



European
Commission



Industry 5.0

Verso un'industria
europea
sostenibile,
centrata
sull'uomo e
resiliente



R&I PAPER SERIES
POLICY BRIEF

Research and
Innovation

Industria 5.0

Commissione Europea
Direzione Generale per la Ricerca e l'Innovazione
Direzione F — Benessere
Unità F.5 — Industria 5.0

Contatti: Jose Cotta, Capo Unità F.5
Maija Breque, Lars De Nul, Athanasios Petridis

Email jose.cotta@ec.europa.eu
majja.breque@ec.europa.eu, lars.de-nul@ec.europa.eu, athanasios.petridis@ec.europa.eu
rtd.f5_industry5.0@ec.europa.eu
RTD-PUBLICATIONS@ec.europa.eu

Commissione Europea
B-1049 Brussels

Manoscritto completato a January 2021.
Prima edizione.

La Commissione europea non è responsabile di alcuna conseguenza derivante dal riutilizzo di questa pubblicazione. Le opinioni espresse in questa pubblicazione sono di esclusiva responsabilità dell'autore e non riflettono necessariamente le opinioni della Commissione Europea.

Ulteriori informazioni sull'Unione Europea sono disponibili in internet (<http://europa.eu>).

PDF	ISBN 978-92-76-25308-2	doi: 10.2777/308407	KI-BD-20-021-EN-N
-----	------------------------	---------------------	-------------------

Luxembourg: Ufficio pubblicazioni dell'Unione europea ©

Unione Europea, 2021



La politica di riutilizzo dei documenti della Commissione europea è stata attuata sulla base della decisione 2011/833/UE della Commissione, del 12 dicembre 2011, relativa al riutilizzo dei documenti della Commissione (GU L 330 del 14.12.2011, pag. 39). Salvo diversa indicazione, il riutilizzo del presente documento è autorizzato con licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Ciò significa che il riutilizzo è consentito a condizione che venga indicato il credito appropriato e che vengano segnalate le eventuali modifiche.

Per qualsiasi uso o riproduzione di elementi che non sono di proprietà dell'Unione Europea, potrebbe essere necessario chiedere il permesso direttamente ai rispettivi titolari dei diritti.

Crediti per le immagini:

Cover: © VectorMine, #303873962, 2020. Source: stock.adobe.com

page 10: © Jeff Desjardins / Visual Capitalist, 2019. Source: www.visualcapitalist.com/a-visual-history-of-the-largest-companies-by-market-cap-1999-today

page 16: © Romero et al., 2016. Source:

https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_Human-Centric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies

page 17: © Eurostat, 2017. Source: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics#Number_of_accidents

page 20: © World Manufacturing Forum, 2019, <https://www.worldmanufacturingforum.org/skills-for-future-manufacturing>

Nella versione Italiana sono state tradotte solo alcune parti.

Nell'indice sono evidenziate in verde i capitoli non tradotti, che si trovano nel testo in lingua inglese.

Traduzione e impaginazione a cura della Direzione Attività Produttive
Settore Economia Territoriale e Progetti Integrati REGIONE TOSCANA

Firenze, Giugno 2021

Industria 5.0

Verso un'industria europea sostenibile, centrata sull'uomo e resiliente

Maija Breque
Lars De Nul
Athanasios Petridis



Policy brief

INDICE

PREMESSA.....	3
1 Introduzione.....	5
2 Rassegna della letteratura.....	8
2.1 Industry 5.0 e Industry 4.0	8
2.2 Relazione con il concetto di Società 5.0	9
3 Base di conoscenza in materia di Ricerca e Innovazione.....	10
4 Definizione di Industria 5.0.....	13
5 Vantaggi per il lavoratore: un approccio incentrato sull'uomo.....	15
5.1 Un nuovo ruolo per il lavoratore dell'industria	15
5.2 Un ambiente di lavoro sicuro e inclusivo	16
5.3 Le competenze, il loro miglioramento e la loro riconversione	18
6 I Vantaggi per l'Industria.....	21
6.1 Attrarre e fidelizzare i talenti	21
6.2 Efficienza delle risorse per la sostenibilità e la competitività	22
6.3 Maggiore resilienza	23
7 Dal concetto alla realtà.....	25
7.1 L'uomo al centro	25
7.2 Sostenibilità	26
7.3 Resilienza	28
7.4 Prossimi passi	29
ALLEGATO I MAPPATURA DEI PROGETTI PASSATI E IN CORSO	30
ALLEGATO II PRIMI SCRITTI ACCADEMICI SU INDUSTRIA 5.0.....	41
Note	43

PREMESSA

"Nel mezzo delle difficoltà nascono le opportunità" (Albert Einstein)

Che cosa guida l'innovazione? Da un lato, l'innovazione è guidata dalla ricerca blue-sky, le cui scoperte portano spesso ad applicazioni in grado di innovare le pratiche esistenti. Dall'altro, a guidarle è l'evoluzione stessa della società; ci adattiamo all'emergere di nuove esigenze e realtà sociali cercando e attuando nuove soluzioni. La politica industriale deve creare le migliori condizioni perché l'innovazione possa prosperare e deve dare gli orientamenti necessari perché la nostra società possa trarne vantaggio, nessuno venga lasciato indietro e i limiti delle risorse del pianeta vengano rispettati.

Sin dalla prima rivoluzione industriale, l'industria è stata motore della prosperità europea. Lo sviluppo industriale ha avuto un impatto enorme sulla società europea, forse più di ogni altro ambito dell'ingegno umano. I decisori politici e le autorità di regolamentazione si sono trovati nella necessità di canalizzare e mitigare le conseguenze negative di tale cambiamento, assicurando al contempo che esso andasse a beneficio del maggior numero possibile di persone.

L'innovazione non mostra segni di rallentamento. L'industria europea deve continuamente innovarsi per restare competitiva; ora più che mai, dobbiamo investire nel futuro per superare le sfide economiche provocate dalla crisi legata al Coronavirus e stabilire una "nuova normalità" con un'industria europea più competitiva, più sostenibile e più verde.

Il nostro ruolo è guidare questa nuova ondata di innovazione. Dobbiamo assicurare che l'evoluzione industriale sia in linea con le nostre priorità, quali il "Green Deal europeo", "Un'Europa pronta per l'era digitale" e "Un'economia al servizio delle persone". Diventare il primo continente climaticamente neutrale al mondo è sia una sfida sia un'opportunità: si tratta di ridisegnare la nostra economia, aggiornare la nostra politica industriale e investire in ricerca e innovazione. La duplice transizione verde e digitale richiede nuove tecnologie, e quindi investimenti e innovazione all'altezza.

Avremo a disposizione una serie di strumenti per far sì che ciò accada, in particolare lo strumento per la ripresa e la resilienza di Next Generation EU e Horizon Europe, il nuovo programma di ricerca e innovazione dell'UE. Le iniziative di policy, quali lo Spazio europeo della ricerca, mirano specificamente ad accelerare la diffusione di nuove tecnologie, assicurando che vadano a vantaggio dell'economia e della società in generale, in tutti gli Stati membri, le regioni e le città.

Occorre tuttavia di più. Il presente documento propone una visione coerente per il futuro dell'industria europea, che chiamiamo "Industria 5.0". Questa visione riconosce la capacità dell'industria di conseguire obiettivi sociali che vadano al di là della crescita e dell'occupazione, la sua capacità di diventare fornitore resiliente di prosperità, con una produzione rispettosa dei limiti del pianeta e ponendo al centro del processo produttivo il benessere dei lavoratori dell'industria.

Questa visione completa l'attuale paradigma di "Industria 4.0" facendo di ricerca e innovazione le forze trainanti della transizione verso un'industria europea sostenibile, antropocentrica e resiliente. Essa sposta l'attenzione da un valore destinato esclusivamente agli azionisti a un valore destinato agli stakeholder e a tutti i soggetti interessati.

Siamo all'inizio di questa transizione. La sua buona riuscita dipende dall'ampiezza dell'impegno e dell'azione di tutti gli stakeholder. Pertanto, auspico sinceramente che il presente documento vi ispiri a impegnarvi per la vostra comunità e resto in attesa di un vostro feedback.

Mariya Gabriel

Commissario per l'Innovazione, la Ricerca, la Cultura, l'Educazione e la Gioventù.

1 Introduzione

L'industriaⁱ fornisce lavoro e prosperità in tutto il continente, offrendo di fatto il maggior contributo positivo all'economia europea. Tra il 2009 e il 2019, l'industria ha costantemente rappresentato circa il 20% del PIL dell'Unioneⁱⁱ; la produzione, in particolare, ha accresciuto del 14,5% circa il valore dell'economia dell'UEⁱⁱⁱ. L'industria europea è forte, ma deve affrontare sfide costanti. È altamente competitiva, ma opera in un'economia globalizzata sempre più complessa. Vanta esportazioni solide, ma è esposta a un panorama geopolitico in rapida evoluzione. È efficiente ed efficace sotto il profilo dei costi, ma vulnerabile ai problemi delle catene del valore lunghe.

Per continuare ad apportare prosperità all'Europa, l'industria deve adattarsi continuamente all'incessante evolversi di queste sfide. Un adattamento dai ritmi così sostenuti è possibile solo attraverso un'innovazione costante. Grazie all'innovazione, l'industria europea può migliorare ulteriormente la propria efficienza in diversi punti della catena del valore, incrementare la flessibilità dei propri sistemi di produzione per soddisfare velocemente l'evolversi delle esigenze del consumatore globale e continuare a essere un punto di riferimento globale per la qualità. L'innovazione deriverà in larga parte dall'applicazione di tecnologie digitali sempre più avanzate. Le tecnologie dei sensori, i big data e l'intelligenza artificiale (IA) stanno portando all'automazione, interconnessione e ottimizzazione di una gamma sempre più ampia di processi industriali, e quest'innovazione continuerà ad accelerare.

L'impatto altamente trasformativo di un'industria digitale, basata sui dati e interconnessa, è rafforzato dal concetto di "Industria 4.0", che paragona tale cambiamento a una quarta rivoluzione industriale. Industria 4.0 rappresenta una solida ambizione e un saldo principio guida per l'innovazione e l'ulteriore sviluppo tecnologico dell'industria europea in un futuro non troppo lontano. Con tutti i suoi meriti, il concetto di Industria 4.0 è principalmente una visione tecno-economica che indica come i progressi tecnologici più generali, spesso originati in contesti non industriali, influenzeranno le catene del valore industriale, e come cambieranno la posizione economica dell'industria; descrive come l'industria utilizzerà la tecnologia per affrontare al meglio un mondo e un'economia in evoluzione, e riteniamo lo faccia in modo ottimo.

Tuttavia, l'ondata del cambiamento in seno all'industria sortirà effetti a catena che andranno ben oltre i cambiamenti tecnologici nelle fabbriche. La trasformazione dell'industria trasformerà anche la società: questo vale soprattutto per i lavoratori dell'industria, che potrebbero vedere il proprio ruolo modificato o persino minacciato. Il cambiamento dei ruoli e la maggiore dipendenza dalle tecnologie complesse richiederanno nuove competenze. I lavoratori dell'industria saranno valorizzati nel loro ambito, e saranno attratti da ambienti di lavoro ad alta tecnologia? Si presenteranno cambiamenti più profondi nell'organizzazione della forza lavoro, tali da mettere in discussione il tradizionale ciclo di vita formazione-lavoro-pensione dei lavoratori dell'industria. La crescente automazione potrebbe minare il ruolo sociale dell'industria quale datore di lavoro e motore della prosperità.

Riteniamo che l'avvento di questi cambiamenti e le questioni più strettamente legate all'innovazione tecnologica imporranno all'industria di ripensare la propria posizione e il proprio ruolo nella società. Nel corso dell'ultimo secolo l'industria europea ha notevolmente migliorato la deplorable situazione degli operai, ben ritratta in "Tempi Moderni" di Chaplin, e ora dovrebbe orientare i cambiamenti in corso e quelli imminenti in modo da mitigare il timore che i lavoratori si trovino a essere di nuovo schiavi delle macchine.

Conseguentemente i cambiamenti e le transizioni sulla scena sociale in senso ampio avranno un profondo impatto anche sull'industria. Non bisogna sottovalutare l'impatto delle attuali priorità politiche europee sull'industria. Il Green Deal imporrà una transizione verso un'economia più circolare, oltre a un maggior affidamento sulle risorse sostenibili, compresa l'energia. "Un'Europa pronta per l'era digitale" rende il digitale una priorità per l'Europa e sarà foriera di un grande potenziale di innovazione. Lo Spazio Europeo della Ricerca (SER), rafforzato, interconetterà e stimolerà la ricerca e l'innovazione in Europa, mentre la nuova Strategia industriale europea e l'Agenda per le competenze sono volte ad affrontare il problema della carenza di competenze.

La crisi legata al Covid-19 ha messo in luce la necessità di ripensare gli attuali approcci e metodi di lavoro. Ha esacerbato i punti deboli dei nostri settori industriali, quale la fragilità delle catene del valore strategiche, e ha reso ancora più urgente la necessità di un'innovazione flessibile ma solida che sia in grado di affrontare tali vulnerabilità. Ci troviamo in un momento decisivo, in cui parte della "vecchia normalità" si sgretolerà per far posto a una "nuova normalità". Tale transizione potrebbe essere una finestra di opportunità per tutti noi, per plasmare e rinnovare attivamente il ruolo dell'industria nella società. Ciò richiederà un approccio proattivo e orientato allo scopo, che ripensi i paradigmi alla base della nostra comprensione del funzionamento delle società, delle economie e delle industrie.

Il presente documento propone una visione del possibile aspetto di un'industria europea rinnovata, l' "Industria 5.0", e di come essa potrebbe diventare più "a prova di futuro", resiliente, sostenibile e antropocentrica. Esamineremo alcuni dei modi in cui si può utilizzare l'innovazione tecnologica a sostegno di una maggiore compatibilità e di un'interazione win-win tra industria e società, spostando l'attenzione dal valore per gli azionisti al valore per gli stakeholder. Esamineremo come il concetto di Industria 5.0 sarà foriero di benefici e non di minacce ai lavoratori dell'industria, rispettando i limiti delle risorse del pianeta e della società (come nel concetto di Doughnut Economics, o "economia della ciambella")^{iv}.

Lo scopo di questo documento è avviare un dibattito più ampio sulla strutturazione dell'Industria 5.0, sia adattato al contesto europeo. Il presente documento esplora pertanto i driver emergenti per l'industria del futuro, concentrandosi sulla prospettiva del lavoratore dell'industria, senza distinzione tra "colletti blu" e "colletti bianchi"; nell'Industria 5.0 sfumano i confini tra i diversi tipi di lavoratori. I valori e i diritti fondamentali europei dovrebbero essere principi vincolanti, compreso il rispetto della privacy, dell'autonomia, della dignità umana e dei diritti generali dei lavoratori.

È importante sottolineare che l'Industria 5.0 non va intesa come continuazione cronologica, né come alternativa all'attuale paradigma di Industria 4.0. Industria 5.0 è il risultato di un esercizio lungimirante, un modo per inquadrare le modalità di coesistenza dell'industria europea con le emergenti tendenze ed esigenze sociali. Il concetto di Industria 5.0 pertanto si pone a completamento e ampliamento delle caratteristiche distintive di Industria 4.0: sottolinea quelli che saranno i fattori decisivi per il collocamento dell'industria nella società europea del futuro, fattori non solo di natura economica e tecnologica, ma anche di importante valenza ambientale e sociale.

Il concetto di Industria 5.0 è stato oggetto di dibattito tra i rappresentanti di centri di ricerca e tecnologia ed enti finanziatori europei in occasione di due seminari virtuali organizzati dalla Direzione "Prosperità" della DG Ricerca e Innovazione, tenutisi il 2 e il 9 luglio 2020⁹. L'attenzione si è concentrata principalmente sulle tecnologie abilitanti a supporto dell'Industria 5.0. Si è raggiunto il consenso sulla necessità di una migliore integrazione delle priorità sociali e ambientali europee nell'innovazione tecnologica e sulla necessità di spostare l'attenzione dalle singole tecnologie a un approccio sistemico. Si sono individuate sei categorie, ciascuna delle quali si ritiene dispieghi il proprio potenziale quando combinata con le altre, nei seguenti ambiti tecnologici: (i) interazione uomo-macchina individualizzata; (ii) tecnologie bioispirate e materiali intelligenti; (iii) gemelli digitali e simulazione; (iv) tecnologie di trasmissione, archiviazione e analisi dei dati; (v) intelligenza artificiale; (vi) tecnologie per l'efficienza energetica, le energie rinnovabili, lo stoccaggio e l'autonomia.

2 RASSEGNA DELLA LETTERATURA

2.1 *Industry 5.0 e Industry 4.0*

Il concetto di Industria 5.0 affonda le proprie radici in quello di "Industria 4.0", ideato in Germania nel 2011^{vi}, come progetto futuro e parte integrante della strategia high-tech del paese, da adottarsi congiuntamente da parte delle imprese, del mondo scientifico e dei decisori. Tale concetto era originariamente legato al modo e alla misura in cui la Germania aveva prosperato nel primo decennio del XXI° secolo e al modo in cui essa avrebbe potuto diventare ancora più efficiente nei decenni successivi, per mantenere sostanzialmente stabile il numero dei lavoratori impiegati nell'attività produttiva. L'obiettivo era di soddisfare al meglio non solo i requisiti economici, ma anche i requisiti specifici ecologici della "produzione verde" per un'industria a emissioni zero ed efficiente dal punto di vista energetico.

Nel 2013, Acatech (l'Accademia tedesca delle scienze e dell'ingegneria) ha presentato un'agenda di ricerca e delle raccomandazioni attuative, sviluppate su iniziativa del Ministero federale della ricerca (BMBF) e basate sul "National Roadmap Embedded Systems". Essa descriveva l'impatto che l'Internet delle cose (Internet of Things o IoT) avrebbe avuto sull'organizzazione della produzione grazie a una nuova interazione tra essere umani e macchine e a una nuova ondata di applicazioni digitali in ambito manifatturiero. Secondo Deutsche Bank (2014), l'Industria 4.0^{vii} sarebbe diventata la "fabbrica del mondo" capace di dare un nuovo aspetto all'industria a livello mondiale. Il professor Klaus Schwab, fondatore e presidente del World Economic Forum, ha pubblicato due volumi^{viii/ix} in cui spiega come il concetto di Industria 4.0 sia fundamentalmente diverso dai concetti precedenti, incentrati principalmente sui progressi tecnologici.

Il termine si è diffuso a livello internazionale ed è ormai utilizzato in modi diversi da think tank, leader aziendali, organizzazioni internazionali e decisori politici. Le economie avanzate e ad alta intensità manifatturiera, come la Cina, hanno individuato i modi della possibile applicazione dell'Industria 4.0 nel loro contesto. L'iniziativa governativa "Made in China 2025" trae ispirazione direttamente dal progetto "Industria 4.0", concentrandosi sul rilancio dell'industria manifatturiera cinese e sull'agevolazione del cambio di paradigma.

Nei suoi dieci anni di vita, il concetto di Industria 4.0 si è concentrato meno sui principi iniziali di equità e sostenibilità sociali e più sulla digitalizzazione e sulle tecnologie guidate dall'intelligenza artificiale, allo scopo di incrementare l'efficienza e la flessibilità della produzione. Il concetto di Industria 5.0 offre una visione differente e sottolinea l'importanza della ricerca e dell'innovazione per supportare un'industria che sia al servizio dell'umanità nel lungo termine e che rispetti i limiti del pianeta.

Per una panoramica della prima letteratura accademica sul concetto di Industria 5.0 si rimanda all'Allegato II.

2.2 *Relazione con il concetto di Società 5.0*

I concetti di Società 5.0 e Industria 5.0 sono correlati in quanto entrambi si riferiscono alla fondamentale transizione della nostra società e della nostra economia verso un nuovo paradigma.

Il concetto di Società 5.0 fu introdotto da Keidanren, la maggiore associazione di imprese del Giappone, nel 2016, e fu successivamente oggetto di promozione da parte del governo giapponese. In sostanza, il Giappone trasferisce le dimensioni della digitalizzazione e della trasformazione, fino ad allora vissute principalmente a livello di singole imprese e di ben determinate parti della società, sul piano di una vera e propria strategia di trasformazione nazionale, una politica e persino una filosofia. Nel concetto di "società", il modo in cui le persone provvedono al proprio sostentamento è direttamente correlato al modo in cui esse costruiscono la società. La scelta del numero "5" è dettata da una scala temporale assai diversa e molto più lunga di quella delle rivoluzioni industriali. Le prime due "società" corrispondono ai periodi preindustriali (fino alla fine del XVIII secolo) e sono rispettivamente legate all'economia di caccia e alla raccolta nell'agricoltura. La Società 3.0 è una società industriale corrispondente all'incirca al periodo della prima, seconda e, in parte, della terza rivoluzione industriale. La Società 4.0 è caratterizzata dal predominio dell'"informazione" e si può affermare si sia evoluta a partire da una versione altamente digitalizzata della terza rivoluzione industriale, fino ai giorni nostri.

La Società 5.0 punta a trovare un equilibrio tra lo sviluppo economico e la soluzione dei problemi sociali e ambientali. Non si limita al settore manifatturiero, ma affronta sfide sociali più ampie, basandosi sull'integrazione di spazi fisici e virtuali. Nella Società 5.0, le tecnologie informatiche avanzate, l'Internet delle cose, i robot, l'intelligenza artificiale e la realtà aumentata vengono utilizzate attivamente nella vita quotidiana, nell'industria, nell'ambito sanitario e nelle altre sfere di attività, con il fine principale non del vantaggio economico, bensì a beneficio di ogni individuo.

3 Base di conoscenze in materia di ricerca e innovazione

Nel definire il nostro concetto di Industria 5.0, ci basiamo sulla letteratura esistente, ma sviluppiamo anche una nostra personale visione in considerazione di una serie di altri elementi. Un primo elemento è l'analisi delle rapide evoluzioni sociali in atto, in Europa e nel mondo intero. La globalizzazione avanzata ha incrementato la prosperità a livello mondiale, ma anche le disuguaglianze locali, con conseguente indebolimento delle catene del valore strategiche per approvvigionamenti e infrastrutture critici ed esacerbazione dello sfruttamento delle risorse naturali e dell'inquinamento ambientale. Il progresso tecnologico è un motore importante per questi cambiamenti, che sarebbero stati semplicemente inimmaginabili senza la crescita di automazione, digitalizzazione e connettività. Per avere un'idea del rapido e netto aumento dell'importanza della tecnologia digitale, basti pensare che nel 2009 vi era solo un'azienda tecnologica (Microsoft) nella top ten delle società quotate in borsa (per capitalizzazione di mercato), mentre nel 2019, la top five era composta interamente da imprese tecnologiche (Microsoft, Amazon, Apple, Alphabet e Facebook). La diffusione di un'intelligenza artificiale sempre più sofisticata, che attrae investimenti importanti in tutto il mondo, non farà che consolidare e accelerare questa evoluzione. Nonostante tutti i vantaggi apportati dalle innovazioni tecnologiche, la società si trova ora ad affrontare gli svantaggi e i rischi che le stesse comportano, tra cui le minacce ambientali e quelle ai valori europei, tra cui la democrazia stessa, e ai diritti fondamentali.

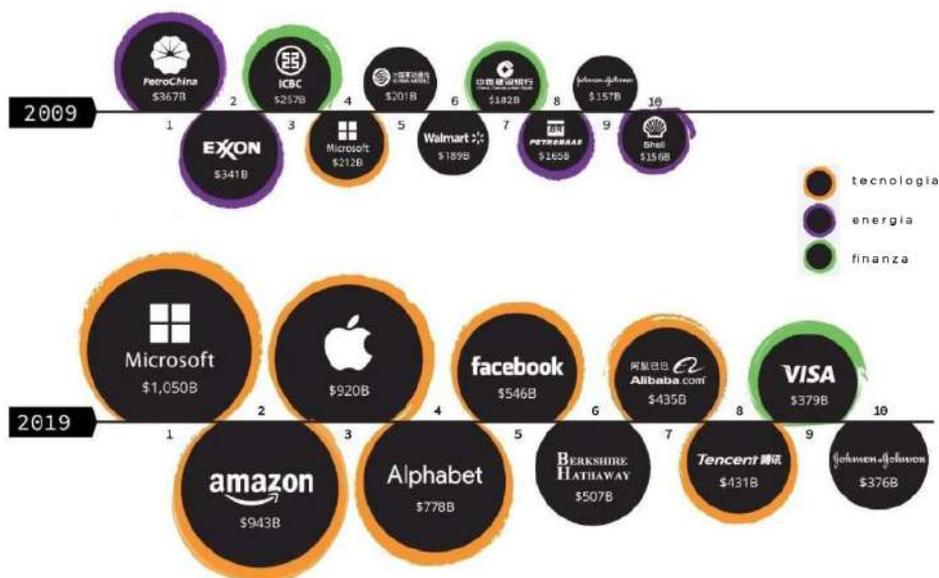


Figura 1. Le più grandi aziende per capitalizzazione di mercato (21/7/2019) © visualcapitalist.com

Un secondo elemento considerato nella nostra visione è l'attuale assetto delle politiche a livello europeo, volto a un miglior inquadramento e orientamento

delle evoluzioni in corso, nel tentativo di massimizzarne i benefici per la società europea e mitigare i nuovi rischi che esse comportano. Ciò si riflette chiaramente nelle due principali priorità dell'attuale Commissione europea: il "Green Deal", una strategia globale volta a rendere l'Europa climaticamente neutrale entro il 2050, e "Un'Europa pronta per l'era digitale", programma che punta a una maggiore innovazione tecnologica in Europa, introducendo regole nuove e aggiornate in materia di tecnologia ed economia digitale. Il Libro Bianco sulla regolamentazione dell'intelligenza artificiale, di recente pubblicazione, e la Strategia europea in materia di dati illustrano chiaramente l'importanza che la Commissione europea attribuisce all'impatto sociale delle tecnologie digitali.

In terzo luogo, il tasso di adozione delle tecnologie digitali nel mondo reale dell'industria europea ha una notevole influenza sulla nostra concezione. Per quanto si sostenga che la tecnologia digitale si stia sviluppando in modo esponenziale e stia diventando sempre più dirompente, l'adozione della digitalizzazione nell'industria europea sembra essere di natura più graduale. Sebbene nuove tecnologie specifiche possano consentire approcci innovativi e dirompenti, gli importanti investimenti infrastrutturali necessari per alcuni tipi di industria e la frammentazione in una moltitudine di attori minori (privi di competenze digitali o di capacità di investimento) in altre aree, rendono l'attuale diffusione delle tecnologie digitali nell'industria europea lineare e non esponenziale, graduale e non dirompente. Nel complesso, il quadro tecnologico dell'industria europea è molto diversificato e spazia da linee di produzione high-tech all'avanguardia a piccole imprese che ancora usano documenti cartacei archiviandoli nel rolodex.

Da un lato, ciò è motivo di allarme, poiché un livello di investimenti nell'innovazione insufficiente potrebbe prima o poi compromettere la competitività dell'industria europea. Questo è il motivo per cui la Commissione europea promuove gli investimenti in nuove tecnologie inserendoli tra le priorità (p.e. Un'Europa pronta per l'era digitale e Green Deal). Le iniziative di policy, quali per esempio lo Spazio europeo della ricerca, sono specificamente volte ad accelerare la diffusione di nuove tecnologie*, assicurando che vengano assorbite in modo inclusivo nell'economia e nella società in senso ampio, in tutti gli Stati membri, le regioni e le città d'Europa. D'altra parte, la limitata diffusione di tecnologie all'avanguardia come l'IA potrebbe indicare che i casi d'uso di tali tecnologie non si sono ancora consolidati o continuano a essere inquadrati all'interno di un paradigma appartenente al passato.

In termini di tecnologia, il concetto di Industria 5.0 intende tenere fede ai propositi di digitalizzazione avanzata, big data e intelligenza artificiale, sottolineando al contempo il ruolo che tali tecnologie possono svolgere alla luce delle nuove esigenze del panorama industriale, sociale e ambientale. Ciò significa utilizzare i dati e l'intelligenza artificiale per incrementare la flessibilità della produzione in tempi di cambiamento radicale e rendere più solide le catene del valore; implementare una tecnologia che si adatti al lavoratore, e non viceversa; e, infine, usare la tecnologia per la circolarità e la sostenibilità.

Una quarta fonte per lo sviluppo della nostra visione dell'Industria 5.0 è il lavoro svolto e/o commissionato dalla Direzione generale per la Ricerca e l'innovazione della Commissione europea.

In particolare, il rapporto Radical Innovation Breakthrough Inquirer (RIBRI), che ha individuato 100 potenziali rivoluzioni innovative in campi quali l'intelligenza artificiale, la robotica e la biomedicina, e ha indicato come l'UE possa prepararsi ad accoglierle, è di grande valore per chiunque voglia individuare tecnologie di rilievo per il futuro. Il seminario di alto livello "Research and Innovation as a compass for the future we want", tenutosi nel maggio 2019 in collaborazione con l'Institut Jacques Delors, ha fornito importanti spunti su come la ricerca e l'innovazione possano essere una forza trainante per la transizione della società europea verso un futuro sostenibile.

Come ultimo ma importante aspetto, abbiamo esaminato gli obiettivi e i risultati dei progetti di ricerca sostenuti attraverso i Programmi quadro europei per la ricerca e l'innovazione. Diversi progetti finanziati dal programma Horizon 2020 hanno consentito di sviluppare evidenze e ulteriori indicazioni sugli aspetti trasformativi di Industria 5.0, pur senza esplicito riferimento a detto concetto. A differenza di Industria 4.0, il focus di questi progetti va oltre i vantaggi che la digitalizzazione e l'ulteriore automazione potrebbero apportare alle imprese in termini di efficienza e profitto, sviluppando soluzioni che rendono la produzione più sostenibile, resiliente e competitiva sul lungo periodo e affrontando le sfide associate a una positiva interazione uomo-macchina e al matching delle competenze.

Alcuni progetti mirano a cambiare i modelli di business adottati dalle imprese, favorendo la produzione circolare (p.e. KYKLOS 4.0, DRALOD e PAPERCHAIN), prendendo in considerazione la servitizzazione (p.e. MAKERS), progettando fabbriche intelligenti, autonome e con capacità di autoapprendimento in grado di incrementare la produzione di personalizzazione di massa (p.e. SME 4.0), progettando soluzioni per la produzione industriale distribuita (multisito) (p.e. RICAIP) e migliorando la flessibilità e l'adattabilità del processo produttivo (p.e. SYMBIOTIC). Sempre più progetti riguardano gli aspetti umani e sociali della digitalizzazione dei luoghi di lavoro (industriali), contribuendo in tal modo alla visione antropocentrica dell'Industria 5.0. Sono diversi i progetti che esplorano l'interazione tra essere umano e robot e cobot nel contesto manifatturiero, ricercando come trarre vantaggio dai punti di forza di ciascuno e come valorizzare il capitale umano (p.e. FACTS4WORKERS, EVERYON, HuMan Manufacturing, CoLLaboratE, Rossini). Vi è un'altra serie di progetti tesa allo studio delle implicazioni della digitalizzazione per il futuro del lavoro e il benessere degli individui e della società nel complesso (p.e. BEYOND4.0, PLUS, SemI40). Nell'analisi dei presupposti per una transizione efficace a Industria 5.0, un aspetto importante da considerare è l'insieme di competenze richiesto ai lavoratori, che è oggetto di diversi progetti di Horizon 2020 ed ERASMUS+ dedicati all'emergere di gap di competenze e all'adeguamento della formazione (p.e. BEYOND4.0, SAM, FIT4FoF, SAIS, FACTS4WORKERS, TECHNEQUALITY). Infine, ma non di minor importanza, vi sono progetti che studiano l'impatto dell'ambiente di lavoro digitalizzato sulla sicurezza dei lavoratori, le condizioni di lavoro, la soddisfazione sul lavoro e il benessere fisico e mentale (p.e. HuMan Manufacturing, SYMBIOTIC, FIT4FoF, PLUS, MindBot, H-WORK, EMPOWER).

L'Allegato 1 riporta un elenco dettagliato di tali progetti, ma non è da ritenersi esaustivo, poiché nell'ambito di Horizon 2020 ve ne sono molti altri dedicati a questioni di fondamentale importanza per Industria 5.0, dalla tecnologia innovativa (IA, fotonica, materiali intelligenti), a rendere più verde l'economia, e la sostenibilità, al possesso e allo sviluppo di competenze.

4 Definizione di Industria 5.0

Per quanto Industria 5.0 sia un concetto relativamente nuovo, vi sono già alcuni scritti accademici che ne descrivono le caratteristiche principali. L'analisi della letteratura in materia (cfr. Allegato II) mostra che vi è molta incertezza sui futuri apporti di Industria 5.0 e su come essa possa in concreto rivoluzionare le imprese, oltre che sulla sua capacità di abbattere le barriere tra il mondo reale e quello virtuale^{xi}.

In base alla rassegna della letteratura e alla nostra analisi, rivolta al lungo termine, riteniamo che Industria 5.0 sarà definita alla luce di un senso ritrovato e più ampio che andrà al di là della mera produzione di beni e servizi a scopo di lucro, e che fa emergere tre elementi fondamentali: la centralità dell'uomo, la sostenibilità e la resilienza. Un approccio puramente orientato al profitto si fa ormai sempre meno sostenibile. In un mondo globalizzato, concentrarsi unicamente sul profitto significa non tenere in debito conto i costi e benefici per ambiente e società. Perché l'industria sia foriera di una prosperità reale, la definizione del suo vero scopo non può prescindere da considerazioni sociali e ambientali, tra cui un'innovazione responsabile che non sia solo o principalmente finalizzata ad aumentare l'efficienza in termini di costi o alla massimizzazione dei profitti, ma anche ad incrementare la prosperità per tutti i soggetti coinvolti: investitori, lavoratori, consumatori, società e ambiente.



Figura 2. Industria 5.0.

Nel mondo dell'industria, **un approccio incentrato sull'essere umano** fa dei bisogni e degli interessi fondamentali dell'uomo il cuore del processo di produzione, anziché concentrarsi unicamente sulle tecnologie emergenti e sulla loro potenziale capacità di aumentare l'efficienza produttiva. Anziché domandarci che cosa possiamo fare con la nuova tecnologia, chiediamoci che cosa la tecnologia può fare per noi. Anziché chiedere ai lavoratori dell'industria di adattare le loro competenze alle esigenze di una tecnologia in rapida evoluzione, vogliamo sfruttare la tecnologia per adattare il processo di produzione alle esigenze del lavoratore, per esempio per guidarlo e formarlo in modo adeguato. Ci preoccupiamo pertanto anche di assicurare che l'uso delle nuove tecnologie non leda i diritti fondamentali dei lavoratori, quali il diritto alla privacy, all'autonomia e alla dignità umana.

Per rispettare i limiti del pianeta, l'industria deve farsi **sostenibile**, sviluppando processi circolari che riutilizzino, convertano e riciclino le risorse naturali, riducano gli sprechi e l'impatto ambientale. Sostenibilità significa ridurre il consumo di energia e le emissioni di gas serra, per evitare l'esaurimento e il degrado delle risorse naturali, per garantire la soddisfazione dei bisogni delle generazioni di oggi senza mettere a repentaglio la soddisfazione dei bisogni delle generazioni future. Tecnologie come l'intelligenza artificiale e la produzione additiva possono svolgere un ruolo importante in tal senso, ottimizzando l'efficienza delle risorse e riducendo al minimo gli sprechi.

La **resilienza** si riferisce alla necessità di sviluppare una produzione industriale più solida e meglio preparata a far fronte a malfunzionamenti, capace di fornire e sostenere le infrastrutture fondamentali in tempi di crisi. I cambiamenti geopolitici e le catastrofi naturali, come la pandemia di Covid-19, evidenziano la fragilità del nostro attuale approccio alla produzione globalizzata. È necessario trovare un equilibrio con lo sviluppo di catene del valore strategiche sufficientemente resilienti, una capacità di produzione adattabile e processi aziendali flessibili, soprattutto dove le catene del valore siano al servizio dei bisogni fondamentali dell'uomo, come nel campo dell'assistenza sanitaria e della sicurezza.

Come indicato in precedenza, il nostro concetto di Industria 5.0 è aperto e in evoluzione e costituisce la base per l'ulteriore sviluppo di una visione collaborativa e co-creativa dell'industria europea del futuro. Riteniamo comunque che l'essenza di Industria 5.0 possa definirsi come segue:

Industria 5.0 riconosce il potere dell'industria di raggiungere obiettivi sociali che vanno al di là dell'occupazione e della crescita, per affermarsi quale fonte resiliente di prosperità, assicurando al contempo che la produzione rispetti i limiti del nostro pianeta e ponendo il benessere dei lavoratori dell'industria al centro del processo di produzione.

5 Vantaggi per il lavoratore: un approccio incentrato sull'uomo

Una delle transizioni paradigmatiche più importanti che caratterizzano Industria 5.0 consiste nello spostare l'attenzione da un progresso guidato dalla tecnologia a un approccio completamente antropocentrico. Ciò significa che l'industria deve tenere conto dei vincoli sociali, con l'obiettivo di non lasciare indietro nessuno, e comporta una serie di implicazioni in materia di sicurezza e comfort dell'ambiente di lavoro, il rispetto dei diritti umani dei lavoratori e le competenze richieste. Il nuovo ruolo del lavoratore dell'industria

5.1 *Un nuovo ruolo per i lavoratori*

Industria 5.0 introduce un notevole cambiamento nel ruolo del lavoratore e nella relativa narrativa. Il lavoratore non va considerato come un "costo" bensì come un "investimento" che consente lo sviluppo sia dell'azienda sia del lavoratore stesso. Il datore di lavoro è pertanto interessato, per conseguire i propri obiettivi, a investire nelle competenze, nelle capacità e nel benessere dei dipendenti. Questo approccio è molto diverso dal semplice bilanciamento del costo del lavoro con le entrate finanziarie: implica maggior valorizzazione e apprezzamento del capitale umano.

Un prerequisito importante di Industria 5.0 è che la tecnologia sia al servizio delle persone, anziché il contrario. In ambito industriale, ciò significa che la tecnologia utilizzata nella produzione venga adattata alle esigenze e alla diversità dei lavoratori, e non che il lavoratore debba continuamente adattarsi alla costante evoluzione della tecnologia. Vi è una maggiore responsabilizzazione del lavoratore in termini di empowerment, e l'ambiente di lavoro è più inclusivo. Per conseguire questo obiettivo, i lavoratori devono essere coinvolti in modo profondo nella progettazione e nell'implementazione delle nuove tecnologie industriali, tra cui la robotica e l'IA.

La collaborazione uomo - macchina è stata oggetto di diversi progetti finanziati da Horizon 2020 (cfr. Allegato I). Il progetto Factory2Fit, per esempio, mira a responsabilizzare e coinvolgere i lavoratori in un ambiente industriale più connesso. Ai lavoratori viene dato maggior peso e quindi maggiore responsabilità nel plasmare il processo produttivo, attraverso mezzi virtuali. Il progetto ha portato alla costruzione di una fabbrica virtuale in cui testare e sviluppare idee in sessioni di progettazione congiunta con i lavoratori e gli altri membri della comunità lavorativa. È stato creato un dashboard per il feedback dei lavoratori, che possono così fornire un riscontro personale sui propri conseguimenti e sul proprio benessere. I primi risultati del progetto indicano un impatto positivo sia sulla produttività sia sul benessere dei lavoratori. Iniziative di questo tipo consentono di collegare la continua crescita dell'automazione con l'esperienza umana, rafforzando in tal modo l'antropocentrismo dell'approccio.

Un altro esempio è quello di Romero, Stahre et al. (2016), i quali hanno individuato diverse tipologie per l'Operatore 4.0, concentrate sull'ampliare le capacità del lavoratore industriale con mezzi tecnologici innovativi, piuttosto che sostituire il lavoratore con i robot.

Si tratta della proiezione di 8 future di tipologie di operatore: Super-strength Operator (operatore + esoscheletro), Augmented Operator (operatore + realtà aumentata), Virtual Operator (operatore + realtà virtuale), Healthy Operator (operatore + tracker indossabile), Smarter Operator (operatore + assistente personale intelligente), Collaborative Operator (operatore + robot collaborativo), Social Operator (operatore + social network) e Analytical Operator (operatore + analisi di Big Data)^{xii}. In questo approccio, l'uomo resta al centro del processo produttivo e la tecnologia eleva al massimo i vantaggi sia per l'azienda sia per il lavoratore.



Figura 3. Tipologia dell'operatore 4.0.
© Romero et al.

Partendo dalle tipologie di Operatore 4.0, il white paper "Human-centred factories: From theory to industrial practice" propone di raggruppare le future tipologie di operatori sotto cinque categorie: Augmented and Virtual Operator, Social and Collaborative Operator, Super-strong Operator, Healthy and Happy Operator, e One-of-a-kind operator.^{xiii} Quest'ultima tipologia è stata aggiunta per abbracciare le caratteristiche e le preferenze dei singoli lavoratori e favorire l'inclusione lavorativa. Tutte queste iniziative illustrano un lavoro volto a individuare nuovi ruoli per i lavoratori industriali dotati di maggiori capacità e responsabilità.

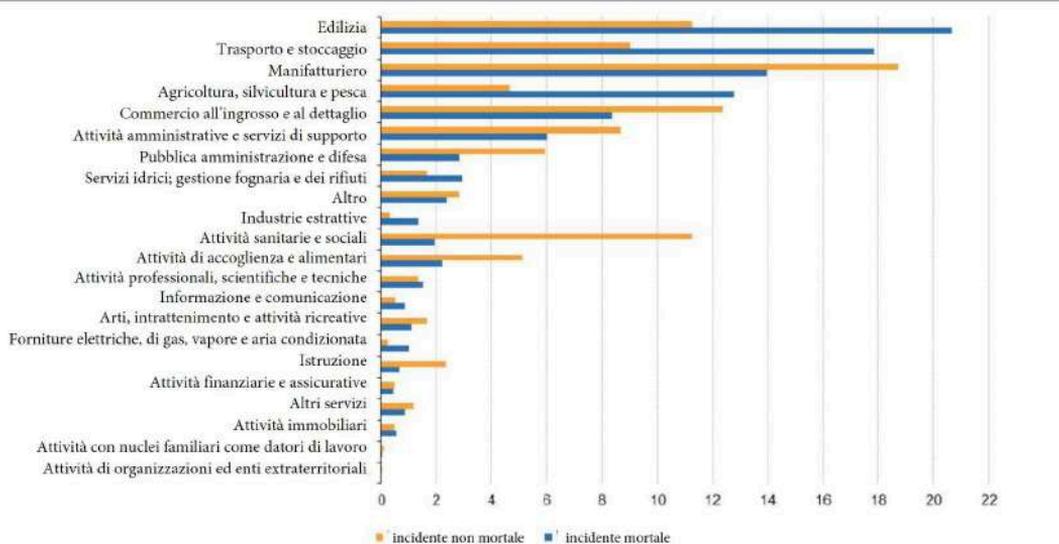
5.2 Un ambiente di lavoro sicuro e inclusivo

Tra i timori associati alla diffusione delle nuove tecnologie vi è quello della perdita di posti di lavoro. Se applicate correttamente, tuttavia, le nuove tecnologie possono rendere i luoghi di lavoro più inclusivi e più sicuri per i lavoratori, nonché aumentare la loro soddisfazione sul lavoro e il loro benessere.

I dati di Eurostat sugli infortuni sul lavoro indicano che i primi 3 settori per numero di incidenti sono proprio i settori in cui sarebbe relativamente semplice automatizzare le attività pericolose e faticose, riducendo radicalmente il tasso di

infortuni sul lavoro, compresi quelli con esito fatale. Il numero attuale di infortuni sul lavoro è importante: nel 2017 sono stati segnalati 3,3 milioni di infortuni non mortali (2/3 delle vittime erano di sesso maschile), e oltre 3.500 infortuni mortali^{xiv}. Vi sono delle differenze tra gli Stati membri, sia in termini di cultura del lavoro, sia per quanto riguarda i sistemi di segnalazione degli infortuni. Vi sono carenze nei sistemi di segnalazione degli incidenti, per cui il numero effettivo degli infortuni sul lavoro, in particolare di quelli non mortali, è in realtà ancor più elevato.

Incidenti mortali e non mortali sul lavoro per sezione NACE, UE-28, 2017
(% di infortuni mortali e non mortali)



eurostat

Nota: gli incidenti non fatali (gravi) segnalati nel quadro di ESAW sono incidenti che implicano almeno quattro giorni solari interi di assenza dal lavoro. Classificazione basata sui dati relativi agli incidenti mortali.

Fonte: Eurostat (codici dati online : hsw_n2_01 e hsw_n2_02)

Figura 4. Incidenti mortali e non mortali sul lavoro per sezioni, EU-28, 2017. © Eurostat

I robot potrebbero svolgere i compiti più ripetitivi e semplici, rendendo i luoghi di lavoro più sicuri per i lavoratori. Il potenziale della tecnologia robotica è lungi dall'esaurirsi, soprattutto perché ad alimentarlo vi è l'intelligenza artificiale. Le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale, così come gli strumenti di realtà virtuale e aumentata, possono essere utilizzati per guidare il lavoratore nelle operazioni più specializzate, per le quali sarebbero altrimenti necessarie competenze e formazione specifiche. Ciò potrebbe anche offrire maggiori opportunità d'inserimento nell'ambiente lavorativo di persone con capacità mentali ridotte. Analogamente, i robot mobili e gli esoscheletri hanno possono rendere alcune attività meno impegnative dal punto di vista fisico. Le donne potrebbero così svolgere mansioni prima riservate ai soli uomini in considerazione della forza fisica richiesta. L'ulteriore digitalizzazione della forza lavoro porterà diverse nuove opportunità. La digitalizzazione dei processi industriali rende possibile il lavoro a distanza, consentendo a chi vive in luoghi remoti di inserirsi nel mercato del lavoro e incrementando la resilienza della produzione. La recente crisi provocata dal Covid-19, che con le misure di distanziamento sociale ha messo a rischio l'operatività di molte imprese, ha mostrato chiaramente le potenzialità della digitalizzazione per l'operatività da remoto.

Garantire la sicurezza e il benessere dei lavoratori non significa solo garantire e sostenere la salute fisica sul luogo di lavoro. La salute mentale e il benessere devono essere posti su un piano di parità nella progettazione dei luoghi di lavoro digitali. Sebbene la digitalizzazione del lavoro comporti rischi nuovi, come il burnout causato da una cultura del lavoro “sempre online e sempre disponibile”, le tecnologie digitali potrebbero utilizzarsi a supporto dei lavoratori, per meglio controllare e gestire i rischi e l'impatto del nuovo ambiente di lavoro sulla loro salute mentale e sul loro benessere. Soluzioni digitali e dispositivi indossabili potrebbero aprire nuovi canali per avvisare i lavoratori e i loro medici di base su condizioni di salute critiche, sia fisiche sia mentali, e potrebbero aiutare i lavoratori nell'adozione di comportamenti sani sul posto di lavoro^{xv}. Con l'aiuto delle nuove tecnologie e soluzioni digitali, le imprese e tutte le organizzazioni potrebbero promuovere la salute mentale e la cultura del benessere come parte integrante della cultura aziendale, con conseguente vantaggio e risparmio economico grazie all'aumento della produttività e alla prevenzione delle malattie e delle assenze a lungo termine. Per esempio, il progetto INSTINCT, nell'ambito delle Azioni Marie Skłodowska-Curie, ha sviluppato l'applicazione Streblo, che aiuta i lavoratori edili a gestire lo stress. Secondo l'OMS, problemi di salute mentale quali la depressione e l'ansia hanno un costo stimato per l'economia globale di 1 trilione di dollari l'anno in perdita di produttività. Si stima inoltre che ogni dollaro investito nel trattamento di disturbi mentali comuni renderebbe 4 dollari in termini di miglioramento di salute e produttività.^{xvi}

Detti miglioramenti delle condizioni di lavoro non possono tuttavia realizzarsi a scapito dei diritti fondamentali dei lavoratori. L'autonomia, la dignità umana, la privacy, la salute fisica e mentale dei lavoratori non devono mai essere messe a repentaglio, in nessuna fase dell'adattamento al progresso tecnologico. I principi di base sanciti nella Carta europea dei diritti fondamentali devono fungere da linee guida incontestabili nella progettazione del nuovo ambiente di lavoro. Nella progettazione dei luoghi di lavoro intelligenti è importante tener conto dei possibili pregiudizi sulle tecnologie basate sull'intelligenza artificiale applicate nei processi di produzione, e mitigarli. Quando vi è stretta collaborazione tra lavoratori e macchine intelligenti, è fondamentale garantire che gli strumenti non vadano a ledere né esplicitamente né implicitamente la dignità dei lavoratori, di ogni etnia, sesso ed età. A ogni lavoratore va assicurata la possibilità di ricevere spiegazioni sulle decisioni algoritmiche e di dare feedback in caso di violazione di questo principio.

5.3 Le competenze, il loro miglioramento e la loro riconversione

La sfera delle competenze comporta un'altra, importante serie di considerazioni nell'ambito di Industria 5.0. Le competenze si evolvono velocemente quanto le tecnologie. Le industrie europee stanno lottando contro la carenza di competenze e gli istituti di istruzione e formazione non sono in grado di rispondere a tale necessità. Ciò vale per le competenze digitali generali come anche per quelle di livello specialistico. Dal lato dell'offerta, i giovani non si sentono adeguatamente dotati delle competenze necessarie per il mercato del lavoro del futuro. Uno studio di Deloitte ha rilevato che il 70% dei giovani ritiene di possedere solo alcune delle competenze che saranno necessarie per avere successo nel mondo del lavoro del futuro^{xvii}.

Una possibile via d'uscita dallo "skill mismatch" è un nuovo approccio allo sviluppo tecnologico. La tecnologia deve farsi più intuitiva e più user-friendly, in modo che ai lavoratori non servano competenze specifiche per utilizzarla. Inoltre, è necessario che la formazione segua uno sviluppo parallelo a quello della tecnologia, in modo da assicurare che l'insieme delle competenze disponibili corrisponda quanto più e meglio possibile alle necessità dell'industria. I progetti di Horizon 2020 SAM (Sector Skills Strategy in Additive Manufacturing) e SAIS (Skills Alliance for Industrial Symbiosis – A Cross-sectoral Blueprint for a Sustainable Process Industry)^{xviii} stanno già adottando questo approccio.

È importante osservare che è impossibile garantire il miglioramento delle competenze di ogni singolo lavoratore dell'industria. Con una maggiore automazione, alcune abilità diventeranno inevitabilmente obsolete e quindi difficili da sviluppare ulteriormente. Pertanto, è importante favorire la riconversione delle competenze dei lavoratori. È il caso delle competenze digitali, spesso non (ancora) comprese nel percorso di educazione e formazione dei lavoratori: è tuttavia essenziale assicurare a tutti un certo livello base di conoscenza e comprensione della materia, in particolare per quanto concerne l'intelligenza artificiale. È importante che tutti abbiano una conoscenza di base del funzionamento dell'IA e dei potenziali vantaggi e limiti di tale tecnologia: di fatto, è il primo requisito perché gli esseri umani mantengano il controllo di una tecnologia così potente.

Le competenze digitali non sono le uniche richieste ai lavoratori dell'industria nelle fabbriche del futuro. Il World Manufacturing Forum ha stilato la top-ten delle competenze necessarie alla produzione del futuro. Sorprendentemente, solo quattro sono di natura digitale: "alfabetizzazione digitale, intelligenza artificiale e data analytics", "lavorare con le nuove tecnologie", "cybersecurity" e "data-mindfulness". Le altre competenze sono più trasversali, legate al pensiero creativo e imprenditoriale, flessibile e aperto^{xix}.



Figura 5. La top-ten delle competenze individuata dal World Manufacturing Forum per il futuro della produzione © World Manufacturing Forum

Sebbene la ricerca e l'innovazione siano motori chiave della produttività e della competitività, anche le economie e le imprese possono trarre vantaggio dall'importazione e dall'adozione di innovazioni prodotte altrove. La diffusione della tecnologia dipende principalmente dalla capacità di assorbirla, capacità da costruirsi con l'investimento interno su competenze e capitale umano. Le imprese possono e devono svolgere un ruolo maggiore nell'istruzione e formazione della forza lavoro, perché hanno le competenze e le conoscenze necessarie e il collegamento più diretto con la tecnologia, sanno quali competenze mancano e quali saranno necessarie in futuro. Al contempo, i lavoratori vanno incoraggiati a partecipare alla progettazione della formazione, per assicurare che i corsi siano pertinenti e adatti ai discenti.

6 I vantaggi per l'industria

L'Industria 5.0 apporta benefici sia ai lavoratori sia alle imprese. I vantaggi per l'industria sono di ampia portata e vanno da una miglior attrazione e fidelizzazione dei talenti, al risparmio energetico e a una maggior resilienza in generale. Il vantaggio globale per l'industria europea è a lungo termine: competitività e rilevanza continue grazie a un efficace adeguamento a un mondo in evoluzione e ai nuovi mercati. Sul breve termine, gli investimenti necessari potrebbero esporre le industrie europee al rischio di una temporanea perdita di competitività rispetto a quelle che ancora non investono nell'Industria 5.0. Per mitigare questo rischio sarà fondamentale programmare e coordinare accuratamente gli investimenti. Riteniamo tuttavia che i rischi maggiori per l'industria possano derivare dalla mancanza d'impegno nella dimensione sociale in senso ampio della transizione verso la sostenibilità, la centralità dell'uomo e la resilienza: questo farebbe infatti perdere competitività nel lungo periodo.

6.1 Attrarre e fidelizzare i talenti

Una sfida sempre maggiore per le imprese è quella di attrarre e fidelizzare una forza lavoro qualificata. Sembra particolarmente problematico coprire le posizioni che richiedono competenze digitali e/o multidisciplinari. A possedere le competenze necessarie è probabilmente e soprattutto la fascia più giovane della forza lavoro: i giovani delle generazioni "Y" e "Z" sono cresciuti nell'era della digitalizzazione e sono talvolta definiti "nativi digitali". Si stima che entro il 2025 il 75% della forza lavoro sarà formato dai cosiddetti "millennial", persone nate tra il 1985 e il 1995^{xx}.

Attualmente, i millennial sono la generazione più variegata per etnia e razza ad aver mai fatto ingresso nel mercato del lavoro. Vi sono solide evidenze indicanti che le loro preferenze, orientamenti e motivazioni sono sostanzialmente diversi da quelli delle coorti delle generazioni precedenti. Rispetto alle generazioni precedenti, i millennial sono più spesso guidati da valori sociali anziché orientati. Un sondaggio di Cone Communication (2016)^{xxi} ha rilevato che il 75% dei millennial accetterebbe una riduzione dello stipendio per lavorare in un'azienda socialmente responsabile, mentre il 76% di loro valuta gli impegni sociali e ambientali di un'azienda prima di decidere di (non) lavorarvi. Il 64% dei millennial non accetterebbe di lavorare per un datore di lavoro non dotati di solide prassi di responsabilità aziendale. Tutto ciò è stato confermato nel rapporto di PricewaterhouseCoopers, "Millennials at work - Reshaping the Workplace"^{xxii}, secondo cui una volta soddisfatti i bisogni di base, quali retribuzione e condizioni di lavoro adeguate, nella scelta del lavoro i millennial attribuiscono grande importanza ai valori sociali delle imprese: "i millennial vogliono che il loro lavoro abbia uno scopo, vogliono dare il loro contributo al mondo ed essere orgogliosi del loro datore di lavoro".

Essere un'impresa socialmente responsabile e rispettosa dell'ambiente non significa solo adattare i processi di produzione, ma anche lanciare iniziative al di fuori delle attività lavorative fondamentali, quali programmi di volontariato per i dipendenti o attività organizzate per la comunità locale^{xxiii}.

Un'altra caratteristica delle giovani generazioni della forza lavoro è che sono maggiormente impegnate verso gli Obiettivi di sviluppo sostenibile, tra cui l'uguaglianza, la lotta ai cambiamenti climatici, la pace, la giustizia, l'eliminazione della povertà e la prosperità.^{xxiv} I millennial preferiscono quindi lavorare in aziende più rispettose dell'ambiente. In un sondaggio di Swtch su 1000 lavoratori negli Stati Uniti, quasi i tre quarti degli intervistati si sono detti più propensi a lavorare per un'azienda con un'impronta verde, mentre tra i millennial, il 40% circa ha dichiarato di aver preferito un'offerta di lavoro ad altre per via della sostenibilità dell'azienda. Il 70% ha dichiarato che la sostenibilità influenzerebbe la loro decisione di restare a lungo in una determinata azienda.^{xxv}

Per rimanere competitive nel mercato delle assunzioni, le imprese devono accettare e accogliere i valori più importanti per i loro potenziali dipendenti. Ciò vale in particolare per i settori che stanno introducendo nelle proprie catene del valore soluzioni digitali: di fatto, tutti, con rarissime e forse nessuna eccezione.

6.2 Efficienza delle risorse per la sostenibilità e la competitività

La capitalizzazione, la penetrazione del mercato, i ricavi, i profitti e tutti gli indici economici convenzionali non riflettono né il vero stato attuale né le prospettive generali della "competitività" di un settore. Per esempio, la redditività potrebbe basarsi sull'uso di risorse non rinnovabili, su un marchio forte e preesistente o su condizioni di mercato effimere. Il concetto di Industria 5.0 promuove le prestazioni economiche delle imprese nel rispetto delle esigenze e degli interessi dei lavoratori e con la garanzia della sostenibilità ambientale. Questo rende il concetto di Industria 5.0 interessante non solo per gli imprenditori, ma anche per i potenziali investitori e per i consumatori, che potrebbero beneficiare della disponibilità di prodotti più competitivi in senso ampio.

Molte catene strategiche del valore comprendono imprese ad alta intensità energetica responsabili di più della metà del consumo energetico industriale dell'UE^{xxvi} e responsabili di circa l'8% delle emissioni dell'UE. I costi di dette imprese sono pertanto influenzati in modo sproporzionato dalla ricerca della neutralità climatica e dalle inevitabili fluttuazioni dei prezzi dell'energia. Servono tecnologie energetiche per la resilienza e la riduzione dei costi, nonché un quadro politico moderno per gestire la transizione energetica riuscendo al contempo a mantenere la competitività globale dei settori ad alta intensità energetica. Progetti di ricerca e innovazione finanziati dall'UE quali EMB3Rs, SO WHAT e INCUBIS, trasformano il calore di scarto in una risorsa preziosa e contribuiscono a un miglior utilizzo delle fonti di energia rinnovabili. Il rapporto dell'OCSE sulle transizioni industriali^{xxvii} delinea le sfide specifiche a livello regionale, perché si possano sfruttare le opportunità derivanti dalla modernizzazione industriale limitandone il costo per la comunità e i lavoratori.

Gli operatori delle reti TIC (Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione) utilizzano circa l'1% dell'elettricità mondiale (242 terawattora nel 2015), equivalente allo 0,34% delle emissioni di gas serra a livello mondiale. La quota rappresentata dal settore è pertanto rilevante in termini di sostenibilità ambientale e performance economica.

Negli ultimi cinque anni, nonostante l'aumento della domanda di dati, il consumo di elettricità delle TIC è rimasto pressoché invariato, perché l'aumento del traffico internet e dei carichi di dati è bilanciato da una maggiore efficienza, per esempio con la chiusura delle strutture più obsolete a favore di nuove strutture ultra efficienti. Questi risultati potrebbero tuttavia trovare limitazioni nel prossimo futuro, e molte previsioni indicano come probabile un aumento della domanda di elettricità dei data center nel secondo decennio del secolo. Le TIC hanno un duplice ruolo nella mitigazione dei cambiamenti climatici: primo, possono far fronte alle emissioni del settore e ridurre i costi attraverso l'efficienza energetica e l'adozione di fonti energetiche rinnovabili; secondo, e più importante, hanno il potenziale necessario per consentire una riduzione delle emissioni nell'intera l'economia.

Efficienza delle risorse significa "fare meglio con meno", ottimizzare la relazione tra l'output di produzione e input di risorse. Significa considerare la prospettiva del ciclo di vita e del fine vita dei prodotti. Il progetto RE-CIRCLE^{xxviii} dell'OCSE fornisce linee guida per l'efficienza delle risorse e per la transizione verso un'economia circolare che non solo apporti benefici in termini di sicurezza materiale, ma migliori anche i risultati ambientali ed economici. La nuova economia deve basarsi su un'efficienza in termini di risorse che derivi dall'innovazione, in stretta correlazione con l'Agenda 2030^{xxix} delle Nazioni Unite e in particolare con gli Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG, Sustainable Development Goals) n°9 e n°12, "Imprese, innovazione e infrastruttura" e "Consumo e produzione responsabili". Il rapporto periodico dell'OCSE "Measuring Distance to the SDG Targets"^{xxx} offre una panoramica dei punti di forza e di debolezza del percorso per il conseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile nel loro complesso, per aiutare i paesi OCSE a individuare ciascuno le proprie priorità nell'ambito dell'Agenda 2030. A livello dell'UE, la Commissione europea, tramite Eurostat, ha sviluppato un quadro di indicatori di riferimento per il monitoraggio dei progressi verso il conseguimento dei 17 Obiettivi. Eurostat ha recentemente pubblicato la quarta edizione del rapporto di monitoraggio^{xxxi}, che si basa su un elenco di 99 indicatori univoci e di 41 indicatori multifunzione (MPI, Multi-Purpose Indicators). Il quadro statistico dei cinque anni trascorsi dall'adozione dell'Agenda 2030 mostra che l'UE ha compiuto progressi significativi verso gli Obiettivi di sviluppo sostenibile e continua a rafforzare il proprio impegno in tal senso.

6.3 Maggiore resilienza

La resilienza è la capacità di affrontare in modo flessibile il cambiamento. Le catene del valore e i mercati globalizzati sono sempre più esposti a cambiamenti dirompenti quali quelli causati dai cambiamenti (geo)politici (Brexit, conflitti commerciali, protezionismo, ecc.) e dalle emergenze naturali (pandemie, impatto dei cambiamenti climatici, ecc.). L'industria del futuro deve attrezzarsi in modo da potersi adattare rapidamente alle mutevoli circostanze delle catene del valore fondamentali, per garantire il proprio ruolo di motore sostenibile della prosperità. Un'industria resiliente può far fronte alle vulnerabilità che possono presentarsi ai livelli più diversi, da quello del singolo stabilimento a quelli della rete di fornitura e dell'intero sistema industriale.

In una situazione sociale e ambientale stabile, l'innovazione industriale tende a concentrarsi sull'aumento dell'efficienza delle linee di produzione e delle catene di fornitura. Questa crescita dell'efficienza, tuttavia, va spesso a scapito della resilienza. Una catena del valore a basso costo può essere fragile e presentare singole falle, le fabbriche più efficienti possono avere una struttura tanto rigida da dover cessare o almeno ridurre in modo significativo la produzione in caso di circostanze impreviste. La ricerca sulla resilienza industriale può contribuire alla comprensione dei rischi globali, locali e tecnici che l'industria si trova a dover affrontare con sempre maggior frequenza, può sviluppare e mettere in atto strategie di mitigazione suscettibili di costituire il fulcro di un funzionamento ottimale e resiliente dell'industria in futuro. Tecniche innovative, tra cui linee di produzione più modulari, fabbriche gestite da remoto, utilizzo di nuovi materiali e monitoraggio e gestione dei rischi in tempo reale possono aiutare l'industria a raggiungere la resilienza di cui ha bisogno.

Le tecnologie digitali svolgeranno un ruolo speciale. L'interconnessione digitale abiliterà una serie di tecnologie resilienti (tra cui raccolta di dati, analisi automatizzata dei rischi e misure di mitigazione automatizzate), e una maggiore dipendenza dalle tecnologie digitali esporrà l'industria a interruzioni tecniche dovute a malfunzionamenti e attacchi informatici. La ricerca e l'innovazione avranno un ruolo chiave nello sviluppo del livello di cybersecurity necessario alla resilienza dell'industria del futuro.

7 Dal concetto alla realtà

Sostenibilità, centralità dell'uomo e resilienza sono le caratteristiche distintive di Industria 5.0. Riteniamo che tali caratteristiche non siano semplicemente auspicabili, bensì che siano necessarie perché l'industria europea si confermi importante, competitiva e pronta per il futuro. Pertanto, quando ci chiediamo come realizzare l'Industria 5.0, di fatto ci chiediamo come la politica europea possa creare le condizioni necessarie perché l'industria possa prepararsi e innovarsi per il futuro.

Quel futuro potrebbe essere più vicino di quanto sembri, e per certi aspetti, potrebbe già essere qui. La rivoluzione digitale è in pieno svolgimento e non mostra segni di rallentamento. Il cambiamento climatico è sempre più una realtà. La pandemia da Covid-19 ha già avuto un forte impatto sulla produzione in molti settori industriali. I cambiamenti nel clima politico, come la crescente diffusione di ideologie protezionistiche, stanno mettendo in discussione le catene del valore a livello globale. Molti settori industriali sono costantemente afflitti dalla difficoltà di trovare nuovo personale dotato delle giuste competenze e dalla difficoltà di aggiornamento delle competenze interne.

L'Europa sta già elaborando policy in grado di dare risposte solide a diverse questioni: la Commissione europea sta procedendo con il supporto e la regolamentazione delle tecnologie digitali emergenti, compresa l'IA. Il suo ambizioso Green Deal è stato approvato da tutti gli Stati membri. Sono state proposte una nuova Strategia industriale europea e un'Agenda per le competenze. Il Pacchetto per la ripresa contiene disposizioni rigorose volte a garantire che la ripresa dopo la pandemia da Covid-19 sia forte, a prova di futuro e resiliente.

Il nostro concetto di Industria 5.0 è guidato da questi cambiamenti, di grande impatto, e dalle corrispondenti risposte a livello di policy. Il paradigma di Industria 4.0 è stato principalmente guidato dal potenziale delle tecnologie emergenti per migliorare l'efficienza e la produttività, mentre quello di Industria 5.0 è spinto dai cambiamenti e dalle realtà sociali emergenti. L'industria 5.0 si concentra sulla tecnologia e sull'innovazione in quanto componenti necessarie per la transizione verso un nuovo paradigma industriale in cui l'industria europea sia sempre più resiliente e capace di adattarsi alla nuova realtà sociale, in cui la produzione è chiamata a rispettare i limiti del pianeta e il benessere dei lavoratori è posto al centro del processo produttivo. Il nostro ruolo specifico come Direzione generale per la Ricerca e l'Innovazione della Commissione europea consiste nel sostenere lo sviluppo delle tecnologie nuove ed emergenti, che costituiscono la base per questa transizione.

7.1 *L'uomo al centro*

L'Unione europea ha già adottato un approccio incentrato sull'uomo e sulla società, in molte delle sue policy chiave. Per citarne alcune, il Regolamento generale per la protezione dei dati personali (GDPR) tutela il diritto dell'individuo alla protezione dei propri dati personali nell'utilizzo di servizi aziendali e governativi; il Libro bianco sull'intelligenza artificiale stabilisce i principi

per un'eventuale regolamentazione dell'IA che tuteli determinate categorie di utenti delle tecnologie basate sull'IA. Sebbene entrambe le iniziative siano state oggetto di critica da parte del mondo imprenditoriale, esse ribadiscono ancora una volta l'impegno europeo alla protezione dei diritti umani e fondamentali, che costituiscono una priorità. Con le sue policy basate sui valori, l'Europa è davvero leader a livello mondiale.

In ambito industriale, c'è ancora margine di progresso per quanto riguarda l'approccio incentrato sull'uomo. Per garantire che sia le imprese sia i lavoratori traggano vantaggio dalla transizione digitale, è necessario ripensare e ridisegnare i modelli di business e coinvolgere i lavoratori in ciascuna delle fasi del processo di transizione.

Per beneficiare dei punti di forza delle tecnologie e dei lavoratori, le imprese devono investire su entrambi. È necessaria una cooperazione più solida tra imprese e istituti di istruzione e formazione, perché le imprese sono in grado di individuare i gap di competenze e indicare le competenze necessarie nel prossimo futuro. La ricerca deve sostenere tale processo apportando competenze in linea con le tendenze generali della società e del mercato del lavoro.

Istruzione, formazione, miglioramento e riconversione delle competenze sono di certo tra le questioni più urgenti da affrontare per accogliere la transizione digitale nelle imprese, perché un capitale umano debitamente qualificato è essenziale per concretizzare questa transizione. Dobbiamo purtroppo ammettere che non tutti saranno idonei alla riqualificazione. Alcuni lavoratori potrebbero mancare persino delle competenze digitali di base necessarie all'istruzione e formazione continue.

Vi è già una serie di iniziative di policy previste dall'Agenda per le competenze dell'UE. In particolare, il Piano d'azione per l'istruzione digitale (2021-2027), aggiornato, delinea la visione della Commissione europea per sistemi di istruzione e formazione di alta qualità, inclusivi e accessibili, adatti all'era digitale. Le due priorità del Piano si concentrano sulla necessità di promuovere lo sviluppo di un ecosistema formativo digitale di alta qualità e di potenziare le capacità e le competenze digitali per la trasformazione digitale. Potrebbero essere comunque necessarie ulteriori misure nell'ambito delle policy sul lavoro, per il giusto riconoscimento del lavoro nell'economia digitale (p.e. l'etichettatura dei dati), il lavoro sulle piattaforme o la revisione dell'orario di lavoro standard.

Potrebbero essere inoltre necessarie riforme sostanziali nelle politiche sociali, quali i sistemi di protezione sociale e sanitaria. Infine, potrebbero doversi ripensare i collegamenti tra lavoro retribuito e prestazioni previdenziali, e rivedersi i sistemi di tassazione in essere. Poiché non tutti i lavoratori saranno in grado di ricollocarsi nelle imprese trasformate, vi è la responsabilità sociale di garantire che essi rimangano comunque membri importanti e protetti della società.

7.2 Sostenibilità

Lo sviluppo sostenibile è stato a lungo al centro delle policy europee, saldamente ancorate ai Trattati dell'Unione.

L'UE si è pienamente impegnata a realizzare i 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) dell'Agenda 2030, adottata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite nel 2015, come delineato nel documento di riflessione "Towards a Sustainable Europe by 2030" (Verso un'Europa sostenibile entro il 2030)^{xxxii}. Il Green Deal annunciato nel dicembre 2019 definisce in modo chiaro che cosa l'Europa debba fare per passare a un'economia sostenibile. Sono stati individuati diversi strumenti utili ad aiutare l'UE a conseguire il suo ambizioso obiettivo di emissioni zero. Le innovazioni nell'ambito della tecnologia verde, insieme alle iniziative dell'UE per la digitalizzazione dell'industria europea (tra cui un migliore utilizzo dei big data e dell'intelligenza artificiale) sono ormai realtà, e si diffondono sempre più nel mondo dell'industria. Di fronte alle crescenti preoccupazioni ambientali e sociali, le imprese hanno iniziato a integrare la sostenibilità nei propri modelli di business. Una volta compresi appieno i vantaggi di una migliore immagine aziendale e del risparmio sui costi di energia e materiali, l'industria abbraccerà l'efficienza delle risorse come una scelta naturale. La ricerca deve prestare maggiore attenzione a come le imprese possano rinnovare il proprio modello di business, dare maggior peso alla sostenibilità ambientale nell'organizzazione del proprio ecosistema aziendale.

L'aumento della produzione industriale necessita di norma di più energia e comporta una crescita delle emissioni di carbonio. L'innovazione può invertire tale tendenza mediante una pianificazione della produzione più intelligente e l'uso di tecnologie più efficienti dal punto di vista energetico. Tra il 1990 e il 2016 l'efficienza energetica dei settori di utilizzo finale nell'UE è migliorata del 30% a un tasso medio annuo dell'1,4%^{xxxiii}. Tutti i settori hanno contribuito a questo miglioramento, con i guadagni maggiori registrati nel settore industriale per un valore complessivo del 38% o 1,8%/anno. Dal 2005 si è tuttavia registrato un netto rallentamento nel miglioramento dell'efficienza energetica delle industrie (1,2%/anno contro il precedente 2,2%/anno). I miglioramenti si sono registrati in tutti i rami dell'industria, ma sono stati notevolmente inferiori nei settori a più alta intensità energetica. È di fondamentale importanza considerare il legame tra il consumo di energia e la crescita economica a livello settoriale, soprattutto per le industrie ad alta intensità energetica. Tale analisi settoriale può contribuire a individuare questioni specifiche per settore che potrebbero portare ad attività di ricerca e innovazione più mirate per l'efficienza energetica, nonché a politiche energetiche estremamente mirate.

L'attuale percentuale di materie prime secondarie e risorse reintrodotte nell'economia (circa il 12%) è chiaramente incrementabile.^{xxxiv} Il concetto di economia circolare costituisce il modello di una nuova economia ed è conforme all'obiettivo 12 delle Nazioni Unite "Modelli di produzione e consumo sostenibili", genera vantaggi economici rapidi e duraturi e gode di ampio sostegno pubblico. Presenta una sfida positiva e coerente in termini d'innovazione, una sfida in cui i giovani vedono l'importanza e l'opportunità di ripensare e riprogettare il proprio futuro. L'ottimizzazione delle soluzioni tecno-economiche esistenti non è certo sufficiente. L'industria deve perseguire soluzioni nuove e rivoluzionarie, metterle in atto e comprendere le implicazioni della rielaborazione dei propri modelli di business. Alcuni materiali si adattano abbastanza facilmente al concetto di economia circolare, mentre altri (come i materiali compositi, le plastiche rinforzate con fibre, gli scarti metallurgici, ecc.) presentano una sfida molto più ardua e richiedono ulteriore studio.

La ricerca necessita pertanto del continuo sostegno di Horizon Europe, per proseguire il lavoro svolto nell'ambito dei precedenti programmi quadro di ricerca. Molte imprese europee sono già consapevoli che l'ecologia industriale e, più in particolare, la simbiosi industriale (condivisione e riutilizzo di risorse secondarie e sottoprodotti) è un bene non solo per l'ambiente, ma anche per l'industria, che aiuta a competere sui mercati globali e a rimanere competitiva sul lungo termine.

7.3 Resilienza

La pandemia di coronavirus ha messo in discussione la resilienza della nostra società e della nostra economia. Un'industria che sia intrinsecamente resiliente può contribuire in modo importante alla resilienza della società, assicurando la continuità della produzione e dell'occupazione. Piuttosto che un rapido ritorno alla "vecchia normalità", consolidata ma fragile, a consentire il superamento della crisi scatenata dal Covid-19 sarà la ricostruzione di un'economia e di un'industria europee che siano molto più resilienti e a prova di futuro.

Questa convinzione si riflette nella sostanziale risposta europea alla crisi economica provocata dalla pandemia, che ha posto in luce alcune delle principali caratteristiche dell'Industria 5.0 come essenziali a una transizione efficace a una "nuova normalità". Con lo strumento per la ripresa e la resilienza, la Commissione europea intende sostenere i paesi dell'UE nello sviluppo di riforme che garantiscano una ripresa sostenibile. La realizzazione di riforme e di investimenti sulle priorità verdi, digitali e di resilienza sociale contribuiranno a creare posti di lavoro e crescita sostenibile, e consentiranno una ripresa equilibrata, lungimirante e duratura. Lo Strumento per la Ripresa e la Resilienza sarà finanziato tramite uno strumento europeo per la ripresa di emergenza, Next Generation EU, per un importo di 750 miliardi di euro. Per accedere allo strumento, gli Stati membri devono predisporre piani di ripresa e resilienza, definendo il proprio programma di riforma e investimento.

Nel contesto dello Strumento per la Ripresa e la Resilienza, la Commissione europea sta anche adottando misure volte a rafforzare l'autonomia strategica dell'Unione in una serie di aree specifiche, tra cui le catene strategiche del valore. La Commissione europea si propone inoltre di creare un nuovo strumento per gli investimenti strategici rivolti alle catene di valore fondamentali per la futura resilienza e autonomia strategica dell'Europa nel contesto delle transizioni verdi e digitali.

È chiaro che l'industria giocherà un ruolo chiave nella transizione verso una società più resiliente, sostenibile e antropocentrica. Come ribadito più volte nel presente documento, perché l'industria adempia e continui ad adempiere il proprio ruolo di motore della prosperità per le nostre società, è necessario che essa si innovi e si adegui per transitare a un nuovo paradigma sociale e ambientale. Per uscire con successo dalla crisi del Covid-19 saranno necessari un coordinamento efficace e una stretta cooperazione tra l'industria e gli Stati membri, a livello europeo. Sebbene ci aspettino tempi difficili, l'industria avrà l'opportunità unica di investire nella transizione verso la "nuova normalità" dell'Industria 5.0.

7.4 I prossimi passi

Come mostrato, la transizione verso l'Industria 5.0 è già iniziata. Molti dei progetti di Horizon 2020 stanno già contribuendo allo sviluppo del concetto di Industria 5.0. Di seguito le azioni maggiori che costituiranno i prossimi passi del nostro toolbox, in continua espansione, per la concretizzazione dell'Industria 5.0:

Aumentare la consapevolezza nell'industria, ma anche presso le parti sociali europee. Ciò consentirà il consolidamento e la promozione del concetto di Industria 5.0. A tal fine, stiamo preparando un'infografica e una pagina web dedicate a presentare gli elementi principali del concetto.

- Implementazione delle tecnologie necessarie per l'Industria 5.0. Abbiamo organizzato due workshop (virtuali) sulle tecnologie emergenti per l'Industria 5.0. I risultati principali vengono integrati nella preparazione del primo programma di Horizon Europe, in particolare per il Cluster 4.
- Individuare le azioni e le opportunità esistenti per lo sviluppo di Industria 5.0 in Europa, comprese le azioni volte a incoraggiare la diffusione in tutta Europa della tecnologia inclusiva.
- Seguire il principio dell'innovazione, verificando eventuali barriere normative all'innovazione rilevanti per Industria 5.0. Se del caso, proporre accordi sull'innovazione/spazi di sperimentazione normativa per superare tali ostacoli.
- Esplorare l'innovazione aperta e testare nuove forme di condivisione dei risultati di ricerca e innovazione (cfr. p.e. il Manifesto per la ricerca sul Covid-19 della Commissione europea^{xxxv}).
- Promuovere le caratteristiche distintive di Industria 5.0 quali principi guida per lo sviluppo di roadmap tecnologiche comuni nell'ambito delle agende strategiche per l'innovazione, come menzionato nella nuova comunicazione sullo Spazio europeo della ricerca^{xxxvi}.
- Sensibilizzare le altre aree di policy. La transizione a Industria 5.0 richiederà una serie di azioni di policy in settori quali quello sociale, l'istruzione, la fiscalità, l'energia, la politica industriale, ecc. Questi settori esulano dal mandato della Direzione generale per la ricerca e l'innovazione. Verranno avviati contatti bilaterali con le DG responsabili per discutere le possibili azioni in dette aree di policy.

ANNEX I

MAPPING OF PAST AND ON-GOING PROJECTS

ACTPHAST 4.0

ACceleraTing PHotonics innovAtion for SME's: a one STop-shop-incubator

1 November 2017 - 31 October 2021

ACTPHAST 4.0 is a unique European one-stop-shop innovation incubator in photonics, which is being funded by the European Commission under the Horizon2020 Framework , and which combines the state-of-the-art expertise and technologies of 24 leading research institutes in photonics from across 13 European countries, to make them available to any European company – with a particular emphasis on SMEs – for the purposes of solving critical innovation challenges in the companies' new product development activities through innovation projects. The costs of the photonics innovation projects are subsidized by ACTPHAST 4.0 on the basis that they will have a substantial impact on the business growth of the supported companies, and the overall digitization of European industry.

<https://www.actphast.eu/en>

BEYOND4.0

Technological inequality – understanding the relation between recent technological innovations and social inequalities

1 January 2019 - 31 December 2022

BEYOND4.0 focuses on the key developments and the concepts needed to deliver an inclusive Europe by examining the impact of new technologies on the future of jobs, business models and welfare in the EU. The main premise is that technology is not deterministic but socially negotiated by key social actors at various levels: firms, industry, regional, national and EU. The project's ambition is to generate new scientific evidence and policy development around these issues and contribute to the EC's Europe 2020 strategy promoting smart, sustainable and inclusive growth by responding to the challenges and maximising the opportunities of digitalisation in Europe for the next decade and beyond. In meeting the need for integrative research, the main objectives of BEYOND4.0 are about to: 1) Provide systematic insight into technological transformation and its disruptiveness; 2) Provide insight into relevant company strategies as well as the role of social dialogue with key actors; 3) Examine the impact of this technological transformation using new, innovative approaches to analyse and predict its impact; 4) Identify the range of policy options to deal with the consequences of technological transformation; and, 5) Identify the range of social investment and tools towards an inclusive technological transformation.

<https://beyond4-0.eu/>

BOOST 4.0

Big Data Value Spaces for COmpetitiveness of European COnnected Smart FacTories 4.0

1 January 2018 - 31 December 2020

EFFRA recommendations on Factories 4.0 and Beyond (Sept 2016) clearly stated the need for development of large scale experimentation and demonstration of data-driven "connected smart" Factories 4.0, to retain European manufacturing competitiveness. BOOST 4.0 will address this need, by demonstrating in a measurable and replicable way, an open standardised and transformative shared data-driven Factory 4.0 model through 10 lighthouse factories. BOOST 4.0 will also demonstrate how European industry can build unique strategies and competitive advantages through big data across all phases of product and process lifecycle (engineering, planning, operation, production and after-market services) building upon the connected smart Factory 4.0 model to meet the Industry 4.0 challenges (lot size one distributed manufacturing, operation of zero defect processes & products, zero break down

sustainable operations, agile customer-driven manufacturing value network management and human centred manufacturing).

<https://boost40.eu/>

CoLLaboratE

Co-production Cell performing Human-Robot Collaborative Assembly

1 October 2018- 30 September 2021

CoLLaboratE will revolutionize the way industrial robots learn to cooperate with human workers for performing new manufacturing tasks, with a special focus on the challenging area of assembly operations. The envisioned system for collaborative assembly will be capable of allocating human and robotic resources for executing the production plan sharing the tasks according to the capabilities of the available actors. The CoLLaboratE project will build upon state-of-the-art methods for teaching the robot assembly tasks using human demonstration, extending them to facilitate genuine human-robot collaboration. To this end, a framework for equipping the robots and AGV mobile platforms with basic collaboration skills, such as load sharing, human touch recognition and human intention detection, will also be developed, coupled with deep reinforcement learning algorithms for increasing adaptability. Special attention will be paid to providing effective safety strategies allowing the use of a fenceless approach within the production cell. As a result, closer collaboration will be achievable and efficient production plans making optimal use of the available resources will be designed and executed.

<https://collaborate-project.eu/>

DISCE

Developing Inclusive & Sustainable Creative Economies

1 January 2019 - 31 December 2021

The DISCE project is set to improve and enhance the growth, inclusivity and sustainability of the Cultural and Creative Industries (CCIs) in the EU. Overall, the ambitious objectives of DISCE are: i) to support the development patterns of CCIs within the EU through research on new business models and inclusive growth; and ii) to re-shape understanding of what 'inclusive and sustainable growth' consists of in this context, shifting the CCIs (and CCIs policy) towards strategic goals of 'cultural development' that encompass both GDP and human flourishing. DISCE is an interdisciplinary, mixed-methods project that builds on three pillars: 1) Robust statistical analyses, mapping and development of new statistical indices for a better understanding of the inclusive and sustainable development of CCIs in Europe; 2) In-depth case studies developing rich findings and nuanced understanding of the Creative Economies and their ecologies; and, 3) Active co-creation and interaction with stakeholders to validate the policy relevance of the project, as well as the policy outcomes and achieve long-term impact and sustainability. DISCE serves all the beneficiaries relevant research results, which will help and support stakeholders to fill existing information gaps in daily policy and decision-making processes. The project will bring out recommendations for actors how to react, function and decide in specific situations to promote inclusive growth and progress on the sustainable development in the field of CCIs.

<https://disce.eu/>

DRALOD

Renewables-based drying technology for cost-effective valorisation of waste from the food processing industry

1 August 2018 - 31 December 2020

DRALOD is addressed to waste management enterprises serving the food-processing sector since most enterprises in the food sector outsource their waste management operations to specialized subcontractors. It is also addressed to the Food Manufacturing and processing sector, for valorisation as functional food additives perfectly aligned with the food enterprises core business. DRALOD uses

renewables only, to allow valorisation of plant-origin waste into highly valuable functional ingredients as demanded by the nutraceutical and pharmaceutical industry.

<https://dralod.com/>

EMB3Rs

User-driven Energy-Matching & Business prospection tool for industrial Excess heat/cold Reduction, Recovery and Redistribution

1 September 2019 - 31 August 2022

The EU-funded EMB3Rs project develops an open-source platform to support a bottom-up characterisation of energy supply and demand. It simulates the cost benefits of alternative options for the recovery and use of excess heat for a wide range of industries. By translating industrial excess heat into savings and increased overall system efficiency, EMB3Rs allows the energy-intensive industries to improve their competitiveness and contribute to the EU climate change goals.

Users, like industries that produce waste heat, will provide the essential parameters, such as their location and the available excess thermal energy. The EMB3Rs platform will then autonomously and intuitively assess the feasibility of new business scenarios and identify the technical solutions. End users such as energy communities will be able to determine the costs and benefits of industrial excess heat and cold utilisation routes and define the requirements for implementing the most promising solutions. Matching excess heat providers with end-users will enable win-win partnerships and reduce CO2 emissions. Seven case-studies will deliver data to create and validate the platform including the re-use of excess heat from a cement producer and a metal casting company, an industrial park and local supermarkets in district heating networks.

<https://www.emb3rs.eu/>

EMPOWER

European platform to Promote Wellbeing and Health in the workplace

1 January 2020 - 31 December 2023

EMPOWER is a multidisciplinary research and innovation effort aiming to developing, implementing, evaluating and disseminating the effectiveness and cost-effectiveness of a modular eHealth intervention platform to promote health and well-being, reduce psychological distress, prevent common mental health problems and reduce their impact in the workplace. In collaboration with stakeholders, we will adapt existing effective interventions focused on different components (awareness and stigma, workplace conditions and psychosocial factors, stress, common mental health symptoms, early detection, comorbidity, lifestyle, and return to work) to create a combined online modular platform feasible in various workplace settings by culturally and contextually adapting it.

Through scaling-up pre-existing effective and cost-effective interventions, EMPOWER is aimed at addressing the overarching challenges from different perspectives, including individual level (e.g., addressing stigma, mental health, well-being and lifestyles, taking into account legal, cultural and gender issues) and organizational level. The main outcomes effort will help employees, employers and policymakers in decision processes of new legal and contractual framework at EU and national level covering the new economy landscape.

<https://empower-project.eu/>

EVRYON

Evolving Morphologies for Human Robot Symbiotic Interaction

1 February 2009 - 31 May 2012

The goal of the EVRYON project was to develop a novel approach for the design of Wearable Robots (WRs), e.g. exoskeletons, prostheses and other wearable mechatronic devices that can be used for a variety of applications, such as rehabilitation, personal assistance, human augmentation and more.

Ideal solutions for such systems should aim at the optimal trade-off between performance, i.e. the level of assistance to be provided to the end-user, and some critical requirements, such as minimal weight and dimensions, low energy consumption and several other factors that can significantly affect the effectiveness and efficiency of WRs.

<https://www.biorobotics.it/>

FACTS4WORKERS

FACTorieS for WORKERS

1 December 2014- 30 November 2018

Human workforce in factories on all levels from shop floor to management should be strengthened in their flexibility. The project aims to increase problem-solving and innovation skills, cognitive job satisfaction and worker productivity, finally attracting more young talents to factory work. The human resource is the most skilled, flexible and productive asset of any production system.

<https://facts4workers.eu/>

FIT4FoF

Making our Workforce Fit for the Factory of the Future

1 October 2018 - 30 September 2021

The project aims at addressing workers' needs, analysing technology trends across 6 industrial areas of robotics, additive manufacturing, mechatronics/machine automation, data analytics, cybersecurity and human machine interaction, to define new job profiles, which will inform education and training requirements.

<https://www.fit4fof.eu/>

FourByThree

Highly customizable robotic solutions for effective and safe human robot collaboration in manufacturing applications

1 December 2014 - 30 November 2017

The project proposes the development of a new generation of modular industrial robotic solutions that are suitable for efficient task execution in collaboration with humans in a safe way and are easy to use and program by the factory workers.

<http://fourbythree.eu/>

GROWINPRO

Growth Welfare Innovation Productivity

1 January 2019 - 31 December 2021

GROWINPRO aims to provide a detailed analysis of the causes of the anaemic growth performance observed in Europe during the last decades and, in particular, after the Great Recession. On the grounds of such analysis, GROWINPRO delivers a set of policy solutions aimed at restoring sustained and inclusive economic growth with particular attention both on the demand and on the supply-side. GROWINPRO brings together researchers from eleven international academic institutions and three national statistical offices. The project has two main ambitions. From a diagnostic perspective, it proposes to link three levels of analysis – macro, meso and micro – empirically dissecting the sources of productivity slowdown and the relations between productivity, demand and growth. From a normative perspective, it aims at providing a novel, integrated set of policies to push Europe towards a balanced, innovation-fuelled and inclusive trajectory of development, also addressing major societal challenges, such as climate change, ageing population, and robotisation.

<http://www.growinpro.eu/>

HR-Recycler

Hybrid Human-Robot RECYcling plant for electriCal and eLEctRonic equipment

1 December 2018 - 30 November 2022

The technological advances that have been achieved over the past decades have led to a tremendous increase of both the types and the total amount of electrical and electronic equipment that is manufactured. Despite the importance of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) management, the issue of the WEEE recycling has not received that increased industrial attention.

<https://www.hr-recycler.eu/>

HUMAN

HUMAN MANufacturing

1 October 2016 - 30 September 2019

The project aimed to define and demonstrate workplaces where automation and human workers operate in harmony to improve the productivity, quality, performance of the factory as well as the worker satisfaction and safety.

<http://humanmanufacturing.eu/>

H-WORK

Multilevel Interventions to Promote Mental Health in SMEs and Public Workplaces

1 January 2020 - 30 June 2023

The general aim of the H-WORK project is to design, implement and validate effective multi-level assessment and intervention toolkits providing new products and services to promote mental health in public organisations and SMEs, evaluate individual and organisational outcomes of the adopted measures, and provide recommendations for employers, occupational health professionals and policymakers. The project aims to design, implement and exploit an integrated toolkit (H-TOOLS) which will provide managers and CEOs to effectively assess organisational psychosocial risk (HAT), implement the most appropriate interventions (HIT), and evaluate individual and organisational outcomes of the adopted measures (HET).

<https://h-work.eu/>

INCUBIS

An Industrial Symbiosis Incubator for Maximizing Waste Heat/Cold Efficiency in Industrial Parks and Districts

1 May 2020 – 30 April 2023

INCUBIS delivers an ambitious Incubator programme to help stakeholders overcome these challenges and implement Energy Symbiosis projects at the local and regional level. Energy Symbiosis (the selling and buying of excess energy) can lead to energy efficiency improvements, CO2 and cost reductions, new revenue, jobs and local investments. Five Energy Symbiosis Incubators will be launched, supporting existing or novel exchanges of waste heat & cold within industrial areas in Spain (Barcelona Province), France (Dunkirk), Norway (Agder Region), United Kingdom (Humber Region), and Germany (Brunsbuttel). These Incubators will provide to local actors all the tools, expertise and training required to secure seed funding for the projects, find solutions to problems, intermediate in negotiations, and see the energy symbiosis projects through to implementation. The Incubator's tools and services will become available across European territories through the Virtual Platform, while the methods followed could be integrated in existing reference documents and standards like the EU's Energy Efficiency BAT and EMAS.

<http://www.incub-is.eu/>

INSTINCT

Inhibiting Stress in the Construction Industry

3 January 2017 - 5 July 2019

An intervention to curb the advent of stress is proposed: 'Stress-Blocker' (Streblo). Cognitive psychology identifies five main personalities (Big-5): extraversion, agreeableness, conscientiousness, neuroticism and openness. How these Big-5 differ in the dynamics of stress are unexplored, particularly in the field of construction where stress is also prevalent. Behavioural science explains differences in the coping abilities of people. Thus Part A of the study is an empirical investigation of the impacts of stressors on the Big-5 and their different coping behaviours. Data from at least 1500 UK construction personnel was collected using a questionnaire, and analysed using multiple inferential statistical techniques: hierarchical regression, factor analysis and sequential equation modelling. The findings informed Part B: the development of Streblo, a cloud-based IT tool for the effective recognition and deterrence of stress. Streblo is a simple, quick-to-use and free IT app which will be accessible on mobile devices, PCs and laptops. Streblo exploits advanced technologies to prevent stress in different construction job profiles as well as other sectors of the economy.

<http://www.instinctproject.eu>

KYKLOS 4.0

An Advanced Circular and Agile Manufacturing Ecosystem based on rapid reconfigurable manufacturing process and individualized consumer preferences

1 January 2020 - 31 December 2023

In circular manufacturing, manufacturers find ways to eliminate waste by reusing and recycling materials and goods. The EU-funded KYKLOS 4.0 project aims to show how cyber-physical systems, product life-cycle management, life-cycle assessment, augmented reality, and artificial intelligence technologies and methods are able to transform circular manufacturing. It will achieve this through seven large-scale pilot projects that will demonstrate improvements in operational efficiency and deliver solutions for resource reuse. It will further ensure the scalability of novel circular manufacturing technologies, engage over 100 European industry actors, transfer know-how and mobilise additional sector investments. The project's advanced ecosystem can reshape factory processes and services so as to benefit manufacturing throughout Europe.

<https://kyklos40project.eu/>

MAKERS

Smart Manufacturing for EU Growth and Prosperity

1 January 2016 - 31 December 2018

The project's objectives are to study the opportunities and barriers for the EU to lead a manufacturing renaissance that upgrades existing manufacturing competences and develops new technological capabilities across EU regions to support regional industrial resilience for more distributed and sustainable socio-economic growth and prosperity. The novelties of the project are:

1. A conceptualization of Industry 4.0+
2. define firms' and industries' new business model with servitisation
3. definition of reshoring more clearly and in an interdisciplinary way.
4. understand how small firms and clusters of firms can upgrade to take on I4.0 model
5. understanding the relocation of supply chains and that continental based value chains are likely to emerge."

<http://www.makers-rise.org/>

MindBot

Mental Health promotion of cobot Workers in Industry 4.0

1 January 2020 - 31 December 2022

MindBot aims at identifying methods and implementing solutions for promoting good mental health in the emerging industry 4.0 within the specific context of manufacturing small and medium-sized enterprises (SMEs) that adopt collaborative robots (cobots) in their production lines. MindBot idea is to design workplaces where level of challenge and difficulty of job tasks are matched with the workers' abilities and skills, in order to support motivation and engagement of workers interacting with cobots in a flexible and personalized way. This will facilitate an active and positive attitude of the worker that promotes good mental health and prevents negative experiences of anxiety or boredom and apathy that eventually lead to mental illnesses.

<http://www.mindbot.eu>

PAPERCHAIN

New market niches for the Pulp and Paper Industry waste based on circular economy approaches

1 June 2017 - 31 May 2021

PAPERCHAIN project brings in an industrial symbiosis model centered in the use of different waste streams generated by the European Pulp and Paper Industry, as valuable feedstock for three resource hungry industrial sectors: construction sector, mining sector and the chemical industry. Different waste streams are produced, as a result of the manufacturing processes of the Pulp and Paper industry to produce paper, board and other cellulose-based products. PAPERCHAIN aims to unlock the potential of a resource efficient model based on industrial symbiosis, which will demonstrate the potential of the major non-hazardous waste streams generated by the PPI (i.e. green liquor dregs, grits, lime mud, paper sludge fly ash, deinking paper and fibre sludge) as valuable secondary raw materials.

<https://www.paperchain.eu/>

PHABLABS 4.0

Photonics enhanced FAB LABS supporting the next revolution in digitalization

1 December 2016 - 31 May 2019

PHABLABS 4.0 aims to integrate photonics in a durable way into the rapidly expanding ecosystem of European Fab Labs and Makerslabs, resulting in a larger and better skilled photonics workforce with superior innovation capacity to achieve a lasting, positive impact on the next revolution in digitization. Combining the forces of top experts from 13 European photonics institutes and STEM-oriented organizations with the Fab Lab stakeholders, PHABLABS 4.0 will devise and deliver a comprehensive suite of 33 Photonics Workshops, 11 Photonics Challenger projects and Photonics Toolkits to enhance Fab Labs and Makerslab with photonics activities aimed at 3 specific target groups: young minds (age 10-14), students (age 15-18) and young professionals and technicians (age 18+). These activities will be extensively tested in 14 existing Fab Labs with the purpose of rolling them out to the entire growing network of European Fab Labs as a proven model at the end of the project. They will stimulate hands-on design, fabrication, experiments, and the building of innovative systems with photonics, and in this way nurture the 21st Century skills of the participants.

The ultimate impact of PHABLABS 4.0 will be seen in the emergence of a much larger and better trained workforce with 21st Century skills capable of translating the potential of photonics as a key enabling technology into tangible products for the benefit of society.

<http://phablabs.eu/>

PLUS

Platform Labour in Urban Spaces: Fairness, Welfare, Development

1 January 2019 - 31 December 2021

PLUS aims to address the main features of the platform economy's impact on work, welfare and social protection through a ground-breaking trans-urban approach. The project focuses on this specific and meaningful segment of the so-called Industry 4.0 revolution because it summarizes all main opportunities and challenges for the future of work, social innovation and a fair growth. The project's main goal is to sketch a picture of such transformations proposing an innovative approach that identifies urban dimension as fundamental stage for measuring and evaluating social and economic impact of these innovations and for building policies that are more inclusive. In this way, PLUS attempts to fill a gap both in understanding and tackling challenges posed by digitization of labour. The project valorises the role that different stakeholders could play in promoting and balancing such transformations. A bottom-up approach and techniques of co-creation will be adopted to produce outputs directly affecting policy-making, market and welfare: innovative typologies of contracts, a Chart for digital workers' rights, taxation and regulation guidelines, social enterprise pilots and educational patterns for new skills.

<https://project-plus.eu/>

Productive4.0

Electronics and ICT as enabler for digital industry and optimized supply chain management covering the entire product lifecycle

1 May 2017 - 30 June 2020

The main objective of Productive4.0 is to achieve improvement of digitising the European industry by electronics and ICT. Ultimately, the project aims at suitability for everyday application across all industrial sectors – up to TRL8. It addresses various industrial domains with one single approach of digitalisation.

What makes the project unique is the holistic system approach of consistently focusing on the three main pillars: digital automation, supply chain networks and product lifecycle management, all of which interact and influence each other.

This is part of the new concept of introducing seamless automation and network solutions as well as enhancing the transparency of data, their consistence and overall efficiency.

<https://productive40.eu/>

RICAIP

Research and Innovation Centre on Advanced Industrial Production

1 September 2017 - 31 August 2018

The project's ambition is to establish the RICAIP Centre as the independent international hub for Industry 4.0 which will bring new, smart, safe, and sophisticated solutions to distributed (multi-site) industrial production of the future. The four founding partners of the RICAIP Centre will jointly build up a unique, virtually connected, experimental facility (the RICAIP Testbed) that would enable excellent research and cooperation of academia and industry in the field of cyber-physical systems, artificial intelligence, production systems, and other relevant topics of Industry 4.0 Initiatives. The RICAIP Testbed will be based on the current experimental facilities of the partnering organizations in Prague, Brno and Saarbrücken, that need to be upgraded to enable their interconnection and joint operation. The long-term objectives of the RICAIP Centre will be implemented by a virtual "joint venture" of the RICAIP Project partners, at the Czech side benefiting from established infrastructure and organizational set up of interdisciplinary university research institutes (both CVUT-CIIRC and BUT-CEITEC).

<http://ricaip.eu/>

ROSSINI

Robot enhanced Sensing, Intelligence and actuation to improve job quality in manufacturing

1 October 2018 - 31 March 2022

The project aims to design, develop and demonstrate a modular and scalable platform for the integration of human-centred robotic technologies in industrial production environments. This will be achieved both by developing innovative technological components and methodologies in all fields related to collaborative robotics (sensing, control, actuation, human aspects, risk assessment methodology), and by integrating all such components in an open platform ensuring quick ramp-up and easy integration.

<https://www.rossini-project.com>

SAFETY 4.0

Launching working environment safety systems based on UWB connectivity aimed at the 4.0 INDUSTRY

1 August 2017 - 30 November 2017

The 4.0 Industry is an environment where there are more and more vehicles without drivers, robots and machines it is necessary that people can share the place in a safe and healthy way. Therefore, the 4.0 Industry needs more security, which can be provided by our innovative approach.

Today, the main technological challenge our customers face is to design a protection and positioning system that is precise, reliable, adaptable, low-cost and low intrusive. CLAI TEC is driven to answer these needs, overcoming technical limitations that RFID systems has After 3 years of development, we characterised our own IR-Ultra-Wide Band technology including distance calculation algorithms to use as the basis of the products in development.

At CLAI TEC we have identified process constraints for the prototype industrialisation. The feasibility study carried addressed a financial plan, foreseeing the all costs and investments associated with commercialising the product and its expected revenues forecasted at 5-years. The study included the assessment of legal aspects such as i) product certification according to European/Foreign legislation, and ii) patenting strategy consolidation. All these activities converged into a detailed business plan that first, confirmed our hypotheses about business potential, and that most importantly paved the way towards the commercialization of SAFETY 4.0.

<https://claitec.com/en/>

SAM

Sector Skills Strategy in Additive Manufacturing

The project aims to tackle the current European need for developing an effective system to identify and anticipate the right skills for the Additive Manufacturing (AM) sector demands in response to the increasing labour market needs, thus, contributing for the smart, sustainable and inclusive growth of the AM sector.

www.skills4am.eu

SPIRE-SAIS

Skills Alliance for Industrial Symbiosis (SAIS) – A Cross-sectoral Blueprint for a Sustainable Process Industry (SPIRE)

1 January 2020 - 31 December 2023

The project will address possible skills shortages in the Energy Intensive Industries, while providing EU citizens with the necessary skill sets for future job profiles. The project will address updating of the curricula, qualifications, knowledge and skills that are required to support essential cross-sectoral collaboration and Industrial Symbiosis activities.

<https://www.spire2030.eu/sais>

SO WHAT

Supporting new Opportunities for Waste Heat And cold valorisation Towards EU decarbonisation

1 June 2019 - 31 May 2022

SO WHAT develops and demonstrates an integrated software which will support industries and energy utilities in selecting, simulating and comparing alternative Waste Heat and Waste Cold (WH/C) exploitation technologies that could cost-effectively balance the local forecasted H&C demand also via renewable energy sources (RES) integration. The SO WHAT integrated tool will be designed to support industries, and energy utilities in: 1) Auditing the industrial process to understand where WH/WC could be valorised; 2) mapping the potential of locally available RES sources to be integrated with WH/WC potential; 3) mapping the local forecasted demand for heating and cooling; 4) define and simulate alternative cost-effective scenarios based on WH/WC technologies also leveraging RES introduction; 5) evaluate the impacts (in terms of energetic, economic and environmental KPIs) that the adoption of the new scenarios will generate against the current situation (i.e., baseline) both at industrial and local level; 6) promoting innovative contractual arrangements and financing models to guarantee economically viable solutions and less risky investments. To do so, SO WHAT will capitalize already existing tool and knowledge from previous research experiences (REEMAIN, PLANHEAT, REUSEHEAT, CELSIUS...) and the expertise of 11 industrial validation sites from different REII/ non-REII sectors (petrochemical, chemical, metallurgic, food etc.) that will be involved in the project to validate the tool and provide relevant insights for its development.

<https://sowhatproject.eu/>

SYMBIO-TIC

Symbiotic Human-Robot Collaborative Assembly: Technologies, Innovations and Competitiveness

1 April 2015 - 31 March 2019

The project addresses these important issues towards a safe, dynamic, intuitive and cost-effective working environment: immersive and symbiotic collaboration between human workers and robots can improve this situation and bring significant benefits to robot-reluctant industries where current tasks and processes are perceived to be too complex to be automated. The benefits include lower costs, increased safety, better working conditions and higher profitability through improved adaptability, flexibility, performance and seamless integration.

www.symbio-tic.eu/

SYMPLEXITY

Symbiotic Human-Robot Solutions for Complex Surface Finishing Operations

1 January 2015 - 31 December 2018

SYMPLEXITY is closing the gap between the highly automated production processes and the manual polishing of complex geometries by creating a safe environment of collaboration between the robot and the human worker.

<https://www.symplexity.eu/>

TECHNEQUALITY

Inclusive Futures for Europe BEYOND the impacts of Industry 4.0 and Digital Disruption

1 January 2019 - 31 December 2021

The main goal of the project is to improve the understanding of the relation between current technological innovations and social inequalities, by:

- Providing better predictions of the consequences of technological innovations for the European labour markets; Understanding which skills are crucial for productive growth and how skill differences can lead to (technology-driven) inequalities in income, education, wellbeing and health;
- Researching how education (lower, higher and vocational) can prepare today's children and workers for tomorrow's labour market;
- Assessing how governments can avoid large-scale poverty caused by technological unemployment;
- Investigating what the consequences of automation (and unemployment) are for income tax and public finances;
- Comparing the current technological boom with earlier technological revolutions to draw lessons learned.

<https://technequality-project.eu/>

ANNEX II

EARLY ACADEMIC WRITING ON INDUSTRY 5.0

Industry 5.0 is often proposed as the solution we will need to pursue prosperity, as a sustainable manner to increase productivity while not removing human workers^{xxxvii} from the realm of manufacturing industry. We could say that fits into the overall framework of various revisionist proposals for a “new capitalism” correcting its excesses, which could continue to thrive only if fair, inclusive, and sustainable. Similar ideas have been around for decades. Neo-capitalism was a social and economic ideology that arose already in the second half of the 20th century and in which the capitalist doctrine became deeper, based on the technological revolution and internationalisation of markets. Recently, several business leaders have been expressing concerns^{xxxviii} about the state of capitalism and agree that a major overhaul is needed in order to serve society better. They also believe that capitalism “would eventually benefit from some tweaking to better serve society”.

Several analyses of Industry 5.0 focus on increased collaboration between humans and smart systems. According to Atwell^{xxxix}, marrying the two will merge the high-speed accuracy of industrial automation with the cognitive, critical thinking skills of humans. More particularly, he proposes to leave the monotonous, repetitive tasks to the mechanical and open up the creative side to the biological. This would allow staff to take on more responsibility, and increased supervision of systems to elevate the quality of production across the board. Already in 2016, the consulting firm Accenture conducted a survey^{xl} with 512 manufacturing executives from all over the globe, revealing that some of them envisaged an advanced collaborative production line between humans and robots in their plants in order to increase the productivity, the customization, the sustainability, as well as the operational efficiency. In February 2020, DG Research and Innovation published a report^{xli} on the potential of collaborative robots for economy and society while embracing European values. This report offers a vision on collaborative industrial robotics based on ten assessment criteria, with seven particular recommendations as a contribution to the preparation of the strategic plan of Horizon Europe.

A complementary vision describes Industry 5.0 as faster, more scalable and more people-centred, through the use of new technologies^{xlii}. This is proposed to happen by advanced human-machine interfaces, by improved integration, better automation through robots, paired with the power and creativity of human brains^{xliii}.

Ostergaard (Universal Robots' Chief Technology Officer) points out that the next Industrial Revolution will be necessary to meet consumers' high-demand for individualized products^{xliv}. He is inspired by the car industry and underpins his statement with an article from Bloomberg, describing how a German car manufacturer is already giving more space to humans in its production facilities to increase customization, bringing important value for modern consumers.

Another complementary view on Industry 5.0 emphasises its potential economic, societal and ecologic effects, and its potential for sustainability as a systematic

prevention of pollution and waste, focused on industrial upcycling^{xlv}. Environmental awareness and responsibility are seen as giving a competitive edge, due to support from governments and international organizations, as well as a growing customer base supporting environmentally friendly business models.

Paschek, Mocan and Draghici recently presented a paper^{xlvi} analysing and evaluating the business impact of the next Industrial Revolution (using the term Industry 5.0). They claim that success will come to industries that are more innovative and responsive to market changes and that Industry 5.0 accentuates a clear change from mass automation to the process of enhancing the capabilities of human workers. This raises future questions, such as: Which skills need to be developed? What kind of rules have to be defined? Which impact may AI have? Which conflicts may arise between humans and AI?

Note

ⁱ When defining "industry" we follow the definition of Section 2 of the Eurostat Nace Rev. 2 classification scheme, comprised of mining and quarrying; manufacturing; electricity, gas, steam and air-conditioning supply; and water supply, sewerage, waste management and remediation. (See <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF>).

ⁱⁱ Eurostat (2020) National accounts and GDP, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/National_accounts_and_GDP#Gross_value_added_in_the_EU_by_economic_activity

ⁱⁱⁱ The World Bank (2019) Manufacturing, value added (% of GDP) – European Union, <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS?locations=EU>

^{iv} Raworth Kate (2017) Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist.

^v Enabling Technologies for Industry 5.0, Results of a workshop with Europe's technology leaders, (2020)

^{vi} <http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Industrie-4-0-Mit-dem-Internet-der-Dinge-auf-dem-Weg-zur-4-industriellen-Revolution/52570/1>

^{vii} Jing Li (2017) Analysing "Made in China 2025" Under the Background of "Industry 4.0", https://link.springer.com/chapter/10.2991%2F978-94-6239-255-7_30

^{viii} Schwab K. (2017) The Fourth Industrial Revolution

^{ix} Schwab K. (2018) Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution: A Guide to building a better world

^x R&I Papers Series, Sara AMOROSO and Roberto MARTINO (2020) Regulations and technology diffusion in Europe: the role of Industry dynamics, https://ec.europa.eu/info/publications/regulations-and-technology-diffusion-europe-role-industry-dynamics_en

^{xi} Scanlon S. (2018) Now prepare for the 5th Industrial Revolution, <https://gadqet.co.za/now-prepare-for-the-5th-industrial-revolution/>

^{xii} Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., Gorecky, D.: Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. In: Proceedings of the International Conference on Computers and Industrial Engineering, pp. 1–11 (2016).

https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_Human-Centric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies

^{xiii} ACE Factories. Human-centred factories form theory to industrial practice. Lessons learned and recommendations. https://drive.google.com/file/d/1uqGBMvHeM_6x-qKlcWEKHjfkjr4UuyC/view

^{xiv} Eurostat: Accidents at work statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics#Analysis_by_activity

^{xv} Houston Richard, (2020) Technology can hinder good mental health at work. Here's how it can help. <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/how-can-technology-help-mental-health-at-work/>

^{xvi} WHO (2019) Mental health in the workplace. Information sheet. https://www.who.int/mental_health/in_the_workplace/en/

^{xvii} Deloitte research reveals a "generation disrupted": Growing up in a world of accelerated transformation leaves Millennials and Gen Zs feeling unsettled about the future. <https://www.prnewswire.com/news-releases/deloitte-research-reveals-a-generation-disrupted-growing-up-in-a-world-of-accelerated-transformation-leaves-millennials-and-gen-zs-feeling-unsettled-about-the-future-300851008.html>

^{xviii} <https://www.spire2030.eu/sais>

^{xix} WMF (2019) The WMF's Top Ten Skills for the Future of Manufacturing, <https://www.worldmanufacturingforum.org/skills-for-future-manufacturing>

^{xx} Dews, F., Brookings Data Now: 75 Percent of 2025 Workforce Will Be Millennials. <https://www.brookings.edu/blog/brookings-now/2014/07/17/brookings-data-now-75-percent-of-2025-workforce-will-be-millennials/>

^{xxi} 2016 Cone Communications. Millennial Employee Engagement Study. https://static1.squarespace.com/static/56b4a7472b8dde3df5b7013f/t/5819e8b303596e3016ca0d9c/1478092981243/2016+Cone+Communications+Millennial+Employee+Engagement+Study_Press+Release+and+Fact+Sheet.pdf

^{xxii} Millennials at work – Reshaping the workplace. (2011). <https://www.pwc.de/de/prozessoptimierung/assets/millennials-at-work-2011.pdf>

- xxiii Want To Engage Millennials? Try Corporate Social Responsibility. <https://www.forbes.com/sites/marissaperetz/2017/09/27/want-to-engage-millennials-try-corporate-social-responsibility/#>
- xxiv 8 Characteristics of Millennials that Support Sustainable Development Goals (SDGs). <https://www.forbes.com/sites/margueritacheng/2019/06/19/8-characteristics-of-millennials-that-support-sustainable-development-goals-sdgs/#5a2b426c29b7>
- xxv Green companies make the greenest pastures, report says. <https://www.hrdiver.com/news/green-companies-make-the-greenest-pastures-report-says/548082/>
- xxvi https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/energy-intensive-industries_en
- xxvii OECD (2019) Regions in Industrial Transition: Policies for People and Places, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c76ec2a1-en>
- xxviii OECD, RE-CIRCLE: resource efficiency and circular economy, <https://www.oecd.org/env/waste/recircle.htm>
- xxix United Nations (2015) Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, https://www.un.org/qa/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- xxx OECD (2019) Measuring Distance to the SDG Targets 2019, An assessment of where OECD countries stand, <http://www.oecd.org/sdd/measuring-distance-to-the-sdg-targets-2019-a8caf3fa-en.htm>
- xxxi Eurostat (2020) Sustainable development in the European Union, Overview of progress towards the SDGs in an EU context, 2020 edition,
- xxxii European Commission (2019) Reflection Paper: ‘Towards a Sustainable Europe by 2030’, https://ec.europa.eu/commission/publications/reflection-paper-towards-sustainable-europe-2030_en
- xxxiii Energy efficiency as measured according to the ODEX indicator, Figure 1, https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-on-energy-efficiency-in-europe-3/assessment/#_ftnref1
- xxxiv https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_420
- xxxv https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/health-research-and-innovation/coronavirus-research-and-innovation/covid-research-manifesto_en
- xxxvi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_20_1749/IP_20_1749_EN.pdf
- xxxvii Nahavandi S. (2019) Industry 5.0—A Human-Centric Solution
- xxxviii <https://www.fastcompany.com/90410693/capitalism-is-dead-long-live-capitalism>
- xxxix Atwell, C. (2017) Yes, Industry 5.0 is Already on the Horizon, <https://www.machinedesign.com/industrial-automation/yes-industry-50-already-horizon>
- xl Accenture (2016) Machine Dreams : Making the most of the Connected Industrial Workforce, https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-13/accenture-connected-industrial-workforce-research.pdf
- xli DG R&I (2020) Unlocking the potential of industrial human–robot collaboration, https://ec.europa.eu/info/publications/unlocking-potential-industrial-human-robot-collaboration_en
- xlii Rundle, E. (2017) The 5th Industrial Revolution, When It Will Happen and How, <https://devops.com/5th-industrial-revolution-will-happen/>
- xliii Shelzer, R. (2017) What Is Industry 5.0 — and How Will It Affect Manufacturers, <https://blog.gesrepair.com/industry-5-0-will-affect-manufacturers/>
- xliv Østergaard, E.H. (2018) Welcome to Industry 5.0, <https://www.isa.org/intech/20180403/>
- xlv Rada, M. (2018) INDUSTRY 5.0 definition, <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48>
- xlvi Paschek D., Mocan A. and Draghici A. (2019) Industry 5.0 – The expected impact of next industrial revolution, https://www.researchgate.net/publication/336653504_The_Next_Industrial_Revolution_Industry_50_and_Discussions_on_Industry_40

Rimani in contatto con l'UE

DI PERSONA

In tutta l'Unione Europea ci sono centinaia di centri di informazione Europe Direct

Puoi trovare il centro più vicino a te su:

https://europa.eu/european-union/contact_en

AL TELEFONO O VIA E-MAIL

Europe Direct è un servizio che risponde alle vostre domande sull'Unione Europea.

Puoi contattare questo servizio:

- per telefono: 00 800 6 7 8 9 10 11 (alcuni operatori possono far pagare queste chiamate),
- al seguente numero standard: +32 22999696 or
- via email: https://europa.eu/european-union/contact_en

Informazioni sull' Unione Europea

ONLINE

Informazioni sull'Unione Europea in tutte le lingue ufficiali in UE, sono disponibili nel sito web dell'Unione Europea

https://europa.eu/european-union/index_en

PUBBLICAZIONI

È possibile scaricare o ordinare le pubblicazioni dell'UE gratuite e a pagamento all'indirizzo: <https://publications.europa.eu/en/publications>.

Più copie delle pubblicazioni gratuite si possono avere contattando Europe Direct o il vostro locale centro di informazioni(see https://europa.eu/european-union/contact_en)

DIRITTO COMUNITARIO E DOCUMENTI CORRELATI

Per accedere alle informazioni giuridiche dell'UE, compreso il diritto comunitario dal 1952 in tutte le versioni linguistiche ufficiali, andate su EUR-Lex all'indirizzo: <http://eur-lex.europa.eu>

OPEN DATA DALL'UE

Il Portale Open Data dell'UE (<http://data.europa.eu/euodp/en>) fornisce l'accesso alle serie di dati dell'UE. I dati possono essere scaricati e riutilizzati gratuitamente, sia per scopi commerciali che non commerciali.

L'Industria 5.0 completa il paradigma esistente dell'Industria 4.0, evidenziando la ricerca e l'innovazione come motori per una transizione verso un'industria europea sostenibile, centrata sull'uomo e resiliente. Sposta l'attenzione dal valore per gli azionisti a quello per gli stakeholder, con benefici per tutti gli interessati. L'industria 5.0 cerca di cogliere il valore delle nuove tecnologie, fornendo prosperità oltre i posti di lavoro e la crescita, rispettando i confini del pianeta e mettendo il benessere del lavoratore dell'industria al centro del processo produttivo.

Politica di ricerca e innovazione



Publications Office
of the European Union