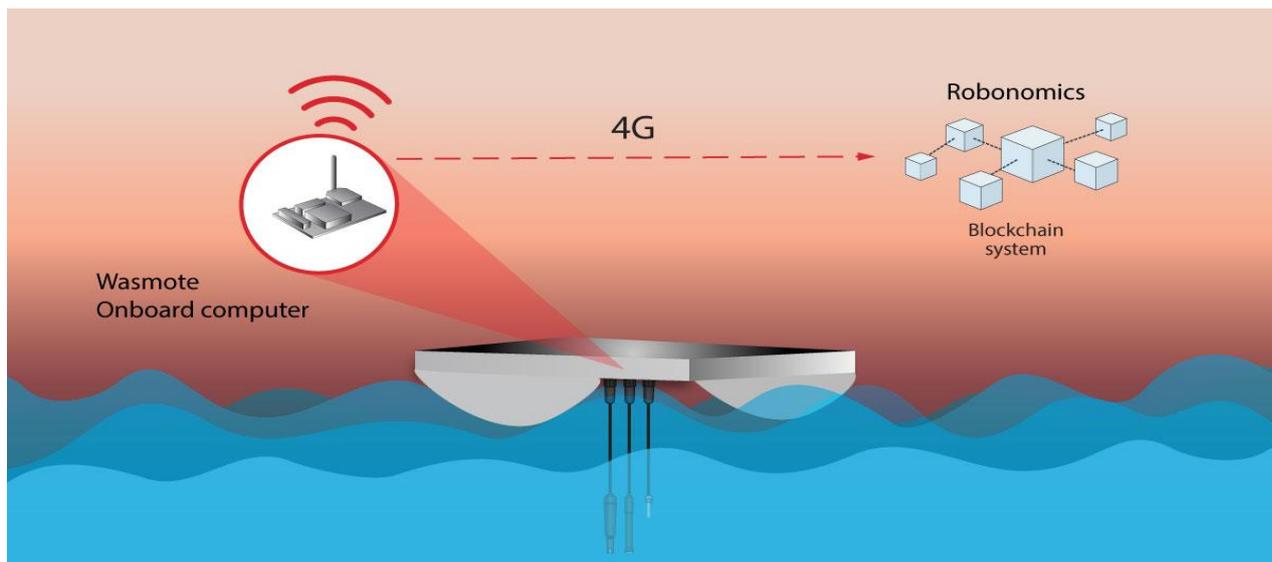


Figura 30: Diagramma del progetto "Drone on the Volga"

La rete Robonomics viene utilizzata per la comunicazione con il robot. Con esso, il robot può offrire i suoi servizi e cittadini o dipendenti pubblici possono ordinarli effettuando un pagamento in criptovaluta attraverso il sito web. La rete Robonomics è costruita sulla piattaforma blockchain di Ethereum e sul protocollo IPFS, che fornisce una registrazione delle misurazioni del sensore in una blockchain pubblica così da proteggere i dati storici da possibili falsificazioni.

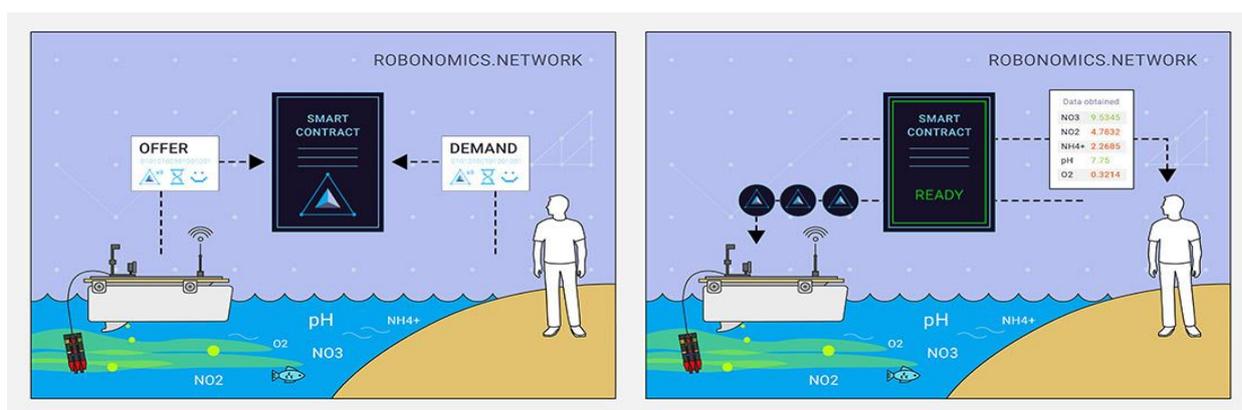


Figura 31: Robonomics Network

Per implementare questo sistema di misurazione dei droni d'acqua, Airlab ha deciso di utilizzare la piattaforma di sensori wireless Wasmote Plug & Sense! Smart Water di Libelium che consente la misurazione di inquinanti idrici significativi a un costo ragionevole. I parametri controllati dai

dispositivi nel Kuybyshev Reservoir sono: temperatura dell'acqua, pH, ossigeno disciolto, conduttività dell'acqua, ioni di NH_4^+ e NO_3^- . Il controller Waspote esegue misurazioni durante il suo viaggio mentre invia le informazioni raccolte a un computer di bordo tramite USB. Il computer è responsabile dell'invio delle informazioni al sistema tramite il protocollo Robonomics (in aggiunta a IPFS ed Ethereum) su 4G per rendere i dati pubblici, immutabili e collegati con un determinato accordo in forma di contratto intelligente. Questo progetto combina robotica moderna, blockchain e Internet of Things, dimostrando come l'ambiente può essere monitorato e osservato senza l'interazione umana.

3.1.22 Caso 22: La gestione delle colture

I progetti di viticoltura di precisione ricercano la massimizzazione del potenziale enologico dei vigneti, adattandosi a condizioni estreme, per ottenere una maggiore qualità e una migliore produttività della vendemmia. I progetti IoT agricoli forniscono efficienza, sostenibilità, ottimizzazione delle risorse naturali e tracciabilità. La banca spagnola Ibercaja ha adottato Agrotech, un programma di finanziamento dell'IoT per agronomi, in modo da facilitare l'introduzione e l'adozione della tecnologia Internet of Things in questo settore tradizionale. Agrotech è stato sviluppato da EFOR, leader globale nei servizi tecnologici e soluzioni per la gestione, la comunicazione e il marketing delle aziende, e Libelium, società IoT hardware specializzata nella precisione agricola. Grazie alle tecnologie intelligenti e all'intelligenza artificiale, gli agricoltori possono ottenere un consumo più efficiente di risorse naturali e sapere qual è il momento migliore per seminare, irrigare, concimare o raccogliere.

Prima del progetto, sono stati stabiliti alcuni obiettivi da coprire con Agrotech:

- Fornire ai clienti chiave del settore agricolo Ibercaja l'analisi tecnica e il prodotto IoT che consente di misurare le variabili selezionate durante il progetto

- Presentazione dell'app cloud o della piattaforma in cui gli utenti possono visualizzare e analizzare i dati come una prima demo del futuro prodotto che consente all'utente di identificare i problemi critici e aiutarli nelle loro decisioni
- Analizzare e concettualizzare la creazione del prodotto e il proprio marchio, progettando inoltre il percorso del cliente attraverso l'installazione e l'uso del prodotto

Il progetto Agrotech è stato introdotto in diversi vigneti di Aragona. La Spagna è il paese con più vigneti che in qualsiasi altra parte del mondo. Ci sono oltre 4.000 aziende vinicole, la maggior parte delle quali piccole e medie imprese. Tuttavia, il settore vitivinicolo spagnolo deve affrontare i problemi derivanti dallo spopolamento rurale e dal riscaldamento globale. Temperatura, pioggia, potenziale evapotraspirazione, luce solare e vento sono i fattori più influenti che influenzano la fisiologia dell'uva. Conoscere questi aspetti in anticipo può aiutare gli enologi a calibrare meglio i diversi parametri che determinano il carattere e la qualità del vino.

Obiettivi del progetto:

- Fornire e analizzare la grande quantità di dati: questi dati consentono di modellare il terreno agricolo al fine di qualificarlo (ad esempio, qualificarlo nell'ipotesi di vendita)
- Sviluppare un'applicazione per smartphone che consenta agli utenti di accedere ai dati in tempo reale in modo visivo con elementi grafici e di inserire anche informazioni pertinenti
- Rafforzare i canali di comunicazione digitale e l'interazione con i nuovi clienti attraverso i quali possono essere offerti nuovi prodotti e servizi
- fornire un sistema di misurazione IoT autonomo, senza la necessità di alcuna azione intrapresa dagli utenti che hanno implementato questo sistema nelle loro fattorie. Il sistema deve eseguire diverse letture da diverse variabili misurate nei campi, come umidità del suolo e velocità del vento

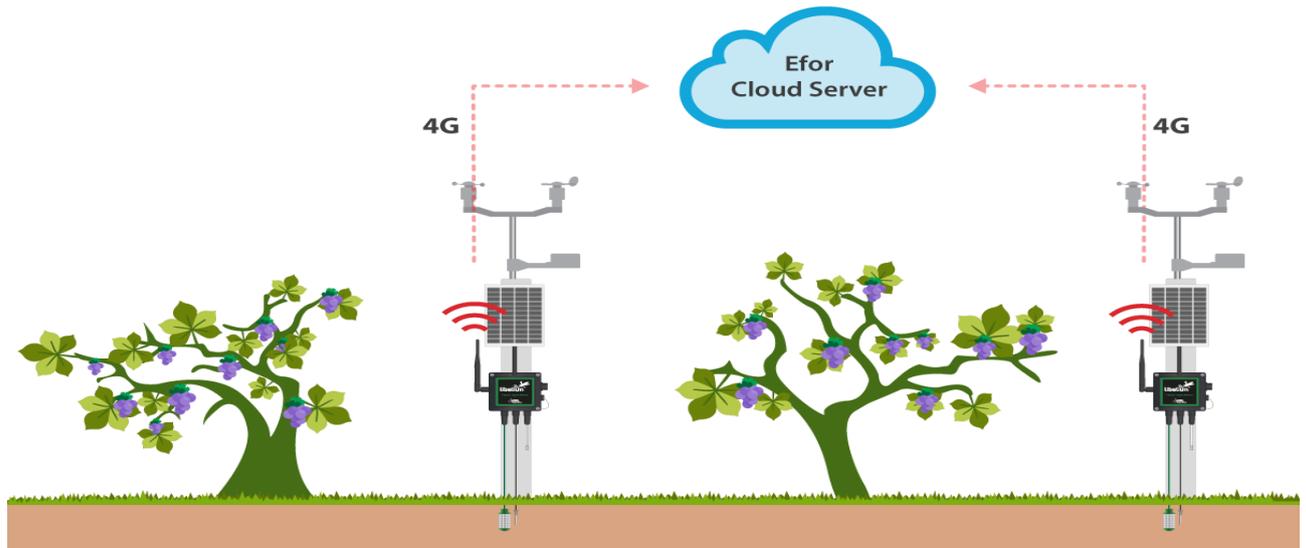


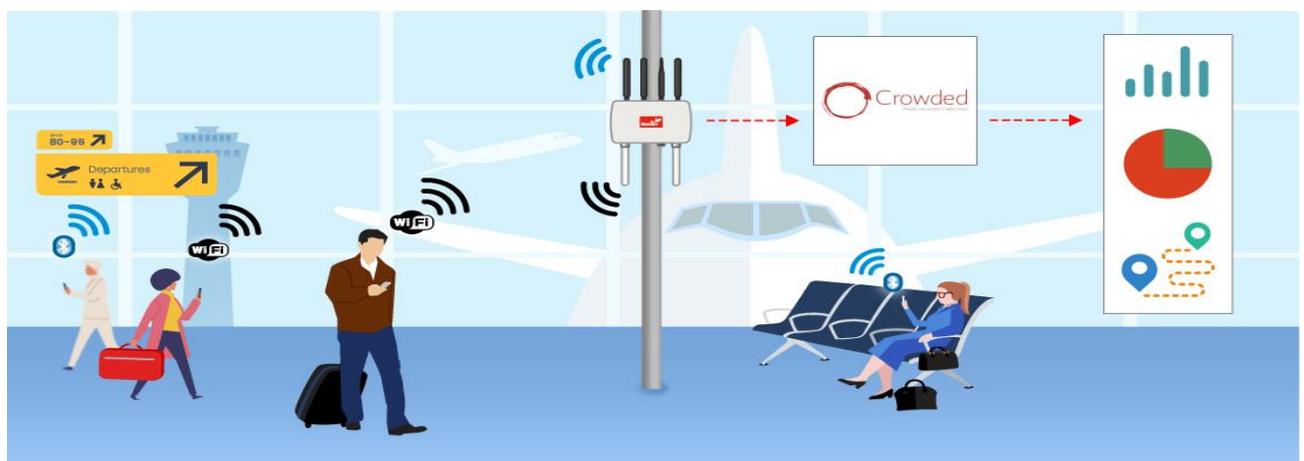
Figura 32: Diagramma di comunicazione di Agrotech

Tutti i dati devono essere inviati al cloud di Microsoft Azure tramite 4G ogni 15 minuti. Il Meshlium IoT Gateway si trova negli uffici EFOR di Saragozza, il che semplifica la gestione del sistema per gli sviluppatori. Per la visualizzazione dei dati, il software utilizzato è Smarteye di EFOR, sviluppato su cloud IoT di Microsoft Azure.

3.1.23 Caso 23: Monitoraggio dei passeggeri in aeroporto

Nel 2017, l'aeroporto di Manchester è stato il terzo aeroporto più trafficato del Regno Unito con oltre 27 milioni di passeggeri. Grazie a una crescita annuale costante tra il 5 e il 10% negli ultimi anni, l'aeroporto è attualmente sottoposto a un programma di espansione per estendere la sua capacità in oltre 50 milioni di passeggeri ogni anno. Questa tendenza si riflette nella creazione di nuove attività di intrattenimento: tempo libero, gastronomia, shopping o cultura, tra gli altri, nella cosiddetta "aerotropoli". Innotech Insights Ltd., fornitore leader di soluzioni nell'ambito dell'osservazione della folla e della raccolta di dati sui passeggeri, sviluppa nuove soluzioni tecnologiche per la raccolta di dati relativi a trasporti, eventi e urbani con particolare attenzione alla connettività, alla sicurezza pubblica e all'evacuazione. Hanno schierato una serie di dispositivi per monitorare i movimenti delle persone e il comportamento della folla nell'aeroporto di

Manchester. La società ha scelto il Meshlium Scanner di Libelium per rilevare smartphone e dispositivi cellulari (dotati di WiFi o Bluetooth senza la necessità di essere collegati), misurando i movimenti delle persone all'interno dell'aeroporto. Sono stati installati sei dispositivi, ottimizzati per applicazioni temporanee utilizzando gli alimentatori POE off-grid di Innotech, attraverso i terminali, al fine di comprendere i flussi, rilevare e prevenire eventuali colli di bottiglia e soprattutto garantire la sicurezza delle persone. Innotech Insights esegue la scansione dei dispositivi tramite WiFi per monitorare i movimenti delle persone e il comportamento della folla. Meshlium Scanner ha raccolto dati analitici anonimi raccogliendo segnali WiFi all'interno delle aree dei sensori e li ha trasmessi automaticamente alla piattaforma Crowded™. Da lì, la piattaforma Crowded™ creata da Innotech Insights, utilizza il meglio della tecnologia per fornire una soluzione di analisi del movimento pedonale accurata ed economica che soddisfi le crescenti esigenze del settore privato e pubblico. Queste misurazioni sono estremamente utili per prevedere le esigenze delle persone negli aeroporti e per tracciare le vie di evacuazione e sicurezza. Inoltre, si può evidenziare che la tecnologia Meshlium Scanner può essere integrata con reti di sensori che identificano le condizioni ambientali all'interno delle strutture aeroportuali (umidità, temperatura, rumore o qualità dell'aria) consentendo ai manager di garantire ai loro spazi commerciali un livello di comfort su cui lavorare favore del consumo di passeggeri, che è molto apprezzato dai negozi.



3.1.24 Caso 24: Smart Tourist

Nel 2017, la Balearic Harbors Authority (APB in spagnolo), Mallorcawifi.com, in collaborazione con l'Università delle Isole Baleari (UIB in spagnolo), ha implementato un progetto IoT basato sulla piattaforma di sensori del Libelium per controllare l'impatto ambientale delle navi nel Porto di Maiorca. Le autorità erano preoccupate per l'alto numero di crociere, traghetti e barche, al fine di prevenire i loro effetti negativi di inquinamento sulle condizioni di vita nelle aree circostanti, essendo anche una destinazione turistica. Dopo quasi due anni dalla raccolta dei dati, i ricercatori dell'UIB hanno scoperto che le crociere non erano la prima causa di inquinamento nell'area, ma i passeggeri e i traghetti commerciali. Le stazioni di misurazione controllano i livelli di monossido di carbonio (CO), Particle Matter (PM), ozono (O₃), anidride carbonica (CO₂), anidride solforosa e rumore ogni dieci minuti. Le autorità confermano che i livelli più alti vengono raggiunti al mattino, tra le 6:00 e le 11:00. Dopo che i risultati dello studio sono stati pubblicati, le autorità del porto hanno mostrato interesse ad attuare nuove politiche al fine di ridurre l'inquinamento e i suoi impatti negativi. In futuro, il porto offrirà energia gratuita alle navi, alle quali verrà chiesto di spegnere i loro motori mentre attraccano per ridurre le emissioni. (Libelium, s.d.)

3.2 Privacy e sicurezza

La raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati sempre più densi, invisibili e pervasivi nel mezzo della vita privata delle persone, suscita una serie di preoccupazioni in materia di privacy e sicurezza. Da un lato, questi dati possono essere utilizzati per offrire una gamma di servizi sofisticati e personalizzati che forniscano utilità agli utenti. D'altra parte, questi dati sono informazioni che possono essere utilizzate per costruire algoritmicamente una biografia virtuale delle attività delle persone, rivelando comportamenti privati e modelli di vita.

3.2.1 Blockchain

Studi di letteratura propongono una nuova architettura per l'IoT basata sulla tecnologia blockchain (BC). Esso è un registro digitale aperto e distribuito in grado di memorizzare record di dati (detti “transazioni”) in modo sicuro, verificabile e permanente. La BC è rappresentabile come una lista, in continua crescita, di blocchi collegati tra loro e resi sicuri mediante l'uso della crittografia.

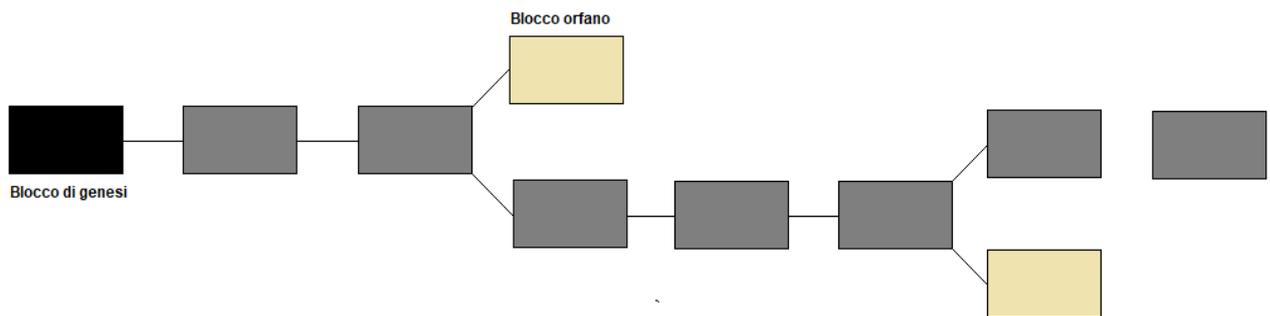


Figura 34: Struttura di una BC

Ad un blocco, possono essere associate una o più transazioni e ogni blocco contiene un puntatore hash al blocco precedente e una marca temporale (ovvero una sequenza di caratteri che rappresentano data e ora per accertare l'avvenimento di un certo evento). I blocchi, una volta scritti, non possono essere retroattivamente modificabili e alterati senza che vengano modificati tutti i blocchi successivi. Per la natura del protocollo condiviso e dello schema di validazione, una modifica necessita del consenso della maggioranza della rete. Il protocollo condiviso specifica quale regola i nodi debbano adottare per selezionare il blocco da accettare. I blocchi non selezionati per l'inclusione nella catena sono chiamati “blocchi orfani”. Questa tecnologia permette di superare il problema della riproducibilità dei dati. La BC memorizza i dati su tutta la rete in modo distribuito per evitare di avere punti di rottura o vulnerabilità che porti anomalie o la cessazione del sistema. Ogni nodo ha una copia della BC: difatti la qualità dei dati è mantenuta grazie ad una replicazione del database in modo massivo. Non esiste copia ufficiale e nessun utente è più credibile di altri. I nodi, ovvero gli utenti, validano le nuove transazioni e le aggiungono al

blocco che stanno costruendo dopo aver verificato l'intera BC. Una volta completato il blocco, lo trasmettono agli altri nodi della rete. Qualsiasi nodo della rete (peer-to-peer) può scegliere di essere un minatore, ovvero un'entità responsabile del mining di blocchi risolvendo un puzzle crittografico ad alta intensità di risorse chiamato Proof Of Work (POW). Questo processo consente di certificare (o validare) le transazioni sulla blockchain, estrarre informazioni, e, allo stesso tempo, rende altamente sicura la rete proteggendola da eventuali attacchi hacker. Facciamo un esempio di applicazione di BC.

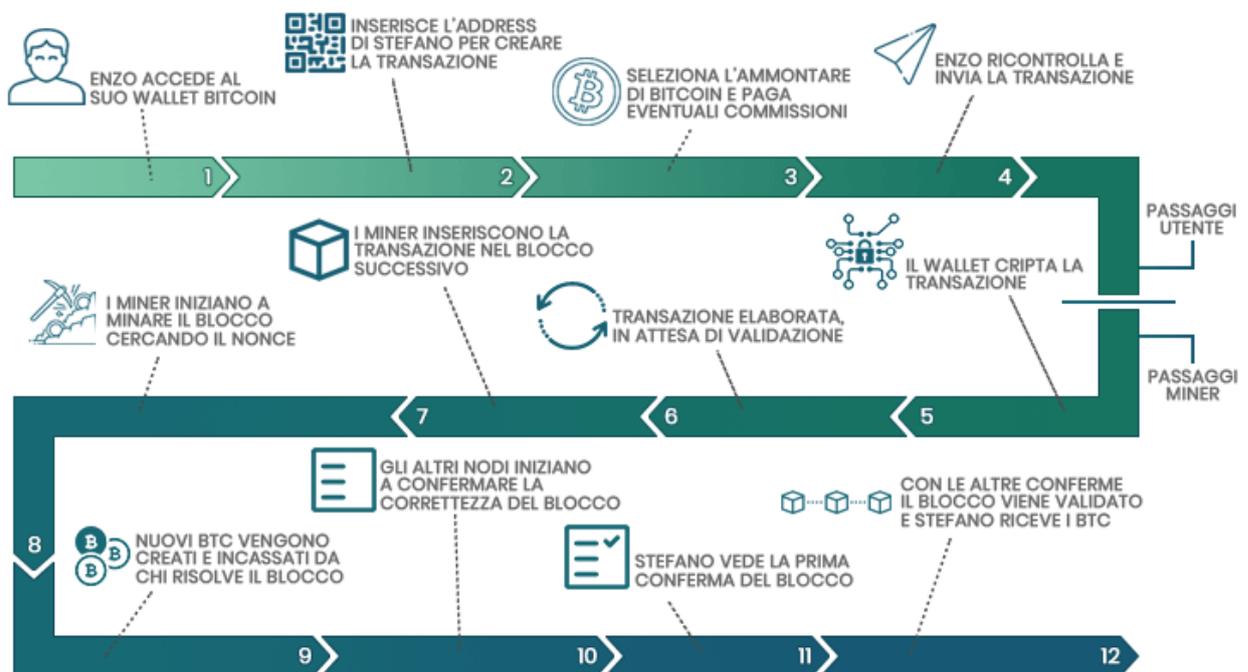


Figura 35: Esempio di BC nel caso dei Bitcoin

La validazione di un blocco consiste nella risoluzione di un rompicapo da parte dei miner. Estremizzando questo concetto, per renderlo di facile comprensione, si può dire che per risolvere il rompicapo il miner deve trovare un numero (chiamato *nonce*). Questo, se processato tramite la funzione di hash insieme ad altri dati presenti nel blocco da validare, deve restituire un hash che inizia con un determinato numero di zeri. Questo hash viene chiamato "hash della testa del blocco". Il numero di zeri richiesti definisce il grado di difficoltà per la validazione del blocco, in

quanto maggiore è il numero di zeri e maggiore è la difficoltà di validazione (il numero di zeri richiesti è definito in uno dei dati presenti nel blocco). Quindi, riassumendo quanto appena detto, possiamo dire che: un blocco contiene (oltre che delle transazioni) dei dati, questi sono allocati nella testa del blocco e, se processati tramite una funzione di hash, restituiscono un determinato hash (hash della testa del blocco), che inizia con un determinato numero di zeri. Uno di questi dati però non è presente, ovvero il nonce: sta al miner trovare un nonce valido, che permetta di restituire un hash corretto. Non esiste una tecnica o un calcolo per trovare un nonce valido, l'unico modo logico per farlo è tramite numerosi tentativi casuali. Proprio per questo motivo i miner si servono di appositi hardware che misurano la loro potenza in "tentativi al secondo" (H/s). Da qui nasce il concetto di "competizione tra miner", in quanto solo il miner che troverà per primo un nonce valido verrà ricompensato per il lavoro svolto. Prima di essere ricompensato però, il miner che trova un nonce valido comunica la soluzione agli altri nodi della rete, questi effettueranno una verifica per confermare che il nonce sia valido. Qualora il nonce non fosse valido, la competizione si riapre e tutti i miner tornano alla ricerca di un nonce valido.

3.3 Caso di studio: Block-based Architecture

Il metodo di interazione tra IoT e BC è analizzato con un caso di studio su un'applicazione di Smart Home. L'architettura proposta è gerarchica ed è composta da case intelligenti, una rete overlay e archivi cloud che coordinano le transazioni di dati con BC per garantire sicurezza. L'architettura proposta è adatta per diversi casi d'uso dell'IoT.

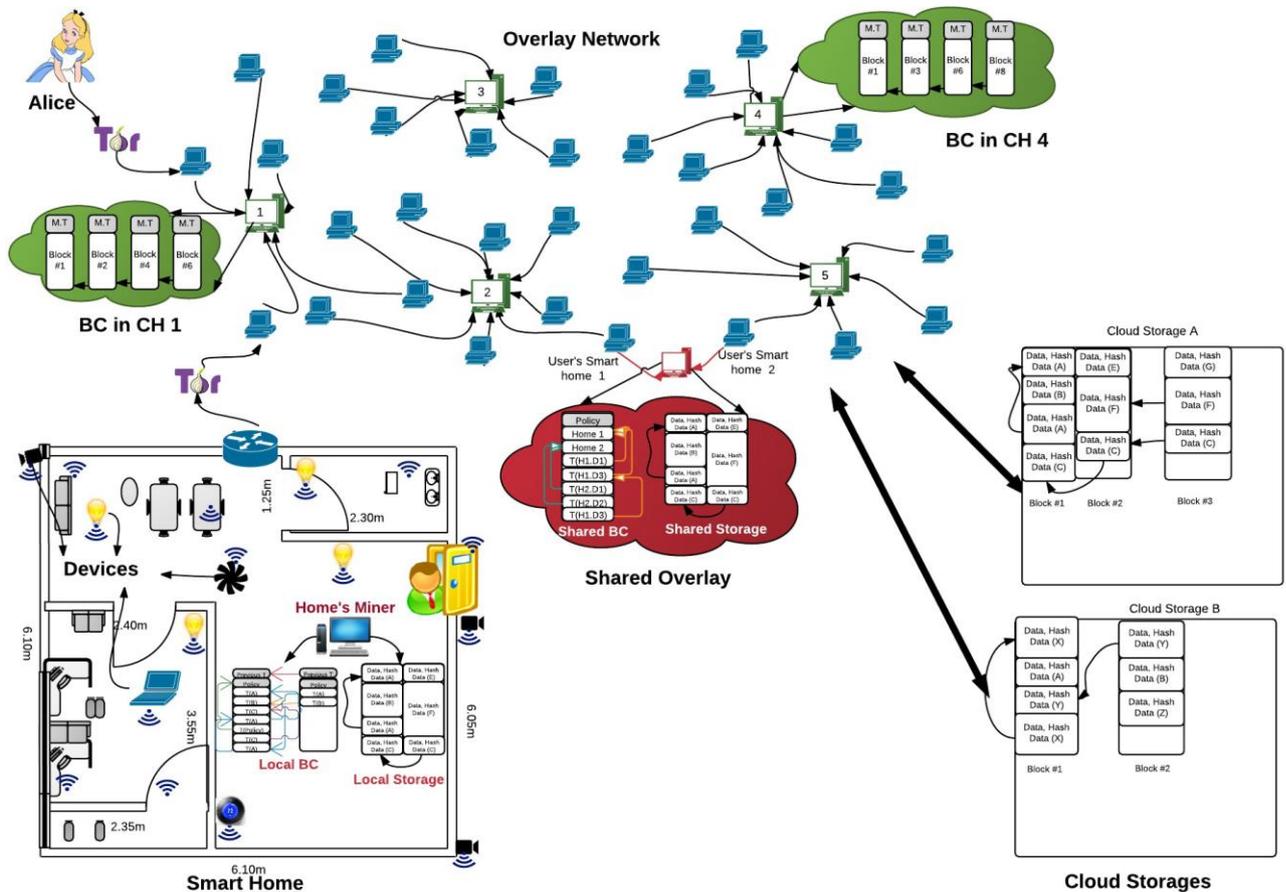


Figura 36: Overview dell'architettura proposta

Consideriamo una tipica impostazione di casa intelligente in cui un utente (chiamato Alice) ha dotato la sua casa di un numero di dispositivi IoT tra cui un termostato intelligente, lampadine intelligenti, una telecamera IP e diversi altri sensori. Alice dev'essere in grado di accedere ai dati da remoto, come ad esempio verificare la temperatura attuale della sua camera da letto. Inoltre, i dispositivi devono essere in grado di archiviare dati che verranno utilizzati da terzi per garantire monitoraggio o efficienza del servizio, come ad esempio i dati per il fornitore di termostati intelligenti. L'architettura proposta, mostrata in Figura 36, include tre livelli: la Smart Home (o più in generale la rete locale), la rete overlay e l'archiviazione cloud.

La rete locale

La casa intelligente è composta dalle tre seguenti parti:

- **Devices:** tutti i dispositivi intelligenti situati in casa;
- **Local BC:** un BC sicuro e privato che viene estratto e archiviato da uno (o più) dispositivi idonei con risorse, sempre online. Un esempio potrebbe essere un hub intelligente (dispositivo per il controllo della casa intelligente). Solitamente la blockchain è decentralizzata, qui invece il BC locale è gestito dal suo proprietario. Tutte le transazioni relative ad un particolare dispositivo sono concatenate. Il proprietario è responsabile per l'aggiunta di nuovi dispositivi creando una transazione iniziale. Il BC locale ha un'intestazione politica, che consiste in un elenco di controllo d'accesso che consente al proprietario di controllare tutte le transazioni che avvengono nella sua abitazione. Il proprietario può anche rimuovere un dispositivo eliminando il suo libro mastro. I dispositivi possono comunicare tra loro solo se il proprietario glielo consente, fornendo loro una chiave condivisa basata sull'algoritmo Diffie-Hellman generalizzato. Come nell'esempio del Bitcoin, le transazioni sono raggruppate ed estratte in unità di blocchi. Tuttavia, l'estrazione non necessita di POW per ridurre le spese generali.
- **Local Storage:** è un archivio locale opzionale. Potrebbe trattarsi di un'unità di backup locale.

In aggiunta, il minatore ha un elenco di PK (PublicKey) usati per dare ad altri il permesso di accedere ai dati della casa.

Overlay Network

La rete overlay è simile alla struttura peer-to-peer di BC. I nodi costitutivi potrebbero essere minatori domestici intelligenti, dispositivi ad alte risorse in casa oppure PC dell'utente. Ogni nodo utilizza TOR (sistema di comunicazione anonimo) per connettersi alla rete overlay e garantire anonimato a livello IP. Un utente può avere più di un nodo. Per ridurre il sovraccarico e il ritardo di rete, i nodi sono raggruppati in cluster e ognuno ha un cluster head (CH). I nodi nel cluster possono eleggere un nuovo CH in qualsiasi momento se si verificano ritardi eccessivi. Ogni CH contiene degli elenchi: l'elenco di PK di coloro ai quali è consentito accedere ai dati delle case connesse a questo cluster, l'elenco di PK di case connesse a questo cluster ed un elenco contenente le transazioni inviate per gli altri CH nella rete.

Ad esempio, osservando la Figura 36, CH1 ha i blocchi 1,2,4 e 6 mentre CH4 ha i blocchi 1,3,6 e 8. Come si può notare, a differenza del mining Bitcoin, ogni CH decide indipendentemente se mantenere o scartare un nuovo blocco in base alla comunicazione con i partecipanti della transazione ricevuta. Poiché non è necessario riconciliare i BC, le spese per la sincronizzazione vengono ridotte.

Nel caso in cui un utente abbia più case intelligenti, esiste uno Shared Overlay costituito dai dispositivi ad alta risorsa per gestirle insieme. I dispositivi ad alta risorsa delle case costituenti mantengono una tabella contenente il numero di blocchi e l'hash dei dati per l'ultima transazione.

Cloud Storage

In alcuni casi, i dispositivi potrebbero voler archiviare i propri dati in cloud, in modo che un Service Provider (SP) di terze parti vi possa accedere per monitorare e curare il servizio offerto. Il cloud raggruppa i dati dell'utente in blocchi identici associati a un numero di blocco univoco.

Quest'ultimo e l'hash dei dati memorizzati, vengono utilizzati dall'utente per l'autenticazione. Se l'archiviazione riesce a individuare correttamente i dati con un numero di blocco e un hash dati, l'utente viene autenticato. I pacchetti di dati ricevuti dagli utenti vengono archiviati in un ordine First-In-First-Out in blocchi insieme all'hash dei dati memorizzati (come mostrato in basso a destra nella Figura 36). Dopo aver archiviato i dati, il nuovo numero di blocco viene crittografato utilizzando una chiave derivata dall'algoritmo generalizzato Diffie-Hellman. Esso assicura che chiunque possieda la chiave sia l'unico a conoscere il numero di blocco. Si può notare come ogni utente può creare un registro dati unico (libro mastro) oppure un registro diverso per ogni dispositivo cosicché un SP possa accedere a tutti i dati di quel determinato dispositivo.

3.3.1 Memorizzare una transazione

Ciascun dispositivo può archiviare dati in modo locale, condiviso o in cloud. Supponiamo che Alice abbia creato un account in una struttura di archiviazione cloud e impostato autorizzazioni per il suo termostato per caricarvi dati. Quando il termostato deve caricarvi i dati, li invia al minatore.

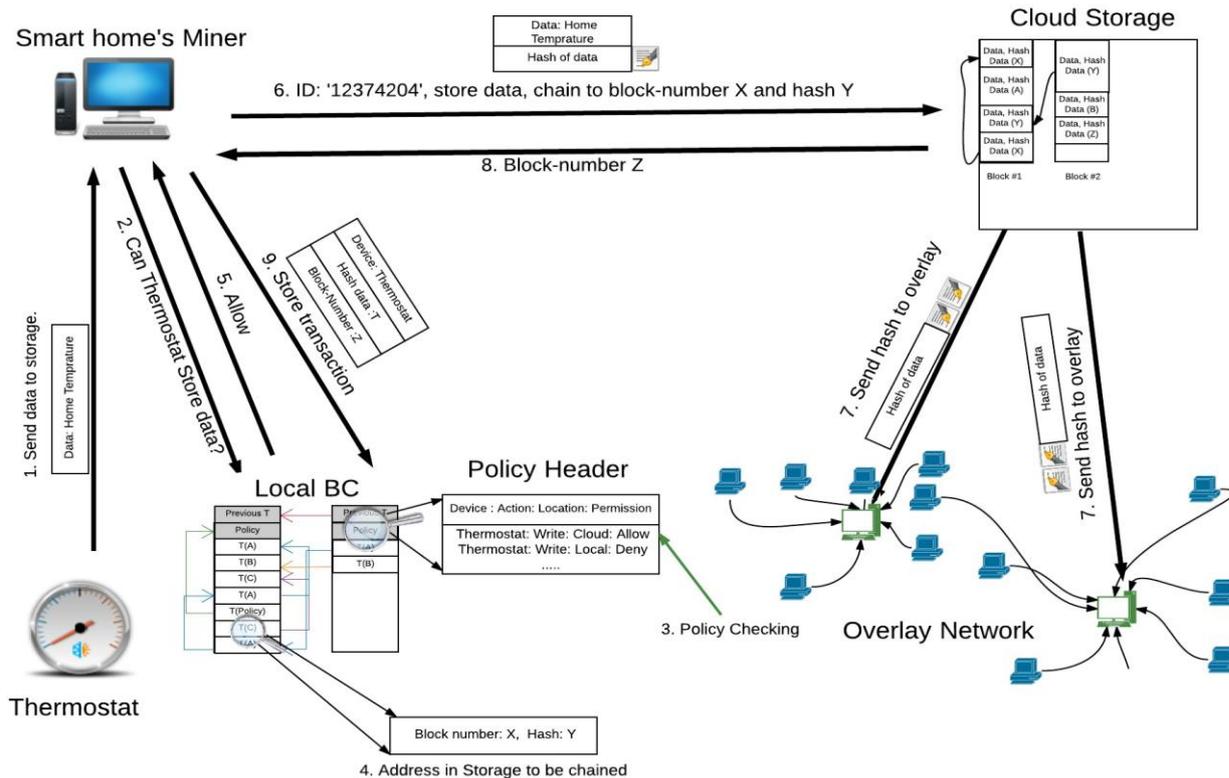


Figura 37: Memorizzare una transazione

Dopo aver verificato le autorizzazioni ed estratto il precedente numero di blocco e hash, il minatore crea un ID casuale e invia i dati alla memoria dell'ID. Si presume che due nodi non possano avere medesimo ID. L'archiviazione controlla la validità della transazione e conferma anche che c'è spazio disponibile nel cloud. In tal caso confronta l'hash dei pacchetti dati ricevuti con l'hash del minatore e se corrispondono, i pacchetti vengono archiviati ed il nuovo numero di blocco viene crittografato con la chiave condivisa e inviato al miner. L'hash dei dati viene firmato e inviato alla rete overlay per essere estratto in overlay BC in modo tale che qualsiasi modifica dei dati dell'utente sia visibile a tutti. Nel caso dell'archiviazione locale, il processo è simile con la differenza che non è necessario utilizzare gli ID poiché tutte le comunicazioni vengono eseguite localmente nella casa intelligente, dal proprietario che è una fonte attendibile.

3.3.2 Accesso alla transazione

Un SP potrebbe voler accedere a dei dati per un certo periodo di tempo (ad esempio, le ultime 24h) per implementare determinati servizi.

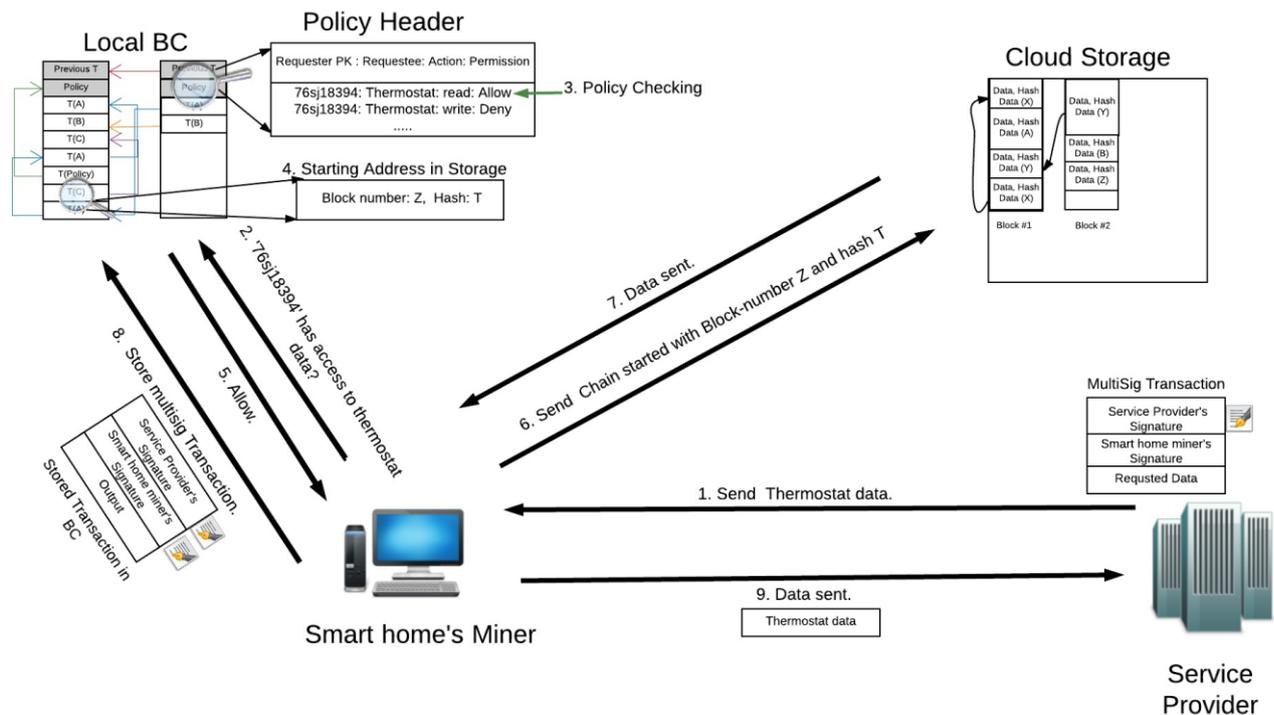


Figura 38: Accesso alla transazione

Per accedere alle informazioni, l'SP crea una transazione multisig, che dev'essere firmata sia dal richiedente (SP) che dal miner della casa, e inviata al proprio CH. Quest'ultimo controlla entrambi gli elenchi PK e se il richiedente si trova nell'elenco. Il miner verifica l'autorizzazione, richiede i pacchetti dall'archivio e li crittografa con il PK del richiedente, inviandoglieli. L'output della transazione multisig è impostato su '1' o '0' dal minatore, indicando se il richiedente può avere accesso ai dati. Dopo l'invio dei dati, il minatore archivia la transazione multisig nel BC locale e la invia a un set casuale di CH da archiviare nella rete di overlay.

3.3.3 Controllo della transazione

Il proprietario della casa intelligente potrebbe desiderare di accedere a determinate informazioni dal proprio dispositivo in tempo reale, ad esempio verificare l'attuale configurazione del proprio termostato intelligente.

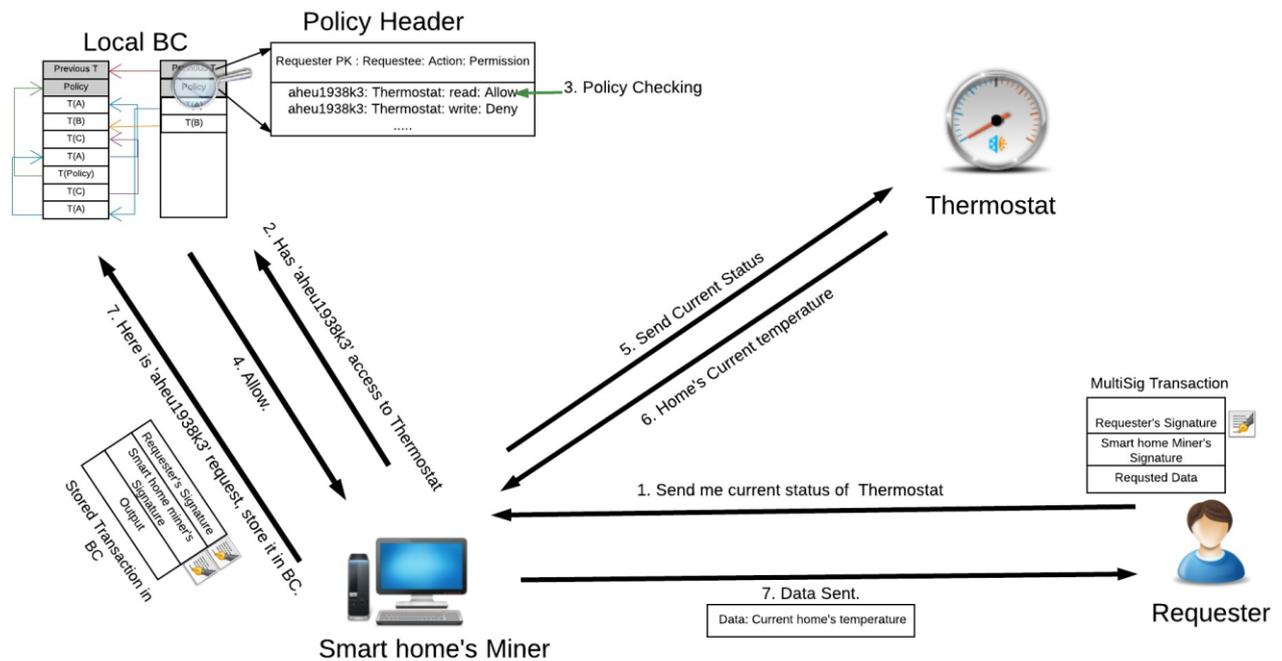


Figura 39: Controllo della transazione

Introduciamo una transazione di monitoraggio per questo scopo, in cui il minatore richiede i dati in tempo reale dal dispositivo richiesto e li invia al richiedente. Questi dati potrebbero essere inviati in modo continuo (ad es. Telecamera live visualizzata dall'utente).

3.3.4 La fiducia distribuita

Esistono meccanismi per garantire la fiducia distribuita nella rete di overlay. Nella rete overlay ogni CH mantiene un rating di fiducia per altri CH basato sul BetaReputation System. Esso si basa su prove dirette e indirette. Nell'architettura proposta, CH1 ha prove dirette su CH2 se verifica un blocco estratto da CH2. Se CH1 riceve il blocco di CH2 da CH3, allora ha prove indirette su CH2.

Quando un CH genera un nuovo blocco deve creare una transazione multisig utilizzata per valutare la fiducia. Il CH invia quindi sia la transazione a blocchi che la transazione multisig ai CH adiacenti. Se un CH non ha prove dirette con il generatore di blocchi o con chi lo ha firmato, controlla tutte le transazioni.

Come è evidente, ci sono alcune differenze distinte tra il modo in cui BC viene impiegato in Bitcoin e l'architettura proposta. Le differenze chiave sono riassunte nella Tabella 1 che rende disponibile in allegato.

3.3.5 Valutazione

In questa sezione, valutiamo e analizziamo qualitativamente il sovraccarico e le prestazioni dell'architettura proposta sotto le comuni minacce alla sicurezza e alla privacy. Si presume che l'avversario (o avversario cooperativo) possa essere il CH, un dispositivo in casa, un nodo nella rete di overlay o l'archiviazione. Gli avversari sono in grado di annusare comunicazioni, scartare transazioni, creare transazioni e blocchi falsi, modificare o eliminare i dati in archivio e firmare transazioni false per legittimare i nodi collusi.

Tuttavia, non sono in grado di interrompere la crittografia. Le principali classi di minacce sono:

- Minaccia all'accessibilità: l'obiettivo dell'avversario è impedire all'utente legittimo di accedere ai suoi dati o servizi;
- Minaccia all'anonimato: l'obiettivo qui è trovare l'identità del mondo reale dell'utente analizzando le transazioni anonime e altre informazioni disponibili al pubblico;
- Minacce all'autenticazione e al controllo degli accessi: l'avversario cerca di autenticarsi come utente legittimo al fine di ottenere l'accesso ai dati.

Consideriamo i seguenti attacchi che minacciano l'accessibilità:

- Attacco Denial of Service (DOS): in un attacco DOS, l'obiettivo dell'avversario è impedire all'utente vero di accedere al servizio o ai dati. Nell'architettura proposta, un avversario può lanciare questo attacco inviando transazioni o blocchi falsi alla rete di overlay. Tuttavia, l'uso degli elenchi di PK nei CH della nostra architettura, riduce l'effetto di questo attacco. Ricordiamo che se il richiedente della transazione multisig non si trova negli elenchi PK, la transazione viene inoltrata ad altri CH. Inoltre, se un CH riceve diverse richieste di accesso non riuscito da un particolare PK, può bloccare quel PK. Tuttavia, l'avversario può avere successo in un attacco DOS se utilizza PK diversi per l'attacco;
- Attacco di modifica: per lanciare questo attacco, l'avversario dovrebbe compromettere la sicurezza dell'archiviazione cloud. L'avversario può quindi cercare di modificare o eliminare i dati memorizzati per un determinato utente. Questo utente potrebbe essere in grado di rilevare qualsiasi cambiamento nei suoi dati memorizzati confrontando l'hash dei dati nel cloud con l'hash memorizzato nel suo BC locale. Se un utente rileva una violazione dei dati, crea una transazione che contiene al suo interno le informazioni di due transazioni: la transazione multisig firmata sia dall'utente che dal cloud contenente l'hash vero dei dati e la transazione di accesso firmata dal cloud e dall'utente che contiene l'hash dei dati non valido. La transazione viene quindi inviata a un intervallo di CH che verificano l'anomalia e informano i propri nodi delle attività dannose presenti nel cloud;
- Dropping Attack: per lanciare questo attacco, l'avversario dovrebbe avere il controllo su un CH o un gruppo di CH. I CH sotto il controllo dell'attaccante dovrebbero quindi eliminare tutte le transazioni e i blocchi ricevuti. Tuttavia, un tale attacco verrebbe rilevato poiché i nodi appartenenti ai cluster costituenti non riceverebbero alcuna transazione o servizio dalla rete. Nella nostra architettura proposta, se viene rilevata una situazione del genere, vengono resi consapevoli di tutti gli nodi all'interno dello stesso cluster e viene eletto un nuovo CH.

- Attacco di estrazione mineraria: per lanciare questo attacco, l'avversario deve controllare più CH che funzionano in modo cooperativo e firmare la transazione multisig insieme a un blocco falso estratto dalla loro cooperativa. Nel metodo di fiducia proposto tutte le transazioni di un blocco ricevuto sono validate a meno che il CH non abbia prove dirette con minatore di blocco o coloro che hanno firmato la transazione multisig. In tal caso, una parte casuale di blocchi viene convalidata in base al livello di affidabilità. Pertanto, l'architettura proposta potrebbe non essere sempre in grado di rilevare il blocco falso. Vale la pena ricordare che anche se un CH non è in grado di rilevare un blocco falso, altri CH potrebbero essere in grado di rilevarlo. Fintanto che un CH può rilevare un blocco falso, può trasmettere un allarme.

In sintesi, l'architettura proposta applica proprietà di sicurezza e privacy in ogni livello attraverso metodi appropriati. La tabella 2, in allegato, li riassume in modo sintetico.

Capitolo 4

Industry 4.0 & Digital Twin: indagine

4.1 Obiettivo

La ricerca è stata svolta, con la collaborazione dei ricercatori dell'ICE@Lab del Politecnico di Torino, per capire il grado di sviluppo delle tecnologie viste nei capitoli precedenti. In particolare, è il campione esaminato è costituito da imprese che offrono servizi di diverso genere per valutarne il livello di conoscenza e di effettiva implementazione delle tecnologie offerte dall'Industry 4.0 e del nuovo paradigma Digital Twin. Una sezione dell'indagine è dedicata ad indagare il grado di implementazione di soluzioni cloud e la disponibilità delle imprese alla condivisione dei dati.

4.2 Il questionario

La modalità di indagine è stata basata su un questionario, ospitato dalla piattaforma LimeSurvey del Politecnico di Torino. Il questionario presenta quattro diverse tipologie di domande: domande a risposta singola tra le quali anche le classiche si-no, domande a risposte multiple, domande a risposte aperte e domande basate su scale Likert. Riguardo le scale Likert queste sono state utilizzate in 4 domande (multi-item) ed in generale lì dove era interessante valutare successivamente la distribuzione media delle risposte sulla base dell'argomento indagato. Per quanto riguarda i livelli della scala, nella domanda sulla conoscenza delle tecnologie di Industry 4.0, la scelta è ricaduta su 5 livelli (Molto basso, Basso, Medio, Alto, Molto Alto) con la possibilità di esprimere una posizione neutrale dato l'argomento estremamente innovativo e tecnico trattato. Scelta analoga è stata effettuata per la valutazione dei requisiti di sviluppo del Digital Twin. La domanda riguardo le implementazioni di Industry 4.0 ha utilizzato invece una scala su 4 livelli (Non di interesse, Di interesse ma non ancora implementata, È nei piani, Implementata) al fine di spingere l'intervistato a dare una risposta non neutrale e coerente con quanto effettivamente

applicato in azienda. Si precisa che per permettere l'elaborazione dei dati tramite gli opportuni software statistici, le scale a 4 e 5 livelli sono state convertite rispettivamente con punteggi 1-2-3-4 e 1-2-3-4-5.

4.2.1 Struttura del questionario

Il questionario è caratterizzato da una parte introduttiva, dove vengono illustrati i soggetti coinvolti nell'indagine, e da una descrizione delle sezioni di cui questo è composto:

- Identificazione dell'Azienda rispondente;
- Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industria 4.0;
- Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industria 4.0 in Azienda;
- Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industria 4.0;
- Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future;
- Recapiti dell'Azienda rispondente nel caso si desiderasse essere ricontattati per ulteriori indagini o per la condivisione di informazioni.

Il questionario è disponibile in allegato.

4.3 Risultati

4.3.1 Le imprese del campione

Sono state inviate circa 200 mail con un tasso di risposta del 10% circa. Per ognuna delle aziende, è stato verificato il settore di appartenenza ed il servizio offerto in modo da discriminarle per poter concludere le nostre analisi statistiche. Dall'analisi dei dati è emerso che la maggior percentuale di risposte è stata data da imprese che offrono servizi di consulenza, con il 60% totale. Infatti, il 30% delle risposte è stato dato da imprese che offrono consulenza, analisi, assistenza, progettazione e implementazione di sistemi CRM e consulenza direzionale; il 15% è stato dato da

imprese che offrono consulenza riguardo tutte le fasi di ingegnerizzazione dei processi e R&S; il 10% riguarda imprese che si occupano di servizi di consulenza cosiddetti “fintech”; il 5% riguarda imprese che offrono consulenza nel campo elettronico e gestione delle infrastrutture di rete. Il restante 40% della torta è occupato dalle risposte di imprese che offrono servizi di altro genere, in particolare: il 10% delle risposte è stato dato da imprese che offrono servizi bancari; il 5% da imprese che offrono servizi di revisione; il 10% da imprese che offrono servizi farmaceutici e sanitari; il 10% da imprese che offrono servizi di assicurazioni; il 5% restante da imprese che offrono utilities (energia, luce, acqua).



Figura 40: servizi offerti dalle imprese del campione

Nel 60% del campione, la persona intervistata è il titolare, un responsabile (tecnico o di sede) oppure un consulente. La torta si presenta suddivisa nel modo seguente:

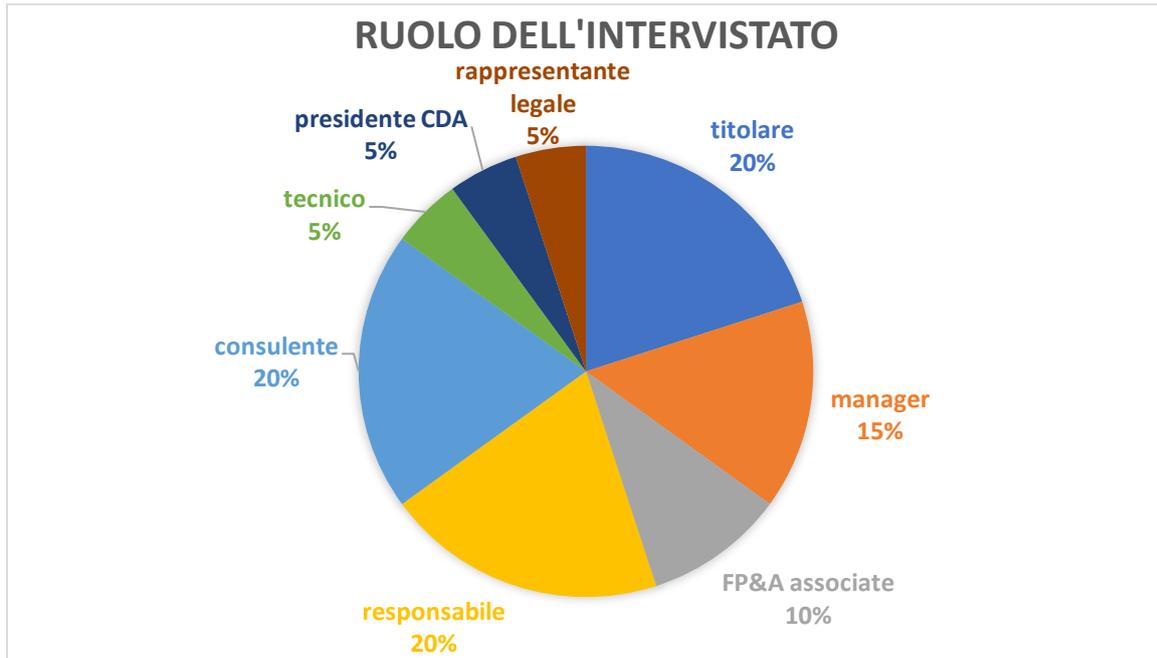


Figura 41: Ruolo dell'intervistato nell'organigramma

I dati su fatturato e numero di dipendenti permettono di identificare la dimensione delle imprese intervistate. Il **50%** delle risposte sono state ottenute da grandi imprese il cui fatturato è maggiore di 50 milioni di euro per l'80% di esse, mentre un 20% di esse presentano un fatturato compreso tra 10 e 50. Il **20%** delle risposte rappresentano medie imprese con un fatturato compreso tra 2 e 10, ad eccezion fatta per un 25% di esse che presentano un fatturato compreso tra 10 e 50. Il restante **30%** è rappresentato da piccole imprese con fatturato minore di 0,5 (per il 67% di esse), compreso tra 0,5 e 2 (per il 16,5% di esse) e tra 2 e 10 (per il 16,5% di esse).

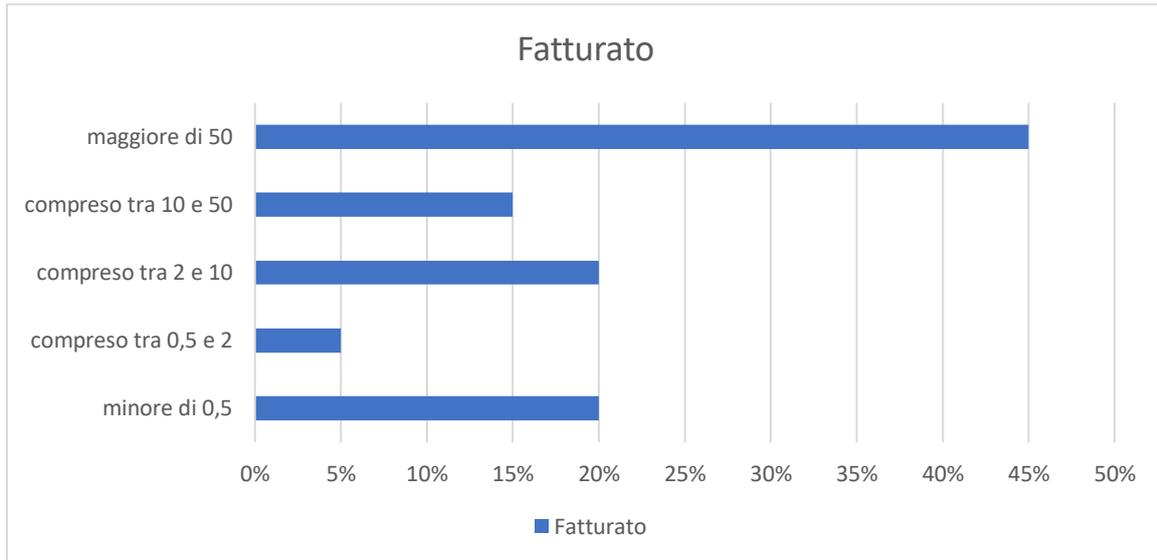


Figura 42: Fatturato delle imprese

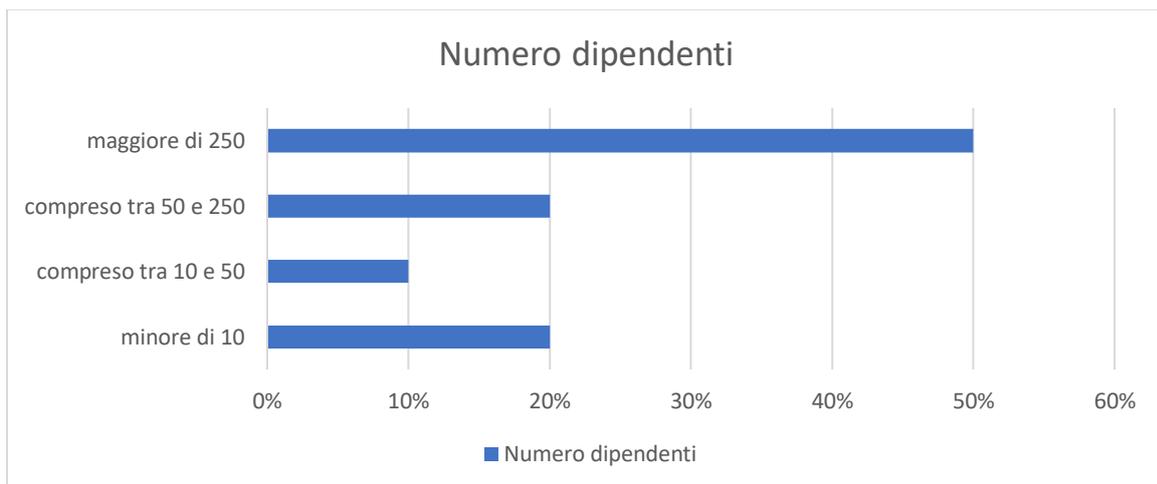


Figura 43: Numero di dipendenti

I mercati in cui le imprese operano sono per il 50% solo nazionali, mentre il per restante sia nazionali che internazionali. A riguardo, è plausibile poiché grazie ad internet si sono rotte le barriere geografiche sia dal punto di vista logistico (a partire dall'ordine online) che dall'erogazione del servizio. Il 35% degli intervistati ha dichiarato di vendere su commessa mentre il restante 65% in modo diretto. Questo dato mostra come esistano anche servizi standard, non solo servizi su misura caratterizzati da un'alta partecipazione del cliente.

Il 30% delle imprese possiede 1 o più fornitori principali (3 a 10 oppure direttamente più di 20) che garantiscono almeno il 30% delle risorse in materie prime. Questo dato è plausibile dato che non tutte le imprese di servizi necessitano di fornitori principali, eccezion fatta magari per il settore elettronico o farmaceutico/sanitario i cui servizi sono necessariamente legati all'uso di materie prime e semilavorati.

Per quanto riguarda all'incirca quanta % del fatturato dipende dai suoi clienti chiave, il dato statistico è rappresentato dalla seguente torta:

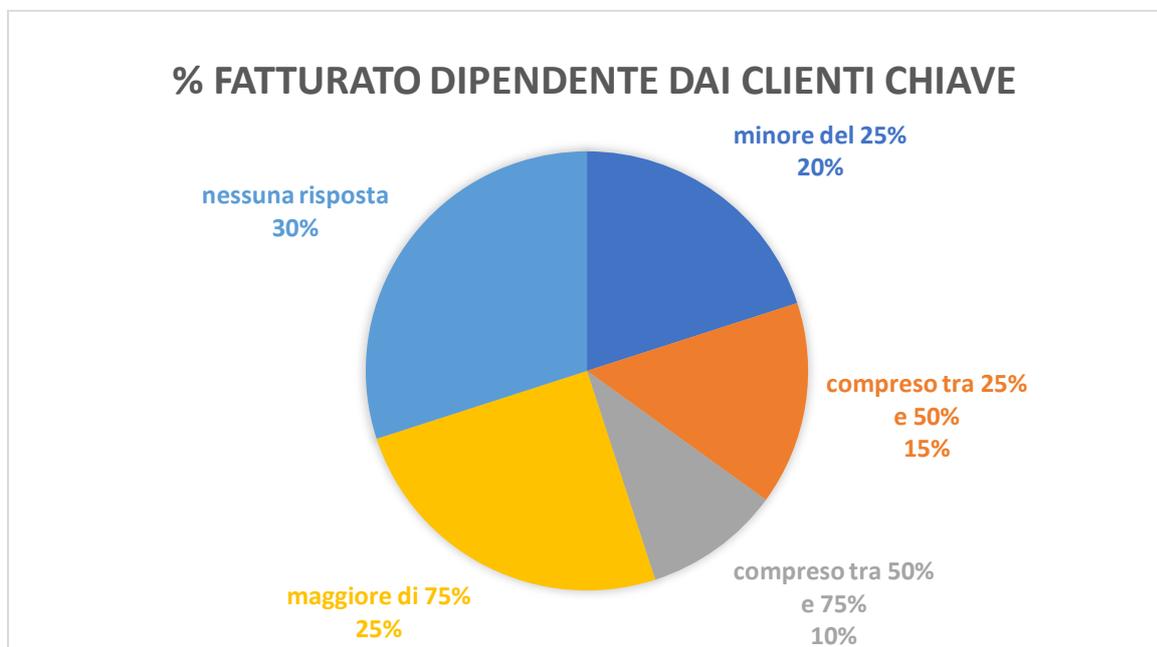


Figura 44: % fatturato dipendente dai clienti chiave

Riguardo agli aspetti produttivi, si è indagato sulla presenza o meno di fenomeni di picchi o stagionalità negli ordini. Il risultato ha messo in evidenza come l'80% abbia risposto che non si verificano picchi di domanda o fenomeni di stagionalità mentre il 20% ha risposto che si verificano picchi di domanda stagionali risolti con l'utilizzo del margine della capacità produttiva (che non è solitamente utilizzata al 100%).

Alle imprese è stato chiesto di specificare l'anno di fondazione, per capirne la storicità. 4 imprese sono state fondate tra il 1884 ed il 1921 (storiche), 8 imprese sono state fondate tra il 1971 ed il 1996 mentre 8 imprese sono state fondate tra il 2000 ed il 2018 (giovani).

4.3.2 Conoscenza del paradigma Industry 4.0

Per quanto riguarda la conoscenza del paradigma, solo il 65% degli intervistati ne è effettivamente a conoscenza, grazie all'ausilio del web (per il 55%) e di seminari (per il 30% degli intervistati).

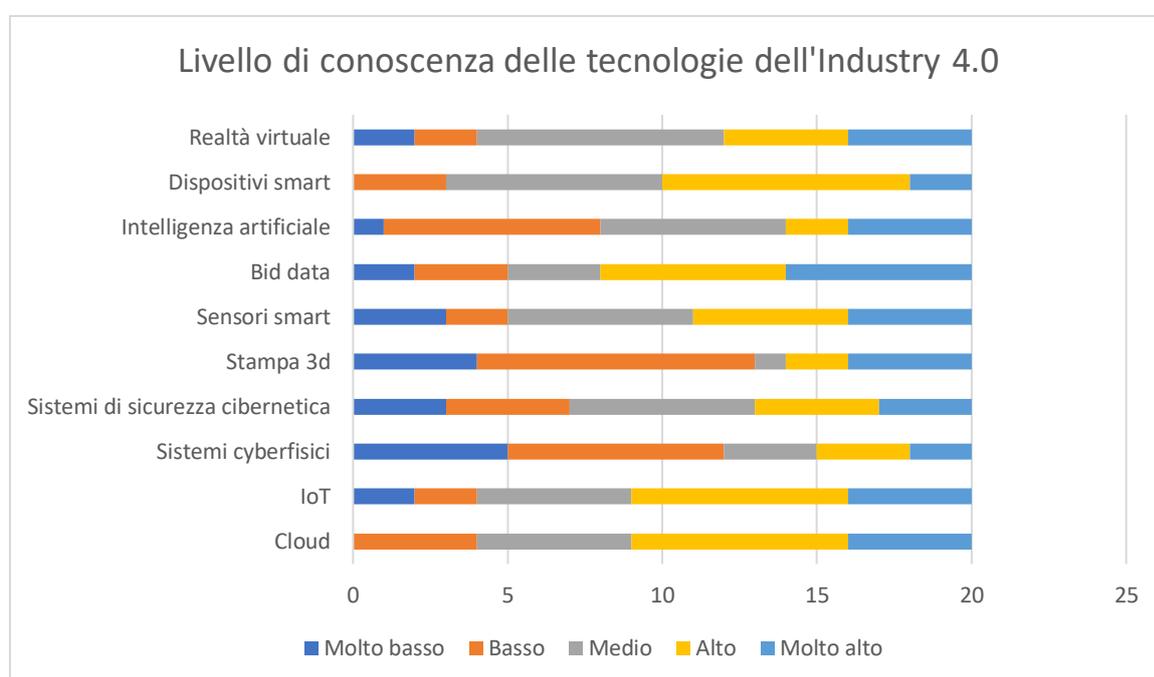


Figura 45: Conoscenza delle tecnologie dell'Industry 4.0

Dalla tabella, si evince come il cloud, i dispositivi intelligenti, i big data e i sensori siano quelli maggiormente conosciuti.

Solo il 15% degli intervistati è a conoscenza di bandi a favore dell'implementazione delle suddette tecnologie, in particolare "Voucher per consulenza in innovazione". La misura Voucher per consulenza in innovazione è l'intervento che, in coerenza con il Piano nazionale "Impresa 4.0", sostiene i processi di trasformazione tecnologica e digitale delle PMI e delle reti di impresa di tutto

il territorio nazionale attraverso l'introduzione in azienda di figure manageriali in grado di implementare le tecnologie abilitanti previste dal Piano Nazionale Impresa 4.0, nonché di ammodernare gli assetti gestionali e organizzativi dell'impresa, compreso l'accesso ai mercati finanziari e dei capitali. Questo dato è comunque coerente col campione poiché per usufruirne bisogna essere una piccola o media impresa ai sensi della normativa vigente. Inoltre, solo il 5% degli intervistati è riuscito ad usufruire del piano Calenda.

Il 75% degli intervistati ha dichiarato di conoscere la normativa europea sulla gestione dei dati (GDPR) e informare il cliente riguardo la finalità dei dati trattati. Il 60% non è disposto a condividere i dati con servizi esterni mentre il 15% è disposto alla condivisione. Il restante 25% solo in parte.

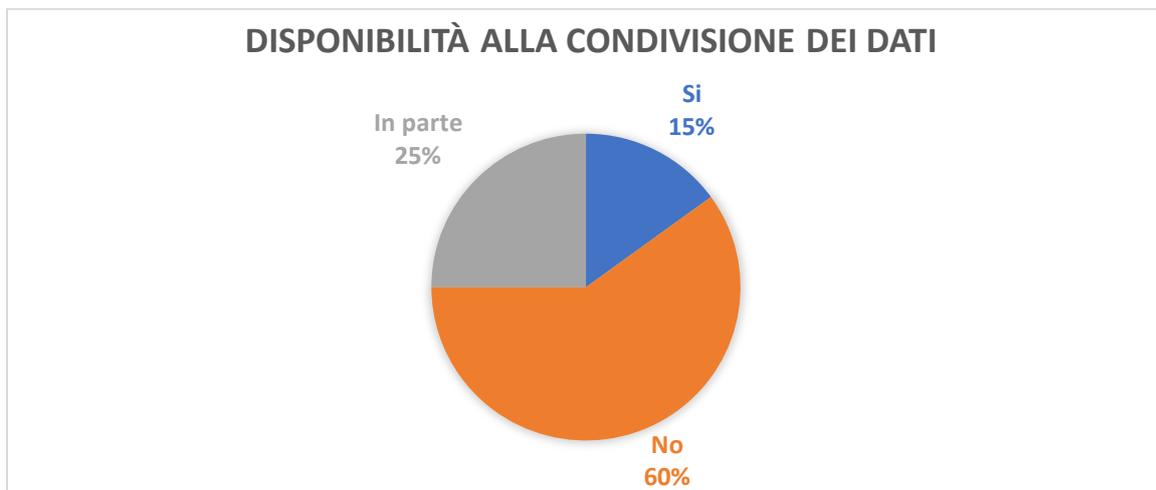


Figura 46: Disponibilità alla condivisione dei dati

La motivazione è data, nel 59% dei casi, al fatto che i dati appartengono all'azienda e solo chi ne fa parte può averne accesso perché possono rappresentare un vantaggio competitivo.

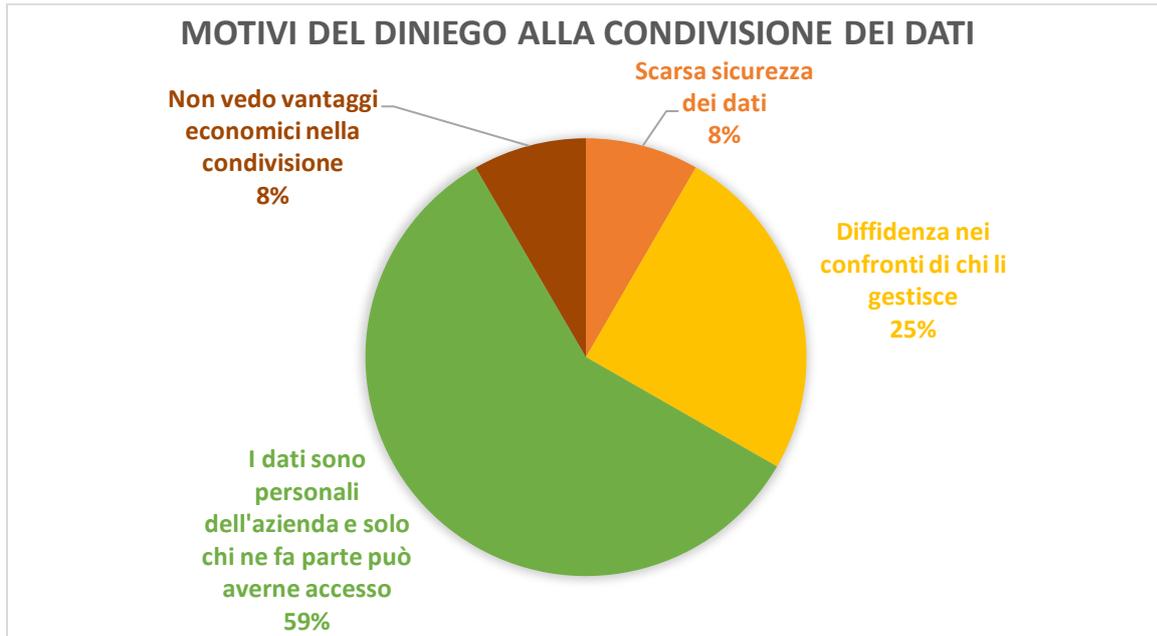


Figura 47: Motivi del diniego alla condivisione dei dati

Agli imprenditori che hanno risposto “in parte”, è stato chiesto di stabilire un grado di accessibilità dei dati.

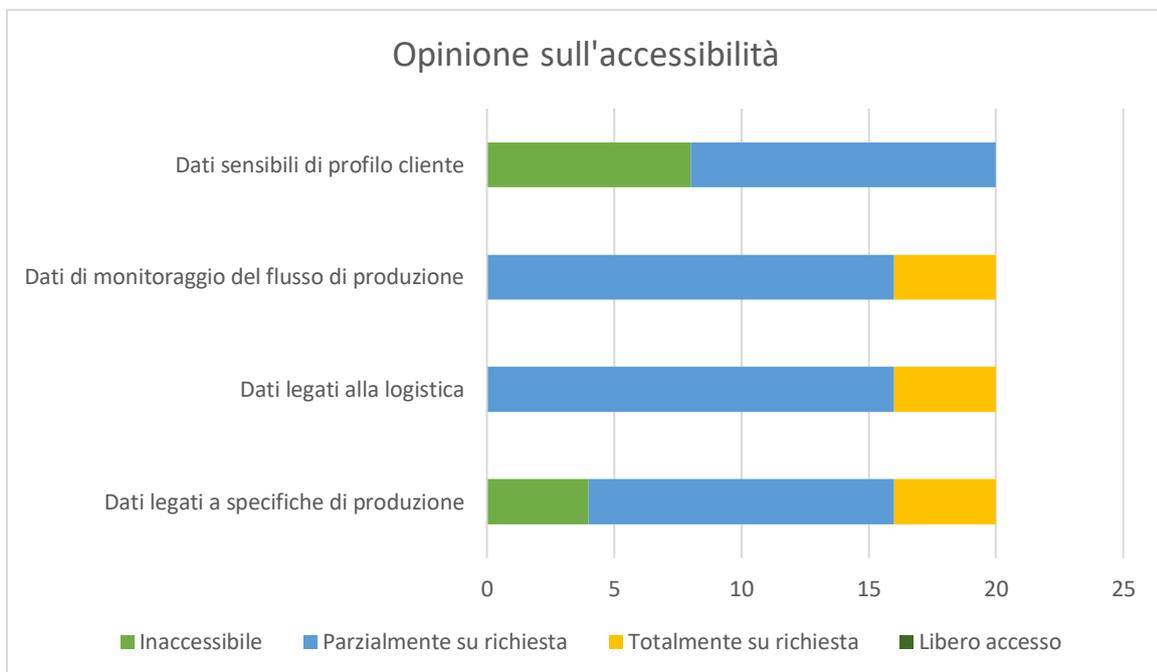


Figura 48: Grado di accessibilità dei dati

Per quanto riguarda i criteri di sicurezza dei dati e le tematiche in ambito di cybersecurity, il 35% delle imprese adotta reti aziendali chiuse con sistemi antintrusione e firewall, il 25% adotta server interni aziendali con accessi controllati con funzioni di backup custoditi in ambiti sicuri, il 25% forma il personale in materia di cybersecurity. I rispondenti hanno avuto la possibilità di scegliere più di una tra queste alternative nell'intervista.

Il tasso di conoscenza di almeno una soluzione Cloud, come ad esempio Software as a Service (Dropbox, Google Drive) è molto elevato ma solo il 15% sarebbe disposto alla condivisione di dati con servizi esterni mentre 85% ha risposto negativamente in quanto un server in house è considerato più sicuro di uno in cloud. Gli imprenditori sono influenzati dagli scandali che hanno coinvolto Facebook nella gestione dati e all'accusa dell'Antitrust a Google sull'utilizzo dei dati con conseguente abuso di posizione dominante.

4.3.3 Grado di implementazione delle tecnologie dell'Industry 4.0

In questa sezione, è stato chiesto quali tecnologie siano state effettivamente implementate.

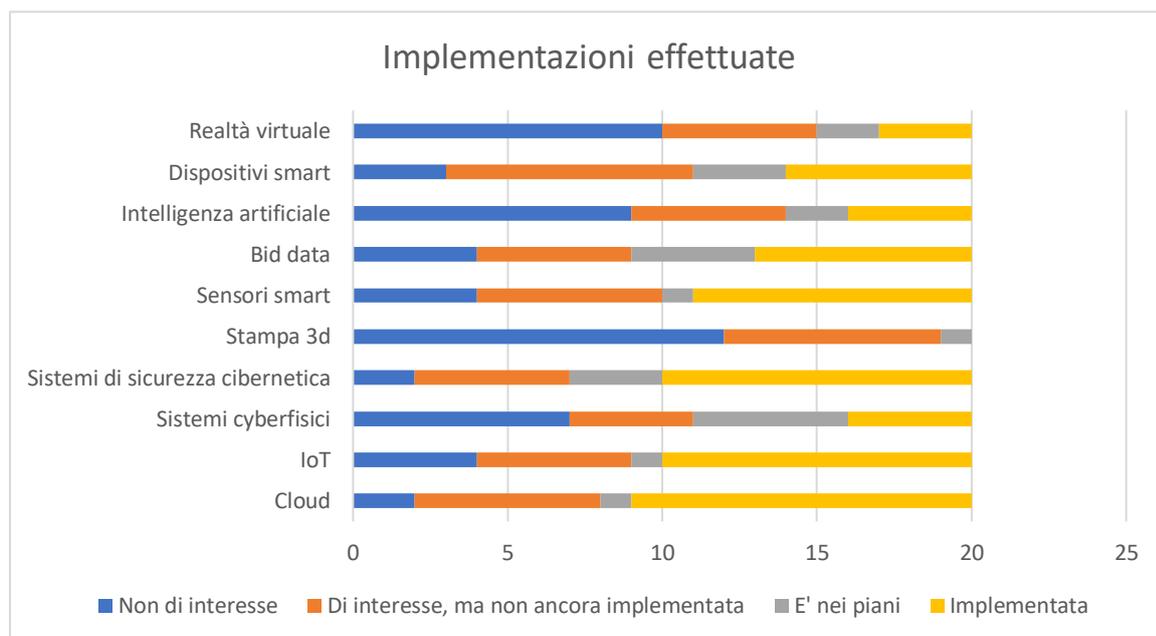


Figura 49: Implementazione delle tecnologie

Dai dati si evince che le tecnologie implementate maggiormente sono le soluzioni cloud, i sistemi di sicurezza cibernetici, i sensori smart, IoT, seguiti dai dispositivi Smart e Big Data Analysis. Al di là di ogni aspettativa, la tecnologia meno interessante è l'intelligenza artificiale, oltre che la stampa 3d e la realtà virtuale. Un dato in contrasto con la realtà di oggi. Questi dati sono più o meno consistenti rispetto al grado di conoscenza di queste tecnologie. La non consistenza perfetta può essere giustificata dal ruolo degli intervistati, che magari vedono implementato un sistema cibernetico ma che possibilmente non ne hanno piena conoscenza. In generale, gli intervistati hanno tenuto alto l'interesse ad implementare tutte le tecnologie trattate. Questo dato risulta confortante poiché ognuno sembra aver colto i benefici che essere, tutte, possano dare. Di seguito, si elencano le attività ritenute importanti per il business delle imprese intervistate:

1. Formazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali
2. Sostenibilità ambientale e risparmio energetico
2. Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere
3. Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento
4. Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione
4. Manutenzione preventiva e predittiva
4. Allocazione di risorse ed attività di ricerca e sviluppo
5. Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione
6. Integrazione orizzontale
7. Automatizzazione dei processi produttivi
8. Offerta di servizi in supporto a prodotti fisici
8. Integrazione verticale
9. Uso di Robot collaborativi
10. Attrarre risorse esperte in mecatronica, elettronica, informatica e controlli automatici
11. Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione
11. Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati

Figura 50: Ranking attività importanti per le imprese di servizi

E' stata posta, inoltre, una domanda specifica in cui viene chiesto se esista un piano di azione strategica formalizzato al fine di favorire l'innovazione. Il 55% ha risposto che è attualmente in atto, il 30% che è in fase di sviluppo.



Figura 51: Esistenza di un piano di innovazione strategica

Infine, è stato chiesto di indicare i benefici attesi delle tecnologie già in uso e di quelle che si è predisposti ad adottare. Di seguito i risultati dei dati raccolti:

1. Aumento di efficienza
2. Aumento dei profitti
2. Aumento produttività/erogazione servizio
3. Aumento della sicurezza dei lavoratori
4. Maggiore soddisfazione dei consumatori
5. Riduzione delle tempistiche (es. time-to-market, set-up)
6. Riduzione dei costi
7. Aumento della qualità
7. Miglioramento del processo decisionale
7. Aumento dell'affidabilità dei processi
8. Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera
9. Interoperabilità dei vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni
10. Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto
10. Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti
11. Livellamento dei carichi di energetici e riduzione utilizzo di energia

Figura 52: Ranking benefici attesi

4.3.4 Conoscenza del Digital Twin

Dopo aver brevemente descritto cosa sia il Digital Twin, è stata subito posta una domanda per capire se ne abbiano mai sentito parlare. Solo 15% ha risposto in maniera affermativa. La scarsa conoscenza di cosa possa fare un gemello digitale in azienda era attesa ma non ci si aspettava in

percentuale così bassa, soprattutto se nel campione esistono aziende giovani. Comunque, la possibilità di avere informazioni in tempo reale è stata ritenuta allettante. In base alle risposte, è stata stilata una classifica sull'importanza data alle implementazioni seguenti:

1. Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete ed eventualmente da smartphone
2. Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie ed eventualmente previste dal contratto
3. Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo
4. Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni riguardo la conformità dei processi rispetto alle norme ISO di settore
5. Informazioni in tempo reale sullo stato dell'intera linea di processo o produttiva
5. Informazione in tempo reale sull'attività svolta dai dipendenti
6. Possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare simulazioni matematico-statistiche
7. Analisi predittive volte a segnalare futuri guasti dei macchinari
8. Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti al fine di rendere più trasparenti i rapporti di business
8. Condividere alcune delle informazioni con i fornitori per schedulare meglio le proprie attività produttive

Figura 53: ranking proposte di implementazione Digital Twin

L'indagine si conclude con delle domande volte a capire se le imprese siano interessate all'investimento.

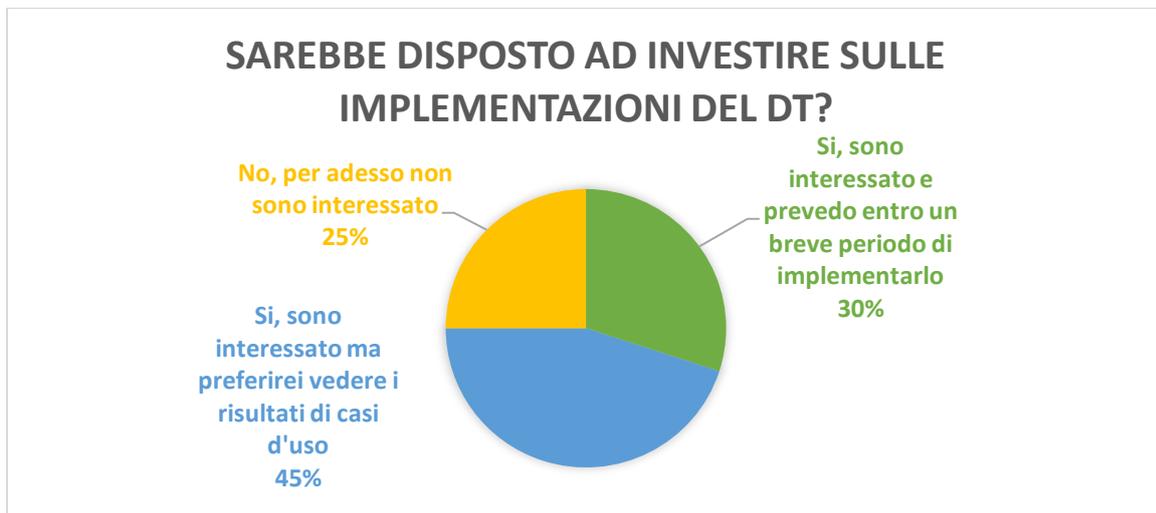


Figura 54: Disponibilità all'investimento nelle implementazioni del DT

Il 75% del campione è comunque interessato, anche se la maggior parte vorrebbe aspettare. Negli ultimi 3 anni, solo il 30% ha effettuato investimenti in Industry 4.0 e tutti hanno visto

miglioramenti effettivi anche in termini di fatturato, seppur minimi. E' un dato che ci può stare, in quanto le aspettative di miglioramento non si avranno probabilmente in periodi brevi. Anche gli intervistati ne sono consapevoli, pensando che l'investimento porterà benefici economici in tempi medio-lunghi di almeno 3 anni.

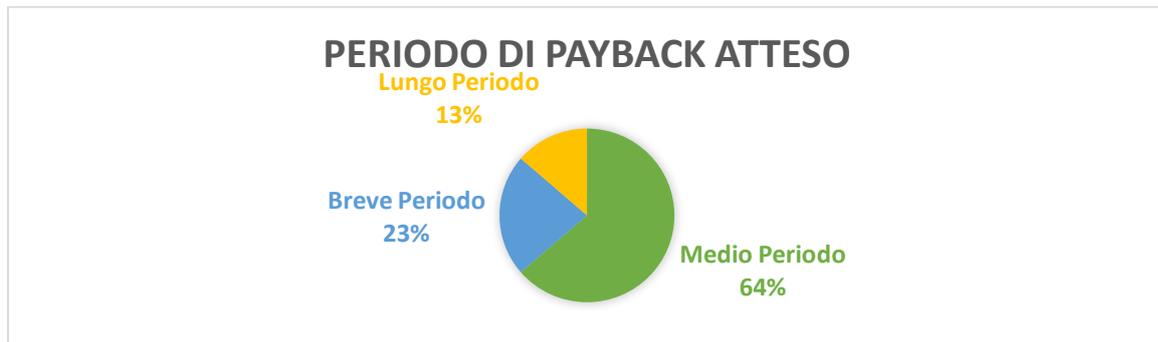


Figura 55: Periodo atteso per avere un ritorno economico

4.3.5 Cross Analysis Attività Importanti – Benefici Attesi

ATTIVITA' IMPORTANTI	BENEFICI ATTESI														
	1°	2°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	7°	7°	8°	9°	10°	10°	11°
Formazione dipendenti strumenti digitali	1°	●				●						●			
Sostenibilità e risparmio energetico	2°														●
Raccolta e analisi di dati	2°		●			●					●	●	●		
Flessibilità organizzativa e cambiamento	3°								●						
Piano strategico per l'innovazione	4°														
Manut. preventiva e predittiva	4°	●		●		●									
Allocazione di risorse a R&D	4°					●									
Attrarre manager per l'innovazione	5°								●						
Integrazione orizzontale	6°														
Automatiz. processi produttivi	7°														
Servizi in supporto ai prodotti fisici	8°														
Integrazione verticale	8°														
Uso di Robot collaborativi (COBOT)	9°														
Attrarre risorse nell'ambito STEM	10°														
Progett. assistita da calcolatore	11°														
Piccoli lotti customizzati	11°													●	

Figura 56: Analisi incrociata Attività Importanti-Benefici Attesi (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)

L'incrocio dei risultati tra "Attività Importanti per il business dell'impresa" e "Benefici attesi a seguito delle implementazioni delle tecnologie trattate" ha mostrato i risultati in figura. La formazione dei dipendenti all'uso di strumenti digitali è in linea con l'atteso aumento di efficienza generale per l'impresa, presenta un buon matching anche con la riduzione delle tempistiche ma uno scarso matching con l'interoperabilità tra gli attori e lo scambio delle informazioni. Quest'ultimo è un dato inconsistente ed è uno dei capisaldi della gestione di un servizio e della loro struttura snella. Anche l'attività ritenuta importante della sostenibilità è in netto contrasto col beneficio atteso poiché non vi è una corrispondenza di priorità. La raccolta dati è in linea con l'aumento di profitto, infatti alcuni nostri intervistati l'hanno ritenuta come un vero e proprio

vantaggio competitivo, ed anche mediamente in linea con la soddisfazione del cliente. Risulta uno scarso matching con l'aumento della trasparenza nelle attività svolte dagli attori, la loro interoperabilità ed il miglioramento del controllo del ciclo di vita del prodotto. L'uso di robot collaborativi può migliorare l'efficienza e la sicurezza dei lavoratori. Questa attività non è stata ritenuta importante, anche se rispecchia i canoni dell'Industry 4.0. E' da precisare che non per tutte le voci è possibile individuare una corretta corrispondenza poiché vi sono tante variabili da considerare, l'importanza attribuita non è oggettiva e segue una scala basata sulla percezione dei soggetti intervistati.

4.3.6 Cross Analysis Attività Importanti – Digital Twin Ranking

ATTIVITA' IMPORTANTI	DIGITAL TWIN RANKING										
	Dati in cloud	Registrare/certificare in automatico tutte le lavorazioni	Analisi predittive per stato commessa	Conformità norme ISO automatica	Info in tempo reale sui dipendenti	Info in tempo reale sullo stato della linea	Simulazioni meccanico-statistiche	Analisi predittive per guasti alle macchine	Condividere info con i clienti	Condividere info con i fornitori	
	1°	2°	3°	4°	5°	5°	6°	7°	8°	8°	
Formazione dipendenti strumenti digitali	1°	●				●	●				
Sostenibilità e risparmio energetico	2°										
Raccolta e analisi di dati	2°	●	●	●	●	●	●	●			
Flessibilità organizzativa e cambiamento	3°										
Piano strategico per l'innovazione	4°										
Manut. preventiva e predittiva	4°										
Allocazione di risorse a R&D	4°										
Attrarre manager per l'innovazione	5°										
Integrazione orizzontale	6°										
Automatiz. processi produttivi	7°										
Servizi in supporto ai prodotti fisici	8°										
Integrazione verticale	8°										
Uso di Robot collaborativi (COBOT)	9°										
Attrarre risorse nell'ambito STEM	10°										
Progett. assistita da calcolatore	11°										
Piccoli lotti customizzati	11°										

Figura 57: Matrice di corrispondenza Attività Importanti - Digital Twin Ranking (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)

Confrontando le “Attività Importanti” con il “Digital Twin Ranking”, si evidenziano corrispondenze abbastanza coerenti per tutti i dati. L’unica incoerenza è data dal fatto che gli intervistati hanno decisamente sottovalutato le simulazioni matematico-statistiche e le analisi predittive per guasti e manutenzione, che sono alla base della nascita del Digital Twin.

4.3.7 Cross Analysis Digital Twin Ranking – Benefici attesi

BENEFICI ATTESI	DIGITAL TWIN RANKING											
	Dati in cloud	Registrazione/certificare in automatico tutte le lavorazioni	Analisi predittive per stato commessa	Conformità norme ISO automatica	Info in tempo reale sui dipendenti	Info in tempo reale sullo stato della linea	Simulazioni matematico-statistiche	Analisi predittive per guasti alle macchine	Condividere info con i clienti	Condividere info con i fornitori		
	1°	2°	3°	4°	5°	5°	6°	7°	8°	8°		
Aumento efficienza	1°	●	●			●		●				
Aumento profitto	2°											
Aumento produttività	2°			●								
Aumento della sicurezza lavoratori	3°				●							
Maggiore soddisfazione dei consumatori	4°	●										
Riduzione delle tempistiche	5°			●			●					
Riduzione dei costi	6°											
Aumento della qualità	7°											
Miglioramento del processo decisionale	7°					●						
Aumento dell'affidabilità	7°					●						
Aumento della trasparenza	8°								●	●		
Interoperabilità tra gli attori, scambio informazioni	9°											
Miglioramento controllo P.L.C.	10°		●			●						
Piccoli lotti customizzati	10°											
Livellamento carichi energetici e consumo energia	11°											

Figura 58: Analisi incrociata tra Benefici Attesi - Digital Twin Ranking (verde=match alto; giallo=match medio; rosso=match scarso)

L’analisi incrociata tra “Benefici Attesi” e il “Digital Twin Ranking”, mostra risultati coerenti.

L’aumento dell’efficienza è in linea con la classifica delle implementazioni Digital Twin salvo,

come nel caso precedente, nella tematica dell'analisi predittiva per la manutenzione. L'implementazione in tempo reale sullo stato della linea mostra corrispondenze in aumento di efficienza e affidabilità, nonché sul processo decisionale. L'implementazione della verifica automatica della conformità alle norme ISO vede una correlazione forte con l'aumento della produzione dovuto alla riduzione delle tempistiche, in particolare nella fase di controllo qualità. Le implementazioni sulle informazioni sui dipendenti trova un ottimo matching con la sicurezza degli stessi mentre registrare e certificare tutte le lavorazioni automaticamente si sposa bene con una maggiore soddisfazione per il cliente ed una maggiore efficienza generale.

4.3.8 Cross Analysis Digital Twin Ranking – Implementazioni Industry 4.0

Si vuole valutare come si posizionano le imprese su una eventuale adozione del Digital Twin confrontando l'importanza delle implementazioni di tale tecnologia con le tecnologie effettivamente implementate dell'Industry 4.0. Per fare il confronto, si è estratta dalle risposte una tabella che classifica quali tecnologie siano state implementate.

TECNOLOGIE IMPLEMENTARE	DIGITAL TWIN RANKING									
	1°	2°	3°	4°	5°	5°	6°	7°	8°	8°
Dati in cloud	1°	●			●					
Internet of Things	2°	●		●	●					
Cyberscurity Systems	2°			●	●					
Sensori smart	3°	●		●	●	●				
Big Data Analysis	4°		●			●		●		
Dispositivi smart	5°									
Sistemi cyberfisici	6°									
Intelligenza artificiale	7°									
Stampa 3d	8°									
Realtà virtuale	9°									

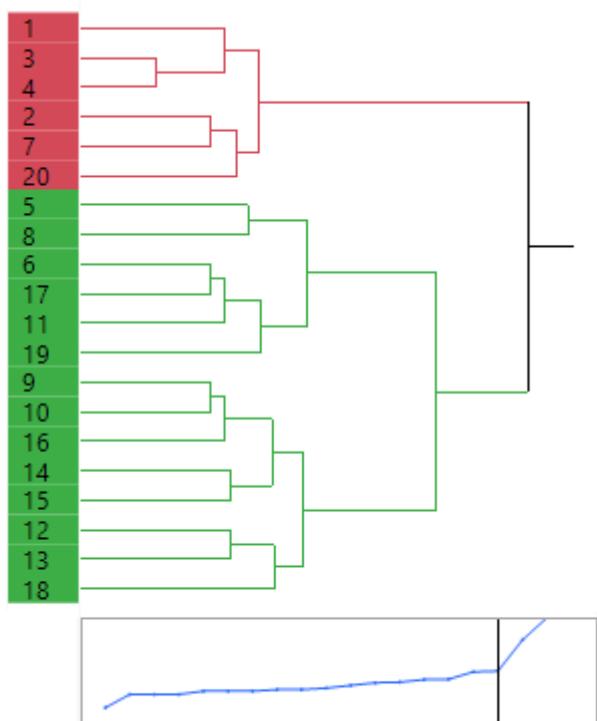
Figura 59: Analisi incrociata tra Digital Twin Ranking e tecnologie implementare Industry 4.0 (Verde=match alto; Giallo=match medio; Rosso=match scarso)

Per implementare le tecnologie del Digital Twin, le imprese sono abbastanza avanti sulle implementazioni ausiliarie delle tecnologie Industry 4.0. Registrare/certificare in automatico tutte le lavorazioni è già comunque possibile poiché richiede l'uso di Internet of Things e sensori smart, presenti sul podio delle tecnologie implementate. Per fare analisi predittive bisogna utilizzare la Big Data Analysis e, viste le importanze assegnate insieme al grado di implementazione, risulta un buon matching. La conformità automatica delle norme ISO trova anche essa un buon matching con cloud, sensori, IoT e sistemi di sicurezza. L'analisi non presenta dei matching scarsi come nei precedenti casi.

4.3.9 Cluster Analysis: il profilo delle imprese innovatrici

Con l'obiettivo di delineare il profilo delle imprese che innovano, vengono mostrati i risultati di un'analisi dei gruppi attraverso dendogrammi. Per effettuare l'analisi è stato necessario rielaborare le variabili ottenute dove fossero presenti domande a risposta multipla, aggregare o disaggregare tali risposte in una o più variabili a seconda del caso e della fattibilità. Per quanto riguarda le domande su scala Likert, si è assegnata una metrica opportuna e proceduto a considerare la scala ordinale con le proprietà che le competono. Il software utilizzato per il clustering è JMP Trial. Un'importante ipotesi da tenere in mente è l'intervista è stata fatta per questionario e a figure diverse dell'organigramma, non direttamente all'imprenditore, quindi potrebbero esserci piccole anomalie o contraddizioni.

La clusterizzazione è stata effettuata usando i dati delle risposte alla domanda sulle "Implementazioni effettive delle tecnologie Industry 4.0". Il metodo utilizzato è il cluster gerarchico con la misurazione Squared Euclidean distance.



Numero di cluster	Distanza	Leader	Subordinato
19	0,707106781	3	4
18	1,224744871	2	7
17	1,224744871	9	10
16	1,224744871	6	17
15	1,354006401	1	3
14	1,354006401	6	11
13	1,354006401	9	16
12	1,414213562	12	13
11	1,414213562	14	15
10	1,471960144	2	20
9	1,581138830	5	8
8	1,683250823	1	2
7	1,707825128	6	19
6	1,807392228	9	14
5	1,825741858	12	18
4	2,107526196	9	12
3	2,140872096	5	6
2	3,360307526	5	9
1	4,232808366	1	5

Figura 60: Dendrogramma gerarchico

Al fine di preservare l'anonimato delle imprese intervistate nella presentazione dei risultati, sono state etichettate con dei numeri che vanno da 1 a 20.

Sulla base della classificazione ottenuta, sono emersi sostanzialmente due gruppi. Il cluster più

piccolo è rappresentato da 6 imprese, che hanno reputato tutte interessante il Digital Twin per il loro business e che hanno effettuato investimenti in tecnologie negli ultimi 3 anni. Il gruppo è formato da imprese che svolgono attività di consulenza, operanti nel settore ICT, e da imprese che si occupano della gestione e distribuzione di utilities (energia, luce, acqua). Il secondo cluster è rappresentato da 14 imprese, le quali non hanno effettuato investimenti negli ultimi tre anni (eccetto una) ma di cui circa il 64% di esse si reputano interessate in futuro ad implementarlo. Esse presentano un profilo meno innovativo. Queste imprese rappresentano il settore bancario, farmaceutico/sanitario, di offerta di servizi assicurativi e revisione di mezzi di trasporto. Il risultato un po' anomalo riguarda la presenza di imprese che operano nel settore fintech (innovazione tecnologica nei servizi finanziari) ed engineering (assistenza tecnica e commerciale). Da considerare che i risultati mettono in risalto imprese più innovative e imprese con un grado meno elevato di innovazione, seppur comunque abbiano una buon base da questo punto di vista.

In base ai risultati e al profilo delle imprese del primo cluster, si cerca di tracciare il profilo e i requisiti delle imprese innovative.

Aspetti generali	Attività importanti	Implementazioni effettuate
<ul style="list-style-type: none"> • Ha effettuato investimenti in Industry 4.0 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalizzazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato la rete in cloud
<ul style="list-style-type: none"> • Ha riscosso un ritorno economico (seppur minimo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Raccolta e analisi dei dati sulle attività in essere 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato l'IoT
<ul style="list-style-type: none"> • Ha un tempo di attesa di medio periodo (3-5 anni) 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenzione preventiva e predittiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato i sistemi di sicurezza cibernetici
<ul style="list-style-type: none"> • E' a conoscenza delle normative GDPR 	<ul style="list-style-type: none"> • Allocazione di risorse ed attività di ricerca e sviluppo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato i sensori e i dispositivi smart

<ul style="list-style-type: none"> • Ha interesse sul Digital Twin ma solo dopo aver visto dei casi d'uso 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato, o è nei piani, i sistemi cyberfisici
<ul style="list-style-type: none"> • Ha formalizzato un piano per l'innovazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Offerta di servizi in supporto a prodotti fisici 	<ul style="list-style-type: none"> • Ha implementato, o è nei piani, strumenti di Big Data Analysis

Figura 61: Traccia del profilo delle imprese innovative

Le imprese innovatrici hanno implementato la rete in cloud, l'IoT, i sistemi di sicurezza cibernetici ed i sensori smart. Hanno per lo più implementato, mentre per altri è nei piani, i sistemi cyberfisici, strumento per la Big Data Analysis e i dispositivi intelligenti. Successo un po' minore per l'Intelligenza artificiale. Scarso interesse per la Stampa 3d e la realtà virtuale. Per quanto riguarda gli aspetti generali e di business, hanno tutte effettuato un investimento negli ultimi 3 anni, avuto un riscontro economico (anche minimo) ed hanno aspettative di attesa di medio periodo. Tra le attività importanti spiccano la formalizzazione sul campo dei dipendenti sui nuovi strumenti, la raccolta dei dati, attività di ricerca e sviluppo, la formalizzazione di un approccio strategico per l'innovazione e l'offerta di servizi di supporto al prodotto.

Conclusioni

Dall'indagine condotta, il campione di 20 imprese ha mostrato un grado di innovazione, tutto sommato, medio. Al termine delle nostre analisi si è cercato di fornire una traccia del profilo di una impresa innovativa cosicché una giovane impresa, o un'impresa matura in cerca di cambiamento, possa avere uno standard di strategie da adottare e strumenti da implementare per competere nel proprio settore di mercato. E' bene ricordare che la digitalizzazione, iniziata con l'avvento dell'Industry 4.0, ha coinvolto le imprese di ogni settore. Che una impresa appartenga al settore dei servizi o si basi sul manifatturiero, la realtà di oggi ha evidenziato che per avere una quota di mercato competitiva bisogna stare al passo con l'innovazione tecnologica e snellire la Supply Chain. Si assiste all'implementazione di tecnologie capaci di governare con maggiore facilità processi e risorse. A questi si aggiunge il paradigma del Digital Twin, le cui tecnologie base per lo sviluppo del DT sono CPS, Big Data Analysis, IoT e Cloud. Essa si pone come strumento per governare le Smart Factory, grazie alla capacità fornire dati in tempo reale e tutti i vantaggi trattati.

Bibliografia

(s.d.). Tratto da www.toolsforsmartminds.com/it/case-study

(s.d.). Tratto da www.libelium.com/libeliumworld/case-studies/

(s.d.). Tratto da Criptoinvestire.com.

Aaron Parrott, L. W. (2017). *Industry 4.0 and the digital twin, Manufacturing meets its match*. Deilotte University Press.

Ali Dorri, S. S. (s.d.). *Blockchain in Internet of Things: Challenge and Solution*.

Amazon. (s.d.). Aws.amazon.com.

B810 Srl. (2017). *Additive Manufacturing and R&D: how 3d printing influences the time-to market process in B810 srl*.

Engineering. (s.d.). *DIGITAL TWIN: Una copia digitale della realtà che permette di simulare e ottenere risposte in un ambiente sicuro e privo di rischi*.

Enginsoft, N. (s.d.). Tratto da <https://newsroom.enginsoft.com/simulazione-ecco-come-ottimizza-la-produzione-di-componenti-automotive-pressocolati>

F. Tao, M. Z. (2017). *A New Shop-Floor Paradigm Toward Smart Manufacturing*. Tratto da www.researchgate.net:

https://www.researchgate.net/publication/320025921_Digital_Twin_Shop-floor_A_New_Shop-floor_Paradigm_towards_Smart_Manufacturing

G. Fantoni, G. S. (2017). *Industria 4.0 senza slogan*. Pisa: Towel Publishing S.r.l.s.

GARBELLANO, R. (s.d.). *Che cosa sono davvero smart factory e Industria 4.0*. Tratto da www.industriaitaliana.it.

General Electric. (s.d.). Tratto da https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Digital-Twin-for-the-digital-power-plant-.pdf

GHIDOTTI, C. (2018). *Realtà aumentata , tra vero e virtuale*. Tratto da www.webnews.it:
<https://www.webnews.it/speciale/realta-aumentata/>

Industria 4.0 Senza Slogan. (2017). Tratto da www.polotecnologico.it:
<http://www.polotecnologico.it/industria4-0senzaslogan/>

Leuridan, J. (s.d.). Senior Vice President, Simulation and Test Solutions di Siemens PLM Software.

Li Da Xu, E. L. (s.d.). *Industry 4.0: state of art and future trends*.

Libelium. (s.d.). www.libelium.com.

M., A. (2015). *The Moment for Industry*. Tratto da www.ge.com.

Predix. (2018). Predix Platform Brief.

SAP Leonardo. (s.d.). Tratto da www.sap.com.

Siemens. (s.d.). Tratto da new.siemens.com: <https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/digital-enterprise/discrete-industry.html>

Technol, I. J. (2018). Tratto da www.reseachgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/315328118_Digital_twin-driven_product_design_manufacturing_and_service_with_big_data

Tenenga. (s.d.). Tratto da www.tenenga.it/case-studies/

Tools for Smart Minds. (s.d.). *Industria 4.0*.

Wearable Technology. (s.d.). Tratto da CIO: CIO, 2016. Google Glass takes flight at Boeing. Disponibile su: < <https://www.cio.com/article/3095132/wearable-technology/google-glass-takes-flight-at-boeing.html>>

Allegati

#	Studied Parameter	BC in bitcoin	Local BC	Shared BC	Overlay BC
1	BC Visibility	Public	Secure/ Private	Secure/ Private	Public
2	Transaction chaining	Input / Output	Previous T of the same D	Previous T of the same D in the same H	T are chained to each other/ Output.
3	Transaction mining	All Ts	All Ts	All Ts	Arbitrary Ts
4	Mining requirement	Proof of Work	None	None	None
5	Forking	Not allowed	Allowed	Allowed	Allowed
6	Double Spending	Prohibited	Not applicable	Not applicable	Not applicable
7	Transaction verification	Signature	No verification	Signature	Signatures
8	Transaction parameters	input, output, coins.	Block-number, hash of data, time, output, PK, policy rules.	Block-number, hash of data, time, output, PK, policy rules.	Output, PKs.
9	Transaction dissemination	Broadcast	Unicast	Unicast	Unicast/ multicast
10	Deference in block header	puzzle	policies	policies	Not applicable
11	Blocks stored by miner	All blocks	All blocks	All blocks.	Arbitrary blocks
12	New block verification	Blocks and Ts in blocks	No verification	No verification	Blocks and Ts in blocks
13	BC control	No one	Owner	Owner	No one
14	Miner checks	No one	No one	No one	Other miners and nodes.
15	Miner trust	Miners are all the same.	Miners are all the same.	Miners are all the same.	Different levels of trust are defined.
16	How many blocks each T is stored in?	one block	one block	one block	one block
17	Miner joining overhead	download all blocks in BC.	download all blocks in BC.	Download all blocks in BC.	Download arbitrary blocks in BC
18	Miner selection	Self-selection	Owner chooses the miner.	Owner chooses the miner	Nodes in cluster choose one node in the cluster as miner.
19	Miner rewards	Coins	Nothing	Nothing	Not defined
20	Pool mining	allowed	Cannot be defined.	Cannot be defined.	Cannot be defined.
21	Malicious miner	Allowed to join	not possible	not possible	Allowed to join
22	Effects of 51% attack	double spending	not possible.	not possible	Increases the possibility of mining false blocks
23	Encryption method	Public/ private keys	No need	Public/private keys, shared key	Public/private keys, shared key

T=transaction; D=device; H=home

Properties	Smart Home	Overlay Network	Cloud Storage
Identity and Authentication	Ledger of transactions	Signatures	Block-number along with Hash
Access control	Policy header and transactions in BC	Multisig transaction	Block-number along with Hash
Protocol and network security	Encryption	Encryption	Encryption
Privacy	Not-private	PK or ID	Block-number along with Hash
Trust	Pre-defined	Verification	Signed Hash of data
Non-Reputation	Encryption	Signatures	Signed hash of data
Policy enforcement	Policy header	PK lists	Accounting
Authorization	Policy header and transactions	List of Keys	Accounting
Fault tolerance	Medium	High	Low

Tabella 1: Confronto tra Bitcoin BC e BC impiegati in diversi livelli dell'architettura proposta

Tabella 2: Entità e metodi che applicano proprietà di sicurezza e privacy in diversi livelli

Questionario Industria 4.0 & Digital Twin



POLITECNICO
DI TORINO



M. Boella
I S M B
Istituto Superiore Mario Boella

Questionario Industria 4.0 & Digital Twin

Il presente questionario si inserisce all'interno della collaborazione tra il [Centro ICT for City Logistics and Enterprises \(ICELab@Polito\)](#) ed il tessuto delle PMI.

ICELab@Polito è un laboratorio congiunto Politecnico di Torino e [Istituto Superiore Mario Boella](#) e mira a farsi promotore di azioni di ricerca (sia pura sia applicata) per la creazione di soluzioni ICT-based per la gestione della città, focalizzandosi in particolare sull'integrazione delle attività industriali nella e per la città e nella progettazione di sistemi intelligenti per la gestione del traffico merci e persone.

Esso è composto da 6 sezioni:

1. Identificazione dell'Azienda rispondente;
2. Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industria 4.0;
3. Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industria 4.0 in Azienda;
4. Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industria 4.0;
5. Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future;
6. Recapiti dell'Azienda rispondente nel caso si desiderasse essere ricontattati per ulteriori indagini o per la condivisione di informazioni.

Il contributo della Sua Azienda è fondamentale per comprendere quanto Industria 4.0 sia realmente conosciuta in Italia, se siano già stati mossi i primi passi in questa direzione o se siano state riscontrate difficoltà nella sua implementazione e se i benefici attesi ed un generale clima di fiducia ed ottimismo superino le perplessità e le minacce potenziali insite nei grandi cambiamenti che il paradigma propone.

Ci sono 47 domande all'interno di questa indagine.

INFORMAZIONI AZIENDA RISPONDENTE

1 [1]Nome dell' Azienda rispondente: *

Scrivi le tue risposte qui:

2 [2]Posizione del rispondente nell'organigramma aziendale: *

Scrivi le tue risposte qui:

3 [3] Settore di appartenenza dell'Azienda: *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Edilizia
- Consulenza
- Elettronica
- Education and Entertainment
- Utilities (energia, gas, acqua)
- Automotive
- Logistica, trasporti e stoccaggio
- Metalmeccanico
- Farmaceutico, sanitario, bio-tech
- Chimica e materiali
- ICT
- Tessile
- Food and Beverage
- Commercio e finanza
- Altro

4 [4] L'azienda è attiva nell'ambito dei servizi o della manifattura? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Servizi
- Manifattura
- Altro

5 [5] Dimensione aziendale (numero di dipendenti) : *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Minore di 10
- Compreso tra 10 e 50
- Compreso tra 50 e 250
- Maggiore di 250

6 [6] Mercati serviti: *

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Nazionali
- Internazionali

7 [7]Anno di fondazione: *

Scrivi le tue risposte qui:

8 [8]Fatturato (espresso in milioni di euro): *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Minore a 0,5
- Compreso tra 0,5 e 2
- Compreso tra 2 e 10
- Compreso tra 10 e 50
- Maggiore di 50

9 [9]Vende in modo diretto o su commessa? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Vendita diretta
- Per commessa

10 [10]

Ha 1 o più fornitori principali(almeno il 30% delle materie prime/semilavorati) ?

*

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

11 [10.a]Quanti fornitori principali ha ? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:
*((10.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- 1-3
- 3-10
- 10-20
- >20

12 [12]All'incirca quanta % del fatturato dipende dai suoi clienti chiave ?

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Minore del 25%
- Compreso tra 25% e 50%
- Compreso tra 50% e 75%
- Maggiore di 75%

13 [11]Il suo cliente principale in quale mercato si identifica fra i seguenti: *

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- PMI
- Grande Impresa
- Vendita al dettaglio

14 [13]Quale quota di mercato detiene l'azienda a livello nazionale? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Meno del 5%
- Dal 5% al 10%
- Dal 10% al 20%
- Dal 20% al 30%
- Dal 30% al 50%
- Più del 50%
- Non sa/Non risponde

15 [14]Gli ordini sono soggetti a picchi o fenomeni di stagionalità? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si verificano picchi di domanda imprevisti
- Si verificano picchi di domanda stagionali
- Non si verificano picchi di domanda o fenomeni di stagionalità
- Non sa/Non risponde

16 [15] In che modo l'azienda affronta questi picchi o aumenti stagionali degli ordini? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((14.NAOK == "A1" or 14.NAOK == "A2"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si utilizzano margini della capacità produttiva (la capacità produttiva non è solitamente utilizzata al 100%)
- Si aumenta la capacità produttiva (straordinari, inserimento di forza lavoro stagionale, lavoro su più turni, lavoro nei giorni festivi)
- Si esternalizza parte della produzione
- Non sa/Non risponde

17 [16] L'azienda ha mai partecipato ad iniziative sullo sviluppo tecnologico ed innovazione (quali bandi, progetti, finanziamenti ecc.)? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No
- Non so

LIVELLO DI CONOSCENZA

18 [1] Ha mai sentito parlare di Industria 4.0? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

19 [1.a] Dove ne ha sentito parlare? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((1.NAOK == "A1"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Riviste scientifiche
- Seminari/conferenze/fiere
- Passaparola di settore
- Web
- Non ricordo

Altro:

20 [2]Indichi per ciascuna delle seguenti tecnologie il suo livello di conoscenza: *

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Cloud	<input type="radio"/>				
Internet of Things	<input type="radio"/>				
Sistemi Ciberfisici (CPS,Cyberphysical Systems)	<input type="radio"/>				
Sistemi di sicurezza cibernetica (Cybersecurity Systems)	<input type="radio"/>				
Stampa 3D, Additive Manufacturing	<input type="radio"/>				
Sensori smart	<input type="radio"/>				
Big Data Analytics	<input type="radio"/>				
Realtà virtuale	<input type="radio"/>				
Robotica e intelligenza artificiale	<input type="radio"/>				
Wearable e dispositivi smart	<input type="radio"/>				

Internet of Things: è un network di prodotti fisici integrati con componenti elettronici, software e sensori capaci di connettersi alla rete, in modo da poter raccogliere e scambiare dati.

I Cyber-Physical Systems: sono tecnologie che fondono il mondo fisico con quello virtuale, ossia macchine e componenti fisici connessi e dotati di software e capacità computazionali.

I Cybersecurity Systems: sono quelle tecnologie che permettono alle imprese di proteggersi da possibili attacchi cibernetici ai propri sistemi ciberfisici tra cui crittografia e blockchain.

Stampa 3D: Per stampa 3D si intende la realizzazione di oggetti tridimensionali, mediante produzione additiva, partendo da un modello 3D.

Big Data Analytics: Per Big Data Analytics si intendono quelle tecnologie che permettono la raccolta, il processamento e l'analisi di grandi moli di dati.

Realtà virtuale: La realtà virtuale fa riferimento a quei dispositivi che permettono di generare una realtà simulata e l'interazione in un ambiente virtuale.

Wearable: I wearable sono dispositivi indossabili dotati di molteplici funzionalità, tra cui si annoverano smartwatch e smart glasses.

21 [3]È a conoscenza di bandi/finanziamenti erogati da enti/fondi a favore dello sviluppo tecnologico e dell'implementazione delle tecnologie coerenti con il paradigma di Industria 4.0? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

22 [3.a]Di quali è a conoscenza? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:
° ((3.NAOK == "A1"))

Scrivi le tue risposte qui:

23 [3.b] È riuscito ad usufruire degli incentivi proposti dal piano Calenda? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((3.NAOK == "A1"))

Scegli solo una delle seguenti:

- Si
- No

24 [4] È a conoscenza delle normative europee sulla gestione dati GDPR ? *

Scegli solo una delle seguenti:

- Si
- No

25 [5] Quali fra le seguenti azioni ha attuato o quali intende mettere in atto per adeguarsi alla normativa

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((4.NAOK == "Y"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Fornire strumenti di consenso aggiornati con le nuove normative
- Informare l'utente/cliente riguardo alle finalità del trattamento dei suoi dati personali e la profilazione alla quale sarà soggetto
- Assumere un DPO (Data Protection Officer, responsabile dati)
- Monitorare costantemente la gestione agli accessi e i permessi ai dati
- Garantire un alto livello di protezione e sicurezza per i dati che varcano i confini nazionali
- Gestire un archivio di dati sensibili (carte di credito, informazioni sulla salute) in un luogo molto sicuro.

26 [6] Nel concetto di industria 4.0 spesso si fa riferimento a servizi esterni che coinvolgono l'utilizzo di dati della sua azienda. Considera la possibilità di permettere l'accesso a questi dati? *

Scegli solo una delle seguenti:

- Si
- No
- In Parte

27 [6.a] Per quali motivi ? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((6.NAOK == "2"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Scarsa sicurezza dei dati
- Diffidenza nei confronti di chi li gestisce
- I dati sono personali dell'azienda e solo chi ne fa parte può averne accesso
- Non vedo vantaggi economici nella condivisione di questi

28 [6.b.1] Per le seguenti tipologie di dato quale grado di accessibilità da esterni o condivisione reputa più adeguato? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((6.NAOK == "3"))

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Inaccessibile	Parzialmente accessibile su richiesta	Totalmente accessibile su richiesta	Libero accesso
Dati legati a specifiche di produzione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati legati alla logistica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati di monitoraggio del flusso di produzione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati sensibili di profilo cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29 [7] È a conoscenza di criteri di sicurezza riguardo i dati informatici e alle tematiche in ambito di Cybersecurity? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

30 [8] Quali fra queste tecniche di sicurezza informatica sono state adottate ? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((7.NAOK == "Y"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Reti aziendali chiuse con sistemi antintrusione e firewall
- Server interni aziendali con accessi controllati con funzioni di backup custoditi in ambienti sicuri
- Formazione del personale in ambito Cybersecurity (ad esempio: formare il dipendente riguardo a come accedere ai dati aziendali secondo criteri prestabiliti)

Nessuna delle soluzioni indicate precedentemente corrisponde al mio attuale livello di protezione, che invece consiste in ::

31 [9]È a conoscenza delle soluzioni Cloud, come ad esempio SaS (Software as a Service, esempi: Dropbox, Google Drive)? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si
- No

32 [9.a]Adotta soluzioni Cloud attualmente per le attività che coinvolgono l'azienda? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((9.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si
- No

33 [10]In riferimento alle risposte date alle domande precedenti, in relazione alla gestione dei dati dell'azienda, sarebbe disponibile alla condivisione di dati per servizi cloud ? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si
- No
- Non so

34 [11]Considera la sicurezza informatica offerta dai gestori di Servizi Cloud (come servizi di salvataggio di dati) più vulnerabile rispetto ai sistemi di protezione implementati in azienda (server in azienda)? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((7.NAOK == "Y") and (9.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si
- No

IMPLEMENTAZIONE EFFETTIVA CONCETTI DI INDUSTRIA 4.0

35 [1]Quali, tra le seguenti attività, ritiene importanti per il suo business? *

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Manutenzione preventiva e predittiva
- Uso di Robot collaborativi (COBOT)
- Automatizzazione dei processi produttivi
- Sostenibilità ambientale e risparmio energetico
- Formazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali
- Attrarre risorse esperte di meccatronica integrante meccanica, elettronica, informatica e controlli automatici
- Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione
- Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere
- Integrazione orizzontale (cioè espansione delle attività dell'impresa a prodotti, processi, know-how affini alla filiera già esistente) tramite protocolli standard di comunicazione
- Integrazione verticale (cioè internalizzazione delle fasi a monte/a valle della filiera in cui già opera l'impresa) tramite protocolli standard di comunicazione
- Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione
- Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati
- Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento
- Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici
- Allocazione di risorse ad attività di ricerca e sviluppo
- Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione

36 [2] Indichi dalla seguente lista di tecnologie il grado di effettiva implementazione di ciascuna di esse, facendo riferimento alla relativa definizione: *

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Non di interesse	Di interesse, ma non ancora implementata	È nei piani	Implementata
Dati o software in Cloud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet of Things	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemi ciberfisici (Cyber-Physical Systems, CPSs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemi di sicurezza cibernetica (Cybersecurity Systems)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stampa 3D, additive manufacturing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensori smart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big Data Analytics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realtà virtuale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotica ed intelligenza artificiale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wearable e dispositivi smart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Internet of Things: è un network di prodotti fisici integrati con componenti elettronici, software e sensori capaci di connettersi alla rete, in modo da poter raccogliere e scambiare dati.

I Cyber-Physical Systems: sono tecnologie che fondono il mondo fisico con quello virtuale, ossia macchine e componenti fisici connessi e dotati di software e capacità computazionali.

I Cybersecurity Systems: sono quelle tecnologie che permettono alle imprese di proteggersi da possibili attacchi cibernetici ai propri sistemi ciberfisici tra cui crittografia e blockchain.

Stampa 3D: Per stampa 3D si intende la realizzazione di oggetti tridimensionali, mediante produzione additiva, partendo da un modello 3D.

Big Data Analytics: Per Big Data Analytics si intendono quelle tecnologie che permettono la raccolta, il processamento e l'analisi di grandi moli di dati.

Realtà virtuale: La realtà virtuale fa riferimento a quei dispositivi che permettono di generare una realtà simulata e l'interazione in un ambiente virtuale.

Wearable: I wearable sono dispositivi indossabili dotati di molteplici funzionalità, tra cui si annoverano smartwatch e smart glasses.

37 [3] Indichi i benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie già in uso e di quelle che si è predisposti ad adottare:

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Aumento di produttività
- Aumento di efficienza
- Aumento della qualità dei prodotti/processi
- Riduzione delle tempistiche (es. time-to-market, set-up)
- Aumento di affidabilità dei prodotti/processi
- Aumento della sicurezza dei lavoratori
- Riduzione dei costi
- Aumento dei profitti
- Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia
- Maggiore soddisfazione dei consumatori
- Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti
- Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera
- Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni
- Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto
- Miglioramento del processo decisionale
- Altro:

38 [4] Esiste in Azienda un piano di azione strategica formalizzato al fine di favorire l'innovazione? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Per nulla
- E' in fase di sviluppo
- E' attualmente in atto

DIGITAL TWIN

Recentemente nel contesto di **Industria 4.0**, si inseriscono nuove soluzioni software che permettono di replicare macchinari, in tempo reale, fornendone una copia digitale il più fedele possibile. Queste soluzioni sono implementabili ex novo con nuovi macchinari o con macchinari preesistenti ammodernati a scopo di re-fitting digitale. In letteratura questa nuova tecnologia acquisisce il nome di **Digital twin**. Le implementazioni del software **Digital Twin** attualmente si inquadrano nelle attività di monitoraggio della produzione e di manutenzione del macchinario. Nonostante queste siano le principali caratteristiche che vengono riconosciute nel **Digital Twin**, il suo reale valore aggiunto sembra convergere nella costituzione di un *"Database Macchina"* che lasci libero sfogo a nuove soluzioni di business specialmente legate all'analisi dei dati a scopo predittivo e di simulazione virtuale.

39 [1] Sulla base della descrizione sopra, ha mai sentito parlare di Digital Twin? *

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

40 [2] Reputa utile, per la sua attività, la possibilità di avere informazioni in tempo reale sullo stato dei propri macchinari, dell'intera linea produttiva e sulle attività svolte dai dipendenti? *

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

41 [3]Quale importanza dà alle seguenti implementazioni? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((2.NAOK == "Y"))

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Per nulla importante	Poco importante	Mediamente importante	Importante	Molto importante	Non applicabile
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva	<input type="radio"/>					
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	<input type="radio"/>					
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete ed eventualmente da smartphone	<input type="radio"/>					
Possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche sui processi produttivi col fine di efficientare la produzione e le risorse impiegate.	<input type="radio"/>					
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori al fine di schedulare meglio le proprie attività produttive	<input type="radio"/>					
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte (ad esempio stato dettagliato di produzione di una commessa) con i suoi clienti al fine di rendere più trasparenti i rapporti di business	<input type="radio"/>					
Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione ed eventualmente previste dal contratto	<input type="radio"/>					
Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore	<input type="radio"/>					
Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	<input type="radio"/>					
Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	<input type="radio"/>					

42 [5] Tutti i benefici del Digital Twin sono ad oggi oggetto di incentivi statali riguardo l'Industria 4.0, sarebbe disposto ad investire su tali implementazioni?: *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì, sono interessato alla tecnologia e prevedo entro un breve periodo di implementarlo
- Sì, sono interessato ma preferirei vedere i risultati di casi d'uso che lo implementano
- No, non reputo sia una tecnologia utile

43 [8] Negli ultimi 3 anni ha effettuato investimenti in Industria 4.0? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

44 [8.a] Ha avuto dei miglioramenti effettivi, anche in termini di aumento fatturato ? *

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:
° ((8.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

45 [9] Se ha effettuato o pensa di effettuare investimenti sull'Industria 4.0, in che lasso di tempo si aspetta di averne un ritorno economico? *

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Breve Periodo
- Medio Periodo
- Lungo Periodo

SUGGERIMENTI

46 [1] Se c'è qualche aspetto che giudica significativo e che non è stato trattato in questo questionario lo indichi di seguito:

Scrivi le tue risposte qui:

RECAPITI

47 [1] Si fornisca un recapito se si desidera essere contattati in futuro per ulteriori indagini o per ricevere i risultati della nostra ricerca:

Scrivi le tue risposte qui: