



ASSOLOMBARDA
Confindustria Milano Monza e Brianza

La strada verso la Manifattura 4.0

Progetto di ricerca “Focus Group Manifattura 4.0”

RICERCA

09/2016

A cura di

Centro Studi e Area Industria e Innovazione

La strada verso la Manifattura 4.0

Progetto di ricerca "Focus Group Manifattura 4.0"

La presente ricerca è stata sviluppata dal Centro Studi e dall'Area Industria e Innovazione di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza, dal prof. Giuseppe Airoidi dell'Università Commerciale Luigi Bocconi (capitolo 1) e da Francesco Seghezzi di Adapt (capitolo 2).

Si ringraziano per i loro contributi l'Area Sindacale di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza, il prof. Alberto Grando e Mauro Natale Scudiero dell'Università Commerciale Luigi Bocconi.

Indice

PREFAZIONE	7
EXECUTIVE SUMMARY	9
INTRODUZIONE	11
1. LE STRATEGIE DI ADOZIONE DI MANIFATTURA 4.0 NELLE IMPRESE LOMBARDE	13
Il metodo di lavoro	13
Alcune riflessioni trasversali: le criticità e le sfide	16
Verso il modello Manifattura 4.0: i percorsi delle imprese manifatturiere	24
Il contesto nel quale oggi le imprese affrontano la sfida della Manifattura 4.0	37
Appendice 1.1 - Le tracce per la conduzione dei focus group	41
Appendice 1.2 - Il questionario per le imprese manifatturiere	43
Appendice 1.3 - Il profilo delle aziende che hanno partecipato alla ricerca	45
2. L'IMPATTO DELLA MANIFATTURA 4.0 SULLE RELAZIONI INDUSTRIALI	53
Il metodo di lavoro	53
I risultati del focus group per tematiche emerse	55
Appendice 2.1 - Il profilo delle aziende che hanno partecipato alla ricerca	61
Appendice 2.2 - Literature review	63
Appendice 2.3 - Best practice internazionali: i casi di Germania e Stati Uniti	69
BIBLIOGRAFIA	75

Prefazione

L'Industria 4.0 rappresenta l'ultima chiamata per il rilancio del manifatturiero lombardo e italiano: oggi la manifattura italiana vale solo il 16% del valore aggiunto sul PIL, mentre era il 20% nel 2000.

Eppure, le nostre imprese manifatturiere hanno tutte le qualità per essere all'avanguardia in un mondo che cambia così velocemente: abili nell'innovazione combinatoria, agili nella gestione, flessibili nell'adattarsi al cliente, interessate a coprire nicchie di mercato.

Partendo da questa considerazione di fondo, Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza ha messo al centro del suo Piano Strategico Far Volare Milano il progetto "Sviluppo del manifatturiero", di cui la Manifattura 4.0 è uno dei blocchi portanti, se non addirittura il principale.

Il nostro programma di lavoro nasce da esigenze conoscitive: la digitalizzazione delle imprese è un tema tanto discusso quanto poco definito. Abbiamo scelto di approfondire il tema attraverso una analisi qualitativa che ha coinvolto i vertici delle imprese, per comprendere direttamente dai protagonisti quale approccio stanno seguendo, quali opportunità vedono all'orizzonte, quali sfide stanno affrontando.

Abbiamo riscontrato un grande interesse al tema, che ci ha positivamente stupiti. Tra maggio e giugno 2016 ben 70 rappresentanti delle nostre imprese, che ringrazio di cuore, hanno preso parte ai nostri focus group per raccontarci la loro esperienza e per confrontarla con quella degli altri:

Marco Amelotti (Fontana Gruppo)	Laura Bruno (Sanofi)	Alessandro Coppola (General Electric Italia)
Daryus R. Arabnia (Geico)	Umberto Caccioppoli (Fides Consulting)	Concettina Costanza (Boehringer Ingelheim)
Lorenzo Ariotti (Gruppo Bracco)	Gaetano Caldirola (Nokia)	Umberto Covelli (Adler)
Paolo Barbatelli (Rold)	Giorgio Campatelli (Cisco System)	Roberto Crapelli (Roland Berger)
Gianluca Bella (Agrati Group)	Nicolò Codini (Disa)	Sandro Crestani (Osram)
Donatella Bianchi (Schindler)	Fabio Colacicco (Patheon)	Umberto D'Alessandro (Gruppo Bracco)
Marcello Bianchi (Mapei)	Matteo Colamartino (Diplomatic Oleodinamica)	Massimo Dal Checco (Sidi)
Antonio Bosio (Samsung Electronics)	Marco Colatarci (Solvay Group)	Gerhard Dambach (Bosch Group)
Andrea Dell'Orto	Fabio Lugli	Sergio Re

<i>(Dellorto)</i>	<i>(Gruppo Bracco)</i>	<i>(Bayer)</i>
Benedetto Della Beffa <i>(Indena)</i>	Stefano Mantegazza <i>(NTT Data)</i>	Stefano Rebattoni <i>(IBM)</i>
Antonio Dragotto <i>(STMicroelectronics)</i>	Mirco Masa <i>(Cefriel)</i>	Ambra Redaelli <i>(Rollwasch Italiana)</i>
Fabrizio Felippone <i>(Project Automation)</i>	Gian Paolo Masone <i>(Alstom Italia)</i>	Laura Rocchitelli <i>(Rold)</i>
Luca Ferraris <i>(Italtel)</i>	Carla Masperi <i>(SAP)</i>	Irene Rossi <i>(Innext)</i>
Aldo Fumagalli <i>(Candy Group)</i>	Sandro Mazzucchelli <i>(Novartis)</i>	Francesco Sala <i>(Pirelli)</i>
Aldo Fumagalli Romario <i>(SOL Group)</i>	Umberto Mazzucco <i>(Deloitte Consulting)</i>	Giacomo Salina <i>(Castel)</i>
Daniela Galli <i>(Bayer)</i>	Massimiliano Menegotto <i>(Gruppo Num)</i>	Andrea Servili <i>(Innext)</i>
Gianluca Gori <i>(Basell Poliolefine Italia)</i>	Marco Morchio <i>(Accenture)</i>	Giovanni Strapazzon <i>(Zambon Group)</i>
Stefano Guantieri <i>(Vortice Elettrosociali)</i>	Giovanni Notarnicola <i>(Porsche Consulting GmbH)</i>	Marco Taisch <i>(Holonix)</i>
Massimo Guizzardi <i>(Terry Store-Age)</i>	Pietro Palella <i>(STMicroelectronics)</i>	Vincenzo Trabace <i>(Lanxess)</i>
Marco Icardi <i>(SAS)</i>	Angelo Pasini <i>(Breda Energia)</i>	Carlo Tribuno <i>(Breda Energia)</i>
Guido Lanfossi <i>(Kone)</i>	Alberto Proverbio <i>(Accenture)</i>	Carlo Vaiti <i>(Hewlett Packard Enterprise)</i>
Maurizio Ledda <i>(Cesi)</i>	Andrea Provini <i>(Gruppo Bracco)</i>	Gianluca Viscardi <i>(Cosberg)</i>
Mario Levratto <i>(Samsung Electronics)</i>	Lorenzo Pugassi <i>(Inoxfucine)</i>	Luca Zanella <i>(ABB)</i>
Andrea Lovato <i>(Tenova)</i>	Alessio Radice <i>(ABB)</i>	Roberto Zuffada <i>(Siemens)</i>

Strategie, evoluzioni organizzative e delle relazioni industriali, attori protagonisti ed eccellenze esistenti sono stati i temi al centro dell'analisi. I risultati emersi, oltre a creare conoscenza inedita, ci permettono da un lato di evolvere l'offerta di servizi alle imprese associate avendo presente effettivi bisogni e criticità, dall'altro di avanzare soluzioni di policy tagliate sul nostro sistema produttivo.

Questo è un primo punto da cui partire e su cui continuare a lavorare.

Andrea Dell'Orto
Vicepresidente di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza
con delega allo Sviluppo Manifatturiero e Medie Imprese

Executive summary

Il progetto di ricerca “Focus Group Manifattura 4.0”

Tra maggio e giugno 2016 abbiamo condotto una analisi qualitativa attraverso interviste strutturate in focus group a oltre 70 rappresentanti di imprese lombarde, imprese scelte perché o già parte del processo Manifattura 4.0, o interessate al tema con riflessioni avanzate in corso. I focus group sono stati condotti in partnership con l’Università Bocconi e l’associazione Adapt con l’obiettivo di approfondire, da un lato, le strategie aziendali che accompagnano lo sviluppo della Manifattura 4.0 e, dall’altro, l’impatto che il fenomeno sta producendo sull’organizzazione del lavoro e sulle relazioni industriali.

Le strategie di adozione di Manifattura 4.0 nelle imprese lombarde

Le imprese, i fornitori di tecnologie, le società di consulenza, le università e i centri di ricerca compongono un quadro positivo della Lombardia in termini di opportunità e stimoli per il cambiamento in direzione del modello Manifattura 4.0. Gli attori coinvolti posseggono infatti le competenze che servono per il rilancio in chiave digitale della manifattura lombarda.

Affinché si crei un vero “ecosistema 4.0”, i tasselli del puzzle devono però comporsi. L’ecosistema Lombardia vede, a fianco delle imprese che hanno deciso di impegnarsi nel passaggio al Modello 4.0, un ruolo importante dei fornitori di tecnologie, per lo più società straniere che aiutano le imprese a muovere i primi passi. È difficile, invece, individuare soggetti “integratori”, che riescano a combinare gli ingredienti tecnologici e le competenze disponibili e che facciano da traino verso il cambiamento.

La combinazione dei fattori, insieme a un maggiore trasferimento tecnologico da parte delle università e dei centri di ricerca, stimolerebbe le imprese verso una più decisa scelta del Modello 4.0. Dalle interviste condotte a un gruppo di selezionate imprese manifatturiere lombarde emerge, infatti, una scarsa *readiness*: ad eccezione delle imprese di più grandi dimensioni, si osserva una “sana curiosità”, ma allo stesso tempo una scarsa conoscenza e una bassa propensione al rischio negli investimenti.

Tuttavia, i fornitori di tecnologie, i consulenti e le stesse imprese manifatturiere concordano sul fatto che il passaggio alla Manifattura 4.0 non comporti necessariamente investimenti ingenti da compiere tutti nella prima fase. Il passaggio può e deve essere graduale e modulare, per inserirsi al meglio in azienda. È, tuttavia, fondamentale avere una visione globale sulla strategia del cambiamento e le idee chiare su come concretizzarla. La Manifattura 4.0 non è solo un’evoluzione in chiave tecnologica, ma anche una rivoluzione olistica e strategica che nel lungo termine implica un cambio nel business model. Per questo, emerge sempre più chiaramente che la governance dei progetti 4.0 interni all’azienda debba essere nelle mani del capo azienda e non del direttore ICT o del Chief Operating Officer.

Quando scelgono il Modello 4.0, le imprese puntano a migliori risultati in termini di efficienza nella produzione, velocità nel time-to-market, snellezza delle supply chain e competitività di prodotto, anche attraverso una rosa sempre più ricca di servizi.

Risulta invece secondario il rapporto con la filiera. Dai focus group sembrerebbero altre le dinamiche che spingono al cambiamento, prevalentemente legate a scelte di visione dei vertici aziendali. In aggiunta, per le imprese medio-piccole, talvolta il key player è la grande impresa cliente che impone degli standard di prodotto e di processo in ottica Manifattura 4.0. A volte, invece, è la normativa a trainare verso interventi di digitalizzazione, soprattutto al fine di garantire sicurezza e tracciabilità, in modo particolare nei settori quali farmaceutica, chimica, alimentare, healthcare e oil & gas.

È unanime l'opinione che le conoscenze e le competenze relative ai concetti e alle pratiche del Modello 4.0 sono ancora frammentarie e scarsamente diffuse. Fondamentale è quindi creare consapevolezza coinvolgendo tutta la società. Per dare credibilità al progetto Manifattura 4.0 occorre, pertanto un intervento massiccio e urgente che chiarisca il significato del termine e crei un linguaggio comune, in parallelo a iniziative mirate di informazione e formazione per imprenditori, manager, studenti e policy-maker.

L'impatto di Manifattura 4.0 sulle relazioni industriali

Con la rivoluzione digitale e l'automazione sono i lavoratori con competenze basse e compiti routinari a rischiare di più. Manifattura 4.0 può tuttavia rappresentare una grande opportunità sia per i lavoratori, soprattutto quelli più propensi al cambiamento e dotati di capacità di lavoro in autonomia, sia per le imprese, che possono riguadagnare la produttività perduta e la competitività.

Manifattura 4.0 è vista dai direttori del personale come un'evoluzione di modelli produttivi del passato, attraverso l'introduzione graduale (spesso già da alcuni anni) di nuove tecnologie. L'approccio al fenomeno è positivo ed esclude la presenza di atteggiamenti allarmisti e timori fondati in merito a un effetto dirompente sul tessuto manifatturiero italiano.

Si ritiene che spesso il contratto nazionale non sia lo strumento migliore per consentire alle imprese la gestione della complessità determinata dalla Manifattura 4.0. Per poter ottenere e governare i livelli di flessibilità propri dei nuovi sistemi produttivi, occorre poter cucire meglio il vestito contrattuale direttamente sul luogo di lavoro, onde evitare livellamenti che rischiano di abbassare, e non innalzare, qualità e volumi dell'output.

Di conseguenza anche le relazioni industriali dovranno assumere un nuovo valore nonostante la scarsa propensione al cambiamento di gran parte del sindacato italiano, che può rallentare, ma non fermare, la rivoluzione in atto. Essendo un fattore di contesto, con un ruolo di rappresentanza, è necessario tentare di attivare un dialogo costruttivo su questi temi con il sindacato. Nel frattempo le direzioni del personale devono recuperare rapporti più diretti con i lavoratori, affiancando le relazioni interne e quelle sindacali.

Introduzione

In un contesto a forte vocazione industriale, la Manifattura 4.0 rappresenta una delle traiettorie d'innovazione prioritarie per lo sviluppo del territorio milanese e lombardo¹.

La Manifattura 4.0 costituisce un nuovo modo di concepire la produzione industriale, basato su una interazione sempre più complessa tra il mondo fisico (imprenditori, lavoratori, macchinari...) e il mondo digitale (computer, sensori, big data...). Internet delle cose, robotica, intelligenza artificiale, big data, cloud computing, stampa 3D, realtà aumentata sono gli elementi tecnologici portanti del futuro, non solo della fabbrica, ma anche di tutta la supply chain. Infatti, il Modello 4.0 si applica a tutte le fasi, dalla progettazione del prodotto fino alla sua distribuzione, e definisce un nuovo sistema economico.

Davanti al "Piano Nazionale Industria 4.0" da poco lanciato dal governo che punta a un'industria del futuro più competitiva ed efficiente, è importante capire come si stanno comportando le imprese. Tuttavia non è facile ottenere dalla letteratura esistente il quadro reale sull'effettiva convinzione e il conseguente impegno da parte delle imprese italiane (e lombarde) sul fronte Manifattura 4.0, così come sulla nuova organizzazione del lavoro e delle relazioni industriali.

Tra maggio e giugno 2016 sono stati allora avviati degli incontri diretti con oltre 70 rappresentanti di imprese, scelte perché o già parte del Modello 4.0, o interessate al tema con riflessioni avanzate in corso. L'obiettivo è stato quello di capire lo stato dell'arte e il grado di adozione delle tecnologie 4.0 in Lombardia e approfondire due aspetti specifici: a) le strategie aziendali che accompagnano lo sviluppo della Manifattura 4.0; b) l'impatto del fenomeno sull'organizzazione del lavoro e sulle relazioni industriali.

Nel capitolo 1 è stato trattato il primo aspetto, attraverso interviste a 55 protagonisti della trasformazione in atto, che includono 26 imprese manifatturiere, 11 società di consulenza di direzione e 11 fornitori di tecnologie. Tenendo separate le tre tipologie di attori, è stato possibile raccogliere differenti punti di vista dello stesso fenomeno. Alle imprese manifatturiere è stato chiesto di presentare i propri progetti in corso e le relazioni che intrattengono con la filiera, oltre a un giudizio sulla reindustrializzazione del territorio lombardo. Con le società di consulenza si sono approfonditi i progetti in corso e i ruoli dei vari protagonisti che compongono il Modello 4.0. Infine, con i fornitori di tecnologie ci si è focalizzati sugli esempi di applicazioni tecnologiche avanzate, sulle fonti di conoscenza avanzata presenti sul territorio e sulla ricettività delle imprese alla Manifattura 4.0.

Nel capitolo 2, è stato analizzato l'impatto di Manifattura 4.0 sui profili professionali, sull'organizzazione del lavoro, sulle nuove relazioni industriali e sul ruolo del sindacato. Ciò è stato possibile attraverso un focus group dedicato ai temi del lavoro condotto con la partecipazione di 17 direttori del personale di imprese del territorio di Milano, Monza e Brianza.

¹ "Milano città Steam. La visione di Assolombarda per Milano", Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza

1. Le strategie di adozione di Manifattura 4.0 nelle imprese lombarde

Capitolo a cura del Prof. Giuseppe Airoidi, Università Commerciale Luigi Bocconi

Il metodo di lavoro

L'impostazione della ricerca

Questa ricerca si basa prevalentemente sullo studio di casi costruiti mediante incontri diretti con i possibili protagonisti della trasformazione in atto: le imprese manifatturiere, i consulenti di direzione, i fornitori di soluzioni tecnologiche. È una ricerca complementare ad altre di tipo estensivo condotte prevalentemente mediante questionari più quantitativi e strutturati.

In particolare, il percorso di ricerca si è articolato nelle seguenti fasi:

- studio della documentazione rilevante in materia di Manifattura 4.0 originata da varie fonti: studiosi di strategia e di gestione d'impresa, commissioni ministeriali di vari Paesi, consulenti di direzione, associazioni di imprese;
- interviste esplorative ad alcuni esperti e opinion maker volte a individuare possibili snodi critici nell'impostazione della ricerca;
- organizzazione e conduzione di 5 focus group con la partecipazione complessiva di 26 imprese manifatturiere disomogenee per dimensione, settore e proprietà, ma relativamente omogenee per la buona propensione all'innovazione;
- somministrazione alle stesse imprese manifatturiere di un breve questionario nel quale si chiede di illustrare le principali recenti mosse strategiche riconducibili al modello Manifattura 4.0;
- organizzazione e conduzione di 3 focus group con la partecipazione complessiva di 11 società di consulenza di direzione e 11 imprese fornitrici di soluzioni tecnologiche (hardware e software);
- verifica e discussione dei primi risultati nell'Advisory Board Manifattura 4.0 di Assolombarda Confindustria Monza e Brianza;
- stesura della relazione finale.

I focus group e il questionario

Sono stati organizzati 8 focus group tra maggio e giugno 2016, di cui:

- 5 dedicati alle imprese manifatturiere (17, 25 e 31 maggio, 7 e 14 giugno; complessivamente 26 aziende partecipanti) che hanno presentato i loro progetti di Manifattura 4.0 esplicitando anche le relazioni di filiera e le ipotesi in merito al tema generale della reindustrializzazione dell'economia lombarda;
- 1 dedicato alle società di consulenza di direzione (16 maggio, 11 aziende partecipanti) alle quali sono state poste domande relative ai progetti emblematici di Manifattura 4.0 vissuti nella realtà lombarda - distinguendo anche per settori - e alle varie categorie di attori in gioco;
- 2 dedicati ai fornitori di tecnologie hardware e software (19 e 27 maggio; complessivamente 11 aziende partecipanti) dove si sono svolte riflessioni sulle fonti e sulla diffusione delle conoscenze avanzate che caratterizzano il modello Manifattura 4.0.

La traccia delle domande utilizzate per la conduzione dei focus group è riportata in Appendice 1.1. Alle imprese manifatturiere che hanno aderito ai focus group abbiamo chiesto di compilare anche un questionario avente per oggetto le principali mosse compiute recentemente dall'azienda in un'ottica di Manifattura 4.0. Il questionario è stato somministrato con l'obiettivo di ottenere informazioni più strutturate rispetto a quelle che normalmente emergono dal confronto di idee che si svolge nei focus group. Il testo del questionario è riportato in Appendice 1.2.

Le imprese che hanno partecipato alla ricerca

Di seguito si riportano gli elenchi dei partecipanti ai focus group. In Appendice 1.3 si riporta una breve descrizione di ciascuna azienda.

Tabella 1 – Partecipanti ai focus group Manifattura 4.0

Imprese manifatturiere

ADLER	Umberto Covelli
BASELL POLIOLEFINE ITALIA	Gianluca Gori
BAYER	Sergio Re e Daniela Galli
BREDA ENERGIA	Angelo Pasini e Carlo Tribuno
CANDY GROUP	Aldo Fumagalli
CASTEL	Giacomo Salina
COSBERG	Gianluigi Viscardi
DELLORTO	Andrea Dell'Orto
DISA	Nicolò Codini
DUPLOMATIC OLEODINAMICA	Matteo Colamartino
GEICO	Daryus R. Arabnia
GENERAL ELECTRIC ITALIA	Alessandro Coppola
GRUPPO BRACCO	Andrea Provini e Lorenzo Ariotti
GRUPPO NUM	Massimiliano Menegotto
INDENA	Benedetto Della Beffa

INOXFUCINE	Lorenzo Pugassi
LANXESS	Vincenzo Trabace
OSRAM	Sandro Crestani
PIRELLI	Francesco Sala
PROJECT AUTOMATION	Fabrizio Felippone
ROLD	Laura Rocchitelli e Paolo Barbatelli
ROLLWASCH ITALIANA	Ambra Redaelli
SOL GROUP	Aldo Fumagalli Romario
SOLVAY GROUP	Marco Colatarci
TENOVA	Andrea Lovato
VORTICE ELETTROSOCIALI	Stefano Guantieri

Società di consulenza di direzione

ACCENTURE	Marco Morchio e Alberto Proverbio
CEFRIEL	Mirco Masa
CESI	Maurizio Ledda
DELOITTE CONSULTING	Umberto Mazzucco
FIDES CONSULTING	Umberto Caccioppoli
HOLONIX	Marco Taisch
INNEXT	Andrea Servili e Irene Rossi
NTT DATA	Stefano Mantegazza
PORSCHE CONSULTING GMBH	Giovanni Notarnicola
ROLAND BERGER	Roberto Crapelli
SIDI	Massimo Dal Checco

Fornitori di tecnologie

ABB	Luca Zanella
BOSCH GROUP	Gerhard Dambach
CISCO SYSTEMS	Giorgio Campatelli
HEWLETT PACKARD ENTREPRISE	Carlo Vaiti
IBM	Stefano Rebattoni
ITALTEL	Luca Ferraris
SAMSUNG ELECTRONICS	Antonio Bosio e Mario Levratto
SAP	Carla Masperi
SAS	Marco Icardi
SIEMENS	Roberto Zuffada
STMICROELECTRONICS	Pietro Palella

Alcune riflessioni trasversali: le criticità e le sfide

Combinando i contributi forniti nei focus group dalle imprese manifatturiere, dalle società di consulenza di direzione e dai fornitori di tecnologie con le riflessioni ulteriori svolte all'interno dell'Advisory Board Manifattura 4.0 di Assolombarda, sono possibili alcune considerazioni di carattere trasversale.

Il contesto e gli attori

Nel contesto lombardo e italiano per ora non si vedono attori forti in grado di stimolare efficacemente il cambiamento in direzione del modello Manifattura 4.0.

Durante i focus group è stata più volte richiamata e sottolineata la necessità che si sviluppi un ecosistema (formato da numerosi soggetti pubblici e privati) favorevole all'attuazione del modello Manifattura 4.0.

Attualmente vari attori stanno giocando un ruolo positivo, tra i quali Assolombarda, i cluster, i fornitori di tecnologie, i consulenti, le università, Regione Lombardia, CNR, UCIMU. Tuttavia, allo stato attuale non emergono singoli soggetti o aggregati di soggetti con un riconosciuto ruolo di leadership.

L'opinione prevalente sostiene che l'attivatore del cambiamento dovrebbe essere un aggregato di soggetti pubblici, privati e istituzionali.

Secondo i consulenti e i fornitori di tecnologie, i tempi di passaggio del tessuto imprenditoriale italiano verso il Modello 4.0 sono troppo lunghi: il ritardo è già di due o tre anni, bisogna sbrigarsi e accelerare.

Nelle università e nei centri di ricerca istituzionali ci sono buone competenze generali, ma si fa notare che i ricercatori non sono incentivati a sviluppare ricerche applicate. La cooperazione tra imprese e università non è tanto fruttuosa quanto potrebbe essere. Il trasferimento tecnologico è difficile: quasi tutti i progetti in materia hanno dato risultati deludenti. Un'eccezione positiva è rappresentata da Cefriel che è nato proprio con l'obiettivo di trasferire la tecnologia all'impresa. Sarebbe utile un'istituzione tipo Fraunhofer che collabora anche con parecchie imprese italiane. Potenzialmente un soggetto analogo si formerebbe mettendo in rete (una rete vera) i numerosi e validissimi centri di ricerca italiani che oggi operano scarsamente coordinati tra di loro.

Tra gli attori più preparati e più interessati a spingere in direzione della Manifattura 4.0 troviamo i fornitori di tecnologie (che stanno anche investendo in R&D ed education in Italia), mentre i produttori di macchine, pur rappresentando una delle eccellenze italiane, paiono giocare un ruolo di follower piuttosto che di leader. In materia, tuttavia, le opinioni sono piuttosto discordi.

Assolombarda, Confindustria Digitale e Confindustria sono spesso citate come soggetti che stanno facendo, e possono fare, molto.

Tra le condizioni di contesto favorevoli vengono citati: buon tessuto imprenditoriale, buona vitalità delle imprese, buona reputazione internazionale di alcuni prodotti Made in Italy, relativa debolezza dell'economia cinese, università con buone competenze, crescente attrattività dell'Italia per investimenti esteri in R&D.

Tra le condizioni di contesto sfavorevoli vengono citati: debole supporto istituzionale alle iniziative Manifattura 4.0, mancanza di incentivi e di supporti finanziari, PA e burocrazia non favorevoli alle imprese, diffusa cultura anti-industriale, programmi degli studi tecnici in parte obsoleti, troppe imprese piccole e resistenti al cambiamento, mancanza di integratori di alto livello, infrastrutture pubbliche non sviluppate, problemi di cybersecurity.

Le analisi condotte nell'ambito dell'Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano confermano che sono le grandi aziende di macchinari e automotive a trainare i progetti, mentre le PMI sono ancora poco attive.

Il livello di *readiness* delle imprese

Le imprese lombarde, fatta eccezione per quelle di più grandi dimensioni, non sembrano pronte per compiere passi decisi verso il modello Manifattura 4.0.

In generale i fornitori di tecnologie e i rappresentanti delle imprese più grandi danno un giudizio piuttosto negativo in merito alla preparazione delle imprese al cambiamento. Si nota una "sana curiosità", ma le piccole imprese sono molto caute, non si prendono rischi in merito alle soluzioni tecnologiche del tipo Manifattura 4.0, lo fanno se vedono un ritorno chiaro e veloce. Le sole imprese pronte a cambiare sono quelle della filiera automotive. Le piccole imprese conoscono molto poco la ricchezza delle soluzioni tecnologiche già oggi disponibili e testate. Se sono state adottate in altri settori sono scettiche nonostante sia chiaro (secondo i fornitori di soluzioni) che sono applicabili anche al loro settore e alla loro impresa.

Negli ultimi 12-14 mesi, le medie imprese italiane hanno mostrato un crescente interesse per le opportunità offerte dalla Manifattura 4.0 anche in chiave strategica (supply chain più corta, flessibilità maggiore, sistemi di prodotto nuovi). Si muovono per migliorare la produttività e si vedono molti casi interessanti, ma isolati. C'è ancora moltissimo da fare.

Le imprese non grandi partecipanti ai focus group dichiarano di conoscere abbastanza bene le idee e le soluzioni della Manifattura 4.0. Sono piuttosto caute nel senso che non si imbarcano in avventure, fanno ciò che è necessario per continuare a essere competitive e aspettano che i grandi salti siano fatti prima dai loro competitor di maggiori dimensioni.

Le imprese stanno utilizzando piattaforme informatiche non particolarmente evolute e non sempre ben impostate (applicazioni parziali di sistemi ERP, grandi fogli Excel, CAD, PLN, ecc.). In assenza di buone applicazioni informatiche "tradizionali" è impossibile passare

alle applicazioni informatiche “avanzate” tipiche di Manifattura 4.0².

Alcuni partecipanti ai focus group hanno osservato che l’apertura al cambiamento in direzione Manifattura 4.0 non dipende dalle dimensioni aziendali o dal settore di appartenenza, è piuttosto una questione di concorrenzialità dei mercati nei quali si opera. Chi opera in mercati concorrenziali internazionali deve necessariamente adattarsi al modello Manifattura 4.0, l’alternativa è l’uscita dal mercato. “*Chi si adatta, impara, sopravvive e cresce; chi si difende e soffre, sparisce*”.

Gli obiettivi e la governance del cambiamento a livello aziendale

Per la singola impresa, due sono le condizioni essenziali per l’efficace attuazione di progetti Manifattura 4.0: a) occorrono idee chiare circa le ragioni strategiche del cambiamento; b) i progetti devono essere sponsorizzati e governati dal capo azienda. Date queste condizioni il cambiamento può realizzarsi per parti e per gradi.

In chiave strategica, le soluzioni tipo Manifattura 4.0 dichiarate dalle imprese possono avere 3 obiettivi prioritari:

- 1) accorciare la supply chain e arrivare più rapidamente al cliente;
- 2) massimizzare la flessibilità della produzione;
- 3) arricchire e rendere più competitivo il prodotto (ad esempio, con i servizi che si possono offrire in teleassistenza).

Il cammino in direzione del modello Manifattura 4.0 deve essere presidiato dai vertici aziendali. I responsabili dei progetti Manifattura 4.0 devono riportare direttamente all’imprenditore o al Chief Executive Officer: sono loro i nuovi interlocutori dei consulenti e dei fornitori di tecnologie, sostituendo i direttori ICT o i Chief Operating Officer.

Molte applicazioni proprie del modello Manifattura 4.0 si possono realizzare con investimenti molto contenuti. Il cambiamento si può realizzare secondo una logica di modularità. Occorre però un quadro di riferimento chiaro: “*digitalizzare i processi disegnati anni fa non serve a nulla; digitalizzare e poi non fare raccolta e analisi dei big data non serve a nulla; fare industrial analytics e non cambiare business model, non serve a nulla*”.

Da un punto di vista concettuale, il modello Manifattura 4.0 è di tipo sistemico e olistico. I risultati sostanziali si ottengono se tutta l’azienda, la filiera, i prodotti, il contesto sono altamente digitalizzati. Nella pratica, tutti (imprese, consulenti, fornitori di tecnologie) giudicano comunque utile procedere per passi, con interventi anche di portata limitata. Varie sono le ragioni, ma principalmente: a) provare per gradi serve per poi procedere più fiduciosi se i risultati sono buoni; b) l’ipotesi di cambiare tutto in un solo passo si scontrerebbe, tra l’altro, con i problemi di cambio di cultura, di formazione delle nuove competenze, di redistribuzione del potere tra le varie funzioni e i vari livelli gerarchici.

² cfr. Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano

Si consiglia di incentivare inizialmente le applicazioni relativamente più semplici. Tra quelle citate nei focus group, si riportano: a) teleassistenza di componenti e impianti presso i clienti, b) trattamento dei big data già disponibili, c) prototipazione rapida con stampanti 3D, d) digitalizzazione della documentazione di processo e di prodotto.

La cooperazione e l'adattamento lungo la filiera

Emergono opinioni contrastanti in merito al fatto che il passaggio al modello Manifattura 4.0 debba necessariamente avvenire mediante un “gioco di filiera” fortemente integrato, piuttosto che mediante iniziative autonome delle singole imprese debolmente condizionate dalle relazioni di filiera.

Nella letteratura standard si dà quasi per scontato che il modello Manifattura 4.0 si debba attuare in logica di filiera, ossia (tra l'altro):

- mettendo in collegamento digitale tutti gli attori della filiera, i loro sistemi di ERP, i pezzi presenti nei loro magazzini, i loro impianti, i sistemi distributivi, ecc.;
- adottando e applicando rigorosamente le normative, sempre più stringenti, di processo e di prodotto in modo tale che chi è a valle possa tracciare quanto avvenuto a monte;
- adottando standard e protocolli comuni di comunicazione, passaggio comprensibile in un'ottica di “ottimizzazione ingegneristica”, ma fortemente in contrasto con la logica delle imprese libere.

Esagerando un poco, la logica della spinta integrazione interaziendale si avvicina a quella delle economie a “pianificazione centralizzata”, questa volta estesa a livello planetario. Non si discute sul fatto che nelle relazioni tra clienti e fornitori debbano essere presenti anche elementi di integrazione e di cooperazione, ma le imprese “vive” sono entità che dispongono di propri sostanziali gradi di libertà nell'ambito dei quali si manifestano anche le loro capacità di contribuire all'innovazione e allo sviluppo dei sistemi economici. Le imprese sanno che devono cooperare, ma la cooperazione non deve mettere a rischio i loro patrimoni commerciali, tecnici e reputazionali. La cooperazione non deve trasformarsi in sottomissione.

La problematica è rilevante e complessa, non risolvibile con formule schematiche. A fronte di una domanda specifica, le imprese manifatturiere partecipanti ai focus group hanno dichiarato di aver avviato i loro progetti di Manifattura 4.0 autonomamente (in ottica parzialmente adattiva e parzialmente proattiva) e non secondo un disegno elaborato da qualche soggetto a livello di settore o di filiera.

La forte sensazione prevalente è che le imprese italiane continuino a operare secondo uno spirito di autonomia e di indipendenza. Tale spirito fa parte della fisiologia imprenditoriale, ma, ai fini della Manifattura 4.0, dovrebbe lasciare spazio anche a concrete forme di aggregazione e di cooperazione lungo le filiere. Prevale un atteggiamento del tipo: *“prima proviamo a sperimentare noi in casa, a capire bene di che cosa si tratta, poi vedremo come rapportarci con gli altri attori”*.

Le imprese più grandi segnalano che le imprese minori, magari bravissime sul fronte tecnico, *“non capiscono che devono lavorare in filiera”* e non comprendono quali sono le esigenze delle imprese maggiori. Lo stesso parere è espresso anche da imprese non grandi e da consulenti. Le imprese più grandi *“pretendono”* certi standard di prodotto e di processo. Ciò appare come un costo e come un limite di autonomia, ma in realtà si tratta di una condizione di sopravvivenza per tutti e *“può diventare un grande vantaggio per l’impresa minore che in tal modo impara e diventa più forte nel settore”*.

Circa la possibilità e l’utilità di declinare il modello Manifattura 4.0 in *“verticali”* specifiche per le imprese di vari settori, anche i consulenti di direzione esprimono visioni piuttosto disomogenee. Alcuni consulenti affermano con forza che non si devono proporre verticali di settore: la logica e gli ingredienti del modello Manifattura 4.0 sono sempre gli stessi, pur applicati in contesti differenti. Non è una questione di settori o di filiere, per ciascuna azienda occorre capire bene quali sono le basi della competitività (velocità della supply chain, personalizzazione dei prodotti, costi, ecc.) e applicare gli ingredienti della Manifattura 4.0 che le rafforzano. È comunque importante distinguere l’industria di processo dal *“manifatturiero discreto”*. Altri consulenti, pur convinti che il modello generale è unico, ritengono utile sviluppare verticali di settore, se non altro per essere più convincenti nel formulare le proprie proposte ai potenziali clienti (se ne ha la prova nei siti delle società di consulenza). Tutti i consulenti concordano sul fatto che la logica della Manifattura 4.0 può essere applicata con grandi benefici in tutti i settori anche non manifatturieri in senso stretto, ad esempio nella grande distribuzione, nella sanità, nell’agroalimentare. Occorre sensibilizzare le aziende al modello Manifattura 4.0 e presentare soluzioni complete e semplici, ma ad oggi nessun attore è in grado di farlo da solo.

La normativa e la burocrazia

Un forte driver verso la digitalizzazione, e quindi verso il modello Manifattura 4.0, è rappresentato dalla normativa – di varia natura, soprattutto quella volta a garantire la sicurezza e la tracciabilità – che regola un numero crescente di settori, tra i quali farmaceutico, chimico, alimentare, healthcare, oil & gas.

Occorre prestare attenzione al fatto che la normativa italiana, essendo particolarmente stringente, può provocare elevatissimi costi amministrativi e, peggio ancora, bloccare innovazioni tecnologiche che potrebbero produrre vantaggi per la collettività, ma che contrastano con le norme vigenti. La normativa di settore coinvolge tutta la filiera, incluse le imprese minori che possono trovarsi in grandissime difficoltà poiché i costi degli standard e delle procedure possono essere incompatibili con le loro dimensioni. *“Dove c’è normativa c’è burocrazia e la burocrazia italiana eccelle quale fattore di ostacolo alla nascita e allo sviluppo delle imprese”*.

La sicurezza e la riservatezza dei dati

Il tema della sicurezza e della riservatezza dei dati è critico e di difficilissima gestione.

Le applicazioni di IoT distribuite lungo le filiere - ossia in relazione tra più soggetti clienti fornitori, concorrenti - possono produrre dati di grandissima utilità ma che, al tempo stesso, fanno sorgere delicatissimi problemi di riservatezza in aggiunta ai problemi tecnici di cybersecurity. Gli esempi citati più volte nel corso delle interviste e dei focus group sono due:

- 1) Il fornitore di una macchina collegato alla stessa è in grado di conoscere che cosa, quanto e quando il cliente utilizzatore ha prodotto. Questa trasparenza di informazioni non è gradita, perché quei dati sono rilevanti per concorrenti, clienti, fornitori e “controparti istituzionali”;
- 2) I dati prodotti lungo la filiera, a monte e a valle di una certa impresa, rendono tracciabili le fonti delle materie prime (tra cui gli ingredienti e i Paesi di origine dei prodotti alimentari) e i canali distributivi, al di là di quanto desiderabile da parte dell'impresa e di quanto previsto dalle norme vigenti. Nel caso dei sistemi di sorveglianza del traffico si raccolgono dati sensibilissimi sui cittadini. Ne conseguono, tra gli altri, notevoli problemi di profilazione dei dipendenti per l'autorizzazione all'accesso e all'uso di tali dati.

La diffusione delle conoscenze e delle competenze: informare e formare

Le conoscenze e le competenze relative ai concetti e alle pratiche del modello Manifattura 4.0 sono ancora frammentarie e scarsamente diffuse. Si devono “istruire” centinaia di migliaia di persone nei vari ruoli (policy-maker, imprenditori, manager, tecnici, studenti delle scuole superiori e delle università). Occorre un intervento massiccio e urgente.

Certamente occorrono grandi iniziative di informazione e formazione per imprenditori, manager, studenti e policy-maker. Questa ricerca conferma che i concetti e le applicazioni del modello Manifattura 4.0 sono ancora poco conosciuti nella gran parte delle imprese. È apparso chiaro che almeno la metà delle imprese partecipanti ai focus group non aveva mai dedicato specifica attenzione a questi temi. Le iniziative di informazione e formazione dovranno essere dirette a grandi numeri di persone. In Lombardia ci sono le competenze per farlo in modo innovativo ed efficace, nonché alcuni fornitori già attivi in tal senso.

Con riguardo alle competenze tecniche specialistiche tipiche di Manifattura 4.0 emergono posizioni piuttosto variegata. Sembra esistere un grande accordo sulla carenza di persone che “sappiano fare mettendo le mani in pasta”, lavorando “con saldatore e oscilloscopio”. Tuttavia, chi sostiene questo punto, afferma contemporaneamente che è un mestiere che si può imparare facilmente. Vari fornitori di tecnologie hanno attivato programmi di education destinati a decine di migliaia di studenti sia della scuola secondaria sia dell'università utilizzando anche la piattaforma open-source Arduino.

Tutti i partecipanti ai focus group sono convinti che uno strumento educativo particolarmente efficace consista nella presentazione di casi emblematici di successo. Tali casi non sono per ora numerosissimi, ma sono comunque disponibili e, con opportune modalità di documentazione e di presentazione, possono essere molto efficaci. Possono

essere casi di singola azienda o di filiera, italiani o internazionali.

Emergono criticità sul fronte delle definizioni e del linguaggio. Parecchie delle persone incontrate hanno segnalato problemi di definizione e di linguaggio in materia di Manifattura 4.0. Il linguaggio poco rigoroso produce confusione e toglie credibilità all'idea di Manifattura 4.0.

Le nuove imprese a supporto della Manifattura 4.0. Startup e laboratori di innovazione e competenze

L'ecosistema dovrà arricchirsi di nuovi attori: in particolare occorrono (e già stanno nascendo) nuove imprese che forniscano servizi in aree tipiche della Manifattura 4.0, ad esempio servizi di additive manufacturing e di industrial analytics e big data.

Si tratta spesso di spin-off e startup animate da grande spirito imprenditoriale, ma strutturalmente fragili³. Servono facilitatori e supporti quali laboratori di innovazione e competenze e venture capital. L'esperienza tedesca, secondo i partecipanti ai focus group, suggerisce di favorire gli spin-off che per due o tre anni (periodo di incubazione) abbiano un mercato sicuro prima di presentarsi sul mercato aperto. Alcuni fornitori di tecnologie finanziano le startup con specifici programmi.

Gli impatti ambientali

Il tema degli impatti ambientali pare non sia considerato particolarmente critico.

Nella ricerca non è stato inserito esplicitamente il tema dei grandi vantaggi che, in teoria, il modello Manifattura 4.0 potrebbe produrre in termini di sostenibilità ambientale. Però sorprende il fatto nel corso degli 8 focus group il tema sia stato citato solo un paio di volte e di sfuggita. Mentre tutti i documenti che illustrano il modello Manifattura 4.0 citano esplicitamente il grande potenziale di riduzione dell'impatto ambientale.

³ Booklet Startup di Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza

Punti di attenzione e opportunità

Nella ricerca non sono stati approfonditi gli aspetti legati a organizzazione del lavoro, retribuzioni e relazioni sindacali, dato che i temi sono stati oggetti di una ricerca svolta in parallelo (si veda Capitolo 2). Tuttavia, durante i focus group sono emersi più volte due punti di attenzione:

- 1) la digitalizzazione dei processi e dei prodotti porterà a una più puntuale conoscenza dei comportamenti delle persone che lavorano nelle imprese suscitando il timore di inappropriate forme di controllo;
- 2) probabilmente si registreranno esuberanti di personale in talune aree aziendali, ma i saldi finali non saranno necessariamente negativi.

Il modello Manifattura 4.0 richiede un nuovo mix di professionalità dei prestatori di lavoro. Le analisi in materia sono in corso e si rivelano piuttosto complesse per via della variegata casistica da affrontare. Come sarà evidenziato anche nel capitolo 2, durante il focus group dedicato ai direttori del personale, il processo di formazione delle nuove professionalità non sarà di tipo rivoluzionario, bensì graduale. Al più presto devono però chiarirsi le linee guida di un percorso che sia condiviso da tutte le parti sociali.

I direttori del personale sono coscienti delle difficoltà e delle tensioni che si dovranno affrontare, ma hanno segnalato che le nuove tecnologie e i nuovi modelli di business offrono l'opportunità di forme di organizzazione del lavoro (contenuto, tempi, luoghi) meglio compatibili con le esigenze di vita extra-lavorativa delle persone d'oggi.

Sulla stessa linea, con una visione a tutto tondo, l'Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano ricorda: *“abbiamo la responsabilità di preparare la prossima generazione di tecnici, manager e imprenditori, in modo che siano in grado di trarre vantaggio dalle nuove tecnologie a favore di imprese sempre più competitive, più creative, più umane”*.

Verso il modello Manifattura 4.0: i percorsi delle imprese manifatturiere

La presenza nelle imprese manifatturiere di espliciti progetti Manifattura 4.0

In 11 delle 26 imprese manifatturiere sono in atto insiemi organici di interventi tali per cui si può affermare che il cantiere Manifattura 4.0 è esplicitamente aperto. Non sempre in queste 11 imprese si utilizzano espressioni del tipo Industria o Manifattura 4.0, ma è chiaro che i vertici aziendali stanno portando l'azienda in tale direzione e uno o più progetti basati sulle tecnologie di Manifattura 4.0 sono in corso di attuazione.

In altri 8 casi sono in atto iniziative chiaramente riconducibili al modello Manifattura 4.0, ma si tratta di interventi particolari e limitati. L'impresa non ritiene ancora necessario o conveniente muoversi con decisione in direzione della digitalizzazione lungo tutta la catena del valore.

Nei 7 casi rimanenti, le imprese – pur consapevoli delle idee e delle tecnologie tipiche del modello Manifattura 4.0 – si trovano ancora in fase di studio e di attesa. Naturalmente non mancano i cambiamenti volti a rendere l'impresa più efficiente e più competitiva, ma si fa leva su variabili “tradizionali” che non sono tipiche del modello Manifattura 4.0.

Emerge una fortissima correlazione tra le dimensioni dell'impresa e la propensione a progetti di Manifattura 4.0. Si deve però notare che diverse imprese di dimensioni non grandi hanno mostrato di essere pienamente coscienti delle trasformazioni in atto e, spesso con approcci non solo imitativi, si sono impegnate nel percorso della digitalizzazione e della trasformazione dei propri modelli di business.

Parecchie imprese – sia di dimensioni grandi sia di dimensioni più piccole – hanno sottolineato che alcune applicazioni tipiche della Manifattura 4.0 sono in uso presso di loro da diversi anni. Ricorrente, in particolare, è il caso del collegamento in remoto con gli impianti installati presso i clienti. Lo stesso vale per gli impianti totalmente digitalizzati e automatizzati nelle produzioni di processo. *“Da anni facciamo Manifattura 4.0 senza saperlo”*.

Quasi tutte le imprese manifatturiere coinvolte nei focus group dichiarano di conoscere abbastanza bene gli ingredienti e la logica della Manifattura 4.0. Ciascuno sta facendo *“quanto opportuno e prioritario entro le proprie possibilità”*. Tuttavia, parecchie delle imprese più grandi giudicano che nelle imprese più piccole manchino spesso le conoscenze e la cultura di base necessarie per il passaggio al modello Manifattura 4.0. Lo stesso giudizio emerge dai focus group ai quali hanno partecipato le società di consulenza di direzione e i fornitori di tecnologie.

I progetti attivati dalle imprese manifatturiere

Il Box 1 fornisce un primo quadro di quanto sta accadendo nelle imprese lombarde riportando, a titolo esemplificativo, alcuni dei 67 progetti illustrati dalle 26 imprese manifatturiere nel corso della ricerca. I Box 2 e 3, invece, sintetizzano le risposte fornite dai consulenti e dai fornitori di tecnologie in merito ai progetti emblematici di Manifattura 4.0 nei quali sono coinvolti.

Box 1. Elenco, a titolo esemplificativo, di alcuni dei 67 progetti illustrati dalle imprese manifatturiere

- Digitalizzazione dei documenti di tracciamento della produzione e dei prodotti per dare tempi certi e miglior servizio ai clienti
- Sistemi avanzati di testing dei prodotti finiti (componenti elettronici, macchine, valvole, ecc.) destinati alle applicazioni più sofisticate (medicale, aerospaziale, chimico)
- Trattamento di big data per la simulazione dei processi di fusione in funzione della composizione dei rottami
- Additive manufacturing per la produzione di grandi e complessi componenti in metallo di macchinari
- Additive manufacturing per la produzione di parti di ricambio in plastica
- Applicazioni di realtà aumentata nei sistemi di controllo in remoto degli impianti e dei componenti installati presso i clienti
- Test di “identificazione genetica delle materie prime” per la verifica della qualità
- Miniaturizzazione e monitoraggio a distanza di device medici portabili, in alternativa all’ospedalizzazione dei pazienti
- Workforce automation per i tecnici addetti alla manutenzione e all’aggiornamento di migliaia di apparecchi sparsi in tutta Italia
- Analisi di big data di processi produttivi in corso per prevedere la qualità del prodotto finito, in alternativa al tradizionale controllo di qualità a campione eseguito sui prodotti finiti
- Progettazione “virtuale” di impianti e macchinari, destinati ai clienti, che consentono la simulazione e la riconfigurazione automatica degli stessi
- Progettazione e realizzazione in house di impianti pilota ispirati integralmente alla logica della Manifattura 4.0; sperimentazione, apprendimento ed eventuale estensione
- Gestione in remoto di macchine presso i clienti adottando il business model del “service” in alternativa a quello tradizionale della fornitura della macchina
- Prime esperienze di industrial analytics evoluti e integrati (forecasting di mercato, programmazione della produzione, manutenzione predittiva, ecc.)

Box 2. I progetti emblematici (lombardi e non) presentati dalle società di consulenza

- Cattura delle immagini in movimento per la sicurezza nei trasporti
- Telerilevazione delle colture agricole mediante droni
- Sensori su una linea produttiva nel settore agroalimentare
- Etichette intelligenti su confezioni di generi alimentari
- Connessione tra macchine utensili

- Realtà aumentata nei montaggi complessi
- Collegamento in remoto delle macchine installate presso i clienti: upgrade in remoto del software, manutenzione, consulenza, disponibilità di big data
- Ridisegno del business model: maggior flessibilità produttiva, alta personalizzazione del prodotto, migliore value proposition
- Manutenzione preventiva di componenti oleopneumatici in remoto
- “IoT-izzazione” di natanti
- Abbigliamento intelligente per il controllo della salute
- Tracciabilità di un bene alimentare di massa
- Montaggio e tracciabilità dei componenti di occhiali
- Big data nel settore automotive
- Procedure di retrofitting in una linea produttiva di elettrodomestici
- Monitoraggio e analisi dei dati di carico delle linee elettriche
- Additive manufacturing

Box 3. I casi di applicazioni tecnologiche avanzate (lombardi e non) citati dai fornitori di tecnologie

Alla richiesta di illustrare specifici casi di applicazioni avanzate, tutti i fornitori di tecnologie hanno preferito iniziare tracciando quadri generali: *“gli esempi citabili sarebbero molti, ma le applicazioni vere e proprie della Manifattura 4.0 in Lombardia/Italia sono ancora molto rare”*. Esempi di applicazioni relativamente avanzate realizzate dai fornitori di tecnologie sono riportati di seguito:

- Predictive maintenance
- Sistemi di misurazione della tensione di cavi di acciaio sottomarini
- Virtualizzazione digitalizzata del processo end-to-end in un’impresa agroalimentare
- Collegamento in remoto di macchine da bar
- Smart city
- Sistemi evoluti di cybersecurity
- Framework software per il collegamento tra oggetti indipendentemente dal tipo di connettività
- Controllo in remoto della vegetazione lungo le linee elettriche ad alta tensione
- Analisi di big data provenienti da “scatole nere” installate sulle automobili
- Analisi di big data sulla salute provenienti da dispositivi wearable portati dai pazienti
- Smart metering dei flussi e dei consumi di energia
- Automatizzazione e integrazione dell’intera catena del valore in un’impresa automobilistica
- Robot collaborativi per il montaggio e il controllo qualità di elettrodomestici
- Interruttori elettrici con lettura in remoto delle potenze
- Manutenzione predittiva dei robot installati presso i clienti (con industrial analytics)
- Elaborazione in remoto di dati provenienti da flotte navali
- Visori di realtà virtuale per la prototipizzazione e per la presentazione di impianti produttivi

La Tabella 2 presenta un inventario sintetico dei contenuti dei 67 progetti illustrati dalle imprese manifatturiere nel corso dei focus group e in risposta ai questionari. Il questionario proposto alle 26 aziende manifatturiere partecipanti ai focus group è stato compilato da 18 aziende. Vi sono descritti 39 progetti che in larga misura, ma non totalmente, coincidono con quelli che le imprese hanno illustrato nel corso dello svolgimento dei focus group. Il maggior grado di strutturazione del questionario – rispetto alle dinamiche dei focus group – ha consentito alcune quantificazioni.

Tabella 2 – I 67 progetti delle imprese manifatturiere

PROGETTO	DIGITALIZZAZIONE E AUTOMAZIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI						PROGETTAZIONE DI MACCHINE E IMPIANTI		BIG DATA ANALYTICS E CYBERSECURITY				TELEMONITORAGGIO DI IMPIANTI PRESSO I CLIENTI		ADDITIVE MANUFACTURING			REALTA' AUMENTATA, SENSORI SPECIALI, WEARABLE DEVICES		
	Digitalizzazione e automazione di produzioni discrete	Digitalizzazione e automazione di produzioni di processo	Digitalizzazione e gestione integrata dei laboratori	Sistemi di testing dei materiali in input e dei prodotti finiti	Machine learning e machine interaction	Impianti pilota digitalizzati e automatizzati per prod. discrete	Progettazione in 3D connessa alle macchine CNC	Progettazione virtuale simulazione delle macchine e degli impianti	Big data per simulazione e controllo processi produttivi continui e discreti	Big data: raccolta dati dagli impianti e prime analisi	Big data: raccolta integrata dalle varie funzioni e prime analisi e applicazioni	Sistemi evoluti di cybersecurity	Telemonitoraggio per manutenzione e upgrade	Telemonitoraggio per gestione e servizio	Additive Manufacturing di prodotti finiti complessi in metallo	Additive Manufacturing di prodotti finiti in materie plastiche	Additive Manufacturing per prototipi in materie plastiche	Realta aumentata e workforce automation	Sensoristica per ambienti speciali	Miniaturizzazione di device wearable telemonitorati
Adler	X																			
Basell 1		X																		
Basell 2																			X	
Bayer 1								X												
Bayer 2												X								
Bayer 3															X					
Bracco						X														
Breda Energia	X																			
Candy	X																			
Castel 1									X											
Castel 2																X				
Cosberg 1							X													
Cosberg 2												X								
Cosberg 3							X													
Dellorto 1						X														
Dellorto 2																X				
Dellorto 3					X															
Disa 1	X																			
Disa 2									X											
Disa 3																X				
Diplomatic 1	X																			
Diplomatic 2					X															
Diplomatic 3												X								
Diplomatic 4				X																
Geico 1							X													
Geico 2							X													
Gen. Electric 1	X																			
Gen. Electric 2													X							
Gen. Electric 3														X						
Indena 1			X																	
Indena 2				X																
Inoxfucine	X																			
Lanxess		X																		

	DIGITALIZZAZIONE E AUTOMAZIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI						PROGETTAZIONE DI MACCHINE E IMPIANTI		BIG DATA ANALYTICS E CYBERSECURITY				TELEMONITORAGGIO DI IMPIANTI PRESSO I CLIENTI		ADDITIVE MANUFACTURING			REALTA' AUMENTATA, SENSORI SPECIALI, WEARABLE DEVICES		
	Digitalizzazione e automazione di produzioni discrete	Digitalizzazione e automazione di produzioni di processo	Digitalizzazione e gestione integrata dei laboratori	Sistemi di testing dei materiali in input e dei prodotti finiti	Machine learning e machine interaction	Impianti pilota digitalizzati e automatizzati per prod. discrete	Progettazione in 3D commessa alle macchine CNC	Progettazione virtuale simulazione delle macchine e degli impianti	Big data per simulazione e controllo processi produttivi continui e discreti	Big data: raccolta dati dagli impianti e prime analisi	Big data: raccolta integrata dalle varie funzioni e prime analisi e applicazioni	Sistemi evoluti di cybersecurity	Telemonitoraggio per manutenzione e upgrade	Telemonitoraggio per gestione e servizio	Additive Manufacturing di prodotti finiti complessi in metallo	Additive Manufacturing di prodotti finiti in materie plastiche	Additive Manufacturing per prototipi in materie plastiche	Realtà aumentata e workforce automation	Sensoristica per ambienti speciali	Miniaturizzazione di device wearable telemonitorati
Num 1				X																
Num 2					X															
Num 3							X													
Osram 1	X																			
Osram 2	X																			
Pirelli 1										X										
Pirelli 2															X					
Project Aut. 1																	X			
Project Aut. 2												X								
Project Aut. 3										X										
Rold 1	X																			
Rold 2					X															
Rold 3					X															
Rollwash 1	X																			
Rollwash 2	X																			
Rollwash 3				X																
Sol 1												X								
Sol 2													X							
Sol 3													X							
Sol 4		X																		
Sol 5																				X
Solvay 1							X													
Solvay 2											X									
Solvay 3										X										
Tenova 1												X								
Tenova 2										X										
Tenova 3					X															
Tenova 4								X												
Tenova 5														X						
Tenova 6				X																
Vortice 1																X				
Vortice 2										X										
Vortice 3												X								
Vortice 4	X																			
Totale	13	3	1	5	6	1	1	6	2	2	5	1	7	3	2	2	4	1	1	1
	29						7	10					10	8			3			
	67																			

Emerge un quadro variegato:

- 29 dei 67 progetti riguardano la digitalizzazione e l'automazione di processi produttivi: si va da applicazioni relativamente semplici a sperimentazione di applicazioni integrali della logica della Manifattura 4.0 e progetti di machine learning e machine interaction;
- 7 casi rientrano nell'area della progettazione di impianti e macchinari destinati ai clienti, di cui 3 si pongono l'obiettivo di progettare in virtuale impianti complessi anche con possibilità di simulazione di configurazioni alternative;
- 10 casi sono progetti, tutti di recente avvio, di big data analytics riguardanti l'intera supply chain o una delle sue fasi;
- 10 casi si svolgono nel mondo del telecontrollo degli impianti e delle macchine installate presso i clienti: si va da applicazioni "tradizionali" della diagnostica a distanza ad applicazioni "avanzate" che portano all'offerta di servizi, consulenze e capacità produttive in contrapposizione al modello di business tradizionale della pura vendita di una macchina o di un impianto;
- 8 sono i progetti di additive manufacturing, di cui 4 vertono sull'uso di semplici stampanti 3D per la prototipizzazione rapida in materie plastiche e quattro riguardano invece la produzione di prodotti finiti anche sofisticati;
- 3 progetti riguardano la realtà aumentata connessa a workforce automation, lo sviluppo di sensori speciali in contesti di altissime temperature e nuovi wearable device in campo medico.

La Tabella 3 riprende i 67 progetti sintetizzando: a) quali ingredienti tecnologici entrano nel progetto; b) quali categorie di attori esterni sono stati coinvolti con ruoli significativi; c) ammontare degli investimenti stanziati per finanziare i progetti; d) tempi di esecuzione.

Tabella 3 – Caratteristiche dei 67 progetti

PROGETTO	INGREDIENTI TECNOLOGICI (xx=pienamente, x=in parte)							ATTORI ESTERNI COINVOLTI						INVESTIMENTO				TEMPI			
	Cloud computing e cybersecurity	Advanced industrial analytics e big data	Artificial intelligence e machine learning	Industrial Internet of things	Advanced automation and robotics	Prototipizzazione rapida e 3D printing	Interfacce uomo-macchina avanzate	Clienti	Fornitori di tecnologie e macchinari	Consulenti, certificatori, formatori	Università e centri di ricerca	Partner tecnologici	Vari	Nessuno	Meno di 50 k €	Tra 50 e 200 k €	Tra 200 e 1.000 k €	Oltre 1.000 k €	Completato, in atto	In corso di attuazione	Allo studio, in prospettiva
Adler	xx	x	x	x											X				X		
Bayer 1																					X
Bayer 2																			X		
Bayer 3																			X		
Basell 1																			X		
Basell 2																				X	
Bracco	xx	x		x		x		X	X						X					X	
Breda Energia	xx	xx		x				X	X							X					X
Candy																				X	
Castel 1																					X
Castel 2																			X		
Cosberg 1	x	x		xx	xx		xx	X	X		X						X			X	
Cosberg 2	xx	xx		xx	x		x	X	X		X						X			X	
Cosberg 3	xx	xx		x	x		x	X	X		X				X					X	
Dellorto 1																			X		
Dellorto 2																			X		
Dellorto 3																					X
	INGREDIENTI TECNOLOGICI (xx=pienamente, x=in parte)							ATTORI ESTERNI COINVOLTI						INVESTIMENTO				TEMPI			

PROGETTO	Cloud computing e cybersecurity	Advanced industrial analytics e big data	Artificial intelligence e machine learning	Industrial Internet of things	Advanced automation and robotics	Prototipizzazione rapida e 3D printing	Interfacce uomo-macchina avanzate	Clienti	Fornitori di tecnologie e macchinari	Consulenti, certificatori, formatori	Università e centri di ricerca	Partner tecnologici	Vari	Nessuno	Meno di 50 k €	Tra 50 e 200 k €	Tra 200 e 1.000 k €	Oltre 1.000 k €	Completato, in atto	In corso di attuazione	Allo studio, in prospettiva			
Disa 1																			X					
Disa 2																						X		
Disa 3																			X					
Diplomatic 1				x	x				X								X			X				
Diplomatic 2	xx												X								X			
Diplomatic 3							xx						X									X		
Diplomatic 4																					X			
Gen. Electric 1	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx		X											X				
Gen. Electric 2																			X					
Gen. Electric 3																			X					
Geico 1	xx	xx	x	x			xx		X												X			
Geico 2	xx	xx	xx	xx	xx		x						X								X			
Indena 1	x	x							X									X		X				
Indena 2																						X		
Inoxfucine																					X			
Lanxess																			X					
Num 1	x	x		x	x		x							X				X		X				
Num 2	xx	xx		xx	x				X												X			
Num 3						xx	xx							X							X			
Osram 1				x	x			X	X												X			
Osram 2																					X			
Pirelli 1	x	xx					x		X	X								X		X				
Pirelli 2	x	x		x		xx	xx		X									X		X				
Project Aut. 1	xx	xx	xx	xx				X	X								X		X					
Project Aut. 2	xx	xx	xx	xx				X	X								X		X					
Project Aut. 3																					X			
Rold 1	x	x				x				X							X			X				
Rold 2	xx	xx		x			x						X			X				X				
Rold 3	xx	xx		xx		x	x		X				X									X		
Rollwash 1		x		xx	x	x		X	X	X	X							X		X				
Rollwash 2		x	x	xx	x						X					X				X				
Rollwash 3	x	x	x	x	x						X	X			X							X		
Sol 1	x	x		xx								X										X		
Sol 2	x	xx		xx					X													X		
Sol 3	x	x		xx																		X		
Sol 4																			X					
Sol 5																					X			
Solvay 1							xx						X			X					X			
Solvay 2	x									X											X			
Solvay 3	x	x		x	x	x	x						X									X		
Tenova 1	xx	x		x						X		X			X						X			
Tenova 2	xx	xx		x								X										X		
Tenova 3	xx	xx		xx	x		x					X										X		
Tenova 4																					X			
Tenova 5																						X		
Tenova 6																					X			
Vortice 1						x								X	X				X					
Vortice 2	xx								X							X					X			
Vortice 3				x			xx		X	X						X					X			
Vortice 4																					X			
Tot xx	18	15	4	14	3	3	7																	
Tot x	12	14	4	15	11	6	9																	
Totale	30	29	6	29	14	9	16	7	20	8	6	5	7	3	4	6	6	7	16	33	15			
	132							56							23							64		

Con riguardo agli ingredienti tecnologici di Manifattura 4.0 utilizzati, nei 39 progetti descritti nei questionari si ottengono i seguenti dati:

- cloud computing e cybersecurity 30 citazioni
- advanced analytics big data 29 citazioni
- artificial intelligence & machine learning 6 citazioni
- industrial Internet of things 29 citazioni
- advanced automation and robotics 14 citazioni
- prototipizzazione rapida e 3D printing 9 citazioni
- interfacce uomo-macchina avanzate 16 citazioni

Nella Tabella 4 sono riprese la domanda e le definizioni dei vari ingredienti tecnologici e si precisano i numeri di risposte sotto le dizioni “Pienamente”, “In parte” e “No”.

Tabella 4 – Ingredienti tecnologici e loro adozione dalle risposte al questionario

Quali dei seguenti “ingredienti” del modello Manifattura 4.0 sono coinvolti nella mossa in oggetto?	Pienamente	In parte	No
• <u>Cloud computing e cybersecurity</u> . Utilizzo di infrastrutture IT comuni, flessibili, scalabili per condividere software e applicazioni: a) di carattere generale; b) specificamente dedicate alle funzioni di R&D, manufacturing e logistica. Strumenti di protezione dei dispositivi, dei collegamenti e degli accessi.	18	12	9
• <u>Advanced industrial analytics e big data</u> . Strumenti di trattamento di big data, in particolare in ambito manifatturiero e logistico. Data analytics, visualization, simulation and forecasting. Modelli di Logistics 4.0.	15	14	10
• <u>Artificial intelligence & machine learning</u> . Algoritmi adattivi operanti secondo la logica “tentativi ed errori” e orientati all’apprendimento (ricerca di tendenza, analisi di correlazione, riconoscimento di forme, suoni e immagini).	4	4	31
• <u>Industrial Internet of Things</u> . Dispositivi e sensori applicati ai componenti, alle macchine e ai prodotti, con capacità di identificazione, autodiagnosi e comunicazione su reti multifunzionali quali Internet.	14	15	10
• <u>Advanced automation and robotics</u> . Macchine e robot con elevata capacità cognitiva e fortemente connessi sia tra di loro sia con le persone. M2M communication. Cyber Physical Systems.	3	11	25
• <u>Prototipazione rapida e 3D printing</u> . Tecniche supportate da software 3D per la trasformazione rapida di un’idea in un modello virtuale in scala e per la produzione di oggetti con tecnologie additive (stampa 3D).	3	6	30
• <u>Interfacce uomo-macchina avanzate; realtà aumentata</u> . Dispositivi e funzionalità utili per aggiungere dati e informazioni (suoni, immagini, dati GPS) alla visione e alla lettura della realtà fisica. Dispositivi mobili e indossabili con sensoristica e GUIs (Graphic User Interfaces) avanzati.	7	9	23

Gli attori esterni coinvolti nei 39 progetti illustrati nei questionari sono:

- fornitori di tecnologie e macchinari 20 citazioni
- consulenti, certificatori, formatori 8 citazioni
- clienti 7 citazioni
- università e centri di ricerca 6 citazioni
- partner tecnologici 5 citazioni
- vari 7 indicazioni
- nessuno 3 indicazioni

Le indicazioni aggiuntive raccolte durante lo svolgimento dei focus group fanno emergere un quadro nel quale le imprese coinvolgono sì attori esterni, ma, ove possibile, tendono anche a sviluppare progetti in autonomia sperimentando “in casa” problemi e soluzioni. Da notare che in 3 casi chi ha compilato il questionario si è sentito di dover precisare che nessun attore esterno è stato coinvolto nel progetto.

Gli investimenti previsti per i vari progetti vanno dai 2.000 euro di una stampante 3D a vari milioni di euro per la riconfigurazione della supply chain di grandi imprese. I dati della Tabella 4 ci mostrano che gli importi (cumulati per l'intera durata del progetto) si distribuiscono nel modo seguente:

- sino a 50.000 euro 4 casi
- tra 50.000 e 200.000 euro 6 casi
- tra 200.000 e 1.000.000 euro 6 casi
- oltre 1.000.000 euro 7 casi

Si noti che alcuni degli investimenti di maggior portata sono stati stanziati da imprese di dimensioni non grandi.

Con riguardo alla distribuzione temporale dei progetti si rileva che:

- 16 progetti presentano cambiamenti già realizzati e in atto. Si tratta dei casi degli impianti digitalizzati e automatizzati delle imprese chimiche e petrolchimiche, di semplici applicazioni delle stampanti 3D, della digitalizzazione della documentazione di produzione e di magazzino, delle prime applicazioni di telemonitoraggio.
- 33 progetti sono in corso e riguardano soprattutto iniziative di big data analytics, di telemonitoraggio evoluto e di progettazione virtuale degli impianti, ma includono anche casi di impianti pilota di applicazione integrale del modello Manifattura 4.0.
- 15 progetti sono programmati per il futuro e coprono sia applicazioni base da parte di aziende che si stanno affacciando ora alla Manifattura 4.0, sia applicazioni avanzate quali machine learning, machine interaction, progettazione virtuale per la simulazione di impianti e additive manufacturing per la realizzazione di pezzi complessi in metallo.

Molti progetti si svolgono in archi temporali lunghi. Partendo dal momento della compilazione del questionario si prevedono le seguenti durate future:

- entro un anno 7 casi
- entro 2 anni 12 casi
- oltre 2 anni 15 casi
- non specificato 5 casi

I 18 questionari sono stati compilati da 12 aziende di medie dimensioni (tutte italiane) e da 6 aziende di grandi dimensioni, di cui 3 italiane e 3 estere. Mettendo a confronto i comportamenti delle imprese medie rispetto ai comportamenti delle imprese più grandi, i dati raccolti mediante i questionari (con qualche integrazione suggerita dai focus group) ci dicono quanto segue.

- Non emerge una relazione diretta tra le dimensioni delle aziende e gli importi degli investimenti effettuati e programmati per il passaggio al modello Manifattura 4.0. Alcuni degli investimenti maggiori si stanno realizzando proprio nelle imprese di medie dimensioni. Studiandone le motivazioni, appare chiaro che si tratta delle imprese che vedono nella Manifattura 4.0 lo strumento di attuazione di nuove strategie o di nuovi business model. Gli investimenti complessivi, dell'ordine di milioni di euro, sono programmati su archi temporali relativamente brevi (1-3 anni).
- Non emerge una relazione diretta neppure tra le dimensioni delle aziende e le tipologie di ingredienti tecnologici attivati. Una larga parte delle imprese medie che hanno compilato il questionario sta agendo contemporaneamente su più leve tipiche del Modello 4.0, non limitandosi ai "semplici" interventi di digitalizzazione dei processi aziendali.
- Con riguardo agli attori coinvolti nei progetti di Manifattura 4.0, si osserva che tutte le imprese configurano team di progetto prevalentemente interni, se pur con ampio ricorso anche a soggetti esterni; tra questi ultimi – accanto ai consulenti e ai fornitori di tecnologie – giocano un ruolo molto importante i fornitori, i clienti e i centri di ricerca.
- Le differenze più significative nei comportamenti delle imprese medie rispetto alle imprese grandi emerge dall'analisi dei tempi di svolgimento dei progetti Manifattura 4.0. Come riportato anche da altri studi, la nostra analisi conferma che le imprese più grandi hanno avviato i loro progetti in netto anticipo rispetto a quanto fatto dalle imprese di dimensioni minori. Si delinea un quadro nel quale parecchie delle imprese di dimensioni medie hanno avuto bisogno di tempi relativamente lunghi per impostare e rendere attuabili le loro scelte, ma oggi si stanno muovendo con decisione in termini sia di tempo sia di importi degli investimenti pianificati.

Gli obiettivi attribuiti dalle imprese manifatturiere ai progetti riconducibili al modello Manifattura 4.0

In merito al raggiungimento degli obiettivi che le imprese manifatturiere attribuiscono ai progetti della Manifattura 4.0, sono emerse interpretazioni molto varie, ma riconducibili a tre livelli di intervento.

- Livello I: gli interventi sono volti o a una maggiore efficienza, o all'adempimento delle richieste dei clienti o della normativa.
- Livello II: gli interventi sono volti a soddisfare meglio le attese dei clienti. In particolare, il "prodotto fisico" viene arricchito con una rosa di servizi, quali assistenza, manutenzione e consulenza, il che richiede forti interventi di digitalizzazione dei processi e dei prodotti. Cambia dunque il "sistema di prodotto" offerto al cliente, se non anche il business model.
- Livello III: gli interventi producono contemporaneamente le tre condizioni di successo delle imprese: time-to-market e supply chain più brevi, efficienza maggiore, sistemi di prodotto più ricchi e differenziati.

A tutti i livelli, prevale l'idea secondo la quale i diversi interventi producono contemporaneamente vantaggi di vario tipo (maggior efficienza, miglior servizio al cliente, etc.).

Le imprese multibusiness segnalano che a seconda del business sono richiesti gradi e tipologie di intervento differenti nell'ottica del modello Manifattura 4.0. Ciascun business ha propri obiettivi in relazione al sistema competitivo nel quale è svolto. Proprio per queste ragioni, in un caso si è reso necessario distinguere tra le divisioni dell'impresa.

Un importante obiettivo "trasversale" della digitalizzazione consiste nella codificazione della conoscenza posseduta dai singoli operatori: la conoscenza codificata diventa patrimonio dell'azienda, non rischia di essere persa con l'uscita di qualche collaboratore ed è più facilmente utilizzabile e aggiornabile.

In tema di efficienza e produttività, due imprese multinazionali hanno segnalato che i loro stabilimenti localizzati in Italia sono assolutamente competitivi rispetto agli omologhi cinesi e coreani. Per converso, il rappresentante di una grande impresa italiana con produzioni distribuite in più parti del mondo ritiene che per le imprese del suo settore gli stabilimenti italiani non possano più essere competitivi.

Le modalità di gestione dei progetti aziendali di Manifattura 4.0

Pur nella varietà delle situazioni rappresentate nei focus group, le interpretazioni in merito a chi debba dirigere e coordinare i progetti di Manifattura 4.0 sono sostanzialmente omogenee. Come deve essere, tali progetti fanno capo ai massimi vertici aziendali: l'imprenditore e il Chief Executive Officer. È per tutti chiaro che non si tratta di progetti settoriali della funzione ICT o delle funzioni tecniche.

Nelle aziende più grandi, con progetti più articolati, si costituiscono unità organizzative ad hoc (di solito nettamente distinte rispetto all'unità ICT) che riportano direttamente al Presidente, al Chief Executive Officer o all'unità di R&D.

In 2 imprese particolarmente grandi e articolate sono state adottate strutture organizzative divisionali con lo specifico obiettivo di separare i business tradizionali da quelli che richiedono forti iniezioni di Manifattura 4.0.

In aggiunta, nel corso dei focus group i partecipanti hanno espresso rilevanti considerazioni in merito alle modalità di gestione degli interventi. In sintesi:

- Tutte le imprese medio-grandi che operano con più unità (stabilimenti, centri di ricerca, filiali nazionali) stanno procedendo secondo la logica dei progetti e degli impianti pilota con successiva estensione alle altre unità.
- Alcune imprese, in particolare imprese di medie dimensioni, dichiarano di voler ideare e sperimentare al proprio interno soluzioni originali. Non vogliono limitarsi a comprare e applicare le tecnologie esistenti, ma aprono progetti ad hoc sponsorizzati dai vertici aziendali, effettuano gli investimenti necessari (spesso di importi contenuti), chiedono il supporto anche di terzi (fornitori, consulenti) e verificano direttamente le possibili soluzioni.
- Le imprese medie e grandi ricorrono al supporto delle grandi società di consulenza di direzione. Sono utili, ma costano moltissimo: *“non possiamo permetterci contratti di lunga durata”*. In nessun caso è emerso che il ruolo di integratore massimo sia attribuito a una società di consulenza.
- Talvolta un fornitore di tecnologie viene scelto come partner principale per la realizzazione dei nuovi progetti di digitalizzazione e di innovazione.
- I rappresentanti di alcune delle imprese più grandi hanno segnalato che le burocrazie interne delle grandi imprese frenano i processi di innovazione in logica Manifattura 4.0. A loro avviso, le piccole e medie imprese godono del vantaggio della maggior rapidità decisionale, che però deve essere accompagnata dall'appropriata cultura e da adeguate risorse.
- I rappresentanti di varie imprese manifatturiere hanno insistito sul fatto che le innovazioni Manifattura 4.0 si possono realizzare utilizzando tecnologie semplici e tecnologie “popular”: possono bastare tablet, smartphone, smartwatch o anche i vecchi “cinque pulsanti”.
- Tutti i rappresentanti delle imprese manifatturiere hanno maturato l'opinione secondo la quale la trasformazione verso il modello Manifattura 4.0 si possa realizzare progressivamente e per moduli. Si deve sviluppare sin dall'inizio una visione olistica, ma la realizzazione pratica può essere graduale.

Iniziative autonome o progetti di filiera

Una questione speciale relativa alle modalità di gestione dei progetti Manifattura 4.0 da parte delle imprese riguarda la scelta di operare esplicitamente in una logica di filiera, ossia coinvolgendo organicamente nel progetto anche gli attori a monte (i fornitori) e gli attori a valle (i clienti), oppure in una logica di iniziativa autonoma, se pur condizionata dal contesto.

La “teoria” prevede che le applicazioni del modello Manifattura 4.0 si debbano realizzare in buona misura coinvolgendo più attori della filiera sia a monte sia a valle. I fornitori e i clienti ai vari livelli devono interagire e cooperare in modo tale da rendere snelli e fluidi tutti i processi. Gli interventi di Manifattura 4.0 in qualche misura devono essere concordati da più attori lungo la filiera. Può però accadere che uno degli attori svolga un ruolo chiave, imponendo così certe soluzioni tecnologiche e di processo.

Contrariamente a quanto previsto dalla “teoria” quasi tutte le imprese manifatturiere coinvolte nei focus group dichiarano di aver attivato i loro progetti della Manifattura 4.0 in autonomia, senza concordarli con altri attori della filiera. Non è per nulla evidente che la Manifattura 4.0 sia un fenomeno di filiera da attivare mediante progetti espliciti comuni a più aziende. Occorrerebbe invece tener conto di quanto accade a monte e a valle e di quanto fanno i concorrenti.

Molte imprese, indipendentemente dalle dimensioni, indicano come key player di filiera il cliente, intendendo con ciò che i loro progetti nascono dalla volontà o dall’esigenza di migliorare i loro sistemi di prodotto per meglio soddisfare le attese dei clienti. In particolare, per le imprese medio-piccole il key player di filiera è la grande impresa cliente che impone gli standard di prodotto e di processo, incluse le pratiche della Manifattura 4.0. Quasi sempre l’impresa medio-piccola riconosce che il rapporto con il grande cliente dominante consente di imparare molto, migliorando la propria capacità di interagire con gli altri clienti, con i fornitori e con gli enti regolatori. Ad esempio, una delle imprese partecipanti ai focus group ha sostituito i piccoli fornitori locali con grandi fornitori asiatici e questi ultimi hanno imposto regole e comportamenti secondo il modello Manifattura 4.0. In non pochi casi, le imprese di ogni dimensione si trovano a interagire sia con clienti sia con fornitori di grandi e grandissime dimensioni.

Le imprese che interagiscono con la Pubblica Amministrazione, in particolare con il sistema sanitario, trovano difficoltà nel realizzare progetti del tipo Manifattura 4.0, anche quando sembrano evidenti i vantaggi per i pazienti e le riduzioni dei costi per le regioni e per le ASL. Sembra quindi opportuno coinvolgere anche la Pubblica Amministrazione nei processi di passaggio alla Manifattura 4.0.

In alcuni settori (ad esempio farmaceutico, chimico, oil & gas) gli interventi di digitalizzazione dei prodotti e dei processi possono essere spinti (o frenati) più dalla normativa che dagli attori della filiera. Tutte le imprese che si trovano in questa situazione hanno segnalato che la normativa italiana è troppo stringente rispetto a quella di altri Paesi e ostacola l’innovazione anche nei casi in cui si potrebbero produrre risultati convenienti sia per l’impresa sia per la collettività. Alcuni enti regolatori, in particolare la U.S. Food and Drug Administration, seguono con attenzione l’evoluzione delle tecnologie, schierandosi a favore di quelle che possono migliorare la sicurezza e la tracciabilità.

A favore di una impostazione dei progetti Manifattura 4.0 secondo una logica di filiera depongono due casi emersi durante i focus group:

- 1) una grande impresa ha attivato un progetto di industrial analytics e i risultati che emergono stanno per influenzare tutta la filiera, dalle relazioni con i fornitori fino al servizio clienti;
- 2) un’altra grande impresa segnala l’esigenza di attivare una specifica e differente filiera ogniqualvolta sviluppa un nuovo prodotto o servizio per un cliente, che si scontra però con notevoli problemi di integrazione (non di competenze) tra tutti i soggetti che dovrebbero dare il loro contributo in quel progetto specifico.

Il contesto nel quale oggi le imprese affrontano la sfida della Manifattura 4.0

È del tutto evidente che l'azione delle singole imprese impegnate lungo il percorso della Manifattura 4.0 è fortemente condizionata in positivo e in negativo, dal contesto in cui si trovano a operare. Le condizioni sono di varia natura: economiche, giuridiche, infrastrutturali, politiche e culturali. Data la rilevanza del contesto, nel corso della ricerca sono state raccolte le valutazioni in materia espresse sia dalle imprese manifatturiere, sia dai consulenti e dai fornitori di tecnologie.

La reindustrializzazione dell'economia lombarda secondo le imprese manifatturiere

Ai rappresentanti delle imprese manifatturiere è stato chiesto di valutare il contesto in termini di opportunità (o di necessità) di "reindustrializzare" l'economia milanese e lombarda. Complessivamente il giudizio è abbastanza positivo, fatti salvi i noti limiti relativi alla burocrazia, alle infrastrutture telematiche e agli scarsi incentivi per gli investimenti. La manifattura in Lombardia è ancora importante e abbastanza competitiva a livello internazionale, sarebbe un peccato vederla declinare. Molte imprese credono che il passaggio al modello Manifattura 4.0 non sia un'opzione, ma una necessità assoluta per la sopravvivenza delle nostre aziende. La digital transformation è una realtà in atto. Dobbiamo fare molto e subito, sperimentando e sbagliando, ma agendo.

Un significativo numero di imprese giudica il contesto molto positivo, del tutto comparabile a quello di altri Paesi che spesso sono indicati come punto di riferimento. Le imprese, le università, i centri di ricerca, i fornitori di tecnologie e le società di consulenza posseggono tutte le competenze utili per il rilancio della manifattura lombarda. Le università e i centri di ricerca più spesso citati come validi interlocutori sono il Politecnico di Milano, il Politecnico di Torino, l'Università degli Studi di Pavia, l'Università di Bologna, l'Università degli Studi di Bergamo, l'Istituto Sant'Anna di Pisa, il CNR, l'Istituto Italiano di Tecnologia di Genova e il Cefriel. Anche se le relazioni con il mondo della ricerca sono buone, purtroppo permangono notevoli difficoltà nel processo di trasferimento tecnologico. Alcune imprese manifatturiere hanno espresso con fermezza l'opinione secondo la quale le imprese italiane produttrici di macchine e di impianti non starebbero giocando un ruolo attivo sul fronte dell'innovazione secondo il Modello 4.0. Si tratta di imprese per molti versi eccellenti, ma trainate dai fornitori di tecnologie hardware e software. Qualche impresa è di avviso contrario.

Chi giudica molto positivamente il contesto segnala, per converso, che "mancano gli integratori" capaci di far combinare tutte le competenze disponibili. Combinando gli spunti emersi da vari focus group, si delinea uno scenario piuttosto preoccupante:

- non abbiamo grandi technology provider (quali Bosch e Siemens) di nazionalità italiana;
- non abbiamo grandi centri di ricerca applicata ad ampio spettro (quali Fraunhofer) di nazionalità italiana;
- i nostri produttori di macchine e di impianti non stanno svolgendo un ruolo attivo nell'innovazione verso Manifattura 4.0;

- non abbiamo più grandi imprese che possano trainare il cambiamento;
- nelle imprese italiane continua a prevalere l'obiettivo dell'indipendenza a discapito di forme sostanziali di aggregazione e di cooperazione;
- non tutti gli imprenditori, i policy maker e gli opinion maker posseggono le conoscenze e le idee proprie del modello Manifattura 4.0.

Per converso, non pochi dei partecipanti ai vari focus group (imprese, consulenti e fornitori di tecnologie) ritengono che il nostro Paese debba necessariamente e possa percorrere con successo un cammino differente rispetto a quello seguito da Paesi come la Germania. Ad esempio, il ruolo di Fraunhofer può essere coperto dall'insieme dei centri di ricerca (universitari e non universitari) che già in qualche misura operano "in rete". Rafforzando l'interazione e la cooperazione tra i vari attori si otterranno risultati analoghi a quelli degli altri Paesi che oggi prendiamo come riferimento. Il problema non è dato dalla disponibilità di competenze, bensì dalla capacità di integrarle.

Vari partecipanti (inclusi i consulenti e i fornitori di tecnologie) sostengono che occorre puntare anche su progetti trasversali, quali smart city, fabbriche di vicinanza e infrastrutture informatiche.

Varie imprese hanno segnalato come punto di debolezza l'arretratezza delle piccole imprese in termini di cultura e di procedure. I loro clienti si sentono costretti a rivolgersi ad altri fornitori. Tutti concordano sul fatto che le piccole imprese dovrebbero rapidamente adeguarsi, pena la sparizione dal mercato.

Tutte le aziende impegnate sul fronte industrial analytics e big data segnalano la difficoltà di trovare le persone con le necessarie competenze ed esperienze.

Gli attori secondo i consulenti di direzione

Le opinioni dei consulenti di direzione in merito agli attori presenti nel contesto si possono sintetizzare nei punti seguenti:

- occorrono cooperazione, integrazione e lo sviluppo di un adeguato ecosistema;
- mancano i grandi integratori: le soluzioni particolari ci sono, ma è estremamente difficile combinarle facendo cooperare i vari attori;
- gli imprenditori sanno poco di Manifattura 4.0 e sovrastimano le loro competenze in materia;
- mancano le competenze tecniche e il saper fare pratico degli specialisti;
- è ancora diffusa una cultura anti-industriale, specie nelle scuole medie superiori;
- la Lombardia, anche a confronto della realtà tedesca, è un luogo privilegiato per l'attuazione del modello Manifattura 4.0;
- sarebbe utilissimo sviluppare e pubblicizzare esperienze emblematiche per convincere gli imprenditori e per modificare l'opinione pubblica.

Le fonti delle conoscenze avanzate secondo i fornitori di tecnologie

Ai fornitori di tecnologie è stato chiesto di indicare quali sono i luoghi di formazione delle conoscenze avanzate richieste per l'efficace attuazione dei progetti Manifattura 4.0 e come i soggetti lombardi e italiani si collocano in tale spazio.

Secondo i fornitori di tecnologie, in Lombardia (e in altre regioni italiane) si trovano buoni livelli di conoscenza. Sono citati il Cefriel, il Politecnico di Milano, il Politecnico di Torino, l'Università degli Studi di Pavia, l'Università degli Studi di Parma, l'Università di Bologna, il Sant'Anna di Pisa, il CNR, l'Università degli Studi di Bergamo, l'Università degli Studi di Genova, nonché i produttori lombardi di dispositivi intelligenti per la sanità. Le università dovrebbero essere orientate anche all'applicazione pratica delle conoscenze scientifiche. Il trasferimento tecnologico è ancora un problema. Servirebbe qualcosa di analogo al Fraunhofer tedesco.

Alcune imprese fornitrici di tecnologie partecipanti ai relativi focus group hanno segnalato alcune loro importanti iniziative volte alla diffusione di Manifattura 4.0:

- investimenti in centri di ricerca e centri di competenza in Italia, soprattutto nell'ultimo anno, con casi di centri di R&D worldwide basati in Italia;
- supporto nello sviluppo di startup innovative, anche mediante "talent garden";
- offerta di supporti didattici alle università e alle scuole medie superiori;
- offerta di piattaforme per l'elaborazione di grandi volumi di dati in tempo reale;
- creazione di poli di sistema / reti di collaborazione dove centri di ricerca, fornitori e clienti si mettono assieme in una logica di laboratorio;
- sviluppo di percorsi formativi dedicati a grandi numeri di persone;
- apertura di luoghi di incontro tra le persone e le tecnologie, anche per sviluppare idee di nuovi prodotti.

Altri punti emersi dagli interventi dei fornitori di tecnologie sono:

- non mancano casi di cooperazione tra fornitori di tecnologie, soprattutto quando si è coinvolti in progetti di iniziativa pubblica;
- c'è un forte problema di formazione del personale;
- occorrono laboratori di innovazione e competenze e centri di eccellenza, per esempio attivabili da Confindustria, quali luoghi dove gli imprenditori scettici e poco informati possono scoprire informazioni utili per le loro imprese;
- occorrono adeguate infrastrutture (ad esempio fibra ottica);
- tra gli esempi di cooperazione efficace tra imprese e centri di ricerca, spicca lo sviluppo del distretto della sensoristica supportato dall'Università di Pisa e dal CNR;
- sono necessarie non solo le singole competenze, ma anche un ecosistema nel quale le varie competenze si combinano e si integrano. Ad esempio, nel settore healthcare occorrerebbe una integrazione verticale tra chi produce i wearable device intelligenti, chi raccoglie e analizza i big data provenienti dai device, chi sviluppa ed eroga i nuovi servizi di assistenza sanitaria;
- in Italia si cerca di replicare, con fatica, esperienze di grande successo realizzate negli anni passati in Germania, dove Fraunhofer, fornitori di tecnologie e clienti hanno cooperato in logica di laboratorio;

- è essenziale la partnership pubblico-privata, che in Germania ha dimostrato di funzionare. In Italia, nel momento in cui i focus group sono stati condotti, la voce pubblica risultava ancora assente. Se il pubblico non agisce, i vari fornitori di tecnologie sono portati a competere anziché collaborare, causando rilevanti problemi di integrazione;
- per adottare la Manifattura 4.0 possono bastare tecnologie semplici, come apposite versioni di wearable devices consumer (smartphone, tablet, smartwatch) che oggi non solo sanno interagire, ma hanno anche grande potenza elaborativa, costi più bassi essendo prodotti in milioni di pezzi e affidabilità più alta dei device professionali.

La propensione delle imprese al cambiamento secondo i fornitori di tecnologie

I fornitori di tecnologie rilevano che, in generale, gli imprenditori (soprattutto i piccoli) non conoscono le soluzioni disponibili, resistono all'innovazione, non vogliono rischiare e attuano solo i cambiamenti che possono dare ritorni visibili e rapidi. Naturalmente, esistono (non poche) eccezioni: parecchi imprenditori sono sensibili ai vantaggi che Manifattura 4.0 potrebbe produrre in termini di capacità di personalizzazione dei prodotti e di drastica riduzione dei tempi di risposta alle domande dei clienti.

Secondo i fornitori di tecnologie:

- le soluzioni tecnologiche ci sono, ma gli imprenditori non le conoscono;
- molte applicazioni tecnologiche sono poco costose e facilmente attuabili;
- si può benissimo “*procedere per pezzi*”, ma è bene avere chiaro il quadro generale del modello Manifattura 4.0.

I fornitori di tecnologie chiedono di non avere più come interlocutore il Direttore dei Sistemi Informativi: per la Manifattura 4.0 l'interlocutore deve essere il capo azienda. Tuttavia, nelle imprese piccole il capo azienda (spesso anche il proprietario) può risultare refrattario alle idee della Manifattura 4.0. In tal caso si deve cercare di individuare in azienda un interlocutore che creda nella Manifattura 4.0 e che goda della fiducia dell'imprenditore.

Altri contributi dei fornitori di tecnologie sono sintetizzati nei punti seguenti:

- le imprese più piccole sono maggiormente in difficoltà: da un lato hanno meno risorse, dall'altro, per sopravvivere, devono cambiare contemporaneamente alla filiera;
- le imprese più aperte, per necessità, sono quelle che operano in mercati molto competitivi e dinamici;
- le imprese più grandi hanno il vantaggio di poter sperimentare le soluzioni in progetti pilota e poi estenderle al resto dell'azienda;
- per le scelte a favore della Manifattura 4.0 l'assetto proprietario, la governance e la propensione al rischio contano più della dimensione aziendale;
- la Manifattura 4.0 riguarda tutti i settori;
- è fondamentale ragionare anche per filiere e in molti casi una soluzione sarà il ritorno a livelli più alti di integrazione verticale dopo anni di scelte di “deverticalizzazione”.

Appendice 1.1 - Le tracce per la conduzione dei focus group

I focus group dedicati alle imprese manifatturiere si sono concentrati su tre insiemi di domande:

- Primo giro di tavolo: i progetti in atto
Nella vostra azienda è aperto esplicitamente un macroprogetto “Manifattura 4.0”?
Quali sono i contenuti e gli obiettivi essenziali?
Chi lo dirige / coordina?
- Secondo giro di tavolo: le relazioni di filiera
Si tratta di un progetto essenzialmente monoaziendale, oppure, inevitabilmente, si tratta di un gioco di filiera / di settore?
C'è un chiaro key player nella vostra filiera / settore?
- Terzo giro di tavolo: la reindustrializzazione
Pensate che la Lombardia (l'Italia) possa e debba reindustrializzarsi?
In Lombardia (Italia) è particolarmente facile / difficile adottare le soluzioni suggerite dal modello Manifattura 4.0?

Per il focus group dedicato alle società di consulenza di direzione, i tre insiemi di domande sono stati:

- Primo giro di tavolo: i casi emblematici
La vostra società di consulenza sta svolgendo (presso imprese lombarde) progetti che possono considerarsi attuazioni emblematiche del modello Manifattura 4.0?
Potete fornirci una breve descrizione del caso secondo voi più interessante?
- Secondo giro di tavolo: le declinazioni per settori / filiere
Ritenete che il modello generale Manifattura 4.0 possa e debba essere declinato in “verticali” specifiche per settori / filiere di imprese?
Voi vi siete già attivati in questo senso?
Quali sono i settori / le filiere sui quali il modello Manifattura 4.0 potrebbe avere i maggiori impatti nella realtà lombarda?
- Terzo giro di tavolo: gli attori
L'attuazione concreta del modello Manifattura 4.0 richiede il contributo di molti attori (le imprese e le loro associazioni, i consulenti e i fornitori di soluzioni, i centri di ricerca, i gestori di infrastrutture, i policy maker, ecc.).

Con riferimento alla Lombardia, ritenete che tutti gli attori siano sufficientemente

competenti e attivi per realizzare un forte processo di reindustrializzazione nei prossimi 5 anni?

Quali sono i vostri suggerimenti?

Per i fornitori di tecnologie, infine, le domande di riferimento sono state:

- Primo giro di tavolo: i casi di applicazioni tecnologiche avanzate

Facendo riferimento ai vostri clienti lombardi, state partecipando a progetti che vedono applicazioni particolarmente avanzate delle soluzioni tecnologiche proposte dalla vostra impresa?

Potete fornirci una breve descrizione del caso secondo voi più interessante?

- Secondo giro di tavolo: le fonti di conoscenza avanzata

Quali soggetti (la vostra impresa, i centri di ricerca, i vostri fornitori, ecc.) producono le conoscenze particolarmente avanzate che poi vanno a comporre i prodotti da voi offerti alle imprese?

Quanta di questa conoscenza avanzata è prodotta in Italia / in Lombardia?

Avete suggerimenti per rafforzare il ruolo dell'Italia come luogo di origine di conoscenze avanzate utili per il modello Manifattura 4.0?

- Terzo giro di tavolo: la ricettività delle imprese per settori, dimensioni e proprietà

In generale, i vostri interlocutori in impresa (i vertici e i primi livelli) quanto conoscono e apprezzano le logiche e gli ingredienti tecnologici del modello Manifattura 4.0?

Si notano rilevanti differenze tra settori / filiere (meccanico, chimico, alimentare, abbigliamento, ecc.)?

Si notano rilevanti differenze tra aziende di differenti dimensioni e/o con differenti assetti proprietari?

Appendice 1.2 - Il questionario per le imprese manifatturiere

“... Con il presente questionario focalizziamo l’attenzione sulle mosse che la vostra impresa sta compiendo, o prevede di compiere a breve, per passare ad operare secondo logiche che, più o meno direttamente, si ispirano al modello “Manifattura 4.0”. Dato l’oggetto, può trattarsi di mosse (di progetti) di natura molto varia (da specifici interventi tecnologici a nuove logiche organizzative, da nuove alleanze strategiche a nuovi modelli di business supportati da tecnologie avanzate, e così via).

Facendo riferimento al passato recente e al futuro prossimo (complessivamente, all’arco temporale 2013–2018) vi chiediamo di individuare 3 mosse che vi paiono particolarmente significative rispetto al modello “Industria 4.0” e di descriverle sinteticamente secondo lo schema proposto di seguito.

Mossa n. 1

Quali sono, in sintesi, i contenuti e gli obiettivi della mossa?

In quale arco temporale è stata realizzata o si prevede di realizzarla?

Quali dei seguenti “ingredienti” del modello “Manifattura 4.0” sono coinvolti nella mossa in oggetto?

	Pienamente	In parte	No
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Cloud computing e cybersecurity</u>. Utilizzo di infrastrutture IT comuni, flessibili, scalabili per condividere software e applicazioni: a) di carattere generale; b) specificamente dedicate alle funzioni di R&D, manufacturing e logistica. Strumenti di protezione dei dispositivi, dei collegamenti e degli accessi. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Advanced industrial analytics e big data</u>. Strumenti di trattamento di big data, in particolare in ambito manifatturiero e logistico. Data analytics, visualization, simulation and forecasting. Modelli di Logistics 4.0. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Artificial intelligence & machine learning</u>. Algoritmi adattivi operanti secondo la logica “tentativi ed errori” e orientati all’apprendimento (ricerca di tendenza, analisi di correlazione, riconoscimento di forme, suoni e immagini). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Industrial Internet of Things</u>. Dispositivi e sensori applicati ai componenti, alle macchine e ai prodotti, con capacità di identificazione, autodiagnosi e comunicazione su reti multifunzionali quali Internet. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Advanced automation and robotics</u>. Macchine e robot con elevata capacità cognitiva e fortemente connessi sia tra di loro sia con le persone. M2M communication. Cyber Physical Systems. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Prototipazione rapida e 3D printing</u>. Tecniche supportate da software 3D per la trasformazione rapida di un’idea in un modello virtuale in scala e per la produzione di oggetti con tecnologie additive (stampa 3D). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Interfacce uomo-macchina avanzate; realtà aumentata</u>. Dispositivi e funzionalità utili per aggiungere dati e informazioni (suoni, immagini, dati GPS) alla visione e alla lettura della realtà fisica. Dispositivi mobili e indossabili con sensoristica e GUIs (Graphic User Interfaces) avanzati. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

L’attuazione della mossa ha comportato, o si prevede comporterà, il coinvolgimento critico di altri soggetti (consulenti, fornitori di tecnologie, clienti, fornitori, ecc.)? Se sì, quali e con quali ruoli?

Qual è il costo complessivo direttamente riferibile a questa mossa?

Idem per le mosse n. 2 e n. 3.

Appendice 1.3 - Il profilo delle aziende che hanno partecipato alla ricerca

Le imprese manifatturiere

Adler è un'azienda metalmeccanica, fondata nel 1989, specializzata nella produzione di valvole a sfera di alta gamma. Adler concentra la sua produzione nello stabilimento di Santo Stefano Ticino (MI) ed esporta una gamma completa di prodotti in tutti i Paesi del mondo.

Basell Poliolefine Italia è presenza in Italia di Lyondell Basell, una delle più grandi aziende internazionali che operano nel settore delle materie plastiche, dei prodotti chimici e della raffinazione. In Italia è presente a Ferrara con il Centro Ricerche "Giulio Natta" e con impianti produttivi per polimeri e catalizzatori, a Brindisi con produzione di polimeri e a Sesto San Giovanni (MI) con attività commerciali.

Bayer è una multinazionale, con sede a Leverkusen in Germania, specializzata nei settori Life Science (prodotti per la salute e per l'agricoltura). Dal 2016, il core business di Bayer è gestito da tre divisioni: Pharmaceuticals, Consumer Health, Crop Science. In Italia, il settore Life Science si basa su tre siti industriali, con sede a Garbagnate Milanese (MI), Segrate (MI) e Filago (BG).

Breda Energia è un'affermata realtà europea nella produzione di manufatti, sistemi e servizi per l'industria mondiale del petrolio e del gas. I suoi prodotti sono progettati e testati per condizioni di lavoro estreme. La gamma comprende: valvole, teste di pozzo, X-mas trees, sistemi di controllo per teste di pozzo, attuatori e packaged systems per subsea, offshore e onshore.

Candy Group è tra i leader europei nel settore dei piccoli e dei grandi elettrodomestici da accosto e da incasso. Nata nel 1945, ha prodotto la prima lavatrice italiana e oggi integra le più avanzate tecnologie, il design funzionale e il made in Italy per creare prodotti sempre più innovativi. Opera con i marchi internazionali, Candy e Hoover, e con differenti marchi nazionali tra i quali Rosières (in Francia), Jinling (in Cina) e Baumatic (in UK). La sua sede principale si trova a Brugherio (MB).

Castel, leader nel settore della componentistica per la refrigerazione e il condizionamento dell'aria a uso industriale e commerciale, è una family company di proprietà interamente italiana. A partire dal 1961 è cresciuta e si è consolidata, grazie a una spiccata ricerca di innovazione e a un costante desiderio di sbocco commerciale nazionale, ma anche internazionale.

Cosberg è un'azienda italiana nata nel 1983 a Terno d'Isola (BG). Cosberg studia, progetta e costruisce macchine e moduli per l'automazione dei processi di montaggio nel settore elettro-meccanico, nel comparto dell'elettronica e nel mondo degli elettrodomestici. Da azienda familiare Cosberg è diventata un gruppo industriale presente in Italia, Francia, Slovenia e Brasile.

Dellorto è un'azienda italiana che opera nella produzione di sistemi di alimentazione per il settore automotive e motorcycle. Nata nel 1933, ha la sede operativa a Cabiato (CO), dove gestisce tutte le fasi del processo di produzione distinguendosi come un'azienda totalmente integrata a livello produttivo. Dellorto ha anche 2 sedi all'estero, una produttiva in India e un presidio tecnico-commerciale in Cina.

Disa (Diesel Iniezione Società Anonima) nasce a Milano nel 1941. Gli impianti vengono coattivamente trasferiti a Magenta nel 1943, per sfuggire ai bombardamenti su Milano. L'attività è, dalla fondazione, concentrata sulla produzione della componente più sofisticata del motore Diesel: l'apparato di iniezione. In seguito si è ampliata anche ai sistemi idraulici di trasmissione. E ciò è ancora così. Tutti i prodotti Disa sono realizzati nel rispetto di elevatissimi standard di qualità, europei ed americani, riferiti all'impiego di "primo impianto".

Duplomatic Oleodinamica è un'azienda italiana fondata nel 1952 con sede a Parabiago (MI). Duplomatic ha sviluppato una innovativa gamma di copiatori oleodinamici integrata nel tempo con l'aggiunta di nuovi componenti. Ora Duplomatic ha un catalogo prodotti compatibile con quello delle multinazionali leader del mercato.

Geico è un'azienda, con sede a Cinisello Balsamo (MB), leader a livello mondiale nella progettazione e realizzazione di impianti automatizzati per la verniciatura delle scocche automobilistiche. Nel 2011 viene siglata l'alleanza con il colosso giapponese Taikisha.

General Electric Italia è la sede italiana della multinazionale statunitense General Electric International. In Italia GE è presente dal 1921 e opera in 9 divisioni di business, attive in diversi settori tecnologici strategici per lo sviluppo del Paese, dall'energia ai trasporti, alla cura della salute. GE si distribuisce sul territorio nazionale con 25 sedi e 3 centri di ricerca e sviluppo.

Il **Gruppo Bracco** è una multinazionale che opera nel settore delle scienze della vita ed è leader mondiale nella diagnostica per immagini. Fondato nel 1927, oggi è presente in 100 Paesi nel mondo e investe ogni anno in R&D circa il 9% del fatturato nell'imaging diagnostico e nei dispositivi medicali avanzati, vantando un patrimonio di oltre 1.800 brevetti.

Il **Gruppo Num** progetta, produce e commercializza sistemi di automazione basati su controllo numerico. Da più di 50 anni, Num equipaggia macchine a controllo numerico in diversi settori, sia per soluzioni standard sia per applicazioni speciali in particolari nicchie di mercato dove è leader mondiale. La produzione dei vari componenti del sistema (servomotori, azionamenti elettrici, PC industriali...) è realizzata in Italia.

Indena è un'azienda italiana, con sede a Milano, leader nell'identificazione, sviluppo e produzione di principi attivi derivati dalle piante medicinali e aventi come settore di impiego finale l'industria farmaceutica, l'industria della dermocosmetica e quella degli integratori alimentari. Indena ha coltivazioni proprie, produzione in 5 stabilimenti tra Italia, Francia e India e vendite in più di 70 Paesi nel mondo.

Inoxfucine è un'azienda italiana fondata nel 1963 con sede operativa a Montanaso Lombardo (LO) e dedicata alla forgiatura degli acciai speciali impiegati per la produzione di valvole nel campo petrolchimico, energetico, farmaceutico e alimentare. Inoxfucine grazie al suo know-how produttivo rappresenta oggi una delle realtà più innovative, a livello europeo, nella forgiatura di acciai speciali per utilizzi in ambienti con condizioni estreme.

Lanxess è una multinazionale tedesca, leader nella chimica specialistica, presente in 29 Paesi e con 55 siti produttivi. L'attività principale è lo sviluppo, la produzione e la commercializzazione di plastiche, gomme, catalizzatori e prodotti chimici specialistici. In Italia è presente a Segrate (MI) con un ufficio commerciale e amministrativo, a Filago (BG) con uno stabilimento di produzione, ad Arzignano (VI) e a Santa Croce Sull'Arno (PI) con laboratori R&D per nuove applicazioni.

Osram è una multinazionale di origine tedesca, nata nel 1906, che produce lampade, luminari e soluzioni di illuminazione risultando tra i leader in diversi segmenti di mercato. La gamma di prodotti copre l'intera value chain fino alla gestione dei sistemi di illuminazione.

Pirelli è tra i principali produttori mondiali di pneumatici con un posizionamento distintivo sull'alto di gamma, pneumatici Premium a elevato contenuto tecnologico. Presente in 14 Paesi con 20 stabilimenti, Pirelli dispone di un portafoglio di oltre 1.700 pneumatici omologati per auto, moto, autocarro, autobus e macchine agricole. La società ha un'ampia presenza commerciale (oltre 160 Paesi) equamente distribuita tra mercati maturi ed emergenti.

Project Automation è un'azienda italiana, nata nel 1999 da Philips Automation, leader nell'ingegneria dei sistemi di telemisura, supervisione e controllo. La società svolge attività di integrazione delle tecnologie elettroniche e telematiche con principale destinazione nei settori dell'ambiente, mobilità, automazione civile, trasporti e impianti di pubblica utilità.

Rold è un'azienda italiana, leader nel mercato internazionale della componentistica per elettrodomestici. Il gruppo conta oggi 4 plant e divisioni di produzione: Rold Elettrotecnica, Rold Lighting, Rold Smartpower e Rold Li-Fi. Rold ha creato di recente Rold smartfab, piattaforma digitale, nata in partnership con Samsung, per monitoraggio e controllo dati degli impianti produttivi e per la gestione di allarmi e fermi macchina.

Rollwasch Italiana è la prima azienda produttrice nel settore della finitura in massa delle superfici metalliche che è nata in Italia e ha sviluppato tecnologie e know-how propri. Rollwasch è stata fondata nel 1950 e la sua sede è ad Albiate (MB), dove si trovano gli uffici e lo stabilimento produttivo.

SOL Group è un'azienda italiana, nata nel 1927 con sede a Monza, che fa riferimento alle famiglie Annoni e Fumagalli, quotata dal 1998 alla Borsa di Milano. SOL è attiva nella produzione, ricerca applicata e vendita di gas tecnici, industriali, puri e speciali e medicinali e in quelli dell'assistenza domiciliare, delle biotecnologie e della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. SOL opera con oltre 80 stabilimenti in 27 Paesi: oltre all'Europa, India, Turchia, Marocco e Brasile.

Solvay Group è leader internazionale nel settore chimico e dei materiali avanzati attiva in 53 Paesi nel mondo. In Italia Solvay è presente dal 1912 con il primo storico insediamento chimico a Rosignano Solvay (LI). Oggi opera in Italia con 9 stabilimenti produttivi e un centro di ricerca localizzato a Bollate (MI), dove si trova anche la direzione nazionale.

Tenova, società del Gruppo Techint con sede principale a Castellanza (VA), si propone come partner a livello mondiale per soluzioni affidabili e innovative nel settore metallurgico e minerario. Tenova opera in 24 Paesi nei 5 continenti, progetta e sviluppa tecnologie e servizi che aiutano le aziende a ridurre i costi, risparmiare energia, limitare l'impatto ambientale e migliorare le condizioni di lavoro dei propri dipendenti.

Vortice Elettrocuali è un'azienda italiana leader nei settori della ventilazione residenziale, commerciale e industriale, del riscaldamento elettrico della ventilazione estiva e del trattamento dell'aria in generale. La sede principale di Vortice Elettrosociali si trova a Tribiano (MI), da cui dipendono le filiali Vortice France, Vortice UK e la società Loran (in provincia di Verona), specializzata in progettazione e produzione di macchine per il trattamento aria industriale e per settori specialistici come l'alimentare e il farmaceutico.

Le società di consulenza

Accenture è un'azienda globale leader nella fornitura di un ampio ventaglio di servizi professionali e soluzioni in ambito strategy, consulting, digital, technology e operations. Accenture opera in oltre 120 Paesi ed è presente in Italia da circa 60 anni attraverso una radicata presenza territoriale (Milano, Torino, Roma, Napoli, Cagliari) stimola l'innovazione per migliorare il modo in cui il mondo vive e lavora.

Cefriel è un Digital Innovation and Design Shop che opera dal 1988 nell'ambito dell'innovazione, della ricerca e della formazione per aziende e PA. Inserito da Gartner tra i "Cool Vendors in IoT Solutions 2016", Cefriel sviluppa soluzioni all'avanguardia, dall'ideazione all'esecuzione di progetti multisettoriali complessi. I soci di Cefriel sono Università, Regione Lombardia e aziende italiane e multinazionali.

Cesi è una società fondata nel 1956, con sede a Milano, che offre servizi di consulenza e di ingegneria integrata per il settore elettrico e per i produttori di componenti elettromeccanici e dispositivi di automazione industriale. La sua mission è quello di sostenere utilities, enti governativi e produttori mondiali nell'innovazione energetica.

Deloitte Consulting è una branchia di Deloitte, il brand sotto il quale migliaia di professionisti organizzati in un network di aziende indipendenti collaborano per fornire alle aziende servizi di audit, consulting, financial advisory, risk management, consulenza fiscale e legale, ecc. Deloitte Consulting in Italia è presente in diverse città, tra cui Milano.

Fides Consulting nasce nel 2005 e opera sul mercato dell'Information Technology per offrire consulenza qualificata. Ha due sedi operative, una a Napoli e una a Milano. Fides offre ai clienti attività di analisi organizzativa e di processo, project management, system integration, delivery management, consulting. Vengono inoltre erogati servizi di digital marketing, web marketing, web developer, mobile, CRM, big data.

Holonix è uno spin-off del Politecnico di Milano nato nel 2010 con l'obiettivo di supportare le aziende nell'innovare i loro prodotti, processi e servizi (produzione, logistica, manutenzione, assistenza etc.), implementando un approccio "Internet of Things" nel ciclo di vita del prodotto.

Innext è una società di consulenza specializzata in progetti di Change Management e Business Innovation ed è premier partner di Google Cloud. Da oltre 10 anni affianca le imprese nella gestione di momenti importanti di cambiamento, grazie all'azione sinergica di tre business Unit: consulenza strategica, innovation e internazionalizzazione. Oggi Innext è localizzata a Milano con la sede centrale e a Shanghai con la filiale operativa.

NTT Data è una società con sede a Tokyo, che opera in oltre 50 Paesi nel mondo con servizi quali Digital, Consulting, Cyber security e System Integration.

Porsche Consulting GmbH è un'affiliata della casa automobilistica Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG di Stoccarda. La società, che agisce a livello internazionale, possiede 4 affiliate, con sedi a Milano, San Paolo, Atlanta e Shanghai. Gli esperti Porsche Consulting offrono la loro consulenza alle grandi e medie imprese nel settore automobilistico, aerospaziale, nell'industria meccanica, nell'impiantistica e nelle costruzioni. Altri clienti provengono dal settore dei servizi, dall'industria dei beni di consumo e retail.

Roland Berger è una società di consulenza di origine tedesca, ma ormai con oltre 35 uffici nel mondo, con sede a Milano dal 1969. I suoi servizi coprono l'intero range della consulenza manageriale, dall'elaborazione della strategia alla sua implementazione. È considerata tra i "fondatori" del concetto di Industry 4.0 e della Quarta rivoluzione industriale.

Sidi, fondata nel 1980, è tra i principali partner SAP. Con oltre 300 implementazioni SAP in Italia e oltre 100 progetti di roll out per aziende italiane nei 5 continenti, oggi è in prima linea per supportare le imprese nello sviluppo dei progetti "Industry 4.0". All'edizione SAP Forum 2016 Sidi è stata premiata per la migliore App IoT realizzata per il controllo a distanza di impianti e l'abilitazione alla manutenzione predittiva.

I fornitori di tecnologie

ABB è un leader tecnologico all'avanguardia nei prodotti per l'elettrificazione, nella robotica e nel controllo di movimento, nell'automazione industriale e nelle reti elettriche al servizio dei clienti nelle utility, nell'industria, nei trasporti e nelle infrastrutture a livello globale. È un gruppo multinazionale con sede a Zurigo e presente in oltre 100 Paesi.

Bosch Group è fornitore leader e globale di tecnologie e servizi. Opera in quattro aree di business: mobility solutions, industrial technology, consumer goods e energy& building technology. In Italia il Gruppo Bosch è presente dal 1904 e conta oggi, su tutto il territorio nazionale, 19 società e 4 centri di ricerca, costituendo per il Gruppo uno dei mercati più importanti a livello mondiale.

Cisco System è stata fondata nel 1984 negli Stati Uniti ed è leader nella fornitura di apparati di networking. Cisco opera anche nel mercato della sicurezza, in quello della telefonia, dell'archiviazione e del computing. In Italia è presente in diverse città, tra cui Vimercate (MB) e Monza, dove ha sede il laboratorio di R&D sulla fotonica.

Hewlett Packard Enterprise è una multinazionale statunitense dell'informatica che offre in tutto il mondo tecnologia per l'IT e prodotti, soluzioni e servizi per le imprese. HPE opera sia nel mercato dell'hardware, sia nel mercato del software e dei servizi collegati all'informatica, aiutando i suoi clienti a usare la tecnologia per ridurre il tempo necessario a trasformare un'idea in valore.

IBM è una società di innovazione al servizio delle aziende e delle istituzioni di tutto il mondo. La sua strategia è quella di costruire e attuare piani di innovazione insieme ai propri clienti e di perfezionare continuamente il portafoglio di offerta. IBM detiene da 23 anni il maggior numero di brevetti negli USA e primati in ogni area tecnologica. Inoltre, si rivolge ai clienti con un'offerta in cui le componenti di hardware, software e servizi si armonizzano nel più ampio concetto di soluzione.

Italtel è un'azienda italiana che si occupa di progettare, sviluppare e realizzare prodotti e soluzioni per reti e servizi di telecomunicazione di nuova generazione, basati sul protocollo IP. Offre a service provider e imprese pubbliche e private servizi e attività di network migration, soluzioni di comunicazione unificata, collaboration, data center, smart grid, IoT, eHealth e cybersecurity. Oltre alle sedi italiane, Italtel è presente in Francia, Germania, Spagna, Polonia, UK, Grecia, USA, Argentina, Brasile, Colombia, Peru, Ecuador.

Samsung Electronics è parte di Samsung Group, azienda sudcoreana leader nel mercato digitale mondiale per quanto riguarda la produzione di elettronica high-tech e supporti digitali. Samsung Electronics è localizzata in 58 Paesi nel mondo, tra cui in Italia la cui sede principale è a Milano.

SAP è una multinazionale europea che fornisce soluzioni, applicazioni e servizi legati all'enterprise software per supportare la gestione del magazzino, il procurement, i computer e dispositivi mobili, i dati e le informazioni. È uno dei leader mondiali nel settore degli ERP e in generale nelle soluzioni informatiche per le imprese. In Italia è presente dal 1988 e la sua sede principale si trova a Vimercate (MB).

SAS è una società leader negli analytics. Attraverso analytics innovativi, software e servizi di business intelligence e data management, SAS, con oltre 80 mila installazioni in tutto il mondo, aiuta le aziende a prendere decisioni migliori in tempi brevi. Dal 1976 SAS fornisce ai clienti di tutto il mondo The Power To Know®. In Italia dal 1987, SAS ha oggi sedi operative a Milano, Roma, Venezia Mestre, Torino e Firenze.

Siemens è una multinazionale tedesca attiva in più di 200 Paesi, focalizzata nelle aree dell'elettrificazione, dell'automazione e della digitalizzazione. Siemens è tra i più importanti fornitori a livello globale di tecnologie per l'uso efficiente dell'energia, di soluzioni per le infrastrutture, di automazione e software per l'industria. In Italia è presente con la sede generale a Milano.

STMicroelectronics, fra le maggiori società di semiconduttori al mondo, offre uno dei portafogli prodotti più ampi del settore, con particolare attenzione all'automotive, automazione di fabbrica e Internet of Things. Una delle sue sedi principali è ad Agrate Brianza (MB).

2. L'impatto della Manifattura 4.0 sulle relazioni industriali

Capitolo a cura di Francesco Seghezzi, Adapt

Il metodo di lavoro

L'impatto della Manifattura 4.0 sull'organizzazione del lavoro e sulle relazioni industriali è un fenomeno ancora poco studiato, come emerge dalla literature review (si veda Appendice 2.2). Spesso la difficoltà di anticipare i fenomeni sconta la mancata osservazione di quanto già in essere che, se debitamente analizzato, è in grado di orientare le teorie e di correggere presupposti errati. Per questo motivo il dialogo con gli attori principali del cambiamento è una premessa fondamentale per poter costruire, oltre alle analisi, anche strategie e linee guida. I risultati emersi dal focus group organizzato da Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza confermano questo approccio.

Il focus group, che ha avuto luogo il 13 giugno scorso, è composto da 17 direttori del personale di imprese che hanno sedi nel territorio di Milano e Monza e Brianza, operanti nel settore della manifattura tradizionale e avanzata, del chimico-farmaceutico e della gomma plastica che già sono a conoscenza delle principali tecnologie caratterizzanti la Manifattura 4.0. Il dialogo è durato circa due ore e trenta minuti e i partecipanti hanno discusso progressivamente domande che costituivano una traccia consegnata precedentemente.

Si è trattato dunque di un momento per il quale gli attori si erano preparati in anticipo. Ciò ha permesso di innescare una discussione basata su spunti ragionati. I risultati sono qui suddivisi tra le tematiche principali affrontate.

Prima di entrare nei temi specifici è importante analizzare l'approccio generale con il quale i partecipanti si stanno rivolgendo al tema, perché si tratta di un importante punto di osservazione degli atteggiamenti dell'impresa italiana. Se la letteratura sembra dividersi tra chi parla di una rivoluzione industriale e chi, più cauto, parla di evoluzione di un sistema produttivo, quanto emerso dal focus group va a sostegno convinto della seconda tesi. Allo stato attuale la Manifattura 4.0 è vista quindi come una evoluzione di modelli produttivi del passato, attraverso l'introduzione graduale (spesso già da alcuni anni) di nuove tecnologie. Questa convinzione è quella che modula l'approccio positivo nei confronti del fenomeno, escludendo la presenza di atteggiamenti allarmisti e timori fondati di effetti dirompenti sul tessuto manifatturiero italiano.

Ciononostante si è sottolineata più volte la necessità di definire in tempi rapidi una strategia comune al fenomeno, onde evitare ritardi sullo scenario internazionale. Quello che manca infatti non è tanto la disponibilità immediata di tecnologia (ad esempio, droni e realtà aumentata, oltre all'Internet of Things, sono già diffuse nelle imprese italiane), quanto lo sviluppo di un modello di business che sappia sfruttarla al meglio.

Le imprese che hanno partecipato alla ricerca

Di seguito si riporta l'elenco dei partecipanti al focus group. In Appendice 2.1 si riporta una breve descrizione di ciascuna azienda.

Tabella 5 – Direttori del personale che hanno partecipato al focus group

ABB	Alessio Radice
AGRATI GROUP	Gianluca Bella
ALSTOM ITALIA	Gian Paolo Masone
BOEHRINGER INGELHEIM	Concettina Costanza
FONTANA GRUPPO	Marco Amelotti
GRUPPO BRACCO	Umberto D'Alessandro e Fabio Lugli
KONE	Guido Lanfossi
MAPEI	Marcello Bianchi
NOKIA	Gaetano Caldirola
NOVARTIS	Sandro Mazzucchelli
PATHEON	Fabio Colacicco
SANOFI	Laura Bruno
SCHINDLER	Donatella Bianchi
STMICROELETTRONICS	Antonio Dragotto
TERRY STORE-AGE	Massimo Guizzardi
ZAMBON GROUP	Giovanni Strapazzon

I risultati del focus group per tematiche emerse

Impatto sull'organizzazione del lavoro

È opinione comune che la Manifattura 4.0 avrà un impatto sull'organizzazione del lavoro, ed è ancor più condivisa la visione che essa stia già avendo un impatto (*“non è una scelta, è inevitabile”*). Non mancano opinioni discordanti, che non notano né immaginano alcun impatto, ma sono minoritarie.

All'interno della visione evolutiva si riconosce che l'impatto è già in corso su più fronti, in particolare per quanto riguarda la domanda di lavoro, concentrata su profili differenti rispetto al passato.

È emersa una interessante distinzione tra impatti a breve e a medio-lungo termine. I primi riguarderanno principalmente aspetti più pratici come gli orari e i luoghi di lavoro, oltre che le mansioni. Sul medio-lungo periodo, invece, inizierà a emergere una vera e propria evoluzione dell'idea di lavoro che porterà a importanti cambiamenti sul fronte dei modelli organizzativi e dei rapporti tra lavoratori e impresa.

Particolarmente interessante è la sottolineatura relativa ai servizi connessi alla nuova manifattura. La fornitura di servizi, attraverso una diversificazione e un ampliamento del business oltre la classica produzione di prodotti fa sì che anche l'organizzazione del lavoro cambi, con una struttura delle maestranze che si muove più verso la rete che verso la staticità.

Il rapporto cronologico tra investimenti in tecnologia e innovazione e una nuova organizzazione del lavoro presenta opinioni più varie, con una maggioranza che ritiene di dover procedere parallelamente con una riformulazione degli schemi organizzativi che segua l'introduzione di nuove linee di produzione. Infatti, *“mentre si progetta, si pensa a una nuova figura da inserire”*. Altri invece ritengono che sia necessario anticipare la riorganizzazione in modo da poter avere lavoratori e collaboratori che sappiano come gestire la complessità di nuove linee di produzione nelle quali il livello di digitalizzazione e automazione è elevato. Nessuno invece ritiene che gli investimenti tecnologici siano da anticipare a una riorganizzazione del lavoro. Ciò conferma che è ben chiaro l'impatto e la necessaria commistione delle due componenti in un'evoluzione che, sebbene non rivoluzionaria, è comunque in parte dirompente.

È riconosciuto da tutti, senza eccezioni, che la nuova organizzazione del lavoro non sarà un ostacolo per il passaggio alla Manifattura 4.0. Si sottolinea anzi il carattere di opportunità di tale transizione, che può contribuire a una modernizzazione e a un forte impatto positivo sulla produttività, che è strettamente connesso alla competitività internazionale.

Sul tema del rischio di una imminente e massiccia perdita di posti di lavoro a causa dell'automazione, le opinioni non sono univoche e rispecchiano il dibattito in corso nel mondo accademico e sui media. Da un lato c'è chi sostiene che l'impatto non sarà così brutale, poiché non si farà altro che innovare quanto già avviene, aumentandone la sofisticatezza e la qualità. L'esempio della manutenzione predittiva è chiaro: i manutentori esistono ancora, ma potranno lavorare a distanza o dovranno avere competenze più

specifiche. Oltre a questo l'ampiamiento dei servizi offerti genererà nuova domanda di lavoro, indirizzandosi anche verso figure professionali diverse.

Dall'altro lato, c'è chi sostiene che sono oggi possibili innovazioni delle linee produttive che, una volta applicate, potrebbero cospicuamente ridurre il numero dell'organico, *“anche dimezzandolo”*. Si immagina quindi, con questa seconda tesi, che la tendenza tecnologica, unita alla necessità di ridurre i costi per aumentare la competitività e la produttività, porterà a una cospicua perdita di posti di lavoro e si considera questo un processo irreversibile, inarrestabile e già in atto.

Sul fronte anagrafico, al contrario di quanto i dati sembrano mostrare oggi, l'impatto positivo in futuro sarà forte, sulla fascia giovanile della popolazione in virtù di una maggiore familiarità con le tecnologie che ne aumenterà le opportunità occupazionali. Resta più complessa la situazione degli over 50, per i quali sono necessari soprattutto interventi di riqualificazione professionale. Non manca però chi segnala come alcuni profili professionali tradizionali, ma ancora centrali nei processi produttivi (ad esempio gli attrezzisti), oggi siano difficili da reperire, poiché i giovani non sono disposti a imparare alcuni mestieri e la generazione che ancora ne è capace sta mano a mano andando in pensione.

Nuovi ruoli e responsabilità

Ma quali saranno le dorsali lungo le quali si muoverà la nuova organizzazione del lavoro? Sembrano due i fronti principali: competenze e responsabilità. Il nuovo shop floor sarà composto da lavoratori più competenti, con una formazione tecnica più avanzata e inseriti in processi di apprendimento continuo. Anche se le opinioni in merito non sempre sono convergenti, ciò non significa per forza, la scomparsa delle basse professionalità ma, all'interno di una logica evolutiva, *“la bassa professionalità resterà bassa in termini relativi, ma le competenze saranno più elevate rispetto a quelle di un operaio di 10 anni fa”*.

Emerge quindi la necessità di *“trasformare per non scomparire”*, ossia quella di una riqualificazione e di un aggiornamento professionale dei lavoratori se si vogliono evitare massicce perdite di posti di lavoro. Quello che era un tempo considerato un profilo professionale medio, sia in termini di competenze tecniche, sia di autonomia e responsabilità, potrà nel breve periodo essere considerato un profilo basso, con un effetto qualificatore a catena sui livelli più alti. L'importanza della riqualificazione poggia sulla constatazione che le cosiddette mansioni routinarie stanno già scomparendo, sostituite da automazione e digitalizzazione, in un processo che non potrà che accelerare drammaticamente.

Sul fronte delle responsabilità è necessario *“un cambio di approccio, che deve partire dai livelli più alti”*. Lo stesso management deve quindi vedere processi di “empowerment” delle sue risorse, in un virtuoso effetto a cascata che arrivi fino alla nuova catena di montaggio. Infatti, è emerso come occorra innescare un meccanismo di *“responsabilizzazione crescente sin dalle figure più basse”*. Una visione complementare quindi che, da qualunque punto di vista la si osservi, implica una grande novità. Le responsabilità si attuano concretamente attraverso l'importanza e la centralità di nuove competenze. Problem solving, capacità comunicative, autonomia decisionale, gestione della complessità dei processi sono parte delle “soft skill” identificate come centrali per il ruolo di tutti i lavoratori nella Manifattura 4.0. Una competenza che verrà sempre più richiesta ai lavoratori sarà l'autonomia, che spesso si combinerà con la presenza di un capo esclusivamente “in remoto”. Questo ha evidentemente un enorme impatto sui rapporti gerarchici e richiederà uno sforzo di adattamento e un'evoluzione soprattutto da un punto di vista manageriale.

Infatti è emerso come un limite il fatto che i manager siano ancora oggi maggiormente ancorati a una mentalità di gestione dei rapporti di lavoro propriamente fordista, dunque basata sul controllo, e meno su un modello di impresa nel quale la struttura gerarchica verticale si modula orizzontalmente prendendo la forma di una rete tra persone con ruoli diversi ma maggior iterazione reciproca.

Sul fronte delle competenze tecniche specifiche è emerso come il sistema educativo e le istituzioni spesso non riescono a fornire un livello adeguato a quanto richiesto oggi dai moderni sistemi produttivi. Ciò fa sì che le imprese diventino attori fondamentali nei processi di trasferimento di competenze “on the job”. Al tempo stesso però si sottolinea come non sia compito delle imprese quello di formare lavoratori con skill ormai obsolete, poiché questo dovrebbe essere responsabilità delle istituzioni stesse.

Produttività e prestazione

Che l’impatto della Manifattura 4.0 sulla produttività del lavoro sarà positivo è opinione diffusa, senza eccezioni. Questo impatto si realizzerebbe in primo luogo attraverso la complementarietà tra lavoratore e nuove tecnologie. L’esempio della figura del manutentore è chiaro: sarà dotato di un palmare che lo guiderà più velocemente nel traffico, in modo da fornire più tempestivamente il servizio; lo supporterà in un programma di monitoraggio in grado di prevenire i guasti; aiuterà la diagnostica dei problemi sviluppando anche modalità di intervento da remoto. In secondo luogo, i nuovi assetti organizzativi incentrati su maggior autonomia decisionale e responsabilità possono ottimizzare i processi produttivi, riducendo sprechi e utilizzando al meglio tutte le competenze dei lavoratori, non unicamente quelle tecniche.

È emerso anche che questi sviluppi implicano “un cambio della forma mentis del management”, che appare ancor più evidente se si affronta il tema delle modalità di esecuzione della prestazione lavorativa. In generale, si concorda sul fatto che non esistono strumenti e modalità standard per innovare l’esecuzione della prestazione lavorativa, ma occorre individuare le soluzioni che meglio si sposano con le singole realtà produttive. In alcuni settori si rimarrà maggiormente legati a modalità tradizionali ancora per lungo tempo, in altri l’evoluzione sarà più rapida. In entrambi però la priorità è sviluppare una capacità di rapido adattamento agli scenari tecnologici, in quanto più è bassa la velocità nel conformarsi più è alto il rischio di una perdita di competitività.

Si rileva inoltre l’opinione di chi crede che nuove forme di esecuzione della prestazione siano più presenti nelle parole e nelle mode che nei fatti, oggi così come nei prossimi anni. Infatti esistono diversi limiti oggettivi e insormontabili che spesso richiedono una presenza fisica in orari precisi e un utilizzo di mezzi di produzione che può avvenire unicamente nella sede dell’impresa.

Secondo la maggior parte delle voci, oggi lo smart working è già una realtà nelle proprie imprese. Resta però acceso il dibattito su quali siano gli strumenti per valutare la produttività a distanza, tanto che a fronte di una diminuzione del controllo conclamato si immagina “un aumento dei protocolli e dei controlli formali”. Sembrerebbero due i limiti emersi: da un lato il fatto che le tecnologie e i controlli oggi presenti consentano di eseguire la prestazione di lavoro fuori dall’impresa solo a figure medio-alte, lasciando al momento da parte gli operatori di produzione. Dall’altro, il lavoro agile spesso coincide con alcuni momenti, magari uno o due giorni al mese, di lavoro da casa o comunque non in ufficio.

Questi limiti si sposano con la difficoltà emersa di valutare la produttività non unicamente

sulla base dell'orario di lavoro, ma utilizzando anche altri indicatori. La capacità di valutare se consentire o meno l'esecuzione della prestazione da remoto coincide con la capacità manageriale di saper definire le tempistiche necessarie per ottenere i singoli output e riconvertirle in innovativi strumenti di valutazione. Il lavoro agile non deve quindi essere utilizzato unicamente come un benefit, ma anche come uno strumento da praticare quando risulta necessario a una migliore produttività o come leva a una miglior esecuzione della prestazione. Per far questo è necessario anche un cambio di mentalità del management, che deve evolvere rispetto all'idea di *“avere il dipendente nella scrivania a fianco per poter esercitare un controllo costante”*. D'altra parte si è sottolineato come non vadano sottovalutati i vantaggi dell'interazione sul posto di lavoro e gli effetti positivi del *“lavorare insieme”*, sia sul fronte del clima di lavoro sia su quello più concreto degli stimoli creativi, della ricerca e dell'individuazione in team di nuove soluzioni a problemi comuni.

Contrattazione e nuove relazioni industriali

A fronte dei cambiamenti nell'organizzazione del lavoro emergono, strettamente connesse e conseguenti, novità e necessità nell'ambito delle relazioni industriali. È opinione condivisa da tutti che il nodo principale è quello della competitività tra imprese e della necessità di non rimanere indietro nella rapidissima corsa dell'evoluzione tecnologica. Per questa ragione si considera che spesso il contratto nazionale non sia lo strumento migliore per consentire alle imprese la gestione della complessità determinata dalla Manifattura 4.0. Con differenze a seconda dei settori produttivi, si ritiene che questa complessità determini una maggiore differenziazione non solo tra aziende, ma anche *“una diversità tra siti produttivi delle stesse imprese”*. Questo fa sì che per poter ottenere e governare i livelli di flessibilità propri dei nuovi sistemi produttivi occorre poter cucire meglio il vestito contrattuale direttamente sul luogo di lavoro, onde evitare livellamenti che rischiano di abbassare e non innalzare qualità e volumi dell'output.

Si concorda quindi sul ruolo del contratto nazionale come regolatore di alcuni (più o meno a seconda delle opinioni) aspetti, ma non si crede che esso possa costituire quella leva per la produttività che oggi le imprese necessitano. Inoltre vi sono imprese che applicano lo stesso contratto nazionale, nonostante abbiano caratteristiche produttive molto differenti. Ne segue che il contratto nazionale dovrebbe, riguardare unicamente gli aspetti comuni e non incidere su quelli particolari, mentre si individua nel contratto aziendale, se non nella trattativa effettuata nel singolo stabilimento, il luogo idoneo a contrattare accordi che abbiano come scopo la crescita della produttività.

Si è riscontrata negli ultimi anni, insieme a una necessità di maggior contrattazione sul luogo di lavoro, una diminuzione del livello di preparazione soprattutto della componente sindacale ma, come hanno sottolineato alcuni, anche di quella datoriale. Questo fa sì che spesso sia complesso anche solo discutere delle problematiche di ordinaria amministrazione, rendendo ancor più impensabile al momento riflettere sul futuro della produzione e sulle strategie comuni per affrontarlo. È opinione comune che il sindacato si sia arroccato su posizioni arretrate, conducendo battaglie di retroguardia, a difesa di un mondo che poco ha a che vedere con la realtà odierna.

Appaiono centrali due aspetti: i tempi della contrattazione e la competitività. Spesso i tempi necessari per firmare un contratto e la durata stessa dell'accordo non sono più compatibili con la rapidità di evoluzione della tecnologia. Non di rado accade che i

presupposti dai quali si era partiti per individuare, ad esempio, nuovi profili professionali, siano già superati alla fine dei lunghi mesi di trattativa, con conseguenze negative non solo per le imprese, ma anche per i lavoratori stessi che si ritrovano già vecchi nel mercato. Le stesse conseguenze si avranno in termini occupazionali se non si adotta un atteggiamento aperto al cambiamento, con la volontà di provare a discutere apertamente le nuove tematiche aperte dalla Manifattura 4.0.

La conseguenza di un approccio “muro contro muro” è quella di lasciare spazio alle imprese che hanno sede in quelle nazioni caratterizzate da sistemi di relazioni industriali meno conflittuali, le quali svilupperanno più velocemente (come già accade in Germania) i nuovi sistemi produttivi in grado di ridurre costi e aumentare la qualità dei prodotti.

Un rinnovamento delle relazioni industriali sarebbe una soluzione win-win. Tuttavia, è molto diffusa l'opinione pessimista di chi è convinto che il sindacato oggi presente a livello aziendale non abbia le competenze, la volontà e soprattutto la forma mentis per aiutare a fare questo salto di qualità. Non manca chi sottolinea come la componente datoriale spesso fatichi a evolvere i propri schemi e si mantiene anch'essa ancorata a un modello che vede nel conflitto e nella contrapposizione il normale svolgimento delle relazioni industriali.

Due sono i contenuti emersi come caratteristici delle nuove relazioni industriali nella Manifattura 4.0. Il primo è il passaggio dall'idea di “retribuzione garantita” e di salario (e aumento) fisso a un legame stretto tra salario e produttività. Non si tratta però di un mero cambiamento contrattuale, ma di un cambiamento culturale che individui *“nelle parole performance, valutazione, condivisione degli obiettivi delle aziende non qualcosa da evitare, ma una opportunità di crescita per tutti”*. Il secondo aspetto riguarda la formazione da offrire ai lavoratori. In un periodo storico caratterizzato da complessità e cambiamento, la formazione è una tutela fondamentale per un lavoratore a fronte di crisi aziendali, esuberi e in generale transizioni occupazionali. Le competenze che si ottengono con la formazione dovrebbero per qualcuno sostituire i profili professionali all'interno dei contratti collettivi, in modo da aiutare imprese, servizi per l'impiego e lavoratori a individuare modalità per rendersi appetibili sul mercato del lavoro. Su questo fronte emerge anche come l'impresa stessa abbia interesse nel fornire quella formazione che può mantenere sul mercato del lavoro un lavoratore licenziato per motivi di crisi aziendale, poiché i tempi e i costi di separazione si ridurrebbero.

Il ruolo del sindacato

Il sindacato sembra oggi essere il rappresentante di una componente limitata della forza lavoro, spesso coincidente con quella dalle competenze meno specialistiche, che più facilmente risponde a un modello culturale proprio dell'organizzazione del lavoro e del conflitto di stampo fordista.

Per questo motivo si nota come il sindacato venga sempre più identificato non tanto come uno strumento di rappresentanza e di contrattazione, ma come un fornitore di servizi, sia in termini di assistenza fiscale sia di welfare e di previdenza.

Si riscontra in particolare una differenza in termini di conoscenza dei temi e di propensione al dialogo tra il sindacato a livello aziendale rispetto al sindacato nazionale. Spesso l'impresa stessa deve provvedere alla formazione dei rappresentanti dei lavoratori per

quanto riguarda competenze basilari come la conoscenza del contratto applicato.

L'approccio è sempre di più quello della difesa delle libertà individuali piuttosto che la difesa del bisogno. Questo spesso genera un cortocircuito per il quale la difesa imperterrita di libertà legittime, quali orario e straordinari, comprometta la possibilità stessa che l'impresa possa rimanere sul mercato.

Nel sindacato si possono però anche trovare interlocutori "illuminati" con cui gli accordi innovativi sono possibili. Non è dunque possibile considerare il sindacato come un blocco monolitico, né è corretto approcciarsi a esso univocamente. Ogni rappresentante dei lavoratori è diverso e spesso si riescono ad individuare persone con le quali dialogare e raggiungere risultati positivi e vantaggiosi per entrambe le parti.

In ogni modo, per quanto possa a volte essere difficile il dialogo, il sindacato è un attore centrale del modello vigente di relazioni industriali e come tale non si può prescindere. Allo stesso tempo non si potrà che tentare di sviluppare un maggior rapporto unilaterale con le proprie risorse interne. Le relazioni industriali potranno muoversi su due gambe: una alla quale il sindacato vuole partecipare e nella quale svolgerà il suo ruolo di rappresentante dei lavoratori, l'altra gestita direttamente nella relazione tra management e dipendenti, sui temi che il sindacato non vuole affrontare, ma che sono comunque di interesse per impresa e lavoratori.

Non ci si può permettere infatti un rallentamento nel processo verso Manifattura 4.0 che sia determinato unicamente da una impostazione culturale non aperta al cambiamento. Ciò non significa sorpassare la volontà dei lavoratori, ma discutere direttamente con loro.

Appendice 2.1 – Il profilo delle aziende che hanno partecipato alla ricerca

ABB è un leader tecnologico all'avanguardia nei prodotti per l'elettificazione, nella robotica e nel controllo di movimento, nell'automazione industriale e nelle reti elettriche al servizio dei clienti nelle utility, nell'industria, nei trasporti e nelle infrastrutture a livello globale. È un gruppo multinazionale con sede a Zurigo e presente in oltre 100 Paesi.

Agrati Group è un'azienda italiana fondata nel 1939 a Veduggio con Colzano (MB) che si occupa di sistemi di fissaggio, destinati a diversi settori industriali, in particolare al settore automotive. L'azienda è presente con 9 stabilimenti nel mondo, di cui 5 in Italia, 3 in Francia e uno in Cina, oltre a diverse sedi commerciali in Germania, Francia, Repubblica Ceca e Stati Uniti.

Alstom Italia nasce nel 1998 dall'acquisizione da parte di Alstom di SASIB Railway di Bologna, delle unità di Verona, Bari e Guidonia (RM) e delle controllate in Europa e Stati Uniti. Il Gruppo rappresenta una delle principali realtà industriali italiane nel settore ferroviario.

Boehringer Ingelheim è una delle prime 20 aziende farmaceutiche del mondo, con sede a Ingelheim in Germania. L'azienda, fondata nel 1885, si dedica alla ricerca, sviluppo, produzione e commercializzazione di prodotti innovativi dall'elevato valore terapeutico, nel campo della medicina umana e veterinaria.

Fontana Gruppo è un'azienda italiana, fondata nel 1952 con sede a Veduggio con Colzano (MB), che opera nell'ambito della bulloneria di alta qualità, fra le prime in Europa e nel mondo. Il Gruppo comprende 19 stabilimenti in Europa e negli Stati Uniti, oltre a una presenza commerciale in tutti i continenti.

Il **Gruppo Bracco** è una multinazionale che opera nel settore delle scienze della vita ed è leader mondiale nella diagnostica per immagini. Fondato nel 1927, oggi è presente in 100 Paesi nel mondo e investe ogni anno in R&D circa il 9% del fatturato nell'imaging diagnostico e nei dispositivi medicali avanzati, vantando un patrimonio di oltre 1.800 brevetti.

Kone è una multinazionale fondata nel 1910 in Finlandia. Fornisce soluzioni innovative ed eco-efficienti per ascensori, scale e tappeti mobili, porte per edifici e supporta i clienti dalla progettazione, produzione e installazione alla manutenzione e modernizzazione. Kone è presente in 60 Paesi nel mondo.

Mapei è leader mondiale nei prodotti per l'edilizia, adesivi e sigillanti. L'azienda, fondata nel 1937 a Milano, è composta da 81 aziende consociate con 70 stabilimenti produttivi operanti nei 5 continenti, ognuno dei quali è dotato di un laboratorio di controllo qualità.

Nokia, leader globale nelle tecnologie di comunicazione di origini finlandesi, è in Italia partner di riferimento di operatori telefonici, aziende e pubbliche amministrazioni nella realizzazione di reti mobili e fisse, trasporto ottico e a microonde, Cloud e Customer Experience Management. Nelle sedi italiane, tra cui quelle a Vimercate (MB) e a Milano, si lavora alla ricerca, progettazione, vendita, installazione e manutenzione delle reti di accesso e di trasporto, fisse e mobili, nonché di applicazioni e soluzioni di rete.

Novartis è uno dei maggiori gruppi farmaceutici mondiali, attivo nel settore dei farmaci innovativi, in quello dei generici con la divisione Sandoz, e in quello dei prodotti per la cura dell'occhio con la divisione Alcon. La sede del Gruppo è a Basilea. In Italia, la sede principale è a Origgio (VA), mentre le attività produttive si concentrano a Torre Annunziata (NA), uno dei più importanti poli industriali del Gruppo, e a Rovereto (TN), centro specializzato nella produzione biotecnologica di principi attivi.

Patheon è una Contract Development and Manufacturing Organization americana leader mondiale nell'offerta di servizi alle grandi case farmaceutiche lungo tutta la catena di produzione del farmaco, dalla ricerca e sviluppo alla commercializzazione. Fondata nel 1974, è operativa in 12 Paesi nel mondo. In Italia è presente a Monza dal 1998, una delle prime sedi in Europa, e a Ferentino (FR).

Sanofi è il quarto gruppo farmaceutico nel mondo. Di origine francese, Sanofi è presente nel mondo con 107 stabilimenti e 20 centri di ricerca. Sanofi Italia ha una sede a Milano e una sede a Modena, oltre a 5 stabilimenti industriali. Nella sede Sanofi a Milano opera un'unità di ricerca clinica (Clinical Study Unit) dedicata alla conduzione degli studi clinici.

Schindler è un gruppo multinazionale, fondato in Svizzera nel 1874, che si occupa della progettazione, installazione, manutenzione e modernizzazione di ascensori, scale e tappeti mobili per ogni tipologia di edificio. In Italia Schindler opera dal 1948 e con la divisione Marine è tra i principali fornitori di ascensori e scale mobili per navi da crociera e mega yacht nel mondo.

STMicroelectronics, fra le maggiori società di semiconduttori al mondo, offre uno dei portafogli prodotti più ampi del settore, con particolare attenzione all'automotive, automazione di fabbrica e Internet of Things. Una delle sue sedi principali è ad Agrate Brianza (MB).

Terry Store-Age è un'azienda impegnata nella progettazione, produzione e commercializzazione di soluzioni organizzative dello spazio, sia in ambito professionale sia in ambito consumer. Terry, fondata nel 1961 a Bareggio (MI), oggi distribuisce in tutti i mercati europei e nei principali Paesi avanzati (USA, Canada, Giappone, Russia e Australia).

Zambon Group è un gruppo farmaceutico fondato a Vicenza nel 1906. Oggi la sua sede centrale è a Bresso (MI) e presenta filiali in 15 Paesi del mondo tra Europa, Asia e America del Sud e impianti produttivi in Italia, Svizzera, Francia, Cina e Brasile. Zambon Company è la holding industriale a cui fanno capo in primis Zambon SpA per il business farmaceutico, Zambon Chemicals per quello chimico e l'incubatore industriale Zcube.

Appendice 2.2 – Literature review

Le diverse definizioni della manifattura digitale

La manifattura digitale è una tematica all'ordine del giorno per molti governi occidentali e, contestualmente, una priorità per molte aziende, istituti di ricerca, università e parti sociali. Nonostante questo, il fenomeno non presenta ancora una definizione generalmente accettata e per indicarlo si utilizzano diversi termini, in particolare Industrie 4.0 (o la versione inglese Industry 4.0), Smart factory, Smart production, Smart manufacturing, Industrial Internet, Manifattura 4.0 e Fabbrica intelligente. Spesso i termini, più che avere una valenza scientifica, si identificano con le diverse policy nazionali e internazionali adottate dai governi o da diverse istituzioni. L'affermazione stessa del termine Industry 4.0 per indicare complessivamente le trasformazioni in atto nella produzione manifatturiera è indice del fatto che l'approccio tedesco, nazione che ha coniato il termine Industrie 4.0, si è affermato più di altri.

Analizzare la letteratura a riguardo al fine di elaborare una definizione del termine è utile non solo a delineare i confini e le caratteristiche del fenomeno, ma anche ad affrontarlo con un approccio più laico e non condizionato dalle, pur legittime, strategie comunicative dei diversi attori coinvolti. Occorre dunque passare brevemente in rassegna le diverse definizioni date.

Sul fronte istituzionale la cancelliera tedesca Angela Merkel ha definito Industria 4.0 come *"la trasformazione completa di tutta la sfera della produzione industriale attraverso la fusione della tecnologia digitale e di Internet con l'industria convenzionale"*⁴, mentre le linee guida pubblicate da Forschungsunion e Acatech ne parlano come del *"risultato dell'introduzione dell'Internet of Things and Services all'interno dell'ambiente manifatturiero"*⁵. Dal punto di vista europeo, l'European Parliamentary Research Service definisce Industry 4.0 come *"un termine applicato a un gruppo di trasformazioni rapide nella progettazione, costruzione, esercizio e manutenzione dei sistemi di produzione e dei prodotti"*⁶. Per Roland Berger il concetto di *"Industry 4.0 enfatizza l'idea di una consistente digitalizzazione e connessione di tutte le unità produttive in un'economia"*⁷, mentre per Germany Trade & Invest è *"la fusione del virtuale e del mondo fisico attraverso i sistemi informatici e la fusione risultante di processi tecnici e processi di business sono la strada verso una nuova era industriale"*⁸. McKinsey definisce il fenomeno sostenendo che si tratta della prossima fase nella digitalizzazione del settore manifatturiero, guidata da quattro *"disruptions"*: *"1) the astonishing rise in data volumes, computational power, and connectivity, especially new low-power widearea networks, 2) the emergence of analytics and business-intelligence capabilities, 3) new forms of human-machine interaction such as touch interfaces and augmented-reality systems, 4) improvements in transferring digital instructions to the physical world, such as advanced robotics and 3-D printing"*⁹.

Si tratta solo di una breve rassegna, che potrebbe essere ampliata utilizzando la sterminata produzione di report e brevi analisi sul tema. Spesso e volentieri sono però contributi senza un background scientifico, di analisi preliminare. L'assenza di definizione si può far risalire a due cause fondamentali, tra loro strettamente connesse: la prima è la novità del fenomeno, la seconda è la grande assenza di contributi scientifici sul tema. Il nesso causale

⁴ Discorso del Cancelliere federale Angela Merkel alla Conferenza OCSE, 2014

⁵ Acatech, Forschungs Union, "Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0", 2013

⁶ European Parliament, "Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth", Briefing PE 568.337, settembre 2015

⁷ Roland Berger, "Industry 4.0. The new industrial revolution How Europe will succeed", 2014

⁸ Germany Trade & Invest, "Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future", 2014

⁹ McKinsey, "Manufacturing's next act", 2015

è chiaro: senza un tempo adeguato per effettuare studi e analisi, osservando la complessità della manifattura digitale nelle sue sfaccettature e accezioni diverse non si è in grado di produrre studi scientificamente rilevanti, quanto meno dal punto di vista quantitativo. In questa constatazione si presenta un primo limite definitorio, ossia che la definizione di un fenomeno non ancora concluso, o meglio in fase embrionale, è per natura incompleta. Il secondo limite è che la velocità con la quale il progresso tecnologico si muove oggi rende quasi impossibile pensare di procedere parallelamente con l'analisi scientifica. A questi si deve aggiungere l'enorme potenza mediatica del fenomeno in questione, alimentatasi in poco tempo, che contribuisce a costruire aspettative rivoluzionarie (si pensi al tema della Quarta rivoluzione industriale¹⁰) e che talvolta confonde attraverso continui scambi di piani semantici, settoriali e disciplinari.

L'ampiezza del fenomeno impone un approccio multidisciplinare e interdisciplinare per poterlo inquadrare con sufficiente completezza. Una caratterizzazione unicamente economica, ingegneristica, sociologica o giuridica peccherebbe di parzialità e rischierebbe di far luce su un unico lato lasciando gli altri in ombra. Ciononostante, senza dilungarsi in approfondimenti epistemologici, è necessario limitare i confini della definizione che vogliamo elaborare per costruire una base comune sulla quale le diverse discipline possano svolgere approfondimenti tematici. Una definizione completa deve racchiudere, seguendo la logica classica, le caratteristiche che portano a definire l'essenza dell'oggetto. Essendo la manifattura digitale una evoluzione nel campo della produzione industriale, il primo compito è quello di identificare le innovazioni tecnologiche che segnano la discontinuità con il passato.

Proprio in quest'opera si sono cimentati i primi tentativi di definizione sviluppati in ambito accademico. Ad esempio Hermann, Pentek e Otto giungono a una ampia definizione, al momento la più completa, sulla base di un'analisi della letteratura e individuando le tecnologie fondamentali: *“Industrie 4.0 è un termine collettivo per indicare tecnologie e concetti dell'organizzazione della catena del valore. All'interno della Smart Factory strutturata a moduli, i CPS monitorano i processi fisici, creano una copia virtuale del mondo fisico e producono decisioni decentralizzate. Grazie all'IoT, i CPS comunicano e cooperano tra di loro e con gli esseri umani in tempo reale. Attraverso l'Internet of Services, sono offerti e organizzati da tutti i partecipanti della catena del valore servizi sia interni sia tra diverse organizzazioni”*¹¹.

Mentre Pfohl, Yashi e Kurnaz definiscono la manifattura digitale a partire dalle innovazioni che essa comporta, come *“la somma di tutte le innovazioni disruptive che derivano e sono implementate in una catena di valore per raggiungere gli obiettivi di digitalizzazione, autonomizzazione, trasparenza, mobilità, modularizzazione, collaborazione di rete e socializzazione dei prodotti e dei processi”*¹².

¹⁰ World Economic Forum, “The Forth Industrial Revolution”, 2016

¹¹ Hermann M., Pentek T., Otto B., “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review”, 2015

¹² Pfohl H.C., Yashi B., Kurnaz T., “The impact of Industry 4.0 on the supply chain”, in Hamburg International Conference of Logistics HICL, 2015

Quali tecnologie per una nuova definizione?

Fermo restando la presenza di posizioni differenti e non uniformi, sembra che gli osservatori siano unanimi nel definire la manifattura digitale come una nuova fase della produzione manifatturiera. Sia esso una vera e propria rivoluzione o una evoluzione particolarmente significativa, sia che faccia riferimento al termine “industria” o “fabbrica” o “manifattura” o “produzione”, il concetto di “4.0”, è un richiamo a una quarta fase storica all’interno del grande libro dell’industria.

Tra la fine del XVIII secolo e l’inizio del XIX l’introduzione della macchina a vapore ha aperto il mondo dell’industria alla produzione meccanica e ha individuato la fabbrica come luogo principale del lavoro, in sostituzione della bottega artigiana considerata la prima rivoluzione industriale. L’elettricità, dal 1870 in poi, ha segnato l’inizio della seconda rivoluzione, confermatasi poi nei primi decenni del XX secolo con la nuova organizzazione del lavoro taylorista. La terza rivoluzione industriale, più complessa da inquadrare cronologicamente, corrisponde all’introduzione intorno al 1970 dell’Information Technology all’interno dei sistemi produttivi e corrisponde a una accelerazione della servitizzazione dell’economia, con la nascita della cosiddetta New Economy che ha comportato una riduzione dei tassi di occupazione nel settore manifatturiero.

Come già si può intuire, più l’innovazione è complessa, più è difficile individuare precisamente quale sia il fattore specifico (scoperta, invenzione, implementazione) e il momento esatto della sua introduzione. Per quanto riguarda la manifattura digitale, il problema è ancora più complesso di quanto accaduto con la rivoluzione digitale della seconda metà del Novecento. Sono infatti numerose e diverse le tecnologie che sono state introdotte negli ultimi anni nella produzione manifatturiera e che sono al momento sperimentate e sviluppate. Individuarle è il primo passo per poter avvicinarsi a una definizione del fenomeno che stiamo analizzando e per verificare se si tratta di un nuovo paradigma, la Quarta rivoluzione industriale. Seguendo il report di Acatech e Forschungs Union del 2013¹³, il primo che affronta in modo approfondito il fenomeno, viene indicata come tecnologia centrale quella dei Cyber Physical Systems (CPS). Questi vengono definiti *“integrazione tra computazione e processi fisici. Computer incorporati e reti che monitorano e controllano processi fisici”*¹⁴. Acatech completa la definizione spiegando che *“i CPS sono il prodotto dello sviluppo e dell’utilizzo integrato di due campi dell’innovazione: sistemi che contengono software e reti globali di dati come Internet e sistemi applicativi distribuiti e interattivi. Questi vengono utilizzati tramite una infrastruttura potente che è composta da sensori, attuatori e reti di comunicazione che vengono impiegati dalle aziende che operano e collaborano a livello globale”*¹⁵. In concreto tali sistemi si realizzano attraverso macchinari, infrastrutture e strumenti tra loro connessi, in modo da poter interagire tra loro non unicamente mediante azioni fisico-meccaniche, ma grazie a sensori, attraverso la rete. L’interazione tra sistemi informatici e fisici è riconosciuta anche da altri, che definiscono Industry 4.0 come *“un concetto potente, che promuove la piena integrazione della produzione di IT e di sistemi di controllo con oggetti fisici integrati con l’elettronica, software, sensori e connettività”*¹⁶.

Alla base del sistema dei Cyber Physical System (CPS) troviamo l’introduzione dell’Internet

¹³ Acatech, Forschungs Union, “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0”, 2013

¹⁴ Lee E.A., “Cyber Physical Systems: Design Challenges”, 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing, 2008

¹⁵ Acatech, “Living in a networked world. Integrated research agenda Cyber Physical Systems”, 2015

¹⁶ Elsevier, “The Cyber Physical Systems of Industry 4.0”, 2015

of Things (IoT). Secondo Acatech e Forschungs Union, l'Industria 4.0 infatti è "*il risultato della introduzione di Internet delle cose e dei servizi nell'ambiente di produzione*". Per IoT si intendono "*cose e oggetti come RFID, sensori, attuatori, telefoni cellulari che, attraverso schemi di indirizzo unici, interagiscono l'uno con l'altro e cooperano con i loro componenti smart vicini per raggiungere obiettivi comuni*"¹⁷. L'ambiente cyberfisico è quindi reso possibile dalla connessione tra oggetti, ciascuno con un suo indirizzo IP, in comunicazione tra loro. Questo consente, ad esempio, a una catena produttiva di avere ogni suo componente non connesso unicamente attraverso componenti fisiche (nastri, braccia meccaniche ecc.), garantendo una sincronizzazione costante e un'ottimizzazione della produzione grazie a una continua analisi dei dati (i cosiddetti big data) elaborati dai singoli componenti digitalizzati.

All'IoT si affianca poi l'Internet of Services, definita come la possibilità per i "*venditori di servizi, di venderli attraverso Internet*", è composta da "*partecipanti, da una infrastruttura per i servizi, dai modelli di business e dai servizi stessi. I servizi sono offerti e combinati attraverso servizi dal valore aggiunto da vari offerenti; vengono comunicati agli utenti così come ai consumatori che vi accedono tramite diversi canali*"¹⁸.

Sembra quindi possibile affermare con certezza, sostenuti dalla letteratura disponibile, che il combinato disposto di Internet of Things (IoT) e Cyber Physical Systems (CPS) sia l'innovazione tecnologica che caratterizza cronologicamente l'inizio della manifattura digitale e teoricamente la sua ragion d'essere. Essendo entrambe tecnologie molto recenti, spesso presenti sia in forma di prototipo sia di sperimentazione, il dibattito su cosa sia veramente IoT e CPS e cosa invece sia ancora legato a una fase precedente del processo di digitalizzazione è ancora aperto e non è questo il luogo per affrontarlo. Per la nostra definizione bastano al momento le caratterizzazioni generali di cui sopra. A partire da queste due tecnologie si possono comprendere poi molti dei concetti e delle sotto-tecnologie che oggi vengono spesso connesse nel dibattito pubblico al tema della Manifattura 4.0. Facciamo riferimento ai big data, alla robotica avanzata, ai wearable systems, alla realtà aumentata, all'addictive manufacturing. Allo stesso modo si comprende come l'aspetto dell'automazione, tanto centrale nel dibattito mediatico, sia importante più come conseguenza che come causa della nuova manifattura.

Alla luce di queste considerazioni possiamo proporre una definizione di Manifattura 4.0 nei termini di una modalità di produzione manifatturiera che integra digitalmente gli spazi fisici lungo tutta la catena del valore attraverso l'utilizzo di CPS e IoT, caratterizzata da automazione e digitalizzazione dei processi.

Manifattura 4.0 e mercato del lavoro

Nonostante il recente interesse che si è sviluppato intorno al tema, studi scientifici che analizzano le conseguenze di Manifattura 4.0 sul mercato del lavoro, la sua organizzazione e le relazioni industriali sono pressoché assenti, fatta eccezione per il panorama tedesco. Nella maggior parte dei report istituzionali esistono brevi accenni alla nuova organizzazione del lavoro e al potenziale impatto sui lavoratori¹⁹, ma si tratta spesso di considerazioni generali e linee guida di policy.

¹⁷ Atzori L., Iera A., Morabito G., "Internet of Things: a survey, Computer Networks", 2010

¹⁸ Buxmann P., Hess T., Ruggaber R., "Internet of Services, Business & Information Systems Engineering", 2009

¹⁹ Acatech e Forschungs Union 2013 (p.52), European Parliament 2015 (p.6)

Le implicazioni sul mercato del lavoro possono essere analizzate da diversi punti vista. I due principali sono quello economico, che si concentra sull'impatto occupazionale, in particolare sulla perdita o sul guadagno di posti di lavoro, e quello sociologico che si concentra sulla figura del lavoratore nella manifattura digitale e sull'organizzazione del lavoro nella Smart Factory. In parallelo esistono gli approcci relativi alle questioni giuridico-normative e alle relazioni industriali (sui quali gli studi sono pressoché assenti al momento) e l'indagine sul fronte educativo legata all'analisi delle competenze richieste dal nuovo sistema produttivo.

L'impatto sul mercato del lavoro

L'approccio comune a molti studi è quello di ipotizzare scenari futuri analizzando i possibili effetti delle transizioni da un modello produttivo all'altro, valutando le esigenze professionali e paragonandole, in modo da ottenere previsioni quantitative e qualitative sull'occupazione. L'oggetto di analisi in questi casi è sempre l'automazione in generale, piuttosto che la manifattura digitale in sé stessa, ed è questa una delle ragioni per le quali spesso i due aspetti vengono fatti coincidere anche se, come abbiamo visto, non sono totalmente sovrapponibili.

La Germania è il Paese sul quale si concentra in modo più approfondito la letteratura. Alcuni studiosi avanzano previsioni fino al 2030, momento nel quale, a loro parere, Manifattura 4.0 sarà pienamente affermata e diffusa. In Germania la conseguenza sarà una perdita di posti di lavoro soprattutto tra i lavoratori della categoria "Machine and equipment controlling and servicing professions", mentre il saldo sarà attivo per "IT and scientific professions" e "Legal, management and economic professions". In generale però si prevede un saldo negativo di occupati nel settore manifatturiero sia per il 2025 sia per il 2030²⁰. Negativo anche il saldo ipotizzato da Frey e Osborne che, analizzando circa 700 profili professionali, individuano in diverse mansioni tipiche della manifattura i lavori con il più alto rischio di sostituzione a causa dell'automazione²¹. Tra gli scenari negativi, Roland Berger conta nella sola Francia 225 mila posti di lavoro cancellati nei prossimi 10 anni²² e il World Economic Forum a cui risultano oltre 1,5 milioni di posti persi su scala globale nei settori manifatturiero e delle costruzioni²³.

Un approccio diverso si riscontra nell'analisi di Boston Consulting Group, dove vengono individuati tre scenari in cui il numero complessivo dei lavoratori crescerà, pur con perdite di posti nella produzione, nel controllo qualità e nella manutenzione. Il netto sarà però positivo grazie a lavoratori nel settore IT, nell'analisi dei dati e nella ricerca e sviluppo²⁴. Mentre Corlett sostiene, analizzando lo scenario britannico, che "abbiamo bisogno di più robot, non meno"²⁵. L'esperienza degli ultimi vent'anni fornisce diverse rassicurazioni sul fatto che le conseguenze negative dell'automazione sono semplici da superare. Lo studio di Katz e Krueger, pur non concentrandosi in particolare sul settore manifatturiero, mostra come negli ultimi dieci anni l'aumento netto di posti di lavoro negli Stati Uniti sia stato determinate unicamente dai cosiddetti "alternative work arrangements", modelli di impiego che possono essere tra quelli compatibili con la nuova manifattura digitale²⁶.

²⁰ IAB-Forschungsbericht, "Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy. Scenario calculations in line with the BIBB-IAB qualifications and occupational field projections", 2015

²¹ Frey C.B., Osborne M., "The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?", 2013

²² Roland Berger, "Of Robots and Men - in logistics", 2016

²³ World Economic Forum, "The Future of Jobs", 2016

²⁴ BCG, "Man and Machine in Industry 4.0, How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?", 2015

²⁵ Corlett A., "Robot wars Automation and the labour market", 2016

²⁶ Katz L.F. e Krueger A.B., "The Rise and Nature of Alternative Work Arrangements in the United States, 1995-2015", 2016

Una nuova organizzazione del lavoro

L'approccio sociologico, che si concentra sul ruolo del lavoratore nella Smart Factory, utilizza anch'esso, nelle analisi più interessanti, lo strumento dello scenario per ipotizzare schemi di nuova organizzazione del lavoro. Rispetto al rapporto tra uomo e macchina che può attuarsi in una fabbrica dall'elevato tasso di automazione e con la presenza di CPS vengono dipinti due scenari.

Il primo, delineato da Kurtz²⁷, è detto dell'automazione e si realizzerebbe quando le attività umane sono interamente dirette e governate da macchine che eseguono autonomamente i loro compiti. La produzione è diretta dai CPS che possono controllare la complessità del sistema attraverso infrastrutture digitali e sensori interconnessi in rete. Il lavoro umano avrebbe quindi la funzione di reagire agli stimoli e alle indicazioni di questi sistemi, che sono il vero centro della catena produttiva. Le attività dei lavoratori si limiterebbero quindi al monitoraggio del funzionamento dei CPS e al problem solving, richiedendo competenze specialistiche nell'ambito della programmazione di sistemi complessi.

Il secondo, dipinto da Ganz²⁸, è quello della specializzazione, nel quale il ruolo cardine è svolto dai lavoratori, che mantengono potere direttivo sui CPS. Per gli autori in questo scenario, i CPS non sono altro che uno strumento complementare alle attività umane, che grazie ad essi sono potenziate e ottimizzate contribuendo ad aumentare la produttività e la qualità sia dei prodotti sia del lavoro.

Anche rispetto all'organizzazione del lavoro sono possibili due scenari. Il primo, delineato da Friedrich-Ebert-Stiftung²⁹, è quello della polarizzazione, che vede una marcata divisione di compiti tra figure alte e figure basse, con una elevata concentrazione di profili professionali dalle competenze specifiche. Il blocco di lavoratori che presenta competenze più basse è organizzato secondo i criteri e le caratteristiche della subordinazione novecentesca, con mansioni più statiche, altamente controllate e con pochi margini di autonomia e responsabilità. Il secondo gruppo, la fascia alta, include mansioni caratterizzate da elevata autonomia e da capacità di problem solving e progettazione. Le decisioni di questi lavoratori spesso vanno oltre la semplice gestione dei flussi produttivi, ma incidono anche nelle scelte di management e dei processi.

Il secondo, descritto da Hirsch-Kreinsen³⁰, è definito "Swarm Organization" e si basa sull'assunto di una sostituzione delle mansioni cosiddette routinarie da parte dell'automazione e quindi sulla presenza di un ampio numero di figure professionali che svolgono attività di controllo, progettazione e problem solving e che sono organizzate in un modello meno gerarchico nel quale l'importanza non è data unicamente dalle singole mansioni, ma proprio dall'assenza di compiti univoci. Le caratteristiche di flessibilità e dinamicità della produzione nella manifattura digitale verrebbero quindi gestite nella loro complessità da figure polivalenti e potenzialmente in grado di affrontare più problematiche.

²⁷ Kurtz C., "Mensch, Maschine und die Zukunft der Industriearbeit", 2014

²⁸ Ganz W., "Welche Rolle spielen die Dienstleistungen in der Industrie 4.0?", 2014

²⁹ Friedrich-Ebert-Stiftung, "Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt?", 2014

³⁰ Hirsch-Kreinsen H., "Digitization of industrial work: development paths and prospects", in Journal of Labour Market Research, Volume 49, Issue 1, pp. 1-14, marzo 2016

Appendice 2.3 – Best practice internazionali: i casi di Germania e Stati Uniti

Il modello istituzionale in Germania

Il territorio tedesco è il primo nel quale si è sviluppata un'azione congiunta di istituzioni, imprese e centri di ricerca con l'obiettivo di diffondere all'interno del tessuto produttivo la manifattura digitale. A partire dal 2011 il governo tedesco ha inserito la Quarta rivoluzione industriale tra le priorità dei progetti volti a potenziare la strategia legata alla diffusione dell'alta tecnologia.

Dal 2013 si inizia a utilizzare correntemente il termine "Industrie 4.0" per indicare una modalità di produzione manifatturiera digitalizzata e avanzata. La strategia tedesca viene elaborata da Acatech (Accademia nazionale di scienze e ingegneria) come risultato di un gruppo di lavoro chiamato "Platform Industrie 4.0" nato dalla volontà delle più grandi associazioni di imprese (BITKOM, VDMA e ZVEI) di raccogliere l'adesione di oltre 6 mila imprese. Queste linee guida individuano come centrale lo sviluppo dei Cyber Physical Systems e l'obiettivo fondamentale delle azioni è quello di ottenere fabbriche digitalizzate nelle quali gli ambienti fisici siano tra loro connessi attraverso la diffusione dell'Internet of Things.

La strategia si basa su due azioni principali: sviluppare e fornire tecnologie e digitalizzare le imprese. Da un lato quindi si intende lavorare nella direzione della ricerca per produrre nuove infrastrutture tecnologiche, software, prototipi e simili, dall'altro effettuare un upgrade delle imprese manifatturiere utilizzando queste stesse tecnologie. Il vantaggio di questa strategia multifunzionale risiede nel fatto che le imprese tedesche si affermano sul mercato non unicamente come produttrici di prodotti personalizzati grazie a "fabbriche 4.0", ma anche come esportatrici dei mezzi per digitalizzare le fabbriche stesse. L'obiettivo è quindi quello della creazione di un brand, Industrie 4.0, che possa diventare il faro per qualunque impresa che voglia digitalizzare la produzione, seguendo il filo conduttore di una nuova rivoluzione industriale di cui i tedeschi sarebbero interpreti e fornitori, quasi monopolisti, della tecnologia necessaria.

A livello governativo l'iniziativa è stata sostenuta finanziariamente dal Ministero federale per la formazione e la ricerca e dal Ministero federale per l'economia e l'energia, rispettivamente con finanziamenti di 120 milioni e di 100 milioni di euro. La struttura centrale è presieduta dal Ministro dell'economia insieme a rappresentanti delle imprese, dei sindacati e della ricerca.

Si sviluppa poi in tre sottogruppi. Il primo è deputato alle decisioni tecnico-pratiche composto da imprese che hanno il compito dello sviluppo di strategie industriali e del coordinamento tecnico, affiancato da gruppi di lavoro di esperti che devono seguire diverse tematiche, dalla ricerca e innovazione, ai criteri di standardizzazione oltre agli aspetti legali, del lavoro e della formazione. A questi gruppi di lavoro partecipano anche rappresentanti dei Ministeri dell'economia, del lavoro, dell'interno, della giustizia e della ricerca. Il secondo sottogruppo si occupa delle policy connesse a Industrie 4.0 ed è composto da rappresentanti delle imprese, del governo, dei sindacati e della ricerca. Il terzo sottogruppo risponde delle attività più pratiche sul mercato, come il consorzio di imprese con test ed esempi di applicazioni. Il tutto è supervisionato da un board di rappresentanti del mondo accademico, a confermare lo stretto legame che la strategia tedesca ha costruito tra mondo della ricerca (non solo università, ma anche centri di ricerca) e imprese.

È importante ricordare come il ruolo degli istituti di ricerca sia fondamentale nel processo di evoluzione verso la manifattura digitale nel modello tedesco. L'istituto Fraunhofer è l'esempio principale con un bilancio di ben 2 miliardi di euro e circa 23 mila dipendenti e una copertura dei costi garantita per il 70% da imprese e istituzioni pubbliche e per il 30% dal governo federale e dalle amministrazioni locali. I 67 istituti differenti che lo compongono si occupano ciascuno di diversi aspetti dell'innovazione tecnologica e collaborano direttamente con imprese e università. Tra gli aspetti più interessanti c'è quello degli spin-off che nascono direttamente dagli istituti, come ENIT Systems, che si occupa di rendere più efficienti i sistemi energetici attraverso un'attività di monitoraggio e di controllo a distanza di fonti d'energia diversificate.

Si tratta complessivamente di un approccio che nasce da una spinta centrale, volta a individuare un termine, Industrie 4.0 appunto, intorno al quale sviluppare una strategia che non sia indirizzata unicamente al sistema produttivo manifatturiero, ma in generale all'innovazione nel territorio tedesco, passando per la ricerca, la scuola, l'energia e altro ancora. La struttura centrale riesce a essere flessibile poiché si appoggia su una rete capillare di centri di ricerca e di imprese, capitanati solitamente da un'impresa leader (non per forza un colosso) che ha il compito di sviluppare progetti spesso finanziati non direttamente dal governo, ma attraverso gli istituti di ricerca stessi.

Best practice aziendali in Germania

Essendo lo sviluppo della Manifattura 4.0 ancora in fase embrionale, le imprese più grandi tentano di costruire ed elaborare un proprio approccio individualizzato al fenomeno. Ne sono esempio principale i grandi gruppi come Bosch, Siemens e Trumpf, che contemporaneamente forniscono tecnologia e servizi alle imprese e producono utilizzando le stesse tecnologie.

Ad esempio Bosch ha sviluppato Bosch Rexroth, un sistema che se adottato permette di sviluppare un ambiente produttivo automatizzato e interconnesso, nonché di diversificare le tipologie di prodotto realizzabili utilizzando la stessa linea di produzione. Nello stabilimento di Homburg, Bosch utilizza queste nuove tecnologie per produrre oltre 200 diverse tipologie di valvole idrauliche utilizzando un'unica linea, adattabile automaticamente a seconda del prodotto richiesto. Bosch Rexroth è anche una tecnologia che viene venduta sul mercato e che può essere applicata per effettuare un upgrade delle imprese manifatturiere che si basano ancora su vecchi sistemi produttivi attraverso l'installazione di nuove interfacce di comunicazione e innovativi sistemi di hardware per il controllo della produzione. In questo modo non è necessario sostituire interamente catene di produzione, ma unicamente sviluppare soluzioni che possano connetterle tra di loro.

Se invece la necessità è quella di implementare da zero una nuova linea che sia completamente connessa, è possibile farlo attraverso diverse soluzioni da costruire e modulare insieme a Bosch a seconda delle infrastrutture disponibili (i livelli di connessione Internet ad esempio) e delle esigenze e degli obiettivi dell'investimento (la totale digitalizzazione o quella parziale, l'interconnessione con altri spazi lavorativi, altri stabilimenti e altro ancora). Le soluzioni sviluppabili possono adattarsi a numerosi settori manifatturieri, dall'automotive alle macchine utensili, passando per il packaging, la stampa e la produzione di tecnologie avanzate. La personalizzazione dei prodotti è al centro delle caratteristiche di questi sistemi. Si calcola che sia possibile costruire automobili in ben un milione di diverse varianti. Mentre se si utilizza la stampa 3D per produrre oggetti interi le possibilità diventano letteralmente infinite.

Siemens ha invece declinato la Manifattura 4.0 nei termini di Digital Enterprise, attraverso un piano che prevede quattro diverse fasi da sviluppare:

- 1) Digital Enterprise Software Suite, che contiene un pacchetto di software governati dalla piattaforma centrale Teamcenter (accessibile da addetti in tutto il mondo) che si occupano di Product Lifecycle Management, Manufacturing Execution System/Manufacturing Operations Management, Totally Integrated Automation e Lifecycle and Data Analytics;
- 2) Industrial Communication;
- 3) Industrial Security;
- 4) Industrial Services. In questo modo è possibile ridurre drasticamente il time-to-market attraverso una catena di montaggio integrata e connessa nelle sue componenti a partire dallo sviluppo e progettazione del prodotto fino alla produzione e poi alla manutenzione. Il modello viene utilizzato anche nella produzione di Siemens stessa. Nella fabbrica di Amberg, in cui si producono Programmable Logic Controller (PLC), il 75% della produzione è automatizzata e il livello di perfezione dei PLC è valutato massimo per il 99,9% dei casi, su un volume di 12 milioni all'anno.

Sia nelle soluzioni Bosch sia in quelle Siemens particolare importanza è data alla sicurezza informatica, una delle principali preoccupazioni di chi si accinge ad avviare processi di digitalizzazione della produzione. Siemens ha sviluppato "Defense in Depth", un approccio che si rivolge a tutti i livelli degli stabilimenti industriali, proteggendo da attacchi sia esterni sia interni. Le soluzioni vanno da nuove forme di controllo degli accessi a strumenti per la definizione di linee guida per la sicurezza di ogni area della produzione, nonché analisi della produzione e delle infrastrutture per sviluppare sistemi flessibili di Cyber Risk Management.

Altre imprese invece utilizzano con successo tecnologie proprie della manifattura digitale senza sviluppare contemporaneamente soluzioni da mettere sul mercato, ma fornendo comunque servizi connessi ai prodotti che la manifattura tradizionale non poteva immaginare. Un esempio è Schaeffler, azienda leader nella produzione di cuscinetti il cui progetto Industrie 4.0 ha lo scopo di mettere in rete tutte le fasi della vita dei propri prodotti, dallo sviluppo alla produzione, al prodotto finito e alla sua manifattura riducendo i costi e consentendo alla produzione di funzionare autonomamente e ai prodotti di conoscere in ogni momento in che fase si trovano. Questo si è ottenuto attraverso l'installazione, sia nei macchinari sia nei prodotti stessi, di sensori che consentono di autodiagnosticare le problematiche che intercorrono e quindi segnalare la necessità di interventi di manutenzione. Attraverso Schaeffler's FAG SmartCheck si ha poi a disposizione un sistema di monitoraggio costante online sullo status dei componenti. Mentre FAG Wear Debris Check monitora l'aumento di componenti esterni negli olii delle scatole degli ingranaggi, in modo da poter prevedere quando saranno necessari cambi di parti e prevedere il loro ordine.

Esistono poi diversi fornitori di servizi per le imprese che non utilizzano direttamente le soluzioni offerte in quanto non produttori, ma che realizzano processi di digitalizzazione dei clienti e si concentrano soprattutto nella fornitura di servizi che consentono l'applicazione dell'Internet of Things. Ad esempio, AXOOM è una startup fondata nel 2015 che offre soluzioni per pianificare i processi produttivi nel loro insieme, aiutando la gestione di sistemi complessi. Lo fa mettendo a disposizione un vero e proprio app store che vende software a seconda dei diversi obiettivi che si vogliono raggiungere. L'altro fronte per il quale si offrono soluzioni dedicate è quello dell'analisi dei big data. Un esempio è FORCAM, fondata da ex-manager di SAP, che offre alle imprese un vero e proprio kit che consente di connettere via cloud fino a tre macchinari, effettuare analisi dei big data da essi provenienti e visualizzarli attraverso rappresentazioni grafiche in tempo reale. La prova che tali soluzioni stanno diventando sempre più diffuse nello scenario tedesco è che 3 mesi di licenza di un servizio simile hanno un costo relativamente contenuto, inferiore ai 20 mila euro.

Un ulteriore insieme di best practice tedesche sul fronte della manifattura digitale sono quelle legate alla formazione e alla costruzione di profili professionali con competenze avanzate e necessarie alle imprese. Un esempio è quello di Porsche, che nel 2015, nell'ambito di un rinnovamento delle sue linee di produzione, ha aperto a Zuffenhausen un centro di formazione che può ospitare fino a 500 studenti e apprendisti con lo scopo di accompagnarli alla conoscenza delle novità del mondo della produzione automobilistica. All'interno dei 10 diversi percorsi di formazione che si possono scegliere l'attenzione è proprio rivolta all'affrontare le sfide che la nuova Manifattura 4.0 sta già lanciando al settore automotive, da un lato per evitare che la stessa Porsche non sappia affrontarle e dall'altro per far sì che sia disponibile una manodopera sufficientemente preparata.

Altro esempio è quello delle "Learning factories", un'esperienza avviata già da diverso tempo, ma che ha visto nella manifattura digitale una nuova ragion d'essere. Si tratta di modalità di formazione che vogliono portare il mondo della produzione all'interno delle classi, in modo da poter preparare giovani che andranno poi a gestire processi produttivi complessi. In particolare è interessante l'esempio del campus Velbert/Heiligenhaus (CVH) della Bochum University of Applied Sciences.

Il modello istituzionale negli USA

Gli Stati Uniti stanno sviluppando il nuovo paradigma della manifattura digitale per il quale si utilizzano soprattutto i termini Industrial Internet e Advanced Manufacturing, attraverso un approccio istituzionale diverso da quello tedesco. Già nel 2011 l'amministrazione Obama ha mostrato sensibilità rispetto al problema dell'innovazione nel settore manifatturiero lanciando l'iniziativa denominata Advanced Manufacturing Partnership. Si tratta di un gruppo composto sia da imprese sia da università (tra le altre Massachusetts Institute of Technology, University of Michigan, University of California a Berkeley) e organizzato in workshop regionali, in modo da connettere il mondo imprenditoriale e il mondo accademico in diversi punti del territorio nazionale. Gli obiettivi del partenariato, poi sviluppatasi fino a diventare il Ritalize American Manufacturing and Innovation Act nel 2014, sono tre: favorire l'innovazione, assicurare la talent pipeline e migliorare il business climate.

Al contrario che in Germania, sono stati soprattutto i grandi gruppi industriali a promuovere il nuovo paradigma. In particolare, "Industrial Internet" è un termine coniato da General Electric nel 2012 per indicare l'impatto che l'utilizzo della rete negli impianti industriali poteva avere sulla produzione manifatturiera. Ciò ha fatto sì che, al momento, l'interesse principale statunitense non sia troppo concentrato nello sviluppo e nella produzione di sistemi cyberfisici, quanto piuttosto nell'utilizzo della rete per la produzione e l'analisi dei dati al fine di ottimizzare la produzione. A questo scopo è nato nel 2014 l'Industrial Internet Consortium grazie a una partnership tra General Electric, IBM, AT&T, Cisco e Intel, quindi tra i più fornitori di soluzioni informatiche e produttori di manifattura. Si tratta dell'equivalente della struttura tedesca ma, come è evidente, costruito soprattutto sulla spinta e con la governance del settore privato. Infatti lo Steering Committee è composto da 9 membri, ciascuno dei quali proviene da un'impresa affiliata al consorzio: 3 posti per i founding members General Electric, IBM e Intel, 2 posti della durata di quattro anni per i contributing members (al momento SAP e Schneider Electric fino al 2019), 2 posti della durata di un anno per grandi imprese, 1 per le piccole e 1 per un membro proveniente dal mondo accademico o del no profit. Parallelamente, l'organizzazione si struttura con 19 working groups divisi in 7 tematiche: Business Strategy and Solution Lifecycle, Legal, Marketing, Membership, Security, Technology, Testbeds. Non mancano comunque forti spinte centrali sul fronte degli investimenti, come in occasione della nascita del Digital Manufacturing and Design Innovation Institute, per il quale il governo americano ha stanziato oltre 70 milioni di dollari.

Best practice aziendali negli USA

Anche oltreoceano gli esempi interessanti sono molti. Nel settore manifatturiero, tra le aziende che hanno iniziato a convertire la propria produzione seguendo il modello dell'Industrial Internet c'è Airbus. L'obiettivo principale era quello di gestire la complessità dei processi di costruzione di un aeroplano, che implicano decine di migliaia di passaggi e quindi costi elevatissimi nel caso di errori. L'impresa ha quindi sviluppato degli smart tools che permettono di conoscere tutti i passaggi necessari alla produzione e che elaborano in tempo reale i dati che ricevono e valutano la corretta esecuzione dell'operazione prima di passare alla successiva. Si capisce la portata dell'innovazione sapendo che nella costruzione di un aereo sono oltre 40 mila i punti in cui si devono effettuare azioni di serraggio, utilizzando circa 1.100 diversi strumenti. L'utilizzo di strumenti interconnessi, attraverso sensori e l'Internet of Things, consente di evitare errori senza dover sostituire il lavoro umano con robot o automazione, ma semplicemente monitorandolo e correggendolo.

Nello stesso settore, un ulteriore utilizzo dell'Industrial Internet è quello del monitoraggio a distanza del funzionamento dei motori, per poter perfezionare nel tempo le performance attraverso l'elaborazione di miliardi di dati di utilizzo. Tra i leader nel settore c'è Rolls Royce che, con il monitoraggio del funzionamento del motore Trent 7000, riesce a far risparmiare a un Airbus 330 circa il 14% del carburante in più rispetto al non utilizzo dell'Internet of Things. Grazie a queste tecnologie l'azienda ha potuto anche cambiare il proprio modello di business: se prima il profitto era concentrato unicamente sulla vendita dei motori, oggi Rolls Royce utilizza la formula del leasing mensile offrendo a pagamento tutta una serie di servizi per la gestione e l'ottimizzazione dell'utilizzo del prodotto. Si tratta di un esempio di come l'impatto della nuova manifattura non si riduce a una digitalizzazione dei processi produttivi, ma rinnova completamente l'idea e la gestione della supply chain. Grazie all'utilizzo di questo modello Rolls Royce ha potuto invertire in poco tempo l'andamento negativo dei propri bilanci, ritornando sostenibile e competitiva.

Sul fronte della produzione manifatturiera, un caso interessante del panorama statunitense è quello di Del Papa Distributing. Interessante perché non sono molti gli esempi di un utilizzo della Manifattura 4.0 nel campo alimentare. Si tratta di un distributore di birra con sede in Texas, che fornisce oltre 10 milioni di confezioni di birra all'anno provenienti da 30 fornitori. Al motto di "*connecting the unconnected*" Zones, partner di Cisco, ha aiutato l'azienda texana nella costruzione del loro nuovo stabilimento utilizzando le tecnologie rese possibili dall'Internet of Things. I vantaggi sono molteplici, in particolare l'aumento del 6,4% di casse prodotte in un'ora rispetto a quanto accadeva nel vecchio magazzino. Questo grazie all'utilizzo di una rete wireless che si attiva a voce e che dice chiaramente quali prodotti utilizzare registrandoli ciascuno con un codice a barre e riducendo notevolmente la quantità di errori. Le novità introdotte consentono anche di risparmiare tempo e di migliorare le condizioni di lavoro, come l'utilizzo di Cisco Telepresence, grazie alla quale non è più necessario spostarsi per partecipare a riunioni o aggiornare sull'andamento della produzione poiché basta connettersi a un sistema audio-video ad alta qualità.

Anche settori più classici, come quello della produzione dei mezzi pesanti, presentano interessanti casi di applicazione dell'Industrial Internet. Ad esempio Dailmer Trucks North America aveva l'esigenza di produrre camion dall'elevato tasso di personalizzazione dei componenti e delle loro combinazioni e allo stesso tempo di rendere tale produzione efficiente in modo da mantenere alto il livello di competitività. Rivolgendosi a Cisco ha sviluppato una infrastruttura wireless che consente di connettere tra loro i diversi luoghi della fabbrica, compresi i lavoratori che riescono a monitorare i diversi step della produzione in tempo reale utilizzando i tablet. In questo modo è possibile gestire gli ordini

e gli spostamenti dei componenti dal magazzino alla produzione in modo efficiente e senza vuoti temporali, oltre che produrre grandi quantità di dati relativi allo status della lavorazione di un automezzo disponibili in tempo reale al management. La connessione può avvenire anche direttamente con i venditori e con i proprietari, per risolvere problemi in tempo reale, da mobile, e pianificare o effettuare interventi di manutenzione.

Esistono poi, come nel caso tedesco, alcune imprese che sono unicamente produttori e fornitori di servizi per la modernizzazione della produzione verso la Manifattura 4.0. È il caso di Fanuc Robotics America che, in partnership con Cisco, ha iniziato a sviluppare un sistema di interconnessione tra diversi componenti robotiche all'interno delle fabbriche dei clienti. Ogni robot contiene sensori che raccolgono ed elaborano costantemente dati relativi a temperatura, cicli di produzione e attività degli operatori in modo da poter ottimizzare la produzione ed evitare periodi di downtime attraverso l'utilizzo della manutenzione predittiva, che consente un funzionamento costante dei macchinari. Ad esempio, quando viene previsto un problema da risolversi con un ricambio di componenti, queste vengono automaticamente spedite in modo da evitare tempi morti, programmando precedentemente il momento della sostituzione.

Sul fronte delle esperienze formative il governo statunitense durante l'amministrazione Obama ha insistito molto per lo sviluppo dei community college, molti dei quali legati a settori come la mecatronica e alla manifattura avanzata. I percorsi sono direttamente connessi con periodi di apprendistato (altro strumento sul quale il Ministero del lavoro USA sta concentrando le proprie risorse) e con modalità di certificazione delle competenze specifiche.

Bibliografia

- Acatech, "Living in a networked world. Integrated research agenda Cyber Physical Systems", 2015
- Acatech, Forschungs Union, "Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0", 2013
- Accenture, "The Growth Game-Changer: How the Industrial Internet of Things can drive progress", 2015
- Accenture, "Driving Unconventional Growth through the Industrial Internet of Things", 2015
- Adapt, FIM-CISL, "#SindacatoFuturo in Industry 4.0", 2015
- AHK, Roland Berger, "Joint-Production 4.0. Nuove sfide per la cooperazione economica italo-tedesca", giugno 2016
- ANIE Automazione, "Osservatorio dell'Industria Italiana dell'Automazione", maggio 2015
- Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza, "Alla ricerca delle competenze 4.0", dicembre 2015
- Assinform, Confindustria Digitale, "Il digitale in Italia nel 2016", luglio 2016
- Atzori L., Iera A., Morabito G., "Internet of Things: a survey, Computer Networks", 2010
- Baroncelli A., "Industry 4.0 tra digitalizzazione e nuovi modelli di business", ICRIM-Università Cattolica del Sacro Cuore, novembre 2015
- BCG, "Industry 4.0. The future of productivity and growth in manufacturing industries", aprile 2015
- BCG, "Man and Machine in Industry 4.0. How will technology transform the industrial workforce through 2025?", settembre 2015
- BCG, "Inside Ops. Increasing Competitiveness through operational excellence", dicembre 2015
- BCG, "Why advanced manufacturing will boost productivity", 2015
- BCG, "Time to accelerate in the race toward Industry 4.0", maggio 2016
- Benedini A., "L'industria italiana di fronte alle nuove frontiere tecnologiche: sfide e opportunità", Prometeia, XXV Giornata Momigliano "Ripensare la politica industriale oggi", marzo 2015
- Buxmann P., Hess T., Ruggaber R., "Internet of Services, Business & Information Systems Engineering", 2009
- Calabrò A., "Per un rinascimento industriale", in Aspenia n. 68/2015
- Camera dei deputati, X Commissione Permanente Attività produttive, commercio e turismo, "Indagine conoscitiva su Industria 4.0: quale modello applicare al tessuto industriale", giugno 2016
- Centro Studi Confindustria, "Più manifatturiero, più PIL", gennaio 2014
- Centro Studi Confindustria, "La manifattura additiva. Alcune valutazioni economiche con particolare riferimento all'industria italiana", in Scenari Industriali cap.4, giugno 2014
- Centro Studi Confindustria, "L'Industria 4.0: stato dell'arte, prospettive e implicazioni", Scenari Industriali cap. 4, novembre 2015
- Cingolani R., "Il contributo italiano alla robotica avanzata", in Aspenia n. 68/2015
- Cingolani R., "L'impatto delle innovazioni distruttive", in Aspenia n. 68/2015
- Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019", maggio

2015

Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019", febbraio 2015

Confindustria, "Prime indicazioni sul Piano di digitalizzazione dell'industria italiana Industria 4.0", giugno 2016

Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologici, "Fabbrica 4.0. La rivoluzione della manifattura digitale", marzo 2015

Corlett A., "Robot wars Automation and the labour market", 2016

Deloitte, "Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies", 2015

Digital 4 Executive, "L'Industry 4.0 regala nuove opportunità al sistema Italia", novembre 2015

Elsevier, "The Cyber Physical Systems of Industry 4.0", 2015

European Parliament, "Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth", Briefing PE 568.337, settembre 2015

European Parliament, "Industry 4.0", IP/A/ITRE/2016-02, febbraio 2016

Eurostat, "DESI: Indice dell'economia e della società digitali", 2016

Fabbrica Intelligente, "Roadmap per la ricerca e l'innovazione", 2015

Federal Government of Germany, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, "Industrie 4.0: The Digitisation of the Economy", 2015

Fondazione Nord Est, Prometeia, "Make in Italy. Primo rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano", ottobre 2015

Fraunhofer Italia, "Smart factory, industria del futuro: esempi di best practice", 2013

Frey C.B., Osborne M., "The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?", 2013

Friedrich Ebert Stiftung, "Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt?", 2014

Ganz W., "Welche Rolle spielen die Dienstleistungen in der Industrie 4.0?", 2014

Germany Trade and Invest, "Industrie 4.0, Smart manufacturing for the future", luglio 2014

Hermann M., Pentek T., Otto B., "Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review", 2015

Hirsch-Kreinsen H., "Digitization of industrial work: development paths and prospects", in Journal of Labour Market Research, Volume 49, Issue 1, pp. 1–14, marzo 2016

IAB-Forschungsbericht, "Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy. Scenario calculations in line with the BIBB-IAB qualifications and occupational field projections", 2015

IDC Analyze the Future, "Worldwide Big Data Technology and Services, 2015–2019 Forecast", novembre 2015

IDTechEx, "RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026", ottobre 2015

ITIA-CNR, Molinari Tosatti, L., "Robotics for the factory of the future", 2015

Katz L.F., Krueger A.B., "The Rise and Nature of Alternative Work Arrangements in the United States, 1995-2015", 2016

Kurtz C., "Mensch, Maschine und die Zukunft der Industriearbeit", 2014

Lee E.A., "Cyber Physical Systems: Design Challenges", 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing, 2008

Magnani M., "Manifattura avanzata, cluster e crescita", Aspenia 68, 2015

Magone A., Mazali T., "Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale", Guerini Associati, marzo 2016

Markets and Markets, "Cyber Security Market by Solution - Global Forecast to 2020", giugno 2015

McKinsey Global Institute, "The Internet of Things: mapping the value beyond the hype", giugno 2015

McKinsey Global Institute, "Manufacturing's next act", 2015

MIP Politecnico di Milano, Osservatorio Smart Manufacturing, "La digitalizzazione dell'industria: Italia, Work in Progress", giugno 2016

Pfohl H.C., Yahsi B., Kurnaz T., "The impact of Industry 4.0 on the supply chain", in Hamburg International Conference of Logistics HICL, 2015

Presidenza del Consiglio di Ministri, "Strategia per la crescita digitale 2014-2020", marzo 2015

Presidenza del Consiglio di Ministri, "Strategia italiana per la banda ultralarga", 2015

Pwc, "Industry 4.0. Opportunities and challenges of the industrial internet", 2014

Pwc, "The road ahead for 3-D printers", 2014

Research and Markets, "Global Augmented Reality Market Forecast by Product (2011 - 2016)", dicembre 2011

Rocca G., "Perché l'Italia deve puntare sul medium tech", Aspenia 68, 2015

Roland Berger, "Of Robots and Men in logistics", 2016

Roland Berger, "Industry 4.0: high impact transformation", marzo 2015

Roland Berger, "Think Act. Industry 4.0: the new industrial revolution. How Europe will succeed", marzo 2014

Roland Berger, Federation of German Industries (BDI), "The digital transformation of industry", dicembre 2015

Seghezzi F., "Come cambia il lavoro nell'Industry 4.0", Adapt, marzo 2015

Serio L., "Industry 4.0, Modelli di business e competitività. Il ruolo della competenza", ICRIM-Università Cattolica del Sacro Cuore, novembre 2015

Staufen, "Industria 4.0. Sulla strada della fabbrica del futuro. Qual è la situazione dell'Italia?", 2015

Telecom Italia, "Italia Connessa 2014", dicembre 2014

The European House Ambrosetti, "Fare manifattura per crescere: il Modello Brianza", giugno 2015

The Federal Government of Germany, "The new High-Tech Strategy Innovations for Germany", settembre 2014

Torino Nord Ovest, "Factory of the future", 2015

UBS, "Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution", gennaio 2016

UCIMU, "Il parco delle macchine utensili e sistemi di produzione dell'industria italiana", novembre 2015

UK Commission for employment and skills, "The future of work: jobs and skills in 2030", febbraio 2014

Ungaro A.R., "Da Leonardo ai robot: droni e dintorni", in Aspenia n. 68/2015

Wyatt J.L., "La terza ondata della robotica", in Aspenia n. 68/2015

World Economic Forum, "The Fourth Industrial Revolution", 2016

World Economic Forum, “The Future of Jobs”, 2016

Audizioni tenute alla X Commissione attività produttive nel periodo febbraio-giugno 2016 durante l’indagine conoscitiva su Industria 4.0 pubblicata a giugno 2016.

Sono stati ascoltati:

- C. Calenda (MISE), P.C. Padoan (MEF), S. Giannini (MIUR), S. Gozi (Sottosegretario Presidenza del Consiglio).
- G. De Santis (Assessore alle attività produttive della regione Piemonte).
- Jan Siedentopp (Ministero dell’Economia della Repubblica Federale di Germania), Yosuke Nakayama (Ambasciata del Giappone in Italia).
- M. Cantamessa (Politecnico di Milano), L. Scarani (Università L.Bocconi), M. Macchi e G. Miragliotta (Osservatorio Smart Manufacturing del Politecnico di Milano), L. Beltrametti (Università di Genova), F. Auricchio e S. Denicolai (Università degli Studi di Pavia), S. Majorana e G. Metta (Istituto Italiano di Tecnologia), M. Conti (CNR), R. Fornasiero (ITIA-CNR), A. Rotolo (Università degli Studi di Bologna).
- R. Crapelli (Roland Berger), G. Falco (BCG), G. Camplone (McKinsey), J. Nierling (Porsche Consulting), P. Anselmo (Italian Business Angels Network), F. Meneghetti (Fabbrica digitale), P. Gabriele e F. Moroni (Fonderie Digitali), S. Fancelli (progetto “Centro servizi manifattura digitale”), L. De Biase (Nova - Il Sole 24 Ore).
- A. Bianchi (Politiche industriali di Confindustria), R. Procacci (Avio Aero), M. Scaccabarozzi (Farmindustria), C. De Albertis (ANCE), P. Dal Pino (Microsoft Italia), C. Bassoli (Hewlett-Packard Enterprise), A. Agnello (IBM), C. Fumagalli (Confartigianato Imprese), M. Pagani e L. Iaia (CNA digitale).
- R. Strazzullo (CGIL), G. Farina e M. Bentivogli (CISL), R. Scarpari (UIL) e F. Bitti (UGL).

Elenco ricerche pubblicate:

- "Best practice e limiti da superare per il rilancio delle imprese M3 (Medie, Manifatturiere, Multinazionali)" N° 01/2015
- "'Far volarÈ' le PMI con nuove competenze manageriali" N° 02/2015
- "L'accessibilità dei Comuni della Città Metropolitana di Milano e della Provincia di Monza e Brianza" N° 03/2015
- "Tre anni di formazione continua a Milano: i progetti Territoriali finanziati da Fondimpresa dal 2010 al 2012" N° 04/2015
- "E-Government: tra aspettative e realtà" N° 05/2015
- "Alternanza scuola-lavoro: le condizioni per il successo" N° 01/2016
- "L'accessibilità dei Comuni della Città Metropolitana di Milano e della Provincia di Monza e Brianza. Focus sull'accessibilità agli ambiti produttivi di cinque Comuni" N° 02/2016
- "Modelli di partenariato didattico università-impresa" N° 03/2016
- "Le performance delle imprese europee: un'analisi benchmark" N° 04/2016
- "Analisi e strumenti per l'attrazione di investimenti esteri" N° 05/2016
- "Strategie di internazionalizzazione: export strategy ed export performance" N° 06/2016
- "The Chemical and Pharmaceutical Industry in Lombardy" N° 07/2016
- "Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0" N° 08/2016

www.assolombarda.it
www.farvolaremilano.it
www.assolombardanews.it

