

Interreg



UNIONE EUROPEA
EVROPSKA UNIJA

ITALIA-SLOVENIJA



TechMOlogy

Progetto standard co-finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Standardni projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

DA 4.1

Analisi di scenario a medio e lungo termine

Versione: 4.7

Autore: SIEVA d.o.o in collaborazione con i partner progettuali



SIEVA



Work package	3.1
Attività	4
Data di presentazione	07/11/2022
Versione	4.7
Autore	SIEVA d.o.o. con i partner progettuali
Estratto	Sulla base delle sfide emerse negli ultimi anni nel campo della trasformazione della mobilità, è bene conoscere la direzione dello sviluppo delle nuove tecnologie, soprattutto nelle aziende manifatturiere del settore della mobilità, dove spesso ci si trova ad affrontare dilemmi legati alle tecnologie per lo sviluppo dei processi produttivi.
Parole chiave	Produzione additiva, tecnologie abilitanti, industria della mobilità riqualificazione competenze

SOMMARIO

INDICE DELLE FIGURE	4
ABBREVIAZIONI	6
INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI SCENARIO SUL CAMPO	7
1 FATTORI POLITICI	9
1.1 Globalizzazione e integrazione	9
1.2 Mondo multipolare	9
1.3 Democratizzazione e crisi della democrazia	9
1.4 Crisi dei sistemi previdenziali	10
2 FATTORI ECONOMICI	11
2.1 Aumento globale della ricchezza	11
2.2 Nuovi lavori	11
2.3 Crisi del lavoro	12
2.4 Crisi del sistema finanziario e valutario	12
2.5 Variazioni dei consumi	12
2.6 Aziende sostenibili	13
2.7 Asiatizzazione	13
3 FATTORI SOCIO-CULTURALI	14
3.1 Crescita demografica globale	14
3.2 Invecchiamento	14
3.3 Ricambio generazionale	15
3.4 Pressione migratoria	15
3.5 Individualizzazione	16
3.6 Pluralizzazione	16
3.7 Polarizzazione delle società	16
3.8 Urbanizzazione	17
3.9 Aumento della complessità	17
4 FATTORI TECNOLOGICI	18
4.1 Digitalizzazione	19
4.1.1 Andamento della digitalizzazione a medio e lungo termine e possibile scenario nell'industria manifatturiera	21
4.1.2 Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la digitalizzazione nell'industria manifatturiera	40
4.2 Intelligentizzazione	43
4.3 Robotizzazione	43
4.3.1 Andamento della robotizzazione a medio e lungo termine, e possibile scenario nel settore manifatturiero	43

4.3.2	Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la robotizzazione nell'industria manifatturiera	52
4.4	Internet of Things spaziale	55
4.5	Realtà estesa	55
4.5.1	Trend di medio e lungo periodo per le tecnologie della realtà estesa e possibili scenari nel settore manifatturiero	57
4.5.2	Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la realtà estesa nell'industria manifatturiera.....	65
4.6	Iperautomazione	69
4.7	Produzione additiva	69
4.7.1	Andamento della produzione additiva a medio e lungo termine e possibile scenario nel settore manifatturiero	71
4.7.2	Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la produzione additiva nell'industria manifatturiera	82
4.8	Tecnologie energetiche	85
4.9	Nuovi materiali	86
4.10	Tecnologie per la mobilità.....	89
4.11	Potenziamento umano.....	91
4.12	Tecnologie per la vita e la salute.....	92
5	FATTORI AMBIENTALI	93
5.1	Cambiamenti climatici	93
5.2	Impatto ambientale	93
5.3	Scarsità di risorse naturali.....	94
6	FATTORI LEGALI	95
6.1	Leggi sulla tutela dei consumatori	95
6.2	Leggi sulla proprietà intellettuale.....	95
6.3	Norme sociali e ambientali	96
7	RIFERIMENTI	97

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Il documento è strutturato in sei sezioni, ciascuna delle quali presenta una delle tendenze tecnologiche	8
Figura 2 fasi del percorso di sviluppo verso l'industria 4.0	19
Figura 3 DESI (Digital Economy and Society Index) 2021: classifica e punteggio per l'Italia e per la Slovenia	20
Figura 4 Capitale umano in Italia (a sinistra) e in Slovenia (a destra)	21
Figura 5 Integrazione della tecnologia digitale in Italia (a sinistra) e in Slovenia (a destra).....	21
Figura 6 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera	25
Figura 7 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera	26
Figura 8 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera	27
Figura 9 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera	29
Figura 10 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera.....	31
Figura 11 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera.....	37
Figura 12 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera.....	41
Figura 13 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera.....	42
Figura 14 Densità mondiale di robot nell'industria manifatturiera nel 2020 [20]	44
Figura 15 Robot industriali collaborativi e tradizionali.....	45
Figura 16 Installazioni annuali a livello globale di robot industriali in base al settore dei clienti [22].....	46
Figura 17 Soluzione di saldatura robotica di Kranedonk per pannelli metallici navali	48
Figura 18 Riepilogo delle competenze richieste in base al rapporto sulla posizione ufficiale di IFR [34] ...	54
Figura 19 Differenza tra VR (a sinistra), AR (al centro) e MR (a destra)	56
Figura 20 Livello di potenziale adozione e di disturbo delle applicazioni VR per settore	59
Figura 21 Livello di potenziale adozione e di disturbo delle applicazioni AR per industria	60
Figura 22 Casi d'uso di AR e VR nell'industria automobilistica	61
Figura 23 Accesso a testi, video o documentazione 3D tramite "smart glass"	62
Figura 24 Collaborazione a distanza mediante occhiali intelligenti e applicazioni di comunicazione a distanza (ad esempio, MS Teams).....	62
Figura 25 Monitoraggio della produzione in tempo reale con Hololens 2.....	63
Figura 26 Tour virtuale del Centro di automazione OMRON di Tokyo	63
Figura 27 Le 10 principali competenze che le aziende cercano quando assumono sviluppatori XR	66
Figura 28 Disponibilità e importanza delle competenze rilevanti	67
Figura 29 Potenziale divario di competenze in futuro.....	67
Figura 30 Classificazione dei processi di produzione additiva [39]	70
Figura 31 Gli effetti sociali dell'AM [41]	72
Figura 32 a) Classificazione delle strutture cellulari [44], b) metamateriali basati su Bézier [45] e c) materiali porosi [46]	74

Figura 33 Future applicazioni dell'AM nel settore automobilistico [50]	76
Figura 34 a) Copertura di bioincrostazione di materiali stampati 3D	78
Figura 35 a) Esempi di gruppi di camere di spinta completamente AM testati a caldo presso NASA MSFC..	80
Figura 36 Domanda cumulativa di energia, emissioni di biossido di carbonio	81
Figura 37 a) Materiali progettati per essere leggeri e tolleranti ai danni ispirati alla microstruttura dei cristalli [63]	84
Figura 38 L'esoscheletro FORTIS.....	91
Figura 39 Gli occhiali per la realtà assistita RealWear Navigator 500.....	91

ABBREVIAZIONI

AGV	Veicolo a guida automatica
AI	Intelligenza artificiale
ALM	Produzione additiva a strati
AM	Produzione additiva
AMR	Robot mobile autonomo
AR	Realtà aumentata
AV	Veicolo autonomo
BCDR	Continuità operativa e ripristino d'emergenza
CO ₂	Anidride carbonica
CPS	Sistema cyber-fisico
DESI	Indice dell'economia e della società digitali
DLT	Tecnologia di contabilità distribuita
EJ	Exajoule
UE	Unione europea
UE-27	i 27 Paesi dell'Unione europea dopo che il Regno Unito ha lasciato l'UE
GNSS	Sistema globale di navigazione satellitare
IAI	Intelligenza artificiale industriale
ICS	Sistema di controllo industriale
ICT	Tecnologia dell'informazione e della comunicazione
IP	Proprietà intellettuale
IPCC	Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici
IT	Informatica
LEV	Veicolo elettrico leggero
MaaS	Mobilità come servizio
ML	Apprendimento automatico
MR	Realtà mista
Mt	Tonnellata metrica
OT	Tecnologia operativa
R&D	Ricerca e sviluppo
UK	Regno Unito
UPC	Tribunale unificato dei brevetti
USD	Dollaro USA
VR	Realtà virtuale
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità
XR	Realtà estesa
2D	Bidimensionale
3D	Tridimensionale
4D	Quadrimensionale

INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI SCENARIO SUL CAMPO

Sulla base delle sfide emerse negli ultimi anni nel campo della trasformazione della mobilità, è bene conoscere la direzione dello sviluppo delle nuove tecnologie, soprattutto nelle aziende manifatturiere del settore della mobilità, dove spesso ci si trova ad affrontare dilemmi legati alle tecnologie per lo sviluppo dei processi produttivi. Questo documento è rivolto nello specifico a tutti i partner industriali che incontreremo nel quadro del progetto TechMOlogy.

Il termine megatrend fu coniato per la prima volta nel 1982 da John Naisbitt nel suo libro *Megatrends*. Il megatrend è un processo di trasformazione globale che si forma lentamente ma che, una volta in atto, modella la nostra economia globale e il nostro ambiente politico. Ogni attività è influenzata da megatrend, che si riflettono in tendenze rilevanti specifiche per l'ambiente aziendale in cui le industrie operano. Comprendendo le tendenze e rispondendo ad esse in modo rapido e intelligente, le aziende ottengono un vantaggio competitivo reagendo prima dei concorrenti con nuovi orientamenti strategici, nuove tecnologie, prodotti o modelli aziendali. Uno strumento utile per individuare i megatrend è l'analisi dei principali fattori esterni (politici, economici, sociologici, tecnologici, ambientali e legali).

Il presente documento è una raccolta di conoscenze disponibili nelle risorse online, nelle banche dati dei brevetti e in altri materiali testuali e video disponibili al pubblico. L'obiettivo del documento è quello di elaborare le tendenze nelle aree che influenzano lo sviluppo di tutte le aziende nel campo della mobilità. Il rapporto è strutturato in sei sezioni e presenta fattori riconosciuti come importanti per la definizione delle tendenze e quindi per l'ulteriore sviluppo strategico delle aziende dell'industria automobilistica, nautica, aerospaziale e della mobilità dolce:

1. Fattori politici: globalizzazione e integrazione, mondo multipolare, democratizzazione e crisi della democrazia, crisi dei sistemi sociali.
2. Fattori economici: aumento globale della ricchezza, nuovi lavori, crisi del lavoro, crisi del sistema finanziario e valutario, variazioni dei consumi, aziende sostenibili, "asiatizzazione"
3. Fattori socioculturali: crescita demografica mondiale, invecchiamento, ricambio generazionale, pressione migratoria, individualizzazione, pluralizzazione, polarizzazione delle società, urbanizzazione, aumento della complessità.
4. Fattori tecnologici: digitalizzazione, intelligenza, robotizzazione, Internet spaziale, realtà estesa, automazione, produzione additiva, tecnologie per la vita e la salute, potenziamento umano, tecnologie di mobilità, nuovi materiali, tecnologie energetiche.
5. Fattori ambientali: cambiamento climatico, sollecitazione ambientale, mancanza di risorse naturali.
6. Fattori legali: leggi sulla tutela dei consumatori, leggi sulla proprietà intellettuale, normative sociali e ambientali.

Il capitolo che riveste il peso maggiore è quello sui fattori tecnologici. Sono state scelte quattro aree chiave: digitalizzazione, robotizzazione, realtà estesa e tecnologie additive. Le competenze chiave necessarie per padroneggiare tali tecnologie sono elencate nella parte conclusiva.

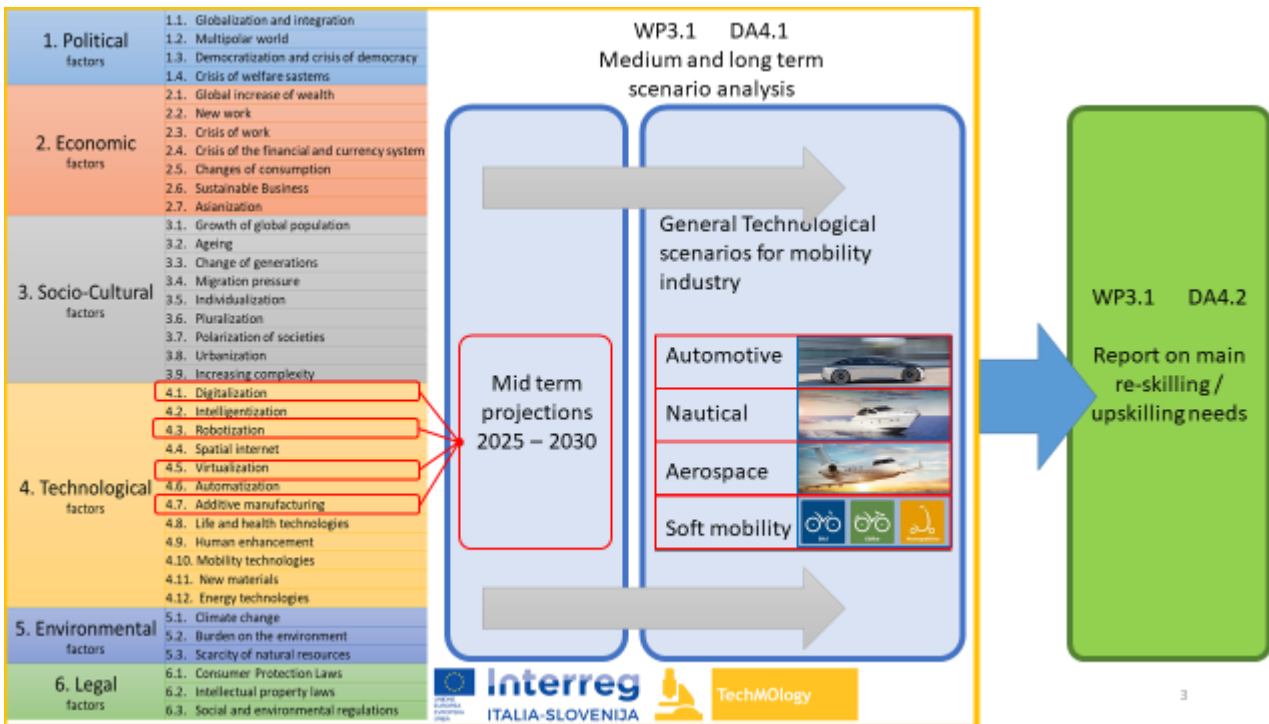


Figura 1 Il documento è strutturato in sei sezioni, ciascuna delle quali presenta una delle tendenze tecnologiche

1 FATTORI POLITICI

I fattori politici includono la politica fiscale, la normativa ambientale, le restrizioni e le riforme commerciali, le tariffe e la stabilità politica. Tali fattori determinano la misura in cui un governo può influenzare un settore o un'azienda.

1.1 Globalizzazione e integrazione

Grazie alla liberalizzazione del commercio e alla crescita dei mercati emergenti, negli ultimi decenni la globalizzazione ha avuto un'accelerazione. Queste tendenze rivoluzionano i modelli aziendali preesistenti riordinando le catene di approvvigionamento, abbassando i prezzi, creando una nuova concorrenza e stimolando pertanto lo sviluppo di nuove tecnologie, per citare qualche esempio. Le prossime fasi aumenteranno ulteriormente la complessità e richiederanno modelli aziendali flessibili per rispondere ai cambiamenti globali. Nel complesso, la globalizzazione dovrebbe essere accolta dai governi e dagli individui.

1.2 Mondo multipolare

Il mondo sta diventando sempre più multipolare. La Cina emergerà come la più grande economia in questo decennio e l'India potrebbe superare l'UE nei prossimi 20 anni. Si prevede che la popolazione mondiale raggiungerà gli 8,5 miliardi nel 2030 e i 9,7 miliardi nel 2050, mentre la popolazione dell'UE diminuirà del 5%, superando appena i 420 milioni entro il 2050.

In questo contesto, gli europei devono impiegare in modo più strategico le loro capacità nell'ambito della finanza, della politica e della sicurezza, soprattutto nei settori dell'energia verde e della diversificazione economica per ridefinire la partnership transatlantica in uno spirito di complementarità. Se l'UE o i gruppi principali degli stati europei riusciranno a sviluppare un approccio più strategico per l'area, potranno diventare protagonisti più influenti.

1.3 Democratizzazione e crisi della democrazia

Negli ultimi anni le nazioni democratiche hanno dovuto affrontare sconvolgimenti economici, sociali e geopolitici che hanno messo in discussione il futuro della democrazia liberale [1].

La qualità delle democrazie europee è ristagnata o decaduta negli ultimi due anni, perché la crisi sanitaria globale dovuta alla pandemia di COVID-19 ha spinto i governi a intraprendere misure che hanno imposto restrizioni a varie libertà in modi mai visti prima.

La pandemia si è rivelata un banco di prova formidabile per le democrazie consolidate dell'Europa. Molte hanno superato la crisi senza infrangere i principi fondamentali della governance democratica. Tuttavia, la limitazione dei diritti e delle libertà fondamentali, l'impatto negativo sproporzionato sui gruppi vulnerabili e l'aumento delle disuguaglianze sociali, nonché il fatto che i governi abbiano operato con trasparenza e responsabilità limitate, hanno contribuito a suscitare le preoccupazioni di molti cittadini sul futuro della democrazia [2].

1.4 Crisi dei sistemi previdenziali

I sistemi previdenziali in tutta l'Europa si trovano ad affrontare molte problematiche concomitanti, quali l'aumento delle disuguaglianze, la crisi economica e finanziaria, i cambiamenti demografici e la crisi ambientale, che probabilmente faranno aumentare le richieste di sussidi previdenziali nei prossimi decenni. La crescita economica non è più una soluzione sostenibile a questi problemi. Quindi è imperativo considerare come i sistemi previdenziali possano far fronte a tali problematiche in assenza di crescita economica [3].

2 FATTORI ECONOMICI

Tra i fattori economici si annoverano: la crescita e il declino dell'economia; i tassi di interesse, di cambio e di inflazione; le tariffe salariali; i salari minimi; l'orario di lavoro; la disoccupazione (locale e nazionale); la disponibilità di credito e il costo della vita.

2.1 Aumento globale della ricchezza

Secondo il rapporto della Banca Mondiale “The Changing Wealth of Nations 2021” [La ricchezza mutevole delle nazioni 2021], la ricchezza globale è cresciuta in modo considerevole tra il 1995 e il 2018, e i Paesi a medio reddito stanno raggiungendo i Paesi ad alto reddito. Ad esempio, la ricchezza in Europa e in Asia centrale è aumentata del 45% dal 1995. Tuttavia, la crescente prosperità è stata accompagnata da una gestione non sostenibile di alcuni beni naturali. I Paesi a basso e medio reddito hanno visto la loro ricchezza forestale pro capite diminuire dell'8% dal 1995 al 2018 a causa della significativa deforestazione. Nello stesso periodo, il valore delle azioni nel settore ittico marino globale è crollato dell'83% a causa della cattiva gestione e della pesca eccessiva. Gli effetti previsti del cambiamento climatico possono aggravare queste tendenze [4].

2.2 Nuovi lavori

I cambiamenti tecnologici rendono possibili nuovi tipi di impiego e nuovi modelli aziendali. Le tecnologie digitali stanno creando nuovi posti di lavoro e nuove opportunità per generare reddito, anche tra i gruppi sociali solitamente svantaggiati nel mercato del lavoro come i giovani, le donne, gli anziani, i disabili, nonché le persone che vivono in aree remote. Mentre alcuni nuovi tipi di impiego offrono a molti lavoratori un accesso al mondo del lavoro senza troppi ostacoli, l'opportunità di sviluppare le proprie competenze e la possibilità di bilanciare meglio la vita lavorativa e quella familiare, altri lavoratori si trovano in una situazione di precarietà indesiderata a causa dell'imprevedibilità dell'orario di lavoro e del reddito. Tali tipi di impiego precari sono caratterizzati da modelli di lavoro alternativi, forme temporanee di rapporti contrattuali, luoghi di lavoro alternativi e orari di lavoro irregolari.

Tuttavia, la fattibilità di queste trasformazioni è condizionata dalla legge e dalle istituzioni che regolano il lavoro e i mercati nei settori interessati. Dovremmo comprendere gli effetti di questa nuova economia sull'occupazione, sui tipi di impiego e sulle organizzazioni, esaminare le dinamiche competitive e costruire tipologie di modelli aziendali per chi opera nei settori selezionati, valutare le trasformazioni della normativa del lavoro a livello nazionale, europeo e internazionale, ed analizzare le modalità di mobilitazione, l'azione collettiva e la ricerca di soluzioni alternative in collaborazione con i protagonisti del mondo economico e sociale.

2.3 Crisi del lavoro

Entro il 2025 l'automazione e la nuova divisione del lavoro tra uomini e macchine sconvolgeranno 85 milioni di posti di lavoro a livello globale nelle medie e grandi imprese in 15 settori e 26 economie. Oltre l'80% dei dirigenti aziendali sta accelerando i piani di digitalizzazione dei processi di lavoro e di implementazione delle nuove tecnologie; e il 50% dei datori di lavoro prevede di accelerare l'automazione di alcuni ruoli nelle proprie aziende.

Con l'evoluzione dell'economia e dei mercati del lavoro emergeranno 97 milioni di nuovi ruoli nell'economia dell'assistenza, nei settori tecnologici della quarta rivoluzione industriale (come l'intelligenza artificiale) e nei campi della creazione di contenuti. I compiti in cui l'uomo è destinato a mantenere il proprio vantaggio comparativo rispetto alle macchine includono la gestione, la consulenza, il processo decisionale, il ragionamento, la comunicazione e l'interazione. Ci sarà un'impennata della domanda di lavoratori in grado di occupare posti di lavoro nell'economia verde, ruoli all'avanguardia nell'economia dei dati e dell'intelligenza artificiale, nonché nuovi ruoli nell'ingegneria, nel cloud computing e nello sviluppo di prodotti.

Fra i lavoratori destinati a mantenere il proprio ruolo nei prossimi cinque anni, quasi il 50% avrà bisogno di riqualificare le proprie competenze di base.

2.4 Crisi del sistema finanziario e valutario

L'adozione della moneta unica ha prodotto grandi benefici, dall'assenza di attriti negli scambi commerciali al miglioramento della competitività globale, ma l'euro ha anche obbligato gli Stati Membri a rinunciare alle politiche monetarie indipendenti che possono aiutare a sostenere i debiti e i sistemi finanziari nazionali. Una conseguenza è che le sofferenze delle banche comportano rischi maggiori per le finanze dei singoli governi, e viceversa.

Durante la pandemia, i leader europei sono stati disposti ad intensificare la loro cooperazione, in particolare mettendo in comune le risorse fiscali per sostenere le economie più colpite dell'Unione. Con un'urgenza sempre maggiore, la stessa logica si applica per spezzare il legame tra la solidità delle banche e la solvibilità dei governi nazionali. Fino a quando non si affronterà questo problema, il sistema della moneta unica europea rimarrà un'opera pericolosamente incompiuta [5].

2.5 Variazioni dei consumi

Il cambiamento è stato l'unica costante negli ultimi due anni. I cambiamenti radicali nello stile di vita hanno motivato i consumatori a prendere decisioni intenzionali, consapevoli ed ambiziose. I modelli aziendali tradizionali e le reti logistiche sono chiamati a rispondere a nuove sfide. Le aziende devono evolvere con la stessa rapidità con cui cambia il comportamento dei consumatori.

I consumatori preferiranno e si fideranno dei marchi umanizzati. L'esperienza del cliente deve essere multiforme. Se l'esperienza non è impeccabile e personalizzata, le aziende potrebbero perdere i clienti. Modelli ibridi efficaci consentono alle aziende di passare da impegni in presenza a impegni virtuali, mentre il futuro prossimo rimane imprevedibile. Dalla semplificazione della tecnologia per i principianti all'esplorazione del metaverso, la personalizzazione delle esperienze digitali in base al pubblico di destinazione è fondamentale. La sostenibilità è un rinnovato vantaggio competitivo. I consumatori graviteranno verso prodotti e comunità ecocompatibili. Nuovi canali di distribuzione e modalità commerciali, come strategie dirette al consumatore o programmi di riacquisto, potrebbero offrire flussi di reddito aggiuntivi. Le aziende dovrebbero prendere in considerazione partnership con altri protagonisti di diversi settori per condividere le risorse, ampliare la portata e raggiungere obiettivi che vadano al di là delle loro attuali capacità operative [6].

2.6 Aziende sostenibili

La crisi climatica in corso e gli effetti della pandemia di COVID-19 hanno portato ad enormi cambiamenti nell'opinione pubblica e in quella delle imprese. Questo ha spinto la sostenibilità e le questioni ambientali in cima alla lista delle priorità di molte aziende in tutto il mondo. La ricerca ha dimostrato che le imprese con livelli più elevati di responsabilità ambientale stanno superando in prestazioni quelle meno sostenibili sia a breve che a lungo termine. Un approccio completo alla sostenibilità aziendale dovrebbe tenere conto dei quattro pilastri della sostenibilità: sociale, umana, economica e ambientale.

2.7 Asiatizzazione

L'eredità dell'uropeizzazione del XIX secolo e dell'americizzazione del XX secolo nei confronti del mondo è che la maggior parte delle nazioni è stata plasmata dall'Occidente in qualche modo significativo. Nel XXI secolo, l'asiatizzazione sta emergendo come una nuova tendenza della civiltà globale. Come è successo con i suoi predecessori, l'asiatizzazione assume molte forme, ma è universalmente tangibile: vendere materie prime alla Cina, assumere ingegneri software dall'India, acquistare petrolio dall'Arabia Saudita, andare in vacanza in Indonesia, fare apprendistato negli Emirati Arabi Uniti e così via.

Siamo solo alle prime fasi della penetrazione dell'Asia in tutte le altre civiltà, come ha fatto l'Occidente nel corso dei secoli. Così come non si poteva prevedere l'impatto dell'esplorazione commerciale europea in Asia o attraverso l'Atlantico, l'esito di questo processo è incerto. Come l'uropeizzazione e l'americizzazione nei secoli precedenti, anche l'asiatizzazione è un'arma a doppio taglio [7].

3 FATTORI SOCIO-CULTURALI

I fattori sociali comprendono le norme e le aspettative culturali, la consapevolezza in materia di salute, i tassi di crescita demografica, la distribuzione per fasce d'età, l'attitudine alla carriera, la sanità e la sicurezza. Questi fattori sono utili per le aziende per pianificare meglio analisi e strategie di marketing.

3.1 Crescita demografica globale

La crescita demografica dovrebbe portare a una continuazione della crescita del PIL globale, ma l'impatto potrebbe essere modesto perché la crescita demografica in età lavorativa si concentra in Paesi con bassa produttività del lavoro. La forma assunta dal ciclo di vita economico, con alti consumi e bassa disponibilità di manodopera in età avanzata, aumenterà i costi economici globali dell'invecchiamento della popolazione. Molte questioni ambientali, sanitarie ed economiche urgenti sono di natura globale ed indissolubilmente legate alla popolazione.

Nel corso della seconda metà del ventesimo secolo, i Paesi di tutto il mondo hanno condiviso un'esperienza demografica comune. La rapida crescita demografica e la crescita della forza lavoro efficace hanno fornito un significativo impulso alla crescita del PIL. Dopo diversi decenni di declino negli anni '50 e '60, il tasso di sostegno è aumentato, contribuendo a raggiungere standard di vita più elevati.

I Paesi del mondo ora stanno seguendo percorsi più divergenti. La crescita demografica e un primo dividendo positivo si concentreranno sia nei Paesi a reddito basso che in quelli a reddito medio-basso. In linea di massima, gli impatti saranno probabilmente molto diversi per questi Paesi. La crescita del PIL e del reddito per consumatore effettivo saranno entrambe elevate e porteranno a standard di vita più elevati, come convenzionalmente misurati, ma anche a maggiori tensioni ambientali associate alla crescita demografica e del PIL.

3.2 Invecchiamento

Si prevede che la popolazione attiva di oggi vivrà una vita più lunga e più sana rispetto alle generazioni precedenti. Ciò, combinato con una forza lavoro attualmente in diminuzione, significa che la partecipazione degli adulti anziani al mercato del lavoro dovrebbe contribuire positivamente allo sviluppo economico e sociale nazionale. Gli organi legislativi hanno quindi attuato una serie di riforme per motivare e incoraggiare sia i datori di lavoro che i dipendenti ad accogliere la prospettiva di una forza lavoro che invecchia e a rispondere alle problematiche associate a questo cambiamento demografico sul posto di lavoro.

La carenza di manodopera è un fenomeno globale in quanto la generazione dei "baby boomer" del dopoguerra sta andando in pensione. Di conseguenza, molti imprenditori stanno lottando per migliorare il livello di produttività delle loro aziende. Tuttavia, al momento, l'età di 65 anni viene spesso definita come i nuovi 55, e la popolazione anziana è considerata come un potenziale contribuente attivo al benessere economico.

Sapendo che le persone che vivono più a lungo sono spesso più sane, l'invecchiamento della popolazione non viene più considerato un onere per la società. Inoltre, con gli sviluppi tecnologici tra cui l'automazione e l'intelligenza artificiale, le prestazioni professionali di un lavoratore non sono più immediatamente correlate alla sua età. La nostra analisi ha confermato che le aziende e le organizzazioni si affidano fortemente alla tecnologia per riassumere e trattenere i lavoratori anziani in conformità con la politica governativa sull'età pensionabile. Infatti, per alcuni datori di lavoro, la tecnologia è considerata uno strumento per contrastare la discriminazione basata sull'età sul luogo di lavoro.

3.3 Ricambio generazionale

Trasferire le conoscenze alle generazioni future è un principio fondamentale dell'umanità, oltre che un modo per aumentare il successo di un'organizzazione. Oggi le organizzazioni utilizzano modi diversi per diventare più competitive e per aumentare non solo la produttività, ma anche la soddisfazione professionale delle generazioni giovani e anziane. Un modo comprovato è quello di utilizzare le conoscenze e l'esperienza della precedente generazione. Con il loro carisma genitoriale non trasmettono ai giovani dipendenti soltanto fiducia, ma anche conoscenze utili, esperienze e know-how. Questa situazione è vantaggiosa per entrambe le parti e l'organizzazione trae beneficio anche da una maggiore produttività, da una maggiore soddisfazione professionale e da un livello più elevato di fidelizzazione dei giovani dipendenti. Ciò crea un ambiente di lavoro arricchito da un rapporto empatico e di valore etico [8].

La sfida dei manager è quella di individuare e migliorare le personalità, i talenti e i desideri individuali dei dipendenti. Pertanto, i manager devono avere dimestichezza con i meccanismi psicologici e saper analizzare la personalità, i punti deboli e i punti di forza dei loro subordinati e il modo in cui si completano a vicenda. A tal scopo risultano efficaci una comunicazione, una fiducia e una leadership adeguate alla forza lavoro. Anche la sensibilizzazione riguardo all'età, per contrastare la relativa discriminazione, e la promozione della sensibilizzazione demografica ed etnica nelle aziende sono dei requisiti attualmente richiesti per migliorare l'efficacia della collaborazione. Incoraggiare l'inserimento dei lavoratori anziani nella formazione è una strategia per promuovere una vita lavorativa più lunga [9].

3.4 Pressione migratoria

La migrazione internazionale di manodopera è emersa come una grande questione globale che interessa la maggior parte delle nazioni del mondo e si colloca ai primi posti nelle agende politiche internazionali, regionali e nazionali. Da un lato, la migrazione transfrontaliera presenta molti aspetti positivi. Attraverso il loro lavoro, i lavoratori migranti contribuiscono alla crescita e allo sviluppo nei Paesi in cui vengono impiegati. I Paesi d'origine beneficiano enormemente delle rimesse di questi lavoratori e delle competenze che acquisiscono durante la loro esperienza di migrazione. Il processo di migrazione pone tuttavia anche delle problematiche serie. Molti lavoratori migranti, in particolare i lavoratori poco qualificati, affrontano

condizioni lavorative di sfruttamento e godono di diritti umani e del lavoro limitati. Le donne, che migrano sempre più da sole e ora rappresentano quasi la metà di tutti i migranti internazionali, devono affrontare problemi specifici di protezione. Con l'aumento delle barriere alla mobilità transfrontaliera della manodopera, l'aumento della migrazione irregolare e la tratta e il traffico di esseri umani costituiscono sfide importanti per la tutela dei diritti umani e del lavoro.

3.5 Individualizzazione

Le persone si interrogano su chi sono e su ciò che conta per loro e, in molti casi, trovano una nuova sicurezza nel mostrarsi così come sono. C'è anche una crescente umanizzazione della forza lavoro; le vite professionali e private si mescolano di più, e ammettere di non stare bene non è più un segno di debolezza sul lavoro. Tutto ciò fa parte di una tendenza verso l'individualismo e l'indipendenza. Le persone si sentono più libere di decidere come e dove impiegare il proprio tempo e la propria attenzione. Il crescente individualismo sta accentuando l'empatia tra i colleghi all'interno delle aziende e sta cambiando le aspirazioni delle persone in qualità di clienti, il che presenta nuove sfide e opportunità sia per i datori di lavoro che per i proprietari di marchi.

Le organizzazioni devono comprendere tali cambiamenti nelle ambizioni, nel senso di autonomia e nei modi di vivere delle persone, ed esaminare e rispondere ai potenziali effetti.

3.6 Pluralizzazione

La società pluralistica è una società in cui più gruppi mirano ad influenzare le politiche e a collaborare nel processo governativo. Tali gruppi possono essere determinati dalla cultura o dalle credenze, e ogni gruppo mantiene la propria identità unica ed è accettato da altri gruppi. Idealmente, in una società pluralistica, gruppi diversi avrebbero una maggiore tolleranza l'uno verso l'altro e una maggiore accettazione all'interno della società. Vi è tuttavia il rischio che si generi un conflitto tra gruppi diversi e che tale situazione determini una mancanza di cooperazione.

3.7 Polarizzazione delle società

La polarizzazione sociale è associata alla segregazione all'interno di una società che può emergere da disuguaglianze di reddito, fluttuazioni immobiliari, dislocazioni economiche, ecc. e portare a una differenziazione tale da creare vari gruppi sociali, da quelli ad alto reddito a quelli a basso reddito. La società è diventata notevolmente più polarizzata negli ultimi anni. In Europa ciò si manifesta in un aumento dei disaccordi su questioni fondamentali come l'immigrazione e l'integrazione europea. Anche i partiti politici sono diventati più polarizzati nelle economie avanzate, soprattutto nell'ultimo decennio. Il grado di

polarizzazione politica in una società è una variabile chiave che quantifica la misura in cui l'opinione pubblica è suddivisa in due estremi opposti. Si tratta di una variabile molto importante da tenere in considerazione: maggiore è la polarizzazione, più è difficile generare un ampio consenso tra gruppi con opinioni diverse per intraprendere riforme che consentano alla società di compiere progressi. Di conseguenza, un elevato grado di polarizzazione può portare a posizioni inconciliabili, rendendo difficile raggiungere degli accordi. Per questo motivo è importante che gli accademici, così come gli operatori del settore, cerchino di capire come si è arrivati a tale situazione e come si possa uscirne [10].

3.8 Urbanizzazione

Dal 1961 al 2018, la quota di popolazione che vive nelle aree rurali dell'UE-27 e del Regno Unito è diminuita rispetto alla popolazione totale, mentre le città hanno registrato un aumento regolare e costante. Questa tendenza in accelerazione continuerà probabilmente in futuro, dato che le persone cercano opportunità di lavoro, istruzione e assistenza sanitaria migliori. L'aumento della concentrazione demografica nelle città viene associato all'aumento della produttività, ma d'altro canto è anche la causa di problemi legati al degrado ambientale, alla salute pubblica, agli alloggi, alla congestione e alle disuguaglianze. L'urbanizzazione e lo sviluppo vanno di pari passo, perché è necessario trovare un modo per garantire la sostenibilità della crescita. Le nuove ed emergenti tecnologie digitali stanno aiutando le città ad affrontare alcune di queste sfide e ad interagire meglio con i cittadini. Le amministrazioni locali collaborano sempre più spesso con le comunità di quartiere e creano piattaforme che consentono loro di raccogliere e creare soluzioni locali "basate sulle persone" e di esportarle all'interno della città e nelle reti di pari. La pandemia di COVID-19 ha portato a un'accelerazione delle trasformazioni in corso nelle città, come ad esempio la micromobilità, lo shopping online e la digitalizzazione dei servizi sanitari e governativi, ma ha anche aumentato le disuguaglianze tra i cittadini [11].

3.9 Aumento della complessità

Che si tratti di piccole o grandi imprese, i fattori interni ed esterni (come ad esempio la globalizzazione, lo scambio di informazioni ad alta velocità e i costanti progressi della tecnologia) e le interconnessioni che sussistono fra di essi sono tra i motivi che rendono le imprese più complesse. Le grandi imprese sono intrinsecamente più complesse perché vi è un maggior numero di parti interessate, unità aziendali, richieste frammentate dei clienti e altri elementi che costituiscono il processo decisionale. Le piccole imprese hanno invece una struttura organizzativa più semplice. Tuttavia, man mano che iniziano a creare nuovi prodotti o entrano in nuovi mercati, diventano inevitabilmente più complesse. I manager e i dipendenti di queste organizzazioni complesse devono imparare e adattarsi alla velocità dell'Internet, e prevedere e accettare ogni giorno i cambiamenti per rimanere competitivi [12] [13].

4 FATTORI TECNOLOGICI

Sebbene l'industria sia la spina dorsale dell'economia europea, deve ancora affrontare problematiche costanti derivanti dall'esposizione all'economia globale, da un panorama geopolitico in rapida evoluzione e da problemi nelle lunghe catene di approvvigionamento e distribuzione. Per prosperare, l'industria deve adattarsi e superare queste difficoltà; ciò è possibile solo attraverso una continua innovazione.

L'innovazione, lo sviluppo e la ricerca nell'ambito delle tecnologie emergenti, che produrranno grandi benefici economici e sociali, rappresentano un costante obiettivo per le organizzazioni; soprattutto per le aziende dell'industria manifatturiera come, ad esempio, quella automobilistica o nautica. Da qui le molteplici rivoluzioni industriali che, dal XVIII secolo, sono state e sono tuttora in corso.

Oggi le aziende cercano di seguire il percorso di sviluppo dell'Industria 4.0, che è composto da sei pietre miliari che corrispondono alla maturità raggiunta dall'impresa nell'ambito dell'Industria 4.0. È fondamentale procedere gradualmente lungo il percorso, senza saltare alcuna fase. Le prime due fasi, l'Informatizzazione e la Connettività, incoraggiano l'uso delle tecnologie informatiche (IT) in un'impresa e le collegano tra loro e con il sistema informatico dell'impresa, creando così le basi per ulteriori aggiornamenti. La prima vera fase verso l'Industria 4.0 è la Visibilità. In questa fase è disponibile in tempo reale un concreto modello digitale dell'impresa, che fornisce informazioni rilevanti sul sistema di produzione. Nella fase di Trasparenza si aggiunge un livello di metodi di analisi dei dati (come l'AI), che aiutano a capire perché riceviamo i dati di produzione che stiamo ricevendo. Nella fase seguente si aggiunge un altro livello di metodi di analisi per prevedere il comportamento del sistema. In questo modo è possibile prevedere l'approccio alle situazioni e un manager responsabile può prendere tempestivamente le decisioni pertinenti e le misure preventive.

Si raggiunge quindi la fase finale, ossia quella dell'Adattabilità, quando il sistema di produzione è in grado di reagire autonomamente e di adattarsi ai cambiamenti. In breve, la quarta rivoluzione industriale si basa sull'idea di unire il mondo fisico e quello virtuale interconnettendo esseri umani, macchine e dispositivi attraverso l'Internet of Things (IoT, Internet delle Cose). Il Sacro Graal dell'Industria 4.0 sono quindi sistemi cyber-fisici (CPS) auto-ottimizzanti che raccolgono dati, creano modelli analitici, prendono decisioni e ottimizzano la produzione.

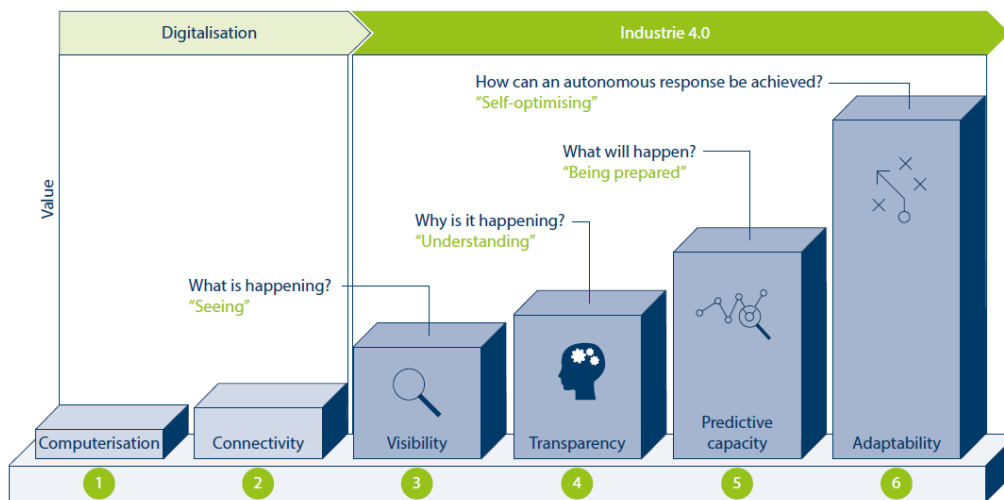


Figura 2 fasi del percorso di sviluppo verso l'industria 4.0

Ci sono molte tecnologie tra cui scegliere durante il percorso verso un sistema di produzione autonomo. Per ottimizzare il processo di implementazione, è necessario sviluppare una strategia ed utilizzare un approccio sistematico. La prima fase consiste nel conoscere l'indice di maturità dell'azienda nell'ambito dell'Industria 4.0 e nell'ottenere una panoramica generale delle diverse tecnologie. Il presente rapporto si concentra su quattro aree: digitalizzazione, robotizzazione, realtà estesa e produzione additiva.

4.1 Digitalizzazione

La digitalizzazione si concentra principalmente sull'automazione dei processi aziendali, sull'automazione delle operazioni e sull'elaborazione delle informazioni. D'altro canto, la trasformazione digitale è attualmente una tendenza importante che penetra in molti ambiti industriali e sociali e che può essere definita come l'uso di nuove tecnologie digitali (analitiche o dispositivi incorporati) per promuovere miglioramenti aziendali (ad esempio migliorare l'esperienza dei clienti, snellire i processi) o per innovare i modelli aziendali in termini strategici, tattici ed operativi.

La digitalizzazione è in atto da oltre 70 anni, ma è solo recentemente che molti si sono resi conto di quanto sia forte e profonda questa tendenza tecnologica.

La Commissione Europea ha recentemente presentato una visione per la trasformazione digitale dell'Europa entro il 2030 che si concentra sulle competenze, sul governo, sulle infrastrutture e sulle imprese. Alcuni degli obiettivi da raggiungere entro il 2030 sono i seguenti:

- almeno l'80% della popolazione dovrà avere competenze digitali di base;
- nell'UE dovranno essere impiegati 20 milioni di specialisti in ICT, con una convergenza di genere;

- ogni famiglia europea dovrà essere coperta da una rete di connettività Gigabit e tutte le aree popolate dovranno essere coperte dal 5G;
- entro il 2025 l'UE dovrà avere il suo primo computer con accelerazione quantistica;
- il 75% delle imprese europee dovrà utilizzare servizi di cloud computing, big data ed intelligenza artificiale.

La Commissione Europea ha inoltre pubblicato i rapporti annuali DESI (Digital Economy and Society Index), che offrono una panoramica sullo stato della digitalizzazione in ciascun Paese. I Paesi oggetto del presente rapporto sono l'Italia e la Slovenia.

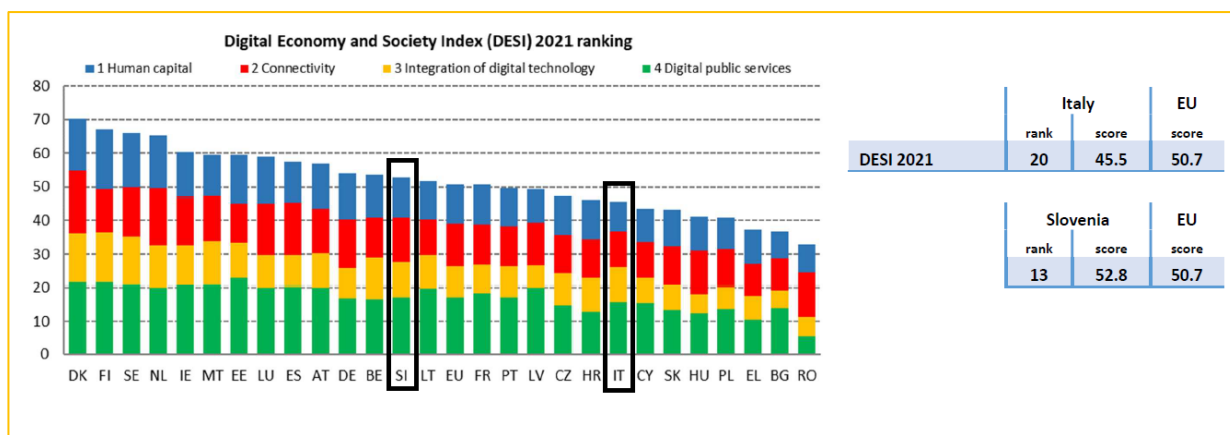


Figura 3 DESI (Digital Economy and Society Index) 2021: classifica e punteggio per l'Italia e per la Slovenia

L'Italia è notevolmente indietro rispetto ad altri Paesi dell'UE in materia di capitale umano. Rispetto alla media dell'UE, in Italia si registrano livelli molto bassi di competenze digitali di base e avanzate, così come il numero di laureati italiani che hanno studiato ICT. Rimane al di sotto della media dell'UE anche la percentuale di specialisti in ICT e il numero di imprese italiane che offrono formazione ICT ai propri dipendenti.

Uno dei punti di forza della Slovenia è invece il capitale umano, con un numero elevato di laureati in materie STEM e di start-up nel settore ITC, superiore alla media dell'UE. Secondo il rapporto DESI, la Slovenia trarrebbe vantaggio dall'incoraggiare un numero maggiore di persone, in particolare donne, a seguire corsi di formazione e riqualificazione per diventare specialisti ICT, con gli sviluppatori di software tra i più richiesti secondo il Digital Innovation Hub Slovenia.

	Italy				Slovenia			
	DESI 2019	DESI 2020	DESI 2021	DESI 2021	DESI 2019	DESI 2020	DESI 2021	DESI 2021
1a1 At least basic digital skills	NA	42%	42%	56%	54%	55%	55%	56%
% individuals	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019
1a2 Above basic digital skills	NA	22%	22%	31%	30%	31%	31%	31%
% individuals	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019
1a3 At least basic software skills	NA	45%	45%	58%	57%	59%	59%	58%
% individuals	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019
1b1 ICT specialists	3.6%	3.5%	3.6%	4.3%	4.0%	3.9%	4.4%	4.3%
% individuals in employment aged 15-74	2018	2019	2020	2020	2018	2019	2020	2020
1b2 Female ICT specialists	15%	15%	16%	19%	17%	20%	17%	19%
% ICT specialists	2018	2018	2020	2020	2018	2019	2020	2020
1b3 Enterprises providing ICT training	17%	19%	15%	20%	29%	28%	26%	20%
% enterprises	2018	2019	2020	2020	2018	2019	2020	2020
1b4 ICT graduates	1.0%	1.3%	1.3%	3.9%	3.7%	3.5%	4.1%	3.9%
% graduates	2017	2018	2019	2019	2017	2018	2019	2019

Figura 4 Capitale umano in Italia (a sinistra) e in Slovenia (a destra)

La maggior parte delle piccole e medie imprese italiane e slovene (rispettivamente il 69% e 68%) hanno almeno un livello di intensità digitale di base, una quota che è ben al di sopra della media dell'UE (60%). Le imprese italiane ottengono ottimi risultati nell'uso delle fatture elettroniche, mentre entrambi i Paesi presentano lacune nell'uso di tecnologie come ad esempio i big data e l'intelligenza artificiale.

	Italy				Slovenia			
	DESI 2019	DESI 2020	DESI 2021	DESI 2021	DESI 2019	DESI 2020	DESI 2021	DESI 2021
3a1 SMEs with at least a basic level of digital intensity	NA	NA	69%	60%	NA	NA	68%	60%
% SMEs			2020	2020			2020	2020
3b1 Electronic information sharing	37%	35%	35%	36%	30%	33%	33%	36%
% enterprises	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019
3b2 Social media	17%	22%	22%	23%	18%	24%	24%	23%
% enterprises	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019
3b3 Big data	7%	7%	9%	14%	10%	10%	7%	14%
% enterprises	2018	2018	2020	2020	2018	2018	2020	2020
3b4 Cloud	15%	15%	38%	26%	17%	17%	26%	26%
% enterprises	2018	2018	2020	2020	2018	2018	2020	2020
3b5 AI	NA	NA	18%	25%	NA	NA	33%	25%
% enterprises			2020	2020			2020	2020
3b6 ICT for environmental sustainability	NA	NA	60%	66%	NA	NA	74%	66%
% enterprises having medium/high intensity of green action through ICT			2021	2021			2021	2021
3b7 e-Invoices	42%	42%	95%	32%	62%	62%	58%	32%
% enterprises	2018	2018	2020	2020	2018	2018	2020	2020
3c1 SMEs selling online	10%	10%	11%	17%	17%	17%	17%	17%
% SMEs	2018	2019	2020	2020	2018	2019	2020	2020
3c2 e-Commerce turnover	8%	8%	9%	12%	NA	11%	12%	12%
% SME turnover	2018	2019	2020	2020	2018	2019	2020	2020
3c3 Selling online cross-border	6%	6%	6%	8%	12%	12%	12%	8%
% SMEs	2017	2019	2019	2019	2017	2019	2019	2019

Figura 5 Integrazione della tecnologia digitale in Italia (a sinistra) e in Slovenia (a destra)

4.1.1 Andamento della digitalizzazione a medio e lungo termine e possibile scenario nell'industria manifatturiera

La pandemia di COVID-19 ha colpito duramente il mondo e molte aziende sono crollate. Tuttavia, la crisi ha consentito una rapida adozione delle tecnologie e ha accelerato la trasformazione digitale in tutti i settori. In questo capitolo l'attenzione è rivolta all'industria manifatturiera.

La trasformazione digitale industriale si riferisce ad un insieme di soluzioni di innovazione e transizione verso nuovi modelli aziendali e flussi di reddito; rappresenta una cultura del cambiamento integrata in tutte le aree di lavoro ed una trasformazione nel modo in cui vengono gestiti i diversi team. Solo in questo modo la digitalizzazione può avere un reale effetto positivo sulla produzione di qualsiasi azienda.

Oggi è essenziale essere connessi in un mondo IoT, ma la raccolta dei dati di per sé non genera valore. Big data è un termine utilizzato per descrivere set di dati estremamente grandi e diversificati che arrivano a velocità e in volumi mai visti prima e che quindi vanno oltre la capacità degli strumenti software comunemente utilizzati di acquisire, trattare, gestire ed elaborare i dati entro un tempo tollerabile. Le dimensioni dei big data sono un obiettivo in costante movimento; dal 2012 sono passati da poche decine di terabyte a molti zettabyte di dati. Le fonti di dati stanno diventando più complesse di quelle dei dati tradizionali perché sono basate sull'intelligenza artificiale, sui dispositivi mobili, sui social media e sull'Internet of Things.

I big data e l'IoT lavorano in congiunzione per supportare l'AI, l'apprendimento automatico e gli algoritmi di apprendimento profondo, che utilizzano i dati in maniera intensiva. In molti casi, i dati di produzione vengono archiviati in data lake tramite il cloud ed elaborati in cluster di GPU anziché con i processori CPU tradizionali. I big data possono essere utilizzati per prevedere eventi futuri, prevedere i rischi, ridurre la dipendenza dall'intuito prendendo decisioni basate sui dati ed offrire un miglioramento continuo dei sistemi e dei processi tramite feedback costanti.

Rete 5G e 6G: il 5G è la rete mobile di quinta generazione ed è un nuovo standard wireless globale. Nell'era del lavoro da remoto, delle videoconferenze e della collaborazione digitale, una connessione affidabile e una maggiore larghezza di banda sono diventate una necessità della nostra vita quotidiana. La nostra dipendenza da telefoni, tablet e altri dispositivi IoT sottolinea la necessità di disporre di “un'autostrada a più corsie”, di cui le aziende di telecomunicazioni riconoscevano già la necessità. Oggi le aziende non possono più permettersi di essere disconnesse dalla rete e l'implementazione del 5G è diventata una parte fondamentale della soluzione.

Le tecnologie 5G forniscono le caratteristiche di rete essenziali per la produzione. Bassa latenza e alta affidabilità sono necessarie per supportare le applicazioni essenziali. La banda larga e l'elevata densità di connessione consentono di connettersi ovunque. Tali requisiti sono necessari per i produttori che attualmente si affidano alle reti fisse.

La 6G emergerà come la sesta generazione di comunicazioni wireless e succederà alla tecnologia wireless 5G, che è ancora inutilizzata in molte regioni. La 6G consentirà di raggiungere velocità fino a 100 volte superiori alla 5G. Attivando la 6G, si prevede che la latenza sarà inferiore a un microsecondo, con una maggiore larghezza di banda per consentire la connettività avanzata. In altre parole, questa tecnologia di prossima generazione è destinata a colmare il divario tra il mondo digitale e quello reale. Oltre alle velocità insondabili e alle latenze di microsecondi, si prevede che la 6G sarà anche molto affidabile e supporterà un'enorme quantità di elaborazioni di dati in tempo reale, semplificando così l'utilizzo dei big data.

La cibersicurezza è la prassi di proteggere i sistemi essenziali e le informazioni riservate dagli attacchi digitali. Le sue misure sono progettate per combattere le minacce contro i sistemi e le applicazioni in rete, indipendentemente dal fatto che tali minacce provengano dall'interno o dall'esterno di un'organizzazione. Esistono 6 livelli di cibersicurezza per garantire la sicurezza di tecnologie e dati, che corrispondono alle

barriere che gli hacker dovrebbero superare per accedere a un ICS (Industrial Control System) o a qualsiasi altro CPS (Sistema cyber-fisico). Il primo livello è il firewall di rete, che rappresenta la prima linea di difesa contro hacker, virus e malware. È analogo alle mura che circondano un edificio. Il secondo livello è la sicurezza fisica, che prevede l'uso di sistemi di sorveglianza per monitorare i vari luoghi, come la sala principale ed i punti di ingresso/uscita, per migliorare la sicurezza visibile. Il terzo livello consiste nell'eliminare le falle avvalendosi dell'aiuto di esperti per analizzare i sistemi alla ricerca di vulnerabilità, assicurandosi che software, antivirus e firewall siano aggiornati secondo gli ultimi standard del settore. Il quarto livello è la crittografia dei dati, che in pratica significa utilizzare password o blocchi digitali per proteggere i sistemi e i dati. Le password più lunghe e complesse garantiscono una crittografia più efficace e minori possibilità di attacchi ai sistemi da parte di hacker. Il quinto livello è l'implementazione di personale formato. Le organizzazioni devono assicurarsi che alcune persone al loro interno abbiano le competenze di base per contrastare eventuali furti di dati importanti e adottare le misure necessarie. Nell'era attuale, con l'interconnessione di un numero sempre maggiore di dispositivi fisici, le preoccupazioni legate alla sicurezza informatica diventano sempre più importanti. La cibersicurezza dipende in gran misura da prassi etiche seguite da individui e aziende. Il livello più esterno è il Business Continuity and Disaster Recovery (BCDR), che richiede di individuare potenziali minacce (quali attacchi informatici, disastri naturali, guasti ed incendi dei sistemi IT) e di preparare un piano di continuità e ripristino. A tale scopo, i backup sono una parte integrante del BCDR, poiché archiviano tutti i dati essenziali, i documenti crittografati e le informazioni riservate delle organizzazioni.

Il cloud computing è denominato come tale perché le informazioni a cui si accede si trovano in remoto nel cloud o in uno spazio virtuale. Tali risorse includono strumenti e applicazioni come unità di archiviazione di dati, server, database, reti e software. Fintanto che un dispositivo elettronico ha accesso al Web, ha accesso ai dati e ai programmi software necessari per eseguirlo. Ciò significa che non è necessario che l'utente si trovi in un luogo specifico per accedervi, consentendogli in tal modo di lavorare in remoto. Di conseguenza, gli utenti possono trasferire file e impostazioni su altri dispositivi in modo completamente ininterrotto. Il cloud computing si occupa anche di tutte le operazioni più pesanti di calcolo ed elaborazione dei dati, che non devono essere eseguite sul dispositivo mobile o desktop. La struttura cloud consente agli individui di risparmiare spazio di archiviazione sui loro desktop o laptop. Consente inoltre agli utenti di aggiornare il software più rapidamente, poiché le aziende software possono offrire i loro prodotti tramite il Web piuttosto che tramite metodi più tradizionali e tangibili che includono dischi o unità flash.

Edge computing: la crescita esplosiva e la potenza di elaborazione in aumento dei dispositivi IoT hanno portato a volumi di dati senza precedenti che superano le capacità delle reti e delle infrastrutture. Inoltre, i volumi di dati continueranno a crescere man mano che le reti 5G aumenteranno il numero di dispositivi mobili connessi. A volte i big data possono sovraccaricare il cloud. Per la maggior parte delle applicazioni verrà utilizzato l'edge computing prima di inviare i dati al cloud. L'edge computing è un framework di elaborazione distribuito che avvicina le applicazioni aziendali alle fonti di dati quali i dispositivi IoT o i

server perimetrali locali. Tale vicinanza alla fonte dei dati può offrire forti vantaggi aziendali, tra cui informazioni approfondite più rapide, tempi di risposta migliori, una maggiore protezione dagli attacchi informatici ed una migliore disponibilità della larghezza di banda.

L'invio di tutti i dati generati dal dispositivo a un datacenter centralizzato o al cloud causa problemi di larghezza di banda e latenza. L'edge computing offre un'alternativa più efficiente: i dati vengono elaborati e analizzati in modo più ravvicinato al punto in cui vengono creati. Poiché i dati non attraversano una rete per raggiungere un cloud o un datacenter per la loro elaborazione, la latenza è notevolmente ridotta.

L'edge computing consente ai produttori di automatizzare i processi di produzione e della catena di approvvigionamento attraverso la robotica avanzata ed una comunicazione macchina-macchina più vicina alla fonte, anziché inviare dati ad un server per l'analisi e la risposta. Ad esempio, consente di ridurre la latenza per l'analisi della lamiera per rilevare lo stress, il monitoraggio del flusso attraverso i tubi o il tracciamento dei cicli automatici della macchina, con conseguente maggiore rapidità di analisi e correzione.

L'elaborazione quantistica rappresenta le informazioni in quantum bit o qubit, mentre ogni qubit può rappresentare un numero infinito di stati tra zero e uno. Rispetto ai computer tradizionali, che utilizzano bit (zero o uno), le tecnologie quantistiche sfruttano le proprietà della meccanica e della fisica quantistica per elaborare simultaneamente una gamma più consistente di valori. Ciò significa che i computer quantistici possono risolvere problemi complessi molto più rapidamente dei metodi tradizionali, il che incoraggerà lo sviluppo e l'uso di simulazioni al computer e strumenti di ottimizzazione. L'elaborazione quantistica può essere applicata a molti settori (aerospaziale, agricoltura, sanità, automobilistico o energia) e diventare ancora più utile se utilizzata in combinazione con altre tecnologie digitali. In combinazione con gli algoritmi dell'IIoT o di apprendimento automatico e AI, può essere utilizzata per ottimizzare e accelerare la progettazione dei prodotti, i test preliminari, i processi di controllo della produzione e gli ordini dei fornitori, ridurre i costi operativi, ridurre le vendite perse e migliorare la logistica utilizzando processi decisionali dinamici in tempo reale.

Blockchain industriale: una blockchain è un database distribuito, condiviso tra i nodi di una rete informatica. Come un database, una blockchain archivia le informazioni elettronicamente in formato digitale. L'innovazione offerta da una blockchain è che garantisce la fedeltà e la sicurezza di un registro di dati e che genera fiducia senza la necessità di una terza parte fidata. Una differenza fondamentale tra un classico database e una blockchain è che i dati sono strutturati. Una blockchain raccoglie le informazioni in gruppi, denominati blocchi, che contengono set di informazioni. I blocchi hanno determinate capacità di archiviazione e, una volta riempiti, vengono chiusi e collegati al blocco precedentemente riempito, formando una catena di dati definita appunto blockchain. Tutte le nuove informazioni che seguono il blocco appena aggiunto vengono compilate in un nuovo blocco, che verrà aggiunto alla catena una volta riempito. Questa struttura di dati, quando è implementata in modo decentralizzato, crea intrinsecamente una linea temporale irreversibile di dati. L'obiettivo della blockchain è quello di consentire la registrazione e la distribuzione di informazioni digitali, ma non la loro modifica. In questo modo, una blockchain costituisce

la base per registri immutabili o registrazioni di transazioni che non si possono alterare, cancellare o distruggere. Ecco perché le blockchain sono note anche come tecnologia di contabilità distribuita (DLT). Poiché le DLT riducono il costo della fiducia e rivoluzionano le transazioni tra individui, aziende e governi, riducendo al minimo le frodi, la possibilità di errore e i processi ad alto consumo di carta, sono considerate una tecnologia progressista del futuro. Possono influire sulle comunicazioni macchina-macchina (M2M), una delle tecnologie di base per l'Internet of Things (IoT). Oltre a garantire sicurezza, privacy e funzionamento decentralizzato, le DLT rappresentano piattaforme IoT affidabili, autonome e fidate.

La produzione è spesso distribuita in tutto il mondo per sfruttare al meglio la disponibilità di materie prime, manodopera, finanziamenti e mercati di consumo a prezzi più competitivi. Un singolo anello critico può mettere alla prova la resilienza dell'intera operazione, perché le aziende sono strettamente legate tra loro da lunghe catene internazionali di domanda e offerta. La blockchain consente lo scambio di dati affidabili e l'automazione dei flussi di lavoro attraverso confini organizzativi e nazionali. Ciò contribuisce a rafforzare le fragili catene di approvvigionamento e le relazioni commerciali devastate dalla pandemia e facilita un consumerismo più etico grazie alla tracciabilità della provenienza di componenti e manufatti.

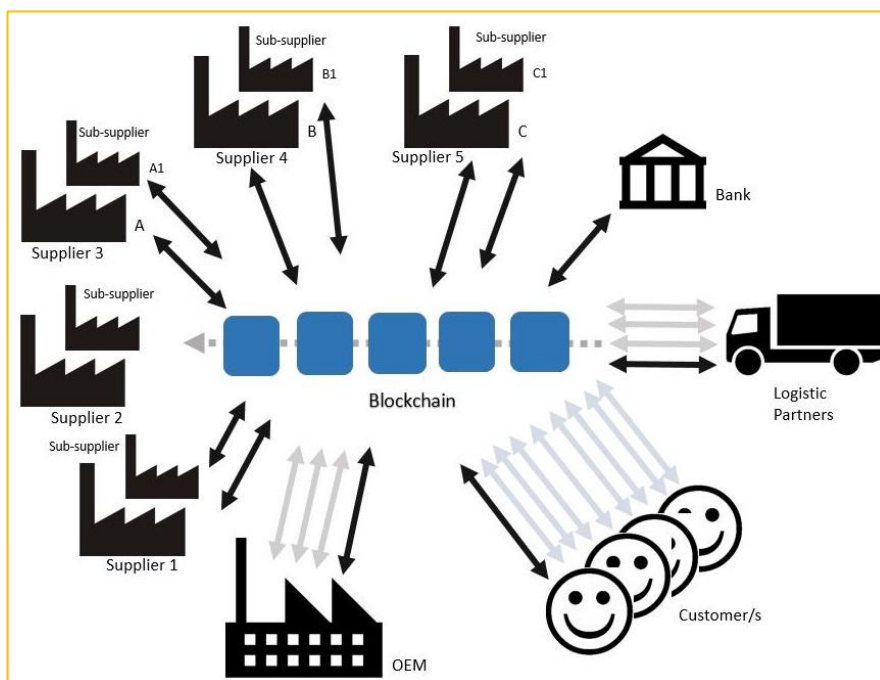


Figura 6 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

L'intelligenza artificiale è un termine collettivo per indicare le funzionalità mostrate dai sistemi di apprendimento che vengono percepite dagli esseri umani come rappresentative dell'intelligenza. Oggi, le funzionalità tipiche dell'AI includono: riconoscimento di voci, immagini e video, oggetti autonomi, elaborazione del linguaggio naturale, agenti di conversazione, automazione intelligente, simulazione avanzata, analisi e previsioni complesse. Nel contesto delle attività di produzione, la maggior parte dei casi d'uso dell'AI è incentrata sulle seguenti tecnologie:

- **Apprendimento automatico:** la capacità degli algoritmi e dei codici di utilizzare i dati e di apprendere automaticamente dai modelli sottostanti senza essere esplicitamente programmati.
- **Apprendimento approfondito:** una forma avanzata dell'apprendimento automatico che utilizza reti neurali artificiali per analizzare e interpretare immagini e video.
- **Oggetti autonomi:** agenti artificiali, come ad esempio, robot collaborativi o veicoli a guida autonoma, in grado di gestire autonomamente un'attività che viene loro assegnata.

Function	Use cases
Product development/R&D	<ul style="list-style-type: none"> • New product development • Product validation in R&D • Product enhancement
Demand Planning	<ul style="list-style-type: none"> • Demand planning/forecasting
Inventory Management	<ul style="list-style-type: none"> • Order optimization • Standardized communication with suppliers using NLP • Inventory planning
Process Control	<ul style="list-style-type: none"> • Real time-optimization of process parameters • Optimize equipment changeover
Production	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizing overall productivity in the product line • Reduction in TAKT time • Computer vision for product identification • Layout planning • Collaborative robots (cobots)
Quality Control	<ul style="list-style-type: none"> • Product quality inspection • Predicting final product quality
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent maintenance • Energy management • Spotting anomalies in communications network • Worker safety • Scrap/wastage reduction • Increasing equipment efficiency

Source: Capgemini Research Institute analysis. N = 300 largest organizations in industrial manufacturing, automotive, aerospace & defense, and consumer products.

Figura 7 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

Dal momento che l'AI offre potenzialità per l'intera industria manifatturiera (Figura 8), sono due i casi d'uso su cui le organizzazioni si concentrano maggiormente: la manutenzione (29% di tutte le implementazioni dell'AI) ed il controllo qualità (27%).

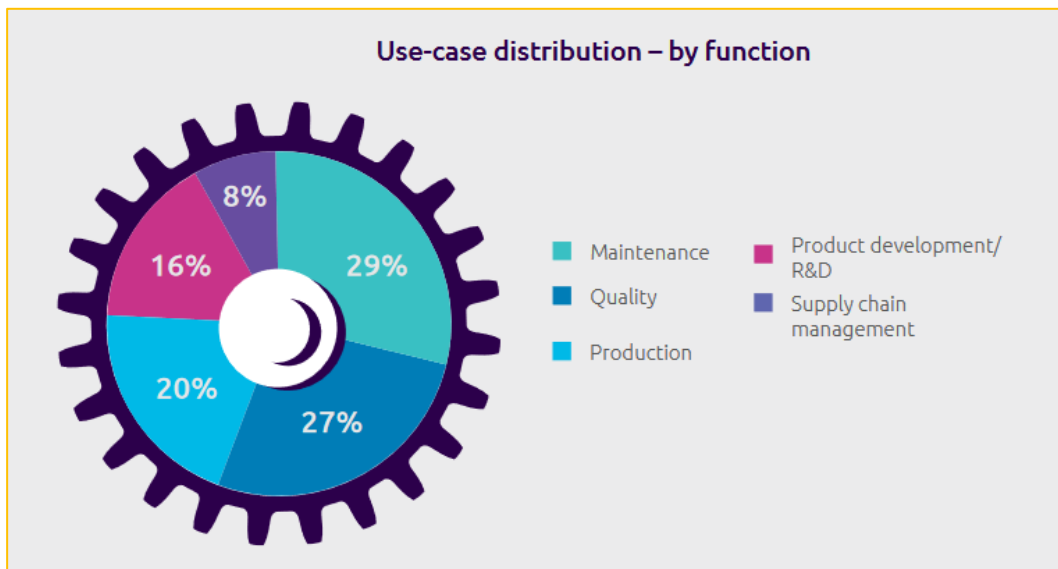


Figura 8 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

4.1.1.1 Specificità delle tendenze della digitalizzazione nell'industria automobilistica

I big data nell'industria automobilistica possono includere qualsiasi cosa, dai dati sul comportamento e sulle preferenze dei consumatori ai dati sulle abitudini di guida, sui luoghi e su molto altro ancora, provenienti dalle auto in circolazione. Molte applicazioni dell'intelligenza artificiale si basano sui big data, il che evidenzia la necessità per gli ingegneri automobilistici di comprendere l'analisi dei dati. È possibile utilizzare i big data in applicazioni di manutenzione predittiva (PM). Attraverso la manutenzione predittiva, i supervisori pianificano i tempi di inattività per ispezionare o riparare le macchine prima che un guasto imprevisto comporti costosi tempi di inattività che non erano stati messi in programma. Concetti simili sono quelli della qualità predittiva e della gestione della catena di approvvigionamento, dove i big data consentono di prevedere con maggiore certezza se un fornitore consegnerà o meno quanto concordato e di ottimizzare le catene di approvvigionamento per ridurre i rischi.

L'analisi dei big data consente inoltre ai produttori automobilistici di progettare i veicoli futuri per soddisfare le mutevoli preferenze ed esigenze dei clienti. Utilizzando set di dati che vanno dalle interazioni con i clienti alle conversazioni sui social media, i produttori possono individuare le caratteristiche più richieste e valutare quale sia il prezzo che le renderebbe accessibili per i clienti.

Esempi di piattaforme in grado di gestire i big data sono Oracle e Microsoft Azure.

I big data e l'intelligenza artificiale vanno di pari passo. Nell'industria automobilistica l'AI può essere utilizzata in molte applicazioni; per il controllo della qualità dei prodotti con rilevamento del rumore o visione computerizzata, per la manutenzione intelligente, per la pianificazione della domanda (ad esempio QLECTOR LEAP); l'aggiunta dell'AI ai co-bot e agli AGV (Veicoli a guida automatica) rende i robot più consapevoli dell'ambiente circostante e della situazione in cui si trovano; essi risultano quindi più sicuri da utilizzare insieme agli esseri umani e più adattabili a nuovi scenari.

I produttori di apparecchiature originali del settore automobilistico (OEM) stanno implementando un'ampia gamma di soluzioni di cloud computing e di altro tipo, dalle applicazioni IoT (Internet of Things) per le fabbriche intelligenti che migliorano la qualità e l'efficienza, agli acceleratori di progettazione dei prodotti che potenziano aree come le vendite, il marketing, il servizio clienti e l'assistenza post-vendita, fino alle applicazioni che permettono di creare nuovi veicoli connessi (auto, camion, navette, scooter, ecc.). Esempi di servizi di cloud computing sono: Amazon Web Services (AWS), Microsoft One Drive, Microsoft Dynamics 365, Microsoft Azure, Vuforia, Visual Components Professional Cloud, REWO, VSight, ...

Ci sono molti casi d'uso promettenti per l'edge computing ed il 5G, tra cui i sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS) e le fasi iniziali della tecnologia "Vehicle-to-everything - Veicolo verso qualsiasi cosa" (V2X). Sono incluse anche funzioni più comuni, come i sistemi di frenata, di intrattenimento e di navigazione. Con l'evolversi della tecnologia dei veicoli autonomi, questi sistemi si evolveranno. Oggi in un'auto media ci sono più di 100 unità di controllo del motore e con la tecnologia di calcolo edge è possibile eseguire funzioni come l'infotainment, la navigazione e il cruise control adattivo. Con l'avvento del 5G si prevede un aumento esponenziale dell'utilizzo delle applicazioni edge grazie a velocità del flusso di dati fino a 1 GB al secondo.

È possibile utilizzare una blockchain come unità di archiviazione trasparente dei dati per assicurarsi che non si perdano registri essenziali. Nel settore automobilistico, la trasparenza offerta dalla contabilità distribuita può contribuire a garantire che gli operatori della produzione, della spedizione e della fornitura visualizzino tutti la stessa catena di approvvigionamento, rendendo quasi impossibile l'installazione di componenti contraffatti. Inoltre, si potrebbero utilizzare numerose blockchain per gestire le enormi quantità di dati prodotti e supervisionati quotidianamente da produttori e distributori automobilistici: una blockchain potrebbe comprendere le polizze di carico dei componenti del veicolo, l'altra potrebbe contenere i registri di ispezione della qualità elaborati durante il processo produttivo e un'altra ancora potrebbe archiviare i dati WIP per ciascuna catena di montaggio dall'inizio alla fine.

È possibile anche incorporare nelle blockchain di produzione i contratti intelligenti, in modo da rilasciare automaticamente gli ordini di vendita in fasi specifiche del processo produttivo. I contratti potrebbero essere assegnati automaticamente al fornitore con il maggior numero di scorte disponibili, il che migliorerebbe le catene di approvvigionamento.

4.1.1.2 Specificità delle tendenze della digitalizzazione nell'industria nautica

Solo un piccolo numero di operatori del settore dei trasporti marittimi ritiene che la digitalizzazione abbia già cambiato considerevolmente le proprie attività, mentre le imprese del settore high-tech e dei trasporti pubblici hanno già visto cambiamenti importanti derivanti dalla pressione della digitalizzazione.

Nel trasporto marittimo sono stati individuati le barriere, i fattori trainanti e i fattori di successo della trasformazione digitale in questo settore, come illustrato nella Figura 10 riportata di seguito.

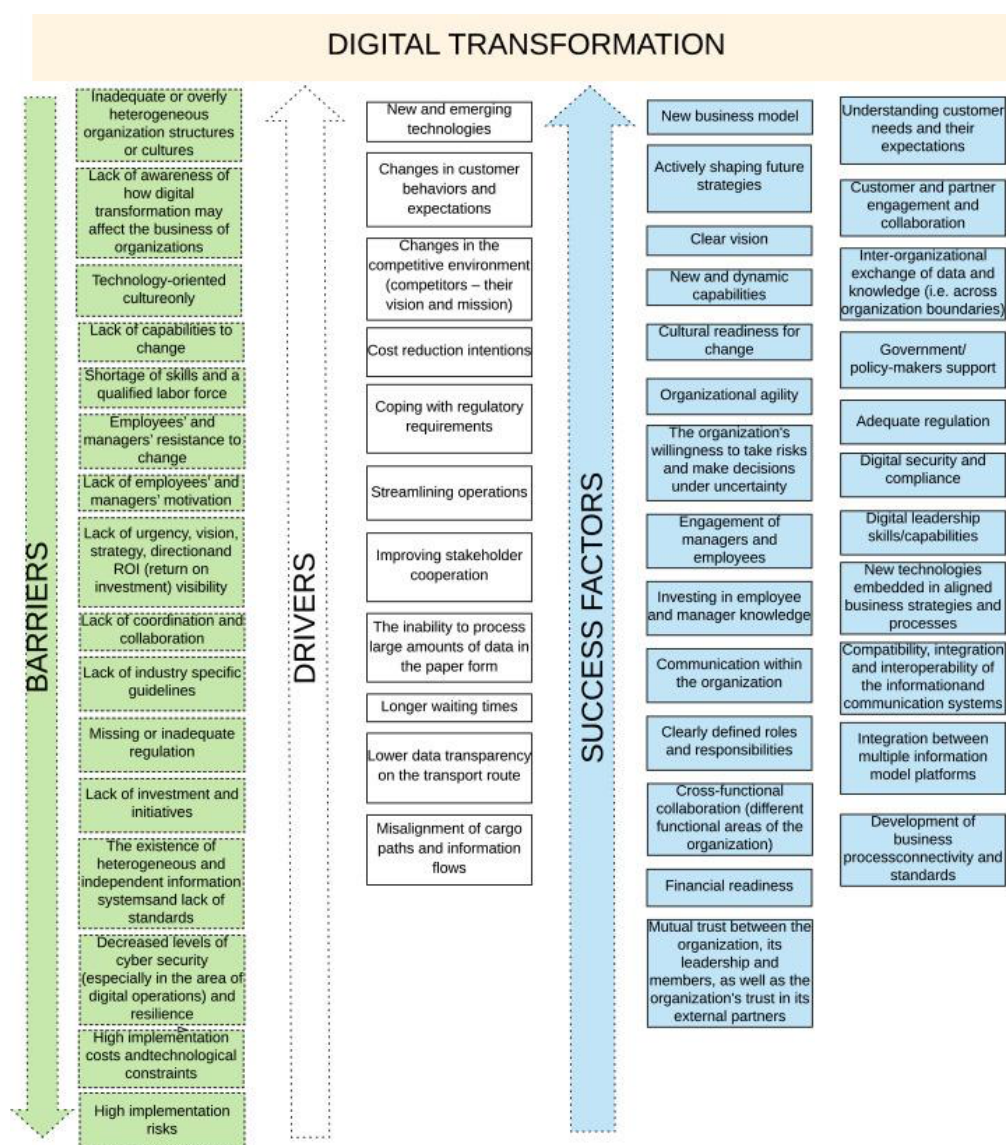


Figura 9 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

I big data vengono utilizzati per gestire i sensori delle navi e per l'analisi predittiva necessaria per prevenire i ritardi e migliorare l'efficienza operativa complessiva del settore. Nel settore della navigazione, un corretto monitoraggio dei carichi è essenziale per garantire la sicurezza e la riservatezza necessarie. Grazie ai dati ottenuti attraverso un'adeguata tracciabilità delle spedizioni nel corso di diversi anni, è possibile ricevere informazioni sulle cause delle perdite di navi in mare, delle perdite di container all'interno o all'esterno di terminali o magazzini, e di altri problemi legati alla spedizione (ad esempio i motivi dei danni alle merci). È possibile utilizzare i big data per il settore della navigazione per prendere decisioni in futuro, per prevedere ed evitare problemi che comportano costi elevati e per creare soluzioni più affidabili di consegna dei carichi. La domanda di trasporto di merci ed il relativo supporto logistico continueranno a crescere in modo esponenziale. Con il passare del tempo, questa crescita aumenterà la necessità di massimizzare le tempistiche e la redditività al fine di raggiungere processi di consegna più redditizi. Attraverso l'uso di tecniche avanzate di elaborazione dei dati, la consegna delle merci diventerà più efficiente. Il miglioramento dei servizi di trasporto aumenterà il commercio internazionale globale. La tabella seguente mostra le istantanee dell'applicazione dei big data nel settore marino:

Role	Function	Example of application
Ship Operator	Operator	Energy saving operation
	Fleet Planning	Fleet allocation Service planning
Ship owner	New building	Design Optimization
	Technical Management	Safe operation Hull and Propeller cleaning

Sebbene sia ancora essenziale per le comunicazioni in mare aperto, la comunicazione satellitare può essere lenta e dispendiosa, soprattutto con l'evoluzione delle applicazioni marittime e la loro crescente domanda di dati. Tale esigenza induce navi e altre imbarcazioni a considerare la connettività LTE/5G come l'alternativa a basso costo e ad alta velocità quando si trovano vicino alla costa.

Fra i principali vantaggi del LTE/5G per il settore marittimo [14]

- Costi dei dati notevolmente ridotti
- Velocità più elevate e maggiore affidabilità
- Maggiore flessibilità nelle comunicazioni
- Maggiore affidabilità per nuove applicazioni e integrazione IoT
- Migliore WIFI per equipaggio e passeggeri

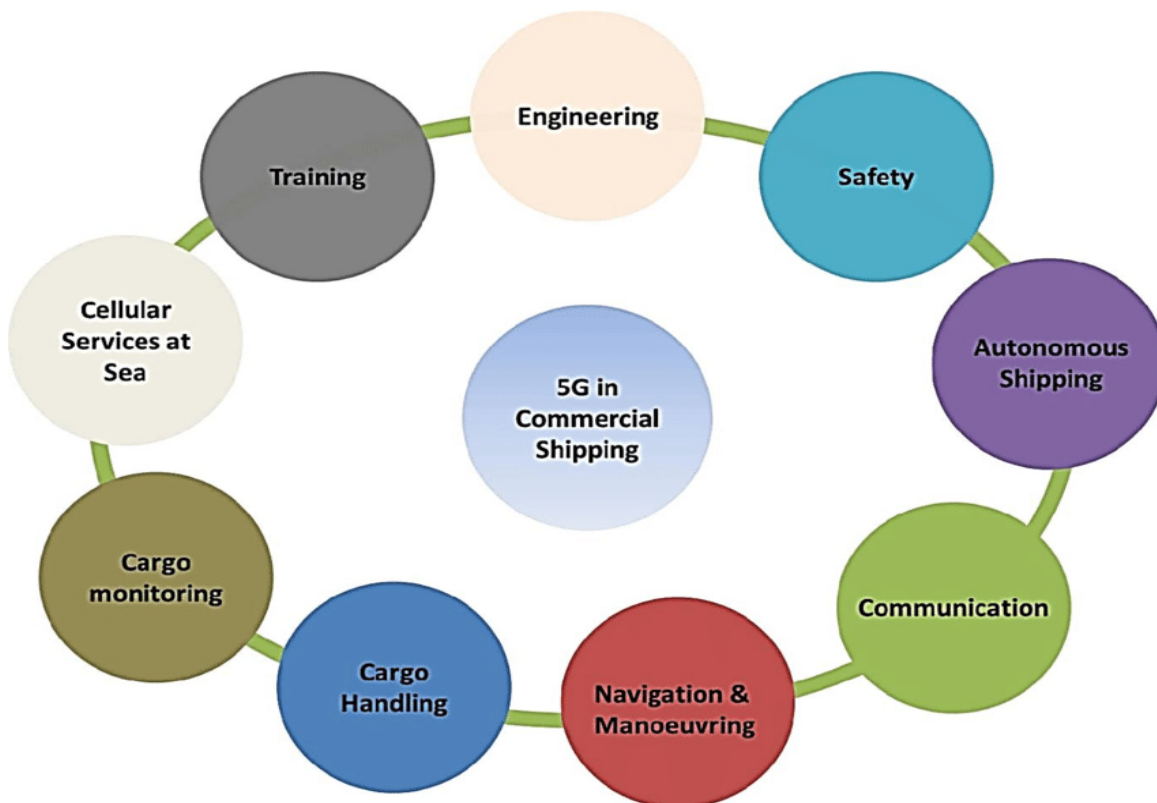


Figura 10 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

L'importanza della cibersicurezza è stata riconosciuta e si sa che in futuro ci sarà una serie di nuovi varchi attraverso i quali gli hacker potranno attaccare se i sistemi non saranno adeguatamente protetti. Si prevede che le sfide della cibersicurezza si amplieranno, poiché le navi autonome costituiranno una parte importante del futuro panorama marittimo; ciò mette in rilievo la dipendenza sempre maggiore da sistemi informatici interconnessi. Il settore marittimo ha dimostrato di non essere immune agli attacchi informatici, né completamente preparato a combattere i rischi connessi all'utilizzo di alcuni sistemi digitali obsoleti o

moderni. Il mantenimento della navigabilità, dato l'impatto delle tecnologie digitali, richiede solide politiche/strategie di cibersicurezza, tecnologie marittime sicure dal punto di vista informatico, un cambiamento di mentalità e nuove offerte assicurative che coprano specificamente i rischi informatici marittimi. L'uso di multi-costellazioni GNSS - Sistema globale di navigazione satellitare (pubbliche e private), l'elaborazione intelligente dal lato del ricevitore e i segnali crittografati forniranno nel prossimo futuro una difesa più robusta contro i disturbi e lo spoofing [15].

La crescente adozione di soluzioni digitali nel settore dei trasporti marittimi introduce una minaccia insidiosa nel ciber spazio. I porti e le navi, che sono due dei componenti più vitali della catena di approvvigionamento, sono vulnerabili alle violazioni informatiche a causa dei loro complessi ambienti operativi. Sia le navi che i porti hanno sistemi IT e OT composti da vari fornitori terzi che, nella maggior parte dei casi, richiedono l'accesso remoto, aumentando la possibilità di attacchi informatici. Pertanto, le parti coinvolte nel trasporto marittimo devono intraprendere azioni tempestive per mitigare il rischio informatico.

I servizi cloud hanno potenzialità in qualsiasi situazione in cui parti ampiamente disperse hanno bisogno di accedere a informazioni e risorse condivise, compreso il settore marittimo. La gestione delle navi, che include l'approvvigionamento e il rifornimento di nafta, la composizione e la formazione dell'equipaggio, e l'ottimizzazione delle prestazioni, sono obiettivi ovvi per le piattaforme cloud. Tuttavia, man mano che il settore marittimo passa alle soluzioni digitali, i servizi cloud rivestono un ruolo sempre più importante. La crescente implementazione delle tecnologie IoT (Internet of Things) per le navi e per i porti rende le piattaforme cloud essenziali per il loro monitoraggio e la loro gestione. Dai componenti dei motori ai container, l'accesso remoto ai sensori IoT consente ai tecnici, ai responsabili delle navi e agli organizzatori dei carichi di collaborare e prendere decisioni basate su dati in tempo reale.

Navi più intelligenti, operazioni automatizzate, manutenzione proattiva, maggiore sicurezza e visibilità in tutta la catena di approvvigionamento sono prerequisiti fondamentali per soddisfare le crescenti esigenze di produttività, redditività ed efficienza in termini di costi, e molti di questi grandi progressi sono il risultato diretto dell'introduzione dell'Industrial Internet of Things (IIoT) all'inizio del millennio. Dal 2002, l'IIoT ha sfruttato la tecnologia cloud per spostare una quantità sempre maggiore di archiviazione ed elaborazione dei dati dagli hub informatici centralizzati al cloud.

Il più recente sviluppo dell'IIoT, l'edge computing, compie un ulteriore passo avanti nella decentralizzazione. Tutti i settori possono trarre vantaggio dai progressi e dagli sviluppi dell'IIoT, ma l'edge computing è particolarmente interessante per il settore nautico a causa delle ovvie problematiche relative alla connettività e alla larghezza di banda. Durante la navigazione in mare aperto, la connettività e la copertura della rete possono essere instabili e inaffidabili, e la larghezza di banda può essere scarsa. Con un numero sempre maggiore di sistemi, macchinari e dispositivi automatizzati che si affidano all'elaborazione dei dati in tempo reale, non essere in grado di trasferire tali dati sul cloud per l'elaborazione

può avere un impatto significativo sulle operazioni in termini di produttività, efficienza e redditività. Ma, soprattutto, può influire sulla sicurezza del personale a bordo della nave, poiché i macchinari pesanti dipendono dall'attivazione di allarmi automatici e interruttori di sicurezza per evitare incidenti potenzialmente catastrofici.

L'elaborazione quantistica ha casi d'uso rilevanti in quasi tutti i settori. Ad esempio, i computer quantistici potrebbero risolvere nell'immediato le problematiche legate all'instradamento utilizzando dati in tempo reale provenienti, tra gli altri, da veicoli connessi, container e pacchi, strade e ferrovie, magazzini, sistemi di punti vendita e satelliti meteorologici. ExxonMobil sta studiando come usare i calcolatori quantistici per ottimizzare le rotte per la flotta marittima globale di più di 50.000 navi mercantili, ognuna delle quali trasporta fino a 200.000 container [16].

La tecnologia blockchain si è inserita nel settore della navigazione in modo importante, in quanto molte compagnie di navigazione stanno cercando di rendere più continuo il flusso di informazioni tra le varie categorie commerciali e di rendere più rapide ed efficienti le procedure d'ufficio legate al commercio. Nel settore marittimo [17] la blockchain facilita l'ubicazione del container e mostra lo stato dei documenti doganali, delle lettere di trasporto marittimo e di altri documenti. Mettendo in comunicazione tutte le operazioni e i partner del processo di trasporto, migliora il lavoro e l'organizzazione delle attività, riduce i costi operativi e facilita il monitoraggio. Considerando il numero di parti coinvolte e l'attuale ricorso a documenti cartacei, sembra che il settore della navigazione abbia molto da guadagnare dall'uso della tecnologia blockchain. Se si stima che il costo della documentazione commerciale è pari a un quinto del costo del trasporto, il risparmio che si può ottenere sembra rendere l'uso della tecnologia blockchain conveniente di per sé, anche se ovviamente c'è un costo iniziale di creazione e implementazione. La tecnologia blockchain potrebbe anche aumentare l'efficienza consentendo a tutte le parti di tracciare la spedizione in tempo reale e può ridurre i rischi (e i costi) emettendo e monitorando automaticamente (e in modo sicuro) la documentazione necessaria per la spedizione, la finanza e persino l'assicurazione. Essendo le polizze di carico elettroniche sempre più accettate, è ancora più facile individuare i vantaggi nel settore della navigazione. Esistono reali opportunità per il settore della navigazione se sarà in grado di implementare la tecnologia blockchain su una scala sufficientemente ampia e in un numero sufficiente di organizzazioni coinvolte nel settore. Con l'implementazione su larga scala si riducono processi, barriere e costi. Questo potrebbe rendere la spedizione marittima un'opzione più praticabile per un maggior numero di consegne, con un aumento della domanda nel settore fino al 15%.

L'uso dell'AI [18] come strumento per imparare dal passato e contribuire a migliorare il processo decisionale per il futuro è uno dei contributi più importanti della tecnologia. Alcuni degli altri vantaggi nel settore della navigazione sono: la sicurezza (è possibile utilizzare l'AI per rilevare le minacce ed evitare incidenti ed altre attività dannose), l'automazione (le tecnologie di AI e apprendimento automatico contribuiranno all'analisi dei dati passati, aiutando a prendere le decisioni giuste come le stagioni di navigazione, i modelli di instradamento, il tempo atmosferico, ecc; l'automazione aiuterà ad apportare le modifiche corrette

evitando in gran parte i compromessi perché questo processo aiuta ad individuare i problemi prima che si verifichino), il processo decisionale (poiché l'AI può analizzare grandi set di dati e dati storici, le decisioni prese saranno comprovate dai dati e non basate su ipotesi), l'ottimizzazione delle rotte (con l'aiuto dei dati storici, l'AI può calcolare e prevedere le condizioni meteorologiche, il percorso più breve e più veloce, il consumo di carburante, gli ostacoli, le leggi, ecc. e può costruire un modello di ottimizzazione che determinerà il percorso più efficiente e sostenibile) e l'efficienza.

4.1.1.3 Specificità delle tendenze della digitalizzazione nel settore aerospaziale

L'industria aerospaziale è leader nell'adozione della digitalizzazione. Molte aziende stanno adottando l'Industria 4.0 per ottenere un vantaggio strategico, migliorando la produttività e l'efficienza. La tecnologia 5G è uno strumento importante per supportare la connettività dell'Industria 4.0 che consente la comunicazione tra sensori, dispositivi e macchine nell'IoT.

Durante la pandemia, le catene di approvvigionamento industriali globali e l'industria aeronautica hanno subito un impatto significativo. Le organizzazioni industriali e manifatturiere sono state sottoposte ad un enorme stress per quanto riguarda il personale, la produzione e la distribuzione di prodotti e componenti. Le compagnie aeree hanno dovuto far fronte a pressioni finanziarie, con la riduzione dei viaggi globali e l'evoluzione delle normative che hanno reso necessaria l'introduzione di innovazioni ovunque, dalla fabbrica al volo. Le organizzazioni hanno iniziato ad affrontare queste problematiche con una nuova era di produzione snella digitale.

L'industria aerospaziale è pronta a capitalizzare sui big data e sull'apprendimento automatico, che eccellono nel risolvere i tipi di problemi di ottimizzazione multi-obiettivo e vincolati che si presentano nella progettazione e nella produzione degli aeromobili. In effetti, i metodi emergenti nell'apprendimento automatico possono essere considerati come tecniche di ottimizzazione basate sui dati, ideali per problemi di ottimizzazione multi-obiettivo ad alta dimensione, non convessi e con vincoli, e che migliorano con l'aumentare dei volumi di dati.

Ogni fase della moderna produzione aerospaziale, inclusi la produzione, il collaudo e l'assistenza, è caratterizzata dall'uso intensivo di dati. Un Boeing 787 comprende 2,3 milioni di componenti che arrivano da tutto il mondo e vengono assemblati in un processo produttivo estremamente complesso e intricato, che dà luogo ad un'enorme quantità di dati multimodali provenienti dai registri della catena di approvvigionamento, dalle trasmissioni video in fabbrica, dai dati di ispezione e dalle note ingegneristiche scritte a mano. Dopo l'assemblaggio, un unico test di volo raccoglierà i dati provenienti da 200.000 sensori multimodali, compresi i segnali asincroni provenienti da sensori digitali e analogici, inclusi deformazione, pressione, temperatura, accelerazione e video. In servizio, l'aeromobile genera un'enorme quantità di dati in tempo reale, che vengono raccolti, trasferiti ed elaborati con 70 miglia di cavo e 18 milioni di righe di codice per i soli sistemi di controllo dell'avionica e dei voli. I big data sono quindi attualmente una realtà nella moderna ingegneria aerospaziale e questo settore è pertanto maturo per l'analisi avanzata dei dati con ML (Machine Learning - Apprendimento automatico).

Il 5G potrebbe servire come mezzo per la condivisione di informazioni tra traffico aereo, aerotaxi elettrici, droni e provider di reti wireless per consentire sistemi di gestione del traffico senza equipaggio. Con i sistemi attuali è molto difficile costruire un sistema di prevenzione delle collisioni a bordo che soddisfi le normative al di là della visibilità di un operatore, senza ricorrere a costosi radar di terra o a osservatori visivi. La larghezza di banda e l'affidabilità delle reti 5G permetterebbero di realizzare tali sistemi con facilità.

Per essere resilienti dal punto di vista informatico, le organizzazioni devono infondere sicurezza in tutto ciò che fanno e in ogni nuova cosa che si apprestano a fare, e garantire che la sicurezza dei loro partner e fornitori soddisfi anche gli opportuni standard. Come altre industrie, anche il settore dell'aviazione deve rispettare la sicurezza dei propri passeggeri e dipendenti. Un attacco informatico potrebbe provocare con grande rapidità gravi perdite di vite umane e una catastrofe totale. Potrebbe potenzialmente distruggere la fiducia in una singola azienda e avere effetti disastrosi a cascata sull'intero settore.

L'importanza del cloud computing è cresciuta in modo significativo negli ultimi anni e ha consentito l'utilizzo di servizi e infrastrutture IT condivisi per creare un ambiente IT flessibile, modulare e su richiesta. Il cloud computing offre agli utenti un approccio al consumo di IT molto più flessibile, efficiente in termini di risorse e conveniente rispetto all'IT tradizionale. Il ricorso generalizzato al lavoro a domicilio richiesto dalla pandemia di COVID-19 avrebbe portato le aziende a una battuta d'arresto se non si fosse investito nel cloud negli ultimi 10 anni. Una delle tendenze principali che si è delineata negli ultimi due anni e che è stata accelerata dalla pandemia di COVID-19 è il passaggio da una catena di approvvigionamento lineare (progressione discreta dalla progettazione di componenti aerospaziali all'approvvigionamento, alla produzione e alla consegna) a una rete di fornitura digitale (DSN) dinamica e interconnessa, supportata da soluzioni cloud. Il vantaggio principale del DSN è che incorpora le informazioni provenienti da diversi partner dell'ecosistema (che arrivano a sei milioni o più di componenti montati su un aereo) per creare un mondo virtuale che rispecchia il mondo fisico e aiuta a guidare la produzione e la distribuzione informate. Il risultato è una catena del valore più agile, in grado di adattarsi ai cambiamenti nella progettazione dei prodotti e nei livelli di produzione, e nel complesso più preparata ad affrontare le contingenze future.

Le compagnie aeree hanno una serie di processi rivolti al cliente per i quali soluzioni digitali solide possono migliorare contemporaneamente i processi e l'esperienza del cliente. Le soluzioni cloud già esistenti sono in grado di gestire tutto: dalle soluzioni digitali per la prenotazione dei voli alla gestione della biglietteria e delle carte d'imbarco su una rete di voli locale e globale. Tuttavia, molte aziende aerospaziali hanno ancora difficoltà ad ottimizzare l'esperienza dei clienti in aeroporto e a gestire la vasta rete di aerei, carichi e personale necessario per gestire ogni volo.

Una delle aree che può avere un impatto negativo sull'esperienza del cliente è rappresentata dai ritardi dei voli. In questo caso, le soluzioni cloud-edge possono aiutare a gestire meglio la manutenzione degli aerei (persone e componenti) per ridurre una delle principali cause di ritardo dei voli. Ad esempio, quando un aeromobile è in ritardo al gate, la compagnia aerea potrebbe utilizzare una rete mobile-IoT-edge-cloud per diagnosticare il problema hardware con dei sensori, avvisare il team di manutenzione più vicino in base alla

loro posizione mobile e alla loro vicinanza all'aereo, e tracciare i dati relativi al problema verificatosi per prevedere le esigenze di manutenzione future. La compagnia aerea potrebbe potenzialmente trarre vantaggio da una semplificazione delle operazioni, dalla riduzione dei tempi di ritardo e dall'acquisizione di dati preziosi per le analisi future. Il potenziale commerciale in questo caso è significativo, dato che si stima che un ritardo medio di un'ora costi alle compagnie aeree 600 dollari al minuto e i dati hanno dimostrato che nel 2019 i ritardi sono costati alle compagnie aeree 8,3 miliardi di dollari, rendendo questo problema un affare da miliardi di dollari.

Una terza area in cui le infrastrutture di cloud-edge computing possono avvantaggiare il settore aerospaziale è l'infrastruttura di mobilità, per far progredire le reti di trasporto e i veicoli "intelligenti" connessi. Le compagnie aeree devono affrontare una serie di problematiche per le quali la capacità di utilizzare l'hardware connesso per comunicare come motore di conoscenza potrebbe essere vantaggiosa. Lo stesso concetto utilizzato per costruire una moto connessa o un veicolo autonomo potrebbe essere applicato anche in questo caso. Le compagnie aeree potrebbero utilizzare l'edge per elaborare i dati essenziali vicino alla fonte ed il cloud per supportare l'analisi back-end e creare un repository di dati storici.

L'intelligenza artificiale nell'industria aerospaziale può aiutare le aziende a semplificare la produzione e a risolvere i problemi di sicurezza. Inoltre, i sistemi di AI possono analizzare gli input provenienti da varie risorse ed elaborare grandi quantità di dati più velocemente che manualmente.

Fra le principali applicazioni dei sistemi di intelligenza artificiale nell'industria aerospaziale:

1. Manutenzione intelligente
2. Migliore efficienza del combustibile
3. Migliore esperienza del cliente
4. Formazione

Il settore aerospaziale ha sempre lottato per tenere il passo con le ultime tendenze tecnologiche visti i suoi lunghi cicli normativi. È importante precisare che gli algoritmi devono essere molto intelligenti e affidabili.

Sebbene l'apprendimento automatico quantistico potrà presto offrire alcuni vantaggi commerciali in un'ampia gamma di aree, compresi i veicoli autonomi e la previsione delle condizioni meteorologiche, i futuri computer quantistici potrebbero portare l'AI ancora più lontano.

La blockchain può registrare ogni volta che un componente viene installato o rimosso da un aereo. È inoltre in grado di rilevare per quanto tempo il componente da sostituire è rimasto in servizio e l'identità, la posizione e le credenziali del tecnico che esegue la riparazione.

È come avere un "certificato di nascita" digitale per ogni componente, aggiornato ogni volta che l'aereo viene sottoposto a manutenzione o ispezione. Questi certificati di nascita possono essere aggregati in un "digital twin" (gemello digitale) dell'aeromobile che fornisce un'istantanea in tempo reale della sua condizione dal momento in cui esce dalla catena di montaggio al momento in cui viene restituito al locatore o ritirato dalla flotta.

Avere una visione più precisa della cronologia di configurazione e manutenzione di un aereo potrebbe:

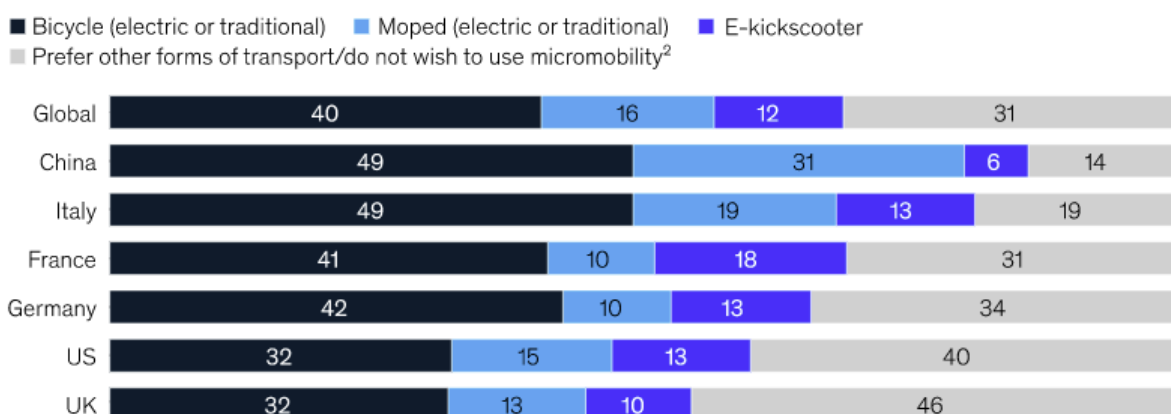
- contribuire a ridurre i costi e le perdite relativi ai tempi di inattività ed alla manutenzione non pianificata;
- aumentare il valore degli aerei sul mercato secondario e al termine delle locazioni;
- migliorare la produttività dei lavoratori.

4.1.1.4 Specificità delle tendenze della digitalizzazione nell'industria della mobilità dolce

Nonostante un rallentamento della mobilità durante il picco della pandemia di COVID-19, l'utilizzo della mobilità dolce o della micromobilità, come i monopattini elettrici e le biciclette, ha registrato una crescita esponenziale nelle principali città di tutto il mondo. Dal 2019 il numero di distribuzioni condivise di monopattini elettrici, biciclette elettriche e motorini elettrici in Europa è triplicato, poiché sempre più città si rendono conto dei vantaggi in termini di sicurezza e sostenibilità dei veicoli elettrici leggeri (LEV). Gli intervistati del Mobility Ownership Consumer Survey, condotto dal McKinsey Center for Future Mobility nel luglio 2021, si sono dichiarati entusiasti dell'idea di guidare una bicicletta, un motorino o un monopattino elettrico per andare a lavorare. Quasi il 70% ha dichiarato di essere disposto a utilizzare i veicoli di micromobilità per il pendolarismo.

I dispositivi per la micromobilità possono essere di proprietà privata, ma spesso sono veicoli ad uso condiviso che vengono gestiti da un'amministrazione comunale o da un ente privato. Pertanto, nel discutere le tendenze tecnologiche della micromobilità, si dovrebbe anche tenere presente l'importanza delle piattaforme, che svolgono un ruolo fondamentale nel fornire l'accessibilità ai vari tipi di veicoli di micromobilità.

Preferred micromobility vehicle for commuting, by country, % of respondents¹



¹ Question: "What type of micromobility vehicle would you prefer for your daily commute trips?" If respondents selected a type of micromobility vehicle, it was inferred that they were willing to use this form of transport for commuting. The survey included more than 6,000 respondents aged 18 to 65 who used mobility options at least once a day. Figures may not sum to 100%, because of rounding.

² Other forms of transport included walking or riding in a private car.
 Source: McKinsey Mobility Ownership Consumer Survey, July 2021

Figura 11 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

Questi risultati indicano che un numero crescente di lavoratori potrebbe orientarsi verso mezzi di trasporto più piccoli ed ecologici una volta che le restrizioni della pandemia verranno eliminate e gli uffici riaperti.

I dati sono tutto ciò che serve per il futuro dell'industria della mobilità dolce sotto vari punti di vista.

In primo luogo i dati hanno un'importanza fondamentale nel monitoraggio della sicurezza. La priorità principale per tutti gli enti di trasporto è la sicurezza, e ci sono ancora più dubbi e preoccupazioni quando si tratta di mobilità dolce. Ciò significa che le aziende stanno cercando di trovare il modo di rendere sicuro questo tipo di mobilità. Per molto tempo i progressi si sono concentrati sull'aspetto dell'hardware, come l'aumento del diametro delle ruote e dell'interasse, l'aggiornamento dei sistemi frenanti, l'aggiunta di luci riflettenti, suoni udibili e indicatori di svolta. Tuttavia, un gran numero di incidenti segnalati si verifica durante la prima corsa di un utente. Ciò significa che sono in arrivo innovazioni sul fronte del software, come l'utilizzo dei dati per monitorare il livello di sicurezza di ogni singolo individuo alla guida e la formazione a guidare in modo più sicuro. Va da sé che più informazioni si conoscono sulle collisioni, più è probabile che si riesca a prevenirle.

La connettività è la chiave per la mobilità futura. Gli utenti saranno probabilmente in grado di noleggiare, ad esempio, i monopattini elettrici utilizzando un'app per smartphone, in modo simile a quanto accade con i sistemi di noleggio di biciclette nei centri urbani. Per questo motivo gli utenti devono disporre di una connessione mobile forte ed affidabile per sapere dove trovare il monopattino elettrico più vicino e dove lasciarlo una volta terminato il viaggio. Inoltre gli operatori si baseranno anche sulla connettività di alta qualità per sapere dove si trovano, ad esempio, i monopattini elettrici, per poterli monitorare in qualsiasi momento ed assicurarsi che vengano utilizzati correttamente, e per poter rispondere alle richieste di ricarica della batteria.

In generale, tramite i dati trasferiti attraverso le reti mobili, è possibile individuare le rotte più trafficate e consentire agli operatori o ai Comuni di prendere decisioni basate sui dati e rispondere adeguatamente all'offerta e alla domanda.

Il fatto che la mobilità dolce faccia molto affidamento sui dati comporta anche una maggiore necessità di cibersicurezza, in particolare perché queste modalità di trasporto sono spesso fornite attraverso diverse piattaforme. Ciò significa che, come per altre piattaforme di trasporto, è necessario implementare nelle piattaforme soluzioni di cibersicurezza personalizzate, in modo da adattare alle esigenze specifiche di ogni piattaforma. Troppo spesso le soluzioni di cibersicurezza vengono offerte come un unico pacchetto adatto a tutti, ignorando le complessità dei singoli sistemi di transito ed esponendoli a maggiori rischi. Ciò che serve è una soluzione di cibersicurezza efficace che produca avvisi in tempo reale e monitori costantemente ogni attività. Il rilevamento continuo di possibili minacce dovrebbe essere possibile anche per superare questi problemi affrontandoli nel modo giusto. Anche gli operatori che non hanno molta dimestichezza con la cibersicurezza dovrebbero essere in grado di esaminare gli avvisi e prendere le misure necessarie in caso di emergenza.

I dati rivestono un'importanza fondamentale nell'analisi del ruolo della mobilità dolce sia dal punto di vista economico che della sostenibilità. Per la gestione dei dati, le piattaforme di cloud computing vengono

utilizzate per gestire un data warehouse e un data lake. Analizzando e mappando i dati archiviati, le amministrazioni locali, come ad esempio i consigli comunali, possono prendere diverse decisioni sia a livello normativo che di semplice monitoraggio delle azioni del fornitore di servizi. Ad esempio, monitorando i luoghi in cui vengono utilizzati i monopattini e la loro quantità, il Comune può assicurarsi che le aziende non mettano in strada più veicoli di quelli consentiti, oltre ad applicare requisiti di equità, garantendo che i residenti di tutti i quartieri, ricchi e poveri, abbiano accesso ai dispositivi. Gli organizzatori possono misurare l'impatto dei miglioramenti dei trasporti, come ad esempio le piste ciclabili protette, che vengono chiaramente preferite dagli utenti di monopattini elettrici, che spesso guidano senza casco.

Se dotate di tecnologia edge computing e dispositivi IoT, le soluzioni di micromobilità possono essere monitorate e gestite con precisione. Ad esempio, le aziende di micromobilità utilizzano l'edge computing come approccio per elaborare i dati nel luogo più vicino alla posizione in cui servono, riducendo così la latenza.

I limiti del calcolo classico hanno spinto verso il calcolo quantistico per elaborare grandi quantità di dati ad alta velocità. Ciò risulta particolarmente importante per il futuro della micromobilità, la cui esistenza e il cui futuro si basano sui dati, sia per risolvere problemi complessi che richiedono una potenza di calcolo di gran lunga superiore sia per un'elaborazione più veloce. Ma il calcolo quantistico è anche la via per l'innovazione e per ottenere risultati innovativi nel campo della micromobilità, con l'obiettivo di arrivare ad una mobilità urbana a emissioni zero e ripensata in modo intelligente per aumentare la sostenibilità del traffico urbano.

La blockchain industriale avrà un impatto sul futuro della micromobilità, in particolare dal punto di vista delle caratteristiche della "mobilità condivisa". Con una migliore tracciabilità e trasparenza delle informazioni, la tecnologia blockchain promette di rafforzare la fiducia e la collaborazione tra le aziende, i consumatori e persino i veicoli, contribuendo inoltre a far progredire vari servizi di mobilità nell'industria automobilistica. In particolare, la tecnologia Blockchain guiderà la crescita dei modelli di condivisione Peer-to-Peer, poiché rende le transazioni tra molteplici parti più sicure ed efficienti. La tecnologia blockchain è però ancora agli albori. Per sfruttare appieno il suo potenziale, sarà necessario un ecosistema più ampio di servizi basati su blockchain, come una patente di guida basata su blockchain o piani assicurativi basati su blockchain. La collaborazione tra più parti interessate eliminerebbe parzialmente anche la necessità di avere fiducia.

Poiché la micromobilità è attualmente nella sua fase iniziale, è molto importante amministrare le flotte di biciclette e monopattini gestite dai fornitori di servizi. A causa della complessità nelle città urbane e dell'aumento della popolazione, la disponibilità del veicolo al momento giusto e nel luogo giusto è un aspetto importante del servizio di micromobilità. Ciò richiede una combinazione di analisi dei dati ed esperti in micromobilità che abbiano informazioni approfondite dettagliate sullo stato attuale della congestione nelle città urbane. In particolare, i metodi di apprendimento automatico contribuiranno a modellare la scelta della modalità di viaggio nell'ambito della micromobilità condivisa e analizzeranno importanti fattori di influenza nel tempo e nello spazio.

4.1.2 Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la digitalizzazione nell'industria manifatturiera

La trasformazione digitale industriale si riferisce ad un insieme di soluzioni di innovazione e transizione verso nuovi modelli aziendali e flussi di reddito. Tuttavia, questo tipo di trasformazione non si limita alle soluzioni software e hardware: rappresenta una cultura del cambiamento integrata in tutte le aree di lavoro e una trasformazione del modo in cui vengono gestiti i diversi team. Solo in questo modo la digitalizzazione può avere un reale effetto positivo sulla produzione di qualsiasi azienda.

I cambiamenti nelle competenze della forza lavoro non sono una novità. Con i rapidi cambiamenti nell'ICT e in settori analoghi, la chiave del successo è sviluppare la capacità di lavorare sui cambiamenti poco prima che si verifichino. Ad ogni rivoluzione industriale, il ruolo delle macchine e dei lavoratori si riconfigura e quindi cambiano i requisiti di competenza. Seguendo le tendenze dell'Industria 4.0 e della trasformazione digitale e verde ed affrontando, inoltre, le sfide poste dalla pandemia di COVID-19, la necessaria adozione di nuove tecnologie sta trasformando ancora una volta i luoghi di lavoro. Lo studio “The Future of Jobs 2020”, condotto dopo la prima ondata dell'epidemia di COVID-19, stima che entro il 2025 il 40% circa dei dipendenti avrà bisogno di un percorso di riqualificazione della durata massima di 6 mesi e il 94% dei dipendenti avrà bisogno di una serie di competenze completamente nuove. Secondo le stime di questo studio, tra il 2020 e il 2025 si modificherà circa il 40% delle competenze chiave necessarie ai dipendenti per svolgere il lavoro attuale.

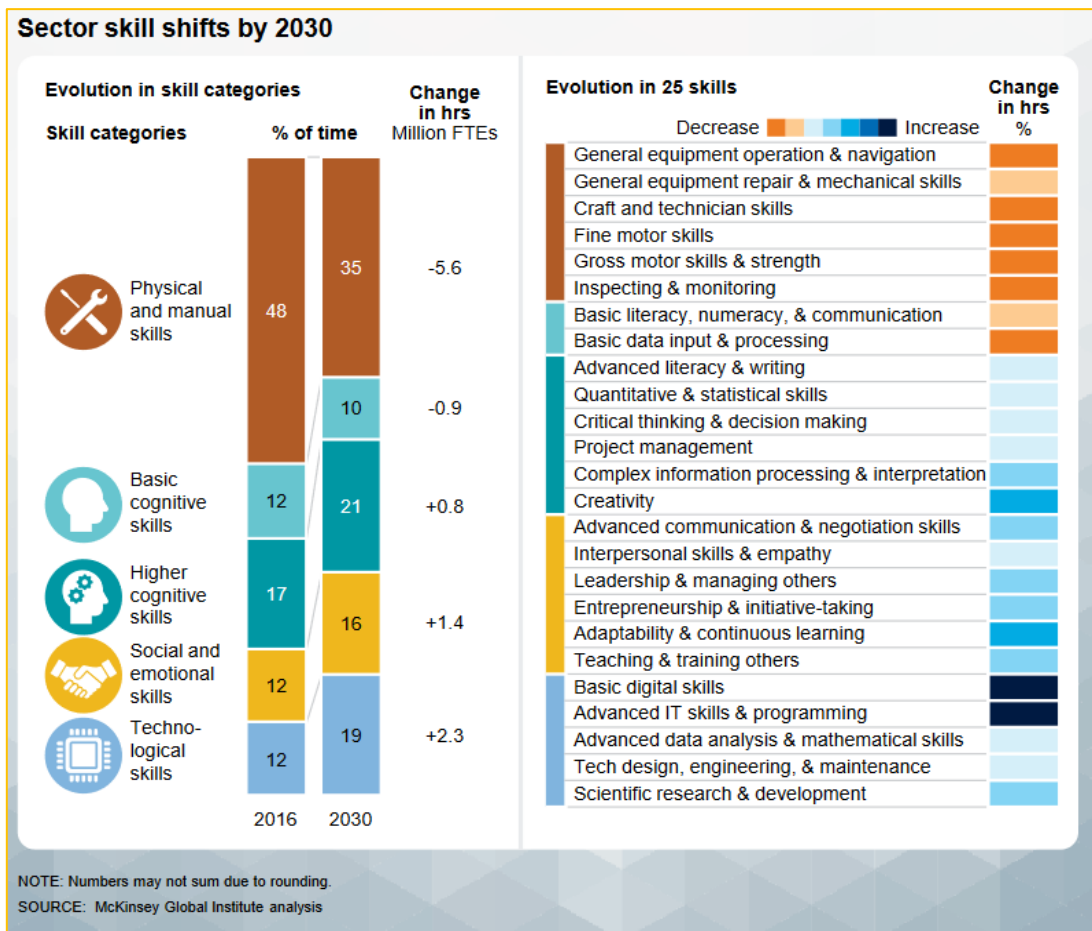


Figura 12 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

Nel settore manifatturiero, l'AI e l'automazione dovrebbero generare un valore considerevole lungo la catena del valore, che inciderà in modo significativo sui lavori manuali, come ad esempio quello dell'assemblatore, che oggi rappresentano il 46% delle occupazioni in questo settore. Figure professionali come gli operatori che alimentano le macchine o che lavorano sulle macchine confezionatrici potrebbero diminuire di quasi il 50%. La domanda di competenze fisiche e manuali nel settore sta diminuendo ad un tasso più del doppio rispetto a quello dell'intera economia. Allo stesso modo, con la crescita dell'automazione delle funzioni di supporto per l'ufficio, sta diminuendo anche la necessità di competenze cognitive di base.

Per affrontare meglio i cambiamenti imprevedibili, i lavoratori devono aggiungere competenze trasversali al mix di competenze professionali specifiche; in particolare competenze sociali ed emotive, competenze avanzate di comunicazione e negoziazione, capacità di leadership e gestione, ed adattabilità. Tali competenze consentono ai dipendenti una maggiore flessibilità, permettono di lavorare in ambienti complessi e in rapida evoluzione, e possono contribuire a migliorare il rendimento sul lavoro. Con queste occupazioni professionali possiamo aspettarci un aumento del numero di rappresentanti, manager e dirigenti.

Il fabbisogno di competenze tecnologiche aumenterà, sia per quanto riguarda le competenze informatiche avanzate sia nell'ambito delle competenze digitali di base, da un lato perché sarà richiesto un maggior numero di professionisti della tecnologia, ma dall'altro anche perché verrà creato un maggior numero di posti di lavoro basati sulla tecnologia, come ad esempio gli ingegneri. In Slovenia le aziende stanno già affrontando una carenza di professionisti ICT superiore alla media, il che è particolarmente oneroso data l'urgenza e l'importanza della trasformazione digitale.

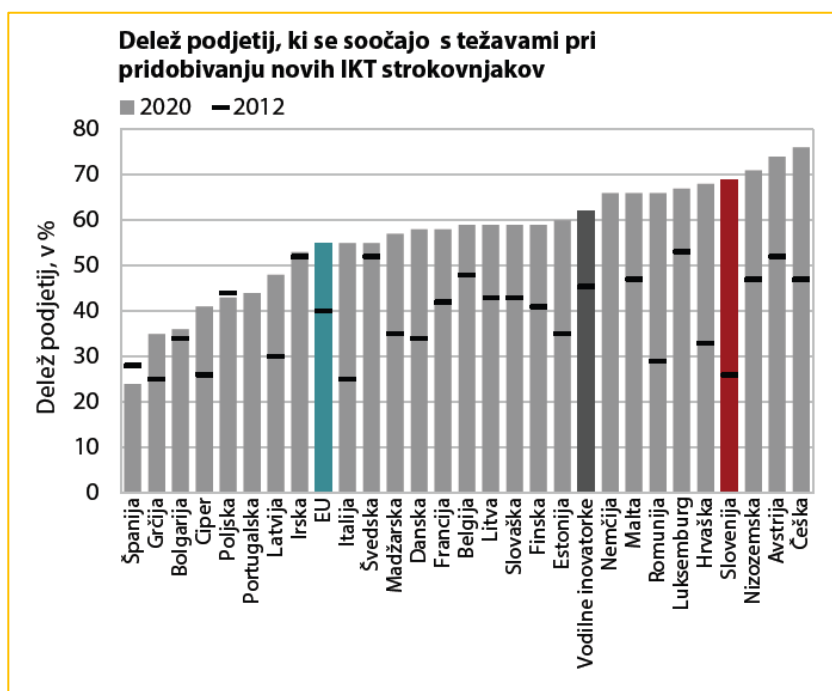


Figura 13 Esempio di una blockchain nell'industria manifatturiera

Infine, crescerà la necessità di maggiori abilità cognitive, spinta dalla necessità di una maggiore creatività e di un'elaborazione complessa delle informazioni.

4.2 Intelligentizzazione

L'intelligentizzazione industriale può essere spiegata a due livelli. Uno riguarda l'ottimizzazione del processo produttivo delle fabbriche. L'altro riguarda la realizzazione di prodotti avanzati per occupare la fascia alta della catena industriale.

Negli ultimi decenni l'intelligentizzazione, supportata dalle tecnologie AI, è diventata una tendenza importante per la produzione industriale, accelerando lo sviluppo della produzione intelligente. Nelle industrie moderne, l'AI standard è stata dotata di attributi aggiuntivi e si è trasformata nella cosiddetta intelligenza artificiale industriale (IAI), che è diventata il nucleo tecnico della produzione intelligente. La produzione basata sull'AI apporta notevoli miglioramenti in molti aspetti delle catene di produzione a ciclo chiuso, dai processi produttivi alla logistica del prodotto finale. In particolare, l'IAI che incorpora la conoscenza del dominio ha apportato notevoli benefici al settore del monitoraggio della produzione. Metodi avanzati dell'AI, come ad esempio le reti neurali profonde, la formazione antagonistica e l'apprendimento di trasferimento, sono stati ampiamente utilizzati per supportare sia la diagnostica che la manutenzione predittiva dell'intero processo produttivo. È opinione comune che la IAI sia la tecnologia fondamentale necessaria per guidare l'evoluzione futura della produzione industriale [19].

4.3 Robotizzazione

I robot sono una componente centrale delle strategie di automazione in un'ampia gamma di settori produttivi. Vengono utilizzati per automatizzare attività ripetitive, pericolose, pesanti e ad uso intensivo di risorse. La rivoluzione digitale ha avuto un impatto importante sulla tecnologia dei robot, in quanto l'uso del controllo algoritmico e dei sensori digitali consente di aumentare notevolmente la flessibilità e l'autonomia dei robot. I robot industriali sono sempre più integrati nei processi automatizzati, in quanto si interfacciano direttamente con le altre macchine. Molti robot non sono più macchine separate e tenute chiuse in una gabbia, ma lavorano a fianco dei dipendenti della produzione, sostenendoli in attività poco ergonomiche e monotone. Nell'industria manifatturiera e in una serie di settori di servizi, i robot mobili svolgono sempre più spesso i noiosi compiti di prelievo e trasporto. L'adozione dei robot continua a crescere costantemente e le nuove tecnologie dei robot, combinate con gli sviluppi nella visione e nella mobilità delle macchine, stanno espandendo ulteriormente la gamma di attività che i robot possono svolgere.

4.3.1 Andamento della robotizzazione a medio e lungo termine, e possibile scenario nel settore manifatturiero

Nel 2020 la densità media dei robot nell'industria manifatturiera era di 126 robot per 10.000 dipendenti. Grazie all'elevato volume di installazioni di robot negli ultimi anni, la densità media dei robot in Asia è cresciuta del 18% dal 2015 a 134 unità per 10.000 dipendenti nel 2020. La densità europea dei robot ha

avuto un tasso di crescita CAGR (tasso di crescita annuale composto) di appena il 6% dal 2015 ed era di 123 unità per 10.000 dipendenti nel 2020. Sia l'Italia che la Slovenia si collocano al di sopra della media, come si evince dalla Figura 16 [20].

In Europa, tre soli sottosectori del campo manifatturiero (automobilistico, prodotti metallici, gomma e plastica) hanno rappresentato quasi tre quarti di tutto l'inventario totale di robot industriali nel 2016. La principale categoria di applicazioni dei robot in Europa è costituita dalle operazioni di movimentazione e assistenza alle macchine (il 55% di tutti i robot europei rientra in questa categoria). La seconda categoria è la saldatura e brasatura (22%). La terza categoria è l'assemblaggio e lo smontaggio (5%); altre applicazioni significative (ma molto meno diffuse) dei robot in Europa riguardano la verniciatura, il taglio, ecc.

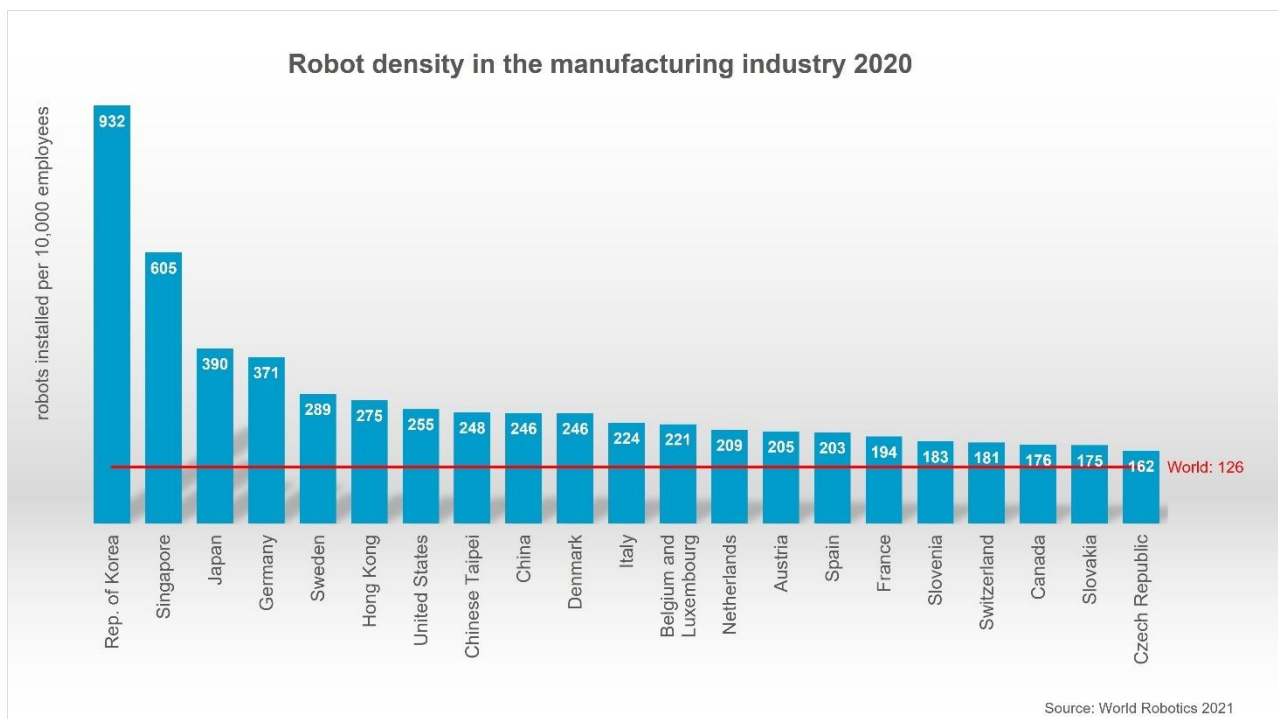


Figura 14 Densità mondiale di robot nell'industria manifatturiera nel 2020 [20]

Tale crescita del numero di robot industriali è motivata in gran parte dai produttori che intendono utilizzare i robot per contrastare l'incombente carenza di competenze, soprattutto per le attività di movimentazione dei materiali. Di seguito sono riportate quattro tendenze nel settore della robotica che avranno un impatto sulla produzione.

I robot collaborativi, noti anche come "cobot", sono progettati per lavorare in modo sicuro accanto ai lavoratori senza la necessità di barriere di sicurezza. Sensori, software e dispositivi di estremità avanzati consentono loro di rilevare rapidamente eventuali variazioni nell'ambiente di lavoro e di rispondere in sicurezza.

L'adozione della collaborazione uomo-robot è in aumento, poiché sempre più fornitori offrono robot collaborativi e la gamma di applicazioni diventa più ampia; nel 2019 sono stati installati 373.000 robot industriali. Sebbene stia crescendo rapidamente, questo mercato è ancora agli albori [21].

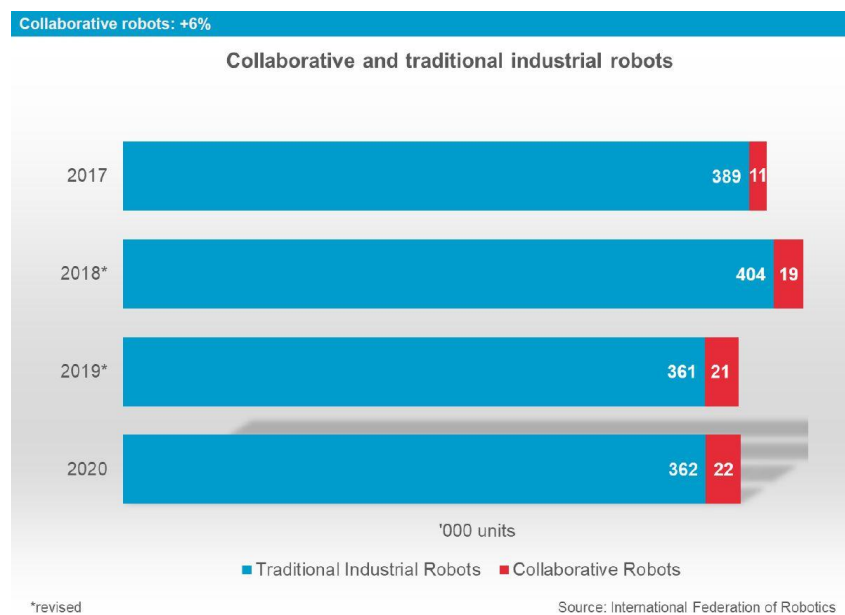


Figura 15 Robot industriali collaborativi e tradizionali

Droni commerciali. I progressi nella tecnologia commerciale dei droni includono lo sviluppo di sistemi autonomi in grado di navigare oltre la linea di vista visiva, nonché il potenziamento dei sensori, delle batterie e dei materiali leggeri per le strutture esterne, ed il miglioramento delle capacità di carico. Ad esempio, 3D Robotics ha sviluppato un drone intelligente con monitoraggio automatico e tecnologie avanzate per sensori e automazione, rendendolo un ottimo candidato per applicazioni nel campo della logistica, dei trasporti e in quello militare.

Robot basati sull'AI. I robot basati sull'AI sostanzialmente imparano lavorando. Utilizzando attuatori, sensori, sistemi di visione e software avanzati, raccolgono e analizzano i dati dall'ambiente circostante mentre lavorano, e rispondono in tempo reale con miglioramenti. Gli algoritmi utilizzati per l'apprendimento automatico diventano più efficienti man mano che il robot esegue le proprie attività e raccoglie maggiori informazioni. I robot dotati di AI vengono già utilizzati per trasportare materiali nelle fabbriche, pulire le attrezzature e gestire l'inventario.

Robot autoriparanti. I progressi nelle tecnologie di autoriparazione consentono ai robot di eseguire semplici riparazioni su se stessi. Un team di ricerca in Europa ha sviluppato robot in plastica flessibile con sensori in fibra incorporati che rilevano i danni alla loro struttura e li stimolano ad effettuare riparazioni, senza la necessità di un tecnico umano.

4.3.1.1 Specificità delle tendenze della robotizzazione nell'industria automobilistica

Il 2020 è diventato l'anno della svolta per quanto riguarda il numero di installazioni annuali di robot industriali da parte del settore. Per decenni il titolo di principale cliente mondiale di robot industriali è appartenuto all'industria automobilistica. La produzione globale di automobili e veicoli commerciali è scesa del 16% nel 2020 a causa della pandemia che ha costretto molti fornitori e produttori automobilistici ad interrompere temporaneamente la produzione, in seguito ad un'interruzione delle catene di approvvigionamento globali. L'industria elettrica ed elettronica è diventata il principale cliente mondiale di robot industriali nel 2020 con 109.315 robot installati nella produzione di elettrodomestici, macchinari elettrici, semiconduttori, pannelli solari, computer, dispositivi di telecomunicazione e video, e prodotti elettronici per l'intrattenimento [22].

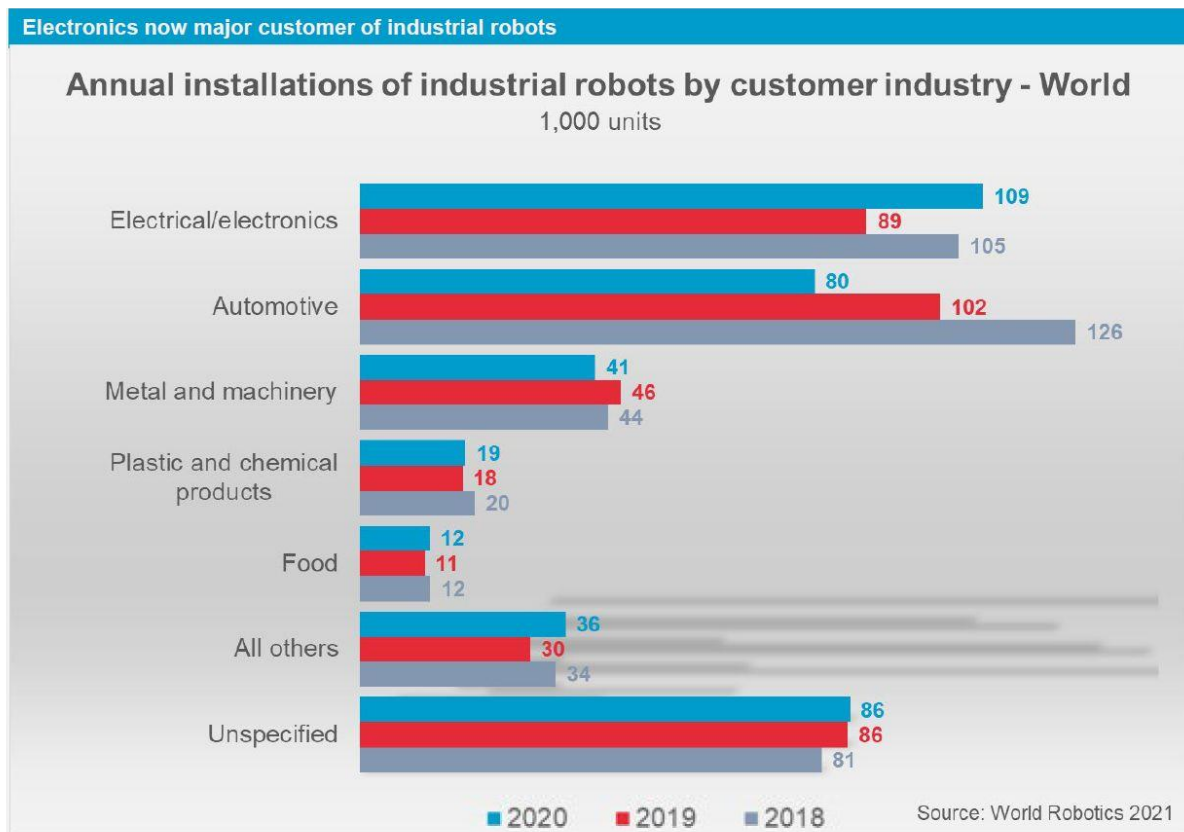


Figura 16 Installazioni annualia livello globale di robot industriali in base al settore dei clienti [22]

La nuova tendenza che l'industria automobilistica sta vivendo è quella dei veicoli autonomi (AV) o dei robot mobili per il trasporto di materiali e merci intermedie.

Un'altra tendenza recente è quella dei robot collaborativi. Questi robot sono altrettanto validi quanto quelli portatili, che possono essere posizionati sul tavolo da lavoro, con gli esseri umani che possono sedervi accanto mentre lavorano. In seguito alla maggiore domanda di lotti di prodotti più piccoli, le linee di

produzione devono diventare più adattabili, il che porta all'uso di co-bot supportati dall'AI (ad esempio, KoCo).

Un robot articolato è dotato di giunti rotanti. I giunti rotanti possono variare da un semplice meccanismo a due giunti a un complesso meccanismo a dieci o più giunti. Un robot articolato è il tipo di robot più comune utilizzato nell'industria automobilistica. L'elevata flessibilità consente di cambiare facilmente i processi e questo è il motivo per cui le piccole e medie imprese stanno adottando i robot articolati, aumentando così la domanda a livello globale.

Ora l'industria automobilistica sta spostando la sua attenzione verso le nuove tendenze tecnologiche legate alla robotica, come robot e controller compatti, maggiore velocità di comunicazione, riduzione degli spruzzi e saldatura ad alta velocità.

4.3.1.2 Specificità delle tendenze della robotizzazione nell'industria nautica

Sebbene le applicazioni di robotica nell'industria marittima siano già numerose, nei prossimi anni ne verranno sviluppate ancora di più a causa delle molte operazioni ripetitive e pericolose.

Se all'inizio del nuovo millennio la sfida principale dell'industria nautica era l'automatizzazione delle operazioni di saldatura [23], oggi molte soluzioni sono state sviluppate e sono pronte per essere implementate nei cantieri navali, come i robot di saldatura montati su sistemi a portale XY in grado di raggiungere aree grandi come campi da calcio. In ogni caso, alcune nuove branche della ricerca stanno ancora cercando soluzioni innovative; ad esempio, una cella robotica che includa un cobot, con un'elevata capacità di carico, per prelevare le parti metalliche e portarle in posizione mentre l'operatore ha il compito di saldarle [24].



Figura 17 Soluzione di saldatura robotica di Kranendonk per pannelli metallici navali

Un altro settore in cui i robot saranno sempre più utilizzati è quello della fresatura e della rettifica di scafi e stampi. Negli ultimi anni sono stati compiuti molti sforzi per trovare soluzioni automatiche e flessibili. In particolare, con l'ingresso della robotica, della visione artificiale e dell'AI, alcune soluzioni sono pronte per il mercato. La flessibilità e la facilità di riconfigurazione sono la chiave di queste soluzioni, oltre a garantire una maggiore produttività e una migliore qualità.

Un altro aspetto che dovremmo considerare in questo settore è la grande dimensione dei prodotti. Se una soluzione ben consolidata per aumentare la raggiungibilità del robot consiste nel montarlo su una rotaia, il nuovo approccio in fase di studio consiste nel montare il robot industriale su un robot mobile come l'AGV [25]. Da un lato queste soluzioni sono all'inizio della ricerca, dall'altro i vantaggi in termini di flessibilità e minore ingombro sono notevoli.

Altre applicazioni al di fuori del cantiere navale sono l'uso dei Rover per l'ispezione e la manutenzione di imbarcazioni o navi. La sedimentazione di organismi marini sullo scafo della nave aumenta il coefficiente di attrito e quindi il consumo di carburante; pertanto, una pulizia periodica dello scafo consente una maggiore efficienza nei consumi e di conseguenza un minore impatto ambientale. Una soluzione automatica o semiautomatica come I-keelcrab (di Keelcrab) consente di rimuovere tali organismi mentre l'imbarcazione è ancora immersa nell'acqua e funziona in modo completamente indipendente.

4.3.1.3 Specificità delle tendenze della robotizzazione nel settore aerospaziale

Come l'industria navale, anche l'industria aerospaziale ha molti settori in cui la robotica trova applicazione, ma rispetto a industrie come quella automobilistica, le applicazioni sono molto più recenti e limitate. In generale, i principali fattori limitanti sono rappresentati dai bassi volumi, dall'elevata complessità, dalle strette tolleranze di posizionamento e dalle grandi dimensioni.

Quando parliamo di industria aerospaziale, occorre tener presente che, come ha affermato Dan Friz, direttore del Business Management di Kuka Systems: “Il fissaggio è per l'industria aerospaziale quello che la saldatura è per l'industria automobilistica”. Il fattore problematico in questo tipo di applicazioni è la capacità di garantire un'elevata precisione su larga scala. La soluzione è quella di dotare il robot di sensori come sistemi di visione che aiutano il robot a trovare il bersaglio e di conseguenza aumentano la precisione; d'altra parte, per garantire un alto volume di lavoro mantenendo un ingombro limitato sul terreno, la direzione è quella di montare i robot su robot mobili come l'AGV, per esempio il progetto MBFast18 di Fraunhofer IFAM [26].

Un altro campo di applicazione molto promettente per la robotica è il processo di verniciatura. Bisogna considerare che in generale un aeromobile viene riverniciato ogni sei anni e il processo di rivestimento richiede fino a sei strati. Infatti, Boeing ha implementato una soluzione robotica per la verniciatura delle ali; il dato interessante è che afferma di risparmiare il 75% di spazio a terra e di aumentare del 100% la produttività [27].

Un'altra tendenza da considerare nelle industrie aerospaziali è l'uso crescente di materiali compositi avanzati. La necessità di stendere uno o più strati di nastro di carbonio composito su uno stampo per creare una struttura complessa di grandi dimensioni è soddisfatta bene dai robot montati su binari per ampliare l'area di lavoro. In ogni caso, il fattore chiave, come nella maggior parte delle applicazioni complesse, è la testa del robot.

È possibile trovare altre opportunità in questo settore osservando le nuove innovazioni della robotica, come i cobot e i sistemi di visione. Sempre più robot e cobot sono coinvolti nelle attività di ispezione della qualità; un robot può tenere in mano uno scanner 3D o un sensore di visione dotato di algoritmo AI per controllare autonomamente la qualità di una superficie o di un componente.

4.3.1.4 Specificità delle tendenze della robotizzazione nel settore della mobilità dolce

Date le dimensioni molto più ridotte del prodotto rispetto ai due settori precedenti, anche la robotica è ampiamente utilizzata. In particolare, data l'alta velocità di cambio dei modelli, la flessibilità intrinseca dei sistemi robotici risolve bene questa esigenza.

In particolare, nelle attività di assemblaggio, oltre alle tradizionali isole robotizzate con robot industriali confinati da protezioni perimetrali, l'uso dei cobot sta aumentando notevolmente. Il concetto è quello di lavorare in collaborazione con l'operatore invece di sostituirlo. È possibile individuare i vantaggi in una maggiore efficienza e in una migliore qualità.

Ciò avviene in controtendenza rispetto al passato, quando una soluzione automatizzata implicava una forte rigidità, rendendo la produzione giustificabile solo a partire da un numero elevato di lotti di produzione con un numero ridotto di modelli di prodotto diversi. Grazie agli sviluppi della tecnologia è possibile fornire soluzioni automatizzate che consentano una gestione più flessibile; di conseguenza sono economicamente sostenibili anche lotti di produzione più piccoli.

Un'altra possibilità è offerta dai robot mobili come l'AGV o l'AMR. Questi tipi di robot sono ampiamente utilizzati per risolvere i problemi logistici, ma aprono anche nuove possibilità in termini di organizzazione della produzione, ad esempio possono interconnettere due o più macchine con un'elevata flessibilità, in modo che invece di spostare grandi lotti di materiale in una sola volta, potrebbe essere più efficiente spostare piccoli lotti di materiale più volte. Un'altra nuova possibilità è quella di assemblare l'oggetto direttamente sui robot mobili, in modo che il robot si sposti tra le diverse stazioni per completare il processo di assemblaggio; questo permette di avere stazioni non ordinate e di conseguenza una maggiore flessibilità. Come sta accadendo nell'industria automobilistica, si è diffusa la crescente necessità di produrre batterie e motori elettrici. Questa crescente domanda si traduce nella ricerca di soluzioni automatizzate sempre più efficienti e convenienti.

Robot collaborativi

Con la pandemia globale è aumentata anche la domanda di trasporti ecologici e personalizzati. Ad esempio, i clienti iniziano a imporre alle biciclette gli stessi requisiti delle automobili: vogliono prodotti più personalizzati e tempi di consegna ridotti. La trasformazione della produzione di biciclette verso la co-produzione uomo-robot può consentire lotti di dimensioni ridotte ed una produzione locale, ottenendo così biciclette personalizzate. In particolare, il processo di assemblaggio è ancora simile a quello dei primi tempi della produzione e può trarre vantaggio dalla trasformazione in un assemblaggio assistito da robot [28].

Un altro esempio dell'uso dei cobot può essere legato all'aspetto della "condivisione" della mobilità dolce e al loro vasto utilizzo nelle aree urbane. In particolare, sono stati utilizzati per risolvere il problema del parcheggio tramite sistemi di parcheggio cobot, come ad esempio, nel caso delle biciclette. È normale ormai vedere le biciclette ammassate nelle aree pubbliche. Non solo deturpano l'ambiente circostante, ma restano costantemente esposte a danni (dovuti alle intemperie) e a furti [29].

In molti Paesi e città il problema è stato facilmente risolto grazie a sistemi di parcheggio robotizzati che immagazzinano le biciclette in verticale o sottoterra in torri. Il parcheggio automatico occupa meno spazio prezioso, che rimane a disposizione degli imprenditori edili.

Robot basati sull'AI

I robot AI stanno cambiando il volto della mobilità dolce ed il loro utilizzo sta portando a diversi e innovativi tipi di mobilità dolce. Il loro impatto riguarda soprattutto la possibilità di introdurre mezzi di trasporto semi-autonomi per la micro-mobilità. CanguRo è un esempio di bicicletta trasformata grazie ad un robot AI. Progettato da Shunji Yamanaka e Takayuki Futura della Future Robotics Technology utilizzando le più avanzate tecnologie di robotica e intelligenza artificiale, CanguRo è una creatura indipendente e amichevole, che segue l'utente ed evita gli ostacoli; basta una chiamata con lo smartphone per farsi venire a prendere. Grazie alla posizione ben studiata dei sensori di forza, è in grado di individuare l'intenzione del ciclista e di modificare la sua postura per eseguire curve fluide e veloci. CanguRo è dotato di un software integrato che permette all'utente di chiamarlo tramite smartphone e farsi raggiungere in qualsiasi luogo. Si trasforma quindi in un veicolo (una sorta di bicicletta elettrica) in grado di portare la persona ovunque debba andare. CanguRo può svolgere anche tutte le altre attività di supporto che ci si aspetterebbe da un robot AI che funge da assistente personale, come, ad esempio, aiutare a fare la spesa, contattare persone e così via. Su richiesta, CanguRo si trasforma da assistente robot autonomo a veicolo di mobilità personale a tre ruote e a guida autonoma. Si inclina persino con il ciclista per dare un senso di integrazione uomo-macchina ed è dotato di un sistema integrato che trasferisce onde sonore al corpo e che pulsa come un battito cardiaco. Più va veloce, più il suo battito cardiaco accelera. Come se non bastasse, lo sterzo ha un ritorno di forza che trasmette al braccio il raggio di sterzata [30].

Robot autoriparanti

Nonostante il loro successo, le mobilità già esistenti incontrano problemi di portabilità, sicurezza e prezzo a causa delle loro caratteristiche rigide, pesanti e ingombranti. I robot morbidi stanno trasformando la micromobilità in un nuovo tipo di mobilità personale che può essere facilmente trasportata e utilizzata su richiesta, cambiando così drasticamente l'esperienza di viaggio e di pendolarismo. A tale scopo la forma della mobilità deve essere dinamica, in contrasto con la mobilità statica su cui facciamo attualmente affidamento. Come hanno recentemente esplorato molti ricercatori nel campo dell'interazione uomo-computer (HCI), i materiali morbidi sono uno strumento molto promettente per ottenere interfacce dinamiche deformandole, piegandole, espandendole e gonfiandole. La sostituzione dei componenti meccanici rigidi sfruttando le caratteristiche delle strutture gonfiabili nel campo della robotica morbida viene vista come un mezzo per raggiungere la vera "mobilità dolce" [31]. Poimo è il risultato degli sviluppi nel campo della tecnologia robotica morbida e della mobilità personale, ed è progettato per essere morbido, leggero e gonfiabile. È nato dal desiderio di sfruttare tecniche robotiche morbide per creare un veicolo intrinsecamente sicuro che riduca al minimo il potenziale di lesioni o danni in caso di incidenti, cosa

importante per i sistemi di mobilità personale che operano in spazi condivisi dai pedoni [32].

4.3.2 Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la robotizzazione nell'industria manifatturiera

I robot sono una componente centrale delle strategie di automazione in un'ampia gamma di settori produttivi. L'aumento dell'automazione sta cambiando le competenze richieste dai produttori a tutti i livelli della forza lavoro. A questo proposito, le aziende temono che il divario tra le competenze ricercate dai produttori e quelle disponibili sul mercato sia destinato ad aumentare, dato che i progressi tecnologici nel campo della robotica e dell'automazione richiedono nuove competenze tecniche.

Secondo il rapporto di McKinsey [33], l'adozione di tecnologie avanzate sul luogo di lavoro sarà accompagnata da un aumento della necessità di lavoratori con competenze sociali ed emotive ben calibrate, competenze che le macchine sono ben lontane dal padroneggiare. Ciò significa che le competenze necessarie per l'introduzione delle nuove tecnologie non richiederanno solo competenze tecnologiche avanzate, ma anche competenze trasversali. La necessità complessiva di competenze fisiche e manuali nel settore manifatturiero sta diminuendo di oltre il doppio rispetto a quella dell'intera economia. Anche la necessità di competenze cognitive di base sta diminuendo, poiché le funzioni di supporto per l'ufficio sono automatizzate. Si prevede una crescita del numero di professionisti come rappresentanti commerciali, ingegneri, manager e dirigenti. Ciò porterà ad un aumento della necessità di competenze sociali ed emotive, in particolare di comunicazione e negoziazione avanzate, leadership, gestione e adattabilità. Il fabbisogno di competenze tecnologiche, sia quelle informatiche avanzate che quelle digitali di base, aumenterà con la richiesta di un maggior numero di professionisti della tecnologia. Crescerà la domanda di maggiori abilità cognitive, spinta dalla necessità di una maggiore creatività e di un'elaborazione complessa delle informazioni.

Tuttavia, ai fini del presente rapporto abbiamo utilizzato un recente documento sulla posizione ufficiale pubblicato da IFR [34] in cui si sottolinea l'importanza dell'analisi sistematica delle competenze necessarie per l'implementazione della robotizzazione nell'industria manifatturiera. Sulla base di questo rapporto, dimostreremo come si evolveranno nei prossimi 10 anni quattro ruoli tradizionali nell'industria manifatturiera: operatore, tecnico, responsabile della produzione e ingegnere, e quali nuovi ruoli verranno creati in seguito all'automazione e all'adozione di robot nell'industria manifatturiera. Nella sezione seguente verranno illustrate le competenze necessarie per ciascun ruolo, come riportato nel documento sulla posizione ufficiale di IFR.

Operatori di produzione:

I robot e le altre tecnologie e processi di automazione riducono la quantità di tempo che gli addetti alla produzione dedicano a lavori noiosi e poco ergonomici, come alimentare le macchine, sollevare e sorreggere componenti pesanti ed eseguire attività ripetitive che richiedono un elevato grado di precisione, quali

l'applicazione di colla o la saldatura. Gli operatori hanno l'opportunità di apprendere nuove e interessanti competenze relative alla gestione di queste nuove tecnologie.

I lavoratori saranno sempre più coinvolti nell'addestramento di algoritmi di intelligenza artificiale utilizzati per applicazioni robotiche come il pick-and-place (prelevare e posizionare). L'operatore dimostra al robot quali parti devono essere prelevate o posizionate; quindi, supervisiona l'attività del robot finché l'algoritmo di intelligenza artificiale non è stato addestrato a individuare, prelevare o posizionare correttamente l'oggetto. Ciò vale anche per i sistemi di ispezione robotici, in cui l'operatore addestrerà l'algoritmo del robot a distinguere un vero guasto del prodotto da uno rilevato erroneamente a causa, ad esempio, di condizioni di illuminazione diverse.

Tecnici:

Con l'avanzare dell'automazione, sempre più macchine sono connesse digitalmente, trasmettendo dati sul loro stato a fronte di determinati parametri come temperatura e velocità. L'analisi di questi dati consente ai produttori di rilevare quando le macchine mostrano segni di usura e di prevedere il momento ottimale per eseguire la manutenzione, evitando tempi di inattività imprevisti e costosi. La digitalizzazione consente ai produttori di individuare i componenti specifici che è necessario modificare, evitando che i tecnici arrivino a scoprire la situazione solo a macchina smontata. Ciò significa che è possibile ordinare in anticipo i componenti necessari, riducendo i tempi di manutenzione.

Oltre ad ampliare la loro gamma di competenze tecniche su macchine specifiche, i tecnici stanno quindi acquisendo sempre più spesso anche ampie competenze informatiche per interpretare le rappresentazioni digitali delle macchine fisiche ed effettuare ricerche nelle banche dati.

Ingegneri:

La digitalizzazione sta influenzando il ruolo dell'ingegnere, in particolare nella fase di progettazione e sviluppo. Gli ingegneri sono già in grado di costruire nuovi modelli di prodotto in sistemi di progettazione e produzione assistita da computer che generano automaticamente gli elenchi dei componenti necessari. Le simulazioni in digital twin consentono agli ingegneri di modellare l'impatto dell'integrazione della macchina nell'ambiente di produzione esistente, permettendo loro di vedere le potenziali aree problematiche, ad esempio l'impatto delle vibrazioni di una macchina sulla precisione delle altre. La stampa 3D consente ai produttori di realizzare rapidamente prototipi sin dalle fasi iniziali della progettazione e di testarli prima di intraprendere costose produzioni.

Responsabili della produzione:

Le tendenze alla digitalizzazione e alla disaggregazione della tradizionale linea di produzione lineare descritte in precedenza hanno un impatto anche sulle competenze richieste ai responsabili della produzione. In generale, i responsabili della produzione sono sempre più spesso tenuti a sovrintendere a una gamma più ampia di macchine e processi rispetto al passato. Analizzano le rappresentazioni digitali e i dati per avere una visione d'insieme dello stato della produzione e per individuare potenziali colli di bottiglia. Poiché i produttori automatizzano sempre più l'intera catena di approvvigionamento, dall'inserimento dell'ordine alla consegna, i responsabili della produzione stanno acquisendo anche competenze tecnologiche più ampie in sistemi correlati come la pianificazione delle risorse aziendali (ERP).





HOW THE FOUR MANUFACTURING ROLES WILL CHANGE OVER THE NEXT 10 YEARS	
	<p>Production operators will:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Work with robots – IFR members estimate 50% will be working with robots in 10 years' time. Tasks include: Programing of simple applications: Monitoring robot performance: Working collaboratively with a robot 'assistant' or robotic tool • Have the opportunity to learn new skills • Work across a range of production lines or cells
	<p>Technicians will:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rely on data generated by machines, and analytic tools to assess when machines need maintenance • Need broad information technology skills to interpret digital representations of physical machines and search databases • Start to take a proactive role in process optimization, exploring how processes could be altered to function more efficiently and avoid typical bottlenecks
	<p>Engineers will:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increasingly manage connected systems rather than discrete machines • Need expertise in electronics and software as well as traditional skills in mechanical engineering. • Require an understanding of the interfaces and communications protocols between back-end order systems and machine controllers, as well as Internet of Things communications protocols
	<p>Production managers will:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oversee a broader range of machines and processes than in the past • Need broad technology skills in related systems such as enterprise resource planning (ERP) • May in future work in production control rooms managing employees who monitor screens showing the flow of materials, production capacity, machine yield, alerts for machine malfunctions and output to warehouses for shipment. Will also perform complex optimization tasks across the entire production line

Figura 18 Riepilogo delle competenze richieste in base al rapporto sulla posizione ufficiale di IFR [34]

4.4 Internet of Things spaziale

Il Web spaziale si riferisce ad un'atmosfera informatica che esiste in uno spazio 3D. Si tratta di un'accoppiata di realtà reali e virtuali abilitata da miliardi di dispositivi connessi e accessibile attraverso l'interfaccia della realtà virtuale e aumentata. Lo sviluppo di piccoli sensori che forniscono una varietà di dati spaziali in tempo reale sta iniziando a rivoluzionare il modo in cui viviamo e conduciamo le nostre attività [35].

L'Internet of Things riguarda l'uso di una serie di sensori e dispositivi con identificatori unici in grado di inviare informazioni su oggetti o persone attraverso una rete, senza richiedere l'interazione uomo-uomo o uomo-macchina. L'IoT spaziale fornisce informazioni esclusive su posizione e tempo, oltre ad altri dati sugli elementi monitorati. Ciò che rende utili l'IoT e l'IoT spaziale è la natura a basso costo dei sensori e la possibilità di utilizzarli in tempo reale. Collegando i sensori nelle case, nelle aziende e in altri luoghi, è possibile per le aziende, i ricercatori e altri soggetti tracciare una serie di informazioni in tempo reale e applicare diverse operazioni spaziali.

Le tendenze dell'Internet of Things spaziale.

Le grandi opportunità future sono evidenti in diversi settori, tra cui le applicazioni industriali, dove l'IoT potrebbe portare una sorta di nuova rivoluzione industriale.

In effetti, stiamo già iniziando a vedere questo fenomeno con i dispositivi smartspeaker come Alexa. Questi dispositivi sono in grado di monitorare le informazioni nel tempo e di prendere decisioni per i consumatori. Naturalmente questi dispositivi destano preoccupazioni per quanto riguarda la sicurezza, in particolare se vengono violati o se i dati vengono rubati; i vantaggi possono tuttavia risultare superiori alle preoccupazioni se si considera che tali dispositivi possono essere impiegati nelle aree di sicurezza ed aiutarci a prendere decisioni. Potremmo essere all'inizio di una fase più matura dell'Hype Cycle di Gartner per l'IoT, che sta iniziando ad essere utilizzato in maniera più ampia. Ciò potrebbe significare che nel giro di pochi anni tali sensori saranno onnipresenti e che l'adozione e l'applicazione di dispositivi IoT e l'ottimizzazione dei dati dei sensori potrebbero diventare una pratica standard.

4.5 Realtà estesa

Realtà estesa (XR) è un termine che si riferisce a tutti gli ambienti combinati reali e virtuali e alle interazioni uomo-macchina generate dalla tecnologia informatica e dai dispositivi indossabili. XR è un termine generico che comprende realtà aumentata (AR), realtà mista (MR) e realtà virtuale (VR). La soluzione XR consente di accedere facilmente a dati complessi in un contesto situazionale, creando opportunità virtualmente illimitate sul mercato. Le aziende che pensano al futuro stanno integrando la realtà estesa nei loro processi interni e nella fornitura di prodotti e servizi. La realtà estesa offre un maggiore coinvolgimento dei clienti, un significativo miglioramento dell'efficienza in termini di tempo e una significativa riduzione dell'errore umano.



Figura 19 Differenza tra VR (a sinistra), AR (al centro) e MR (a destra)

La realtà virtuale è una tecnologia immersiva che crea un ambiente 3D simulato e interattivo, accessibile attraverso diversi dispositivi (occhiali VR). La VR consiste in un ambiente interamente digitale non necessariamente soggetto alle regole fisiche del mondo reale. Lo spettro delle esperienze di VR comprende la VR completamente immersiva, che prevede l'uso di un visore per visualizzare il mondo digitale attraverso la vista e l'audio 3D di alta qualità che stimola l'udito, e un dispositivo di input (ad esempio un controller) per navigare nell'ambiente virtuale.

La realtà aumentata è una tecnologia che, anziché creare un nuovo ambiente 3D, sovrappone le informazioni digitali al mondo reale, che rimane al centro dell'esperienza complessiva. L'AR richiede sempre uno schermo o una superficie su cui proiettare o mostrare le informazioni digitali da aggiungere al mondo reale. Lo schermo può essere quello di uno smartphone, che cattura il mondo reale attraverso la sua fotocamera integrata e poi ne mostra una versione aumentata. Soprattutto in ambito aziendale, però, è utile per il personale avere entrambe le mani libere: per questo gli HMD sono diventati molto popolari nel tempo.

La realtà mista include elementi di AR e VR, aggiungendo oggetti virtuali interagibili alle informazioni sovrapposte al mondo reale. È simile all'AR dal punto di vista concettuale, poiché il mondo reale rimane fondamentale per l'esperienza dell'utente. Tuttavia, gli oggetti completamente virtuali coesistono e interagiscono con gli oggetti reali e con l'ambiente reale, nonché con gli utenti. La caratteristica principale della MR è che il contenuto sintetico e il contenuto del mondo reale sono in grado di reagire tra loro in tempo reale.

La realtà assistita si riferisce a qualsiasi tecnologia che consenta a una persona di visualizzare uno schermo nel suo campo visivo immediato, a mani libere. Si differenzia dalla realtà aumentata per il fatto che le informazioni sullo schermo non vengono sovrapposte a un ambiente fisico. La realtà assistita non fa parte della realtà estesa, ma è probabilmente più accessibile e pratica da utilizzare negli ambienti di produzione industriale, per i tecnici dell'assistenza sul campo e altri professionisti dell'assistenza.

4.5.1 Trend di medio e lungo periodo per le tecnologie della realtà estesa e possibili scenari nel settore manifatturiero

L'adozione delle tecnologie XR ha registrato un rapido aumento nell'ultimo anno, influenzato da una combinazione di fattori:

- La pandemia, che ha spinto la connettività remota e l'interazione virtuale in primo piano per una vasta gamma di attività aziendali, didattiche, di commercio al dettaglio e sociali.
- La crescente disponibilità di reti 5G ad alta velocità, che contribuiscono a far funzionare meglio le applicazioni mobili di AR e di streaming.
- Progetti più intuitivi per visori e “smart glass”, tra cui visori VR che offrono una maggiore libertà di movimento e un rischio ridotto di cinetipia VR e nuovi progetti per smart glass wireless e dispositivi AR/MR.

L'XR è una nuova tecnologia che può trarre grandi vantaggi dalle sinergie con altre tecnologie emergenti e viceversa.

L'interazione con l'AI è percepita come quella con il maggior potenziale. L'XR dotata di AI può imparare dalle preferenze degli utenti, adattando l'esperienza e consentendo selezioni contestuali in base alle circostanze. L'ulteriore sviluppo dell'AI andrà a vantaggio non solo dei clienti, ma anche degli sviluppatori di XR. La progettazione spaziale richiede strumenti aggiuntivi e la possibilità di utilizzare tutta una serie di nuovi input come voce, vista, tocco e gesti. In questo senso, l'AI può consentire ai progettisti di sviluppare ambienti ed esperienze XR in modo più rapido e più efficace. Inoltre, l'AI può migliorare automaticamente il comportamento degli oggetti nell'ambiente digitale, migliorando il senso di immersione e facilitando la codifica.

Anche la sinergia tra IoT e XR è considerata estremamente proficua. Come nel caso dell'AI, lo sviluppo della tecnologia di base consentirebbe di raccogliere dati da oggetti reali e di utilizzarli nell'ambiente digitale. Garantire una maggiore connettività con gli oggetti reali potrebbe migliorare l'esperienza complessiva dell'XR. In termini di manutenzione, ad esempio, i macchinari connessi all'IoT potrebbero condividere informazioni sui danni interni a un dispositivo AR, mostrando al personale esattamente dove intervenire. La situazione è simile quando si tratta di utilizzare i big data. Il perfezionamento del modo in cui vengono gestiti i flussi di dati è necessario per implementare le soluzioni di AI. In questo modo, i big data potrebbero migliorare le modalità di progettazione e codifica delle soluzioni XR. Dall'altro lato, la XR potrebbe aiutare a gestire questi flussi di dati, visualizzandoli in modo più intuitivo grazie ad un ambiente di VR 3D.

L'altra categoria comprende blockchain, tecnologie di acquisizione 3D e telecomunicazioni 5G. Il 5G consentirebbe un trasferimento più veloce dei dati e andrebbe a vantaggio di tutte le applicazioni XR che richiedono una funzione di streaming dei dati. Grazie al 5G sono ora possibili l'interazione in tempo reale e l'elaborazione edge-cloud: ciò implica che molti processi complessi possono essere spostati dai dispositivi dell'utente al cloud, consentendo anche ai dispositivi a bassa capacità di eseguire determinate attività di

rendering o di elaborazione. Altre importanti sinergie riguardano il concetto di digital twin. Si tratta di modelli digitali di un sistema fisico che, grazie a sensori e strumenti IoT, raccolgono informazioni e le utilizzano per alimentare simulazioni di dati, AI, ML e software analitici al fine di costruire una copia fedele del sistema reale. In questo sistema complesso l'analisi dei dati fluisce dal componente fisico, consentendo la modifica automatica del componente digitale per rispecchiare l'evoluzione o il cambiamento di quello fisico. Dall'altro lato, l'elaborazione dei dati consente sia la simulazione di una reazione ottimale ad eventi esterni sia la trasmissione di comandi al componente fisico per implementare i risultati della simulazione stessa.

Per quanto riguarda la produzione industriale, la XR ha alcuni punti di forza che la rendono più adatta ad alcune applicazioni rispetto ad altre:

- riduzione del pericolo per gli utenti, maggiore rispetto per l'ambiente e replicabilità; consente simulazioni di scenari pericolosi (formazione sulla sicurezza in quota, formazione sulla sicurezza antincendio) ed eventi difficili da replicare (errori specifici);
- consente la manipolazione con apparecchiature costose, non disponibili o inesistenti (prototipo);
- combina le informazioni digitali con la realtà per aumentare le capacità dei lavoratori;
- consente la raccolta e il salvataggio dei dati degli utenti a scopo di analisi (e.g. durata ottimale della formazione, ecc...).

La VR mostra il suo potenziale più grande nella fase di sviluppo del prodotto, che comprende la progettazione e la prototipazione. La possibilità di interagire con un modello 3D, senza sprecare materiale e cambiando facilmente vari aspetti del prodotto, può portare a notevoli risparmi di tempo e costi.

Anche le riunioni di lavoro tramite VR potrebbero diventare una nuova realtà se i visori diventassero più diffusi. Anche se le riunioni virtuali non richiedono la tecnologia VR per essere efficaci, sarebbero certamente migliorate. In futuro, le riunioni tramite VR potrebbero essere condotte mostrando una versione digitale e interattiva del sito di lavoro, migliorando la qualità, l'efficacia e il livello di coinvolgimento dei partecipanti. Ciò vale soprattutto nell'industria manifatturiera e negli ospedali.

Una terza area che presenta del potenziale è il marketing. La VR offre modi nuovi e innovativi per attirare i clienti, sfruttando la novità della tecnologia e la varietà di interazioni che consente.

Infine, l'applicazione indicata come forse la più degna di nota in termini di VR è la formazione. Comporta risparmi per le aziende e gli studi iniziano a indicare che è più efficace dei metodi di apprendimento tradizionali. Ad esempio, il personale può provare esercitazioni di sicurezza nella VR, sperimentando scenari altrimenti eccessivamente pericolosi, con una sensazione più concreta rispetto all'addestramento teorico e con la possibilità di ripetere lo scenario quando necessario.

Level of potential uptake and disruption of VR applications per industry

Level of uptake and disruption	Applications	Manufacturing (by NACE technology level)			
		Low/Medium-low e.g. food products, textiles, plastic products, wood products	Medium-high/High e.g. chemicals, electrical equipment, motor vehicles, pharmaceutical products, air and spacecraft, computer and electronics	Healthcare	Construction and architecture
Low	Manufacturing processes				
	Assembly	✓	✓	✓	✓
	Maintenance	✓	✓	✓	✓
	Raw material preparation	✓	✓	✓	✓
Medium	Set-up and production	✓	✓	✓	✓
	Product development				
	Product design	✓	✓	✓	✓
	Prototyping and sampling	✓	✓	✓	✓
High	Collaborative working				
	Conduct meetings	✓	✓	✓	✓
	Supervision of activities/remote guidance	✓	✓	✓	✓
Technology not relevant	Customer relationship				
	Marketing and advertisement	✓	✓	✓	✓
	Sales and customer experience	✓	✓	✓	✓
Technology not relevant	Horizontal activities				
	Data visualisation and video production	✓	✓	✓	✓
	Administrative tasks	✓	✓	✓	✓
	Training	✓	✓	✓	✓
	Logistics	✓	✓	✓	✓
	Health & safety	✓	✓	✓	✓

Figura 20 Livello di potenziale adozione e di disturbo delle applicazioni VR per settore

La realtà aumentata è più promettente nei processi di lavoro che si svolgono direttamente in loco e che comportano una più stretta interazione tra il mondo digitale e quello fisico. È il caso delle operazioni di assemblaggio e manutenzione: le informazioni digitali sovrapposte possono ottimizzare e velocizzare questi processi. Più è complesso il macchinario da riparare o da assemblare, maggiore è il valore aggiunto di una soluzione AR. Lo stesso principio si applica alla guida remota, che può essere fornita anche per le attività di assemblaggio e manutenzione. In questo caso, la guida non è fornita da un software o da un programma di formazione, ma da un esperto a distanza. L'AR mostra una grande potenzialità in termini di relazioni con i clienti. Anche se la VR sembra più promettente quando si tratta di attrarre nuovi clienti, l'AR può offrire loro un'esperienza clienti migliorata. Infine, l'AR può acquisire slancio e integrarsi nel flusso di lavoro di una serie di attività orizzontali, come le attività amministrative e logistiche, o il supporto delle procedure di sicurezza.

Level of potential uptake and disruption of AR applications per industry






Level of uptake and disruption	Applications	Manufacturing (by NACE technology level)		Healthcare	Construction and architecture
		Low/Medium-low e.g. food products, textiles, plastic products, wood products	Medium-high/high e.g. chemicals, electrical equipment, motor vehicles, pharmaceutical products, air and spacecraft, computer and electronics		
Low	 Manufacturing processes	Assembly	✓	✓	✓
Medium		Maintenance	✓	✓	✓
High		Raw material preparation	✓	✓	✓
Technology not relevant		Set-up and production	✓	✓	✓
Low	 Product development	Product design	✓	✓	✓
Medium		Prototyping and sampling	✓	✓	✓
Low	 Collaborative working	Conduct meetings	✓	✓	✓
Medium		Supervision of activities/ remote guidance	✓	✓	✓
Low	 Customer relationship	Marketing and advertisement	✓	✓	✓
Medium		Sales and customer experience	✓	✓	✓
Low	 Horizontal activities	Data visualisation and video production	✓	✓	✓
Medium		Administrative tasks	✓	✓	✓
High		Training	✓	✓	✓
Technology not relevant		Logistics	✓	✓	✓
Technology not relevant		Health & safety	✓	✓	✓

Figura 21 Livello di potenziale adozione e di disturbo delle applicazioni AR per industria

4.5.1.1 Specificità dei trend della realtà estesa nell'industria automobilistica



Figura 22 Casi d'uso di AR e VR nell'industria automobilistica

La tecnologia XR può essere utilizzata in ogni fase del processo produttivo e di lavorazione. Sulla base dell'esperienza, l'implementazione della XR ha mostrato il maggior potenziale in termini di supporto remoto e flusso di lavoro digitale.

Prototipazione: un nuovo prodotto o una nuova postazione di lavoro possono essere visualizzati e analizzati nel mondo virtuale durante la fase di prototipazione. Questo può accelerare notevolmente il processo di realizzazione dei prototipi di materiali. Se l'azienda ha accesso a una stampante 3D, il passo successivo può essere quello di realizzare un prototipo stampato e solo successivamente finalizzare il prototipo.

Formazione e istruzione: invece di consultare decine di pagine di istruzioni cartacee, poco pratiche per gli operai impegnati nelle linee di produzione, è possibile accedere rapidamente alle istruzioni corrispondenti tramite occhiali AR e leggere il codice QR sulla scatola, sulla macchina o sull'ordine di lavoro o di assistenza. Questi tipi di istruzioni sono disponibili sotto forma di testo, di video o di semplici modelli 3D trasferiti su oggetti reali. La VR rappresenta inoltre un ausilio nell'apprendimento di quelle competenze che comporterebbero un pericolo di morte se apprese nell'ambiente della vita reale. In questo caso la VR fornisce un ambiente virtuale senza mettere in pericolo l'allievo.

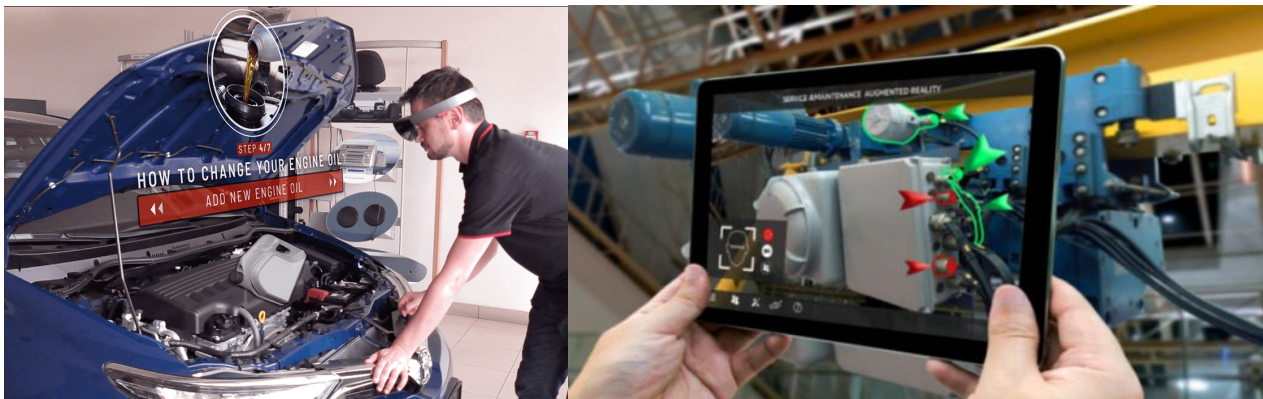


Figura 23 Accesso a testi, video o documentazione 3D tramite “smart glass”

Supporto remoto: attraverso gli occhiali AR, dotati di telecamere, microfoni e altoparlanti integrati, possiamo comunicare a distanza con chiunque abbia una connessione a Internet, con un collega all'altro capo della produzione o con un tecnico dell'assistenza di un paese lontano, risparmiando così i costi di viaggio. In questo modo, possiamo eseguire l'avvio della macchina, la diagnosi e la risoluzione dei problemi, la valutazione, l'assistenza ai manutentori, gli audit, le FAT, ecc.



Figura 24 Collaborazione a distanza mediante occhiali intelligenti e applicazioni di comunicazione a distanza (ad esempio, MS Teams)

Monitoraggio della produzione: utilizzando occhiali AR o MR, possiamo accedere più rapidamente alle informazioni aggiornate. Quando passiamo davanti a una macchina con gli occhiali, vengono visualizzati in tempo reale i dati sul suo funzionamento, sul raggiungimento della norma, sui possibili difetti del prodotto, ecc.



Figura 25 Monitoraggio della produzione in tempo reale con Hololens 2

Reclutamento: con l'ausilio della XR, le aziende possono presentarsi ai candidati per l'assunzione fornendo loro un'esperienza immersiva. Attraverso tour virtuali a 360°, le aziende possono mostrare le stazioni di lavoro e l'ambiente di lavoro in generale, che i nuovi dipendenti sono liberi di esplorare autonomamente. È inoltre possibile costruire esperienze interattive che mostrino ai candidati tutto ciò che offre il luogo di lavoro.



Figura 26 Tour virtuale del Centro di automazione OMRON di Tokyo

4.5.1.2 Specificità dei trend della realtà estesa nell'industria navica

Nell'industria automobilistica la XR viene utilizzata per semplificare le riparazioni e la manutenzione, migliorare l'efficacia e ridurre i costi di formazione, simulazione, progettazione e prototipazione, visualizzazione dei dati, ecc. Tutte queste funzioni sarebbero altrettanto utili nell'industria marittima [36].

Nel 2019 Wårtsilå ha testato con successo dei dispositivi AR indossabili a controllo vocale e un software di guida remota che ha permesso all'equipaggio e ai tecnici di comunicare in tempo reale con gli esperti a terra. Wårtsilå ha persino studiato come utilizzare il sistema nelle aree con scarsa connettività.

Nell'industria petrolifera e del gas, Luminous Group ha generato e utilizzato modelli 3D di un'imbarcazione per progettare e costruire sistemi di tubature che si adattassero al primo colpo, poi ha riutilizzato questi modelli per la formazione VR.

Ciò ha permesso di risparmiare tempo e denaro e di migliorare l'efficienza.

4.5.1.3 Specificità dei trend della realtà estesa nell'industria aerospaziale

Sebbene non sostituiscano mai gli istruttori altamente qualificati, i sistemi XR si sono dimostrati strumenti di insegnamento molto efficaci per la prossima generazione di piloti e tecnici. La XR riduce al minimo dispendiosi errori e permette agli studenti di eseguire procedure invasive senza compromettere la sicurezza di un aeromobile o, in caso di lezioni di volo, la propria sicurezza. La tecnologia consente inoltre agli studenti di completare le attività in remoto, un vantaggio che si rivela importante durante una pandemia globale, a un costo minimo.

La Boeing - tra le più importanti compagnie aeree al mondo - sta esplorando, e in alcuni casi già sfruttando, le tecnologie XR in molte unità aziendali, tra cui: commerciale, difesa, spazio e sicurezza, servizi globali. Le applicazioni includono la fornitura di istruzioni di lavoro per il montaggio, la riparazione e la manutenzione, la formazione e le revisioni dei progetti [37].

4.5.1.4 Specificità dei trend della realtà estesa nel settore della soft mobility

Nell'ambito della micromobilità la realtà virtuale può aiutare a fornire l'accesso a esperti in remoto. Ad esempio, può essere utilizzata per fornire supporto ai proprietari di negozi indipendenti che hanno bisogno di provvedere alla riparazione di vari mezzi di trasporto della propria flotta.

Cannondale è un'azienda leader a livello mondiale che ha utilizzato la VR per assistere i negozianti locali dai quali i clienti si aspettano una conoscenza approfondita del settore, ad esempio come è stata prodotta quella determinata bicicletta, in che anno è stata prodotta e quale parte di ricambio è necessaria. Inoltre, le biciclette vengono vendute e riparate tramite rivenditori indipendenti e non presso negozi di proprietà del produttore. Ciò significa che questi negozi non sono legati ad un determinato produttore o incentivati a promuovere una specifica azienda o bicicletta. Per questo motivo, Cannondale si è rivolta alla realtà aumentata come strumento in grado di fornire ai proprietari e al personale dei negozi di biciclette il design dei prodotti e le indicazioni tecniche necessarie per l'assistenza, e di approfondire le interazioni con i ciclisti. Grazie alla VR, i proprietari indipendenti di negozi di biciclette ora possono accedere rapidamente a tutte le informazioni pertinenti senza dover esaminare numerosi volumi di manuali per l'utente o libri per ordinare i componenti. Ciò consente ai tecnici di eseguire rapidamente la scansione di una bicicletta che

potrebbe necessitare di manutenzione e di trovare il pezzo di ricambio esatto con semplicità, riducendo il tempo necessario per identificare e ordinare il pezzo di ricambio corretto, riparare la bicicletta e restituirla al ciclista [38].

4.5.2 Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la realtà estesa nell'industria manifatturiera

Poiché la realtà estesa è un termine ampio, il piano di implementazione e adozione della tecnologia varia da azienda a azienda. A seconda delle esigenze e delle capacità dell'azienda, possiamo parlare di implementazione di soluzioni XR interne o pronte all'uso.

Sebbene lo sviluppo di applicazioni XR comporti molti aspetti tecnologici, ha anche un lato creativo e aziendale. Pertanto, per sviluppare soluzioni XR interne, le aziende hanno bisogno di talenti in grado di lavorare in un'ampia gamma di discipline tecniche, creative, sociali e imprenditoriali.

Secondo una ricerca condotta nel 2021 da Ecorys, il tipico team XR comprende vari profili chiave. Le qualifiche si estendono generalmente dall'informatica (inclusi i linguaggi di programmazione come C, C++, C#, Java, Python e i sistemi operativi) all'ingegneria del software. Guardando più da vicino ai profili dal punto di vista creativo, gli artisti 3D stanno rapidamente emergendo come figure chiave nel futuro del settore, in quanto responsabili di tutti i tipi di effetti visivi, dai modelli alle texture e alla simulazione 3D. Allo stesso modo, anche i progettisti di esperienze utente/interfacce utente sono oggi molto richiesti, poiché la progettazione di interazioni uomo-computer e interfacce utente per macchine e software è fondamentale. L'esperienza utente è fondamentale e deve essere intuitiva. È molto importante ideare un'esperienza naturale, comoda, semplice e non opprimente, soprattutto per quelle completamente immersive. È pertanto essenziale avere esperienza nella progettazione spaziale e lavorare con unità, competenza, strumenti di progettazione visiva e strumenti di pre-visualizzazione/prototipazione. Tuttavia, i vari prerequisiti software e tecnici non sono le uniche competenze necessarie. I fattori umani e le scienze sociali devono essere coinvolti per comprendere come le persone interagiscono con i dispositivi, rendendo la loro progettazione più naturale per l'utente e rilevante per il settore. Per quanto riguarda le linee guida etiche, la privacy e la sicurezza, è necessaria una competenza interdisciplinare. I team XR devono includere anche persone con competenze di business, che comprendano eccellenti abilità di comunicazione e la capacità di capire le tendenze e gli interessi del mercato, nonché le ambizioni e le intenzioni dei clienti. Sono inoltre necessari project manager esperti con competenze manageriali e aziendali, conoscenza del mercato XR e visione per condurre efficacemente i progetti XR in tutte le loro dimensioni.

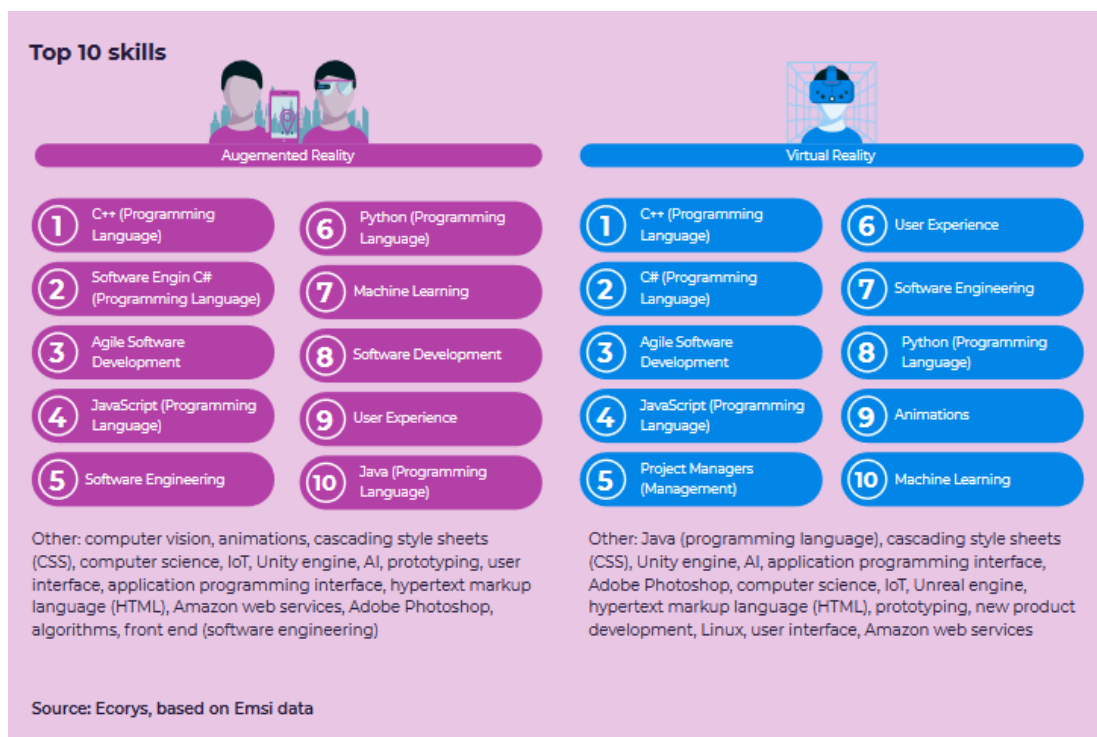


Figura 27 Le 10 principali competenze che le aziende cercano quando assumono sviluppatori XR

Alcune abilità sono più importanti di altre. Con il tempo l'importanza delle competenze può cambiare; in combinazione con la rapida crescita delle tecnologie XR e la loro relativa novità, può verificarsi un divario di competenze che potrebbe aumentare se lasciato irrisolto nel tempo.

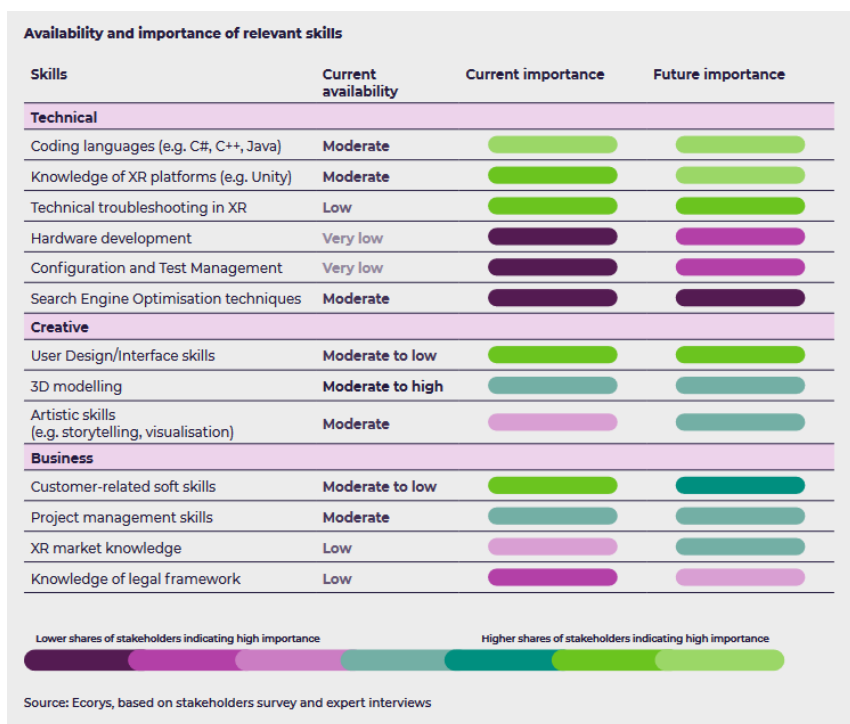


Figura 28 Disponibilità e importanza delle competenze rilevanti

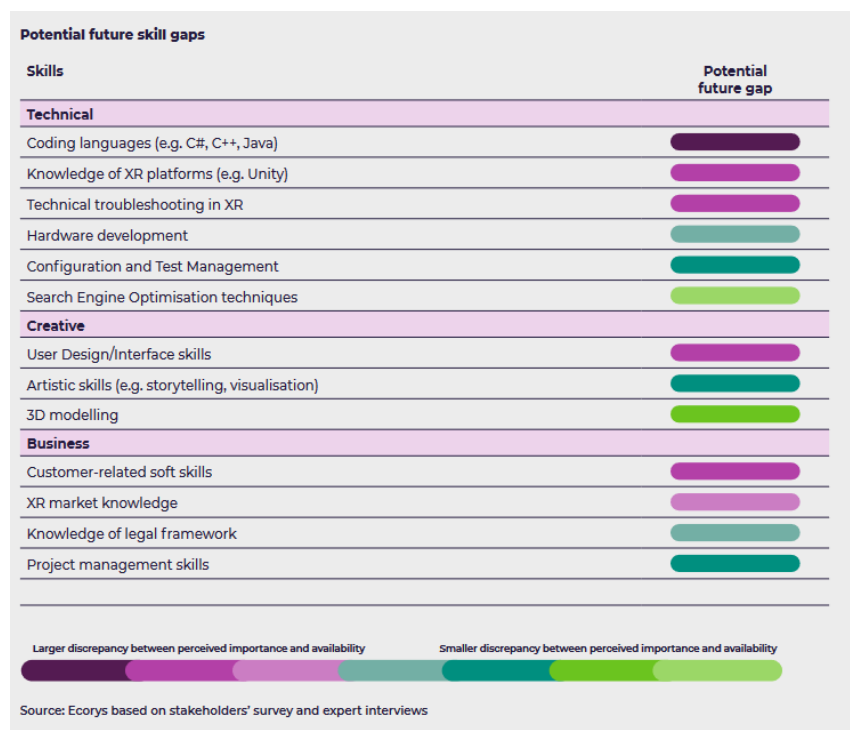


Figura 29 Potenziale divario di competenze in futuro

Per i lavoratori che rappresentano gli utenti finali delle soluzioni XR, ciò che conta è avere una mente aperta e disporre di una competenza digitale definita dal Digital Competence Framework 2.0 (DigComp 2.0).

DigComp 2.0 individua le componenti chiave di 21 competenze digitali suddivise in 5 aree, che possono essere sintetizzate come segue:

1. **Informazione e alfabetizzazione dei dati:** definire le esigenze di informazione, individuare e recuperare dati, informazioni e contenuti digitali. Valutare la pertinenza della fonte e del suo contenuto. Archiviare, gestire e organizzare dati, informazioni e contenuti digitali.
2. **Comunicazione e collaborazione:** interagire, comunicare e collaborare attraverso le tecnologie digitali, pur essendo consapevoli della diversità culturale e generazionale. Partecipare alla società attraverso i servizi digitali pubblici e privati e la cittadinanza partecipativa. Gestire la propria identità e reputazione digitale.
3. **Creazione di contenuti digitali:** creare e modificare contenuti digitali per migliorare e integrare le informazioni e i contenuti in un insieme di conoscenze esistenti e comprendere al contempo come applicare il copyright e le licenze. Saper dare istruzioni comprensibili riguardo ad un sistema informatico.
4. **Sicurezza:** proteggere dispositivi, contenuti, dati personali e privacy in ambienti digitali. Proteggere la salute fisica e psicologica e conoscere le tecnologie digitali per il benessere sociale e l'inclusione sociale. Essere consapevoli dell'impatto ambientale delle tecnologie digitali e del loro utilizzo.
5. **Risoluzione dei problemi:** individuare esigenze e problemi e risolvere problemi concettuali e situazioni problematiche in ambienti digitali. Utilizzare strumenti digitali per innovare processi e prodotti. Essere sempre aggiornati sull'evoluzione digitale.

Purtroppo, la maggior parte delle soluzioni XR non dispone di opzioni linguistiche. Questo è ancora più vero per i lavoratori sloveni, che sono costretti a usare l'inglese per comunicare con i CPS (sistemi cyber-fisici); pertanto, una conoscenza di base dell'inglese è necessaria.

La XR presenta molte sfide, ma anche opportunità nei luoghi di lavoro nell'ambito della produzione. Tuttavia, si tratta di un processo che richiederà adattabilità e flessibilità da parte dei lavoratori. Creerà nuovi tipi e percezioni di relazioni collaborative con persone e macchine, e richiederà un continuo processo di adattamento. Ci sarà sempre un'esitazione iniziale da parte di chi impara ad usarli che può tendere a preferire attività più tradizionali fino a quando la nuova interfaccia tecnologica non diventa intuitiva. Ed è qui che entrano in gioco i principi di gestione del cambiamento. In questo contesto, l'adattamento e la gestione del cambiamento sono diventati una competenza fondamentale per affrontare il presente e il futuro.

4.6 Iperautomazione

L'iperautomazione è un approccio disciplinato e guidato dall'azienda che le organizzazioni utilizzano per individuare, controllare e automatizzare rapidamente il maggior numero possibile di processi aziendali e IT. L'iperautomazione implica un uso orchestrato di più tecnologie, strumenti o piattaforme che si concentra su tre priorità chiave: migliorare la qualità del lavoro, accelerare i processi aziendali ed aumentare l'agilità del processo decisionale. Esempi di iperautomazione sono la comprensione dei documenti utilizzando il riconoscimento ottico dei caratteri, la comprensione delle e-mail utilizzando l'elaborazione del linguaggio naturale, la previsione delle scorte e il riapprovvigionamento automatico, il miglioramento dei flussi di automazione mediante AI o ML, ecc.

4.7 Produzione additiva

Spesso è difficile credere quante cose vengano già stampate in 3D oggi, dai ricambi per macchine di grandi dimensioni ai cuori umani funzionanti. La stampa 4D è la dimensione successiva: in questo caso gli oggetti stampati possono cambiare ulteriormente la loro forma dopo la produzione.

La produzione additiva (AM) o la produzione additiva a strati (ALM) è il nome industriale della stampa 3D, ossia l'insieme di processi controllati da computer che creano oggetti tridimensionali depositando materiali, di solito a strati. Questi processi sono caratterizzati da molteplici peculiarità, che si traducono in diverse prestazioni e ambiti di applicazione. Una classificazione particolarmente significativa è stata proposta da Wong e Hernandez [39], che hanno distinto i processi sulla base dello stato della materia prima e del fenomeno fisico implicato nella sua trasformazione (Fig. 32). In alternativa, un'altra caratteristica distintiva principale è rappresentata dai materiali che vengono elaborati, che nella maggior parte dei casi sono metalli, polimeri e resine fotoindurenti, ma possono anche essere ceramiche, compositi, materiali organici, minerali, calcestruzzo ed altri.

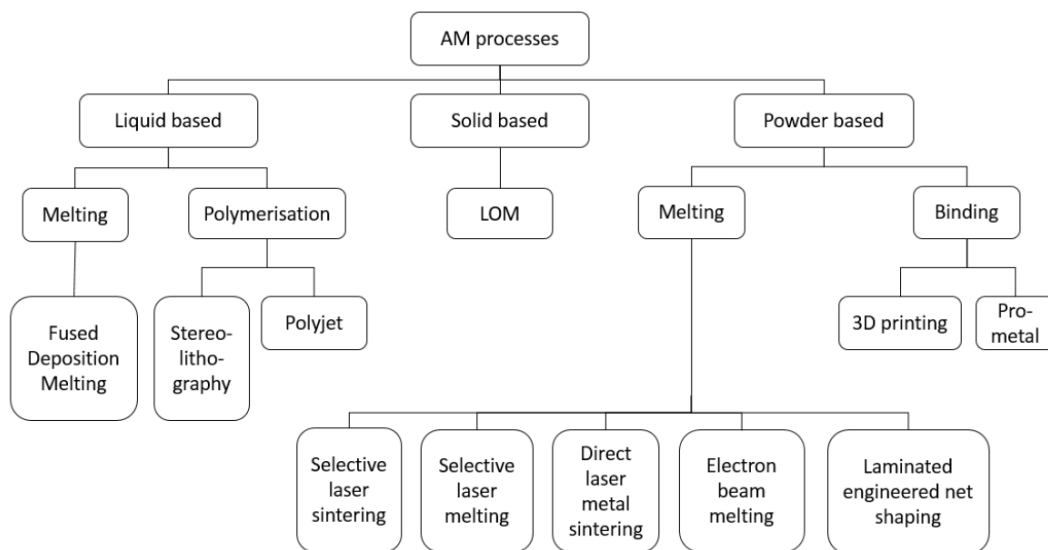


Figura 30 Classificazione dei processi di produzione additiva [39]

Come si evince dal nome stesso, i processi di produzione additiva aggiungono invece di sottrarre materia prima, e questo comporta input, output e vincoli drasticamente diversi. Di conseguenza vengono superati i paradigmi di produzione tradizionali. Entrando di più nel dettaglio:

- Produzione di geometrie complesse: nei processi tradizionali la forma dei prodotti è fortemente influenzata dalla tecnologia produttiva. Al contrario, i processi di produzione additiva hanno una flessibilità superiore, che consente di produrre geometrie complesse in modo semplice ed economico.
- Lavorazione di materiali speciali: la lavorabilità a macchina di molti materiali interessanti è spesso molto bassa e questo comporta vincoli ancora più stringenti sulle geometrie. La produzione additiva rappresenta spesso la soluzione tecnologica per la lavorazione di tali materiali e la costruzione di prodotti ad alte prestazioni. Inoltre, i moderni ambienti di simulazione come Simufact Additive di MSC e Genoa 3DP di Alphastar riducono fortemente la necessità di test sperimentali e di procedure "prova e sbaglia".
- Tempo di preparazione del processo: nei processi tradizionali, oltre alla progettazione della strategia di lavorazione, è necessario progettare e preparare le attrezzature e procurarsi sbazzati e utensili. Queste attività vengono evitate nella produzione additiva, poiché la materia prima e le attrezzature sono le stesse per qualsiasi materiale e qualsiasi geometria.
- Specializzazione degli operatori: i processi tradizionali richiedono operatori molto specializzati per ottenere risultati competitivi e di alta qualità. La produzione additiva semplifica notevolmente il normale flusso di lavoro e solo alcuni aspetti, sebbene essenziali, richiedono soluzioni tecniche importanti. Gli aspetti più complessi della produzione sono affrontati in sessioni straordinarie di ricerca e sviluppo. Di conseguenza, l'attività di lavoro può essere svolta metodicamente e un singolo operatore può facilmente occuparsi di più processi.

La produzione additiva ha quindi il potenziale di ridefinire completamente non solo l'industria manifatturiera, ma tutti i più importanti settori tecnici ed industriali, che possono beneficiare della possibilità di creare merci con caratteristiche uniche. La produzione additiva, infatti, innalza gli standard di valore e di complessità dei prodotti, promuove la personalizzazione, razionalizza la produzione in mercati con bassi volumi e alti livelli tecnologici, favorisce l'efficienza produttiva e il progresso sostenibile nei settori chiave dei programmi di sviluppo internazionali, consente l'utilizzo di materiali innovativi ed avanzati, permette l'implementazione di nuovi modelli aziendali e di occupazione, facilita la digitalizzazione industriale, favorisce la creazione di catene di approvvigionamento locali e la rilocalizzazione delle attività industriali, nonché la produzione in loco e su richiesta, con evidenti risultati a livello di modelli organizzativi, logistica, costi e sostenibilità [40].

4.7.1 Andamento della produzione additiva a medio e lungo termine e possibile scenario nel settore manifatturiero

Futuro della produzione additiva. Grazie alle sue capacità, la produzione additiva è una pietra angolare della rivoluzione tecnologica e sociale attualmente in atto. Come mostrato nella Figura 33, la produzione additiva promuove non solo lo sviluppo tecnologico, ma anche il progresso sociale e la sostenibilità [41].

Le analisi prudenziali stimano che nel 2025 il beneficio apportato dalla produzione additiva alla sostenibilità economica dei prodotti, calcolato sul loro ciclo di vita, sarà quantificabile in 170-593 miliardi (USD), di cui 113-370 miliardi (USD) sotto forma di costi di produzione, 56-219 miliardi (USD) sotto forma di costi operativi e 1-4 miliardi (USD) sotto forma di costi di smaltimento [42].

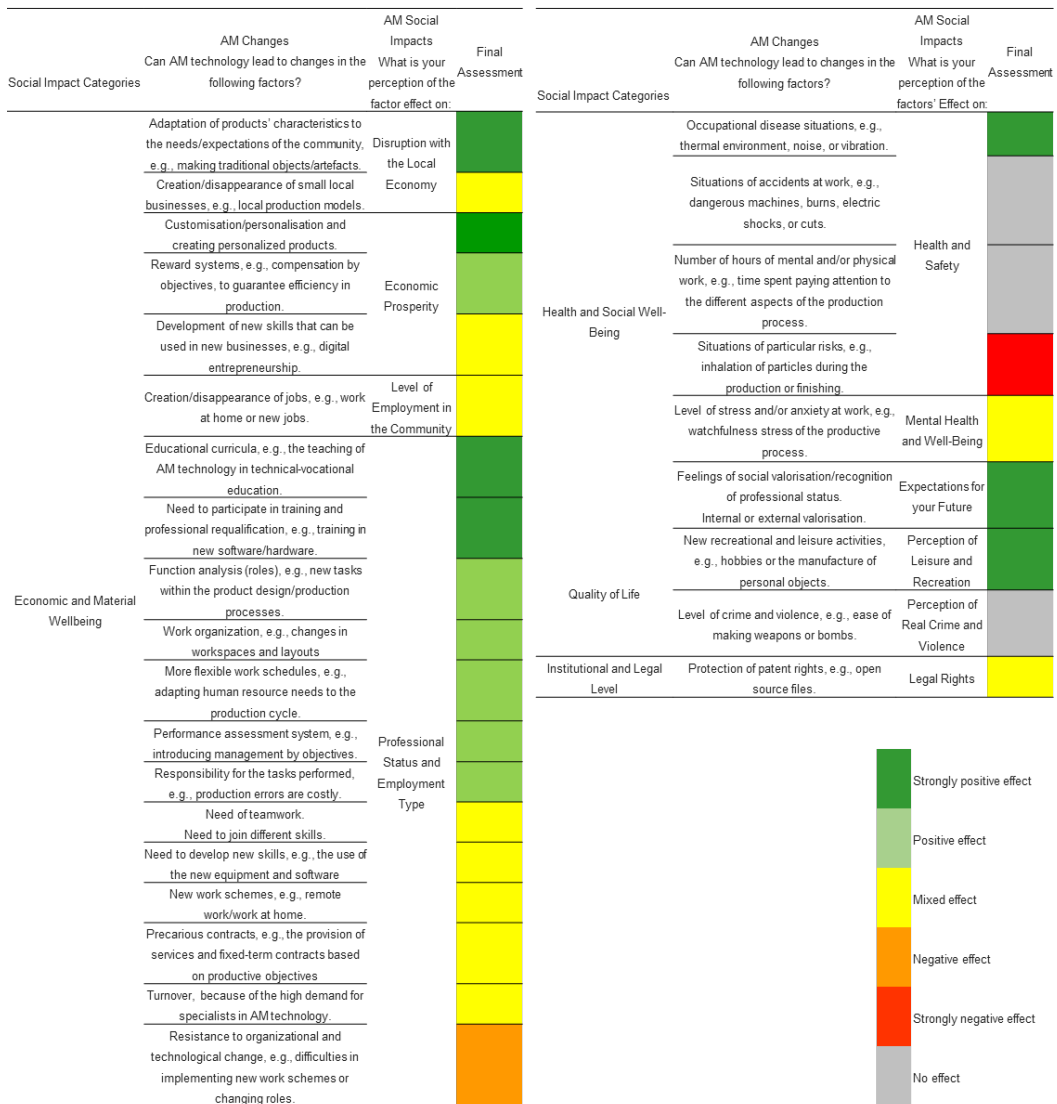


Figura 31 Gli effetti sociali dell'AM [41]

L'analisi dimostra che la riduzione nei costi di produzione sarà attribuibile alla razionalizzazione delle operazioni di movimentazione, alla trasformazione delle catene di produzione e alla riduzione del consumo di materiali in seguito alla maggiore efficienza dei processi e all'ottimizzazione dei prodotti. La riduzione dei costi operativi sarà invece attribuibile alla maggiore funzionalità ed efficienza dei prodotti. A questo proposito va notato che circa un terzo dei risparmi previsti sui costi di esercizio sarà dovuto alla riduzione del consumo di carburante nel settore aerospaziale.

La sostenibilità economica va quindi di pari passo con la sostenibilità energetica e ambientale. Nel 2025, la riduzione del consumo energetico e delle emissioni di CO₂ nel ciclo di vita dei prodotti realizzati con la produzione additiva dovrebbe essere rispettivamente di 2,54-9,30 EJ e 130,5-525,5 Mt, di cui 0,85-2,77 EJ e 34,3-151,1 Mt attribuibili all'efficienza di produzione, 1,46-5,72 EJ e 84,1-328,5 Mt attribuibili all'efficienza operativa, 0,22-0,81 EJ e 2,1-44,5 Mt attribuibili all'efficienza di smaltimento.

La maggior parte dei risparmi previsti riguarda il settore dei consumatori, aerospaziale e medico. Tuttavia, le stime fornite sopra si riferiscono all'insieme di prodotti attualmente adatti per la produzione additiva. Se questi processi saranno sviluppati a lungo termine fino a poter essere utilizzati anche per la produzione di massa, il rapporto tra economia e impatto ambientale cambierebbe completamente.

Inoltre, lo scenario sopra descritto può essere integrato all'interno di un rinnovamento sociale e culturale più generale, indotto dalla convenienza di produrre nel Paese dei consumatori, dalla necessità per le imprese di spostare il loro portafoglio di prodotti da prodotti fisici a idee e design, dalla necessità di professionisti molto qualificati; e dall'avvento di nuovi modelli aziendali e di occupazione.

La produzione additiva è quindi un fattore chiave per un progresso sostenibile e acquisirà un ruolo sempre più importante. Ciò promuoverà l'interesse scientifico, tecnico e industriale in questi processi, con un conseguente sviluppo più rapido volto a creare i presupposti per un uso di massa e ad ottenere i massimi benefici attesi su larga scala. I principali protagonisti di questo scenario sono il software, le macchine, i materiali e le applicazioni [43].

Innovazione software. Le opportunità offerte dalla produzione additiva sono intrecciate con una certa complessità. I prodotti hanno geometrie sempre più sofisticate che si traducono in una migliore funzionalità, la fisica dei processi coinvolge un gran numero di fattori complessi e interdipendenti, e i modelli aziendali e organizzativi sono sempre più elaborati. La complessità non può essere gestita in modo appropriato senza strumenti software che supportino l'ingegnosità umana e ne facilitino l'espressione. Lo sviluppo e l'innovazione del software sono necessari in tutte le aree del flusso di lavoro. Per quanto riguarda la progettazione dei prodotti, sono necessari software che consentano ai progettisti di modellare geometrie complesse in modo semplice, rapido e con il massimo controllo. In secondo luogo, il software deve essere sempre più orientato verso la funzionalità, estendendo i concetti di ottimizzazione della forma e di progettazione generativa a tutti i campi dell'ingegneria. A questo proposito sono necessari algoritmi più flessibili e adattabili per soddisfare le molteplici sfaccettature dei problemi ingegneristici; serve inoltre una maggiore efficienza per gestire la complessità con tempi e risorse di calcolo ragionevoli. In terzo luogo, è necessario implementare strumenti per integrare materiali ingegnerizzati, quali strutture reticolari [44], strutture matematiche [45] e strutture porose [46] (Fig. 34). Infine, si dovrebbe sviluppare uno strumento efficace e semplice per generare modelli solidi da nuvole di punti acquisite attraverso sistemi ottici e radiografici o definiti matematicamente.

Per quanto riguarda i processi, il fattore chiave per la diffusione della produzione additiva sarà la capacità di progettare rapidamente processi privi di rischi che si traducano in prodotti di alta qualità. A tal fine, il software dovrà guidare l'attività di progettazione del processo, riducendo al minimo l'arbitrarietà delle scelte di produzione e diminuendo la complessità nella gestione di più progetti. Questo obiettivo può essere perseguito attraverso l'implementazione di algoritmi avanzati di ottimizzazione, eventualmente integrati con strumenti snelli ed affidabili da impiegare per simulare fisicamente i processi, per orientare e disporre componenti su piattaforme di costruzione e per progettare strutture di supporto. Allo stesso tempo, sono necessari algoritmi efficienti per la gestione e l'elaborazione di file di grandi dimensioni derivanti da progetti complessi.

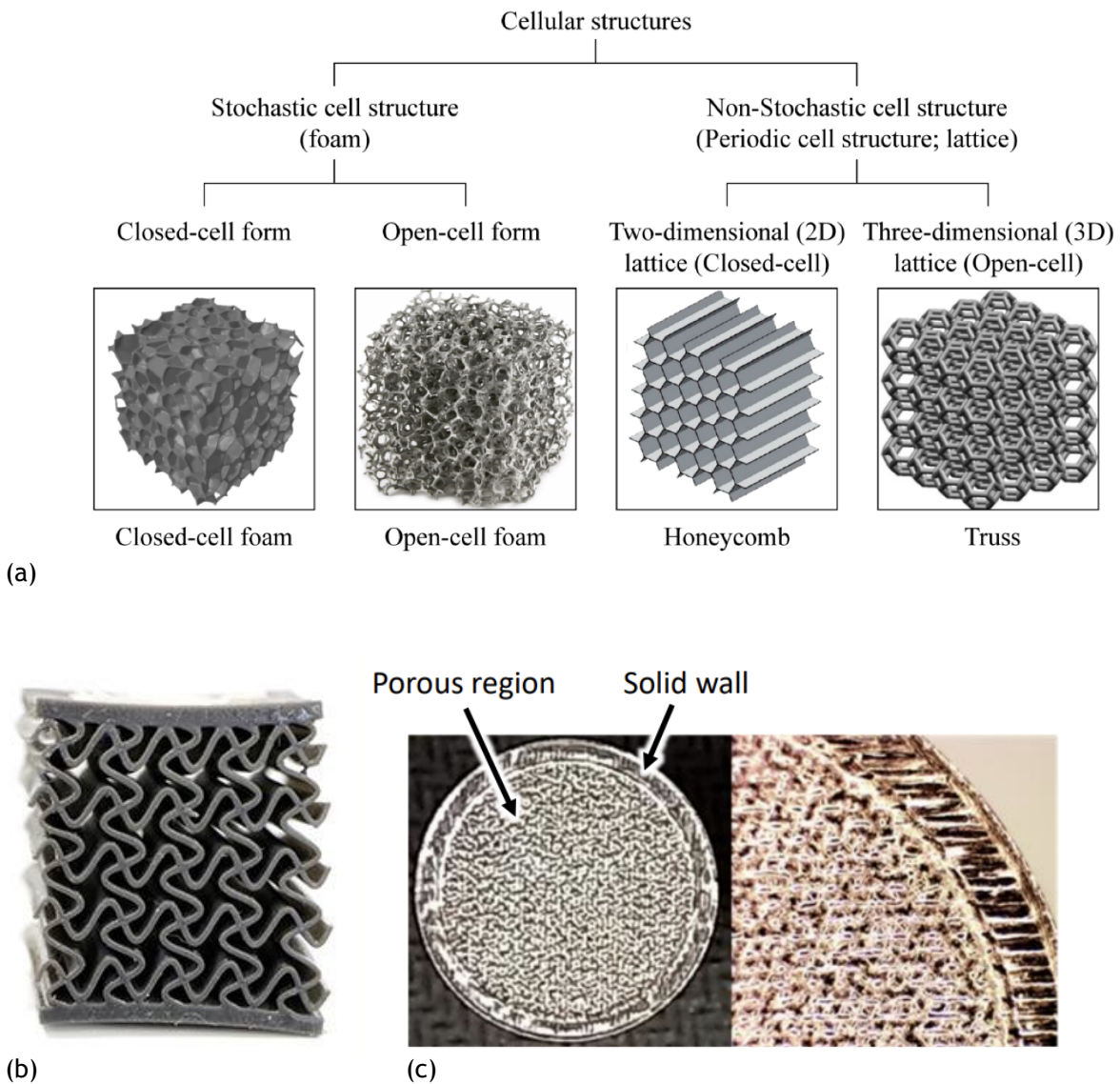


Figura 32 a) Classificazione delle strutture cellulari [44], b) metamateriali basati su Bézier [45] e c) materiali porosi [46]

Tuttavia, anche il software di gestione deve evolversi per soddisfare le nuove esigenze organizzative e imprenditoriali. Tra gli aspetti chiave vi sono: la gestione degli ordini, che possono pervenire da più regioni del mondo, in gran numero e in modo disomogeneo nel tempo; la programmazione della produzione, che ha notevoli ricadute sull'efficienza economica dei processi di produzione additiva; l'organizzazione del lavoro, che dovrà adattarsi a processi che durano molto più a lungo del tipico turno di lavoro; la stima dei costi, che sarà influenzata dall'incertezza dovuta alla complessità e alla personalizzazione; e la logistica, che sarà influenzata dalla capacità di produrre in loco e su richiesta.

Evoluzione dei sistemi di produzione. Lo sviluppo tecnologico dei sistemi di produzione additiva è il fattore essenziale per la loro diffusione su larga scala e quindi per il raggiungimento dell'impatto previsto. In questo senso si possono individuare quattro aspetti principali:

- Automazione dei processi: attualmente le attività produttive dipendono fortemente dall'intervento umano, soprattutto per la messa a punto e il ripristino delle apparecchiature. Ciò comporta discontinuità della produzione e lunghi periodi di inattività, con evidenti ripercussioni sulla produttività. Un'ulteriore conseguenza è tuttavia anche un minore controllo del ciclo produttivo, con l'implicazione di rischi per la sicurezza dovuti alla manipolazione di materiali potenzialmente pericolosi. La diffusione su larga scala della produzione additiva non è quindi possibile senza lo sviluppo di sistemi di produzione automatizzati in grado di gestire efficacemente tutte le fasi del flusso produttivo e di assicurare la continuità della produzione anche al di fuori dei turni di lavoro [47].
- Sistemi avanzati di monitoraggio e controllo: il peggior nemico della produttività è lo spreco. Nella produzione additiva la parte in crescita spesso non è visibile perché immersa nella materia prima o perché il processo avviene al di fuori del turno di lavoro. Tuttavia, la produzione di componenti singoli o personalizzati non è compatibile con i metodi tradizionali di controllo e certificazione della qualità. Ciò promuoverà nei prossimi anni lo sviluppo di sistemi di monitoraggio che consentano la supervisione in tempo reale dei processi per individuare immediatamente i difetti di produzione. Dall'altro lato, saranno necessari sistemi di controllo avanzati per consentire un intervento attivo, quando possibile [48].
- Aumento della produttività: questo aspetto influisce non solo sui costi di produzione, ma anche sulla possibilità stessa di creare modelli organizzativi innovativi basati sulla produzione in loco e su richiesta. Allo stesso tempo, una maggiore produttività può anche ridurre la complessità della gestione della produzione. Ne consegue che nei prossimi anni saranno utilizzate risorse considerevoli per sviluppare sistemi più produttivi sia in relazione alla fase attiva che a quella passiva [49].
- Riduzione dei costi: questo fattore è essenziale per la diffusione della produzione additiva nei settori tradizionali, che costituiscono il mercato più grande. Questo obiettivo verrà perseguito aumentando la produttività e l'automazione dei sistemi. Sarà tuttavia favorito anche dall'ammortamento dei costi di ricerca e sviluppo sostenuti negli ultimi anni e dall'aumento delle vendite di macchine stesse.
- Aumento delle dimensioni dei componenti: una delle limitazioni delle macchine moderne è la dimensione dei componenti realizzabili, che impedisce l'accesso ad alcuni settori industriali. I sistemi di nuova generazione dovranno essere adatti per la produzione di componenti più grandi. Tuttavia, ciò non può essere ottenuto senza aumentare la produttività e superare importanti limiti fisici.

Convergenza di AM e AI. L'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico sono strumenti ideali per risolvere problemi complessi, mentre la produzione additiva paga proprio con la complessità i vantaggi forniti nella produzione. È possibile utilizzare l'AI e l'apprendimento automatico nella progettazione dei componenti per ottimizzare la funzionalità e la fattibilità delle forme, nella progettazione dei processi, nello sviluppo dei materiali, nell'ottimizzazione dei parametri di processo, nel monitoraggio e controllo dei processi e nella pianificazione e controllo della produzione.

4.7.1.1 Specificità dei trend dell'Additive Manufacturing nell'industria automobilistica



Figura 33 Future applicazioni dell'AM nel settore automobilistico [50]

Nei prossimi anni, la produzione additiva diventerà sempre più importante per l'industria automobilistica, sia nel settore dei consumatori che in quello delle corse sportive. Questi processi possono essere inseriti in molteplici aspetti dell'attività industriale, dalla progettazione alla produzione, dall'assemblaggio alla manutenzione e alla riparazione. Inoltre, come illustrato nella Figura 35, la diversificazione dei processi e dei materiali favorirà l'emergere di più applicazioni [50].

La produzione additiva è già ampiamente utilizzata nell'industria automobilistica grazie alla sua capacità di creare componenti più leggeri e più performanti. Infatti, questi processi consentono di generare facilmente geometrie complesse, che favoriscono la funzionalità e la riduzione di massa, e di lavorare materiali ad alte prestazioni che sarebbero difficili da lavorare in qualsiasi altro modo. Dal punto di vista del prodotto, ciò migliora l'efficienza dei veicoli, aumenta le prestazioni e la qualità percepite dal cliente, aumenta la sicurezza dei passeggeri, prolunga il ciclo di vita del prodotto, semplifica lo smaltimento e riduce l'impatto ambientale. Dal punto di vista della produzione, ciò può ridurre il costo dei componenti, semplificare e snellire l'assemblaggio dei veicoli e consente di preparare attrezzature di ausilio alla produzione efficaci.

Le evoluzioni funzionali sono poi accompagnate da rivoluzioni tecnologiche. I diversi componenti dei veicoli moderni potrebbero essere radicalmente trasformati attraverso la libertà di progettazione e l'uso di materiali innovativi. Tra tutti i possibili sviluppi tecnologici, quelli relativi all'apparato propulsore sono i più desiderati e i più plausibili. Ciò non solo in vista della transizione elettrica, che potrebbe essere facilitata dalla produzione additiva grazie alla maggiore efficienza dei veicoli e alle possibili innovazioni promosse nei sistemi di accumulo e recupero di energia [51], ma anche in relazione a tecnologie che oggi vengono trascurate. Studi scientifici hanno dimostrato, ad esempio, che l'idrogeno presenta vantaggi superiori rispetto alle batterie [52], specialmente in certe applicazioni come il trasporto per impieghi pesanti; in questo ambito la produzione additiva consente di migliorare significativamente i sistemi di stoccaggio dell'idrogeno per applicazioni nel settore della mobilità [53].

Un'altra opportunità offerta dalla produzione additiva riguarda la personalizzazione di massa. Grazie alla flessibilità dei processi è possibile realizzare componenti funzionali o estetici secondo le specifiche del cliente. La stessa flessibilità può però essere utilizzata anche per la produzione e la riparazione di ricambi. In realtà, la produzione additiva permette di personalizzare i veicoli attraverso parti di ricambio personalizzate; di rinnovare i veicoli d'epoca attraverso il reverse engineering dei componenti fuori produzione; di ridurre i costi industriali per garantire il diritto alla riparazione, poiché le parti di ricambio possono essere prodotte senza mantenere in funzione linee di produzione inefficienti e sottoutilizzate; e di riparare i componenti danneggiati, con un conseguente risparmio per il consumatore e un minore impatto ambientale [54]. Allo stesso tempo, la produzione additiva può facilitare la trasformazione digitale dei sistemi di produzione nell'industria automobilistica e dei veicoli stessi, che possono beneficiare dell'integrazione di sensori direttamente nei componenti [55].

Infine, la produzione additiva accelererà lo sviluppo del prodotto e ridurrà il time-to-market, semplificando la produzione di campioni e prototipi per la ricerca e lo sviluppo e, potenzialmente, anche di parti finite. Questo aspetto è particolarmente rilevante nel campo delle corse.

4.7.1.2 Specificità dei trend dell'Additive Manufacturing nell'industria nautica

Il ruolo della produzione additiva nell'industria nautica segue da vicino quello dell'industria automobilistica descritto nel paragrafo precedente, sebbene vi siano alcuni elementi specifici molto importanti. Anche il settore nautico può infatti beneficiare della possibilità di creare geometrie complesse e di lavorare materiali speciali per ottenere prodotti più efficienti, di alta qualità, sicuri e duraturi con un minore impatto ambientale. In questo caso, però, la flessibilità geometrica e la lavorabilità di materiali innovativi e ad alte prestazioni possono essere sfruttate per ridurre non solo il peso, ma anche le dimensioni dei componenti, aspetto rilevante nel settore navale. In secondo luogo, l'ambiente marittimo è estremamente aggressivo e può causare la corrosione dei metalli, la degradazione dei materiali compositi mediante osmosi e idrolisi, l'erosione e l'imbrattamento da parte di microrganismi, piante o animali che compromettono l'efficienza delle imbarcazioni [56].

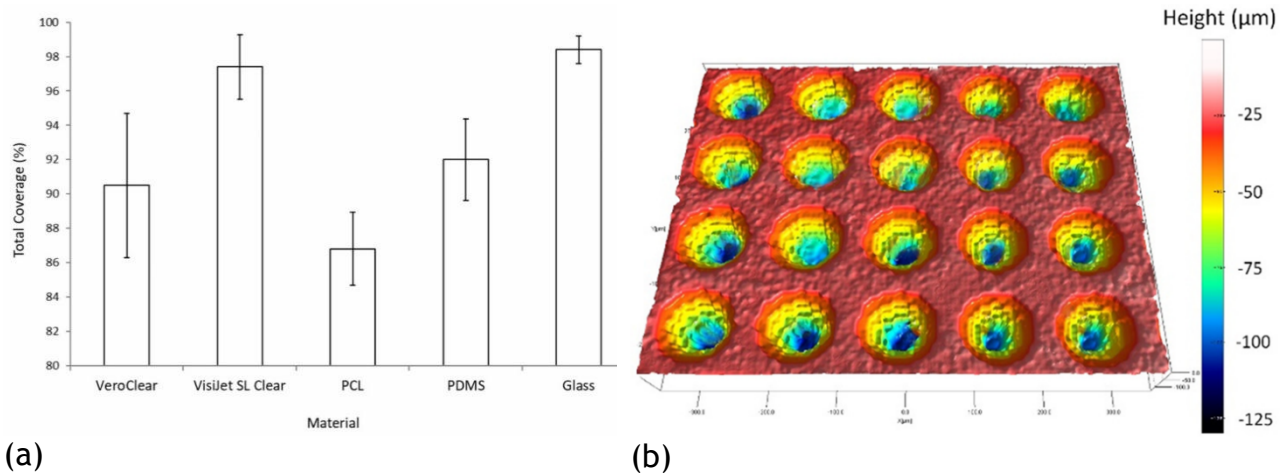


Figura 34 a) Copertura di bioincrostazione di materiali stampati 3D

rispetto al polidimetilsilossano (PDMS, usato in molti studi sperimentali di bioincrostazione) e al vetro [57];
 b) struttura superficiale ingegnerizzata [58]

Come rappresentato nella Figura 36, la produzione additiva consente la lavorazione di materiali meno sensibili e la produzione di componenti, prevenendo il verificarsi dei problemi sopra menzionati [59] [57]. Infine, la produzione additiva consente la deposizione del materiale secondo schemi complessi che danno luogo a strutture superficiali controllate [58] che possono migliorare la presa, cosa particolarmente importante in campo nautico.

Allo stesso tempo, la produzione additiva è uno strumento utile per ridurre i costi di alcuni componenti e per preparare efficaci attrezzature di ausilio alla produzione e all'assemblaggio; consente lo sviluppo tecnologico in molti settori, in particolare nei sistemi di accumulo e recupero dell'energia elettrica [51], nello stoccaggio dell'idrogeno [53] e in altre applicazioni riguardanti i motopropulsori; promuove la personalizzazione di massa attraverso la creazione di componenti funzionali o estetici basate sulle specifiche del cliente; incoraggia la produzione in loco; consente il rinnovamento di veicoli d'epoca attraverso la produzione diretta o la reverse engineering di componenti fuori produzione; e permette la riparazione di componenti danneggiati, fornendo così notevoli vantaggi in termini di sostenibilità economica e ambientale. Ciò è particolarmente interessante nel settore navale in quanto implica anche che in molti casi la produzione di parti di ricambio e riparazioni potrebbe essere effettuata direttamente a bordo, evitando così la necessità di avere tutte le parti di ricambio possibili a bordo e ottenendo enormi vantaggi in termini di logistica, pianificazione, consumo energetico e costi.

Infine, la produzione additiva favorisce nuovamente la trasformazione digitale dei sistemi di produzione e dei prodotti, facilita la ricerca e lo sviluppo e semplifica l'industrializzazione.

4.7.1.3 Specificità dei trend dell'Additive Manufacturing nell'industria aerospaziale

L'industria aerospaziale è certamente uno dei settori più importanti per la produzione additiva. In questo caso, i lotti di produzione sono più piccoli e gli sviluppi funzionali portano vantaggi eccezionali. La possibilità di realizzare geometrie complesse e l'utilizzo di materiali speciali per la realizzazione di componenti efficienti, leggeri e sottili porta, infatti, ad un enorme risparmio sui costi di esercizio dei prodotti. Inoltre, la produzione di componenti più durevoli e affidabili, il consolidamento dei componenti e la creazione di componenti intelligenti tramite l'integrazione di sensori possono ridurre significativamente le costose attività di manutenzione [60]. Le applicazioni possibili includono anche, ma non solo, strutture e staffe, componenti statici e dinamici del motore, scambiatori di calore, apparecchiature elettroniche, componenti a razzo a combustibile liquido, superfici con strutture ingegnerizzate per l'efficienza aerodinamica ed elementi isolanti ottenuti utilizzando materiali speciali e strutture ottimizzate (Fig. 37).

Dall'altro lato, anche nel settore aerospaziale la produzione additiva favorisce la riduzione dei costi di produzione, soprattutto nei casi di piccoli lotti di produzione; facilita la preparazione di attrezzature di ausilio efficaci per la produzione e l'assemblaggio; favorisce la trasformazione digitale dei sistemi di produzione e dei prodotti; accelera e supporta lo sviluppo tecnologico in molteplici aree; consente la produzione in loco; e permette la riparazione di componenti danneggiati, con notevoli benefici in termini di sostenibilità economica e ambientale. Allo stesso tempo ciò rappresenta un elemento decisivo per la moderna esplorazione dello spazio, in quanto la produzione di componenti e le riparazioni possono essere effettuate a bordo dei veicoli o in basi spaziali opportunamente attrezzate, ottenendo così enormi vantaggi in termini di logistica, pianificazione, consumo energetico e costi.

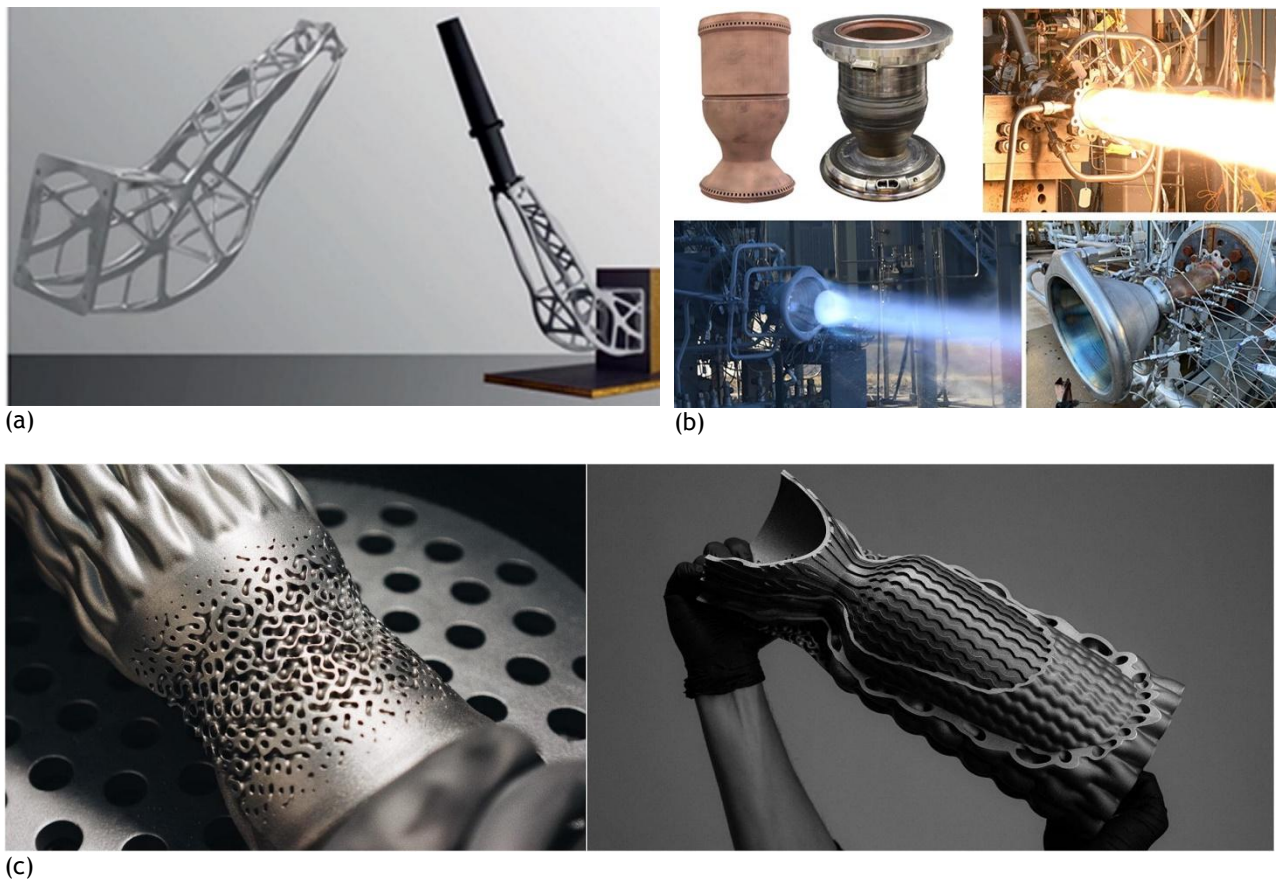


Figura 35 a) Esempi di gruppi di camere di spinta completamente AM testati a caldo presso NASA MSFC

tra cui iniettori, camere di combustione e ugelli raffreddati a canali; b) staffa ottimizzata per l'antenna per Sentinel-1C e Sentinel-1D; c) prototipo di ugello per razzi Hyperganic con canali di raffreddamento interni e un reticolo esterno

Tuttavia, l'industria aerospaziale è anche la più critica tra gli ambiti considerati nel presente lavoro, in quanto le conseguenze di eventuali fallimenti sono molto gravi. Di conseguenza, sebbene le opportunità tecniche e commerciali offerte dalla produzione additiva siano innegabili, l'applicazione di queste tecnologie nel settore aerospaziale richiede la definizione di standard robusti e di processi di certificazione affidabili. A questo proposito, le sfide principali riguardano la conoscenza approfondita dei processi, la caratterizzazione dettagliata dei materiali e la comprensione dei meccanismi di rottura [60].

4.7.1.4 Specificità dei trend dell'Additive Manufacturing nel settore della soft mobility

La produzione additiva può apportare i suoi benefici anche nel settore della soft mobility che, come gli altri, può trarre vantaggio dalle caratteristiche particolari dei prodotti. La creazione di componenti leggeri e l'utilizzo di materiali innovativi si traducono in una maggiore usabilità dei veicoli, in una qualità percepita, in sicurezza per l'utente, in una maggiore durata del prodotto e in una sostenibilità ambientale in tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto. Tuttavia, come illustrato nella Figura 38, i vantaggi ottenibili sono fortemente specifici per ciascun caso e comunque dipendono dal progetto ottimale del componente [61].

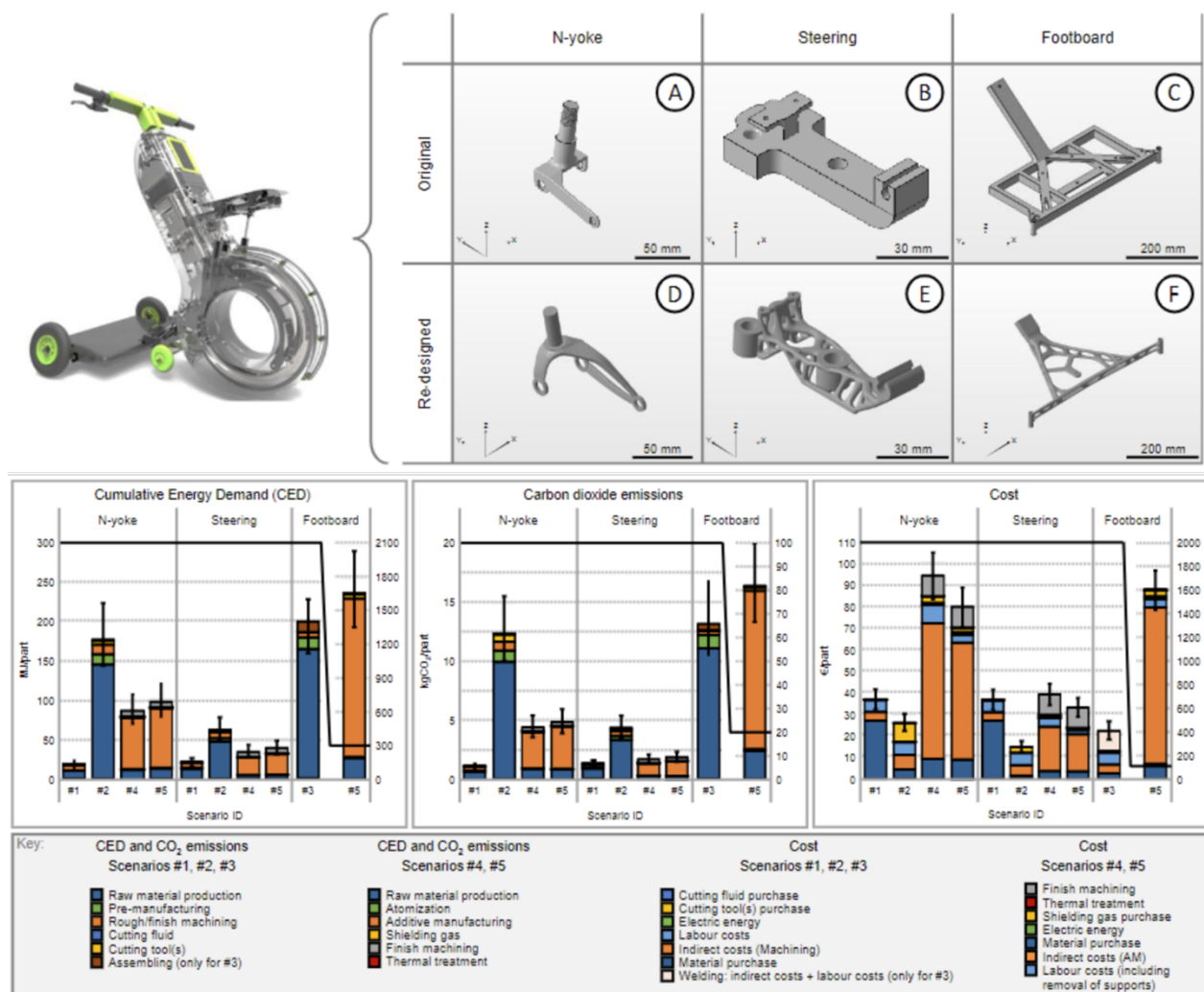


Figura 36 Domanda cumulativa di energia, emissioni di biossido di carbonio

e costo per la produzione di diverse parti di un veicolo urbano utilizzando processi tradizionali (scenari 1, 2 e 3) e processi di produzione additiva (scenari 4 e 5)

Allo stesso tempo, la produzione additiva può contribuire a ridurre i costi di produzione e ad innovare il processo produttivo semplificando la preparazione delle attrezzature ausiliarie per la produzione e l'assemblaggio.

Un'altra area di mobilità dolce in cui la produzione additiva può apportare vantaggi è la produzione di sistemi efficienti e compatti di recupero e stoccaggio dell'energia per i veicoli servoassistiti [51]. Questo aspetto è già stato discusso nei paragrafi precedenti, ma i risultati attesi sono di particolare interesse per la mobilità dolce, che richiede compattezza, leggerezza e soprattutto un buon rapporto costo-efficacia della produzione.

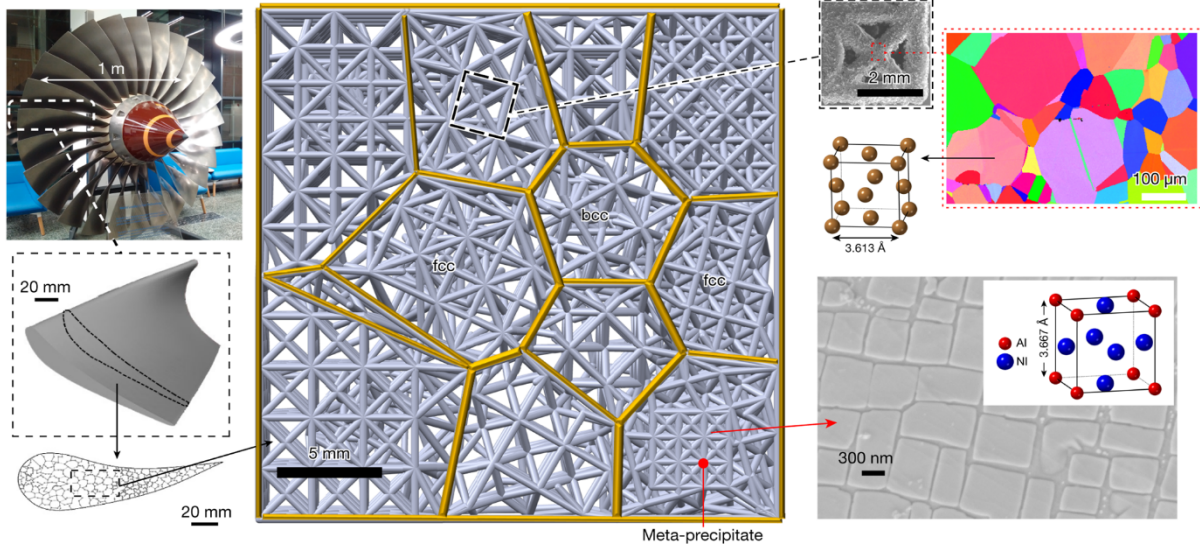
Anche il tema della personalizzazione di massa assume una particolare rilevanza nel settore della mobilità dolce. Infatti, la possibilità di personalizzare il veicolo e di modificarlo nel tempo può rappresentare una caratteristica molto attraente per i consumatori, che possono essere portati ad attribuire a questi prodotti un significato sociale e culturale e quindi a percepirla come elementi rappresentativi della propria immagine di sé. Dall'altro lato la produzione additiva riduce i costi industriali per garantire il diritto alla riparazione, favorisce lo sviluppo di un mercato competitivo per le parti di ricambio e consente la riparazione dei componenti danneggiati, aumentando così la sostenibilità [54]. In questo senso, vale la pena di ricordare che la produzione additiva consente anche l'autoproduzione, cioè la produzione di componenti direttamente da parte dell'utilizzatore [62]. In realtà, l'attrezzatura semplice ed economica oggi consente la produzione di componenti di discreta qualità. Ciò consente al consumatore di produrre autonomamente le parti di ricambio acquistando il modello dal produttore originale o da terzi, oppure modellandolo autonomamente. Infine, anche nel settore della mobilità dolce la produzione additiva facilita la trasformazione digitale dei sistemi di produzione e dei prodotti.

4.7.2 Competenze e conoscenze necessarie per implementare e utilizzare con successo la produzione additiva nell'industria manifatturiera

La diffusione della produzione additiva comporta la necessità di una nuova “classe media intelligente” composta da lavoratori con competenze professionali medio-alte, in grado di rispondere alle nuove esigenze del sistema manifatturiero e di supportare la transizione tecnologica. L'autonomia intrinseca di questi processi produttivi e il crescente livello di automazione porteranno ad una riduzione del fabbisogno di operatori di macchine tradizionali e ad un aumento del fabbisogno di tecnici con competenze medio-alte, che dovranno gestire la complessità della produzione attraverso l'uso di strumenti e dispositivi avanzati (Fig. 39). Più in dettaglio, e in relazione a funzioni specifiche, si possono prevedere i seguenti scenari:

- **Progettista:** i progettisti dovranno comprendere a fondo i principi di funzionamento dei prodotti per ottimizzare le forme e utilizzare strumenti di modellazione avanzati per generarle. Ciò implica la capacità di modellare non solo con il CAD, ma anche con algoritmi analitici, generativi e basati su punti. [63].

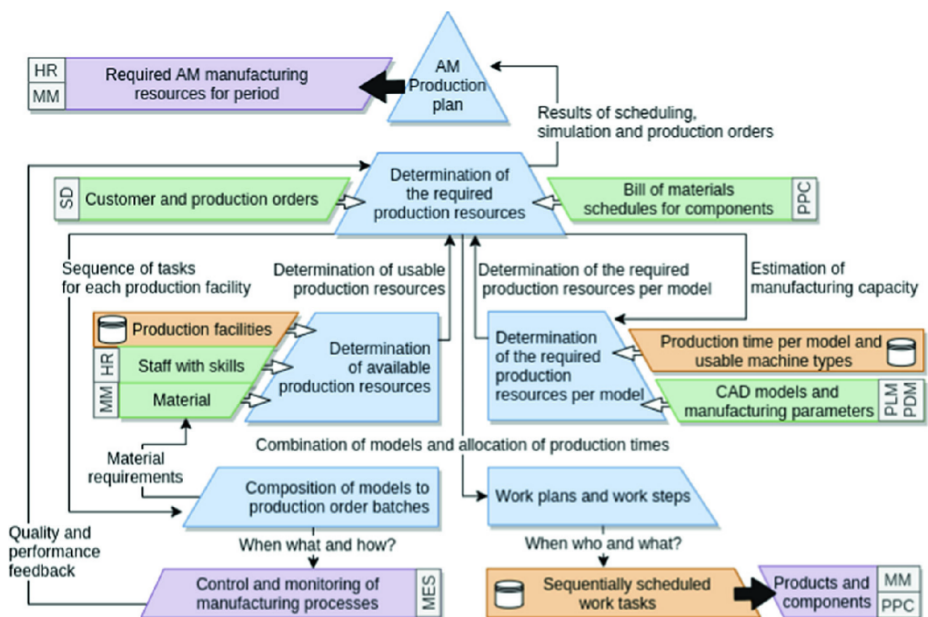
- **Tecnologo:** i tecnologi dovranno comprendere la fisica dei processi e utilizzare strumenti avanzati per ottimizzarli. Gli esempi includono algoritmi di ottimizzazione multi-obiettivo per determinare le strategie di produzione, la simulazione numerica, l'intelligenza artificiale e le tecniche di apprendimento automatico. Tuttavia, il tecnologo avrà anche il compito di controllare l'attività produttiva attraverso la scelta, l'implementazione e la gestione di sistemi di monitoraggio e controllo, che richiedono competenze avanzate in materia di automazione e analisi dei segnali [64].
- **Manager:** i manager dovranno sviluppare e applicare nuovi modelli organizzativi e gestire i flussi di lavoro secondo logiche innovative e complesse, che richiedono ancora una volta l'uso di strumenti analitici avanzati. Questa rivoluzione è indissolubilmente legata alla digitalizzazione e all'utilizzo efficace dei dati di produzione specifici [65].



(a)



(b)



(c)

Figura 37 a) Materiali progettati per essere leggeri e tolleranti ai danni ispirati alla microstruttura dei cristalli [63]
 b) struttura di supporto ottimizzata generata da algoritmo genetico [64]; c) esempio di architettura per un sistema di pianificazione e controllo della produzione AM con pianificazione dinamica e componenti in rete [65]

4.8 Tecnologie energetiche

La tecnologia energetica è una scienza interdisciplinare che si occupa dell'estrazione, della conversione, del trasporto, dell'immagazzinamento e dell'utilizzo dell'energia in modo efficiente, sicuro, ecologico ed economico, con l'obiettivo di produrre un'elevata efficienza evitando gli effetti collaterali per l'uomo, la natura e l'ambiente [66]. Le tecnologie che avranno il maggiore impatto sulla trasformazione del mercato energetico sono le seguenti [67]:

- **Solare**
Combinando la perovskite e le celle solari convenzionali al silicio, i ricercatori hanno raggiunto efficienze di conversione fino al 29,1% (superando il record del 27% delle celle tradizionali al silicio). Anche se tali celle solari tandem non sono ancora completamente commercializzate, stiamo facendo un ulteriore passo avanti verso l'energia verde sostenibile [68]. Un'altra tendenza in crescita è quella del fotovoltaico galleggiante. Come suggerisce il nome, i pannelli solari sono montati su una struttura che galleggia su un corpo idrico, il cui vantaggio principale è quello di non comportare l'occupazione del suolo [69].
- **Eolico**
Le dimensioni delle turbine continueranno a crescere e l'eolico in mare aperto fornirà nuove regioni per lo sviluppo. La sostenibilità sarà un obiettivo chiave mentre il settore esplora come riciclare le pale mediante soluzioni sostenibili [70].
- **Stoccaggio**
Per integrare la crescita della produzione di energia solare ed eolica, e per compensare le fluttuazioni di potenza nelle reti energetiche, si stanno costruendo in tutto il mondo nuovi impianti di stoccaggio di grandi batterie [71].
- **Digitalizzazione**
La necessità di sviluppare infrastrutture adeguate è fondamentale per creare una rete resiliente, flessibile e sostenibile. Ma se desideriamo realizzare il sogno di città intelligenti e pulite, abbiamo bisogno di sistemi di protezione, controllo, automazione e comunicazione più efficaci per gestire non solo la rete stessa, ma anche tutti i molteplici dispositivi ad essa collegati [67].
- **AI**
Man mano che la rete diventa più intelligente aumenterà la domanda di soluzioni AI per gestire la complessità delle operazioni. Ciò consentirà operazioni più ecologiche nell'implementazione della manutenzione predittiva degli impianti solari ed eolici. L'AI potrebbe anche avere un ruolo significativo nel mercato energetico aziendale, consentendo alle aziende di ridurre il consumo energetico e persino di sostenere una diminuzione delle emissioni attraverso la gestione di una rete dinamica di fonti energetiche. Questo potrebbe sostenere non solo la gestione intelligente dei costi, ma anche il profilo di carbonio delle fonti energetiche [67].

- **Idrogeno**

L'industria dell'idrogeno ha attraversato molti cicli di popolarità, ma molti osservatori ritengono che questa volta sia diversa e si aspettano di vedere un cambiamento significativo. L'idrogeno verde è definito come idrogeno prodotto dalla scissione dell'acqua in idrogeno e ossigeno utilizzando energia elettrica rinnovabile, il che lo rende una fonte di energia rinnovabile. È considerato un modo cruciale per accelerare gli sforzi di decarbonizzazione, in particolare per i settori difficili da abbattere in cui l'elettrificazione non è praticabile (ad esempio industria pesante, chimica e trasporti) [72].

- **Cattura e stoccaggio del carbonio**

La cattura e lo stoccaggio del carbonio è il processo di cattura e stoccaggio del biossido di carbonio (CO₂) prima che venga rilasciato nell'atmosfera. La tecnologia è in grado di catturare fino al 90% della CO₂ rilasciata dalla combustione di combustibili fossili durante la produzione di energia elettrica e nei processi industriali (ad alta intensità di emissioni sono soprattutto le industrie dell'acciaio e del cemento). La quantità attuale di CO₂ catturata e stoccata annualmente, pari a circa 40 megatoni (equivalenti a circa lo 0,1% delle nostre emissioni attuali), dovrà essere aumentata di almeno 100 volte entro il 2050 per soddisfare gli scenari delineati dal Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC).

4.9 Nuovi materiali

La tecnologia dei materiali è una disciplina in continua evoluzione e i nuovi materiali o le loro combinazioni con proprietà interessanti portano a nuove applicazioni. I trend spaziano dalle soluzioni per la sostenibilità, l'alleggerimento, la produzione additiva e l'ingegneria delle superfici allo sviluppo di materiali intelligenti, nano-formulazioni e compositi avanzati con caratteristiche potenziate e proprietà fisiche migliorate quali ad esempio plastiche biodegradabili, tessuti termoregolatori o display flessibili. La produzione additiva, i compositi avanzati e i materiali 2D portano inoltre allo sviluppo di diversi materiali leggeri. Insieme all'informatica e alla gestione dei materiali, l'ingegneria delle superfici ha un impatto su diversi settori, da quello energetico, automobilistico ed edilizio a quello biotecnologico, sanitario e tessile [73].

- **Materiali sostenibili**

L'immenso volume di rifiuti generati durante l'uso e la produzione di materiali costringe i governi a redigere diverse normative ambientali. Praticamente tutti i settori devono affrontare una serie di sfide per riorganizzare i loro processi interni dal punto di vista del ciclo di vita dei materiali. Le aziende del settore edilizio, di quello automobilistico, di quello degli imballaggi e di quello manifatturiero stanno integrando nei loro processi materiali sostenibili e fonti di energia rinnovabile, con l'obiettivo di ridurre l'onere dei rifiuti sul pianeta. I materiali sostenibili forniscono anche un impulso ai sistemi circolari e consentono l'attuazione di un'economia circolare.

- **Materiali reattivi e intelligenti**

Per soddisfare i requisiti di alcuni casi di impiego industriale, i nuovi materiali attualmente in sviluppo possiedono caratteristiche specifiche per l'applicazione. I progressi nella scienza dei materiali consentono di creare materiali intelligenti con proprietà programmabili in modo che si comportino o rispondano a stimoli provenienti da fattori esterni. Le aziende emergenti lavorano per progettare materiali e prodotti con diverse caratteristiche quali, fra le altre, il termocromismo, elettrocromismo e fotocromismo, la piezoelettricità, la memoria di forma, l'autoriparazione e gli attributi di cambiamento di fase.

- **Nanotecnologia**

I progressi della nanotecnologia dimostrano che le caratteristiche dei materiali su scala nanometrica si distinguono da quelle dei loro equivalenti in massa. L'aumento di nanofibre, nanotubi, allotropi, punti di quantum e altre nanostrutture è vantaggioso per le prestazioni dei prodotti industriali, mantenute a livello atomico. Sfruttando la potenza delle nanoparticelle, le aziende moderne si assicurano un vantaggio competitivo, in particolare nei settori dell'elettronica, dell'energia, della mobilità e della produzione.

- **Materiali della produzione additiva**

Gli impianti di produzione additiva emergenti si sforzano di evolvere oltre i tradizionali materiali termoplastici e di applicare materiali che offrono maggiore flessibilità, personalizzazione e funzionalità, producendo al contempo meno rifiuti. Il progresso delle tecnologie di stampa 3D stimola la modernizzazione dei metalli, delle leghe, della ceramica, delle fibre e dei loro composti. Inoltre, favorisce la comparsa di filamenti polimerici completamente nuovi e durevoli che presentano, fra le altre proprietà, una conduttività, una fusione e una resistenza ai raggi ultravioletti migliorate.

- **Alleggerimento**

Diversi settori, da quello aerospaziale a quello della mobilità, sono alla ricerca di modi innovativi per ridurre il peso in eccesso e, di conseguenza, garantire un'efficienza e una gestione del carburante di livello superiore. Questo favorisce la ricerca su materiali come alluminio, magnesio e titanio, nonché su materie plastiche ad alta resistenza e fibra di carbonio. Questi materiali offrono alle industrie l'opzione di ridurre gli impatti ambientali e operativi derivanti dalle parti più pesanti.

- **Informatica dei materiali**

Le grandi aziende oggi utilizzano un approccio ai materiali basato sui dati e potenziato dai principi dell'informatica, delle tecniche computazionali, nonché da ML e AI. Ciò consente loro di organizzare e modellare i dati dei materiali in modo meticoloso e di accelerare i tempi di ricerca e sviluppo, risparmiando risorse sulle pratiche che in precedenza richiedevano molto tempo e lavoro.

- **Compositi avanzati**

Il rapido aumento del numero di applicazioni industriali comporta anche lo sviluppo di una varietà di materiali compositi o ibridi. Al fine di migliorare le prestazioni e la conformità normativa, di ridurre i costi e di incorporare le preferenze dei clienti, le aziende emergenti intendono innovare

nel campo delle resine, delle fibre, dei substrati, delle matrici e delle finiture per creare compositi personalizzati. Queste soluzioni forniscono applicazioni avanzate e specifiche per l'utente, principalmente per i mercati delle infrastrutture, dell'energia, dell'Industria 4.0 e della mobilità.

- **Grafene e materiali 2D**

Le innovazioni nel campo della nanotecnologia consentono alle aziende che operano nell'ambito della scienza dei materiali di configurare percorsi per materiali 2D o a strato singolo. I materiali 2D, dotati di conduttività termica e resistenza meccanica intrinseche, offrono alle applicazioni industriali funzionalità avanzate. Tuttavia, la maggior parte dei materiali 2D, come il germanene, il silicene, lo stanene e il fosforene, sono ancora in fase di sviluppo, ad eccezione del grafene. Il grafene, essendo il primo materiale 2D commercializzato con successo, migliora la resistenza alla trazione, la resistenza intra-foglio, la durabilità superficiale, la mobilità elettronica, la flessibilità e la resistenza termica in una moltitudine di mercati commerciali. Questi settori comprendono display elettronici, supercondensatori, automobili, vernici per edilizia e produzione di plastica.

- **Gestione dei materiali 4.0**

L'Industria 4.0 sta cambiando il volto delle catene del valore della produzione favorendo l'implementazione delle sue prassi nella gestione, nella manipolazione e nella lavorazione dei materiali. Il settore dei materiali viene rapidamente digitalizzato e interconnesso, spaziando dall'estrazione autonoma alla produzione automatizzata avanzata, fino alle manipolazioni robotizzate e al cloud computing. Di conseguenza, lo sviluppo di nuovi materiali avviene parallelamente al loro adattamento industriale attraverso la quarta generazione di tecnologie industriali.

4.10 Tecnologie per la mobilità

La mobilità include tecnologie e servizi che consentono alle persone e ai beni di muoversi più liberamente. L'urbanizzazione, l'economia della condivisione, i servizi su richiesta e l'aumento dell'impiego di tecnologie mobili e IoT da parte della popolazione generale hanno un forte impatto sulle tendenze dell'industria della mobilità [73]:

- **Mobilità autonoma**
La tecnologia della guida autonoma è sempre stata una delle aree più promettenti dell'industria della mobilità e continua a crescere. Questa tendenza verso una mobilità di eccellenza utilizza algoritmi di AI completi per ridurre al minimo la negligenza umana e gli errori durante la guida, al fine di rendere le strade più sicure.
- **Internet of Things**
I veicoli scambiano dati con un hub centrale, e li scambiano tra loro, tramite comunicazioni cellulari, WiFi e satellitari. La connettività IoT consente un facile monitoraggio dei dati veicolari per svariati casi d'uso quali l'assicurazione, la sicurezza del conducente, la manutenzione predittiva e la gestione del parco veicoli. La condivisione dei dati veicolari non solo è di supporto ai singoli clienti, ma contribuisce anche a ristrutturare l'intero ecosistema della mobilità.
- **Mobilità elettrica**
Per accelerare la crescita dell'e-mobility ed incentivare la mobilità sostenibile, è necessario promuovere i progressi nelle soluzioni di trasmissione elettrica, nella ricarica e nelle infrastrutture di EV, nonché nell'analisi dei dati e nella sicurezza. Nonostante i numerosi vantaggi dei veicoli elettrici per l'ambiente, rimangono ancora molti ostacoli per la loro adozione. Le startup a livello globale stanno sviluppando soluzioni per consentire l'adozione diffusa di EV fornendo batterie efficienti e infrastrutture di ricarica. Allo stesso tempo, le aziende emergenti producono veicoli elettrici di tutte le dimensioni per snellire il settore della logistica e ridurre le emissioni nocive.
- **Mobilità come servizio**
L'integrazione di diverse modalità di trasporto in un unico servizio di mobilità presenta un approccio alla mobilità incentrato sull'utente. La Mobility-as-a-Service (MaaS) offre servizi a valore aggiunto tramite l'utilizzo di un'unica applicazione per adottare e mantenere un approccio incentrato sull'utente. I clienti utilizzano un unico canale di pagamento invece di eseguire più operazioni di biglietteria e pagamento; in questo modo la pianificazione risulta più comoda ed efficiente. La MaaS introduce inoltre nuovi modelli aziendali per gestire diverse opzioni di trasporto, ridurre la congestione ed eliminare i vincoli di capacità. Tra i molteplici vantaggi offerti dalla MaaS, la pianificazione semplificata dei percorsi e i pagamenti semplificati sono i fattori chiave che la rendono una tendenza emergente nel campo della mobilità.
- **Micromobilità**
La micromobilità sta gradualmente guadagnando popolarità in tutto il mondo per la sua convenienza e i suoi benefici ambientali. Si tratta di uno strumento potente per contrastare il problema delle

emissioni di gas serra dei veicoli e aumentare l'accesso a mezzi di trasporto economici. Le soluzioni di micromobilità sono inoltre efficienti dal punto di vista dei consumi e non utilizzano energia a base di combustibili fossili. Le biciclette, tradizionalmente utilizzate per i viaggi in città, aiutano a risolvere anche le problematiche legate al primo e all'ultimo chilometro di viaggio e alla consegna. Ma le e-bike, essendo leggere e più veloci delle biciclette, stanno convincendo sempre più cittadini a passare ad una modalità più comoda per gli spostamenti quotidiani.

- **Intelligenza artificiale**

L'intelligenza artificiale sta diventando sempre più funzionale ed applicabile in virtù del perfezionamento degli algoritmi di apprendimento automatico. L'AI crea nuove applicazioni nell'industria della mobilità grazie all'automazione robotica e all'analisi avanzata dei dati. In particolare, l'AI è la base per la guida autonoma di livello 4 e 5, il riconoscimento delle immagini, la manutenzione predittiva e le esperienze a bordo del veicolo. Queste soluzioni conducono le auto a guida autonoma, gestiscono le flotte, aiutano i conducenti ad aumentare la sicurezza e migliorano i servizi quali ad esempio l'ispezione dei veicoli o l'assicurazione. L'AI trova anche applicazione nella produzione automobilistica, dove accelera il ritmo di produzione e contribuisce a ridurre i costi.

- **Infrastrutture intelligenti**

Le infrastrutture intelligenti sono ampiamente riconosciute come la base per la costruzione di città intelligenti. Questo campo si estende non solo alle strade intelligenti, al parcheggio automatizzato e all'IoT, ma anche a tutti i vari segnali e cartelli ubicati lungo le strade che forniscono informazioni ai conducenti e agli AV. I sistemi di guida basati sull'AI utilizzano un'ampia gamma di sensori avanzati per comprendere il proprio ambiente e prendere decisioni basate sui dati.

- **Big data e analisi**

Il settore della mobilità genera continuamente una quantità significativa di dati. La raccolta, la comprensione e la generazione di informazioni approfondite sulla base di questi dati non strutturati sono fondamentali per avere successo nell'industria della mobilità che è in rapida evoluzione.

- **Realtà aumentata e virtuale**

Una grande sfida per l'industria della mobilità è rappresentata dalla riduzione degli incidenti stradali dovuti alla negligenza umana. Le startup stanno sviluppando soluzioni di AR per limitare il numero di distrazioni per il conducente. Ad esempio, i visori a sovrapposizione (HUD) limitano l'attenzione dei conducenti dal cruscotto al parabrezza, fornendo le informazioni richieste su quest'ultimo. Le applicazioni basate sull'AR consentono inoltre alle aziende automobilistiche di fornire simulazioni quando i clienti o le auto non sono presenti in uno showroom. Queste applicazioni migliorano l'esperienza dei clienti consentendo ai proprietari di automobili di ispezionare a distanza le loro auto.

- **Produzione additiva**

La produzione additiva con materiali diversi consente di progettare componenti e parti di ricambio versatili. Questi includono materiali che possiedono svariate proprietà come l'elasticità, la conduttività e la resistenza al calore, che possono tutte essere applicate al settore automobilistico.

Le aziende automobilistiche utilizzano la prototipazione di componenti o progetti su larga scala per molteplici scopi, tra cui i test di forme e sagome. La stampa 3D di tali prototipi comporta costi notevolmente inferiori rispetto alla produzione effettiva del progetto. Ciò apre nuove opportunità alle startup per testare nuove combinazioni di materiali con iterazioni multiple a basso costo, consentendo così una rapida prototipazione.

4.11 Potenziamento umano

Il potenziamento umano può essere descritto come l'alterazione naturale, artificiale o tecnologica del corpo umano al fine di migliorare, potenziare e/o modificare le capacità fisiche o mentali umane. Esempi di prodotti in questo campo sono gli smartwatch, i display montati sulla testa, gli indumenti intelligenti, i “fitness tracker”, le telecamere indossate sul corpo, gli esoscheletri, i dispositivi medici, le etichette RFID incorporate nel corpo umano, ecc. [74]

La tecnologia futura si occupa fondamentalmente delle linee di sfocatura tra gli esseri umani e il loro progresso tecnologico. Nei prossimi anni, la tecnologia dominerà il luogo di lavoro con un utilizzo sempre più diffuso dell'intelligenza computazionale e degli assistenti intelligenti, mentre l'uso della realtà aumentata e virtuale continuerà ad incrementare il potenziamento umano, che è la chiave delle tecnologie emergenti. Questa tecnologia non solo contribuisce a migliorare i tratti fisici dell'attuale condizione umana, ma mira anche ad aumentare il potenziamento cognitivo ed emotivo negli esseri umani.



Figura 38 L'esoscheletro FORTIS

consente di trasferire il peso di un utensile a “gambe” esterne che lo trasportano al di fuori del corpo fino a terra. In questo modo l'operatore può concentrarsi esclusivamente sulla precisione del proprio lavoro, senza doversi preoccupare dello sforzo da esercitare sull'utensile



Figura 39 Gli occhiali per la realtà assistita RealWear Navigator 500

migliorano la produttività dei lavoratori consentendo di lavorare a mani libere con accesso a dati digitali e supporto visivo a distanza

4.12 Tecnologie per la vita e la salute

La tecnologia medica ha fatto molta strada dall'invenzione degli occhiali e dello stetoscopio. La più ampia disponibilità di Internet mobile, l'espansione di una classe media più ricca e l'invecchiamento della popolazione mondiale sono tutti fattori che stanno guidando il cambiamento nel settore sanitario e la tecnologia ad esso associata sta cambiando più rapidamente che mai. Riportiamo di seguito alcuni esempi di tecnologie per la vita e la salute che sono attualmente in crescita.

- **Telemedicina avanzata**

La telemedicina ha fatto un grande balzo in avanti durante la pandemia di COVID-19. Durante il dramma della pandemia, la telemedicina ha offerto un ponte per accedere alle cure, e ora offre la possibilità di reinventare modelli di assistenza virtuale, ibrida e di persona, con l'obiettivo di migliorare l'accesso all'assistenza sanitaria, i risultati e la convenienza economica [75].

- **Nuovi metodi di sviluppo di farmaci**

Lo sviluppo di più vaccini COVID-19 sicuri ed efficaci in meno di un anno può essere ricordato come uno dei maggiori risultati scientifici nella storia umana. Il processo è stato accelerato non solo da un rapido monitoraggio normativo, ma anche da innovazioni nel modo in cui vengono condotti i test medici.

- **Assistenza sanitaria basata sui dati**

Mentre la raccolta dei dati sanitari continua ad accelerare, le sue applicazioni diventano sempre più diffuse e il suo potenziale per migliorare le opzioni di trattamento e i risultati per i pazienti sta salendo alle stelle. La barriera più grande, tuttavia, è la mancanza di interoperabilità: i dati di un'organizzazione sanitaria non vengono facilmente trasferiti (e facilmente elaborati da) un'altra organizzazione.

- **Nanomedicina**

La nanomedicina è l'applicazione medica della nanotecnologia; la tecnologia che opera su scala atomica, molecolare o sopramolecolare. Per qualcosa di così piccolo, il potenziale è enorme: la nanomedicina ha applicazioni nell'imaging, nel rilevamento, nella diagnosi e nella somministrazione attraverso dispositivi medici.

- **Dispositivi abilitati per il 5G**

Per far sì che i principali fattori trainanti della tecnologia all'avanguardia (AI, IoT e big data) raggiungano il loro pieno potenziale nel settore sanitario, serve una connessione Internet veloce ed affidabile. Con una connessione affidabile in tempo reale, i vantaggi più immediati si vedranno nella telemedicina, che consentirà di espandere l'accesso alle cure a milioni di persone. Inoltre, più dispositivi connessi, con flussi di dati più autentici, aprono le porte ad un sistema sanitario rivoluzionario.

- Assistenti digitali in ambito sanitario

Gli assistenti digitali come Alexa e Google Home hanno cambiato il modo in cui le persone interagiscono con la tecnologia. L'elaborazione del linguaggio naturale e l'ascolto ambientale hanno applicazioni naturali nell'acquisizione, nell'analisi e nell'utilizzo dei dati sanitari.

5 FATTORI AMBIENTALI

Questi fattori riguardano principalmente l'effetto dell'ambiente circostante e l'influenza degli aspetti ecologici. Si tratta di leggi sullo smaltimento dei rifiuti, sulla protezione dell'ambiente e sulla regolamentazione dei consumi energetici.

5.1 Cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici minacciano le popolazioni con la scarsità di cibo e acqua, l'aumento delle inondazioni, il caldo estremo, l'aumento delle malattie e le perdite economiche, con conseguenti migrazioni umane e conflitti. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definisce i cambiamenti climatici la più grande minaccia per la salute globale nel XXI secolo. Anche se gli sforzi per ridurre al minimo il riscaldamento futuro avranno successo, alcuni effetti continueranno per secoli. Questi includono un aumento del livello del mare e oceani più caldi e più acidi. Sulla terra le temperature sono aumentate di circa il doppio rispetto alla media globale. I deserti si stanno espandendo e le ondate di calore e gli incendi boschivi stanno diventando più comuni. L'aumento del riscaldamento nell'Artico ha contribuito allo scioglimento del permafrost, al ritiro dei ghiacciai e alla perdita di ghiaccio marino. Le temperature più elevate causano anche tempeste più intense e altri fenomeni meteorologici estremi. Il rapido cambiamento ambientale in montagna, nelle barriere coralline e nell'Artico sta costringendo molte specie a trasferirsi o ne sta causando l'estinzione. Gli esperti ritengono che ci sia ancora tempo per evitare di giungere agli esiti più negativi; per farlo bisogna limitare il riscaldamento e ridurre a zero le emissioni il più rapidamente possibile. Ridurre le nostre emissioni di gas a effetto serra richiederà investimenti in nuove tecnologie e infrastrutture, che stimoleranno la crescita dell'occupazione [76].

5.2 Impatto ambientale

L'impatto ambientale riguarda i siti in cui una sostanza pericolosa causata da attività umane rappresenta un rischio significativo per la salute umana o per l'ambiente, per il suolo e per le acque sotterranee, al di là di un vero e proprio danno ambientale (Direttiva 2004/35/CE).

Le prestazioni ambientali dell'industria europea sono migliorate negli ultimi decenni. I cambiamenti sono avvenuti per una serie di motivi: una regolamentazione ambientale più severa, miglioramenti dell'efficienza energetica, una tendenza generale dell'industria europea ad allontanarsi da alcuni tipi di produzione pesanti e più inquinanti, e la partecipazione delle imprese a programmi volontari volti a ridurre l'impatto ambientale. Nonostante tali miglioramenti, oggi le industrie sono ancora responsabili per l'impatto significativo sull'ambiente in termini di inquinamento e produzione di rifiuti. Una futura transizione verso un settore industriale europeo più verde richiede un approccio integrato, che rafforzi il controllo dell'inquinamento alla fonte e fornisca incentivi per modificare le pratiche operative e per attuare nuove tecnologie innovative.

5.3 Scarsità di risorse naturali

La scarsità di risorse è definita come una situazione in cui la domanda di una risorsa naturale supera l'offerta, portando a un calo delle risorse disponibili. Quando parliamo di risorse scarse, di solito sottendiamo che l'uso attuale non sia sostenibile nel lungo termine. La scarsità può implicare risorse non rinnovabili, come petrolio, metalli preziosi ed elio. Ma può anche implicare risorse potenzialmente rinnovabili che vengono consumate più rapidamente della loro capacità di reintegrarsi (ad esempio in seguito a pesca eccessiva od uso eccessivo di acqua dolce). La speranza è che, nel momento in cui un'offerta diventa scarsa, il meccanismo di mercato fornisca un incentivo a sviluppare alternative. Ad esempio la scarsità di petrolio può costituire un incentivo a sviluppare automobili elettriche che funzionano con energia solare o eolica.

Se però non sono disponibili alternative tecnologiche, la scarsità diventa un problema più serio; è possibile ad esempio trovare un'alternativa al petrolio, ma se invece scarseggia l'acqua non esiste alcuna alternativa significativa [77].

6 FATTORI LEGALI

I fattori legali comprendono modifiche alla legislazione che influiscono sull'occupazione, sull'accesso ai materiali, sulle quote, sulle risorse, sulle importazioni/esportazioni e sulla tassazione. Tutti questi fattori hanno ripercussioni sia esterne che interne. Alcune leggi hanno un impatto sul contesto imprenditoriale di un Paese.

6.1 Leggi sulla tutela dei consumatori

Le leggi sulla tutela dei consumatori sono un insieme di leggi che proteggono gli acquirenti di beni e servizi da prodotti difettosi, pubblicità falsa e pratiche commerciali ingannevoli. Le leggi sulla tutela dei consumatori variano da Paese a Paese, ma la maggior parte di essi protegge gli acquirenti da false dichiarazioni, frodi, furti perdite di beni e violazioni della garanzia e della confidenzialità.

Negli ultimi anni l'UE ha modernizzato il proprio quadro sulla tutela dei consumatori, e sta continuando a farlo [78].

6.2 Leggi sulla proprietà intellettuale

Come qualsiasi altro settore imprenditoriale in tutto il mondo, la proprietà intellettuale deve adattarsi alle esigenze del momento, soprattutto considerando la misura in cui questa epidemia ha enfatizzato la necessità di innovazione. Alcuni settori stanno prosperando, come le tecnologie digitali e al dettaglio, mentre altri, come l'industria manifatturiera e i mercati delle materie prime, si trovano in difficoltà.

Il Tribunale unificato dei brevetti (UPC) sarà presto creato in Europa nei 17 Stati membri che hanno ratificato l'accordo che lo istituisce. Insieme all'UPC verrà creato un brevetto europeo di effetto unitario ("brevetto unitario") che sarà valido in tutti i 17 stati membri che hanno ratificato l'accordo. In qualità di primo tribunale dell'UE competente per le controversie private, l'UPC darà udienza ai casi riguardanti i brevetti europei e i brevetti unitari. Il brevetto unitario offrirà un quadro giuridico più forte, unificato e finanziariamente interessante per inventori e innovatori. L'UPC contribuirà a garantire un maggiore rispetto dei diritti di proprietà intellettuale, in conformità con il diritto comunitario, attraverso un'unica giurisdizione brevettuale che renderà più facile la difesa di tali diritti. Lo scopo primario di questa nuova struttura è quello di proteggere meglio la R&D e l'innovazione aziendale riducendo al contempo i costi [79].

6.3 Norme sociali e ambientali

La politica ambientale europea si basa sui principi di precauzione, prevenzione e riduzione dell'inquinamento alla fonte e sul principio "chi inquina paga". I programmi pluriennali d'azione in materia ambientale hanno fissato il quadro per le azioni future in tutti i settori della politica ambientale. Anche gli effetti dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento atmosferico e acustico sull'ambiente e sulla salute umana continuano a destare preoccupazione.

Alcuni Paesi europei, tra cui Francia, Germania e Norvegia, hanno già iniziato a fissare norme nazionali per i diritti umani obbligatori e la due diligence ambientale. Anche i Paesi Bassi e il Belgio stanno definendo i loro piani. Ha senso allineare e consolidare questi sforzi attraverso l'UE, elevando l'Europa come la prima regione al mondo a incaricare in modo esecutivo tali pratiche. Per estensione, le aziende europee innalzerebbero significativamente gli standard per affrontare i diritti umani e l'impatto ambientale in tutto il mondo, livellando al contempo le condizioni di parità tra le regioni e le parti interessate. È necessaria infine una coerenza internazionale se si vuole portare avanti questi sforzi su larga scala.

7 RIFERIMENTI

- [1] J. F. Richard Wike, «Global Public Opinion in an Era of Democratic Anxiety,» 7 December 2021. [Online]. Available: <https://www.pewresearch.org/global/2021/12/07/global-public-opinion-in-an-era-of-democratic-anxiety/>.
- [2] IDEA, «The State of Democracy in Europe 2021,» IDEA, Stockholm, 2022.
- [3] C. W. C., D. A. e J. T., «Welfare systems without economic growth: A review of the challenges and next steps for the field,» *Ecological Economics*, vol. 186, 2021.
- [4] The World Bank, «Global Wealth Has Grown, But at the Expense of Future Prosperity: World Bank,» 27 October 2021. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/10/27/global-wealth-has-grown-but-at-the-expense-of-future-prosperity-world-bank>.
- [5] The Editors, «Europe Is Heading Toward a New Financial Crisis,» 12 April 2021. [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2021-04-12/europe-is-heading-toward-a-new-financial-crisis>.
- [6] G. W. Alison Angus, «Top 10 global consumer trends 2022,» Euromonitor International, January 2022.
- [7] P. Khanna, «How Asia Is Shaping the World's Future,» Asia Society, 28 January 2019. [Online]. Available: <https://asiasociety.org/blog/asia/how-asia-shaping-worlds-future>. [Consultato il giorno 02 09 2022].
- [8] B.-G. U. e V. S., «Positive Effects of Ageing and Age-Diversity in,» *Human Resource Management Journal*, vol. 23, n. 3, pp. 279-295, 2013.
- [9] H. Mosley e D. K., «PES Strategies in Support of an Ageing Workforce,» European Commission, Brussels, 2019.
- [10] G. A. J., «Political polarisation: the phenomenon that should be on everyone's lips,» Caixa Bank, 14 May 2019. [Online]. Available: <https://www.caixabankresearch.com/en/economics-markets/public-sector/political-polarisation-phenomenon-should-be-everyones-lips>. [Consultato il giorno 11 06 2022].
- [11] European Commission, «Continuing urbanisation,» 11 November 2021. [Online]. Available: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/continuing-urbanisation_en.
- [12] S. L. T. F. A. L. Martin Reeves, «Taming Complexity,» January - February 2020. [Online]. Available: <https://hbr.org/2020/01/taming-complexity>.
- [13] A. Picincu, «bizfluent,» 31 March 2020. [Online]. Available: <https://bizfluent.com/facts-4927387-what-supply-chain.html>.
- [14] B. Wireless, «How LTE/5G is disrupting maritime connectivity,» 2 December 2021. [Online]. Available: <https://www.maritimejournal.com/maritime-equipment/how-lte/5g-is-disrupting-maritime-connectivity/1467054.article>.

- [15] A. Androjna, T. Brcko, I. Pavic e H. Greidanus, «<https://www.mdpi.com/2077-1312/8/10/776/htm>,» Journal of Marine Science and Engineering, vol. 8, n. 10, 2020.
- [16] S. Buchholz, C. Brown e D. Golden, «A business leader’s guide to quantum technology,» Deloitte Insights, 15 April 2021. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/innovation/quantum-computing-business-applications.html>. [Consultato il giorno 2022].
- [17] DAC Digital, «Blockchain potential in the Maritime industry,» DAC Digital, 1 April 2021. [Online]. Available: <https://dac.digital/blockchain-potential-in-the-maritime-industry/>. [Consultato il giorno 2022].
- [18] D. Vatsaraj, «<https://blog.iplayers.in/role-of-artificial-intelligence-in-maritime-economy/>,» iPleaders, 1 May 2021. [Online]. Available: <https://blog.iplayers.in/role-of-artificial-intelligence-in-maritime-economy/>. [Consultato il giorno 2022].
- [19] H. Ding, R. X. Gao, A. J. Isaksson, R. G. Landers, T. Parisini e Y. Yuan, «State of AI-Based Monitoring in Smart Manufacturing and Introduction to Focused Section,» IEEE/ASME Transactions on Mechatronics (Volume: 25, Issue: 5) , pp. 2143 - 2154, 2020.
- [20] International Federation of Robotics , «Robot Density nearly Doubled globally,» International Federation of Robotics , 14 December 2021. [Online]. Available: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally>. [Consultato il giorno 2022].
- [21] International Federation of Robotics, «IFR presents World Robotics Report 2020,» International Federation of Robotics, 24 September 2020. [Online]. Available: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>. [Consultato il giorno 2022].
- [22] International Federation of Robotics, «Executive Summary World Robotics 2021 Industrial Robots,» International Federation of Robotics, 2020.
- [23] K.-S. Min, «Automation and control system technology in korean shipbuilding industry: the state of the art and the future perspectives,» IFAC Proceedings, vol. 41, n. 2, pp. 7185-7190, 2008.
- [24] Z. N., D. N. e M. S., «Challenges in human-robot collaborative assembly in shipbuilding and ship maintenance, repair and conversion (SMRC) industry,» Procedia CIRP, vol. 106, pp. 120-125, 2022.
- [25] Coroma, [Online]. Available: <https://www.coroma-project.eu/>. [Consultato il giorno 2022].
- [26] Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials IFAM, «Mobile robotic system for highly flexible production,» IFAM, Bremen, 2020.
- [27] R. Bogue, «The growing use of robots by the aerospace industry,» Industrial Robot, vol. 45, n. 6, pp. 705-709, 2020.
- [28] D. Aschenbrenner, A. F. Berglund, M. Netten, Z. Rusak e J. Stahre, «Sustainable human-robot co-production for the bicycle industry,» Procedia CIRP, vol. 104, pp. 857-862, 2021.

- [29] T.-R. Team, «Emerging trends of bicycle parking- The Cobot Way,» Tailwind Racing, 18 June 2019. [Online]. Available: <https://www.tailwind-racing.com/emerging-trends-bicycle-parking-cobot-way/>. [Consultato il giorno 2022].
- [30] European Product Design Award, «CanguRo (Partner Robot),» European Product Design Award, 2020. [Online]. Available: <https://www.productdesignaward.eu/winners/epda/2020/10166/>. [Consultato il giorno 2022].
- [31] E. Ackerman, «Inflatable E-Bike Fits in a Backpack,» IEEE Spectrum, 12 May 2020. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/inflatable-ebike-fits-in-a-backpack#toggle-gdpr>. [Consultato il giorno 2022].
- [32] H. Sato, Y. ah Seong, Y. R. H. Hayashi, K. Hata, H. Ogata, R. Niiyama e K. Y., «Soft yet Strong Inflatable Structures for a Foldable and Portable Mobility,» CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts, p. 25-30, 2020.
- [33] McKinsey, «Skill shift: Automation and the future of the workforce,» McKinsey, 2018.
- [34] International Federation of Robotics (IFR), «Next Generation Skills Enabling today's and tomorrow's workforce to benefit from automation,» IFR, 2020.
- [35] M. Altaweel, «The Spatial Internet of Things,» GIS Industry, 26 August 2020. [Online]. Available: https://www.gislounge.com/the-spatial-internet-of-things/#_ftn1. [Consultato il giorno 2022].
- [36] N. Gardner, «Brief guide to extended reality in the maritime industry,» July 2020. [Online]. Available: <https://thetius.com/brief-guide-to-extended-reality-in-the-maritime-industry/>.
- [37] B. Laughlin, «XR Drives Aerospace Excellence at Boeing,» 23 July 2018. [Online]. Available: <https://www.sme.org/xr-drives-aerospace-excellence-at-boeing>.
- [38] PTC, «Cannondale Leverages Augmented Reality for Differentiation,» 21 April 2022. [Online]. Available: <https://www.ptc.com/en/case-studies/cannondale>.
- [39] K. V. Wong e A. Hernandez, «A review of additive manufacturing.,» International scholarly research notices, 2012.
- [40] B. Roland, «Additive manufacturing: A game changer for the manufacturing industry?,» Roland Berger Strategy Consultants GmbH, Munich, 2013.
- [41] F. Matos, R. Godina, C. Jacinto, H. Carvalho, I. Ribeiro e P. Paulo, «Additive manufacturing: Exploring the social changes and impacts.,» Sustainability 11(14), 3757, 2019.
- [42] R. M. Elavarasanab, R. Pugazhendhi, M. Irfan, L. Mihet-Popa, I. A. Khan e P. E. Campana, «State-of-the-art sustainable approaches for deeper decarbonization in Europe - An endowment to climate neutral vision,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 159, n. 112204, 2022.
- [43] Roland Berger, «Additive manufacturing taking metal 3 d printing to the next level study by roland berger,» Roland Berger Strategy Consultants GmbH, Munich, 2019.
- [44] K.-M. Park, K.-S. Min e Y.-S. Roh, «Design Optimization of Lattice Structures under Compression: Study of Unit Cell Types and Cell Arrangements,» Materials, vol. 15(1), p. 97, 2021.

- [45] A. Álvarez-Trejo, E. Cuan-Urquizo, A. Roman-Flores, L. Trapaga-Martinez e J. Alvarado-Orozco, «Bézier-based metamaterials: Synthesis, mechanics and additive manufacturing,» *Materials & Design*, vol. 199, 2021.
- [46] R. Gupta, C.-H. Chen e W. Anderson, «Progress on 3D Printed Loop Heat Pipes,» In *Proceedings of the 50th International Conference on Environmental Systems ICES-2021-154*, pp. 12-15, 2021.
- [47] A. George, M. Ali e N. Papakostas, «Utilising robotic process automation technologies for streamlining the additive manufacturing design workflow,» *CIRP Annals*, vol. 70, n. 1, pp. 119-122, 2021.
- [48] R. McCann, M. A. Obeidi, C. Hughes, É. McCarthy, D. S. Egan, R. K. Vijayaraghavan, A. M. Joshi, V. D. D. P. Acinas Garzon, P. J. McNally e D. Brabazon, «In-situ sensing, process monitoring and machine control in Laser Powder Bed Fusion: A review,» *Additive Manufacturing*, vol. s45, n. 102058, 2021.
- [49] G. A. V., G. S. N., V. M. A., M. Y. A., L. A., K. D. V. e O. A. A., «On productivity of laser additive manufacturing,» *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 261, pp. 213-232, 2018.
- [50] V. J. C., «Additive manufacturing for the automotive industry,» In *Additive Manufacturing*, n. Elsevier, pp. 505 - 530, 2021.
- [51] A. S., H. J. e Z. C. J., «Printing and coating MXenes for electrochemical energy storage devices,» *Journal of Physics: Energy*, vol. 2, n. 3, 2020.
- [52] R. E., T. M. e Z. K., «Hydrogen storage for mobility: a review,» *Materials*, vol. 12, n. 12, 2019.
- [53] F. Z., H. M., M. M. e M. K., «A Review on Advanced Manufacturing for Hydrogen Storage Applications,» *Energies*, vol. 14, n. 24, 2021.
- [54] L. M., P. J. e S. R., «The role of laser additive manufacturing methods of metals in repair, refurbishment and remanufacturing - enabling circular economy,» *Physics Procedia*, vol. 83, pp. 752 - 760, 2016.
- [55] H. M. S., G. J. A., H. R. M., S. M. A. I., M. J., C. A., L. Y. e W. R. B., «Fabrication of smart parts using powder bed fusion additive manufacturing technology,» *Additive Manufacturing*, vol. 10, pp. 58-66, 2016.
- [56] A. O. P., L. C. A. e F. O. S. I., «Evaluation of anti-biofouling progresses in marine application.,» *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, vol. 5, n. 1, pp. 1-8, 2019.
- [57] R. M., C. M., P. R., S. A. J. e S. J., «Comparison of biofouling on 3D-printing materials in the marine environment,» *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 164, 2021.
- [58] D. A., C. Y., P. D. B., L. X. e T. G., «Fabrication of microstructured surfaces by additive manufacturing with simulation of dynamic contact angle,» *Materials & Design*, vol. 176, n. 107839, 2019.
- [59] C. M., S. A. e S. J., «Effects of surface texture and interrelated properties on marine biofouling: a systematic review,» *Biofouling*, vol. 35, n. 6, pp. 597-617, 2019.

- [60] B.-M. B., G. P., S. G., B. M., P. J., L. E., L. M., B. F. e d. P. A., «Metal additive manufacturing in aerospace: a review,» *Materials & Design*, vol. 209, n. 110008, 2021.
- [61] L. V., C. A. R., P. P. C., S. A., A. E., M. S., I. L. e S. L., «Additive manufacturing for an urban vehicle prototype: re-design and sustainability implications.,» *Procedia CIRP*, vol. 99, pp. 364-369, 2021.
- [62] A. Rindfleisch, A. J. Malter e G. J. Fisher, «Self-manufacturing via 3D printing: Implications for retailing thought and practice,» Emerald Publishing Limited, 2019.
- [63] M. S. Pham, C. Liu, I. Todd e J. Lertthanasarn, «Damage-tolerant architected materials inspired by crystal microstructure,» *Nature*, vol. 565, n. 7739, pp. 305-311, 2019.
- [64] B. Vaissier, J. P. Pernot, L. Chougrani e P. Véron, «Genetic-algorithm based framework for lattice support structure optimization in additive manufacturing,» *Computer-Aided Design*, vol. 110, pp. 11-23, 2019.
- [65] W. Baumung, «Design of an architecture of a Production Planning and Control System (PPC) for Additive Manufacturing (AM),» in *International Conference on Business Information Systems*, Springer, Cham, 2020.
- [66] National Science & Technology Park, «Energy Tech,» 29 November 2018. [Online]. Available: <https://nstp.pk/energy-tech/>.
- [67] F. Jackson, «Top Technologies Transforming Energy In 2021,» 27 January 2021. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/feliciajackson/2021/01/27/top-technologies-transforming-energy-in-2021/>.
- [68] University of Washington, «Perovskite Solar Cell,» [Online]. Available: <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/perovskite-solar-cell/>.
- [69] Wikipedia, «Floating Solar,» [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_solar.
- [70] J. Agyepong-Parsons, «Ørsted-led consortium researching blade decommissioning,» 26 January 2021. [Online]. Available: <https://www.windpowermonthly.com/article/1705573/orsted-led-consortium-researching-blade-decommissioning>.
- [71] L. Ronken, «Large-Battery Storage Facilities - Understanding and Underwriting the Risks,» October 2021. [Online]. Available: <https://www.genre.com/knowledge/publications/pmint21-3-en.html>.
- [72] E. T. Abhinav Chugh, «What is green hydrogen and why do we need it? An expert explains,» 21 December 2021. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2021/12/what-is-green-hydrogen-expert-explains-benefits/>.
- [73] StartUs Insights, «Top 10 Materials Industry Trends & Innovations in 2022,» February 2022. [Online]. Available: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-materials-industry-trends-innovations-2020-beyond/>.

- [74] Geeks for Geeks, «An Introduction to Human Augmentation,» 19 October 2021. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/an-introduction-to-human-augmentation/>.
- [75] G. G. A. H. J. R. Oleg Bestseny, «Telehealth: A quarter-trillion-dollar post-COVID-19 reality?,» 9 July 2021. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/telehealth-a-quarter-trillion-dollar-post-covid-19-reality>.
- [76] National Oceanic and Atmospheric Administration, «Climate change impacts,» 13 August 2021. [Online]. Available: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts>.
- [77] P. T., «Causes of resource scarcity,» Economicshelp, 17 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.economicshelp.org/blog/151207/economics/causes-of-resource-scarcity/#:-:text=Resource%20scarcity%20is%20defined%20as,unsustainable%20in%20the%20long%2Dterm>. [Consultato il giorno 2022].
- [78] «Consumer protection laws,» Cornell Law School, Junij 2021. [Online]. Available: https://www.law.cornell.edu/wex/consumer_protection_laws. [Consultato il giorno 2022].
- [79] Council of the European Union, «Europe creates harmonised intellectual property system,» Council of the European Union, 20 Januar 2022. [Online]. Available: <https://presidence-francaise.consilium.europa.eu/en/news/europe-creates-harmonised-intellectual-property-system/>. [Consultato il giorno 20 05 2022].
- [80] M. Pustišek, N. Živić e A. Kos, Blockchain: Technology and Applications for Industry 4.0, Smart Energy, and Smart Cities, Berlin, Boston: De Gruyter, 2021.
- [81] European Commission, «2021 Strategic Foresight Report,» European Union, EU, 2021.
- [82] m. T. Č. d. T. G. Š. m. M. H. m. M. H. K. I. m. M. K. m. R. K. Z. m. J. K. U. L. m. M. P. U. S. B. T. mag. Barbara Bratuž Ferik, P. Wostner e A. mag. Vidrih, «Poročilo o produktivnosti 2021,» UMAR, Ljubljana, 2022.
- [83] J. Bughin, E. Hazan, S. Lund, P. Dahlström, A. Wiesinger e A. Subramaniam, «Skill shift: Automation and the future of the workforce,» McKinsey & Company, 2018.
- [84] J. Müller, «Enabling Technologies for Industry 5.0,» European Union, Luxembourg, 2020.
- [85] C. Brecher, A. Müller, Y. Dassen e S. Storms, «Automation technology as a key component of the Industry 4.0 production development path,» The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp. 2287-2295, 2021.
- [86] European Commission, «Digital Economy and Society Index (DESI) 2021 - Italy,» European Union, 2021.
- [87] European Commission, «Digital Economy and Society Index (DESI) 2021 - Slovenia,» European Union, 2021.
- [88] K. John, 26 01 2022. [Online]. Available: <https://tulip.co/blog/big-data-for-manufacturing/>.

- [89] P. Brosset, A.-L. Thieullent, S. Patsko, J. Buvat, Y. Khemka, A. Khadikar e A. Jain, «Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective,» Capgemini, 2019.
- [90] StartUs Insights, «Discover Top 10 Mobility Industry Trends & Innovations in 2022,» 2022. [Online]. Available: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-mobility-industry-trends-innovations-in-2021/>. [Consultato il giorno 20 05 2022].