

ISSN (print): 2421-6798
ISSN (on line): 2421-7158



Consiglio Nazionale delle Ricerche

IRGRES

ISTITUTO DI RICERCA SULLA CRESCITA ECONOMICA SOSTENIBILE
RESEARCH INSTITUTE ON SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH

Working Paper

Numero 7/2018

I canali innovativi di industria 4.0 e le PMI

Angelo Bonomi

Direttore Secondo Rolfo

Direzione CNR-IRCRES
Istituto di Ricerca sulla crescita economica sostenibile
Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824911 / Fax +39 011 6824966
segreteria@ircres.cnr.it
www.ircres.cnr.it

Sede di Roma Via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy
Tel. +39 06 49937809 / Fax +39 06 49937808

Sede di Milano Via Bassini 15, 20121 Milano, Italy
Tel. +39 02 23699501 / Fax +39 02 23699530

Sede di Genova Università di Genova Via Balbi, 6 - 16126 Genova
Tel. +39 010 2465459 / Fax +39 010 2099826

Redazione Secondo Rolfo (direttore responsabile)
Francesca Corriere
Antonella Emina
Diego Margon
Anna Perin
Isabella Maria Zoppi

 redazione@ircres.cnr.it

 www.ircres.cnr.it/index.php/it/produzione-scientifica/pubblicazioni

WORKING PAPER CNR-IRCRES, anno 4, numero 7, ottobre 2018



Copyright ©ottobre 2018 by CNR - IRCRES

I CANALI INNOVATIVI DI INDUSTRIA 4.0 E LE PMI

Innovative Channels of Industry 4.0 and SMEs

ANGELO BONOMI

Senior Research Associate, CNR-IRCRES, National Research Council, Research Institute on Sustainable Economic Growth, via Real Collegio 30, Moncalieri (TO) – Italy

corresponding author: abonomi@bluewin.ch

ABSTRACT

This paper concerns a preliminary study on the innovative channels for implementation of enabling technologies of Industry 4.0, in particular SMEs. The offer of these enabling technologies occurs in an industrial ecosystem constituted by various actors such as ICT industries, consulting firms, startups, universities and research laboratories supplying innovations to manufacturing firms, and it is characterized by appearance of a new way of transfer of technology using industrial platforms.

The study describes the structure and processes of industrial platforms as well as activities of technological consulting firms, and the role of startups and universities in the ecosystem. The relation between firms and university is discussed considering the Italian governmental plan with the introduction of digital innovation hubs and competence centers. Comparing the innovation channels, industrial platform might assume a future important role in the implementation of Industry 4.0. Concerning SMEs, the study describes the main difficulties to be faced through the implementation of Industry 4.0. Then, it presents a preliminary discussion about the case of producers of taps and valves considering application of the various enabling technologies to the operational structure of this manufacture. Cooperation among SMEs in studies about aspects of implementation of enabling technologies appears favorable for this purpose. More advanced cooperative ideas concern the realization of a common producing plant, fully applying Industry 4.0 technologies, leaving to SMEs only product developments and commercialization.

KEYWORDS: Industry 4.0, SMEs, industrial platforms, industrial districts, technology innovation, startup.

JEL CODES: O14, O25, O33, O38

DOI: 10.23760/2421-7158.2018.007

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Bonomi A. (2018). I Canali Innovativi di Industria 4.0 e le PMI. *Working Paper IRCrES*, 4(7). <http://dx.doi.org/10.23760/2421-7158.2018.007>

INDICE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2 | INDUSTRIA 4.0 E LE PIATTAFORME INDUSTRIALI | 4 |
| 2.1 | Struttura e processi delle piattaforme | 4 |
| 2.2 | La piattaforma industriale | 6 |
| 3 | AZIENDE DI CONSULENZA TECNOLOGICA | 7 |
| 4 | IL RUOLO DELLE STARTUP IN INDUSTRIA 4.0 | 8 |
| 4.1 | Generazione, sviluppo e trasformazione delle startup | 8 |
| 4.2 | Il finanziamento delle startup | 9 |
| 4.3 | Le startup e Industria 4.0 | 9 |
| 5 | LA RELAZIONE UNIVERSITÀ - AZIENDE | 10 |
| 6 | DISCUSSIONE SUI VARI CANALI INNOVATIVI PER INDUSTRIA 4.0..... | 13 |
| 6.1 | Piattaforme industriali e le aziende produttrici di hardware e software..... | 13 |
| 6.2 | Aziende di consulenza tecnologica in Industria 4.0..... | 14 |
| 6.3 | Le startup di Industria 4.0..... | 15 |
| 6.4 | La relazione università-aziende in Industria 4.0..... | 15 |
| 7 | PMI E INDUSTRIA 4.0 | 15 |
| 7.1 | Industria 4.0 nella produzione di rubinetti e valvole | 16 |
| 8 | CONCLUSIONI..... | 18 |
| 9 | BIBLIOGRAFIA/ REFERENCES | 19 |
| 10 | APPENDICE | 21 |

I canali innovativi di industria 4.0 e le PMI

ANGELO BONOMI

1 INTRODUZIONE

In un primo articolo su Industria 4.0 e le PMI (Bonomi, 2018a) sono state presentate le tecnologie coinvolte in questa trasformazione, segnalato alcuni aspetti della loro evoluzione e delle difficoltà di natura tecnologica che si possono presentare nell'implementazione di Industria 4.0 nella PMI manifatturiera e nei distretti industriali. In questo secondo articolo si vogliono invece studiare i canali dell'offerta tecnologica e d'innovazione, basata sulle le tecnologie abilitanti di Industria 4.0, e la loro implementazione nell'industria manifatturiera. Questa offerta tuttavia non si può assimilare a un semplice trasferimento tecnologico dalla ricerca all'impresa, ma è molto più complessa e si realizza attraverso vari canali innovativi realizzati da aziende che si occupano di hardware, software e consulenza tecnica, relazioni tra università e impresa e attività di start-up. Nel suo insieme l'offerta tecnologica e innovativa di Industria 4.0 può essere vista come un complesso ecosistema tecnologico industriale. Questo ecosistema è polarizzato da una parte dalle gigantesche imprese che generano software, sistemi operativi e servizi generali come Microsoft, Apple e Google, dall'altra le grandi industrie produttrici di componenti elettronici per l'hardware come Intel. Vi sono quindi le grandi aziende, all'origine produttrici di hardware ma che hanno sviluppato anche software come Bosch e Siemens e che ora stanno sviluppando l'offerta tecnologica sotto forma di piattaforme industriali simili alle piattaforme usate nell'ICT, commercio, servizi e nel sociale. Vi sono poi numerose società grandi, medie e piccole che forniscono consulenza tecnologica e qualche volta anche hardware specifico di loro concezione. A questo ecosistema bisogna aggiungere l'azione di startup che possono innovare nel campo delle tecnologie abilitanti o iniziare produzioni manifatturiere con un pieno uso di Industria 4.0, e infine considerare le università, i laboratori di ricerca pubblici o privati che offrono innovazione, non necessariamente direttamente alle aziende manifatturiere ma anche alle piattaforme e alle aziende di consulenza tecnologica. Ognuno di questi attori merita un approfondimento riguardo alle sue possibilità e limiti dell'offerta innovativa. Dopo questo capitolo introduttivo, nel secondo capitolo si descrivono le piattaforme industriali che vengono sviluppate per l'implementazione di Industria 4.0, mentre nel terzo capitolo si discute l'attività delle aziende di consulenza tecnologica e delle loro possibili strategie in competizione o collaborazione con le piattaforme industriali. Nel quarto capitolo si discute il ruolo delle startup in Industria 4.0, sia come fornitrici di nuove tecnologie abilitanti, sia come produttrici in piena applicazione di Industria 4.0 e di prodotti con le tecnologie di Internet of Things (IoT). Nel quinto capitolo si discute l'azione delle università e dei laboratori di ricerca pubblici o privati nel quadro dell'implementazione di Industria 4.0 e, in particolare, si descrive il piano governativo di aiuti per l'industria italiana per questa trasformazione, e la posizione degli interventi previsti nel quadro dell'ecosistema dell'offerta tecnologica e innovativa in questo campo. Nel sesto capitolo si discutono i vantaggi, la competitività e i limiti dei vari canali innovativi studiati, e nel settimo capitolo si discute la situazione delle PMI e dei distretti industriali riguardo l'implementazione

di Industria 4.0, i problemi esistenti e le possibilità di soluzione. Infine, nell'ottavo capitolo, si traggono le conclusioni dello studio.

2 INDUSTRIA 4.0 E LE PIATTAFORME INDUSTRIALI

Lo studio dell'offerta tecnologica e dell'implementazione di Industria 4.0 deve tener conto di nuovi modi di offerta che superano il semplice trasferimento tecnologico basato su una *relazione business to business* o *science to business*, delimitata negli scopi e nel tempo, ma anche dello sviluppo di un nuovo modo di organizzare le relazioni tra persone, aziende e cose chiamato piattaforma. Nato per applicazioni legate all'ICT, e soprattutto per scopi commerciali o sociali, ora le grandi aziende di hardware e software, che forniscono l'industria manifatturiera, hanno cominciato a utilizzarlo come piattaforma industriale, in particolare per l'offerta di tecnologie abilitanti per Industria 4.0. Occorre notare che il sistema delle piattaforme non è necessariamente riservato alle grandi aziende, ma può essere utilizzato anche dalle aziende di consulenza tecnologica e perfino dalle startup e si conoscono già in questo caso pianificazioni di piattaforme e offerte di tecnologia con questo sistema. Per queste ragioni è utile considerare in dettaglio in che cosa consiste il sistema piattaforma, come si configura come piattaforma industriale, quali sono i suoi vantaggi e limiti (in particolare per Industria 4.0) e come esso può trasformare il sistema industriale in un sistema chiamato Industrial Internet.

2.1 Struttura e processi delle piattaforme

Le piattaforme rappresentano un nuovo modo di condurre le relazioni tra domanda e offerta che si è sviluppato principalmente in campo sociale ed economico. Nato nella Silicon Valley, è stato alla base del grande sviluppo di aziende come Google, Apple, Microsoft e Amazon, o aziende per servizi specifici come Uber, Airbnb, ovvero nei grandi social network come Facebook o LinkedIn. Il sistema piattaforme può essere considerato come un sistema di gestione delle relazioni tra entità, persone e cose in un quadro evolutivo tecnologico, sociale ed economico. Questo nuovo approccio, all'origine usato nell'offerta ICT e nel campo sociale ed economico che usa le nuove tecnologie, si sta ora diffondendo anche nel campo dell'offerta tecnologica, in particolare per Industria 4.0, coinvolgendo i clienti, ovvero l'industria manifatturiera in una rete, una specie di Industrial Internet (Hobcraft, 2018), attraverso le grandi imprese che offrono nuove tecnologie come ad esempio Bosch, Siemens, General Electric e Schneider Electronics. Le offerte di natura industriale del sistema piattaforma sono però molto differenti da quelle che vi sono nelle piattaforme in campo commerciale, finanziario o sociale poiché hanno una realtà che necessita di solidità e affidabilità per essere accettate, e non sono sostenibili solo da reazioni istantanee o gratificazioni come nei social network, né associabili a la tipica rapidità di decisione di acquisto e di valutazione del suo uso come servizio o prodotto che si ha nelle piattaforme commerciali.

Prima di affrontare una descrizione delle piattaforme per Industria 4.0 è necessario dare una descrizione generale di cosa siano le piattaforme con le loro strutture e processi. Esiste una presentazione generale dell'argomento basata su vari studi condotti sulle piattaforme (Cicero, 2017a) e una descrizione generale della struttura delle piattaforme e dei processi che le caratterizzano (Cicero, 2017b). Queste possono essere utilizzate per descrivere le piattaforme di Industria 4.0. Occorre comunque tener conto che le piattaforme industriali sono solo agli inizi del loro sviluppo, e che non è disponibile una grande esperienza per la loro descrizione come invece esiste per le piattaforme commerciali o sociali. In linea generale il concetto di piattaforma può essere applicato a qualsiasi sistema di relazioni e assumere varie forme (Cicero, 2017a) come:

- Piattaforme di aggregazione: basata su connessioni e transazioni di utenti e risorse
- Piattaforme basate su interazioni sociali e connessione di individui e comunità
- Piattaforme basate sulla mobilitazione ad agire assieme verso un obiettivo a lungo termine

- Piattaforme che facilitano l'apprendimento aiutando a realizzare di più con la collaborazione e l'affinamento delle proprie capacità

Il caso delle piattaforme industriali che interessano Industria 4.0 riguarda le piattaforme di aggregazione basate su connessioni tra utenti e fornitori di risorse. Sulla base degli elementi strutturali generali delle piattaforme è possibile darne descrizioni specifiche, valide anche per il caso delle piattaforme industriali. Usando le terminologie adottate in lingua inglese, la struttura di una piattaforma è composta dagli elementi seguenti:

Owners

Questi rappresentano i proprietari della piattaforma, tipicamente aziende di varie dimensioni e persino startup, ma potrebbero essere anche organizzazioni non-profit, fondazioni, strutture cooperative, ecc. Gli owners assicurano la visione che ha realizzato la piattaforma e fanno sì che essa esista. Nel nostro caso i proprietari delle piattaforme industriali sono le grandi aziende di hardware e software per Industria 4.0 già citate, ma piattaforme di questo tipo potrebbero essere realizzate anche da grandi aziende di consulenza tecnologica e perfino startup per tecnologie specifiche.

Partners

Sono entità professionali che collaborano con la piattaforma in maniera intensa e continuativa creando un incremento professionale al valore della piattaforma. Nel nostro caso possono essere aziende o filiali di aziende proprietarie, ma anche aziende di consulenza. Queste entità danno contributi utili e complementari alla piattaforma con cui sono legati da accordi di collaborazione continuativa.

Peer Producers

Sono entità che danno anch'esse contributi utili e complementari alla piattaforma ma in maniera discontinua, dipendente dalle esigenze della piattaforma, senza un rapporto forte e continuativo. Nel nostro caso, come per i partners, possono essere aziende produttrici di hardware o software o anche di consulenza tecnologica.

Peer Consumers

Sono le entità interessate a consumare i prodotti o i servizi delle piattaforme nel nostro caso di Industria 4.0 sono tipicamente le industrie manifatturiere.

Stakeholders

Questi sono entità che hanno interesse nelle piattaforme e sono influenzate dal loro successo o fallimento. Tipicamente sono entità pubbliche che si occupano della regolamentazione e controllo delle piattaforme, o anche interessate alla loro crescita e prosperità. Nel caso delle piattaforme industriali abbiamo sicuramente il caso di entità che forniscono aiuti pubblici o incentivi utili per la promozione dell'innovazione tecnologica e indirettamente delle piattaforme.

La struttura di una piattaforma può essere vista come un insieme di cerchi concentrici come riportato nella Fig. 1. Al centro vi è quello degli *owners*, contiguo con quello più esterno dei *partners*, e ancora più all'esterno quello dei *peer producers* e dei *peer consumers*. Esterno al cerchio il collegamento con gli *stakeholders*. Questo schema dà un'idea della struttura gerarchica della piattaforma controllata dal centro dagli owners, in stretto collegamento con i partners, e dalla presenza negli strati più esterni dalle attività dei peer producers e i collegamenti con peer consumers, clienti della piattaforma.

Per quanto riguarda i processi che avvengono nella piattaforma possiamo descriverli in termini di transazioni e di canali che indirizzano le transazioni. Le transazioni interessano tutti gli elementi della struttura di una piattaforma, esse possono essere monetarie, ad esempio nella fornitura di prodotti o servizi all'industria manifatturiera, ma anche di dati o informazioni che vengono scambiate tra la piattaforma e i suoi clienti, o tra i partners e i peer producers, ecc. I canali sono invece predisposti per facilitare i vari tipi di transazioni e hanno il ruolo cruciale di

ottimizzare e massimizzare i flussi delle transazioni. Un altro aspetto importante delle piattaforme sono i tipi di servizi offerti principalmente all'interno delle piattaforme, non assimilabili a quelli che costituiscono la normale offerta ai peer consumers. Essi si possono dividere in:

Servizi abilitanti

Sono servizi che aiutano i partners a generare valore dalle loro capacità professionali, guadagnare nuovi mercati guadagnando nuove opportunità e visibilità.

Servizi di potenziamento

Questi servizi hanno la funzione di aiutare i peer producers nelle transazioni e progredire nelle loro attività trasformandoli eventualmente in partners.

Altri servizi

Si tratta di servizi complementari offerti ai peer consumers che incrementano il valore della transazione, nel nostro caso costituita dalla fornitura di prodotti e servizi per l'implementazione di Industria 4.0

2.2 La piattaforma industriale

In pratica una piattaforma in Industria 4.0, nel quadro dell'implementazione, non si limita a fornire tecnologia in forma di prodotti e servizi, ma realizza un rapporto continuativo che comprende studi per i problemi specifici del cliente, fornitura di prodotti e servizi ottimali, scambio continuo di dati e informazioni con offerta di servizi come gestione dei big data, cloud computing, cybersecurity, aggiornamenti tecnologici e fornitura di nuove tecnologie permessi dall'ampia e diversificata struttura della piattaforma. L'innovazione è un punto centrale delle piattaforme industriali in cui la fornitura di nuove tecnologie è alla base delle strategie, evitando il classico sfruttamento ad esaurimento delle tecnologie esistenti, ma sfruttando piuttosto l'impatto positivo delle nuove tecnologie anche se esse cannibalizzano proprie tecnologie già esistenti sul mercato. Si tratta di una tipica strategia delle aziende della Silicon Valley su cui esse hanno basato il loro eccezionale sviluppo (Saxenian, 1994). La piattaforma nel rapporto con l'industria manifatturiera rappresenta la tipica relazione *business to business*, differente, e in un certo modo in competizione, con la relazione *science to business* che vi è nel rapporto università-aziende. Osservando la piattaforma di Industria 4.0 da un punto di vista dell'innovazione tecnologica, non si può non notare come essa rappresenti una sua evoluzione. Storicamente l'innovazione tecnologica si è evoluta dalla R&S condotta nella segretezza e competizione dei laboratori di ricerca industriale, all'entrata nella seconda metà del XX secolo di molti altri attori come i laboratori di ricerca su contratto, già apparsi nella prima metà del secolo, laboratori universitari pubblici o privati e un'attività di R&S generalizzata attraverso collaborazioni, startup, compravendita di competenze e proprietà industriale in quello che è stata definita *distributed innovation* (Haour, 2004) nel quadro più ampio di sviluppo di nuovi modelli di business fino a quella che è stata definita *open innovation* (Chesbrough, 2003). La piattaforma industriale appare tecnologicamente come un'evoluzione della *distributed innovation* in cui i vari attori dell'innovazione sono inclusi e coordinati nella piattaforma stabilendo poi con l'industria un rapporto continuativo di fornitura d'innovazione tecnologica e non solo un rapporto contrattuale o cooperativo limitato nel tempo e variabile nei partner coinvolti. In questo modo la competizione tecnologica industriale si sposterebbe da una competizione tra aziende a una competizione tra piattaforme. Inoltre, immaginando uno sviluppo di più piattaforme concorrenti, ci si potrebbe attendere, con un'evoluzione tecnologica di tipo incrementale la formazione di un regime di Regina Rossa, cioè di cambiamento incrementale diffuso delle tecnologie tra le varie piattaforme senza importanti impatti economici (Bonomi & Marchisio, 2016), e la sua eventuale rottura per l'apparizione di tecnologie radicali.

3 AZIENDE DI CONSULENZA TECNOLOGICA

Le aziende di consulenza tecnologica hanno un importante ruolo d'interfaccia con le industrie manifatturiere fornendo le tecnologie abilitanti di Industria 4.0. Il loro compito principale risiede nella difficile integrazione delle tecnologie ICT, in particolare le tecnologie digitalizzanti e di simulazione come il digital twin, con le *operational technologies* (OT) della manifattura. Inoltre possono fornire assistenze su misura nel campo della cybersecurity e i collegamenti per i big data e il cloud computing. Anche se in linea generale le aziende di consulenza tecnologica forniscono tipicamente del software consigliando poi l'hardware di vari produttori, esistono anche casi di fornitura di hardware specifici di loro concezione.

Lo sviluppo delle piattaforme industriali potrebbe far nascere una competizione tra queste aziende e le piattaforme che includono i tipi di servizi offerti dalle aziende di consulenza e realizzando una relazione continuativa con l'industria manifatturiera. In realtà, il campo dei bisogni tecnologici di Industria 4.0 si presenta in maniera molto articolata, con miriadi di problemi da risolvere in cui le aziende di consulenza possono trovare delle nicchie di mercato interessanti. Il ruolo delle aziende di consulenza IT è particolarmente importante per le PMI che, se non hanno avuto un'origine digitale, non hanno alcuna esperienza o un'esperienza largamente insufficiente per l'implementazione autonoma delle tecnologie abilitanti. Alle aziende di consulenza tecnologica si offrono anche due alternative alla ricerca di nicchie di mercato, ad esempio la partecipazione a una piattaforma come peer producer o addirittura come partner, inoltre se la loro dimensione è abbastanza grande possono esse stesse sviluppare una piattaforma specializzata. In ogni caso le aziende di consulenza tecnologica rappresentano un importante canale d'innovazione accanto alle piattaforme, le università e i centri di ricerca e le startup. Abbiamo già notato che l'implementazione di Industria 4.0 non può essere assimilata a una somma di processi di trasferimento tecnologico ma agisce in un complesso ecosistema di cui le aziende di consulenza tecnologica fanno parte con analogie, se pur limitate, a quanto vi è stato nel passato nell'implementazione dei siti internet e altri servizi ICT nelle aziende. Il problema riguardava la gestione di una rapida evoluzione tecnologica che poteva rendere obsolete le tecnologie pianificate nei loro progetti d'implementazione (Girard & Stark, 2001), ed era quindi necessario possedere competenze diversificate e rendere flessibili i progetti per evitare questo problema. Anche nel caso dei servizi Internet l'ecosistema era dominato dalle grandi industrie produttrici di software e componenti elettronici mentre tra le aziende fornitrici di servizi in competizione si stabiliva un regime di Regina Rossa, citato precedentemente per le piattaforme, questo potrebbe riguardare anche le aziende di consulenza attuali. Inoltre le *best practice* che possono fornire le aziende di consulenza necessitano di un'esplorazione olistica dell'ecosistema industriale. Infatti, per la complessità del sistema, molte best practice conosciute si riferiscono a contesti di business e marketing specifici che non sarebbero necessariamente applicabili in altri casi richiedendo lo sviluppo di best practice emergenti totalmente differenti (Hobcraft, 2018). L'implementazione di Industria 4.0 è quindi molto più complessa del caso dei servizi Internet, sia per l'esistenza di molteplici tecnologie abilitanti da considerare, che per le difficoltà d'implementazione che non sono semplicemente l'introduzione di tecnologie ICT nelle aziende, ma una vera e propria integrazione di esse con le tecnologie OT della manifattura. Questo richiede studi di innovazione e progettazione approfonditi. Si potrebbe prevedere quindi che l'innovazione tecnologica più radicale per Industria 4.0 provenga prevalentemente dalle grandi industrie di software e hardware di base, e quella di natura incrementale dalle aziende fornitrici di servizi e hardware specifici, mentre il ruolo delle università e dei laboratori di ricerca rimarrebbe piuttosto prevalentemente di supporto e di generazione di innovazioni tecnologiche, anche radicali, derivate dalla loro ricerca scientifica, e non necessariamente d'implementazione diretta di Industria 4.0 nell'industria manifatturiera come abbiamo già segnalato discutendo delle piattaforme industriali.

4 IL RUOLO DELLE STARTUP IN INDUSTRIA 4.0

Le startup godono attualmente in Italia di un grande interesse ma poco si conosce sui processi che sono alla base della loro generazione, sviluppo e trasformazione. Il discorso si limita spesso solo al loro finanziamento in una visione forse eccessivamente ottimistica dei loro possibili risultati. Sul piano dell'implementazione di Industria 4.0 le startup sono considerate in maniera molto generica senza entrare nei dettagli di come esse possano avere un ruolo specifico in questo campo. Prima di affrontare il ruolo che le startup possono avere in Industria 4.0 è utile descrivere il processo della loro generazione, sviluppo e trasformazione, del modo articolato per il loro finanziamento e le sue regole di selezione, e del loro successo o abbandono (*exit*).

4.1 Generazione, sviluppo e trasformazione delle startup

La generazione delle startup avviene con un processo iniziale basato sulla creatività e l'imprenditorialità dei suoi fondatori. Mentre sulla creatività vi sono stati numerosi studi legati alla sua importanza nello stimolare innovazioni nell'attività ad esempio dei laboratori di ricerca industriali (Dumbleton, 1986), la nascita d'imprenditorialità, che associata alla creatività porta all'idea fondante di una startup, è un processo molto meno conosciuto. Tipicamente le idee per startup riguardano innovazioni che hanno un buon grado di radicalità ma che non sono necessariamente di natura tecnologica. In effetti le idee per una startup si possono dividere in due grandi categorie: quella basata su innovazioni di tipo tecnologico e quella basata su innovazioni di natura socio-economica. Tipicamente quest'ultima categoria utilizza le nuove tecnologie disponibili, ma il carattere di radicalità è soprattutto negli aspetti sociali o economici e non tecnologici. Dal punto di vista tecnologico le idee per startup nascono in particolare da combinazioni di tecnologie preesistenti che sfruttano qualche fenomeno scoperto recentemente dalla scienza o anche in passato e mai sfruttato (Arthur, 2009). In realtà l'idea tecnologica innovativa può provenire anche da un semplice processo combinatorio di tecnologie preesistenti, e non necessariamente appartenenti al settore a cui appartiene l'innovazione (Bonomi & Marchisio, 2016). Le idee per startup di natura socio-economica nascono anch'esse da processi combinatori di vario tipo che uniscono le potenzialità delle nuove tecnologie con idee di sfruttamento in campo sociale o economico. Il processo tipico con cui si inizia la realizzazione di un'idea innovativa di una startup è chiamato *spin off*, e consiste nell'uscita di ricercatori da strutture universitarie, laboratori di ricerca pubblici o privati, centri di ricerca su contratto e anche laboratori di R&S industriali, che decidono di sviluppare una loro idea derivata dal loro lavoro in maniera autonoma. Tipico è anche lo *spin off* che si genera da aziende innovative, come nel caso della Fairchild Semiconductors, che, dal 1959 al 1971, generò direttamente o indirettamente una rete di ben 35 startup, e attualmente si può contare un totale di 92 startup che possono essere tracciate a partire da questa industria elettronica della Silicon Valley (Morris, 2014). Tuttavia lo *spin off* non è il solo processo realizzatore, e un'idea può maturare nel tempo, perfino durante il periodo degli studi, e poi realizzarsi abbandonando eventualmente un'occupazione che in realtà non ha niente a che vedere con questa idea. Una volta presa la decisione di realizzare l'idea, e attuato il processo di *spin off*, si forma una fase iniziale della startup che ha come obiettivo soprattutto la ricerca di finanziamenti per verificare la fattibilità dell'idea. Questa fase di ricerca di finanziatori può comprendere anche una limitata attività sperimentale di prefattibilità, ed è tipicamente finanziata dai suoi fondatori, eventualmente anche con piccoli aiuti pubblici o privati, e ha lo scopo di avere argomenti convincenti per un finanziamento più importante. Trovati i finanziamenti, tipicamente da venture capital, inizia la vera e propria fase di attività della startup. Benché una startup sia formalmente una società, essa ha più la natura di un progetto con somiglianze a un progetto di R&S. La startup, come tutti i progetti ha generalmente un obiettivo di *exit* che positivamente è costituito dalla vendita della tecnologia sviluppata a una grande impresa o il suo incorporamento, in alternativa la startup può raccogliere capitali per la sua trasformazione in impresa industriale, questo anche entrando eventualmente in borsa. Come nel caso dei progetti di R&S, le startup, se non raggiungono gli obiettivi tecnici ed economici e la continuità nei finanziamenti, possono essere abbandonate, destino comunemente registrato per la maggior parte del-

le startup. Come nei progetti di R&S la startup si sviluppa in varie fasi dalla fattibilità, allo sviluppo e industrializzazione (Bonomi, 2017), tuttavia la sua attività non si limita alla R&S ma comprende anche la ricerca di un modello di business ottimale e, dopo una fase iniziale di sviluppo, anche produzioni od offerta di servizi.

4.2 Il finanziamento delle startup

Il finanziamento delle startup è svolto tipicamente dal venture capital. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare l'apporto del venture capital non è puramente finanziario. Entrando normalmente nel consiglio di amministrazione della startup esso fornisce anche conoscenze, relazioni e strategie utili al suo sviluppo. Di conseguenza un apporto di capitale pubblico in aiuto alle startup, per sopperire alla carenza di venture capital, non appare un'azione veramente efficace poiché, anche se vi fosse una presenza da parte pubblica nel consiglio di amministrazione, non sarebbe disponibile quell'esperienza del venture capital così utile a una startup. Un aiuto pubblico potrebbe essere utile solo nella fase iniziale delle startup per studi di prefattibilità e ricerca di finanziamenti. Nei territori in cui la presenza delle startup è molto attiva, come nel caso della Silicon Valley, si forma una differenziazione dei tipi di venture capital, da una parte con una specializzazione nei vari settori tecnologici o socio-economici, d'altra parte secondo le fasi di sviluppo di una startup che possono richiedere livelli differenti di capitalizzazione. In questo caso vi è anche una specializzazione del venture capital a seconda se i finanziamenti sono per le fasi di fattibilità (*seed capital*), oppure di sviluppo o d'industrializzazione. Si genera così un mercato di compravendita delle startup tra le varie società di venture capital, secondo le loro varie fasi di sviluppo, con la formazioni di listini di valori di capitalizzazione per le startup, che sono accessibili in banche dati locali, e che naturalmente hanno però un grado elevato di volatilità. Un aspetto interessante per il venture capital sono i principi che utilizza per la valutazione di un possibile finanziamento. Apparentemente vi è una differenza che si nota tra il venture capital americano e europeo. Il primo considera soprattutto il potenziale economico della startup, mentre il secondo cerca di valutare soprattutto le sue possibilità di successo. Il venture capital americano considera difficilmente valutabile la possibilità di successo a causa della sua intrinseca incertezza, e si concentra sui potenziali ritorni d'investimento accettando un maggior rischio nei finanziamenti. Il venture capital europeo si concentra sulla possibilità di successo, qualche volta illudendosi che si possa valutare, prendendo molto meno rischi per il finanziamento. Il risultato si osserva nella differenza dei tassi di abbandono che circolano nei vari territori che, ad esempio nella Silicon Valley, è dell'ordine del 90%, mentre in Europa circolano valori del 70 – 80%. Tuttavia ne consegue che in Europa le startup finanziate danno risultati economici molto inferiori rispetto a quelle selezionate prevalentemente sulla base dei ritorni d'investimento, come dimostrato dai giganti aziendali che si sono formati nella Silicon Valley. In effetti nella Silicon Valley il 10% delle startup che non sono abbandonate la metà ha un grande successo e l'altra sopravvive cercando il successo e, nel gergo della Silicon Valley, vengono chiamate *unicorn*. Un'altra importante differenza tra il modo di vedere le startup tra la Silicon Valley e l'Europa è la maniera con cui sono visti i fallimenti. In Europa si tende ad attribuirli alla gestione della startup, discreditando le persone che sono coinvolte nel probabile primo fallimento già al loro primo tentativo, mentre nella Silicon Valley il fallimento di una startup è considerato un'esperienza utile alle persone coinvolte che renderanno più efficienti gli ulteriori tentativi. Nel giudicare le persone che propongono il finanziamento della loro startup, la validità del loro atteggiamento è quindi molto più importante della fattibilità della loro idea, in questo modo si evita che il fallimento sia attribuibile alla loro gestione piuttosto che a un fatale risultato dell'incertezza che accompagna l'innovazione, costituendo piuttosto un accumulo di esperienza. In effetti nella Silicon Valley il successo è ottenuto spesso dopo due o tre tentativi. Considerando l'incertezza che accompagna lo sviluppo di nuove idee, l'atteggiamento europeo verso i fallimenti non è razionale e limita l'efficienza del suo sistema di sviluppo delle startup.

4.3 Le startup e Industria 4.0

Le startup che sono potenzialmente coinvolte in Industria 4.0 sono prevalentemente di natura tecnologica e si possono dividere in due categorie. La prima riguarda startup che forniscono

servizi tecnologici alle aziende e la seconda startup manifatturiere basate sul un pieno uso delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0. Le startup di Industria 4.0 possono anche essere coinvolte nelle piattaforme industriali come peer producer per lo sviluppo di tecnologie o come peer consumers nel caso di attività manifatturiere.

Startup per servizi tecnologici

Queste startup si occupano del problema dell'integrazione ICT/OT e possono essere coinvolte anche nell'implementazione e innovazione delle tecnologie abilitanti. Questo tipo di startup ha qualche analogia con le startup che si sono formate nel passato per fornire servizi Internet o informatici alle aziende. Nel caso attuale però il lavoro è molto più complesso e ampio poiché coinvolge anche le operazioni tecnologiche della manifattura e non solo gli aspetti pubblicitari e commerciali dell'azienda. Le startup di questa categoria sarebbero in maggioranza coinvolte nelle tecnologie digitalizzanti poiché l'unica tecnologia abilitante non direttamente digitalizzante è quella dell'additive manufacturing ed eventualmente il campo dei nuovi materiali.

Startup manifatturiere

La seconda categoria riguarda invece startup che vogliono sviluppare produzioni manifatturiere usando pienamente le tecnologie abilitanti di Industria 4.0, sfruttando per prime le nuove tecnologie e dimostrandone la validità senza essere ostacolate da attività preesistenti nell'azienda (Reimsbach-Kounatze, 2017). Questo tipo di startup viene quindi in un certo modo coinvolto in una competizione con le PMI che operano con una manifattura tradizionale. La competizione tra startup e PMI tradizionali è un argomento poco studiato, esiste comunque un interessante studio di paragone delle attività innovative tra startup e aziende stabilite nel Regno Unito (Criscuolo, Nicolaou, & Salter, 2012). Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, assumendo in generale la superiorità innovativa per le startup, lo studio dimostra che le startup manifatturiere, sono meno innovative e hanno ritorni d'investimento più bassi delle aziende già avviate, mentre si conferma la superiorità nell'innovazione e nei ritorni d'investimento per le startup nei servizi.

Gli autori spiegano la minore innovazione nelle startup manifatturiere considerando che le aziende già avviate ritengono importante l'innovazione per controbattere le startup entranti. Al contrario nel campo dei servizi le aziende avviate hanno altri modi oltre all'innovazione per rispondere alle startup entranti, ad esempio mantenendo strette relazioni con i loro clienti. In ogni caso le startup manifatturiere di Industria 4.0 avrebbero comunque un intrinseco fattore innovativo costituito dall'uso delle tecnologie abilitanti, e lo studio suggerisce comunque che le startup possono agire come "portatori di novità" accoppiando novità tecnologiche con nuove forme organizzative.

Hub tecnologici per startup di Industria 4.0

Nel quadro della promozione di startup per Industria 4.0 si potrebbe immaginare la creazione di hub tecnologici simili a quelli realizzati nel campo delle biotecnologie. Questi hub devono tener conto anche delle differenze che esistono nelle tecnologie abilitanti. Nel caso della robotica, l'additive manufacturing o la realtà aumentata si potrebbe immaginare un open lab con la disponibilità di utensili e strumentazione per la mecatronica robotica, stampanti 3D, ecc. oltre a spazi di uffici che invece soddisfano le esigenze per le tecnologie digitalizzanti, IoT e altre tecnologie abilitanti di applicazione generale. Questi hub, di cui a nostra conoscenza esistono alcuni casi allo stadio di progettazione, potrebbero inoltre fornire anche una serie di altri servizi come accesso al venture capital, assistenza strategica per normative e certificazioni e accesso a strutture per prove e dimostrazioni.

5 LA RELAZIONE UNIVERSITÀ - AZIENDE

Nel considerare la relazione tra università e aziende nel caso di Industria 4.0 si può partire da osservazioni generali che riguardano il processo *science to business* (Haour & Miéville, 2011), e

da uno studio effettuato sulle organizzazioni di ricerca esistenti all'interno di università italiane nello svolgimento della cosiddetta terza missione, e in particolare nella ricerca su contratto con l'industria (Bonomi, 2014). Questo lavoro, basato su due casi studio, ha dimostrato le carenze esistenti nello sfruttamento di risultati scientifici, da una parte per difficoltà del sistema a favorire questo sfruttamento, e d'altra parte per una visione prevalentemente culturale della ricerca scientifica, come dimostrato anche dal basso numero di brevetti di origine universitaria (Bax, Piccaluga, & Pietrabissa, 2014) rispetto a università estere, in particolare americane. Questo relativo disinteresse verso gli aspetti della ricerca verso il business è stato confermato anche da studi sulle università britanniche (Lam, 2011), e questa differenza tra l'Europa e gli USA nella visione imprenditoriale della ricerca era già stata osservata storicamente da uno studio dell'OCSE su queste disparità internazionali (Ben David, 1968).

Al di là delle considerazioni generali fatte precedentemente, nella relazione tra università e industria per l'implementazione di Industria 4.0, in Italia è importante considerare il piano governativo per Industria 4.0, varato nel settembre 2016, in cui si è dato alle università un particolare ruolo. Questo piano ha poi subito una certa evoluzione nel 2017 in vista della sua applicazione. Il piano governativo si basa sul finanziamento di centri chiamati *Digital Innovation Hub* per aiutare le PMI italiane nella trasformazione verso l'Industria 4.0, e dei *Competence Center*, o centri di competenza, realtà che fanno riferimento ad alcune università italiane con l'obiettivo di intensificare le relazioni tra ricerca e industria (Maci, 2017). Gli obiettivi del piano governativo si riassumono nei punti seguenti:

- Coinvolgimento delle PMI nei distretti tecnologici
- Centri di competenza per avvicinare le aziende
- Intensificazione del rapporto università – industria
- Formazione e valorizzazione delle eccellenze

I Digital Innovation Hub (DIH) sono definiti come cluster tecnologici che agiscono da ponte tra impresa, ricerca e finanza, da concepire e realizzare da parte di Confindustria e dell'Associazione R.E.T.E. Imprese Italia. La loro missione è quella di essere un modello snello e concreto di supporto innovativo alle imprese con un coinvolgimento bottom up di territori, università e centri di ricerca di eccellenza e costituiscono un asset strategico per la crescita e lo sviluppo economico. L'obiettivo principale è far sì che la manifattura, punta di eccellenza del nostro sistema economico, passi dall'attuale 15% di contributo al PIL ad almeno il 20%. Si tratta quindi di sensibilizzare le imprese su opportunità esistenti in ambito Industria 4.0, supporto nelle attività di pianificazione di investimenti innovativi, indirizzamento verso i centri di competenza. In questo ambito Confindustria ha già un progetto nazionale di una rete di DIH in grado di sviluppare servizi di orientamento, accompagnamento, studi di fattibilità e pre-analisi che consentano alle imprese di scegliere l'innovazione e applicarla in tempi e modi che ne consentano la massima valorizzazione sul piano tecnologico ed economico.

I Centri di Competenza puntano sostanzialmente a incentivare il rapporto tra università e aziende, finora poco abituate a interagire. Mentre per i DIH si prevede una nascita spontanea sul territorio, i centri di competenza sono previsti dal piano in numero limitato per non dare investimenti a pioggia, e prevedono un forte coinvolgimento di poli universitari di eccellenza e grandi player privati. Nel piano originale questi poli sono: i Politecnici di Milano, Torino e Bari, la Scuola Superiore Sant'Anna, l'Università di Bologna, Federico II di Napoli e le università venete. La missione dei centri di competenza riguarda la formazione e la consapevolezza riguardo Industria 4.0, la dimostrazione effettiva delle nuove tecnologie e l'accesso alle migliori pratiche. Inoltre, fornire consigli tecnologici alle PMI, il lancio e accelerazione dei processi innovativi e di sviluppo tecnologico, supporto alla sperimentazione di nuove tecnologie e coordinamento con altri centri di competenza europei.

Infine il piano governativo prevede un'azione di sensibilizzazione lungo tutta la penisola, gestito dalla cabina di regia composta dalla presidenza del Consiglio dei ministri, dai dicasteri dell'Economia, dello Sviluppo, dell'Istruzione, del Lavoro, delle Politiche Agricole e dell'Ambiente e da una rappresentanza degli atenei tecnici, dei centri di ricerca, dell'imprenditoria e del-

le organizzazioni sindacali, che costituirà una sorta di consiglio di amministrazione che valuterà a intervalli regolari lo svolgimento dei lavori e il conseguimento degli obiettivi, apportando le eventuali correzioni di rotta. Nel corso del 2017 la scelta del piano di limitare e definire a priori le università coinvolte nei finanziamenti è stata criticata e si è passati a un piano basato sulla valutazione di proposte da parte di centri di eccellenza per le attività previste nei rispettivi centri di competenza. Un bando di concorso per il finanziamento di questi centri, definiti come poli d'innovazione, è uscito nel gennaio del 2018. Esso si rivolge a poli costituiti da almeno un organismo di ricerca o università e da una o più imprese con il compito di favorire il trasferimento tecnologico di processo e prodotto nei modelli di business derivanti dalle tecnologie digitali di Industria 4.0. Si prevedono richieste di almeno sette candidati: Politecnici di Milano, Torino e Bari, Università di Bologna, Scuola S. Anna di Pisa (in collaborazione con la Normale), Università Federico II di Napoli e una rete di università venete capeggiate dall'Università di Padova (Bartoloni & Fotina 2017). Le proposte per il funzionamento del centro di competenza da parte di questi poli di eccellenza sono le seguenti:

Il *Politecnico di Milano* lo vede come uno spazio per testare tecnologie pronte per il mercato atte a integrare tecnologie come robotica, additive manufacturing, internet of things (IoT), big data e sensoristica attraverso studi di fattibilità e progetti di formazione per aziende, soprattutto PMI, indicando gli spazi alla Bovisa come luogo del centro col la presenza di Polihub (incubatore di startup) e di Polifactory come fab-lab.

Il *Politecnico di Torino* conta di mettere a disposizione delle aziende le sue competenze nell'additive manufacturing, fotonica, sensori ottici, robotica, big data e IoT in particolare per filiere dell'aerospazio, aeronautica e automotive.

L'*Università di Bologna* offrirà competenze con un punto di forza nei big data che, grazie alla presenza di Cineca, concentra il 70% delle capacità di calcolo del paese. Si pensa anche alla creazione di un tecnopolo per le filiere regionali di meccatronica, motoristica, biomedicale, agroalimentare, edilizia, industria creativa e ITC. Il centro vuole inoltre considerare con particolare attenzione le PMI subfornitrici dell'industria medio-grande con i loro problemi di allineamento tecnologico con queste e considerare la promozione di startup.

Le *università venete* hanno già costituito un centro di competenza del Nord Est specializzato in social, mobile, analytics, cloud e IoT per le vocazioni industriali del territorio e cioè abbigliamento, arredamento, automazione e agroalimentare.

La *Scuola Sant'Anna* di Pisa conta di realizzare a Pontedera una research factory dove le imprese porteranno i loro bisogni mettendo a disposizione ricercatori con punti di forza nella robotica e negli ambienti virtuali.

Nel sud l'*Università Federico II* di Napoli e il *Politecnico di Bari* potrebbero federarsi. A Napoli contano su progetti con FCA, Finmeccanica e Hitachi nel campo della robotica e dei materiali innovativi mentre da poco nel Polo di San Giovanni opera il primo campus di Apple in Europa. A Bari si conta di creare un centro di competenza dove sono già presenti grandi laboratori di ingegneria, e attivo in campi come l'aerospazio, l'automotive e l'agricoltura.

Il piano governativo è sicuramente ampio e articolato, ma è limitato al canale innovativo che considera l'implementazione di Industria 4.0 nelle aziende come un semplice processo di trasferimento tecnologico. Inoltre è basato su un approccio in prevalenza top down mentre nella promozione dell'innovazione, in particolare nella PMI, gli approcci bottom up hanno anch'essi una grande rilevanza (Bonomi, 2018b). Il piano in realtà non prende in considerazione la natura di ecosistema nella disponibilità di nuove tecnologie per Industria 4.0, e quindi l'importanza dello sviluppo di piattaforme di offerta tecnologica in cui le aziende manifatturiere entrano a far parte di un network che gli fornisce tecnologia, studi, aggiornamenti e servizi in maniera continuativa e non sulla base di semplici rapporti di trasferimento tecnologico discontinui nel tempo. Non tocca infine in maniera diretta il possibile ruolo delle startup nell'implementazione di Industria 4.0. La realizzazione dei DIH dovrebbe comunque poter sensibilizzare le PMI sulle opportunità in ambito Industria 4.0 e sviluppare servizi di orientamento, studi di fattibilità e indirizzamento verso i centri di competenza in modo da scegliere l'innovazione e applicarla in maniera efficiente sul piano sia tecnologico che economico. La realizzazione di questi hub è però solo all'inizio

e il tempo dirà se saranno in grado di soddisfare i propri obiettivi. Riguardo ai centri di competenza solo le università venete ne hanno già realizzato uno recentemente, e occorreranno alcuni anni per verificare la validità di queste strutture. Sul piano delle proposte conosciute per i centri di competenza alcuni come il Politecnico di Milano e l'Università di Bologna hanno previsto un ampio spettro di interventi anche riferiti alle PMI. Altri, come per il Politecnico di Torino, di Bari e l'Università Federico II, sembrano orientati piuttosto verso la grande e media industria in settori come l'aerospazio, l'aeronautica e l'automotive, sicuramente più ricettiva della PMI rispetto alle innovazioni radicali di Industria 4.0. Un aspetto importante del rapporto tra industria e università, come dimostrato dalle università americane, in particolare dalla Stanford, è il fatto che le università non devono solo attendere le industrie con i loro bisogni ma promuovere possibilità innovative derivate dalle loro ricerche presso l'industria (Leslie & Kargon, 1996). In questo senso attendere semplicemente che le imprese portino i loro bisogni, potrebbe dare risultati meno soddisfacenti di quanto atteso.

6 DISCUSSIONE SUI VARI CANALI INNOVATIVI PER INDUSTRIA 4.0

Nell'affrontare la discussione sui canali innovativi che sono coinvolti nell'implementazione di Industria 4.0 è necessario ricordare i limiti di questo studio. Esso esamina essenzialmente gli aspetti tecnologici, da una parte senza considerare nel dettaglio le numerose tecnologie che abilitano questa rivoluzione industriale, d'altra parte non entra in merito sugli importanti aspetti, sociali, economici e strategici che sono coinvolti in questa rivoluzione. L'idea è quindi di studiare Industria 4.0 sulla base delle dinamiche tecnologiche generali, presenti in tutti i processi innovativi, e presentate già in uno studio precedente (Bonomi, 2018a). Nonostante questi limiti, lo studio della dinamica innovativa delle tecnologie abilitanti e dei canali attraverso i quali si sviluppa, può contribuire anche agli studi di natura sociale, economica e strategica che si fanno in questo campo. Così ad esempio discutendo di startup lo studio non entra in merito riguardo alla ricerca di modelli di business ottimali, ma considera piuttosto i processi che portano alla generazione di idee per le innovazioni tecnologiche. Ancor più nel caso delle piattaforme industriali lo studio non entra in merito sugli aspetti di business, che riguardano le strategie e la gestione della piattaforma, ma ne studia la sua forma innovativa in grado di far evolvere i processi d'innovazione e di competitività tecnologica.

Osservando la situazione dell'offerta d'implementazione di Industria 4.0 appare sicuramente prevalente il rapporto *business to business*, piuttosto che quello di *science to business*. Questo porta a considerare che gli attori implementanti per l'industria manifatturiera sarebbero piuttosto le piattaforme delle grandi aziende di hardware e software, seguite dalle aziende di consulenza tecnologica, e in misura minore la relazione università-industria, mentre le startup giocano un ruolo minore ma con una loro importanza nel favorire questa rivoluzione industriale. La discussione si sviluppa quindi sui vari attori dell'ecosistema tecnologico, e cioè le piattaforme, le aziende di consulenza tecnologica, le startup e le relazioni università-industria, facendo luce sui loro vantaggi, limiti e competitività con gli altri canali innovativi.

6.1 Piattaforme industriali e le aziende produttrici di hardware e software

Il punto di forza delle piattaforme industriali riguarda non tanto l'offerta tecnologica, che può essere fatta anche in altri modi, ma nella relazione continua che può avere con l'industria manifatturiera fornendo aggiornamenti, servizi e nuove tecnologie. In particolare gli aggiornamenti sono importanti visto il numero delle tecnologie digitalizzanti presenti nelle tecnologie abilitanti di Industria 4.0. La situazione ha qualche analogia con l'offerta dei sistemi operativi per computer o smartphone che, una volta scelto l'hardware, si resta in collegamento e si ricevono continuamente aggiornamenti ed eventualmente anche l'offerta di nuovi sistemi operativi. Un limite all'utilizzo delle piattaforme potrebbe nascere nell'industria manifatturiera che, per sue ragioni, non desidera stabilire una relazione continuativa con una piattaforma specifica e avere piena libertà nelle scelte tecnologiche. Vi sono naturalmente altri ostacoli alla loro diffusione. Prima di tutto il costo di sviluppo della piattaforma da parte delle aziende è elevato, so-

prattutto se si affronta la disponibilità di un'ampia gamma di tecnologie abilitanti, cosa che sarebbe permessa solo alle aziende di hardware e software molto grandi. Ad esempio, circola l'informazione che la GE abbia investito un miliardo di dollari per sviluppare una sua piattaforma comprendente tutte le sue tecnologie, che non sono solo quelle digitalizzanti ma anche quelle nel campo dell'aeronautica e dell'energia. L'altro ostacolo è quello di convincere le aziende, peer consumer, a rinunciare a un'innovazione tecnologica condotta singolarmente con i propri mezzi, e una strategia basata sull'acquisto singolo di tecnologie e consulenze tecnologiche, ad aprirsi al co-sviluppo di tecnologie nella piattaforma, allo scambio di informazioni e dati entrando attivamente nell'ecosistema delle piattaforme. Un problema che può sorgere in un ecosistema costituito da più piattaforme importanti è quello delle standardizzazioni e dei protocolli di compatibilità tra i vari tipi di tecnologie abilitanti. In effetti da una parte i gestori delle piattaforme potrebbero sviluppare propri standard e protocolli differenti, mentre le aziende manifatturiere procederanno probabilmente a un'introduzione per tappe delle tecnologie abilitanti. Si pone così il problema di compatibilità tra le tecnologie già presenti e quelle che si vogliono introdurre. Un problema simile si è già posto in passato nel campo della domotica dove le grandi aziende fornitrici hanno ciascuna sviluppato un proprio sistema di comunicazione incompatibile con l'altro riducendo le possibilità di sviluppo del settore. Al contrario la Silicon Valley si è mostrata più attenta a questo problema con lo sviluppo di standard e protocolli compatibili che sono stati un vantaggio per le aziende (Saxenian, 1994). Le piattaforme dovrebbero essere invece meno sensibili ai problemi di una rapida evoluzione tecnologica che può rendere obsoleta la pianificazione fatta nel corso di un progetto d'introduzione di tecnologie, come nel caso dell'introduzione passata dei siti Internet nelle aziende (Girard & Stark, 2001), questo per la dimensione e flessibilità della struttura tecnologica della piattaforma. Riguardo alla penetrazione attuale del sistema piattaforma in Industria 4.0, uno studio effettuato ad esempio su aziende che usano o pianificano di introdurre l'IoT nei loro prodotti (Leuth, Glienke & Williams, 2017) ha mostrato che solo il 16% delle aziende considera nelle loro strategie l'uso di piattaforme. Tuttavia lo studio è datato di qualche anno mentre le piattaforme industriali sono un oggetto attuale di sviluppo e promozione. In realtà esse sono potenzialmente un modo molto efficiente di fare innovazione tecnologica che gli permetterebbe di diventare il canale innovativo preminente per Industria 4.0.

6.2 Aziende di consulenza tecnologica in Industria 4.0

I punti di forza delle aziende di consulenza tecnologica sono la loro ampia distribuzione territoriale e vicinanza con i clienti che permettono loro di affrontare la miriade di problemi per l'implementazione di Industria 4.0 con l'identificazione di nicchie di servizi da sfruttare. La loro dimensione è molto variabile e possono essere una piccola realtà ma anche media o grande. La loro dimensione rimane comunque nettamente inferiore a quella delle grandi aziende di hardware e software che offrono le tecnologie su piattaforma, e non possono avere un'ampia gamma di offerta di tecnologie abilitanti. Le aziende di consulenza tecnologica più grandi possono comunque cercare di realizzare anche loro un'offerta di tecnologie più specializzata sotto forma di piattaforme entrando in un certo senso in concorrenza con le grandi piattaforme industriali, rimanendo comunque aperta la possibilità di collaborare come peer producer o addirittura come partner. D'altra parte le aziende di consulenza più grandi possono allacciare collaborazioni con laboratori di ricerca universitari, pubblici o privati per lo sviluppo di tecnologie specifiche innovative che possono portare non solo a nuovo software ma anche a hardware di loro concezione. Per la loro dimensione limitata, e il loro grande numero, nelle aziende di consulenza tecnologica si può formare un regime di Regina Rossa che abbiamo citato precedentemente, inoltre possono anche soffrire nei loro progetti della rapidità dell'evoluzione tecnologica (Girard & Stark, 2001). Nel complesso comunque le aziende di consulenza tecnologica dovrebbero restare importanti attori dell'ecosistema tecnologica di offerta per Industria 4.0.

6.3 Le startup di Industria 4.0

Abbiamo già visto che le startup di Industria 4.0 si dividono in due categorie, la prima riguarda lo sviluppo e il miglioramento delle tecnologie abilitanti, e la seconda la realizzazione di soluzioni con piena utilizzazione di industria 4.0 eventualmente riguardante prodotti innovativi utilizzando IoT. Abbiamo inoltre già discusso precedentemente la possibile competizione tra startup e PMI e le differenze che esistono a livello delle aziende che offrono servizi o prodotti (Crisuolo et al., 2012). Il punto di forza delle startup rimane comunque il loro potenziale innovativo, sia che si occupino di innovazione nelle tecnologie abilitanti che di produzioni con Industria 4.0. In questo modo le startup non sono in competizione con le grandi piattaforme o le aziende di consulenza tecnologica se non nel caso di una exit che li porta a diventare esse stesse delle aziende di consulenza o, con meno probabilità, grandi aziende. In altri casi la exit delle startup riguarda l'acquisto delle loro nuove tecnologie da parte delle grandi aziende, o diventare peer producer per piattaforme. Concludendo, in Industria 4.0, sia le startup che si dedicano ai servizi d'implementazione delle tecnologie abilitanti, sia quelle che vogliono sviluppare una manifattura basata sul loro uso, possono essere portatrici di novità nell'industria manifatturiera delle PMI.

6.4 La relazione università-aziende in Industria 4.0

Nel discutere il ruolo della relazione università e aziende in Industria 4.0 bisogna distinguere le università e i laboratori di ricerca pubblici o privati, che operano nel processo science to business attraverso attività contrattuali, dalle entità previste specificatamente per Industria 4.0 nel piano governativo come i Digital Innovation Hub e i Competence Center. Per quanto riguarda le università e i laboratori abbiamo già osservato i limiti di un'offerta tecnologica limitata a progetti, definiti nel finanziamento e nel tempo, su singoli episodi di collaborazione, rispetto all'offerta tecnologica delle piattaforme con l'ampio spettro tecnologico, gli aggiornamenti e la proposta per nuove tecnologie. Inoltre, abbiamo già osservato come in Italia il processo *science to business* sia sfavorito da una visione prevalentemente culturale dei risultati della ricerca e da regolamenti burocratici e amministrativi paralizzanti per il trasferimento tecnologico. Il discorso è differente per il caso dei DIH che hanno un'attività locale, con contatti con l'università ma gestiti esternamente e che possono avere un'azione favorevole come stakeholder per l'innovazione di Industria 4.0. Anche i Competence Center, che dipendono dal sistema universitario, possono giocare un ruolo positivo nella misura che abbiano anche un'attività propositiva per le nuove tecnologie e una flessibilità più ampia rispetto al sistema universitario. I Competence Center possono anche assumere il ruolo di hub tecnologici per lo sviluppo di startup e infine anche assumere eventualmente un ruolo di peer producer o addirittura assumere un ruolo di piattaforma.

Nel complesso tutti gli attori dell'offerta tecnologica discussi possono avere un ruolo positivo nell'implementazione di Industria 4.0, mentre le possibili competizioni tra i vari canali rimangono abbastanza limitate. La difficoltà presente per tutti gli attori esaminati resta soprattutto nelle difficoltà d'integrazione delle tecnologie ICT nelle OT della manifattura, tuttavia i limiti dell'implementazione appaiono prevalentemente collegati alle PMI, e sono dovuti alla loro bassa disponibilità finanziaria e scetticismo verso le tecnologie radicali, piuttosto che nella disponibilità dell'offerta dell'ecosistema tecnologico di Industria 4.0.

7 PMI E INDUSTRIA 4.0

Il rapporto delle PMI e dei distretti industriali con l'ecosistema di Industria 4.0 è piuttosto complesso e, nel quadro limitato di questo studio, possiamo fare solo alcune considerazioni preliminari. Ci sono aspetti importanti, non di natura tecnologica, che toccano evidentemente la PMI nell'implementazione di Industria 4.0. Questi sono le limitate risorse per gli investimenti e le basse capacità produttive che limitano i ritorni sugli investimenti fatti. La limitatezza dei finanziamenti può portare a una differenziazione sulle possibilità di adottare le varie tecnologie abilitanti, che hanno costi differenti non solo per le tecnologie, ma anche per gli studi da condurre per la loro scelta e implementazione. L'introduzione delle tecnologie abilitanti nella manifattura dipende dalla sua struttura tecnologica. Prima di tutto esistono tecnologie abilitanti che

riguardano essenzialmente il prodotto come l'IoT. Altre sono coinvolte nelle singole operazioni, e alcune di queste, come l'additive manufacturing e i nuovi materiali, non sono necessariamente digitalizzanti. Altre invece intervengono nella connessione, coordinazione e gestione delle operazioni, e altre ancora riguardano l'ottimizzazione e l'innovazione della tecnologia. Infine, vi sono tecnologie esterne che facilitano con le loro capacità di memoria e di calcolo e rendono sicure le operazioni manifatturiere. L'insieme di questi vari tipi di tecnologie abilitanti è riportato nella Fig. 2. Le tecnologie che sono coinvolte direttamente nelle operazioni hanno già utilizzazioni, come la robotica, e la loro implementazione potrebbe essere relativamente facile per la PMI. Altre, come il digital manufacturing e il digital twin, potrebbero essere più difficili da introdurre anche per i loro costi e la radicalità delle innovazioni. Difficoltà possono presentarsi anche per i costi di un rinnovo radicale dei prodotti utilizzando l'IoT. Questi limiti possono infine portare indirettamente a un basso utilizzo di tecnologie come i big data, il cloud computing e la cybersecurity. Conseguentemente le PMI potrebbero subire svantaggi competitivi rispetto ad aziende concorrenti di più grandi dimensioni che hanno potuto implementare Industria 4.0 in misura maggiore e con maggiori vantaggi. Oltre ai limiti d'implementazione di Industria 4.0 che abbiamo visto vi sono poi per le PMI alcuni ostacoli che abbiamo già citato, come il persistere di un regime della Regina Rossa che ostacola l'apertura verso le tecnologie radicali di Industria 4.0, e gli effetti di intranaltà che ostacolano l'introduzione di nuove tecnologie nelle filiere produttive. La bassa disponibilità di capitali potrebbe anche portare a un importante frazionamento nell'introduzione di tecnologie abilitanti, e il sorgere di problemi di standardizzazione e protocollo nella compatibilità tra le nuove tecnologie che si vogliono introdurre e quelle già presenti. Possiamo comunque discutere un esempio di applicazione di Industria 4.0 in un distretto industriale limitandoci a un approccio preliminare di confronto tra le tecnologie abilitanti e la struttura delle operazioni tecnologiche della manifattura. Abbiamo scelto come esempio il distretto della fabbricazione di rubinetti e valvole di cui conosciamo bene la struttura e il funzionamento da studi fatti, in particolare riguardo la cooperazione per l'innovazione (Rolfo & Bonomi, 2014) e dei suoi rapporti con la ricerca universitaria (Bonomi, 2013).

7.1 Industria 4.0 nella produzione di rubinetti e valvole

La produzione italiana di rubinetti e valvole è molto importante ed è seconda solo a quella della Cina e precede quella della Germania. La produzione avviene principalmente in due territori situati uno a nord di Brescia e l'altro nell'Alto Novarese che, pur essendo distanti, operano come un solo distretto per le intense relazioni che hanno, e la presenza di associazioni e collaborazioni comuni. Nel distretto bresciano prevale la produzione di valvole, mentre per i rubinetti prevale il distretto novarese anche se in esso vi sono alcuni importanti produttori di valvole. La produzione di valvole e rubinetti è differente in qualche operazione, ma hanno problemi comuni a livello della materia prima, l'ottone, e nei regolamenti e certificazioni che riguardano gli aspetti sanitari dei prodotti. Inoltre, le valvole e i rubinetti sono comunque collegati nel quadro di un'impiantistica per i sanitari di una costruzione. Nel nostro caso abbiamo preso in considerazione ambedue i tipi di produzione in un'unica struttura tecnologica in cui vi sono operazioni comuni e che è riportata nella Fig. 3. Essa si presenta in forma di grafo sulla base della modellizzazione di questa tecnologia (Bonomi & Marchisio, 2016). Nello schema della Fig. 3 le prime operazioni che riguardano la produzione di barre e lingotti di ottone (operazioni 1, 2, 3), appartengono all'industria metallurgica che produce ottone per molte utilizzazioni di cui quelle per la produzione di rubinetti e valvole sono solo una parte. Per Industria 4.0 ci si può quindi limitare all'industria meccanica che usa le barre e i lingotti per le sue lavorazioni, e considerare solo le operazioni da 4 a 9 riportate nella Fig. 3. La relazione della rubinetteria e valvolame con Industria 4.0 è stata studiata dapprima considerando il prodotto e la sua innovazione in particolare con la possibile introduzione dell'IoT. Si sono poi considerate le varie operazioni tecnologiche di fabbricazione alla luce delle tecnologie abilitanti che sono specifiche per queste. Infine si sono considerate le tecnologie digitalizzanti che possono controllare, coordinare e gestire le operazioni, accompagnate dalle tecnologie abilitanti generali come i big data, il cloud computing e la cybersecurity. Si noti infine che le operazioni 4, 6, 7 e 8, cioè rispettivamente di stampaggio a

caldo, fonderia, finitura e cromatura, sono spesso subappaltate nel distretto e possono originare effetti di intranabilità tecnologica nell'implementazione di innovazioni. Le operazioni comuni sia per i rubinetti e le valvole sono soprattutto la lavorazione meccanica (operazione 5) e l'assemblaggio (operazione 9), mentre le operazioni di fonderia (operazione 6) e di cromatura (operazione 8) sono tipiche per i rubinetti. La fonderia è utilizzata solo per certe valvole di grandi dimensioni, mentre lo stampaggio a caldo (operazione 4) è poco usato per i rubinetti.

Il prodotto rubinetto e valvola

I rubinetti e le valvole, il cui uso è principalmente destinato all'acqua potabile, sono dei dispositivi di natura meccanica con regolazione manuale che non sono particolarmente interessanti per l'internet of things nel loro uso corrente. Una funzione desiderabile nel rubinetto è la possibilità di regolare il flusso e la temperatura dell'acqua miscelando acqua calda e fredda fattibile elettronicamente con misure di temperature e regolazioni automatiche dei flussi. Questo tipo di rubinetto elettronico è oggetto di molti brevetti ma utilizzato solo in pochi modelli di lusso. La sua diffusione integrata in un sistema domotico, ed eventualmente in IoT, è stata ostacolata dalla mancanza di standard comuni e attualmente non esiste ancora un rubinetto elettronico commercializzato di fascia media. Nel caso delle valvole la loro gestione elettronica è diffusa in campo industriale ma non in campo abitativo. Una possibile diffusione dell'IoT nel campo dei rubinetti e valvole potrebbe interessare la gestione di un intero sistema sanitario di un edificio, in cui eventualmente è integrata anche la gestione delle valvole per il riscaldamento (termovalvole).

Stampaggio a caldo (operazione 4)

Si tratta di un'operazione tecnologica di formatura che, in linea di principio, avrebbe un'alternativa con la stampa 3D. Si tratta tuttavia di un'operazione che non produce pezzi complessi, ha poche perdite di materiale e grandi produzioni che eliminano molti vantaggi della stampa 3D che difficilmente può essere interessante per questa operazione. Resta naturalmente applicabile la tecnologia robotica, per ridurre la manodopera, e la realtà aumentata. L'operazione di stampaggio è sovente appaltata ad aziende esterne specializzate.

Lavorazione meccanica (operazione 5)

La lavorazione meccanica è una tecnologia di messa in forma del materiale con vari utensili e comporta una certa perdita di materiale nella lavorazione che deve essere riciclato. Nonostante questo la tecnologia della stampante 3D non appare molto competitiva sia perché le geometrie dei pezzi sono relativamente semplici, sia perché richiede grandi produzioni (Faludi & Cline-Thomas, 2017). La lavorazione meccanica è un campo favorevole alle applicazioni robotiche e questa operazione è già largamente robotizzata con l'uso dei vari tipi di utensili nella stessa macchina.

Fonderia e finitura (operazioni 6 e 7)

L'operazione di fonderia usa lingotti di ottone che fonde e cola in stampi per parti che possono avere anche forme piuttosto complesse e destinate generalmente ai rubinetti. Nel caso delle valvole la fonderia si usa essenzialmente per i prodotti di grande dimensione. L'operazione è anche caratterizzata da importanti perdite di materiale che viene rifiuto. La stampa 3D potrebbe essere un'alternativa per la sua capacità di realizzare forme complesse con poche perdite, tuttavia il suo interesse non è evidente visti i livelli elevati di produzione che sono necessari. La finitura è un'operazione che opera sul prodotto grezzo da fusione per togliere imperfezioni e lucidare le superfici. Si tratta di un'operazione che può essere interessata dalla robotica. Le fusioni e le finiture sono generalmente condotte in appalto da fonderie specializzate come nel caso dello stampaggio a caldo.

Cromatura (operazione 8)

La cromatura è generalmente appaltata ad aziende della galvanica. Questa operazione è tipicamente condotta per i rubinetti. Le valvole non sono generalmente trattate anche se una parte

minore viene nichelata. Questa operazione è interessata dalla robotica per lo spostamento e immersione dei pezzi nei vari bagni e ha già trovato applicazioni.

Assemblaggio (operazione 9)

In questa operazione i vari pezzi stampati, lavorati o da fonderia vengono assemblati per ottenere i prodotti finiti costituiti da valvole o rubinetti. Questa operazione è interessata dalla robotica che è utilizzata già da tempo.

Applicazione delle tecnologie digitalizzanti alla produzione

Per l'insieme delle operazioni di produzione di valvole e rubinetti si possono utilizzare le varie tecnologie digitalizzanti per gestire, coordinare e controllare la produzione (PLC, SCADA, RES, ERP, ecc.). In questo caso possono nascere effetti d'intranalità che devono essere superati (Bonomi, 2018a). Questo per la presenza di molte operazioni appaltate (stampaggio, fonderia, cromatura). Anche il digital twin può essere applicato nella progettazione di rubinetti e valvole, ottimizzazione digitalizzanti delle produzioni e durata di vita di utensili o altri materiali.

Uso di tecnologie abilitanti di applicazione generale

L'uso dei big data, cloud computing e cybersecurity sono collegate alle tecnologie abilitanti usate e in particolare all'internet of things e alle tecnologie digitalizzanti. Allo stato attuale, al di là di un certo uso delle tecnologie robotiche, l'implementazione delle altre tecnologie abilitanti nel settore della rubinetteria e valvolame è solo agli inizi e in molti casi non ancora iniziata.

Come si può vedere dalle considerazioni fatte una manifattura ha esigenze specifiche riguardo le varie tecnologie abilitanti disponibili, mentre la tecnologia robotica è già penetrata e si confronta con nuove tecnologie robotiche collaborative per miglioramenti. Un problema che si può presentare nella rubinetteria e valvolame, ma anche in altri tipi di manifatture, è che ci si limiti a investire nella robotica, ed eventualmente nella realtà aumentata o l'additive manufacturing, ma non nelle tecnologie del digital manufacturing che collegano e coordinano le operazioni manifatturiere e che sono il vero avanzamento tecnologico di Industria 4.0 con i possibili grandi vantaggi. Per quanto riguarda l'internet of things per il prodotto, il suo potenziale uso dipende molto dalla natura del prodotto e da possibili sue nuove concezioni che lo possono cambiare radicalmente e, nel caso dell'industria dei rubinetti e valvole potrebbe interessare soprattutto l'impianistica che rappresenta una diversificazione di questa industria che è già presente in aziende produttrici di valvole.

Nel caso delle PMI dei distretti industriali vi sono alcune possibilità di soluzione ai problemi citati precedentemente. La prima è quella di una cooperazione tra le aziende produttrici e subfornitrici del distretto su studi comuni per l'introduzione di tecnologie abilitanti nella produzione riducendo almeno questi costi se non quelli dell'acquisto dell'hardware e del software relativo. Esempi di collaborazioni nel campo dell'innovazione tecnologica esistono già, come nel caso del Consorzio Ruvaris dei distretti della rubinetteria studiato in un precedente lavoro (Bonomi, 2013). Vi è poi una soluzione più ambiziosa che meriterebbe di essere studiata. Essa consiste nel limitare le attività delle PMI di un distretto all'innovazione tecnologica, la progettazione e commercializzazione dei propri prodotti, e realizzare una manifattura comune, in piena utilizzazione di Industria 4.0 con la sua efficienza e flessibilità da poter fabbricare tutti i vari tipi di prodotti delle aziende, ma con capacità di produzione totale interessante dal punto di vista economico.

8 CONCLUSIONI

Questo studio ha messo in luce alcuni importanti aspetti sui canali innovativi che si sviluppano per l'implementazione di Industria 4.0 nelle aziende manifatturiere. Sono state citate inoltre alcune difficoltà specifiche per le PMI e i distretti industriali. Sul piano dell'offerta tecnologica lo studio la considera nel quadro di un complesso ecosistema di aziende grandi medie e piccole, incluse le startup, in cui è apparso un nuovo modo di offrire tecnologia attraverso piat-

taforme industriali che portano a un sistema di relazioni interaziendali a cui è stato dato il nome di Industrial Internet. Le piattaforme industriali hanno una serie di vantaggi nel campo dell'innovazione tecnologica che potrebbero farle diventare il modo dominante in cui avvengono le implementazioni tecnologiche considerando anche il fatto che questo tipo di relazione industriale può essere utilizzato anche da laboratori o aziende che possono offrire in questo modo tecnologie indipendentemente dalla loro dimensione. Il possibile sviluppo delle piattaforme industriali potrebbe influenzare non solo il processo innovativo *business to business* ma anche quello di *science to business* in cui università e laboratori di ricerca si orientano verso un'attività piuttosto come peer producer che un'attività contrattuale di progetti di R&S con l'industria, favorendo una posizione propositiva d'innovazioni piuttosto che attendere che l'industria li contatti per i loro bisogni. Le startup per Industria 4.0 non dovrebbero essere influenzate dallo sviluppo delle piattaforme e dare il loro contributo innovativo. Nel caso italiano vi è il problema del basso numero di startup generate che incontrano problemi dovuti alla carenza di venture capital nazionale e difficoltà di natura burocratica, amministrativa e fiscale, mentre un numero elevato di startup generate è necessario per dare esiti positivi in un'attività che è caratterizzata da un elevato tasso di abbandono. Per questo, oltre agli aiuti per le startup con strutture e entità di promozione occorre promuovere anche il processo della loro generazione. Per le PMI lo studio segnala tutta una serie di difficoltà di natura finanziaria e tecnologica per l'implementazione di Industria 4.0. Si osserva così la carenza di finanziamenti, la bassa capacità produttiva, lo scetticismo verso innovazioni radicali e il persistere in regimi di stagnazione, come quello di Regina Rossa, e la presenza nei distretti di effetti d'intranalità tecnologica che possono ostacolare l'introduzione di innovazioni tecnologiche nella filiera produttiva. A parte il necessario miglioramento della disponibilità d'investimenti, sarebbe necessario anche lo sviluppo di cooperazione tra aziende per ridurre i singoli costi d'implementazione e l'eliminazione di ostacoli dovuti all'intranalità tecnologica. Forse in futuro si potrebbe realizzare una soluzione ancora più avanzata che consisterebbe nel realizzare unità comuni di produzione di elevata capacità, utilizzabili per le fabbricazioni dei vari prodotti delle aziende del distretto, utilizzando vantaggiosamente le tecnologie abilitanti di Industria 4.0, mentre le attività aziendali si orienterebbero soprattutto verso la commercializzazione e le attività d'innovazione e di progetto.

9 BIBLIOGRAFIA/ REFERENCES

- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology: what it is and how it evolves*. New York: Free Press.
- Bax, A., Piccaluga, A., & Pietrabissa, R. (2014). *Unire i puntini per completare il disegno dell'innovazione: 11. rapporto Netval sulla valorizzazione della ricerca pubblica italiana*. Milano: NETVAL.
- Bartoloni M., & Fotina C. (2017). Industria 4.0, superpoli atenei-imprese. *Il Sole 24 Ore*, 9 agosto 2017.
- Ben-David J. (1968). *La recherche fondamentale et les universités. Réflexions sur les disparités internationales*. Paris: OCDE.
- Bonomi A. (2013). Domanda e Offerta di Ricerca & Sviluppo nella PMI Italiana. Due casi studio: il NISLabVCO e il Consorzio Ruvaris. *Rapporto Tecnico CERIS* (46), 2013.
- Bonomi A. (2014). Bridging Organizations between University and Industry: from Science to Contract Research. *Working Paper Cnr-Ceris* (15), 2014.
- Bonomi, A. (2017). A technological model of the R&D process and its implications with scientific research and socio-economic activities. *Working Paper IRCrES*, 3(2). <https://doi.org/10.23760/2421-7158.2017.002>
- Bonomi, A. (2018a). Le tecnologie di Industria 4.0 e le PMI. *Working Paper IRCrES*, 4(4). <https://doi.org/10.23760/2421-7158.2018.004>
- Bonomi A. (2018b). Sistemi Innovativi Tecnologici Territoriali. Due casi: il Verbano-Cusio-Ossola e il Canton Ticino. *Quaderni IRCrES*, 3(1), 33–57. <https://doi.org/10.23760/2499-6661.2018.003>

- Bonomi A., & Marchisio M. (2016). Technology Modelling and Technology Innovation: how a technology model may be useful in studying the innovation process. *Working Paper IRCrES* (3), 2016.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Boston, Mass: Harvard Business School Press.
- Cicero S. (2017a). Dal Modello di Business al Design delle Piattaforme, giugno 2017. <https://platformdesigntoolkit.com/wp-content/docs/Platform-Design-Toolkit-Whitepaper-ITA.pdf>
- Cicero S. (2017b). Platform Design Toolkit 2.0, June 2017. <http://platformdesigntoolkit.com/toolkit>
- Criscuolo, P., Nicolaou, N., & Salter, A. (2012). The elixir (or burden) of youth? Exploring differences in innovation between start-ups and established firms. *Research Policy*, 41(2), 319–333. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.12.001>
- Dumbleton, J. H. (1986). *Management of high technology research and development* (2. impr). Amsterdam: Elsevier.
- Faludi J., & Cline-Thomas N. (2017). 3D printing and its environmental implications. In *The Next Production Revolution: implications for governments and business* (pp. 171–213). Paris: OECD Publishing.
- Girard M., & Stark D. (2001). Distributing Intelligence and Organizing Diversity in New Media Projects. *Working Paper Santa Fe Institute* (082), 2001.
- Haour, G. (2004). *Resolving the Innovation Paradox*. London: Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/9780230510555>
- Haour, G., & Miéville, L. (2011). *From science to business: how firms create value by partnering with universities*. New York: Palgrave Macmillan.
- Hobcraft P. (2018). The Emerging World of Connected Industrial Ecosystems. *Ecosystem4innovators*, January 10, 2018.
- Lam, A. (2011). What motivates academic scientists to engage in research commercialization: ‘Gold’, ‘ribbon’ or ‘puzzle’? *Research Policy*, 40(10), 1354–1368. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.09.002>
- Leslie, S. W., & Kargon, R. H. (1996). Selling Silicon Valley: Frederick Terman’s Model for Regional Advantage. *Business History Review*, 70(04), 435–472. <https://doi.org/10.2307/3117312>
- Leuth K.L., Glienke D., & Williams Z.D. (2017). Guide to IOT Innovation (SME Focus). *IOT Analytics*, September 2017 .
- Maci L. (2017). Industria 4.0, che cosa sono Digital Innovation Hub e Competence Center. *EconomyUp.it*, 03.02 2017.
- Morris R. (2014). The First Trillion-Dollar Startup. *Endeavour Insight Monthly Newsletter*, July 26.
- Reimsbach-Kounatze C. (2017). Benefits and challenges of digitalizing production. In *The Next Production Revolution: implications for governments and business* (pp. 73-117). Paris: OECD Publishing.
- Rolfo S., & Bonomi A. (2014). Coopération pour l’innovation au niveau local: un exemple italien de success. *Innovations* 44(2), 57. <https://doi.org/10.3917/inno.044.0057>
- Saxenian, A. (1994). *Regional advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

10 APPENDICE

Figura 1. Struttura generale di una piattaforma

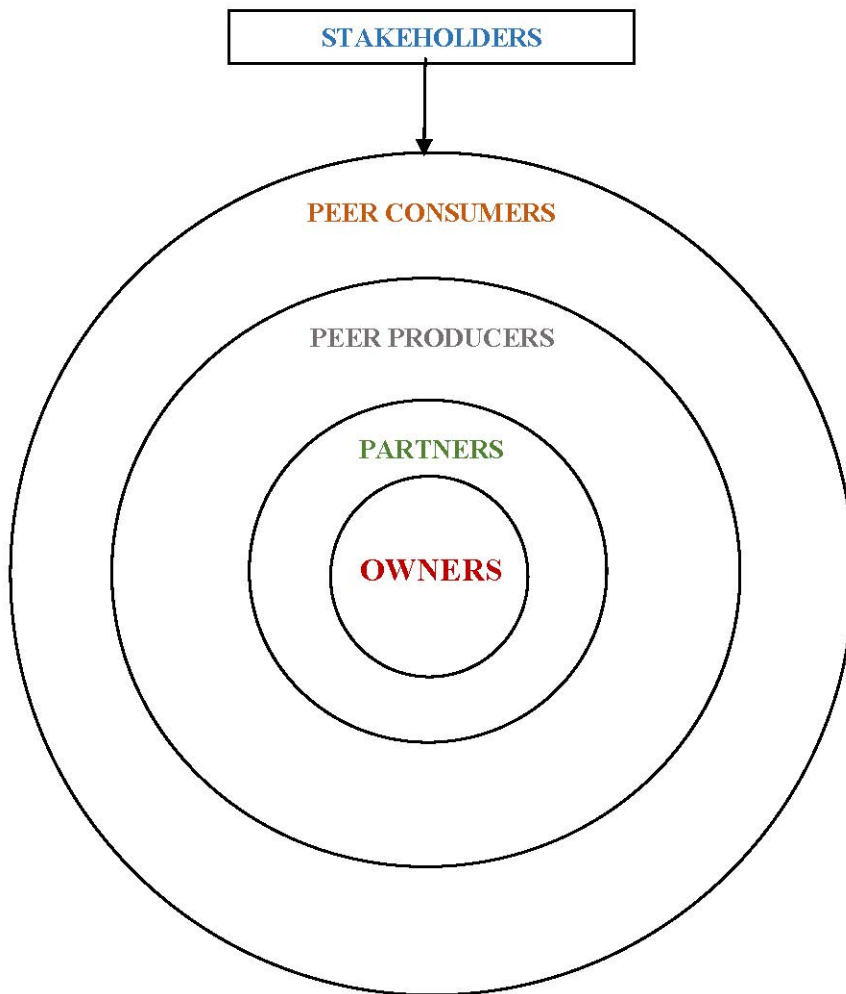


Figura 2. Applicazioni delle varie tecnologie abilitanti

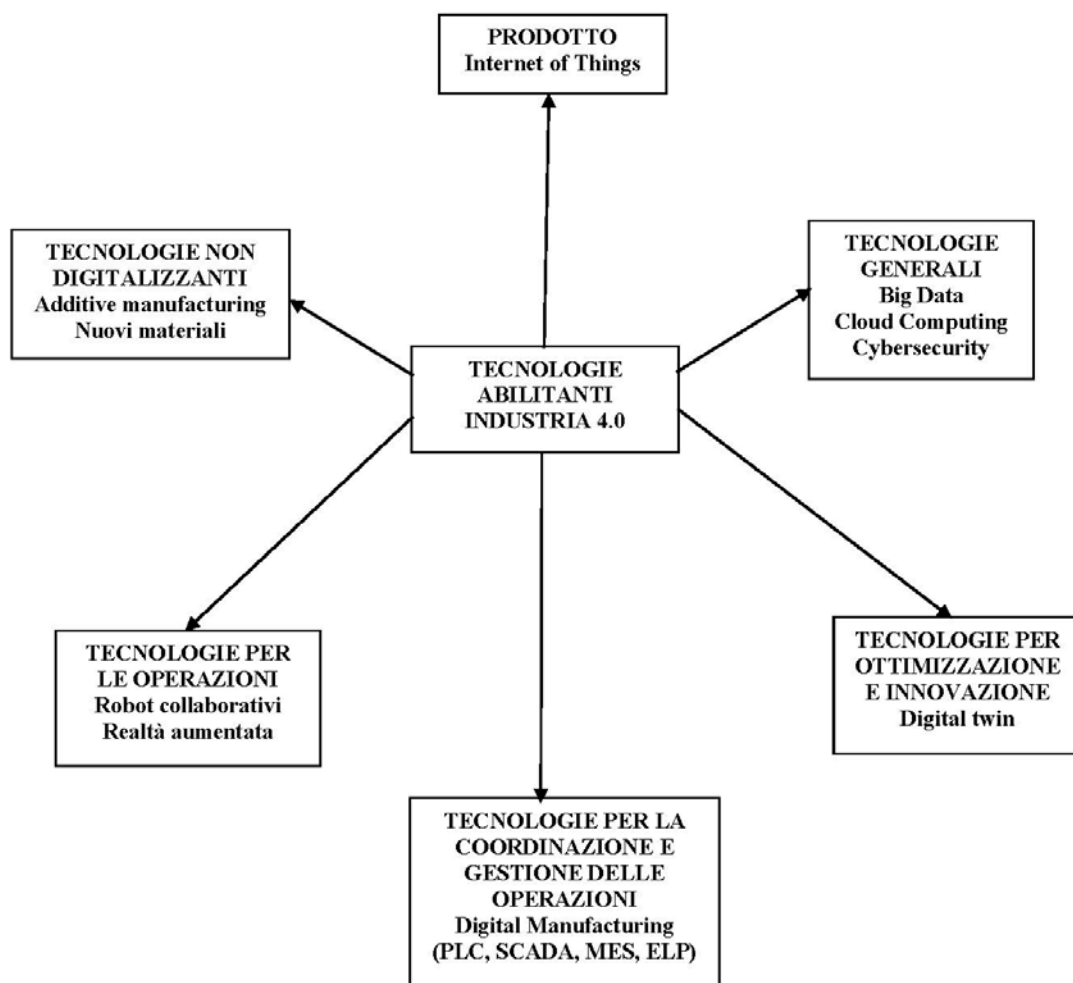
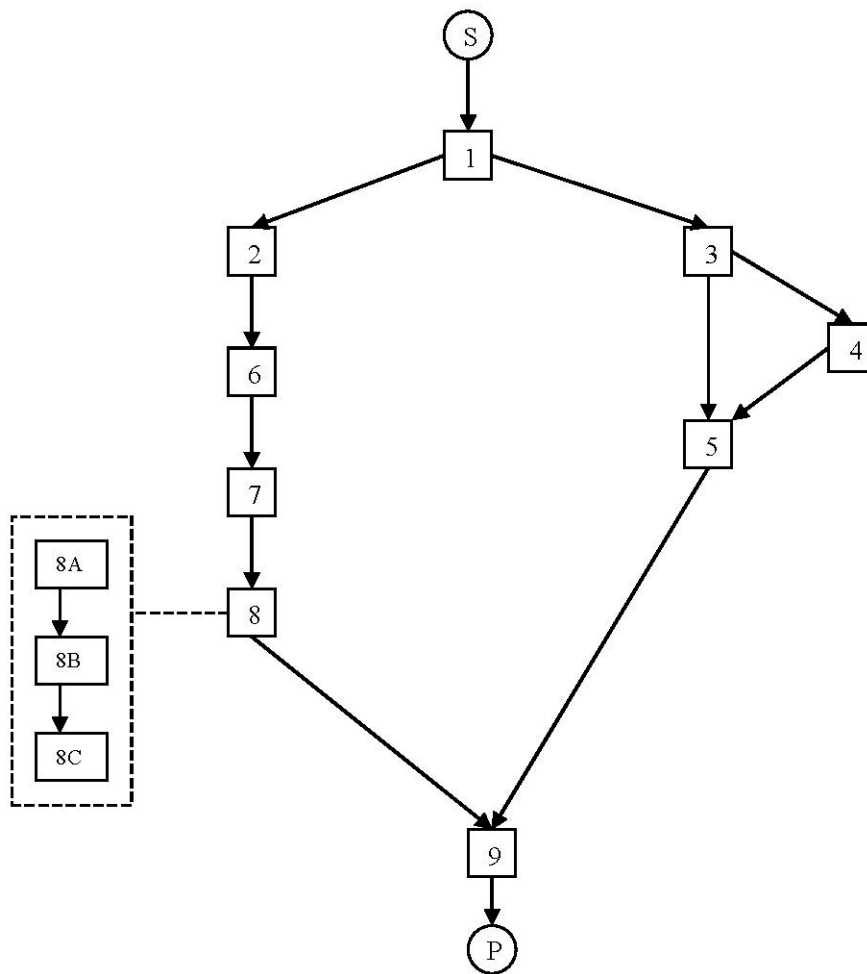


Figura 3. Struttura operativa semplificata della produzione di rubinetti e valvole

Operazioni

- S. Inizio: minerali di rame e zinco
- 1. Produzione di ottone fuso
- 2. Produzione di lingotti di ottone
- 3. Produzione di barre di ottone
- 4. Stampaggio a caldo
- 5. Lavorazione meccanica
- 6. Fonderia
- 7. Finitura
- 8. Cromatura
 - 8A. Sgrassaggio
 - 8B. Nichelatura
 - 8C. Deposito di cromo
- 9. Assemblaggio
- P. Prodotti: rubinetti e valvole