POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

La consulenza nell'era dell'*Industry 4.0*

L'evoluzione della sicurezza delle persone: i Dispositivi di Protezione Individuale "intelligenti"

Relatore

Prof. Guido Perboli

Candidato

Enrico Corradi

Luglio 2018

Indice

Ringraziamenti 3

Introduzione 4

1. Presentazione della Società 5

1.1 L'Industry 4.0 7

2. L'approccio all'Industry 4.0 10

2.1 Definizione della Road-map 12

2.2 Definizione delle Architetture 18

2.3 Selezione delle Soluzioni 23

3. L'operaio nell'era dell'Industry 4.0 25

4. I DPI "intelligenti" 29

4.1 Bip e i DPI "intelligenti" - Measure 30

4.2 Bip e i DPI "intelligenti" - Analyze 35

4.3 Bip e i DPI "intelligenti" - Improve 40

5. Caso studio: elmetti protettivi e gas detector "intelligenti" 46

5.1 I caschi "intelligenti" 56

5.2 I rilevatori di gas "intelligenti" 60

6. Conclusioni 62

Bibliografia e altre fonti 63

Ringraziamenti

Ai miei genitori, a mia sorella, ai miei nonni, ai miei amici e compagni: grazie per il supporto e la compagnia, senza i quali avrei vissuto questi cinque anni di università in maniera diversa, sicuramente meno serena e divertente.

I miei sentiti ringraziamenti vanno anche a tutte le persone che ho incontrato in Business Integration Partners, per l'accoglienza ed il supporto che fin da subito mi sono stati offerti e mi hanno permesso di lavorare sempre in un clima di serenità e crescita reciproca. In particolar modo, mi sento in dover di esprimere un ringraziamento particolare al mio tutor aziendale, Massimo Zocche, che mi ha permesso di trovarmi a mio agio a partire dal primo giorno e senza il quale la realizzazione del presente lavoro non sarebbe stata possibile.

Ringrazio infine il mio relatore, il Prof. Guido Perboli, sul cui sostegno e disponibilità ho potuto contare durante tutto il periodo di stesura di questa tesi.

Introduzione

Il presente lavoro è stato sviluppato in seguito all'esperienza di tirocinio che ho avuto l'opportunità di svolgere presso la società di consulenza *Business Integration Partners*, durante l'intero secondo semestre del mio secondo anno di Laurea Magistrale in Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica, presso il Politecnico di Torino.

Si è trattato di un'esperienza di lavoro da pensare come tale, in quanto fin da subito non sono stato considerato come un semplice stagista ma, piuttosto, come un collega. Sono stato inizialmente allocato nell'area manufacturing, in cui ho avuto l'occasione di seguire vari progetti che hanno suscitato in me un vivo interesse; motivo per cui mi sono fin da subito applicato per cercare di dare il massimo apporto possibile al team con cui mi sono trovato a collaborare. In seguito, ho iniziato a seguire anche progetti legati al mondo dell'Oil&Gas e a quello dei Servizi. In particolare il primo, è un settore in cui la presenza societaria, soprattutto in territorio nazionale, risulta consolidata ed in crescita.

Nei capitoli successivi intendo presentare la Società, innanzitutto raccontandone l'interessante storia e la filosofia aziendale. In seguito illustrerò quello che è il mondo dell'*Industry 4.0*, riguardo al quale ho avuto modo di imparare molto, seguendo appunto progetti relativi al settore manufacturing in un ambiente aziendale che ha nel conoscimento e nella ricerca dell'innovazione tecnologica uno dei suoi massimi punti di forza.
Concluderò poi presentando un caso studio riguardo l'analisi del mercato dei Dispositivi di Protezione Individuale "intelligenti", con un focus sugli elmetti e sui rilevatori di gas "smart". Si tratta di un progetto che ho avuto il piacere di seguire e che ha catturato la mia attenzione a tal punto da spingermi a presentarlo in questo elaborato.

1. Presentazione della Società

Dicembre 2001. La Enron, colosso statunitense dell'energia e del *commodities trading*, collassa. Viene infatti svelata una delle più grandi truffe finanziarie della storia, che porta al crack della azienda texana e della Arthur Andersen, storica compagnia di auditing finanziario, nonché membro delle '*Big Five*[1]'. Quest'ultima fu trovata colpevole di aver collaborato alla falsificazione della contabilità del gruppo con sede a Huston, che in soli 15 anni era diventato, dal nulla, la settima società americana, con un fatturato dichiarato superiore ai 100 miliardi di dollari e operations in più di 40 Paesi.

Da questo crack, scaturirono una serie di indagini a tappeto riguardo la contabilità delle aziende americane e, in generale, di tutto il mondo. Fu in questo ambito che, nell'estate 2002, venne varata negli Stati Uniti la legge Sarbanes-Oxley, che prescriveva l'indipendenza assoluta delle società di auditing, rispetto ai propri clienti. Un'altra importante prescrizione era quella che imponeva al top management l'assunzione della responsabilità delle veridicità dei bilanci della propria azienda, con la possibilità di applicazione di severe pene per truffa e reati finanziari in caso contrario. In seguito a tale legge, che venne recepita a livello mondiale[2], quindi, si crearono incertezze rispetto alla gestione dei propri clienti da parte delle società che fornivano sia auditing che consulenza. Diventava infatti complesso mantenere lo status di indipendenza rispetto al cliente offrendo entrambi i servizi.

È in questo contesto che, nel 2003 a Milano, Nino Lo Bianco, Carlo Capè e Fabio Troiani danno vita alla '*Business Integration Partners*' (di seguito Bip) come *spin-off* di Deloitte. Fu questo, infatti, il modo che si trovò per continuare ad offrire entrambi i servizi di consulenza e di auditing ai clienti italiani del gruppo con sede negli Stati Uniti.

Fin da subito, Bip cerca un posizionamento 'nuovo', che rispecchi la sua '*italianità'*: si tratta infatti di una società che non offre né servizi di pura strategia aziendale né quelli tipici di un system integrator. Si può dire che lo scopo di Bip è quello di accompagnare i propri clienti verso il raggiungimento dell'eccellenza, attraverso un programma di *management consulting* e di

[1] Ora ridotte a *Big Four* (dato il fallimento di Arthur Andersen): Deloitte, PriceWaterhouseCoopers, Ernest & Young e KPMG. Si tratta delle più grandi società di auditing a livello globale.
[2] In particolare, in Italia entrò in vigore nel Dicembre 2006 la legge 28 Dicembre 2005, n. 262 - 'Disposizioni per la tutela del risparmio e la disciplina dei mercati finanziari'. Nello specifico, è nell'articolo 18 che ci si riferisce all'indipendenza degli organi di revisione.

integrazione dei servizi utili alla crescita del business. Il tutto sempre con un approccio etico e leale verso il cliente, che è visto come soggetto con cui instaurare una partnership duratura e non come semplice acquirente di una strategia o di un sistema informativo.

La matrice di seguito riportata aiuta a comprendere meglio quello che è il posizionamento strategico scelto dalla società, anche tramite un confronto con quello degli altri attori principali del mercato della consulenza.

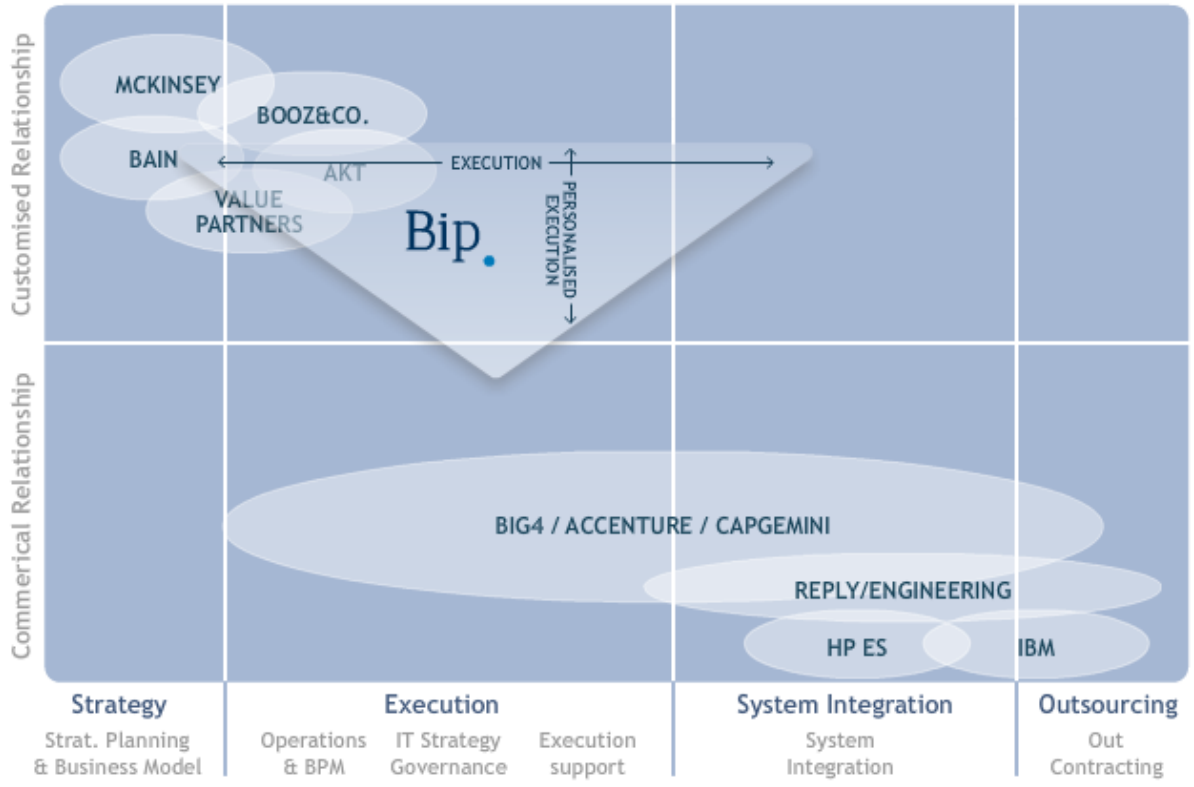

Figura 1 – Posizionamento strategico di Bip

La strategia di '*consulenza all'italiana*' ha portato ad ottimi risultati, con una crescita annuale costante e superiore al 15%. Basti pensare che in neanche 15 anni si è passati da 80 impiegati a più di 1800, distribuiti ora in uffici dislocati in Europa, Sudamerica, Stati Uniti, Turchia e Tunisia.

Per ottenere questi ottimi risultati, un fattore discriminante è stato quello tecnologico: Bip ha infatti puntato molto sulla digitalizzazione, individuata come uno dei principali driver di crescita dell'era moderna. A tal proposito ha investito molto – e continua a farlo tuttora – nell'acquisizione di società specializzate in ambito di Data Science e competenze digitali, con lo scopo di creare un hub

interno pronto a sviluppare soluzioni digitali ad hoc per ogni cliente. Si tratta di quello che è stato denominato xScience, che occupa 220 professionisti, con più di 200 progetti attivi. Tra le società che col tempo sono entrate a far parte di questo progetto spiccano OpenKwoledge e Sketchin. La prima è una società fondata nel 2005 ed entrata nel Gruppo Bip dieci anni dopo, specializzata nella trasformazione digitale delle aziende. Oltre a progettare e sviluppare tale trasformazione, si occupa anche della sua comunicazione interna ed esterna, aspetto spesso, ingiustamente, tralasciato. Si tratta invece di un passaggio fondamentale della transizione al digitale, che non può essere immediato per i lavoratori di una impresa, abituati a svolgere il loro lavoro nello stesso modo da innumerevoli anni, e che va spiegato al mondo esterno, soprattutto ai clienti dell'azienda in oggetto, per far capire l'*added value* che si sta offrendo loro grazie a tale innovazione. La seconda società è stata fondata a Manno, in Ticino, Svizzera, nel 2006 ed è stata rilevata a fine 2016. Il suo core business è rappresentato dal design strategico, visto sempre all'interno di un mix di esperienza e innovazione tecnologica. In questa direzione, ha aiutato oltre 150 aziende affermate a livello mondiale e più di 80 start-up a sviluppare l'agilità necessaria per rispondere ai frequenti cambiamenti del mercato e conquistare o mantenere la leadership nei loro ambiti di azione.

1.1 L'*Industry 4.0*

È in linea con questo aspetto di forte digitalizzazione il fatto che la consulenza che offre Bip in ambito manufacturing si focalizzi principalmente nell'applicazione di quelli che sono i principi della sempre più sviluppata *Industry 4.0*.

Con tale termine si indica la cosiddetta 4ª rivoluzione industriale, incentrata su *Cyber-Physical systems* e sulle nuove tecnologie di *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing*, *Big Data Analytics* e *Intelligenza Artficiale* (AI). Si tratta di applicare queste tecnologie in campo industriale – in tutti i suoi ambiti, non solo quello del manufacturing – per permettere un miglioramento delle prestazioni aziendali e della qualità di vita dei lavoratori. Nonostante non tutti concordino a tal proposito, l'implementazione delle sopra citate nuove tecniche consentirà una riduzione del tempo di lavoro – grazie al raggiungimento di una maggiore efficienza – e dei pericoli a cui sono esposti gli operai, che possono essere affiancati, se non sostituiti, da nuove risorse tecnologiche nell'esecuzione di compiti che mettono a repentaglio la loro salute.

Come tutte le rivoluzioni industriali, quindi, anche questa dovrebbe portare al miglioramento sociale, oltre che ad un arricchimento per le imprese. E come tutte quelle verificatesi in passato, si

sviluppa a partire da quella che è stata la rivoluzione 3.0, basata cioè sull'implementazione dei computer all'interno dell'ambito produttivo e dello sviluppo e diffusione di Internet. Si tratta ora di andare oltre il semplice utilizzo dei calcolatori e della rete, rendendoli parte integrante dei sistemi produttivi ed in grado di comunicare tra di loro e con chi li utilizza in modo autonomo. Questo si intende quando si parla di *AI*, cioè di processi che possano rispondere in autonomia a problemi che si presentano nel mondo esterno, così come farebbe un essere umano.

La comunicazione in tempo reale è la normalità ormai ed è possibile archiviare i file ed i programmi in cloud, per potervi accedere e lavorare da qualunque parte del mondo, connessione permettendo. È così possibile implementare quelle funzioni complesse che solo pochi tecnici sono in grado di eseguire, perché questi possono ora comodamente lavorare in *real time* dal proprio ufficio.

Grazie all'*IoT*, poi, si possono interconnettere, oltre le persone, anche le 'cose'. Diventa così possibile operare i mezzi da remoto o arrivare a vedere punti inaccessibili, anche nell'ottica del miglioramento dei livelli di sicurezza di cui si è parlato in precedenza. Le applicazioni dell'*IoT* sono quasi illimitate e in questi anni si stanno facendo progressi rapidi e significativi in questo campo, come dimostra il sempre crescente numero di start-up e fiere dedicate.

Grazie ai *Big Data Analytics* è possibile analizzare grandissime quantità di dati in tempi minimi, estrapolando correlazioni e trend che permettono di prendere decisioni immediate. Il concetto dietro questo tipo di analisi di dati risale a più di 60 anni fa, ma la disponibilità delle tecnologie e le capacità di calcolo attuali lo hanno reso efficiente per scelte da prendere in tempo reale, superando il limite intrinseco che si presentava prima, quando il costo per l'elaborazione della soluzione ad un problema era maggiore del suo beneficio.

Il successo dell'*Indusrty 4.0* è rappresentato dal fatto che tutte le tecnologie illustrate possono essere combinate per sfruttarne al massimo le potenzialità: si pensi all'archivio di Big Data in Cloud, che permette di avere accesso immediato alla totalità dei dati storici di un'azienda, senza la necessità di avere intere stanze destinate a contenere i dispositivi di archiviazione di massa. Se la loro applicazione è implementata correttamente, ciò può consentire un miglioramento globale per qualunque tipo di impresa.

È quindi possibile assimilare l'*Industry 4.0* al movimento del *Lean Management*, in quanto entrambi puntano a rendere più efficienti il mondo dell'industria. Ciò che li differenzia è il punto di focalizzazione: mentre la *Lean* punta a snellire il processo produttivo migliorando l'efficienza

del flusso dei materiali al suo interno e eliminando le attività senza valore aggiunto, il nuovo movimento in esame si focalizza su utilizzo e manipolazione efficienti dei dati. Gli obiettivi sono infatti migliorare il flusso di informazioni all'interno dell'impresa e da/verso questa; eliminare i dati ridondanti o superflui e facilitare l'accesso a quelli fondamentali e necessari; implementare strumenti che permettano di decentralizzare le decisioni e di supportare costantemente gli operai. Tutto ciò viene affiancato da una progressiva trasformazione dei processi orientata verso la loro automazione e adattabilità.

2. L'approccio all'*Industry 4.0*

Non esiste una visione univoca dei vantaggi derivanti da sviluppo e implementazione dell'*Industry 4.0*, nonostante ciò è possibile tracciare tre macro-ambiti in cui viene aggiunto valore da questa: *quality improvement, process efficiency, asset reliability.* Certamente, molte aziende tendono a focalizzarsi maggiormente su uno solo di questi aspetti alla volta, soprattutto nelle prime fasi successive all'implementazione di strumenti e strategie dell'*Industry 4.0*.

Con *quality improvement* ci si riferisce al miglioramento dei processi atti a garantire il raggiungimento della qualità desiderata. Per esempio, i tempi necessari per i controlli di qualità possono essere notevolmente ridotti grazie alla capacità di calcolo e alla disponibilità dei dati attuale: è infatti possibile creare modelli e prove sperimentali sempre più complessi e veritieri, che aiutano a ridurre già nelle fasi antecedenti la produzione criticità che nel passato sarebbero emerse solo in fasi successive, con conseguente perdite di tempo e denaro.
Un altro fattore di miglioramento concerne la qualità dei controlli – in linea e non – e delle segnalazioni di eventuali problematiche, che possono essere rese evidenti agli operatori e, contemporaneamente, venire segnalate al management perché possa intervenire alla radice del problema.
Un altro punto saliente riguarda i difetti di qualità che si presentano post-sale. Data l'interconnesione di tutte le parti di un'azienda – a prescindere da dove queste si trovino nel mondo – e al flusso costante delle informazioni al suo interno, è facile rispondere in maniera adeguata e prontamente a qualunque tipo di reclamo, potendo pianificare il giusto intervento di manutenzione in tempi rapidi – ammesso che il difetto evidenziato sia rimediabile.

Per *process efficiency* si intende l'applicazione di una serie di misure che portino ad un aumento dell'efficienza del processo produttivo in tutte le sue parti. È importante sottolineare come questo venga considerato in toto e non più limitatamente alle attività di pura produzione. Un aspetto fondamentale da considerare è quindi lo sfruttamento delle risorse energetiche: sensibilizzando i dipendenti a ridurne il consumo inutile e intervenendo sull'efficienza energetica degli edifici e dei macchinari – cioè riducendo gli sprechi – è infatti possibile ottenere elevati risparmi monetari.
Un secondo aspetto di rilevanza assoluta è il miglioramento della sicurezza degli operai. Con le soluzioni offerte dalle nuove tecnologie, è infatti possibile monitorare tutte le attività svolte dai propri dipendenti operativi, controllando il loro stato di salute e prevenire infortuni sul lavoro. È

importante, inoltre, che i lavoratori capiscano come le nuove tecnologie disponibili siano uno strumento che porta ad incrementare la tutela nei loro confronti e non un qualcosa che complica il loro lavoro quotidiano. Certo è che, come tutte le innovazioni ad alto impatto, non sarà facile ed immediato il passaggio al "lavoro assistito", però permetterà di migliorare sia le prestazioni che la tutela degli operai.

Se, da un lato, il lavoratore diventa sempre più connesso, con conseguenti benefici, dall'altro non è possibile parlare di aumento dell'efficienza produttiva in ambito *Industry 4.0* senza citare l'automazione. Per molti, infatti, questo è il tratto distintivo di questa nuova rivoluzione industriale: ciò che davvero cambia rispetto al passato grazie alle nuove tecnologie è che ora si possono automatizzare moltissime operazioni ripetitive, con una lunghissima serie di conseguenti vantaggi. Alcuni esempi possono essere la riduzione degli errori – e quindi minori difetti e sprechi – o la riduzione del tempo necessario a svolgere determinate operazioni. Un altro apporto significativo, anche se non sempre evidente ai più, è che si può sollevare gli operai da funzioni da ripetere identicamente per tutta la vita, impiegandoli per operazioni che richiedano un impegno più attivo. O ancora, possono essere affiancati da robot – tassello fondamentale per l'automatizzazione – nell'esecuzione delle proprie mansioni per sgravarli da carichi troppo elevati.

Inoltre, grazie alla disponibilità costante di informazioni aggiornate riguardo tutta l'organizzazione, risulta più facile per il management gestire la workforce, potendo così sfruttare a pieno le potenzialità di ogni lavoratore. Al contempo, è possibile assegnare a ogni task la persona più adatta, migliorando nettamente l'efficienza globale dell'organizzazione in ogni suo aspetto.

Il terzo ambito citato, *asset reliability*, riguarda l'affidabilità. Grazie alla possibilità di avere macchinari e strumenti connessi alla rete, è molto più facile visionare lo stato di questi, sia dal punto di vista produttivo che di usura. In questo modo è possibile effettuare interventi mirati di manutenzione preventiva ai primi sintomi di allerta identificati. Identificazione che, oltre ad avvenire in maniera automatica, viene anche comunicata in tempo reale per poter ridurre il più possibile il rischio di down-time legato alle tempistiche necessarie per intervenire.

Grazie alla modellazione e alle simulazioni sui calcolatori, poi, è possibile prevedere con accuratezza sempre maggiore il comportamento delle macchine nelle loro condizioni di utilizzo, riuscendo così a stabilire piani di manutenzione predittiva accurati e robusti, che consentono di minimizzare il down-time, con conseguente guadagno economico.

Come per il personale, è possibile sfruttare la disponibilità di informazioni complete e in tempo

reale per organizzare al meglio il carico di ogni macchina, riuscendo così a rendere sempre più efficienti i processi produttivi e ad utilizzare ogni macchinario nel modo più efficace ed adeguato possibile.

Non è possibile limitarsi ad illustrare gli ambiti di azione per comprendere a pieno quello che è l'approccio che propone BIP in ottica *Industry 4.0*. È infatti necessario comprendere come si intende guidare i clienti del settore manufacturing verso le evoluzioni del mercato, in modo da sfruttarne a pieno i benefit e ridurre i rischi di transizione e di mala applicazione delle tecnologie.

Con la figura sottostante si intende riassumere quello che è l'approccio *all'Industry 4.0* da parte di Bip, con i passi che si è soliti seguire.

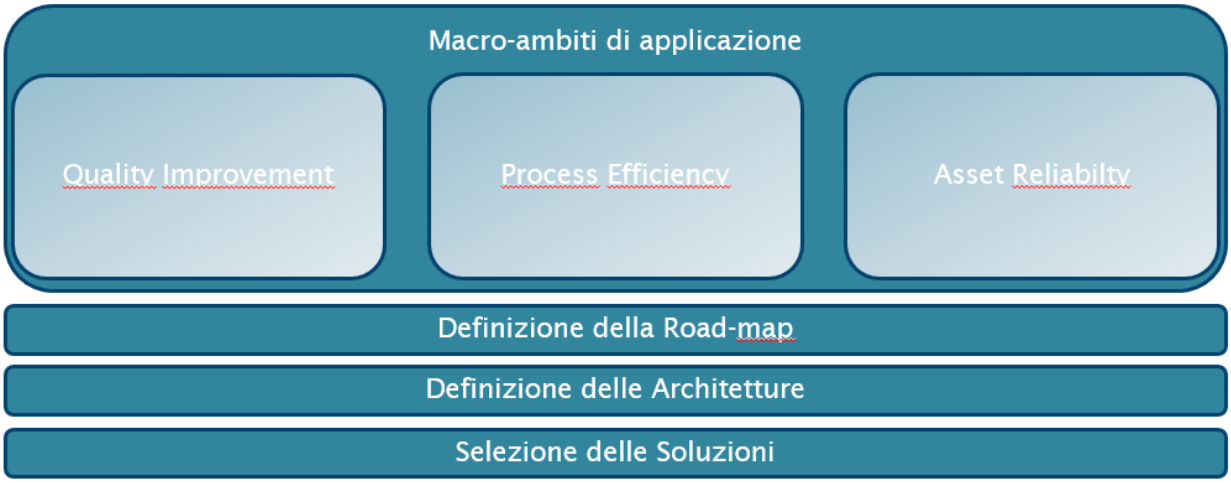

Figura 2 - Approccio all'Industry 4.0

2.1 Definizione della Road-map

Come accennato precedentemente, non basta indicare e dettagliare i campi applicativi dell'industri 4.0 ad un cliente, perché questo capisca come muoversi all'interno di questa nuova realtà.

A tal proposito, il primo passo consiste del definire una mappa d'azione, che servirà come guida tanto per BIP come per l'azienda che le chiede supporto. Come già detto in precedenza, infatti, una caratteristica distintiva di BIP è proprio la volontà di instaurare con ogni suo cliente un rapporto di fiducia e di collaborazione, che non porti quest'ultimo a considerarla come un'entità da cui ricevere un supporto estemporaneo, bensì come parte integrante del proprio business. Si potrebbe dire: quasi come un socio in affari. In quest'ottica, è necessario che le persone dispiegate su ogni progetto instaurino con i propri referenti un legame di collaborazione, con lo scopo ultimo di migliorare

l'operato globale dell'azienda, attraverso un miglioramento dei singoli task e della maniera agire delle singole persone. È per questo che la road-map deve essere stilata da ambo le parti e da esse utilizzata come strumento base durante l'intero percorso di trasformazione.

A livello contenutistico, si possono distinguere 3 fasi temporali successive, a cui corrispondono diversi oggetti di analisi e obiettivi.

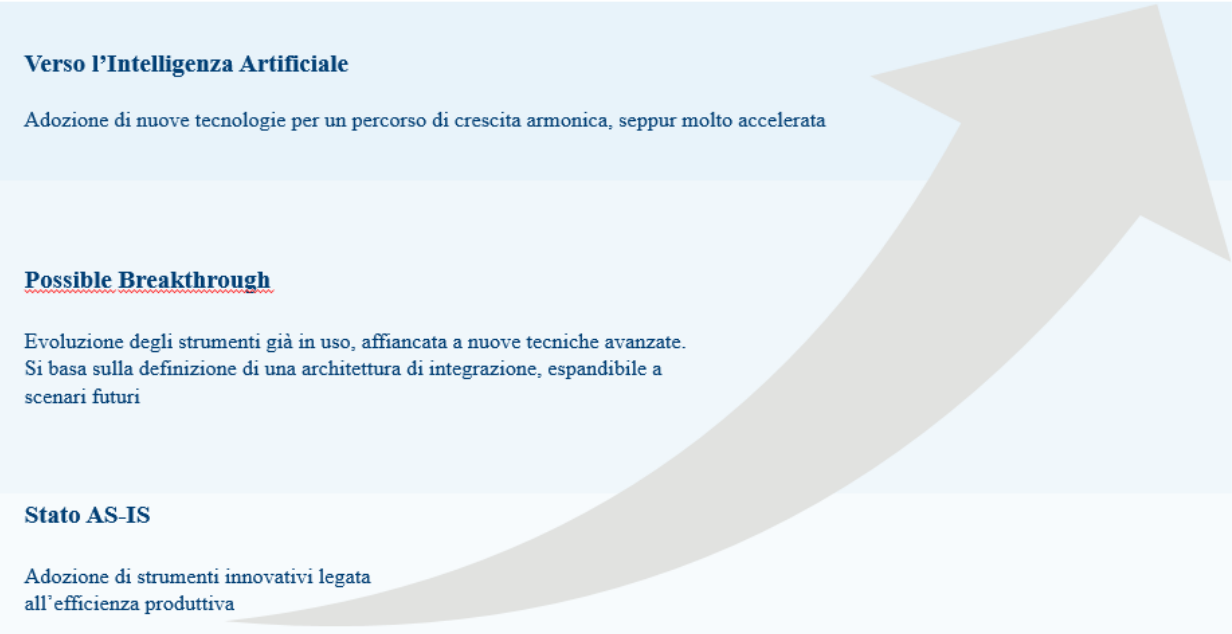

Figura 3 - Road-map

Innanzi tutto, si deve stabilire la situazione attuale, quello che in genere si dice "stato *as-is*", che serve per comprendere quali degli strumenti tipici dell'*Industry 4.0* sono già utilizzati e per quali scopi. Inoltre si è soliti comparare lo stato attuale con quello di aziende simili operanti nello stesso ambito economico e geografico, in modo tale da comprendere il posizionamento nel mercato della società in esame. È ciò che in generale si definisce *benchmarking*, che, come detto, in questo contesto ha come obiettivo la tracciatura dello stato di evoluzione dei processi e strumentazioni, rispetto alle tecnologie disponibili.

Per la sua stessa definizione, non si possono elencare gli strumenti che vengono definiti in questa fase, in quanto, ovviamente, per ogni azienda l'output dell'analisi è differente. Ciò che però è possibile è elencare gli strumenti che vengono ormai utilizzati in modo comune all'interno del settore manufacturing. Si può, cioè, tracciare uno "stato iniziale standard" che ci si aspetta di trovare nel momento in cui si inizia a tracciare una road-map per una qualunque azienda che si

occupi di manufacturing. Se non altro, se questa opera in un paese industrializzato, quale l'Italia. In questo gruppo, trovano spazio strumenti innovativi adottati principalmente per aumentare l'efficienza produttiva, quali l'automatizzazione e la robotica industriale o la sensoristica "da campo". Sempre in questo ambito rientrano gli ottimizzatori di schedulazione e i meccanismi di *3D prototyping*[3], che pur non concorrendo all'atto produttivo, concorrono al miglioramento di questo in quanto permettono di ridurre gli sprechi derivanti da errori iniziali – di prodotto o di set-up dei macchinari – e dall'utilizzo non ottimo delle macchine.

Il secondo passo da compiere è capire quali strumenti già in uso possono essere utilizzati in forma più evoluta. Con questo non ci si limita a intendere avanzamenti del loro livello tecnologico intrinseco, ma anche il loro utilizzo in combinazione a nuove tecniche e oggetti.
Un esempio lampante è l'introduzione dell'IoT, che può affiancare, per esempio, la sensoristica da campo già presente, rendendola connessa e di più facile utilizzo ed interpretazione. In generale, quindi, si va ad aumentare l'efficienza aziendale, che è sempre lo scopo ultimo dell'introduzione di nuove tecniche nel settore manufacturing.
Con questa idea ben chiara in mente, sono molti gli strumenti che si possono individuare come utili al raggiungimento dello scopo appena enunciato, da implementare in questa seconda fase, definibile come *"possible breakthrough"*. Simili ai già citati sensori Iot, viene subito da pensare al controllo da remoto, che rende molto più semplici e sicure un gran numero di azioni industriali, spesso legate all'uso di attrezzature pericolose e/o pesanti, e alla realtà aumentata, che si avvicina molto al controllo da remoto, però applicata agli operatori, anziché alle macchine. Questo non significa che rende possibile il controllo diretto delle persone – come se fossero automi – bensì, che è possibile aiutarle nello svolgimento di compiti complessi o per cui sono necessarie conoscenze di cui non sono in possesso, grazie all'invio in diretta di dati o immagini dell'ambiente loro circostante ad un terminale connesso ai sensori – visivi ma non solo – che indossano come parte integrante dell'attrezzatura da lavoro. Questi terminali sono solitamente gestiti da tecnici in possesso di quei requisiti cognitivi di cui si è parlato in precedenza, per cui possono supportare l'operatore in tempo reale. Chiaramente, tutto questo permette di risparmiare moltissimo tempo, legato all'invio sul campo dei tecnici, nonché di aumentare la sicurezza degli operai, che non sono

[3] Con il termine *3D prototyping* si intende l'insieme di tecniche di *Additive Manufacturing* utilizzate per creare dei modelli del prodotto desiderato o parte di esso, al fine di testarne qualità e caratteristiche tecniche. Il loro utilizzo ha trovato una sempre maggiore diffusione in quanto permette di creare prototipi del tutto simili al prodotto finite in tempi brevi e a basso costo.

indotti ad agire di propria iniziativa in materie di cui non hanno adeguate conoscenze.
Se nella prima fase si parla di automatizzazione e robotica industriale, ora è il momento di fare un passo in più, arrivando all'applicazione di robotica e automatizzazione di processo. Ciò è possibile, per esempio, grazie all'introduzione di software ERP – Enterprise Resource Planning – più moderni e complessi, in grado di rendere più efficiente l'azienda non soltanto a livello di produzione, ma in tutte le sue fasi. A questi software, poi, va aggiunta la possibilità di utilizzare dei robot industriali "intelligenti", in grado di modificare le proprie mansioni in base ai bisogni di produzione, che si può così adeguare maggiormente alle richieste dei clienti. E tutto questo, ovviamente, si traduce in maggiori guadagni e in un miglioramento dell'immagine.
Se si era parlato dell'importanza della schedulazione della produzione e per l'uso efficiente delle macchine, ora diventa rilevante il controllo della stessa, per avere, per così dire, una schedulazione live, che si adatta, cioè, agli inevitabili cambiamenti che avvengono rispetto al piano ottimo originale, legati a malfunzionamenti dei macchinari e difetti nei prodotti.

Un altro passaggio fondamentale è adottare un controllo di qualità basato sui Big Data, che stanno diventando sempre più una parte necessaria ed integrante per la qualunque tipo di business. Nello specifico caso del loro utilizzo in area manufacturing per il controllo di qualità, diventano fonte di maggior sicurezza – in quanto si può esercitare un controllo più ampio ed è possibile mantenere traccia di un'infinità di eventuali problemi sorti e dei rispettivi metodi di risoluzione – e, di conseguenza, di minori costi legati alla non-qualità.

A prescindere da quanti dei sopracitati strumenti sia possibile inserire all'interno di una impresa per cui si sta disegnando la road-map, ve ne è uno imprescindibile: l'architettura di integrazione 4.0. Non ci si può, infatti, limitare ad indicare nuove tipologie di semplificazioni da implementare e attendere che queste diano i frutti preannunciati. Bisogna, al contrario, disegnare una ben chiara serie di misure che permettano di andare ad inserirle all'interno di quella che è l'architettura produttiva e gestionale attuale dell'azienda, in modo tale da gestirne al meglio i flussi. Siano questi di materiali, produttivi o di informazioni. Per fare un altro paragone con il Lean Management – come più volte in precedenza – si tratta di compiere lo stesso passo previsto per il cambiamento della cultura aziendale, cioè per istruire i dipendenti ad una nuova filosofia di lavoro, però questa volta orientato alla gestione aziendale e non a quella delle persone.

Il terzo ed ultimo step della road-map è porre le basi per un progressivo passaggio all'adozione dell'Intelligenza Artificiale (spesso abbreviata in AI – dall'inglese *Artificial Intelligence*), sempre più sviluppata e quasi pronta per un utilizzo massivo. Per arrivare ad un suo utilizzo costante e comune, bisogna però anche porsi nelle condizioni giuste, con un percorso di crescita armonica, seppur molto rapida.

È quindi importante iniziare con l'adozione della produzione tramite *Additive Manufacturing*, che rende possibile la creazione di forme difficilmente lavorabili con le tecniche tradizionali a costi contenuti.

Altra necessità è il progressivo avanzamento verso i cosiddetti *Flexible Manufacturing Systems*, che presentano layout produttivi ridisegnati rispetto a quelli più classici, anche grazie all'uso significativo delle nuove tecnologie indicate nelle descrizioni delle due fasi precedenti. Questi sistemi sono altamente automatizzati, in quanto formati da macchine a CNC (*Computer Numerical Control*) interconnesse da un sistema di movimentazioni dei pezzi automatico. Il controllo di movimentazione è reso possibile dalla presenza di sensori "intelligenti", che permettono la distribuzione ottimale dei semilavorati. Si crea, di conseguenza, una serie di lavorazioni in parallelo ottime in base all'istante reale su ogni macchina, rendendo così la produzione molto efficiente. È inoltre possibile cambiare quasi in ogni istante il mix produttivo – sia per quantità che per modelli – potendo rispondere in tempo reale alle variazioni della domanda, nonché adattandosi ai possibili difetti di produzione, che tuttavia risultano molto ridotti per l'elevata presenza di sensori di controllo necessaria al funzionamento del sistema stesso. La parola chiave di questi modelli produttivi è quindi *flessibilità*, da intendere in tutte le sue parti: di produzione, di mix di prodotti, di capacità e di espansione. Con l'ultimo termine, si indica la capacità dei sistemi flessibili di potersi "allargare", in quanto è possibile aggiungere al layout attuale delle celle produttive, che ne aumentino la capacità o ne modifichino le qualità, per esempio con l'aggiunta di macchinari che consentono nuove lavorazioni richieste dalle evoluzioni del mercato.

Di seguito si mostra un esempio di “cella produttiva sensibile”, modulo base di ogni sistema flessibile.

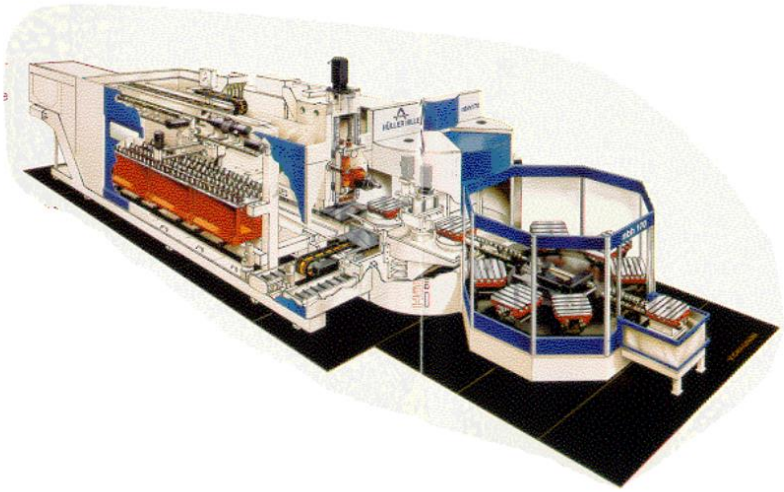

Figura 4 - Esempio di cella flessibile

Nell’ottica di flessibilità verso il mercato, risulta anche importante ottimizzare tutti i cicli interni all’azienda, per essere in grado di massimizzare il profitto, qualunque sia la domanda. Solo in questo modo si può raggiungere il giusto equilibrio tra costi - sia produttivi, ma soprattutto capacitivi, legati all’adozione di nuovi sistemi e tecniche – e benefici, che permetta all’azienda di essere competitiva e di poter continuare a crescere esponenzialmente.

Di rilievo risulta anche l’adozione di sensori biometrici in ambito industriale, che permettono il riconoscimento di determinate caratteristiche fisiche univoche per ogni individuo – quali impronta digitale o iride – per l’attivazione di macchinari o per tracciare i passaggi in determinate zone ad accesso limitato. Anche l’accesso ai dati sensibili può così essere monitorato in maniera esatta e attenta, rendendo il flusso di informazioni, sempre più imponente per l’uso dei Big Data, fruibile da tutti in componenti dell’azienda, in giusta misura.

Come già accennato, questa terza fase può essere denominata “verso l’AI”, proprio perché il suo scopo ultimo dovrebbe essere quello di trovarsi in una situazione in cui è possibile iniziare ad adottare l’intelligenza artificiale in produzione. Grazie ai nuovi sviluppi della *computer science*, diventa possibile ottenere delle “macchine intelligenti”, capaci cioè di pensare in maniera autonoma e, quindi, reagire autonomamente ai cambiamenti che avvengono nell’ambiente in cui operano. Non solo sono in grado di pensare, ma anche di ricordare. Proprio questa è una delle caratteristiche principali dell’AI, poiché le reazioni alle modifiche del processo che si sta

elaborando vengono immagazzinate, in modo tale da accorciare sempre più i tempi di risposta necessari ad elaborare un cambiamento rispetto allo standard di lavoro. È poi possibile andare ad agire manualmente sugli algoritmi che vengono elaborati in modo indipendente dalle macchine, per ottimizzarli ancor di più.
L'adozione dell'AI è, per contro, controversa. Vi sono, infatti, scuole di pensiero che affermano che possa porre le basi ad una progressiva sostituzione della macchina all'uomo, anche per quanto riguarda compiti non prettamente meccanici e ripetitivi. Questo però è ampiamente ribattuto dai sostenitori del progresso, in quanto l'uomo avrà sempre un ruolo chiave nella programmazione delle macchine e, a livello più basso, sarà da queste coadiuvato, non sostituito. Si può così arrivare ad un orario di lavoro più breve o all'abolizione dei cosiddetti "lavori pesanti", con un conseguente miglioramento della qualità della vita dei lavoratori, che dovrebbe sempre essere l'obiettivo ultimo di ogni rivoluzione industriale.

È bene ricordare, come già fatto anche in precedenza, che tutte le fasi esposte sono state descritte in maniera generale, rifacendosi a quelle che sono le circostanze più o meno comuni alle aziende che operano nel settore manufacturing. Ogni impresa ha una sua realtà e una sua storia, motivo per cui la road-map va sempre disegnata ad-hoc e insieme al cliente.

2.2 Definizione delle Architetture

Come esplicitato nel capitolo precedente, si deve ricorrere ad una architettura che permetta la completa transizione all'*Industry 4.0*, passando per i punti appena spiegati.

Come per la definizione degli strumenti utilizzati e quelli da utilizzare in futuro, anche la scelta dell'architettura abilitante 4.0 deve essere personalizzata in base all'azienda. Per la scelta, inoltre, si devono sempre tenere presenti le possibilità di crescita e di applicazioni future di nuove o diverse tecnologie.
Questa scelta può essere indirizzata da una serie di driver, che possiamo dividere in due classi: i principali, di carattere più generale e da analizzare fin da subito al fine di indirizzare correttamente la scelta; i secondari, che analizzano aspetti più specifici e servono a differenziare la scelta preliminare che già era stata abbozzata dopo una prima analisi.

I driver principali possono essere suddivisi in 3 gruppi: tipologia di produzione, flessibilità richiesta, impostazione architetturale richiesta.

Per tipologia di produzione si intende soprattutto la differenza tra industria discreta e di processo. La prima si riferisce alla produzione a cui si pensa solitamente, ovvero quella che riguarda la trasformazione di materie prime o semilavorati in prodotti finiti, attraverso processi meccanici – o di altra natura. È, appunto, l'idea classica che si ha di industria intesa come elaborazione degli elementi della distinta base di un prodotto, al fine di ottenere il prodotto stesso, che sarà poi venduto e porterà guadagno all'impresa. All'interno di questa tipologia di produzione di trovano, per esempio, l'industria metalmeccanica, quella elettronica, e quella tessile. Come già accennato, tutte risultano essere accomunate dalla presenza di una distinta base, che può infatti essere considerato il comune denominatore dei settori industriali facenti parte di questo primo gruppo.

La produzione per processo si riferisce, invece, a quelle industrie il cui valore aggiunto dipende da processi chimici, che portano alla formazione di reazioni chimiche, di scissioni o, ancora, di fusioni. Scendendo nel dettaglio, è anche possibile distinguere tra la maniera di produrre, che può essere continua o discontinua.

Ovviamente, rientrano in questo secondo tipo di produzione le aziende chimiche, ma non solo. Si classificano a produzione per processo anche le aziende farmaceutiche, quelle cosmetiche, nonché quelle di pitture e assimilabili.

Ciò che maggiormente contraddistingue i prodotti realizzati da aziende di questo tipo è l'inseparabilità, intesa come condizione per cui non possono essere sottoposti ad un nuovo trattamento – sia esso chimico o fisico – mantenendo inalterate le loro caratteristiche intrinseche. Questo significa che i componenti con cui sono ottenuti non possono essere separati in alcun modo. Si può dire che se i prodotti della prima tipologia possono essere, ipoteticamente, smontati, per questi è impossibile fare altrettanto.

Un'altra differenza tra le due tipologie di industria è che la seconda non lavora con materiali di input fissi. Per meglio dire, si può facilmente adattare ad una produzione che preveda materie prime differenti, in quanto i processi produttivi restano invariati (o quasi); mentre nel caso della produzione discreta un cambio di input richiederebbe conseguenti cambi dei macchinari, del layout, dei mezzi utilizzati per la movimentazione, etc.

Il secondo driver di scelta dell'architettura è la flessibilità richiesta, che dipende in larga parte dal tipo di produzione, ma non solo. Certamente, un processo si definisce rigido se in grado di produrre solamente determinati prodotti, con determinate caratteristiche fisiche che rispettino i vincoli strutturali e meccanici dei macchinari di produzione e delle attrezzature di movimentazione e

stoccaggio. Viene definito rigido, però, anche un processo che ha limitazioni quantitative o qualitative: se non è possibile variare in alcun modo la quantità di pezzi da produrre in un periodo in maniera diversa da quanto pianificato inizialmente, o se non si possono effettuare personalizzazioni di nessun tipo per rispondere alle richieste di un cliente, il processo non è certamente flessibile.
Al contrario, un processo flessibile permette di mutare facilmente il mix produttivo in "tempo reale", permettendo all'azienda di soddisfare ogni cambio richiesto dai propri clienti, siano essi interni o esterni. Come illustrato in precedenza, un'azienda che intenda adottare un processo flessibile, tenderà ad organizzarsi in celle produttive e far un elevato uso degli strumenti di automatizzazione, sia per la produzione che, soprattutto, per il controllo.

Terzo ed ultimo criterio di scelta dell'architettura è l'impostazione architetturale che si intende adottare. Se ne possono distinguere principalmente due: quella monolitica e quella per micro-servizi.
Nel primo caso si tratta di sistemi classici, che racchiudono al proprio interno tutte le funzioni richieste. Questo permette gestire il sistema nella sua interezza, con una conseguente vista globale e completa da parte degli incarichi del controllo. Per lo stesso motivo di "unitarietà" permette di mantenere i costi ad un livello abbastanza basso. Per contro, presenta seri problemi nel momento in cui l'azienda si trova in fase di crescita: crescendo la produzione, lo fanno di conseguenza anche la mole di dati da trattare e immagazzinare, la capacità di calcolo necessaria e le funzioni da implementare. Una struttura di tipo tradizionale è difficile da allargare significativamente, ma soprattutto, implica costi e complessità di gestione via via più significativi.
Un altro problema che si presenta adottando questa struttura è che un errore in una sua parte qualunque può influenzare, potenzialmente, il funzionamento dell'intero sistema. A seconda della posizione in cui tale errore si verifica, inoltre, è possibile che la sua risoluzione richieda azioni scalari da effettuare a partire da molti livelli superiori, con conseguente crescita esponenziale del costo e dei tempi necessari per la sua correzione.

La tendenza, oggi, è infatti sempre più quella di adottare strutture basate sui micro-servizi: qui, non si ha un unico contenitore per tutte le funzioni richieste, bensì una rete di componenti indipendenti tra loro connessi. Si crea così un sistema formato da unità, ognuna in grado di garantire l'esecuzione di una singola funzionalità autocontenuta dal sistema. Di fondamentale importanza è la connessione di tali unità, al fine di consentire il corretto accesso ai dati necessari allo svolgimento

dei propri compiti e la comunicazione dei propri output, che serviranno da input per qualche altra unità.
Con questo sistema si superano i limiti legati alla complessità crescente nel tempo di quello monolitico, nonché il problema delle ripercussioni a catena dei difetti. In presenza di errori, infatti, è possibile agire semplicemente sull'unità in cui essi si presentano per una loro semplice risoluzione, evitando di toccare tutti i livelli superiori. Questo si riflette, chiaramente, in una diminuzione del tempo di risoluzione e del relativo esborso monetario. Inoltre è facilmente implementabile ogni nuova funzione richiesta, in quanto si definirà come nuova unità, da connettere semplicemente con tutte quelle con cui andrà ad interagire.
D'altra parte, però, il disegno inziale di questo tipo di architetture richiede un dispendio di risorse nettamente maggiore, che non tutti possono (o vogliono) affrontare. Ciò è ancora più vero se già si dispone di un sistema di software, in quanto si tratta di rifare ex novo qualcosa per cui già si è speso del denaro in passato.

Una volta classificata l'azienda secondo questi primi tre gruppi, si può iniziare a delineare una linea guida verso la scelta dell'architettura del software più idoneo. Questa può essere affinata grazie all'utilizzo di altri driver, che permettono una analisi più dettagliata della situazione attuale dell'azienda, nonché della sua attitudine futura.
Tra questi si trova, innanzitutto, il grado di obsolescenza delle macchine. Da questo dipende fortemente la possibilità di integrazione con i software gestionali e di processo, nonché con le altre macchine presenti. Un problema che spesso si presenta è quello relativo all'utilizzo di sistemi nativi chiusi, che non consentono connessioni esterne né modifiche, o in disuso, per cui non sono più disponibili aggiornamenti né manutenzione. A questo particolare, si lega un altro indicatore guida per la scelta dell'architettura: il retrofitting. Si tratta della possibilità di effettuare aggiornamenti e modifiche alle macchine e ai suoi sistemi operativi, al fine di migliorarne la capacità di raccolta dati dal campo per una loro successiva analisi, sempre in ottica di incremento dell'efficienza produttiva.

Un terzo elemento da tenere in considerazione è il piano evolutivo in ottica *Industry 4.0* che intende adottare l'azienda; in particolare, si deve essere a conoscenza della possibilità di ricevere incentivi per la trasformazione, anche di ingenti quantità. Per questo motivo, si devono analizzare tutti gli scenari che si possono prospettare, in quanto anche iniziative apparentemente a scarsa potenzialità potrebbe risultare interessanti e fruttifere se viste in quest'ottica.

Di rilevanza primaria è la *cyber security*, la nuova frontiera della sicurezza industriale. In seguito all'uso sempre più elevato dei big data (e, in generale, dei dati in forma digitale), diventa fondamentale mettere in atto misure di sicurezza che assicurino l'inattaccabilità dei propri contenuti informatici da parte di esterni, ma non solo. Occorre anche tutelarsi verso i dipendenti interni, per evitare che possano distribuire dati sensibili, soprattutto nel momento in cui decidano di lasciare l'azienda, qualunque sia il motivo della loro scelta.
Questo tema assume ancora più rilievo nel caso in cui ci si trovi nella posizione di dover trattare dati esterni, quali quelli relativi ai propri clienti, come evidenzia il fatto che è da breve entrata in vigore la nuova normativa per il trattamento e la gestione dei dati personali. Nel caso in cui ci si trovi in questa posizione, la sicurezza informatica diventa d'obbligo, non solo per la protezione dei propri dati, ma, soprattutto, per evitare di incorrere in sanzioni legate ad una errata custodia dei dati personali altrui di cui si è in possesso. Nonostante sembri un aspetto che interessa poche aziende che operano nell'ambito manufacturing, è importante capire come questa sia un'idea errata. Al giorno d'oggi, infatti, qualunque azienda operi tramite un sito on-line dispone di cookies, perciò entra in possesso di dati sensibili ed è sottoposta alla normativa di cui si è parlato poc'anzi.

Un altro driver per la scelta della giusta architettura è il livello di comunicazione dei propri sistemi. Se si può disporre di reti e protocolli di comunicazione flessibili e "*embeddable"*, diventa possibile configurare il sistema a proprio piacimento e modificarlo facilmente nel tempo se cambiano i requisiti interni.

Infine, un aspetto chiave da considerare è la facilità d'uso per gli utenti, nonché la customizzazione delle interfacce. Questo assume ancora più rilievo nelle fasi avanzate del passaggio all'*Industry 4.0*, in cui si adottano dispositivi IoT da operare a distanza o *wearable* – cioè indossati direttamente dall'operatore. Se, oltre a doversi abituare ad indossare un nuovo dispositivo, diverso da quello a cui è sempre stato abituato, un operaio deve anche imparare complesse procedure per attivarlo o utilizzarlo, l'effetto della sua introduzione sarà controproducente e non gioverà all'impresa. Allo stesso modo, un videoterminalista che si trovi a dover gestire nuovi elementi con un'interfaccia complessa e poco chiara, perderà efficienza e impiegherà più tempo nell'esecuzione dei suoi compiti, soprattutto in un primo momento.

Come già nel caso della definizione degli step della road-map, anche per quanto riguarda l'elenco dei driver sopra citati non si può parlare di completezza ed esattezza assoluta. Per ogni tipologia di

impresa ed ogni mercato, è possibile individuare altri fattori secondari che indirizzino la scelta dell'architettura che meglio soddisfa le esigenze; come può capitare che l'adozione di alcuni di quelli qui presenti non apportino alcun valore aggiunto alla scelta.

2.3 Selezione delle Soluzioni

Una volta scelta l'architettura abilitante 4.0 più idonea alle proprie esigenze, l'ultimo, fondamentale passo da compiere è la scelta della soluzione migliore.

In realtà, si tratta di un processo di monitoraggio costante delle offerte del mercato in seguito all'avanzamento tecnologico degli elementi fondanti del modello 4.0, unito ad un modello di valutazione preciso, ma variabile per ogni azienda. Il vero obiettivo è quindi quello di arrivare a definire una metodologia di valutazione che consenta di scegliere sempre le soluzioni più adatte al momento, in base alla disponibilità del mercato, nonché a quelle interne – principalmente di budget e di conoscenze – per poterle sfruttare. Si può dire che il *challenge* è essere sempre al passo con i tempi, ottimizzando le soluzioni adottate e minimizzando le spese.

La metodologia di cui si parla deve tenere conto di tre aspetti distinti, ma correlati: la selezione dei software, quella degli hardware e le previsioni tecnologiche.
Tra i software da scegliere, particolare rilievo assumono il MES – *Manufacturing Execution System* – le piattaforme IoT e i software di riconoscimento. Si tratta di elementi basi dell'insieme produttivo, in quanto se non scelti correttamente potrebbero portare ad una errata gestione e organizzazione del lavoro, con conseguenti perdite economiche. Perdite che possono anche arrivare in un secondo momento, se ci rende conto di avere effettuato una scelta errata e si deve ricorrere all'acquisto di un nuovo prodotto. Se una volta la spesa più consistente per un'azienda manifatturiera era legata ai macchinari, infatti, ora, utilizzando software sempre più potenti e complessi, anche quella legata al loro acquisto diventa una voce di costo significativo: è per questo che la scelta deve essere ragionata e precisa fin da subito.

Il secondo aspetto citato è la scelta degli hardware. Si parla chiaramente di quegli hardware legati al mondo 4.0, quali i macchinari per l'*additive manufacturing*, i sensori RFID, i dispositivi IoT *wearable*, i sistemi automatizzati di trasporto ed i robot. Seguendo il criterio dell'importanza della scelta giusta legata al costo, si potrebbe affermare che ad avere rilievo sono principalmente i macchinari 3D, i sistemi di trasporto autonomo ed i robot: questa sarebbe, però, un'idea errata. Di fatto, un tag RFID può costare qualche decimo di euro, però ci si deve ricordare che il suo utilizzo

è legato in maniera univoca ad un lotto (o confezione, o prodotto), il che significa che un'azienda può aver bisogno di decine di migliaia di questi e che il loro impatto economico è da considerare in totale e non singolarmente. Per quanto riguarda i dispositivi indossabili, il ragionamento prescinde un poco dal criterio economico: questi vanno scelti in base al comfort e alla facilità d'uso. Se scelti in maniera errata, infatti, possono risultare d'intralcio al normale svolgimento dei propri compiti, creando un problema di inefficienza o, peggio ancora, di mancato utilizzo degli stessi, che può avere ripercussioni gravi qualora il dispositivo in questione sia adibito alla protezione individuale – ovvero se si tratta di un DPI.

Il terzo aspetto della matrice di scelta delle soluzioni riguarda i trend evolutivi del mercato e la nascita di nuovi campi applicativi. In questo momento, per esempio, risulta fondamentale il monitoraggio dei prodotti a *realtà aumentata*, che consentono cioè di creare intorno a sé un ambiente virtuale. Se applicata nel mondo industriale, tale tecnologia rende possibile, per esempio, evidenziare su un apposito occhiale i punti di un pezzo su cui agire, piuttosto che comparare le dimensioni o la temperatura di un prodotto o macchinario con quelle teoriche che dovrebbe avere. Riguardo il monitoraggio dei trend del mercato, non si deve compiere l'errore di limitarsi a osservare il proprio: è infatti sempre più frequente osservare travasi tecnologici da un mercato all'altro. Anzi, spesso proprio a partire dall'applicazione embrionale in un mercato differente da quello in cui si opera è possibile sviluppare soluzioni che risultano addirittura migliori per il proprio, con un risparmio monetario legato all'abolizione della fase di ricerca e sviluppo che ha preceduto il lancio nell'altro mercato.

3. L'operaio nell'era dell'*Industry 4.0*

Come già spesso è emerso nelle righe precedenti, il ruolo dell'operaio nel nuovo contesto dell'*Industry 4.0* si modifica inevitabilmente. È un fatto oggettivo. Meno obiettivo è, invece, la maniera di vedere e pensare i cambiamenti che lo riguardano: da un lato c'è chi pensa al nuovo approccio come invasivo nei suoi confronti, con una sua progressiva sostituzione per conto di robot; dall'altro, chi ritiene la sua presenza imprescindibile e valorizza i benefici che le nuove tecnologie possono apportargli.

Chiaramente, solo il tempo potrà dare ragione a una o l'altra scuola di pensiero; però è sentore comune pensare che l'uomo continuerà a giocare un ruolo chiave all'interno delle imprese, anche da un punto di vista prettamente operativo, non solo da quello decisionale.

È in quest'ottica che si guarda a un altro aspetto di miglioramento apportato dagli elementi 4.0: non più soltanto l'efficienza produttiva, ma anche la sicurezza sul lavoro. Per esempio, diventa ora possibile installare dei meccanismi antincendio che vadano ad agire nel momento stesso in cui si verifica un prodromo di incendio, grazie alla connessione a rilevatori a infrarossi o di fumo ipersensibili.

Se l'esempio precedente riguarda il monitoraggio di situazioni straordinarie – o che almeno in teoria dovrebbero essere tali nella totalità delle aziende – si può pensare anche a benefici diretti, anche se meno evidenti, che possono trarre gli operai ogni giorno grazie al monitoraggio delle condizioni di lavoro delle macchine. Se infatti un macchinario lavora di poco oltre la sua soglia di temperatura, per esempio, ciò potrebbe non influenzare le operazioni, però può portare ad un'usura errata e ad una conseguente rottura improvvisa che può danneggiare l'operatore. Con i sistemi di monitoraggio attuali ciò non accade, perché l'elaboratore a cui essi sono connessi segnalerebbe subito anche una minima disfunzione, su cui si andare ad intervenire per evitare danni futuri di maggior entità.

Con ripercussioni ancora più dirette per la salute del singolo operaio, però, è l'adozione dei già citati sensori indossabili. Grazie ad essi, è infatti possibile tenere monitorati costantemente i parametri fisiologici di ogni lavoratore, potendo così intervenire nel momento in cui si registrino dati anomali ed evitando incidenti sul lavoro legati a malori. Non ci si limiti a pensare a eventi che scaturiscono da questo tipo di situazioni che interessano il singolo, ma si tenga presente che se si

riescono a evitare malori significativi in soggetti che lavorano in team e svolgono compiti con possibili conseguenze pericolose per l'ambiente circostante, i danni evitati – a persone e cose – possono essere molto significativi. Si va quindi ad aumentare anche la sicurezza globale dell'ambiente lavorativo, nonostante si agisca sul singolo individuo.

Un altro fattore che aumenta la sicurezza dei lavoratori è l'introduzione dei dispositivi automatizzati per il trasferimento dei prodotti all'interno della fabbrica o del magazzino. In questa maniera si evitano incidenti legati alla distrazione o imprecisione degli operatori che muovono i mezzi – per esempio investimento di colleghi o collisioni con parti strutturali – grazie alla sensoristica presente su di essi.

Parlando di sensoristica, questa cambia anche il rapporto uomo-macchina, nel senso che quest'ultima diventa "intelligente", in grado cioè di autodiagnosticarsi problematiche e inviare al suo operatore un segnale in tempo reale, evitando così che questo compia delle azioni – siano esse quelle di routine o meno – che possano mettere a repentaglio la sua sicurezza in quella determinata circostanza.

Pensando alle possibilità offerte dalla connessione costante di tutti i dispositivi, viene da riflettere sul fatto che ogni operaio in possesso di uno smartphone può ricevere una notifica di pericolo legata a circostanze straordinarie, monitorate da un addetto. In questo modo si rende ancora più efficace il controllo di sicurezza: si pensi, per esempio, al controllo sulle perdite di gas. Tradizionalmente ci si affida a sistemi di controllo generale, talvolta con monitoraggio specifico di zone a rischio. Se si introduce anche un addetto dotato di rilevatore che vada a controllare anche zone più remote e meno soggette a rischio, si evita che da queste possa scaturire un pericolo. Se poi il pericolo è già presente, con un semplice tocco può notificare tutti gli operatori dell'area interessata dallo stesso, nonché avviare le misure di risoluzione e rimessa in sicurezza. Il tutto in tempi brevissimi.

Come è facile intuire, gli esempi di come il mondo il mondo dell'*Industry 4.0* possa non solo coesistere con gli operai, bensì ne possa migliorare le condizioni lavorative, sono moltissimi, motivo per cui la tendenza generale sembra essere proprio quella di dare fiducia alla sua affermazione.

Per corroborare questo punto di vista, si può analizzare anche un altro fattore, che può essere ricondotto alla sicurezza dell'operaio, seppur sotto un aspetto diverso. L'introduzione di elementi quali i robot o le stampanti 3D, dovrebbero portare infatti ad una progressiva diminuzione di lavori

da svolgere in posizioni scomode, da mantenere per tempi prolungati, o di compiti che implichino un elevato sforzo fisico. Se davvero cosi accadrà – e la situazione attuale sembra confermare questa tesi – si tratta di un miglioramento della salute dell'operaio, da intendere anche come l'evitare che si presentino sintomi di malessere fisico legato o mentale, legato alle condizioni di lavoro, anche a distanza nel tempo.
Lo stesso ragionamento vale anche, anzi, soprattutto, per gli impiegati di aziende in cui è implicato il processamento di materiali pericolosi per la salute. L'introduzione di sistemi di lavorazione e trasporto autonomi può infatti portare ad un isolamento delle aree in cui tali materiali vengono trattati, evitandone così ai lavoratori il contatto.

È evidente che l'adozione dei nuovi strumenti 4.0 possa effettivamente giovare agli operai, che però, dal canto loro, devono adottare un atteggiamento collaborativo. Non sempre l'introduzione di nuovi elementi è di immediata comprensione, né sono evidenti i benefici che da questa derivano; sarebbe però un errore non cercare di adattarsi al cambiamento e continuare, ostinatamente, ad agire nello stesso modo di sempre. Facilitare questa presa di coscienza da parte dei lavoratori è compito del management, che deve essere capace di comunicare fin da subito gli obiettivi dell'adozione di nuovi strumenti, ma anche di capire quali sono le necessità degli operai e gli eventuali contrasti che possono sussistere tra queste e l'inserimento dei primi. È quindi fondamentale instaurare un rapporto di dialogo nelle fasi immediatamente precedenti e successive all'introduzione degli elementi 4.0, con lo scopo di raccogliere suggerimenti e critiche, al fine di scegliere tra le opzioni disponibili quelle che meglio si adattano al contesto operativo. Questo perché spesso chi gestisce non ha ben presente quali siano le condizioni dell'ambiente di lavoro ed i problemi che da queste possono sorgere e, per evitare imposizioni dall'alto di misure controproducenti, non c'è cosa migliore, appunto, del dialogo diretto con chi gli strumenti scelti deve utilizzarli ogni giorno.

Se, come detto in precedenza, si può essere favorevoli o meno alla tesi che afferma che gli operai possono trarre più benefici che svantaggi dall'*Industry 4.0,* la posizione di Bip risulta chiaramente essere in linea con la prima scuola di pensiero. È per questo che, per quella che è la sua filosofia, nel momento in cui viene scelta per accompagnare un cliente verso il mondo 4.0, non si tralascia l'aspetto che riguarda i lavoratori. Anzi, è un aspetto che assume rilevanza. È per questo che si cerca da subito di comunicarne l'importanza anche al cliente – sempre che già non la pensi in questa maniera – e di ragionare con lui su quali iniziative 4.0 intraprendere affinché non sia solo il

suo business a trarne vantaggio, ma anche i suoi dipendenti, perché per quanto automatizzata possa essere la produzione al giorno d'oggi, le persone restano una risorsa chiave.

Ed è per lo stesso motivo che Bip ricerca le migliori soluzioni che coniughino i due aspetti sopracitati – prosperità del business e benessere dei lavoratori – da offrire a chi la sceglie come partner nel percorso di trasformazione verso l'*Industry 4.0.* Di queste soluzioni fa parte, oltre a molti altri progetti, lo studio riguardo i DPI – Dispositivi di Protezione Individuale – "smart", di cui si parla nel prossimo capitolo e a cui ho in parte contribuito durante il mio periodo di tirocinio nell'azienda.

4. I DPI "intelligenti"

L'analisi parte dall'idea che l'operaio dell'*Industry 4.0* è una sorta di "ibrido", in quanto a metà tra l'operatore classico e un robot, in grado di rilevare dati intorno a lui e inviarli a chiunque sia a lui connesso. In quanto "ibrido", deve quindi essere in grado di analizzare, registrare e comunicare informazioni relative all'ambiente in cui opera, oltre a svolgere il proprio lavoro come già faceva in precedenza.

Con questo in mente, si è deciso di compiere uno studio riguardo oggetti che un operaio è obbligato ad avere addosso e che possono essere fonte di raccolta e comunicazione dati, oltre che di recezione di informazioni da parte di terzi: i DPI – Dispositivi di Protezione Individuale. Ora *"smart"*, ovvero intelligenti, proprio perché vengono dotati delle caratteristiche tipiche di un robot sopra descritte.

Tra i DPI attualmente in uso, sono moltissimi quelli che possono diventare *"smart"*, come si evince dalla figura esemplificativa sottostante; elmetti, occhiali, guanti se si vuole nominarne alcuni comuni.

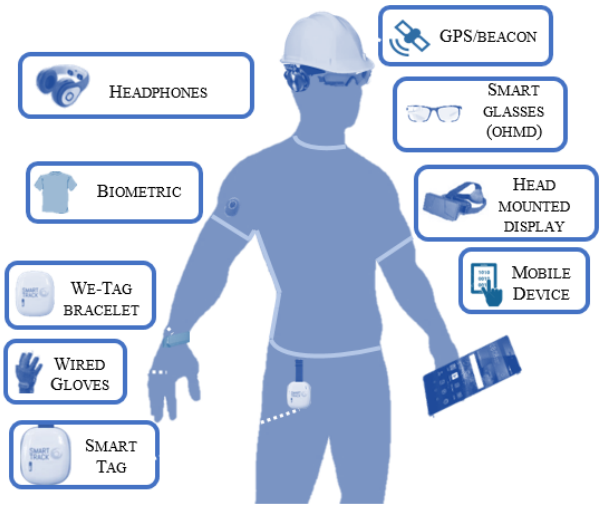

Figura 5 - Esempi di DPI "intelligenti"

Le motivazioni che possono portare un'azienda ad adottare DPI intelligenti, più cari di quelli standard, sono varie e concorrono non solo all'aumento dell'efficienza dell'operario, ma anche a quello della sua sicurezza. Tali dispositivi portano infatti ad una riduzione dei tempi di intervento in caso di problemi di salute, grazie all'interconnettività, ad una maggiore sorveglianza e monitoraggio sul campo e, grazie ai sensori di raccolta dati, ad una maggiore consapevolezza dei

pericoli che si trovano nelle circostanze. Come detto, inoltre, aumentano anche l'efficienza dell'operatore, che è in grado di segnalare in tempo reale eventuali problemi agli addetti alla loro soluzione e, con il supporto di questi, risolverli in tempi minimi.

4.1 Bip e i DPI "intelligenti" - Measure

Nel portare avanti questo studio, si è partiti dal classico schema del DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* – con in testa le caratteristiche comuni a tutte le aziende che operano nel settore manufacturing, per giungere alla conclusione che il modello "ibrido", cioè l'utilizzo di DPI "intelligenti", avrebbe permesso possibili breakthrough nelle tre fasi centrali dell'analisi. Più concretamente, riguardo la fase di misurazione è possibile utilizzare delle specifiche tecnologie per migliorare le indagini riguardo la sicurezza. La fase di analisi è positivamente colpita dall'utilizzo di analisi di grandi quantità di dati per raggiungere quelli che sono gli obiettivi aziendali. Per la fase di miglioramento, a beneficiarne è il processo di monitoraggio della sicurezza, con l'uso, anche in questo caso, di specifiche tecnologie avanzate.

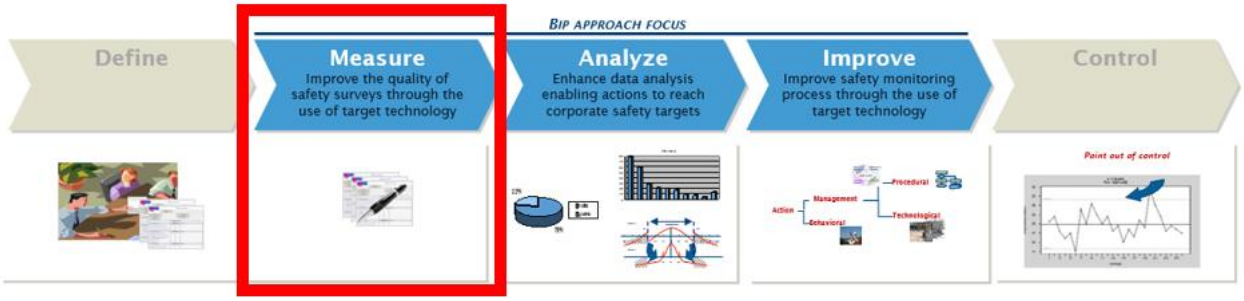

Figura 6 - Approccio di Bip per lo studio riguardo i DPI "intelligenti" - Measure

Nella prima delle tre fasi del DMAIC interessate dall'approccio proposto da Bip, il punto di forza è la possibilità di utilizzare dei metodi di raccolta e interpretazione dati di cui già fa largo uso e che risultano, quindi, ampiamente consolidate. Ciò che li accomuna è la facilità di interpretazione dovuta alla standardizzazione dei dati da analizzare, nonostante questi possano provenire da fonti diverse ed eterogenee.

Nello specifico caso in questione, si tratta di rendere facilmente ed immediatamente interpretabili i dati che si ricevono da tecnologie quali gli smartphone in dotazione agli operatori, i dispositivi portatili per rilevamenti di vario genere, le telecamere biometriche installate in varie zone dell'azienda. Per fare ciò, è imprescindibile creare una infrastruttura di comunicazione dati bilaterale tra i dispositivi e delle apposite camere di monitoraggio ed analisi. Inoltre si deve

sviluppare un'integrazione con il cosiddetto "*Big Data Lake"* dello stabilimento per tutto ciò che riguarda reportistica e analitica a proposito della sicurezza. Con il termine appena citato si intende tutta la mole di Big Data di cui l'azienda può disporre e che può utilizzare per moltissimi scopi, tra i quali non possono certamente mancare quelli legati alla sicurezza delle persone.

Scendendo più nel dettaglio, si propone un esempio concreto di dati che si devono trattare: quelli derivanti dalle misurazioni biometriche. Queste sono possibili tramite il monitoraggio di parametri vitali di un lavoratore che indossi dei sensori – i cosiddetti "*wearable sensors"*. Trattandosi di sensori, possono essere di piccole dimensioni ed utilizzati in aggiunta ai DPI classici, oppure essere parte integranti di essi, dando vita appunto ai DPI intelligenti. Dipende dallo scopo e da accuratezza e precisione richiesti, essendo chiaramente più efficace l'uso di DPI con i sensori integrati di default. Tipologie di dati raccolti grazie ai "*wearables*" sono il battito cardiaco e la sua variabilità: da questi è possibile tracciare, nelle camere di monitoraggio sopra citate, degli elettrocardiogrammi in tempo reale che vengono analizzati in modo automatico per via di elaboratori in grado di evidenziare anomalie e disfunzioni. Ogni qualvolta tali deviazioni dalla media non corrispondano a determinati sforzi temporanei ben identificabili si può intervenire, richiamando l'operaio e effettuando controlli più approfonditi. Questo tipo di informazioni può venire da "classiche" fasce cardiache fatte indossare sotto i vestiti, simili a quelle utilizzate dagli sportivi, ma ciò non sempre assicura il comfort necessario, né tanto meno il fatto che l'operaio stia davvero indossando il sensore: come già detto, non tutti sono in grado di cogliere i vantaggi che i nuovi strumenti possono apportare alla propria sicurezza, perciò vi è chi preferisce stare comodo e continuare a lavorare come ha sempre fatto, lasciando così tali bande nell'armadietto. Per questo, una soluzione più efficace deriva dall'utilizzo di magliette con i sensori integrati al loro interno, che vanno a sostituire le magliette già normalmente fornite. Per il datore di lavoro, è certamente richiesto un maggior sforzo finanziario iniziale, ma non ci si dovrebbe tirare indietro dati i benefici significativi che queste aggiungono al monitoraggio della sicurezza dei propri dipendenti. Inoltre, con una scelta di questo tipo è possibile fare un passo ulteriore, cioè inserire sensori per raccolta di altri tipi di dati in un solo indumento. In questo modo un operaio risulta monitorato sotto più spetti semplicemente indossando una t-shirt sotto la tuta, come ha sempre fatto.

In parte simili ai rilevatori della frequenza cardiaca per lo scopo sono i sistemi di monitoraggio della respirazione. Anche grazie ad essi, è infatti possibile individuare eventi che implicano uno sforzo fuori dal normale, segnalati da un aumento della frequenza respiratoria del soggetto

monitorato. Come per i precedenti, anche per questi sensori esistono tanto versioni "*embedded*", cioè integrati in DPI già utilizzati, dietro relative modifiche di fabbricazione, o "a sé stanti", da integrare a quelle che sono le misure protettive comunemente adottate.
Un'ulteriore evoluzione dei sensori di questa tipologia, ne permette un uso allargato al monitoraggio dell'aria dell'ambiente di lavoro. Si tratta di soluzioni più costose e meno mature, in cui il sensore diventa attivo: non si limita più a misurare dati biometrici di chi lo indossa, ma invia a questo anche segnali di allarme nel momento in cui rileva una qualità dell'aria inadatta al lavoro, solitamente legata alla presenza di gas o particelle nocive alla salute.

Gli altri dati di cui si parla possono essere legati alla temperatura corporea o alla geolocalizzazione. Nel primo caso, può risultare importante monitorare il livello di calore corporeo per assicurarsi che il lavoratore non stia lavorando in condizioni limite, che possono arrecargli danno se stressate ulteriormente. Questo risulta ancora più importante nel caso di lavorazioni in cui si raggiungono elevate temperature, ad esempio lavorazioni di stampaggio di metalli o altiforni, oppure se ci si trova in stabilimenti situati in luoghi impervi, cioè con condizioni di clima estreme.
La possibilità di geolocalizzazione assume rilievo strategico soprattutto durante le emergenze. Se ci si trova in condizione di dover abbandonare un edificio e recarsi al punto di raccolta, per esempio in seguito ad un incendio, diventa immediato per i supervisori notare eventuali persone mancanti all'appello, dando così inizio alle operazioni di recupero in tempi minimi. Le squadre di soccorso, inoltre, sarebbero guidate dall'indicazione precisa di dove si trova la persona oggetto della loro operazione, evitando in tal modo di sprecare tempo per localizzarla e potendo raggiungerla più rapidamente per prestarle i soccorsi necessari.

Un altro tipo di dati che possono essere raccolti dal campo per la salvaguardia dei lavoratori riguarda il livello di stress. Grazie ai sensori di ultima generazione è infatti possibile monitorare tale parametro e fornire un feedback live per evitare situazioni di eccessivo stress, che possono turbare sia il singolo individuo che le persone con cui collabora, evitando spiacevoli e imprevisti attacchi di ansia e panico o break-out.

Un DPI "integlligente" che coniuga ottimamente monitoraggio di sicurezza e di efficienza è lo "*smart glove*". Si tratta di guanti da lavoro del tutto simili a quelli tipicamente adottati in impresa, che, come è facile immaginare per via del nome, contengono al loro interno dei micro sensori. Questi possono essere votati a vari scopi, ma vengono principalmente usati per monitorare i

movimenti ed i posizionamenti delle mani nel caso in cui chi li indossa si trovi ad adoperare macchinari pericolosi. Si parla quindi di sicurezza, perché possono emettere un segnale di allerta nel caso in cui l'utente si avvicini troppo ad una zona della macchina che ne metta a repentaglio la salute – si pensi all'uso di macchinari che esercitano grandi forze o di taglio, che possono portare a perdite di parti degli arti superiori se utilizzati scorrettamente. Ma si parla anche di efficienza, perché possono evidenziare ai supervisori il continuo utilizzo scorretto di un determinato strumento da parte di più operai, che può essere determinato da un errato posizionamento dello strumento stesso nello spazio piuttosto che da una sua impostazione scorretta per la produzione di cui tratta. In seguito a rilevazioni di questo tipo è possibile intervenire con minime modifiche in grado di migliorare la produttività, oltre che di salvaguardare la sicurezza dell'operatore.

Riguardo la salvaguardia della sicurezza delle persone e, ancora, la riduzione dei tempi di azione in caso di bisogno di intervento a tal fine, è utile citare i dispositivi "*man down"*. Si tratta di sistemi che vengono consegnati agli operai, in grado di rilevare la loro normale posizione di lavoro e segnalarne variazioni. Ovviamente, queste possono verificarsi per compiti temporanei che il lavoratore si trova a dover svolgere, ma nel momento in cui cessano di essere tali e la posizione anomala si protrae per tempi sospetti, si avvia un controllo, che può avvenire inizialmente tramite comunicazione diretta e, in caso di mancato successo, via telecamere – che sono sempre più presenti nelle aree di lavoro – o con controllo diretto sul campo. Per accorciare ulteriormente i tempi di reazione, è anche possibile impostare l'invio di notifiche a dispositivi portatili posseduti da persone che operano in aree limitrofe, in modo tale da permettere un check istantaneo sulle condizioni del collega il cui dispositivo ha inviato un segnale di allarme e, eventualmente, richiedere supporto medico. Come per i sensori finora illustrati, anche i "*man down*" possono essere integrati direttamente in capi indossati. Il funzionamento di questi sistemi è assimilabile ai giroscopi presenti negli smartphone che ognuno utilizza costantemente: si tratta infatti di semplici sistemi che vengono calibrati su uno status standard e sono in grado di rilevare gli scostamenti da questo.

Come accennato nelle righe precedenti, dotare gli operai di tali dispositivi non basta a renderli operativi ed efficaci: è fondamentale creare una infrastruttura che ne permetta l'interconnettività.
Dal punto vista tecnico, si possono sviluppare vari tipi di connessioni, in base al raggio d'azione richiesto e la mole di dati da trasferire.
Si può utilizzare la tecnologia RFID – identificazione a radiofrequenze – nel caso in cui si operi a

corte distanze, per esempio per l'inserimento di sensori all'interno dei guanti, per rilevare comportamenti scorretti nei pressi dei macchinari.

Per altri strumenti, quali i rilevatori portatili o i palmari, una delle tecnologie più usate è quella bluetooth, di facile implementazione con costi relativamente bassi. I limiti, anche qui, riguardano la distanza di applicazione, in quanto si tratta di connessioni che sono possibili solo nel raggio di pochi metri. Per contro, però, risultano stabili e rapide.

Un terzo tipo di tecnologia di connessione usato, probabilmente in maggior misura, è quella wireless. Si tratta di utilizzare la rete wi-fi senza fili per il trasferimento dati, in modo simile a quello con cui ogni giorno si fruisce di internet nelle case. La differenza con quest'ultimo è che la rete è chiusa, ovvero non si utilizza per navigare in rete, ma solo per la distribuzione dei dati che i sensori raccolgono all'interno dell'azienda. Ovvero, viene utilizzata come veicolo per il trasferimento dei dati dai sensori agli elaboratori, ma anche viceversa, oltre che interconnettere i sensori tra di loro, permettendo molti degli interventi illustrati poc'anzi, quale il soccorso di un collega che venga segnalato come "down" da un apposito dispositivo.

Rimanendo in tema di soluzioni tecniche alla base dei dispositivi 4.0, vale la pena citare anche gli accelerometri. Si tratta di strumenti simili ai giroscopi, con cui vengono spesso utilizzati in combinazione. Differentemente da questi, però, la loro funzione è rilevare le differenze di velocità di moto, basandosi sull'accelerazione istantanea. Possono raggiungere precisioni e sensibilità molto elevate, che rendono possibile la loro applicazione in campo industriale per misurare i movimenti dei lavoratori ed individuare sovraccarichi di lavoro, che li portano ad agire in maniera più frenetica per stare al ritmo del lavoro. Questo dettaglio può anche servire come spunto di riflessione riguardo il miglioramento delle condizioni dell'operaio grazie all'evoluzione 4.0.

Riuscendo ad evidenziare situazioni frequenti di eccessiva mole di lavoro – di cui ora è possibile tenere traccia in maniera semplice grazie all'utilizzo dei Big Data – ed andando a rivedere la schedulazione in base ai ritmi che gli operai possono effettivamente tenere senza arrecare danno alcuno alla propria salute. Ivi incluso lo stress. Proprio questo è un altro tema che assume sempre maggior rilievo, in quanto ormai annoverato tra i disturbi professionali. Come già accennato, ora è possibile monitorare il livello di stress cui è sottoposto un lavoratore in tempo reale, per evitare che si accumuli tensione, che può sfociare in comportamenti imprevedibili e dannosi per sé stessi e gli altri. Oltre a ciò, però, con dispositivi quali quello descritto nelle righe immediatamente precedenti – basato su accelerometri e giroscopi – si può monitorare l'ambiente di lavoro a cui sono sottoposti

ogni giorno i lavoratori, potendo così agire per evitare il susseguirsi di situazioni che possono portare a casi di stress da lavoro che si verificano a distanza nel tempo, in seguito ad un accumulo di tensione.

4.2 Bip e i DPI "intelligenti" - Analyze

Il secondo step del DMAIC interessato dal focus di Bip è quello dell'analisi.

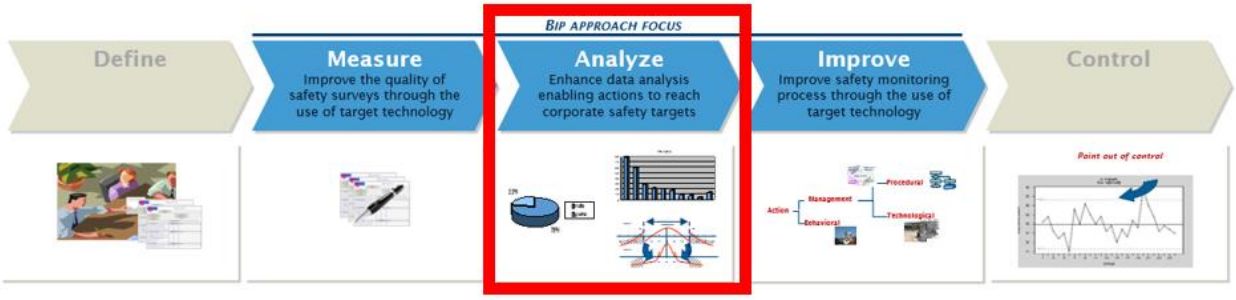

Figura 7 - Approccio di Bip per lo studio riguardo i DPI "intelligenti" - Analyze

Anche per questo secondo punto si ritrova la necessità di investigare due campi distinti, seppur strettamente correlati: le tecnologie disponibili ed il campo d'azione interessato dalle azioni di analisi, ovviamente in relazione alla sicurezza.

Innanzitutto, si tratta di tracciare una panoramica sulla disponibilità delle tecnologie che possono essere utilizzate per l'analisi dei dati raccolti grazie agli strumenti precedentemente descritti, ma non limitandosi a questi. In questa fase, si vuole infatti compiere un'analisi accurata e completa di tutto ciò che influenza la sicurezza in ambito aziendale, partendo da informazioni più "classiche" per finire con l'utilizzo di quelle acquisite nelle maniere poc'anzi citate.
Per rimanere fedeli al criterio di completezza, si rende quindi necessario affiancare agli strumenti di analisi 4.0 quelli più classici, già tipici della metodologia Lean, per restare in tema di confronto e similitudini tra i due movimenti. Così, Bip propone sempre di iniziare con l'uso di diagrammi di Ishikawa – i cosiddetti "*fishbone diagrams*" – e modelli di "*Root Cause Analysis*", al fine di capire quali siano i principali problemi che si presentano presso il cliente, con ogni sua implicazione ed ogni sua possibile causa principale. Così facendo, si pongono le basi per una analisi via via più stringente, con la progressiva adozione di nuove tecniche.

Il secondo step è iniziare ad utilizzare in modo consistente i Big Data, principalmente per quanto riguarda le analisi predittive. Questa nuova forma di analisi dati permette infatti di sfruttare dosi

imponenti di informazioni storiche per elaborare previsioni con tempi di calcolo impensabili fino a pochi anni fa. Diventa così possibile svolgere esami dello storico per individuare tendenze e prassi comuni che portano al verificarsi di situazioni di pericolo, che spesso sfociano in danni a persone o attrezzature. Come è ovvio, non basta limitarsi a tracciare i comportamenti insicuri, ma bisogna agire sulla cultura aziendale dei dipendenti per istruirli a tal proposito. Si parla quindi, ancora una volta, di gestione delle persone e del loro "accompagnamento" attraverso le varie fasi implicate dal passaggio all'*Industry 4.0*. Come evidenziato già più volte in precedenza, è fondamentale per i manager tentare di collaborare con i propri sottoposti per cercare le soluzioni migliori sia per l'efficienza aziendale che per il benessere dei dipendenti, evitando l'imposizione dall'alto di scenari decisi a tavolino. Metodo che, tra l'altro, raramente si rileva vincente, soprattutto nel caso di rivoluzioni significative quali è questa.

Un compito richiesto per tale scopo è la stesura di algoritmi che permettano un'analisi personalizzata in base alle condizioni di lavoro della singola azienda della grande quantità di dati disponibili, in modo tale da evitare di incorrere nell'utilizzo eccessivo di queste informazioni, con conseguenti sprechi di risorse.

Uno dei principali benefici introdotti da questo tipo di analisi riguarda la possibilità di correlare profili emozionali tipici di lavoratori di determinati reparti con il presentarsi di comportamenti non sicuri.

Il terzo ed ultimo passo è quello di implementare algoritmi di Intelligenza Artificiale e di Machine Learning.

I primi servono per cercare di rendere sempre più autonomi i computer, siano essi intesi come hardware contenente software di elaborazione dati o come il "cervello" di un robot in grado di agire senza il supporto di un operatore, che è la tendenza comune soprattutto tra chi ha poche conoscenze del settore. Le AI possono risultare molto utili per combinare dati raccolti internamente all'azienda con altri provenienti da fonti esterne, per studiarne la correlazione con il presentarsi di incidenti o semplicemente di situazioni ad alto rischio – considerabili come incidenti mancati. Ciò è reso possibile proprio dalla capacità intrinseca delle AI di pensare autonomamente – ammesso che gli algoritmi che ne stanno alla base siano idonei allo scopo – fornendo in tempi molto rapidi risposte precise e robuste. Ancora una volta, è importante però sottolineare come questa nuova tecnologia non possa sostituire in tutto e per tutto l'essere umano, che ha una maggiore sensibilità nell'analizzare le situazioni basandosi sull'esperienza e su quelle sensazioni che spesso lo guidano

e che mai saranno proprie di macchine o software. L'Intelligenza Artificiale deve quindi essere un supporto, cioè funzionare come base di partenza, e non un sostituto per chi deve prendere decisioni significative.

Parlando di Machine Learning, ci si riferisce alle attuali possibilità di installare sui macchinari software "intelligenti" in grado di ricordare quali comportamenti vengono adottati manualmente ogni qualvolta ci si trovi in situazioni non standard di funzionamento. In ottica di sicurezza aziendale, questo assume particolare rilevanza nell'evitare che situazioni di pericolo sfocino in incidenti. La procedura è semplice. Nel momento in cui si presenta su una macchina un problema senza precedenti, si richiede l'azione manuale di un operatore per evitarne o, ove questo risulti impossibile, arginarne le conseguenze dannose. Una volta ristabilita la situazione di lavoro ordinaria, la macchina è in grado di elaborare quelle che sono state le procedure d'emergenza attivate manualmente ed immagazzinarle nella sua memoria interna. Non si limita, però, ad archiviare solo questo tipo di informazioni, ma procede con l'analisi di quelli che sono stati i sintomi dell'evento. In questa maniera, non soltanto la reazione in caso di emergenza sarà autonoma – e conseguentemente più rapida – ma in molti casi si potrà proprio evitare, in quanto al presentarsi di avvisaglie uguali o simili a quelle memorizzate verranno subito intraprese azioni di contenimento, che vanno dall'invio di segnalazioni di allerta fino allo shut-down automatico.

Presentate le tecnologie da utilizzare in fase di analisi, si deve passare alla loro applicazione funzionale in ambito di sicurezza sul lavoro. Per farlo si utilizza uno schema piramidale come quello in figura, che rispecchia le successive fasi temporali appena descritte, in quanto ad utilizzo delle tecnologie.

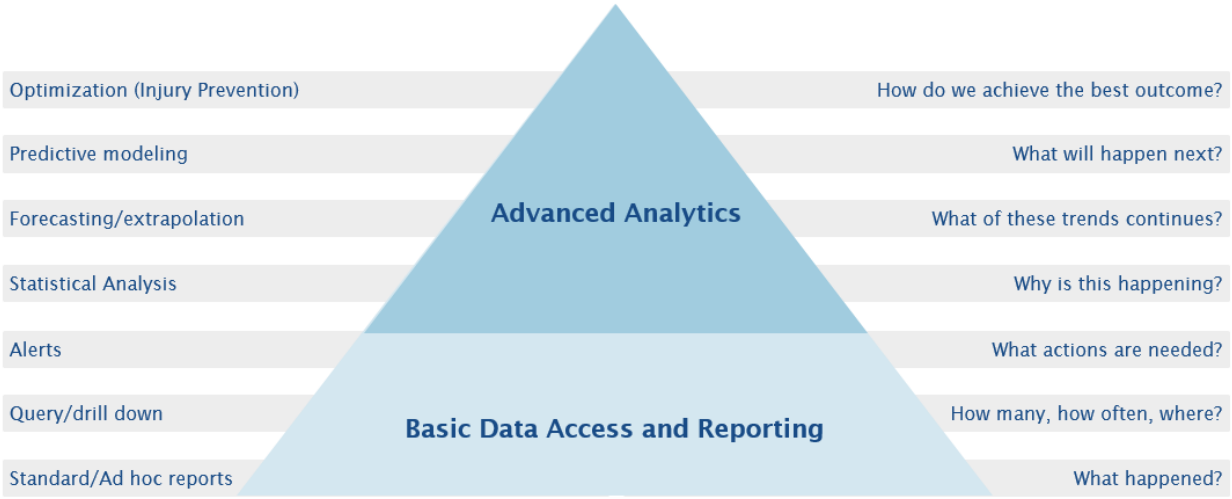

Figura 8 - Piramide di analisi

La prima azione da compiere è capire ogni dettaglio di quanto è successo e stilare dei report, che tendenzialmente hanno un formato personalizzato in base all'azienda, ma anche all'evento che si sta investigando. Talvolta si tratta di casi semplici e comuni, per cui può risultare più rapido ed economico utilizzare un layout standard, limitandosi ad inserire i dati al suo interno e tracciando le opportune conclusioni del caso.

Si procede cercando di capire quali siano la frequenza di accadimento e le modalità tipiche del danno in oggetto. Grazie ai nuovi strumenti 4.0, per fare ciò non ci si limita ad un confronto con lo storico interno, ma è possibile analizzare eventi simili accaduti in altre aziende operanti nello stesso settore per trarne informazioni aggiuntive e svolgere ricerche più approfondite.

Una volta compreso a pieno il problema, si indagano le azioni che è necessario intraprendere per cercare di risolverlo o, almeno, limitarne le ripercussioni. Come si evince dallo schema a piramide, di fondamentale importanza in quest'ottica risultano gli allarmi. Questa è la prima mossa da eseguire in caso di problemi che possano intaccare la sicurezza sul lavoro, in quanto permette, per lo meno, di segnalare situazioni di pericolo ed evitare ripercussioni sui lavoratori.

Le misure finora descritte possono essere definite basilari e, di fatto, non sono nuove nella gestione della sicurezza, se non per le modalità di esecuzione. L'analisi statistica da effettuare in risposta al perché dell'accadimento di determinati eventi, si pone a metà tra novità e tecniche base: da un lato, si è sempre cercato di mantenere un controllo statistico nei confronti degli accadimenti pericolosi, dall'altro, prima di adesso non era possibile gestirlo in maniera adeguata poiché mancavano gli strumenti adeguati a tale scopo, quali, in primis, le tecniche di Big Data Analytics. Inoltre,

effettuando analisi statistiche complete è possibile creare un base da cui partire per estrapolare dati utili a stilare previsioni di comportamento ed eventi futuri.

A tal proposito, si può iniziare a parlare di quelle tecniche che sono novità vere e proprie rispetto all'approccio classico verso la sicurezza sul lavoro, che rispetto a questo introducono una maggiore complessità, compensato dal raggiungimento di un più elevato grado di dettaglio.

Un passo ulteriore rispetto al *forecasting* di comportamenti futuri è la modellazione predittiva. Si tratta, come già accennato in precedenza parlando delle analisi rese possibili dall'uso dei Big Data, di creare modelli in grado di predire il comportamento futuro delle macchine, in molteplici scenari, disegnati a partire dalle ricorrenze passate più comuni. Anche in questo caso, come per l'analisi degli eventi da un punto di vista di frequenza e numerosità di accadimento descritta poc'anzi, i modelli in questione possono – e devono – tenere conto anche delle tendenze comuni alle aziende che operano in uno stesso mercato, senza limitarsi ad elaborare dati raccolti in loco. Se eseguita nella maniera corretta, l'analisi predittiva gioca un ruolo molto importante non solo nella salvaguardia della sicurezza sul posto di lavoro, ma anche per quanto riguarda l'efficienza produttiva aziendale. Permette infatti di evitare fermi macchina improvvisi, dovuti a eventi teoricamente prevedibili – bisogna sempre ricordare che per quanto affinata possa essere un tipo di analisi di questo tipo lascerà sempre almeno un minimo di spazio d'azione ad eventi aleatori ed incontrollabili – o, peggio, a rotture e danni al sistema produttivo.

In cima alla piramide si trova la risposta alla domanda su come prevenire i danni: l'ottimizzazione, cioè l'allestimento di un sistema di prevenzione infortuni efficiente e robusto. Si tratta proprio dell'applicazione delle tecniche di Ai e Machine Learning per mantenere un controllo costante dell'ambiente di lavoro ed essere sicuri di avere un sistema che risponda in maniera immediata ed efficace ad ogni tipo di problema che può sorgere. Tali tecnologie, consentono agli operai di lavorare in un ambiente più sicuro e con una maggior percezione della prevenzione in campo.

4.3 Bip e i DPI "intelligenti" - Improve

Il terzo ed ultimo pilastro del DMAIC su cui si ragiona riguarda il miglioramento della situazione attuale.

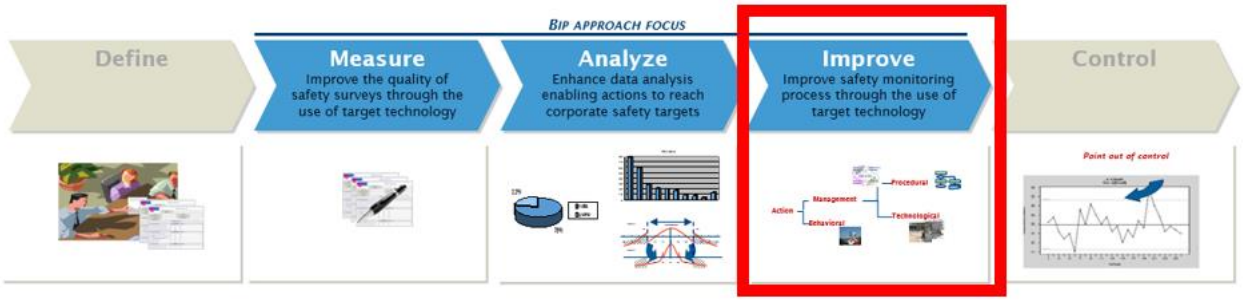

Figura 9 - Approccio di Bip per lo studio riguardo i DPI "intelligenti" - Improve

In questo senso, si invita nuovamente a pensare come l'operaio moderno possa essere considerato un "ibrido", ovvero possa disporre di nuovi strumenti che lo accompagnino nella vita lavorativa giornaliera, facilitandone i compiti ed aumentandone le possibilità. Allo stesso tempo, però, è utile ricordare come sia sempre comunque persona, motivo per cui non si deve pensare possa agire come un automa.

L'obiettivo non deve dunque essere quello di trasformarlo in un "essere telecomandato a distanza", bensì quello di aumentarne le capacità lavorative e conoscitive. L'importante risulta così avere sempre presente che, a prescindere da tutti quelli che possono essere gli aiuti e le indicazioni guida ricevuti dalla tecnologia, è sempre la persona a dover effettuare la scelta finale in merito alla condotta da tenere.

Le possibilità a tal proposito sono innumerevoli, ma tra tutte ve ne sono tre che meritano essere citate in quanto particolarmente utili, nonché facilmente sviluppabili e ampiamente diffuse.

La prima possibilità offerta dal mondo 4.0 riguarda la formazione dell'operaio, che ad oggi può essere integrata dal cosiddetto *"augmented training"*. Si tratta di fornire, in sede di addestramento, dei supporti digitali che permettano di sfruttare la tecnica dell'*"augmented reality"*. Questa consiste nel simulare potenziali situazioni reali su supporti digitali, rendendole però realistiche agli occhi dell'user, che può così sperimentare in maniera pratica nozioni teoriche che aveva precedentemente ascoltato. Il metodo risulta molto efficace, in quanto è dimostrato che le esperienze vissute direttamente – e anche se virtuali, quelle di questo tipo si avvicinano molto alla realtà – rimangono più vivide nella memoria degli individui. Similmente, si possono sostituire,

almeno in parte, i classici test di apprendimento con prove simulate. Questo permette agli incaricati della formazione di comprendere a pieno quali aspetti risultino di più difficile comprensione o applicazione per ogni persona, andando a ricalibrare i corsi o, se necessario, creandone di personalizzati. Inoltre data la possibilità di ricreare situazioni di pericolo che assomigliano molto a quelle reali, utilizzando un simulatore ci si immedesima maggiormente nella situazione per cui il modo di agire è più simile a quello che si adotterebbe sotto pressione, rispetto a quanto non capiti con i metodi di insegnamento e test più tradizionali. Per lo stesso motivo, poi, in caso si verifichi nella realtà una situazione quale quella vissuta tramite una simulazione, si è più inclini a mantenere la calma e ad agire razionalmente, perché non risulta del tutto nuova.
Le immagini sottostanti sono rappresentazioni di situazioni per cui può essere utilizzato un training a realtà aumentata, in settori applicativi diversi.

Figura 10 - Esempi di "augmented training"

Ovviamente, gli esempi possibili sono innumerevoli e non tutti implicano la simulazione di eventi di pericolo. Nel caso dell'immagine centrale, per esempio, si mostra come nel mondo automotive sia possibile utilizzare il supporto della realtà aumentata – nel caso specifico adottando un comune tablet – anche per una formazione più pratica, magari che implichi azioni da compiere quotidianamente.

Un secondo elemento che contraddistingue la fase di miglioramento nell'era degli strumenti 4.0 è la simulazione di eventi realistici attraverso la realtà virtuale. Il concetto è del tutto simile a quello appena esposto, i campi applicativi, però, sono diversi. Non si tratta più di formare il personale per l'inserimento all'interno del contesto lavorativo, bensì di verificare quali sarebbero i comportamenti dei dipendenti in caso di situazioni pericolose. Tramite l'uso di visori per la realtà aumentata, ad esempio, è possibile ricreare, nell'ambiente lavorativo vero e proprio, delle situazioni che possono generare panico e confusione, quali il divampare di un incendio o la rottura

di un tubo in pressione. Il soggetto che è stato dotato del visore, sarà portato ad agire in determinati modi – in base alla formazione ricevuta, ma anche alla sua natura intrinseca – che potranno essere valutati da personale esperto. A fine simulazione, sarà possibile analizzare l'andamento della stessa con il soggetto interessato, in modo da formarlo ulteriormente se ha presentato carenze conoscitive nella maniera di agire, o di insegnargli tecniche di gestione dell'ansia, qualora da questa sia stato condizionato. Il team di esperti potrà inoltre esprimere un parere, favorevole o contrario, all'assegnazione di determinate responsabilità concernenti la sicurezza in azienda alla persona che ha svolto la simulazione in questione.

Come si può intuire, la realtà virtuale risulta particolarmente utile per l'addestramento di personale adibito alla sicurezza, piuttosto che facente parte delle squadre di intervento vere e proprie. L'uso della realtà virtuale limitato a contesti di questo genere e la predilezione della più semplice *augmented reality* in fase di formazione base è giustificato dalla differenza di prezzo che esiste tra le due tecnologie e dalla facilità di attuazione. Risulta infatti molto più complesso simulare un'emergenza in un'area realmente usata per fini produttivi, che non ricostruire un ambiente virtuale in una sala adibita soltanto alla formazione.

Come nel caso precedente, anche in questo gli esempi che possono essere illustrati sono moltissimi.

Figura 11 - Esempi di applicazione della Virtual Reality

Tra quelli mostrati, si trova la possibile applicazione in ambienti che vedono la presenza di braccia robotiche, in cui l'operatore deve essere in grado di reagire in caso di malfunzionamenti. La foto centrale si riferisce al possibile utilizzo di questo strumento per formare personale specifico, in questo caso un vigile del fuoco o membro di una squadra di pronto intervento antincendio. In ultimo si mostra un caso di simulazione di evento pericoloso in ambienti che prevedono tubi ad alta pressione o contenenti gas tossici e/o infiammabili.

Come già detto, sono situazioni abbastanza specifiche, per cui si richiede una capacità di intervento che non lasci spazio ad azioni casuali o incontrollate, ma che si verificano solo raramente – o almeno così dovrebbe essere in teoria in un'azienda sana – e per cui non sempre è facile farsi trovare preparati e reattivi, a causa della sporadicità stessa dell'evento.

La terza delle innovazioni proposte è forse quella più interessante e disruttiva per l'ambito industriale, con riferimento alla sicurezza delle persone. Si tratta di quello che viene definita *"active safety"*, cioè sicurezza attiva: secondo questo concetto l'operaio "ibrido" diventa fonte e ricettore di segnali, che lo supportano nelle operazioni quotidiane per mantenere un livello di sicurezza sempre adeguato alle condizioni in cui lavora.
A questo concetto si affianca quello di *"empowerment cognitivo"*, che consiste nell'utilizzare gli strumenti che offre l'*Industry 4.0* per permettere al lavoratore di avere una maggior coscienza dell'ambiente in cui si trova, soprattutto delle fonti di pericolo.
Il primo dei due principi vuole che si forniscano ai propri lavoratori dei sensori che siano in grado di interagire con lo spazio circostante, in forma bilaterale, e inviare loro segnali di avvertimento – di vario tipo, in base al livello di significatività – in modo tale che possano agire nella maniera giusta per contenere i pericoli evidenziati. Ancora una volta, è importante come non si parli di robot, bensì sempre di persone, per cui le nuove dotazioni a loro disposizione fungeranno sempre da supporto, ma non potranno mai sostituirsi a loro per le scelte riguardo il corso di azioni da intraprendere, anche perché questo può risultare diverso per ogni individuo, nonostante ciascuno sia in possesso della stessa strumentazione. Questo è un punto che renderà sempre evidente e netta la distinzione tra un operaio "ibrido" ed un automa programmato.
A proposito dei segnali sopra citati, risulta necessario evidenziare che sono definiti bilaterali, cioè come l'operatore "ibrido" non si limiti a ricevere avvertimenti dall'esterno, ma sia in grado – grazie agli adeguati supporti – di inviare a colleghi e calcolatori informazioni captate durante lo svolgimento dei suoi compiti. In questa maniera, può diventare lui stesso fonte di avvertimento della presenza di un pericolo, anche se talvolta in modo "involontario", cioè grazie semplicemente agli strumenti tecnologici di cui è fornito, senza che debba sempre necessariamente essere vigile rispetto a tutte le possibili fonti di pericolo presenti.

La sicurezza attiva riguarda anche i macchinari utilizzati in azienda, su cui è possibile installare dispositivi che non soltanto scambino segnalazioni di pericolo con l'utente, ma che in determinate situazioni siano anche in grado di ricevere input di stop automatici. Questo processo risulta facile

da capire se si pensa ai sistemi di frenata assistita sempre più diffusa sugli autoveicoli che normalmente si utilizzano o alla cui pubblicità si è quotidianamente esposti, in quanto ad essi in parte assimilabili.

Per riprendere il concetto di *"empowerment conoscitivo"* cui si è accennato poco prima, si può affermare che racchiude in sé tutti e tre gli aspetti innovativi della sicurezza introdotti dall'*Industry 4.0*. È infatti possibile accostare l'uso di segnalazioni di pericolo a quello della *virtual reality* e della realtà aumentata, consentendo all'operaio moderno di acquisire molte più informazioni a proposito del suo intorno e di attivare un processo di elaborazione di queste che viene supportato dalla tecnologia di cui dispone. È così che l'operaio "ibrido" *tipo*, che si trovi in una situazione di pericolo, è in grado di avvertire tale condizione in tempo reale grazie alla segnalazione, distinta in base al livello di criticità, ricevuta; di visualizzare su un supporto visivo – per esempio palmare o *"smart glasses"* – la fonte di rischio; di analizzare le possibili scelte, con l'eventuale supporto grafico che gli stessi *"smart glasses"* possono offrire, ed infine effettuare quella che ritiene più corretta, basandosi sulle simulazioni fatte precedentemente con dispositivi di *augmented reality* o di *realtà virtuale* o chiedendo supporto ad un tecnico che gli viene segnalato dagli strumenti in sua dotazione.

Nella figura successiva si presenta un esempio di quella che è la vista tramite *"smart glasses"* in un'industria.

Figura 12 - Esempio di vista sttraverso "smart glasses"

Come è facile notare, all'operatore si presenta una realtà aumentata, che gli permette di disporre di molte informazioni aggiuntive in relazione al compito che deve svolgere in quel momento, oltre che l'elenco di persone cui si può direttamente rivolgere in caso di necessità di informazioni

tecniche che esulano dalle sue conoscenze, magari tramite un dispositivo di comunicazione integrato nel suo caschetto protettivo.

Un altro tipo di comportamento che rientra tra quelli che derivano dall'*"empowerment conoscitivo"* è quello di autoapprendimento, per cui un lavoratore impara ad evitare comportamenti che lo mettano in pericolo, grazie alla ricezione di segnali d'avvertimento corrispondenti ad essi.
Un esempio lampante dell'applicazione degli strumenti analizzati finora in quest'ottica è quello del cosiddetto "*virtual fencing"*. Si tratta di un sistema per cui il personale non abilitato ad entrare in determinate zone di lavoro, riceve una notifica audio-visiva che gli ricorda come stia recandosi in una parte dell'azienda a cui non ha accesso, solitamente per tutelarne la salute. Se dispone di un palmare o un visore di realtà aumentata, inoltre, gli risulta anche possibile verificare visivamente quali zone siano ad accesso limitato e per quale motivo. Importante sottolineare la possibile esistenza di vari motivi per tracciare un *"*confine virtuale*"*, che spesso viene adottato qualora l'accesso in date aree sia subordinato al possesso di DPI specifici, la cui presenza addosso al lavoratore può essere rilevata tramite sensori. L'operaio che si vede notificato il negato ingresso, può verificare sul suo supporto digitale il motivo di tale impedimento e realizzare così di aver dimenticato di indossare un certo dispositivo obbligatorio.

5. Caso studio: elmetti protettivi e gas detector "intelligenti"

Il caso studio che si intende presentare ha lo scopo di illustrare il *modus operandi* di Bip riguardo ad una ricerca di mercato, nonché quello di approfondire due tipologie specifiche di "*smart"* DPI: gli elmetti protettivi ed i rilevatori di gas portatili. I motivi per cui sono stati scelti questi due tipi in particolare si ritrovano nel fatto che sono trasversali a (quasi) qualunque tipo di industria e che lo stato di innovazione tecnologica raggiunto è già più che discreto.
In particolare, i primi risultano essere terreno fertile per esperimenti di *"smart integration"*, tanto per facilità e varietà di soluzioni realizzabili, quanto – fatto che spinge molto la ricerca in questo senso – per la loro già citata diffusione multi-settoriale.
Per quanto anch'essi utilizzati in moltissimi campi di applicazione industriale, seppur in quantità e frequenze differenti, un driver che ha spinto la società verso la scelta dei rilevatori di gas come oggetto di studio è la sua forte presenza nel settore Oil&Gas, che chiaramente è uno dei campi in cui questi dispositivi trovano maggior impiego.
Questa linea d'azione consente di massimizzare i risultati degli sforzi compiuti nel lavoro, in quanto permette di avere una base solida di partenza da proporre a molti dei clienti, nel caso in cui decidano di avvicinarsi al mondo 4.0, fosse anche soltanto per iniziare ad utilizzare materiale innovativo quali sono i DPI "intelligenti".

Prima dei risultati derivanti dall'indagine di mercato, è opportuno illustrare come questa è stata portata avanti, evidenziando le problematiche incontrate ed i modi con cui queste sono state superate.

Innanzitutto, come sempre accade quando ci si affaccia su qualcosa di nuovo, è stato necessario inquadrare il mercato dei DPI "intelligenti", identificandone le dinamiche, le soluzioni tecnologiche ed i principali trend; analizzandone i fornitori che al suo interno giocano un ruolo principale a livello globale; definendo, infine, i possibili scenari di approvvigionamento che un'azienda può adottare.

Trattandosi ancora di un mercato in fase primitiva, è quasi impossibile trovare numeri relativi a vendite o produzione dei DPI "intelligenti" trattati come prodotto a sé; si è dunque ricorso ad un inquadramento del generico mercato di DPI, analizzando poi le tendenze in ottica *"smart"*. Secondo quanto riportato da *Markets & Markets*, nel 2015 il valore stimato del mercato è di oltre

38 Miliardi di dollari. Le previsioni per il futuro parlano di forte crescita, stimando che verrà raggiunta quota 52 Miliardi nel 2020; mentre in ulteriori 3 anni, verrà superata la soglia dei 67 Miliardi di dollari.

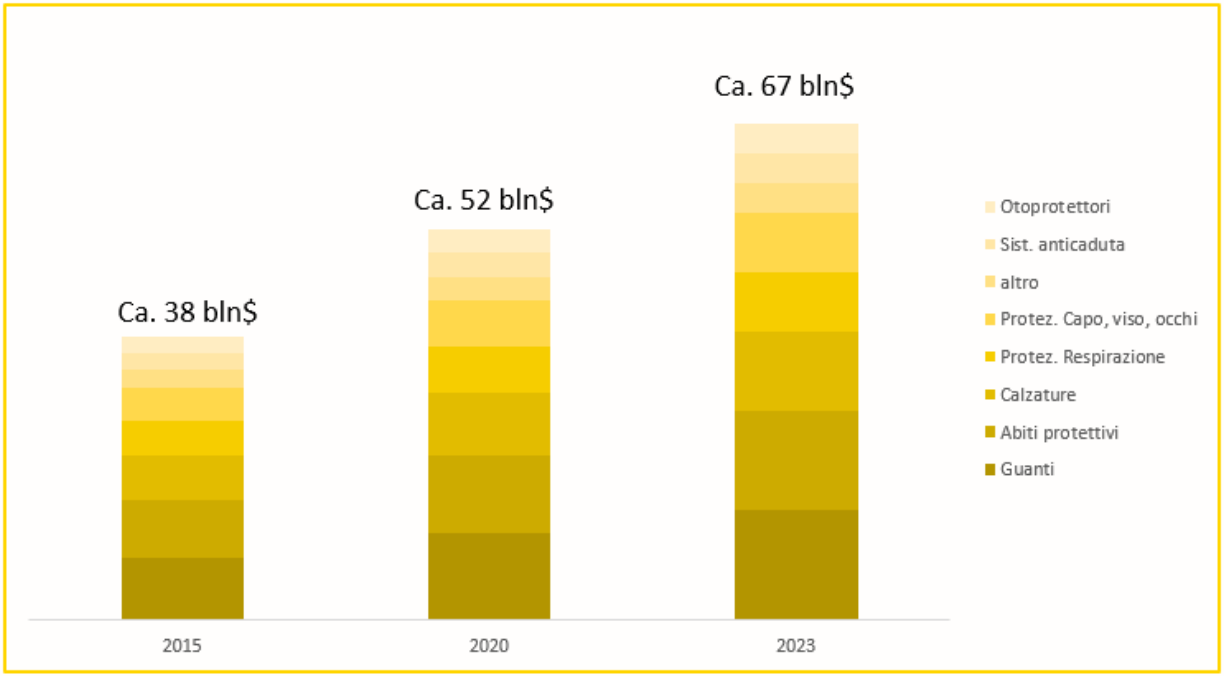

Figura 13 - Personal Protective Equipment Market Size Report (Markets and Markets, 2016)

I principali tipi di dispositivo che concorrono ad un così grosso giro d'affari sono guanti e indumenti protettivi. Il perché del fatto che siano queste le due maggiori categorie vendute è semplice: sono prodotti che vengono acquistati anche da un pubblico di privati e non soltanto da aziende che devono rispettare norme di legge. I guanti, per esempio, sono spesso acquistati da persone per uso in campagna o in lavori domestici, senza che le stesse siano obbligate ad indossarle durante il loro quotidiano lavoro. Anzi, di solito accade il contrario, ovvero che è proprio la gente con un lavoro d'ufficio – o assimilabile – che ricorre all'acquisto per evitare di provocarsi danni alle mani durante qualche lavoretto da svolgere nel fine settimana.

Attualmente registrano vendite elevate anche le scarpe antinfortunistica, che per legge vanno indossate obbligatoriamente da molti più lavoratori di quanto non si sia soliti pensare, anche quando non vi sono evidenti pericoli di caduta di materiali pesanti o contundenti che possano ferire i piedi.

Dal grafico precedente, risulta interessante notare anche il grado di crescita dei vari tipi di dispositivi. Per esempio, è possibile osservare come per i guanti sia previsto un significativo aumento di volume nei prossimi 5 anni, sicuramente in parte dovuto all'espansione degli "*smart gloves"*. Più rilevante ai fini dello studio, però, è la previsione di crescita che riguarda tutti quegli elementi protettivi classificati sotto la voce "altro": se al momento viene da pensare che sia perché sono utilizzati in mercati più piccoli o di nicchia, in realtà una parte di essi è formata da quei dispositivi ancora nelle prime fasi di vita, come i già citati "*man down"* o i rilevatori di stress.

Finora si è parlato della possibilità di avere dispositivi che "nascono intelligenti", cioè in cui i sensori e le nuove tecnologie in genere sono integrati, contrapposta a quella di "aggiungerli" ai DPI classici, soluzione certamente più economica e semplice, ma talvolta meno efficiente sotto vari aspetti.

In questa fase di approfondimento, si è voluto tracciare una distinzione più netta e dettagliata tra le tue tipologie, in modo tale da capire meglio quali effettivamente siano le tendenze del mercato, in base ad ogni tipo di DPI. Il grafico seguente mostra una doppia distinzione. Innanzitutto riprende in parte quella già proposta, per cui le icone a fondo blu indicano che per quel tipo di oggetto protettivo è possibile l'integrazione delle innovazioni tecnologiche già nella sua fabbricazione – si tratta cioè degli *"smart"* DPI propriamente detti - mentre quelle contornate di verde si riferiscono ad altre tecnologie che possono essere solo accoppiate a DPI standard veri e propri, per aumentare la sicurezza di chi ne viene dotato.

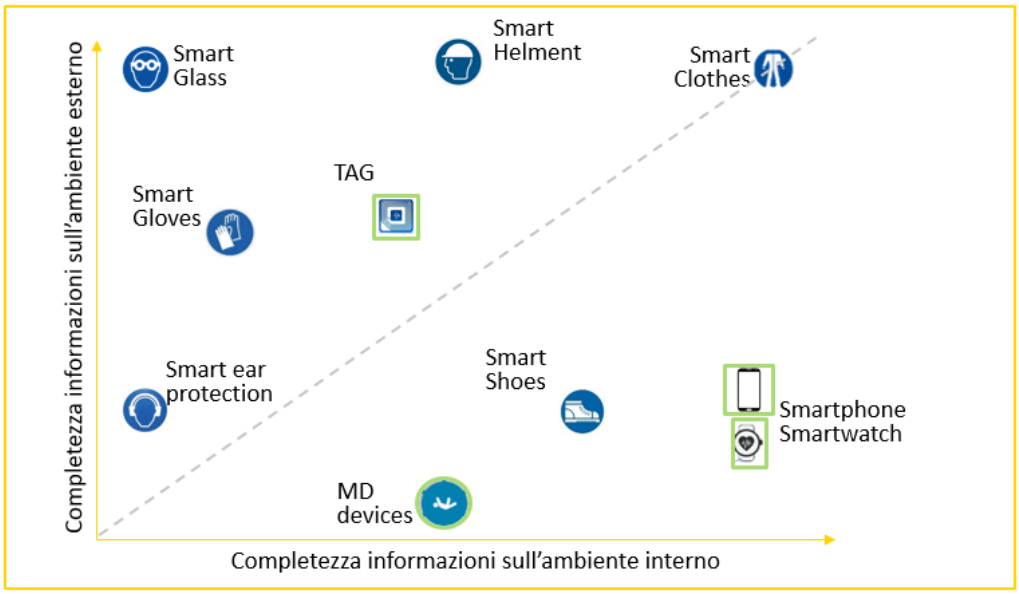

Figura 14 - Doppia classificazione dei DPI "intelligenti"

La seconda classificazione, quella più immediata ed evidente, riguarda le informazioni che sono in grado di raccogliere, tanto, in ascissa, riguardo alle condizioni di chi li indossa, per esempio i suoi parametri biometrici, quanto, lungo l'asse delle ordinate, in merito all'ambiente in cui vengono adoperati. Così, gli *"smart glasses"* si situano nella parte più alta del grafico, in quanto in grado di fornire informazioni in visive – e talvolta anche uditive, se al loro interno viene integrato un microfono – riguardo all'intera area osservabile da chi li sta indossando, senza però poter monitorare alcun suo parametro vitale, il che fa sì che si trovino all'estrema sinistra. Al contrario, un elemento quali le scarpe antinfortunistica "intelligenti", non sono in grado di raccogliere molte informazioni esterne, però possono fornirne molte di interne, quali il livello di sudorazione – che può indicare una temperatura corporea anomala – oppure la correttezza o meno della postura adottata: per questo motivo si trovano nella parte in basso del grafico, spostati verso destra.
Un terzo esempio è rappresentato dagli indumenti *"smart"*, che sono in grado di coniugare la raccolta dati interna con quella esterna, fornendo così una lettura completa della persona nel proprio intorno di azione. Per questo motivo si trovano nella parte più alta del grafico, situati esattamente sulla bisettrice.

Una volta delineate le possibili classificazioni degli equipaggiamenti *"smart"*, è utile tracciare i trend del mercato, con lo scopo di capire quali di questi siano già largamente diffusi, quali, invece, si trovino in una fase di crescita e quali siano ancora in una di sviluppo prematuro.

La figura proposta mostra gli stadi evolutivi in cui si trovano al momento alcuni dei principali dispositivi visti fino a questo punto.

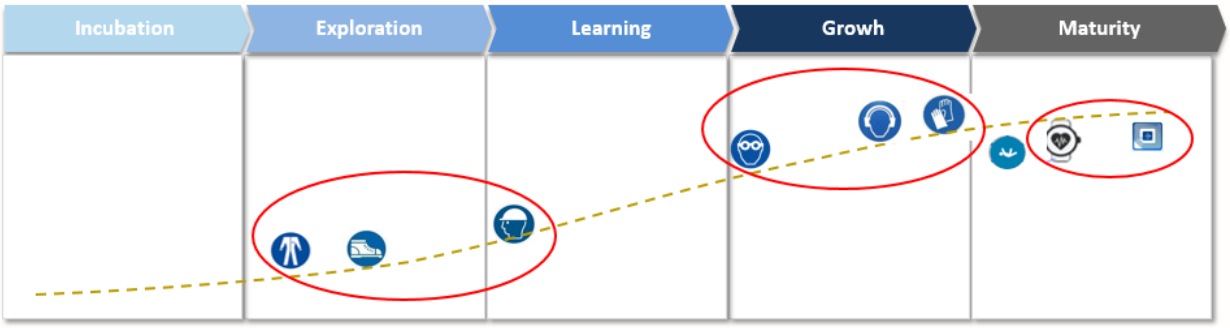

Figura 15 - Contestualizzazione dei DPI "intelligenti" nel loro ciclo di vita

Si possono tracciare tre situazioni, ad uso ed avanzamento tecnologico progressivamente maggiori. Partendo da sinistra, si trovano indumenti e scarpe, la cui tecnologia è ancora in fase esplorativa: si possono trovare dei prodotti finiti, ma nella maggior parte dei casi si tratta di "prototipi avanzati", che necessitano ancora studi di perfezionamento o certificazioni richieste dalle normative vigenti prima di poter essere lanciati con successo sul mercato. Assimilabili a questa tipologia sono gli elmetti, la cui situazione è quella di prodotto "giovane", con un'effettiva messa in commercio ma ancora una scarsa adozione. Ad ogni modo, questo posizionamento nel ciclo di vita rappresenta un'ottima opportunità di investimento, in quanto promette sviluppi futuri e, con minimi sforzi e modifiche, si può arrivare a trovare la chiave di volta che ne permetta un'adozione massiva, da cui possono ovviamente derivare significativi ritorni economici.
Nella maggior parte dei casi, ad occuparsi di prodotti in queste fasi sono istituti di ricerca e start-up. I primi sono mossi dalla volontà di migliorare le condizioni di lavoro in cui operano le persone e, al contempo, di permettere un accurato monitoraggio dell'effettivo uso dei dispositivi indicati dalla legge. Gli altri cercano nuove opportunità di business, possibilmente con innovazioni disruttive che possano portare a grandi cambiamenti nel modo di lavorare: sono proprio società di questo tipo che abbiano già sviluppato prodotti quali gli elmetti "intelligenti" su cui si può investire per trarre ingenti guadagni.

Il secondo gruppo di elementi protettivi *"smart"* ha già superato la fase appena descritta e sta ora attraversando un periodo di cospicua espansione. Il loro utilizzo trova applicazione in sempre più settori e la tecnologia che ne sta alla base si sta evolvendo rapidamente, fungendo spesso da driver di crescita. L'esempio più rappresentativo di questa categoria di equipaggiamenti è rappresentato

dagli *"smart glasses"*, che sfruttando le tecniche della realtà aumentata vengono adoperati per una moltitudine di scopi in svariati campi, non limitandosi al loro uso come supporto alla sicurezza delle persone.
Ad occuparsi della produzione dei dispositivi in questa fase sono spesso le grandi aziende multinazionali già produttrici di DPI tradizionali, che hanno saputo capire l'importanza di adottare nuove soluzioni tecnologiche per continuare ad espandere il proprio business. Non tutte le aziende sono state capaci di leggere correttamente i tempi e capire come le nuove tecnologie, prima tra tutte l'IoT, avessero opportunità di applicazioni in campi completamente estranei a quelli in cui erano state concepite.

Nella fase di maturità si trovano quei dispositivi che sono già ampiamente diffusi per usi non legati alla salute e sicurezza industriale, ma che trovano in questo campo ottime possibilità di utilizzo. Anche in questo caso, le aziende devono essere capaci – o meglio, per trarne guadagni significativi devono essere state capaci già qualche tempo fa – di intuire in quale maniera possono utilizzare tali dispositivi, o comunque le tecnologie di base che li caratterizzano, in questo settore.
L'esempio migliore deriva dai tag RFID, che nascono principalmente per la semplificazione della gestione dei magazzini e del trasporto merci, ma vengono sempre più spesso abbinati ai DPI, per esempio per operazioni di controllo successive ad una evacuazione o, più comunemente, per monitorare l'accesso ad aree ristrette o, ancora, l'uso stesso del DPI al cui interno vengono inseriti.

Una menzione a parte meritano i rilevatori di gas "intelligenti", che non sono stati trattati nei paragrafi precedenti. Possono essere equiparati all'ultimo tipo di dispositivi descritti, in quanto da tempo utilizzati in ambito industriale, ma che adesso trovano nuova linfa grazie all'utilizzo di nuove tecnologie, che permettono l'aggiunta di nuove funzioni, anche parzialmente slegate da quella base. In questo modo, si ampliano le possibilità legate al loro utilizzo e quindi alla loro diffusione. Un altro valore aggiunto dall'introduzione di nuove tecnologie è il miglioramento tecnico che è possibile apportare.
Un importante esempio di quanto detto finora è la nuova opzione legata alla possibilità di compiere misurazioni dei parametri biometrici dell'operatore e non più soltanto dell'aria della zona in cui questo si trova.

Analizzato il mercato dei DPI "intelligenti", descritti i suoi trend e le soluzioni che offre, si deve proseguire con l'analisi dei fornitori che operano al suo interno, in modo da ottenerne un'idea sempre più ampia e chiara.

Come per i singoli DPI, è possibile effettuare una classificazione dei loro produttori in due macro-gruppi, come viene evidenziato dal grafico riportato in seguito. Ciò risulta molto utile come base di partenza per la comprensione della struttura del mercato dei fornitori ed il suo esame.

Figura 16 - I macro-gruppi di fornitori di DPI "intelligenti"

I due cluster che vengono identificati si differenziano per il livello della tecnologia ed il grado di integrazione delle soluzioni che sono in grado di offrire.

I fornitori situati in alto a sinistra sono *System Integrator*, in grado di fornire soluzioni complete ed integrate, cioè dei "pacchetti" pronti all'uso, personalizzabili in base alle richieste del cliente. Possono fornire una moltitudine di DPI "intelligenti", nella maggior parte dei casi prodotti da aziende con cui instaurano un rapporto di partnership, e le infrastrutture in cui inserirle, quali i software di comunicazione e di analisi dati. Inoltre, sono in grado di fornire assistenza a tutto campo. Per contro, hanno un basso livello di specializzazione sui singoli DPI distribuiti, che possono sì essere personalizzati, ma comunque in maniera limitata soprattutto in virtù del fatto che non si occupano del disegno di base, che quindi non potrà mai essere modificato su volontà di un singolo cliente.

L'altro macro-cluster include le aziende produttrici di DPI tradizionali che sono state in grado di tenere il passo dei tempi e avviare la produzione di quelli *"smart"* e le start-up nate nell'era 4.0 che hanno deciso di lanciarsi nel mondo di sicurezza e salute industriale. La caratteristica di queste aziende risiede nello sviluppo di prodotti più tecnologicamente avanzati ed efficienti di quelli proposti dal primo gruppo, che possono subire significative modifiche in base allo scopo per cui un cliente intende utilizzarli. Il rovescio della medaglia è l'incapacità di fornire assistenza per l'integrazione delle diverse tecnologie alla base dei vari dispostivi, nonché l'impossibilità a supportare la stesura e gestione delle infrastrutture necessarie per il loro efficace funzionamento.

Avendo presente le caratteristiche del mercato e quelle dei fornitori, l'ultimo passo che occorre compiere per avere una vista completa sul mondo degli *"smart"* DPI è individuare quali scenari di approvvigionamento si presentano alle aziende.

È possibile individuare quattro strategie di approvvigionamento, in base al tipo di fornitore e al tipo tecnologia, come riassunto nello schema presentato.

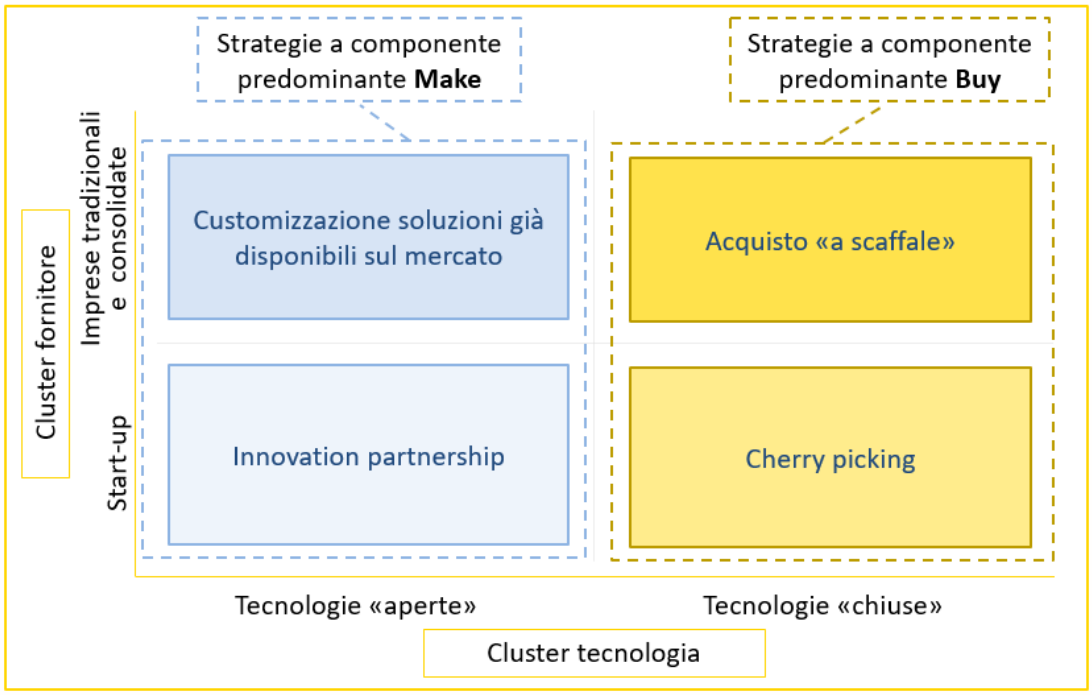

Figura 17 - Possibili strategie di approvvigionamento

Partendo dall'angolo in basso a sinistra, si trova quella che è definita *Innovation partnership*, strategia che consiste nello stringere un rapporto di stretta collaborazione con start-up che operino nel settore. Si tratta di una scelta che può essere efficacemente scelta da aziende grosse, con la

possibilità di finanziare la start-up in questione. Il ritorno però è ottimo, in quanto permette di sviluppare prodotti ad-hoc per le proprie esigenze che in futuro potranno anche essere parzialmente riviste ed adattate ai cambiamenti. Si mantiene cioè un controllo diretto dei produttori dei prodotti di cui si ha bisogno.
Inoltre, vi è la possibilità di monetizzare l'investimento nel caso in cui i prodotti risultino desiderati anche da altre aziende, una volta visto il loro potenziale, e inizino a dar vita ad un giro di vendite prolifero. Chiaramente ciò è subordinato alla corrispondenza dell'acquisto di quote societarie della start-up che si sta finanziando.
Nel caso di grossi gruppi, questa strategia può anche portare all'integrazione delle start-up scelte al proprio interno, in modo da creare un centro di ricerca orientato ai propri bisogni con una base già avanzata e consolidata.

Proseguendo verso l'alto si incontra la strategia che implica la scelta di prodotti già disponibili sul mercato che permettano di essere customizzati in base ai propri bisogni. Si tratta di dispositivi prodotti dalle tradizionali imprese del settore, che sono state capaci di adeguarsi ai cambiamenti tecnologi e sono ora in grado di offrire prodotti personalizzabili e consegnarli in tempi brevi. Il grado di customizzazione è ovviamente minore rispetto alle possibilità offerte dalla decisione di investire in una start-up, però i tempi utili di messa in esercizio dei dispositivi sono nettamente inferiori. Inoltre va detto come il livello di personalizzazione ottenibile dipenda comunque dal cliente, in quanto se si parla di un gruppo a forte presenza internazionale che decide di rinnovare, per esempio, tutti gli elmetti indossati dai suoi dipendenti nel mondo per passare ad una soluzione *"smart"*, la società che li produce sarà ben disposta ad effettuare cambiamenti anche imponenti – sempre nel rispetto dei vincoli tecnici e legali – fino ad arrivare a ridisegnarlo. Ciò perché, oltre al significativo beneficio che trarrebbe da una commessa del genere, può poi proporre a listino il nuovo modello risultante, contando sul fatto che è già in uso in tutte le parti del mondo, perciò risulta più conosciuto e pubblicizzabile. Al contrario, se a richiedere cambi considerevoli è una piccola azienda locale, difficilmente il produttore sarà accondiscendente.

Proseguendo in senso orario, si trova una soluzione che minimizza i tempi di approvvigionamento: l'acquisto "a scaffale". Consiste nel limitarsi a scegliere il prodotto offerto al momento dal mercato che più si avvicini ai requisiti e che consenta quindi di soddisfare, anche se non *in toto*, le esigenze. Questa strategia viene spesso adottata quando si ha bisogno di più tipi di dispositivi, da far entrare in funzione in breve tempo. Per soddisfare tali richieste è possibile rivolgersi a grosse aziende

produttrici di DPI che offrano anche soluzioni "intelligenti" oppure a dei *System Integrator*, che forniscano l'intero pacchetto richiesto, manutenzione inclusa.
Questa strategia, pur consentendo di limitare tempi e costi, può sfociare nell'acquisto di DPI con tecnologie meno avanzate, per cui si può rendere necessaria la sostituzione dopo un periodo relativamente breve nel caso in cui si voglia migliorarne l'efficienza.

L'ultima tipologia di approvvigionamento individuata è il cosiddetto *"cherry picking"*, che assomiglia al metodo appena descritto, con la sostanziale differenza che si ricerca sempre il prodotto *"best in class"*. In questo caso, quindi, la ricerca non è volta a soddisfare i propri bisogni in tempi rapidi e a costi contenuti, bensì a selezionare accuratamente lo strumento protettivo che meglio si adatta ad ogni possibile situazione che si può verificare nell'azienda. Adottando questo tipo di approccio, si corre il rischio di scegliere DPI che scarsamente si integrano con gli altri in uso o, peggio ancora, con l'infrastruttura di comunicazione. In questo caso, bisogna tenere presente che si deve poi ricorrere anche all'implementazione di nuove architetture comunicative per rendere i prodotti scelti utilizzabili nella loro totalità, senza cioè dover rinunciare a parte delle funzionalità per la loro mancata integrazione nel sistema in uso.
Come nel caso precedente, si rinuncia alla personalizzazione a vantaggio di tempi di consegna e costi inferiori rispetto alle prime due metodologie.

È quindi evidente di come non esista una strategia di approvvigionamento migliore in assoluto, ma come questa debba essere scelta in base alle necessità, le dimensioni ed il "carattere" di ogni azienda. Con quest'ultimo termine si intende l'inclinazione che ha un'azienda verso l'innovazione tecnologica e la sponsorizzazione di persone che la inseguono.

Tutti gli elementi descritti finora hanno reso possibile una comprensione approfondita del mondo dei DPI "intelligenti" e possono essere utilizzati come base per l'analisi di una qualunque società che vi operi. Inoltre, l'insieme di informazioni raccolte serve per guidare un'azienda che intenda fornirsi di *"smart"* DPI, verso una scelta ragionata e giusta, il più possibile allineata con i propri bisogni e la propria fisionomia.

Il passo ulteriore è stato quello di esaminare nello specifico lo stato dell'arte degli *"smart helmet"* e degli *"smart gas detector"*, di cui sono stati individuati e trattati i principali produttori.

5.1 I caschi "intelligenti"

Il casco protettivo diventa "intelligente" quando dotato di sensori di varia natura, di videocamere, di sistemi di comunicazione, di termometro, di giroscopio, di accelerometro o di rilevatori di gas. Non esiste un casco che contenga tutti gli elementi citati, ma basta la presenza di uno di essi a renderlo "smart". Come per ogni DPI, esistono vari livelli di evoluzione tecnologica, per cui li mercato offre alcune soluzioni avanzate, con la compresenza di più elementi 4.0, ma è facile trovarne di più standard, che si limitano ad ospitare slot di alloggiamento per tag RFID o sensori di movimento. Come detto in precedenza, infatti, gli *"smart helmet"* si trovano in una fase vitale a metà tra quella inziale e quella di affermazione e crescita, per cui rappresentano un terreno fertile per nuove sperimentazioni e ancora non si è capito quali siano le caratterizzazioni davvero imprescindibili.
Nell'analisi dei caschi "intelligenti" e dei suoi produttori, ci si imbatte così in gruppo vasto ed eterogeneo, che indica come si ci stia muovendo verso una crescita comune al mercato, ma ognuno con driver diversi. Da un punto di vista dei player del mercato, si trovano tanto start-up, quanto aziende da tempo affermate nel mondo della salute e sicurezza sul lavoro; ma anche produttori di apparecchiature radio o di equipaggiamento per lo sport. Anche l'approccio varia in base all'interprete, con alcuni che prediligono il disegno e la costruzione di strumento 4.0 che possono essere "aggiunti" al casco, altri che lo disegnano con alloggiamenti standard pronti ad ospitare vari tipi di sensore e altri ancora che invece lo ridisegnano *ex novo*, con all'interno la tecnologia che serve a renderlo *"smart"*.

La forma più basilare di passaggio all'elmetto intelligente è quella utilizzata da JSP, azienda che ha nella produzione di DPI il suo core business. Per cercare di stare al passo con l'evoluzione tecnologica, senza dover interamente ridisegnare i propri processi ed i propri prodotti, ha deciso di apportare una piccola modifica ad un modello standard di elmetto in produzione, inserendo un porta-badge esterno alla calotta. Questo è disegnato per ospitare un tag RFID in formato ISO Card, che può ad esempio essere usato per tracciare i movimenti dell'operatore o l'utilizzo effettivo del dispositivo di protezione. Si tratta di una forma con poco valore tecnologico aggiunto, che però non implica aumenti significativi nel costo dei caschetti, motivo per cui molte aziende che si affacciano al mondo 4.0 per la prima volta ne sono attratte. Del tutto analogo è il caso di Safe Srl, che ha ideato un casco con la stessa tasca in cui inserire il tag, ma la ha posta all'interno della calotta.

Uvex, invece, è un noto brand di attrezzattura sportiva – e non solo – particolarmente rinomato tra gli sciatori per la produzione di caschi da sci. Da poco, si è però anche lanciata nella sfida di applicare le nuove tecnologie, a cominciare dall'ambito industriale. Forte della sua presenza in ambito sportivo, ha pensato ad un casco che integri funzioni che possano essere eventualmente sfruttate anche sui caschi destinati a tale settore, quali la presenza di un accelerometro e di un giroscopio. Il casco che ha proposto, però, non si limita solo a questo, in quanto è anche dotato di termometro e sensore di luminosità, oltre che di uno che rileva in ogni momento se il casco è o meno indossato. Questo è un aspetto che può risultare molto utile per un datore di lavoro, che tutt'oggi si trova spesso di fronte a lavoratori non capiscono l'importanza del caschetto di protezione e, trovandolo scomodo e di intralcio, preferiscono non utilizzarlo. Così facendo, però, non solo mettono a repentaglio la loro salute, ma infrangono anche la legge, con ripercussioni che colpiscono il datore, che può essere accusato di mancata sorveglianza delle misure previste dalla legge. Ecco quindi che un rilevatore di utilizzo può consentirgli un risparmio economico.

Un esempio totalmente distinto è quello di Nexsys, start-up coreana che si occupa di tecnologie *wearable* e IoT, disegnando anche, oltre a prodotti per la sicurezza, le piattaforme per gestire i dati da questi raccolti. Come si può vedere, il casco che attualmente produce, la cui immagine è riportata, è dotato di telecamera HD per l'acquisizione del campo visivo di chi lo indossa e sistema *Push-to-Talk*, che funziona come un cellulare. In questo modo, l'operatore può inviare, tramite la connessione Internet resa possibile dalla presenza di un modulo Lte, informazioni audiovisive al centro di controllo, che può analizzarle e quindi fornirgli supporto.

Figura 18 - "smart helmet" NexSys

Di tutt'altra natura l'italiana VR Media, che principalmente si occupa di sviluppare software e hardware di realtà aumentata e virtuale. In apparenza, sembra che esuli dall'ambito di indagine, però si farebbe un errore a pensare in questa maniera: ha infatti sviluppato un casco "intelligente" che permette di utilizzare software e hardware della realtà aumentata che crea in casa, in ambienti di lavoro che implicano situazioni di pericolo. Il dispositivo, denominato R.E.A.L., è formato da

uno strumento di visualizzazione che permette invio e ricezione in tempo reale di immagini, a cui possono esserne sovrapposte altre virtuali. È anche dotato di un sistema di comunicazione, che permette all'operaio di mettersi in contatto con un tecnico e risolvere quelle problematiche davanti alle quali non sa agire di sua sponte, supportato dalla visualizzazione della realtà aumentata.
Un'altra particolarità di questo sistema è che può essere utilizzato anche per la formazione, tramite l'esecuzione di software appositamente strutturati. Di seguito se ne riportano due fotografie.

Figura 19 - VRMedia R.E.A.L.

Di particolare interesse risulta il caso di Daqri, società statunitense nata all'inizio di questo decennio come start-up nell'ambito della realtà aumentata. L'idea iniziale era quella di sviluppare gli allora inesplorati software che permettessero la realizzazione di giochi e altri prodotti virtuali in realtà aumentata. Quando però si verificò l'avvento degli smartphone, i due fondatori capirono che era impossibile creare software e strumenti che li utilizzassero in grado di concorrere con questi. Fu in quel momento che ebbero l'idea di pensare a creare prodotti di fisici di uso comune, a cui integrare la realtà aumentata; però il mercato privato richiedeva non solo efficienza, ma anche, soprattutto design e comodità. È questo che li porta a realizzare che il mondo giusto in cui applicare la loro passione per la realtà aumentata era quello industriale, al gusto estetico si preferiscono efficienza e possibilità offerte. Si decidono così a progettare lo *"smart helmet"* che è stato presentato al CES [4]di Las Vegas nel gennaio dello scorso anno. Si tratta di un innovativo casco protettivo in cui è inserito un processore di augmented reality, che proietta direttamente sulle lenti incorporate informazioni aggiuntive utili riguardo l'ambiente circostante. Ovviamente, è anche dotato di un sistema di comunicazione che permette all'operatore di mettersi in contatto con il centro di controllo o con un tecnico designato, oltre che di sensori di posizione e movimento.

[4] Organizzata dalla CTA – Consumer Technology Association, si tratta di una delle più grandi ed innovative fiere tecnologiche del mondo, a cui partecipano espositori attivi in ogni ambito, da quello industriale all'Health Care, passando per quello sportivo e, ovviamente, per il mondo del gaming.

Rispetto a quello proposto da VM Media, appena descritto, questo permette di superare il problema degli hardware esterni di realtà aumentata, da quella contenente i software d'esecuzione alla telecamera. Inoltre, contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare per la storia che portato alla sua realizzazione, è anche visivamente accattivante.

Figura 20 - "smart helmet" Daqri

In merito alla prima strategia aziendale di approvvigionamento che è possibile seguire per le forniture di DPI, quello che si presenta ora ne è un esempio particolare. Si tratta infatti dell'instaurazione di un rapporto di partnership votato all'innovazione Laing O'Rourke e MOQ Digital, una impresa di ingegneria britannica, l'altra società di consulenza digitale australiana. E proprio qua sta la particolarità: nessuna delle due produce DPI, ne è una start-up. Si tratta di un caso particolare, in cui la voglia di innovare, legata alle necessità incontrate sul campo e all'esperienza, hanno portato allo sviluppo di una collaborazione che ha come risultato la produzione di "unità intelligenti" che racchiudono sensori di varia natura, facilmente applicabili ai classici caschi protettivi comunemente usati dagli operai O'Rourke. Tale unità è in grado di monitorare sia dati dell'operaio che indossa il casco su cui è montata, nello specifico la temperatura corporea ed la frequenza cardiaca, che temperatura e umidità dell'aria. Inoltre, include accelerometro e GPS, per monitorare i movimenti e gli spostamenti del lavoratore. Ma non si limita a misurare, in quanto è anche in grado di prevenire il pericolo di arresto cardiaco, con 30 minuti di anticipo. L'unità è stata sviluppata basandosi sulla piattaforma Microsoft Azure, che ne riceve i dati via radio e li analizza.

Rappresenta, per tanto, un'ottima soluzione sia dal punto di vista funzionale che da quello di implementazione, nonché sotto l'aspetto monetario. Richiede però la presenza di un software di

analisi ben preciso, in quanto su di esso è stato disegnato, fatto che ne determina un limite applicativo.

5.2 I rilevatori di gas "intelligenti"

Come già accennato precedentemente, quello dei rilevatori di gas "intelligenti" è un sottogruppo di DPI particolare. Per loro stessa natura infatti, questi strumenti nascono già intelligenti; quando li si esamina nell'ottica delle nuove tecnologie perciò si deve pensare a come queste possono aumentarne le capacità e renderli più "completi". Come nel caso di molti altri DPI, è infatti possibile anche per questi ricorrere all'introduzione di nuovi sensori, che ne aumentino il raggio d'azione, oltre che a nuovi protocolli comunicativi, che ne velocizzino e migliorino la trasmissione dati.

Trattandosi di strumentazione abbastanza specifica e *scope-oriented*, rispetto al mondo dei caschi appena analizzato la varietà è nettamente inferiore, sia per quanto riguarda i player che per le soluzioni offerte.

Honeywell è attiva nella totalità degli ambiti industriali e produce da tempo rilevatori di gas portatili. Ultimamente, però, ha sfruttato la disponibilità di nuove tecnologie non solo per renderli più efficienti, ma soprattutto per aggiungere nuove significative funzioni per la salvaguardia della sicurezza di chi ne fa uso. Intanto, affianco alla rilevazione di molti tipi di gas – tossici, infiammabili, etc. – ha inserito quella relativa all'insufficienza d'ossigeno: quando questa si verifica, viene emesso un segnale di allarme. Proprio questo è un cambiamento in ottica 4.0: lo strumento funziona anche autonomamente e non più solo se attivato manualmente. Inoltre, aspetto più rilevante, i rilevatori vengono dotati di sistemi *man down* per indicare che l'operatore si è sentito male e di GPS per il controllo della sua posizione sia in fase di normale utilizzo che, soprattutto in caso di segnalazioni di questo o altro tipo, ad esempio se vengono rilevati gas tossici o fiamme, in modo da poterlo così eventualmente raggiungere e prelevare in caso di necessità.

MSA Safety, specializzata nella produzione di DPI, invece punta sulla diffusione degli smartphone come strumenti di monitoraggio in azienda e per questo ha sviluppato dei gas detector in grado di comunicare con gli stessi tramite un'app dedicata appositamente studiata. Questa serve come interfaccia temporanea per l'operatore, a cui permette di effettuare una prima rapida analisi delle rilevazioni, per poi inviare l'intera massa di dati ad un PC su cui è stato installato un software dedicato. Il trasferimento dati tra rilevatore e smartphone avviene via bluetooth, mentre

quest'ultimo trasmette i dati all'elaboratore via internet. L'utilizzo combinato di rilevatore e smartphone permette la comunicazione automatica di richiesta d'aiuto con altri operai nelle vicinanze nel caso in cui si verifichino problemi o si attivi l'allarme del sistema *man down*, presente anche su questo dispositivo.

La società ha anche stretto un rapporto di collaborazione con una ditta produttrice di smartphone certificati ATEX – cioè che possono essere utilizzati senza problemi in ambienti a rischio esplosione – e ne propone il noleggio a prezzo vantaggioso a chi si affida ai suoi rilevatori. Ad ogni modo, non è necessario ma solo raccomandato l'uso di cellulari a prova di ambienti esplosivi.

Anche la compagnia tedesca Draeger ha inserito nei suoi rilevatori più avanzati la possibilità di interfacciarsi con una app dedicata, in modo da renderne più semplice e immediato l'utilizzo nonché la comprensione dei dati rilevati. Inoltre ha inserito all'interno dei rilevatori dei tag RFID, in modo tale che si possa sempre prendere quello avente le giuste impostazioni necessarie tramite la lettura del tag stesso. Questo riduce il tempo di set up dello strumento e, soprattutto, il rischio di errori durante questa operazione.

Detcon, società del gruppo 3M, infine, non si è limitata a fornire ai propri gas detector la capacità di emettere autonomamente allarmi acustici e luminosi in caso di rilevato pericolo, ma si è premurata di creare dei veri e propri pannelli di lettura dati. L'idea è simile a quella di utilizzare un'app e, poi, un computer per analizzare i dati, ma in questo modo i risultati dell'analisi sono resi visibili a tutti gli operatori presenti nel raggio da cui si possono osservare tali pannelli di analisi. Questo può servire nell'ottica del monitoraggio continuo a tenere sempre informati i lavoratori, che guardando i dati raccolti dai colleghi che giungono al pannello in tempo reale possono intuire la possibilità del verificarsi imminente di situazioni critiche ed essere così subito pronti alla fuga nel caso in cui queste si concretizzino.

6. Conclusioni

Il mondo dell'industria – ed in particolare del settore manufacturing – si muove inesorabilmente verso un cambiamento guidato dal continuo e progressivo svilupparsi ed affermarsi delle nuove tecnologie. Opporsi caparbiamente ai necessari cambiamenti nella maniera di attuare e negli strumenti da utilizzare imposti da questa nuova rivoluzione industriale che si espande col nome di Industry 4.0 è insensato e controproducente. E quasi impossibile. Gli stessi elementi tecnologici che ne sono i fondamenti, infatti, si ritrovano in maniera più o meno evidente anche nella vita quotidiana, al di fuori dei contenitori produttivi che sono le imprese.

Allora, ciò che si rende necessario è cercare di cavalcare l'onda dei nuovi strumenti quale l'Internet of Things, i Big Data o le Intelligenze Artificiali, per porsi in una posizione di vantaggio nei confronti di chi ancora non ha capito qual è la maniera giusta di agire in questo mondo che cambia.

Questo cambiamento è mal visto da alcuni, che interpretano i nuovi strumenti tecnologici come minacce alla necessità dell'uomo come operaio. Questa è un'idea probabilmente sbagliata, in quanto l'adozione di tali strumenti porterà ad un miglioramento delle condizioni di lavoro delle persone.

In quest'ottica è interessante notare come grandi passi avanti a livello di innovazione siano stati fatto proprio nella riprogettazione dei Dispositivi di Sicurezza Individuale, che garantiscono un livello sempre maggiore di protezione e di informazione riguardo all'ambiente di lavoro. A seguito di queste nuove attrezzature di sicurezza, si ridisegna anche il ruolo dell'operaio che, dotato di strumenti tecnologici all'avanguardia, diventa "ibrido", in grado cioè di interagire in modo funzionale con le macchine e con l'ambiente in cui opera.

Bibliografia e altre fonti

Amato, R. (2018, Marzo 23). *Istat: solo il 3% delle imprese è digitalizzata, ma quasi la metà fa innovazione.* Tratto da Repubblica: http://www.repubblica.it/economia/2018/03/23/news/istat_rapporto_competitivita_-192024637/?ref=search

Architetture a microservizi, Paolo D'Incau. (2016, Maggio 27). *Architetture a microservizi*. Tratto da cabibbo.dia.uniroma3.it/asw/altrui/dincau_microservizi.pdf

Bini, F. (2018, Marzo 10). *Sensori, fabbriche in rete e dispositivi di controllo: "Ecco come come l'Internet delle cose rivoluzionerà l'industria".* Tratto da Repubblica: http://www.repubblica.it/economia/2018/03/10/news/maciej_kranz_cisco_iot-190522888/?ref=search

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Poland. (2014). *Final Report Summary - I-PROTECT (Intelligent PPE system for personnel in high risk and complex environments).* Tratto da European Commission - CORDIS: https://cordis.europa.eu/result/rcn/143743_en.html

Easton, K., Burton, T., Ariss, S., Bradburn, M., & Hawley, M. (2017). *Smart clothing for falls protection and detection: User-centered co-design and feasibility study.* Tratto da http://eprints.whiterose.ac.uk/117868/3/AAATE%20extended%20paper%20-%20katherine%20easton.pdf

http://it.msasafety.com/Rilevatori-portatili-di-gas/c/114?isLanding=true. (2018).

http://nexsyskorea.wixsite.com/nexsys-en. (2018).

http://www.vrmedia.it/it/augmented-reality.html. (2018).

https://daqri.com/blog/daqri-smart-helmet-a-deep-dive/. (2018).

https://gasdetection.3m.com/en. (2018).

https://intellinium.io/. (2018).

https://internetofthingsagenda.techtarget.com/feature/Smart-glasses-technology-embraces-AR-will-enterprises-and-consumers. (2018).

https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx. (2018).

https://www.cleverism.com/industry-4-0/. (2018).

https://www.draeger.com/it_it/Applications/Productselector/Mobile-Gas-Detection. (2018).

https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2018/06/12/four-digital-transformation-trends-driving-industry-4-0/#14a8a278604a. (2018).

https://www.forbes.com/sites/jimlawton/2018/03/20/the-role-of-robots-in-industry-4-0/#27c6bb09706b. (2018).

https://www.ibm.com/internet-of-things?lnk=ushpv18c13&lnk2=learn. (2018).

https://www.moqdigital.com.au/case-studies/laing-orourke/. (2018).

https://www.wareable.com/ar/the-best-smartglasses-google-glass-and-the-rest. (2018).

https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/. (2018).

Murison, M. (2016, Gennaio 7). *Australian construction firm uses IoT for 'smart helmets' which keep workers safe*. Tratto da https://internetofbusiness.com/australian-construction-firm-uses-iot-for-smart-helmets-which-keep-workers-safe/

(2016). *Personal Protective Equipment Market Size Report, Markets and Markets.*

Piano Nazionale Impresa 4.0 - risultati 2017, azioni 2018. (2018). Tratto da http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_40_risultati_2017_azioni_2018.pdf

Rauschnabel, P., Brem, A., & Ro, Y. (2016). *Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Conceptual Insights, and Managerial Importance.* Tratto da https://www.researchgate.net/publication/279942768_Augmented_Reality_Smart_Glasses_Definition_Conceptual_Insights_and_Managerial_Importance?ev=prf_pub

Scott, A. (2016). *Using the Internet of Things to Connect the Smart Worker.* Tratto da https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/using-the-internet-of-things-to-connect-smart-workers-whitepaper.pdf

www.businessintegrationpartners.com. (2018).

www.honeywell.com. (2018).

www.open-knowledge.it. (2018).

www.sketchin.ch. (2018).

www.smartppe.org. (2018).

www.uvex.com. (2018).