McKinsey & Company

Industria 4.0

Catturare valore di scala in una produzione discreta

Indice

Sintesi **6**

Punto di partenza - L' Industria 4.0 come la prossima curva a esse nella produzione discreta **8**

I. Su che cosa focalizzarsi: archetipi di fabbrica e driver di valore chiave specifici per settore **12**

I.I Macchinari: driver di valore chiave e target picture in un settore caratterizzato dalla "produzione di piccoli lotti" 14

I.II Automotive: driver di valore chiave e target picture in un settore di "produzione personalizzata di massa" 24

I.III Elettronica di consumo: driver di valore chiave e target picture in un settore caratterizzato dalla produzione di grandi volumi" 36

II. Come portare a scala: focalizzarsi sul valore, mobilitare l'organizzazione e innovare le infrastrutture **48**

II.I Focalizzarsi sui driver di valore chiave: valore a monte, non tecnologia a valle 48

II.II Mobilitare l'organizzazione: tutto sta nelle persone, gli strumenti da soli non risolvono il problema 48

II.III Innovare le infrastrutture: spostarsi verso uno stack tecnologico integrato, ottimizzando a livello locale 50

Prospettive: i prossimi passi per catturare valore di scala **53**

Note legali **54**

Dichiarazione di non responsabilità **54**

Contatti **55**

Sintesi

Con un potenziale di creazione di valore stimato, per produttori e fornitori, a 3,7 trilioni di USD nel 2025,1 l'Industria 4.0 catalizza grandi speranze per il compimento di una nuova rivoluzione industriale che conduca alla produzione discreta. Attualmente, tuttavia, le aziende che catturano valore dalle soluzioni di scala dell'Industria 4.0 sono solo il 30 percento circa. Gli approcci sono dominati dall'idea di uno sviluppo tecnologico che progredisce anziché dall'idea di individuare le aree in cui l'impatto è più ampio e ricondurle alla conformità con i driver di valore di Industria 4.0. Ulteriori governance e ancoraggi organizzativi sono spesso poco chiari. I conseguenti ostacoli generati dalla mancanza di chiarezza sul valore aziendale, dalla limitatezza delle risorse e dallo schiacciante numero di potenziali casi d'uso lasciano la maggioranza delle aziende bloccate nel "purgatorio dei piloti".

Nell'intento di dare una prospettiva su come "sbloccarsi" e catturare finalmente valore reale attraverso l'Industria 4.0 nella produzione discreta, nel presente rapporto si pongono due domande chiave: su che cosa focalizzarsi e come portare a scala.

Le ultime ricerche di McKinsey e una serie di interviste ci hanno portati alle seguenti idee chiave:[2]

I. Su che cosa focalizzarsi: archetipi di fabbrica e driver di valore chiave specifici del settore

Vi sono tre archetipi di fabbrica a definire l'imperativo della produttività e a stabilire il relativo insieme di driver di valore chiave per catturare l'impatto di scala:

- La produzione per piccoli lotti mira a rimanere efficiente fino alla dimensione del lotto 1. Qui, i driver di valore chiave sono un modello di dati di prodotto integrati, dall'ingegnerizzazione alla messa in servizio, l'abilitazione digitale dei lavoratori e l'ottimizzazione dell'OEE basata sui dati.

- La produzione personalizzata di massa si focalizza sull'abilitazione di un certo grado di varianza del prodotto, mantenendo alta la produttività e costante la qualità. A tal fine, il valore dell'Industria 4.0 consiste in circuiti di controllo chiusi (abilitati dall'ispezione della qualità in linea mediante sensori), e nella flessibilità di instradamento, programmazione, bilanciamento del carico e gestione delle prestazioni, nonché nell'estensione dell'automazione fino all'assemblaggio finale.

- La produzione per grandi volumi mira a una produzione completamente automatizzata e a un'OEE massimizzata che abbia la flessibilità di adattarsi al mix di prodotti. I driver di valore chiave dell'Industria 4.0 sono circuiti di controllo chiusi per l'ispezione di qualità in linea mediante sensori, con automazione e tracciabilità che conquistano anche gli ultimi domini rimasti al lavoro manuale.

- Target picture, driver di valore ed esempi di casi per i settori delle macchine (produzione per piccoli lotti), automotive (produzione personalizzata di massa), ed elettronica di consumo (produzione per grandi volumi) forniscono esempi pratici di ciascun archetipo (per una panoramica su dove trovare esempi di casi specifici si veda la tabella 1).

II. Come portare a scala: focalizzarsi sul valore, mobilitare l'organizzazione e innovare l'infrastruttura

Tre principi chiave guidano la cattura di valore di scala dell'Industria 4.0:

- Pensare a monte del valore a monte e non a valle della tecnologia. È essenziale focalizzarsi sui driver di valore chiave e su una visione convincente dell'Industria 4.0.

- Bisogna mettere al centro le persone, non gli strumenti. Supportate dal top management, le trasformazioni dell'Industria 4.0 devono focalizzarsi sul rafforzamento delle capacità (capacity building) ed essere perseguite come azione organizzativa d'importanza strategica. Ciò richiede una mentalità di leadership aziendale chiara e non solo processi informatici o ingegneristici.

- Innovare le infrastrutture verso uno stack tecnologico integrato e una chiara target picture. Le infrastrutture dovrebbero abilitare l'operatività a livello locale prima di passare alla scala globale, poiché molti casi d'uso producono valore già con le infrastrutture in situ.

1 "The Next Economic Growth Engine Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production," WEF/McKinsey white paper, 2018 2

2. La preparazione del presente rapporto si è articolata in tre fasi: la considerazione dell'ultima ricerca McKinsey, basata su un'indagine sul manifatturiero globale presso la comunità della produzione discreta; una serie di interviste approfondite con professionisti del manifatturiero sulle verticalità di settore e le leve di valore chiave dell'Industria 4.0; la discussione delle visioni espresse in interviste strutturate dai nostri esperti di operatività industriale, leader a livello globale.

Tavola 1

Panoramica dei driver di valore chiave ed esempi di caso per i settori analizzati

Settore	driver di valore chiave	Esempio	Pagina
Macchinari	Modello di dati di prodotto integrati dall'ingegnerizzazione alla messa in servizio	ANDRITZ Ritz implementa un flusso di datiseamless da CAD / CAM ai controller delle macchine utensili	18
	Digital enablement of workers	Industrial equipment manufacturer boosts efficiency through "shop floor to top floor" digital enablement	20
	Data-driven OEE optimization	DMG Mori technology helps Martin-Baker to achieve 80% OEE in high-variant machining	22
Automotive	Flexible routing, scheduling, and load balancing	Porsche deploys flexible AGV-based assembly line to optimize its electric vehicle production	28
	Closed control loops through sensor-based in-line quality inspection	Ford automates quality control through camera-based in-line quality inspection	30
	Extension of automation to final and pre-assembly	Bosch increases end-of-line parts inspection efficiency through flexible and collaborative robotization by Rexroth	32
Elettronica di consumo	Conquering remaining domains of manual labor through automation	Global electronics contract manufacturer introduced robotic automation solutions to reduce its labor cost in selected areas by 80%	40
	Closed quality loops through sensor-based in-line quality inspection	Samsung uses cutting-edge 3D vision scanning to tackle growing demand and strict quality standards for LCD panels	42
	Tracciabiliità	Seagate plans to utilize IBM Blockchain and electronic fingerprinting to track supply chain for hard drives	44

Punto di partenza: l’Industria 4.0 è la prossima curva a esse della produzione discreta

L'industria 4.0, o quarta rivoluzione industriale, dovrebbe condurre a una nuova curva a esse della produttività. La recente ricerca condotta da McKinsey con il World Economic Forum stima il potenziale di creazione di valore dei produttori e fornitori che nella propria operatività implementano l'Industria 4.0 a 3,7 trilioni di USD nel 2025. 3

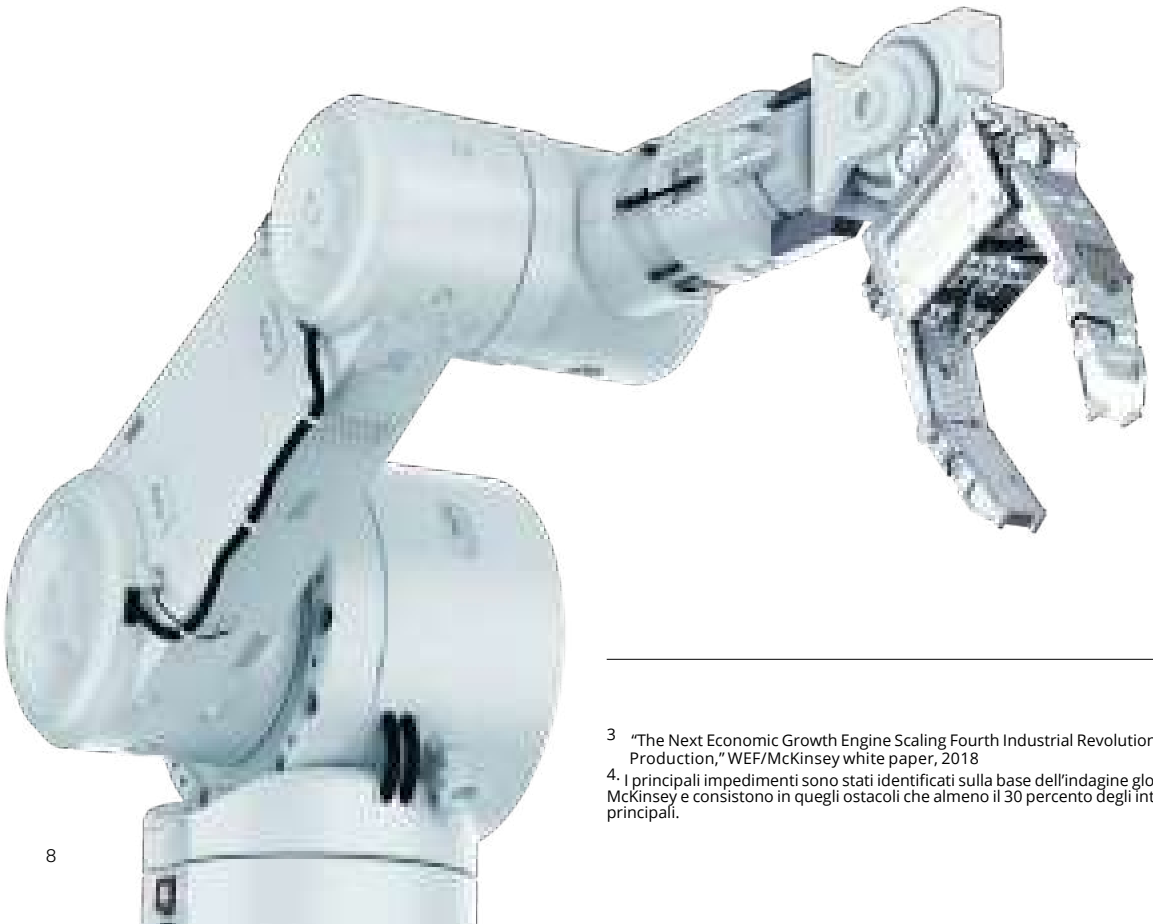
Tra le diverse rilevazioni chiave (cfr. pagina 9), la nostra indagine sul manifatturiero globale mostrano che il 68 percento delle aziende attualmente considera l’Industria 4.0 una priorità strategica fondamentale. La velocità con cui l’Industria 4.0 è diventata un tema centrale si vede anche dall’analisi delle tendenze di Google. Nel 2019 il termine di ricerca "Industry 4.0" probabilmente supererà il termine "lean manufacturing", per quanto abbia fatto la sua comparsa solo nel 2014.

Dato l’alto grado di attenzione verso l’Industria 4.0, non sorprende che il 70% delle aziende abbia già iniziato a sperimentarne alcune soluzioni pilota. A sorprendere, tuttavia, è che, al contempo, solo il 29 percento delle aziende sta catturando valore da tali soluzioni di scala, mentre il resto è bloccato nel "purgatorio dei piloti". Ma perché esattamente così tante aziende sono in ritardo nella cattura di valore di scala dell’Industria 4.0?

Per rispondere a questa domanda è utile far brevemente riferimento a quanto rivelato dall'indagine globale degli esperti McKinsey sugli ostacoli chiave all'implementazione delle soluzioni di scala dell’Industria 4.0, nonché alle affermazioni di chi è riuscito a superare tali ostacoli: 4

3.7 trillioni di dollari

potenziale di creazione di valore nel 2025



3 “The Next Economic Growth Engine Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production,” WEF/McKinsey white paper, 2018

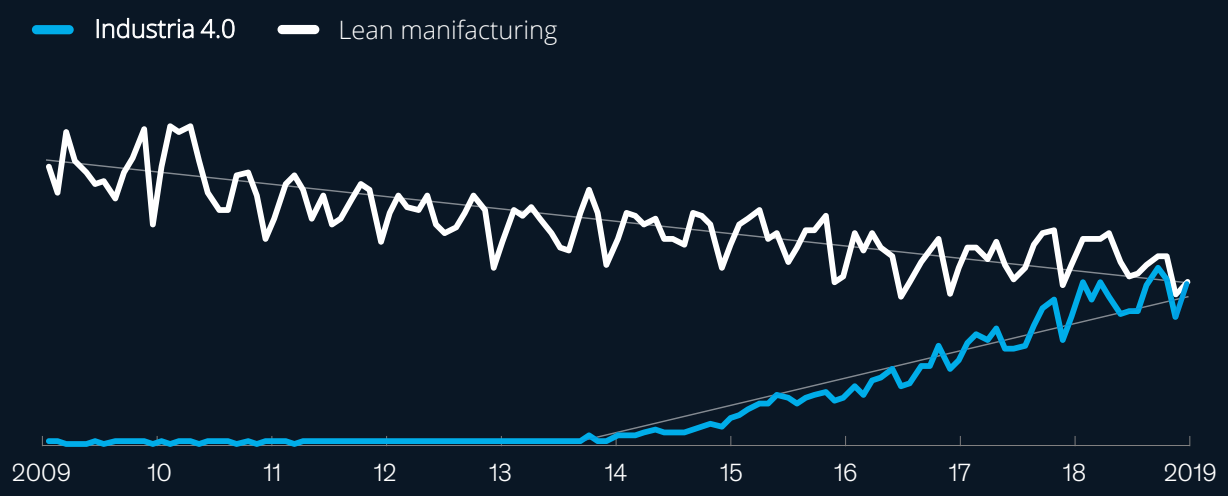
4. I principali impedimenti sono stati identificati sulla base dell’indagine globale degli esperti globali McKinsey e consistono in quegli ostacoli che almeno il 30 percento degli intervistati indica tra i tre principali.

30% di cattura del valore di scala di Industry 4.0

L'Industria 4.0 diventa il nuovo imperativo di produttività della produzione discreta

Interesse nel tempo[1]

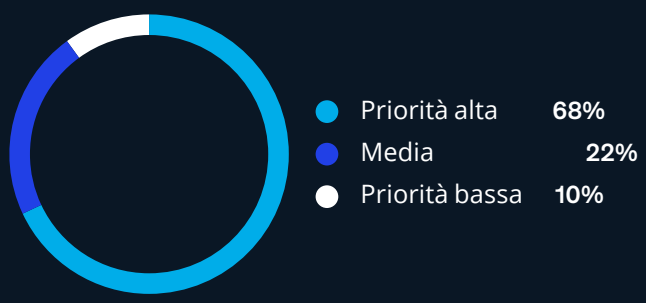
Analisi del punteggio delle tendenze di Google



Industry 4.0 è una priorità strategica, ma la cattura del valore di scala è in ritardo

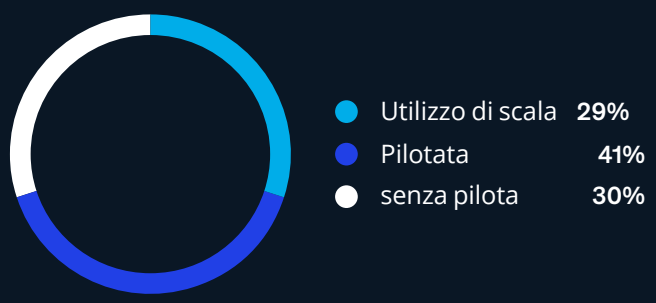
Qual'è la priorità strategica di Industry 4.0 nell'agenda strategica della tua azienda?[2]

Percentuale



Stato delle soluzioni Industria 4.0 [2]

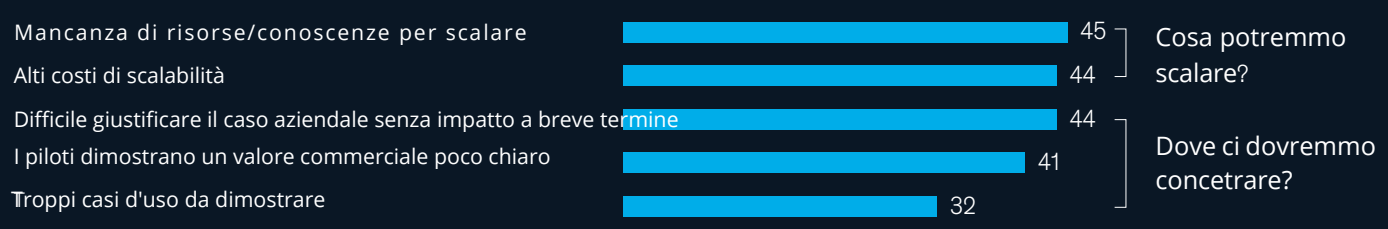
Percentuale



Per liberare il potere dell'Industria 4.0 bisogna superare gli ostacoli chiave

I primi 5 ostacoli che impediscono il passaggio dal pilota al roullout [3]

Percentuale di rispondenti che lo indicano tra i primi 3



[1] Confronto del punteggio della tendenza di Google per l'interesse globale verso "Industry 4.0" e "lean manufacturing", trends.google.com

[2] The Next Economic Growth Engine Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production," WEF/McKinsey white paper, 2018
Basato sull'indagine sul manifatturiero globale di McKinsey

Mancanza di conoscenza e risorse da scalare

Mentre questo problema è spesso menzionato insieme all'insufficienza del budget o delle persone impegnate nelle iniziative dell'Industria 4.0, le sfide sottese sono spesso più complesse. Per esempio, l'introduzione di nuovi strumenti come parte di una trasformazione improntata all'Industria 4.0 produrrà valore solo se l'organizzazione è stata formata e abilitata a far leva sugli strumenti come parte integrante del motore di creazione del valore fondamentale. Tuttavia, l'implementazione di nuovi strumenti è spesso troppo tecnologica o focalizzata sull'IT e non pone abbastanza enfasi sul rafforzamento delle capacità della comunità operativa esistente (p.e. specialisti Lean e Sei Sigma). Sono tuttavia proprio questi esperti di operatività i potenziali agenti del cambiamento, e sono dei catalizzatori che completano l'insieme degli strumenti digitali con la propria vasta conoscenza del dominio e dei processi, per garantire la cattura di valore. Inoltre, strutture di governance poco chiare e una mancanza di ancoraggio delle iniziative dell'Industria 4.0 nell'organizzazione portano a una percepita mancanza di conoscenza e diluiscono le risorse esistenti.

Che cosa dicono i vincitori:

"Il successo nell'Industria 4.0 richiede (molto) più che il dispiegamento di nuovi strumenti IT: richiede nientemeno che una trasformazione organizzativa dell'operatività tecnologicamente abilitata"

Alti costi di scalabilità

Le aziende sono restie a investire somme importanti, e in anticipo, nelle tecnologie informatiche per la produzione volte a connettere tutta l'impronta produttiva aziendale a un cloud dell'IoT industriale (e in ciò vedono anche rischi importanti). Molte aziende non capiscono che spesso le soluzioni on-premise scalabili con un'implementazione site-by-site possono già produrre un'alta percentuale del valore aziendale in gioco, e che sono pochi casi d'uso in cui è davvero necessario collegare l'officina o stabilimento a un cloud esterno.

Cosa dicono i vincitori:

"Cattura valore a livello locale e sii pragmatico nel mettere in scala! L'Industria 4.0 richiede molto più che avere tutti i dati archiviati nel cloud"

Caso aziendale difficile da giustificare in assenza di un impatto a breve termine

I casi d'uso dell'Industria 4.0 spesso richiedono che s'investa in nuove tecnologie non ammortizzabili entro l'anno. Gli investimenti anticipati possono tuttavia spesso limitarsi al minimo, secondo l'approccio del prodotto minimo funzionante (MVP, Minimum Viable Product), cioè pensando a un'implementazione il più possibile ridotta quando ancora in una determinata area si produce un valore aziendale rilevante. L'indice di redditività (ROI) dell'MVP si manifesta spesso in pochi mesi e consente alle aziende di dimostrare il potenziale economico del caso d'uso e di eseguire cicli build-measure-learn per massimizzare l'impatto. Questo approccio riduce i rischi e consente di supportare il rollout con un caso aziendale chiaro, spesso con un ROI che si manifesta in un tempo molto breve e investimenti più mirati di quanto inizialmente previsto.

Cosa dicono i vincitori:

"Pensa in grande, inizia in piccolo, metti in scala velocemente: riduci il rischio degli investimenti nel settore secondo l'approccio del prodotto minimo funzionante"

I piloti mostrano un valore aziendale poco chiaro

Nelle trasformazioni dell'Industria 4.0, i piloti di facile implementazione sono spesso ai margini dei processi chiave di creazione del valore dell'operazione. È anche tipico che nella prima ondata di implementazione si scelgano piloti che fanno leva su tecnologie "fantasiose". Tali scelte limitano il rischio potenziale dell'implementazione e possono portare ad applicazioni stimolanti, ma possono anche limitare il contributo che tali casi d'uso possono dare al miglioramento di profitti e perdite e oscurare il valore aziendale creato. L'adozione di un approccio del tipo "tecnologia in avanti" anziché di una selezione delle soluzioni dell'Industria 4.0 basata sull' "impatto all'indietro" può pertanto portare a piloti che mostrano un valore aziendale poco chiaro.

Cosa dicono i vincitori:

"Prima di intraprendere un nuovo progetto pilota, fai una stima approfondita del potenziale impatto economico e definisci il successo"

Mancanza di focus per il gran numero di casi d'uso

In molti casi, le aziende hanno una pletora di idee per casi d'uso, ma hanno difficoltà a quantificare e priorizzare i principali driver di valore da perseguire. Di fronte a un lungo elenco di casi d'uso tutti percepiti come di pari importanza e con risorse limitate per pilotarli, molte aziende non sfruttano seriamente i casi d'uso di scala, vedendone il lungo elenco come una lista di idee potenzialmente promettenti ma non ancora testate.

Cosa dicono i vincitori:

"La priorizzazione basata sul valore è la chiave per mantenere il focus dei piloti. Solo la concentrazione sul focus porta al successo"

Questi rilievi su sfide e opportunità ci portano a due serie di domande guida che fungono da chiave per la cattura di valore di scala attraverso l'Industria 4.0 nella produzione discreta. Ne trattiamo nei capitoli principali del presente rapporto:

- Su che cosa focalizzarsi: Quali sono i principali driver di valore dell'Industria 4.0, differenziati per archetipo di fabbrica, per catturare valore di scala?

- Come mettere in scala: Che cosa serve perché l'organizzazione possa generare valore di scala dai driver di valore chiave, e quale ruolo svolge l'infrastruttura IT?

I. Su che cosa focalizzarsi: archetipi di fabbrica e driver di valore chiave specifici del settore

L'analisi degli ostacoli allo sfruttamento di scala delle soluzioni dell'Industria 4.0 suggerisce che individuare su che cosa focalizzarsi è uno dei due argomenti chiave che i produttori discreti devono affrontare. È assolutamente necessario che le tante aziende che si sono perse nella pletora di casi d'uso e per le quali i piloti non hanno stabilito un chiaro valore aziendale si focalizzino soprattutto sui driver di valore chiave.

Tuttavia, la creazione di una prospettiva sull'Industria 4.0 che si basi sul valore necessita di un approccio granulare, perché i punti critici e i driver di valore nella produzione discreta differiscono notevolmente da settore e settore e persino da azienda ad azienda. L'Industria 4.0 non offre pertanto una soluzione unica per la produzione discreta. Per far fronte a tale complessità e dare indicazioni utili su quali siano i driver di valore chiave dell'Industria 4.0 che hanno particolare rilievo per i diversi settori della produzione discreta, innanzitutto individueremo gli archetipi di fabbrica nell'ambito della produzione discreta e discuteremo i driver di valore chiave di tre settori specifici, uno per ciascun archetipo, approfondendo nelle sottosezioni seguenti. Questo aiuta le aziende a individuare le giuste focus area per la cattura di valore di scala.

Sono due le dimensioni principali che differenziano le diverse tipologie di fabbrica in termini di driver di valore chiave dell'Industria 4.0: il numero di varianti prodotte nella fabbrica e la dimensione media dei lotti. Con riferimento a dette dimensioni abbiamo identificato tre archetipi di fabbrica che rappresentano la combinazione di diverse misurazioni (Prospetto 1).

I 3 archetipi di fabbrica aiutano a individuare l'imperativo di produttività specifico e i relativi driver di valore chiave

Produzione per piccoli lotti

Queste fabbriche devono affrontare l'imperativo di produttività di rimanere efficienti fino a lotti di piccole dimensioni, addirittura fino a lotti di dimensione 1. Le fabbriche di questo archetipo producono una grande varietà di prodotti in lotti di piccole dimensioni, cioè quasi sempre inferiori a 50 e, nel caso più estremo, in lotti di dimensione 1. I prodotti sono spesso ingegnerizzati appositamente per il singolo ordine e a volte si basano su un'architettura modulare, ma spesso sono completamente personalizzati, con frequenti modifiche al progetto.

Le fabbriche che producono per piccoli lotti sono caratteristiche dei settori dei macchinari,[5] aerospaziale, navale e del materiale rotabile ferroviario. In una certa misura, questo archetipo è tipico anche dei produttori di attrezzature per la movimentazione dei materiali, dal momento che molti (p.e. fornitori di sistemi di magazzino) producono ordini altamente personalizzati.

Produzione personalizzata di massa

Questi produttori devono affrontare l'imperativo di produttività della personalizzazione di massa, mantenendo un rendimento elevato e una qualità costante. Le fabbriche di questo archetipo producono in genere grandi volumi di prodotti che hanno un nucleo comune ma sono, in una certa misura, personalizzabili attraverso la realizzazione di sezioni del processo produttivo con lotti ripetitivi di dimensioni maggiori (p.e. officine di stampaggio automotive) e sezioni con elevata varianza del prodotto (p.e. assemblaggio finale nel settore automotive). I clienti delle fabbriche di produzione personalizzata di massa tipicamente personalizzano i propri prodotti in base a una serie predefinita di opzioni di configurazione integrabili in un'architettura modulare comune. Le fabbriche con produzione personalizzata di massa sono tipiche del settore automotive, dei fornitori automotive di Tier 1 e, in una certa misura, dei settori degli autocarri, degli autobus, dei macchinari agricoli ed edili. I produttori di attrezzature industriali, settore in cui gli stabilimenti hanno grandi volumi di produzione e un numero sempre crescente di varianti, gestiscono anche fabbriche rientranti nella tipologia della produzione personalizzate di massa.

Produzione per grandi volumi

I produttori di grandi volumi seguono l'imperativo produttivo della completa automazione della produzione e della massimizzazione dell'OEE, mantenendo al contempo una certa flessibilità per adattarsi al variare del mix di prodotti. I volumi di produzione per lotto sono molto grandi e la personalizzazione

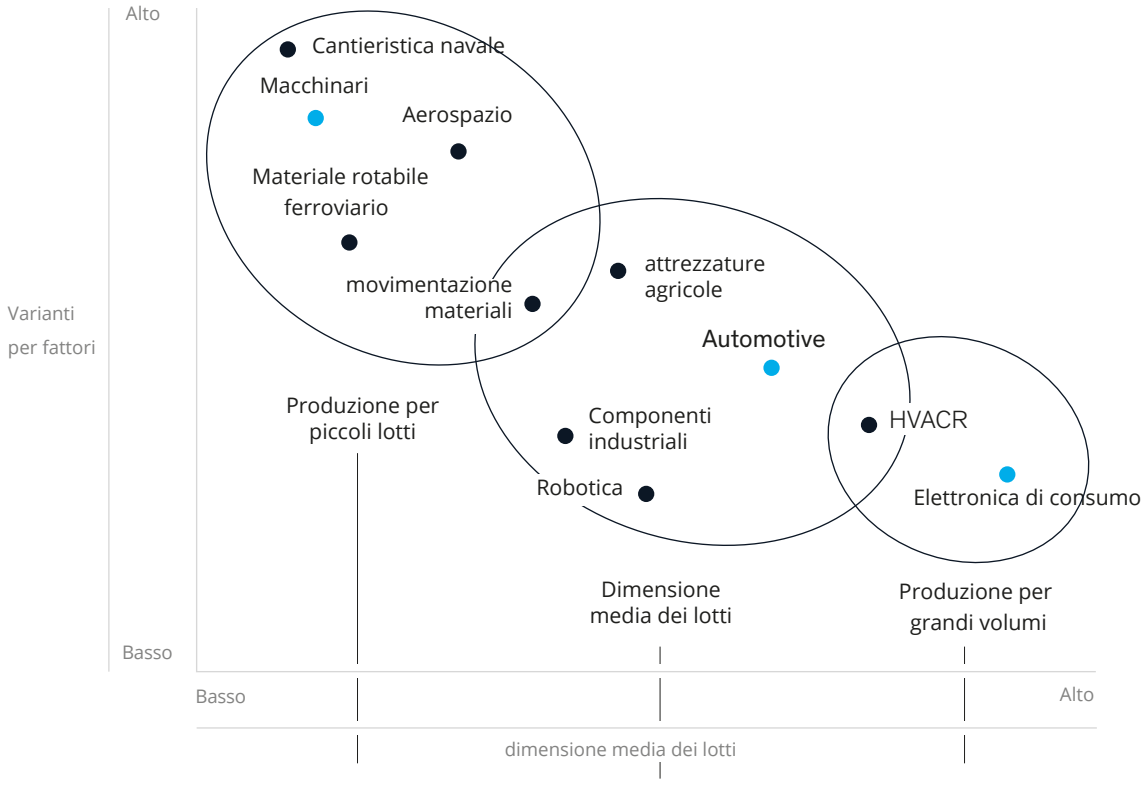
[5] Macchine utensili, macchinari per il food & beverage e l'industria del tabacco, macchine per l'imballaggio, macchine per la produzione di cellulosa e carta, macchine tessili, macchine per la stampa, macchinari per semiconduttori, macchine per gomma e materie plastiche e per la lavorazione del legno

è molto limitata o inesistente. Le fabbriche che producono per grandi volumi si trovano tipicamente nel manifatturiero elettronico e nei relativi ambienti di produzione (p.e. presso fornitori automotive con focus sull'elettronica) e, in una certa misura, nel manifatturiero di riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione

I tre archetipi di fabbrica identificati e i corrispondenti imperativi di produttività sono rappresentativi dei diversi settori della produzione discreta.

Ai fini di approfondimento, per ciascun archetipo abbiamo selezionato dei rappresentanti tipici, in particolare nei settori dei macchinari, dell'automotive e dell'elettronica di consumo. Oltre ad essere di dimensioni importanti, nei rispettivi cluster archetipici questi rappresentanti si posizionano lontano dalla sovrapposizione con altri archetipi e distanti l'uno dall'altro per numero di varianti e di imperativi di produttività. Negli approfondimenti che seguono si propongono delle target picture dell'Industria 4.0, ben dettagliate per ciascun settore, tenendo conto sia delle caratteristiche degli archetipi sia delle tendenze specifiche dei vari settori. Elencheremo e discuteremo dei driver di valore chiave, con esempi di casi d'implementazione di successo.

Prospetto 1 **Panoramica dei 3 archetipi di fabbrica nella produzione discreta, dei loro imperativi di produttività e dei settori rappresentativi**

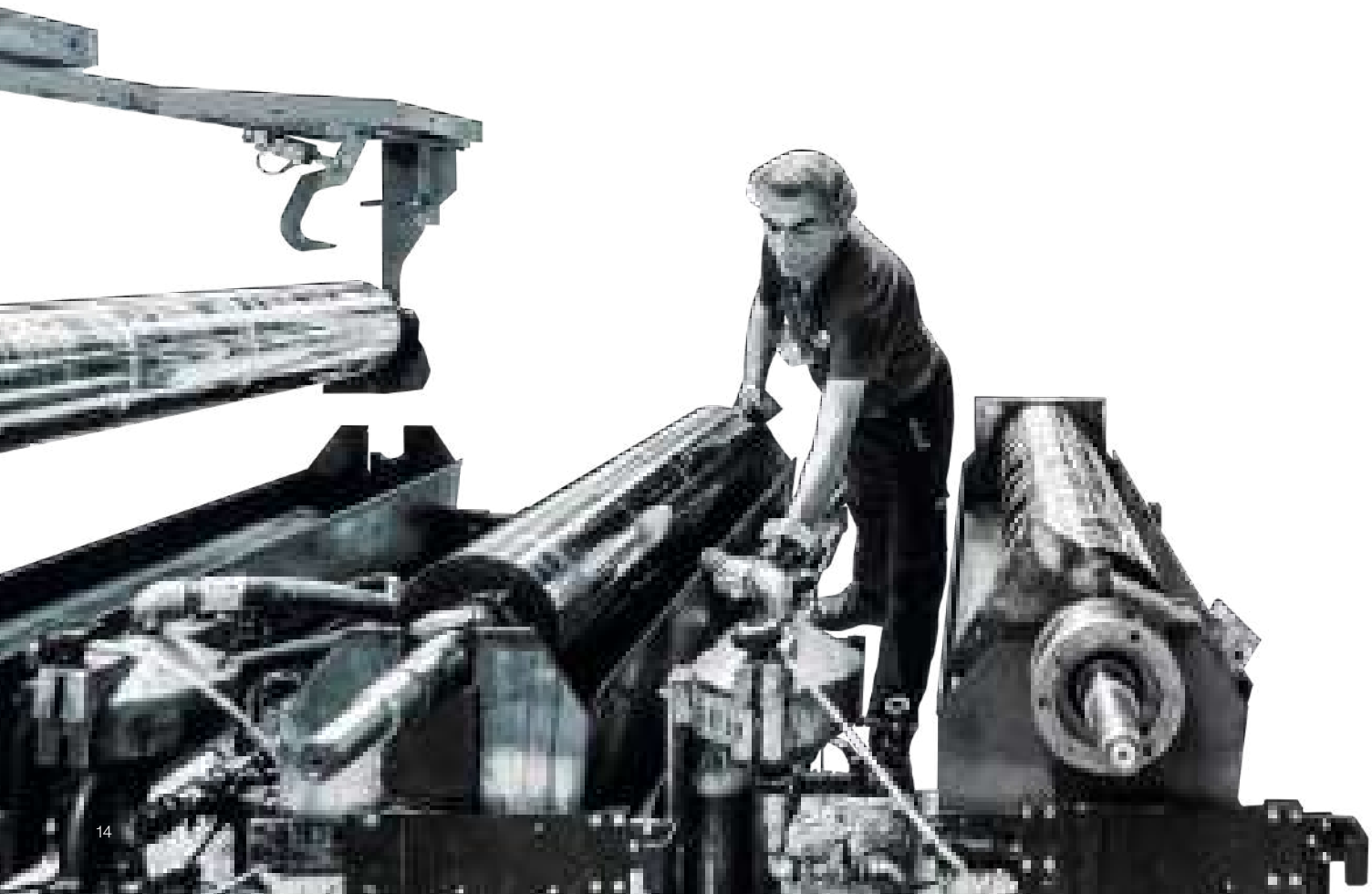


Imperativo di produttività	Restare efficace fino a lotti di dimensione 1	Consentire la personalizzazione di massa, mantenendo alta la produttività e costante la qualità	Automatizza completamente la produzione e massimizza l'OEE con flessibilità per adattarsi al mix di prodotti

I.I Macchinari

Driver di valore chiave e target picture in un settore di "produzione per piccoli lotti"

Nel settore dei macchinari, la produzione segue da tempo un approccio tradizionale, focalizzato su un layout di fabbrica flessibile e sulle capacità di specialisti qualificati. Negli ultimi anni tale approccio si è arricchito di elementi del lean manufacturing o produzione snella (p.e. Kanban, Sei Sigma), di automazione selettiva e integrazione selettiva dei sistemi software in officina.



Le tendenze del settore dei macchinari che definiscono i driver di valore chiave

Abbiamo individuato tre principali tendenze che vanno a rafforzare l'imperativo di produttività del settore di "rimanere efficiente fino a lotti di dimensione 1" (cfr. prospetto 1 a pagina 13) e che avranno pertanto forti implicazioni sull'operatività futura delle aziende di macchinari:

Elevata volatilità della domanda

L'analisi economica mostra che il settore dei macchinari ha un livello di volatilità della domanda molto più alto di quello dei settori dei suoi clienti (volatilità cresciuta da 5 a 20 punti percentuali tra il 2014 e il 2016, secondo il segmento del settore6). Per far fronte all'elevata volatilità della domanda, per coprire i picchi della domanda molti produttori di macchinari ricorrono a un'alta percentuale di lavoratori temporanei. Questi lavoratori sono spesso meno qualificati ed esperti del resto del personale, situazione che comporta un aumento del fabbisogno di formazione e, in alcuni casi, un aumento delle sfide in termini di qualità e produttività.

Spostamento della domanda verso i mercati in via di sviluppo

Uno studio rappresentativo condotto congiuntamente con l'Associazione costruttori tedeschi di macchine e impianti (VDMA) rivela uno spostamento della domanda dai mercati sviluppati verso i mercati in via di sviluppo, e in particolare verso l'Asia, tendenza che colpisce più di due terzi del settore.7 Se si manterrà l'impronta produttiva attuale, tale spostamento porterà a tassi di cambio più alti, costi logistici maggiori e rischi tariffari. Molti OEM di macchinari stanno quindi passando a strategie local-for-local, globalizzando la propria impronta e la propria filiera di fornitura. Tale globalizzazione, tuttavia, aumenta la complessità della filiera di fornitura e anche della messa in servizio. Rende inoltre più difficili la parità e la coerenza di qualità e produttività tra Best-Cost Countries (paesi con i costi migliori) e High-Cost Countries (paesi con costi elevati).

Aumento della domanda di personalizzazione e integrazione

Oltre due terzi dei produttori di macchinari riscontrano un aumento della domanda di soluzioni di sistema altamente personalizzate e completamente integrate.8 Il conseguente aumento della complessità nella progettazione dei sistemi, nell'assemblaggio e nella messa in servizio è compensata solo parzialmente dagli sforzi dei produttori per la standardizzazione e modularizzazione.

Di conseguenza, per il settore dei macchinari assumono particolare rilevanza i seguenti tre driver di valore dell'Industria 4.0:

— Un modello di dati di prodotto integrato dalla progettazione alla messa in servizio consente una produzione efficiente in situ con un'impronta e una filiera globali, oltre a un percorso efficiente per la gestione della crescente complessità dei prodotti determinata dalla domanda di soluzioni di sistema personalizzate.

— L'abilitazione digitale dei lavoratori diventa un fattore di valore chiave a fronte del crescere del numero dei lavoratori temporanei e del declino generale della forza lavoro qualificata.9 Le relative soluzioni possono consistere nella formazione rapida dei dipendenti o nel frazionamento delle mansioni in piccoli step facilmente gestibili da lavoratori non qualificati.

— L'ottimizzazione dell'OEE basata sui dati può generare un valore significativo nelle aziende che grazie alla lavorazione interna generano un valore aggiunto importante sui propri prodotti. Questo driver di valore assume quindi rilievo solo in relazione alle lavorazioni gravose.

La target picture della fabbrica del futuro a pagina 16 mostra la scomposizione dei tre fattori chiave di cui sopra in casi d'uso tangibili e basati sul valore e la loro stretta interazione nella fabbrica di macchinari del futuro. Di seguito tratteremo nel dettaglio i driver dei valori chiave, con esempi d'implementazione di successo.

---

[6] 6. Sulla base di esempi selezionati dai mercati dei settori delle turbine a gas aeroderivate, dei macchinari per gomme da masticare, dei macchinari per piastrelle in ceramica e dei macchine per la produzione di batterie agli ioni di litio, e con riferimento a: BP Statistical Review of World Energy 2016; Euromonitor; The Tile Council of North America; VDMA roadmap battery production equipment 2030; rapporti e rendiconti annuali delle aziende.

7. In linea con le principali tendenze individuate nello studio VDMA-McKinsey, "The Future of German Mechanical Engineering," 2015

8. In linea con le principali tendenze individuate nello studio VDMA-McKinsey, "The Future of German Mechanical Engineering," 2015

9. Lo studio VDMA-McKinsey, "The Future of German Mechanical Engineering," 2015, non la indica come riguardante la maggioranza delle aziende di macchinari, tuttavia tale tendenza è percepita come il rischio numero due per il settore.

Target picture della fabbrica di macchinari del futuro

Ottimizzazione dell'OEE basata sui dati
Configurazione e alimentazione della macchina automatizzate

Ottimizzazione del processo digitale basata sui dati macchina e di qualità

Integrazione IT della produzione per la gestione delle prestazioni digitali per macchinari critici

Abilitazione digitale dei lavoratori

Tracciamento in tempo reale dei tempi di assemblaggio per fase e avanzamento

Documentazione digitale, disegni, guide per la risoluzione dei problemi e checklist

Ordini di lavoro digitali contenenti descrizione e sequenza dettagliate delle attività

Modello di dati di prodotto integrato dall’ingegnerizzazione alla messa in servizio
Integrazione dei dati sulla qualità nella catena degli strumenti digitali
Catena di strumenti CAD/CAM che consente la programmazione NC offline in parallelo alla lavorazione

Software di ingegneria e progettazione che fornisce all'officina le informazioni più recenti

Messa in servizio virtuale che consente la messa in servizio diretta presso il sito del cliente, eliminando il pre-assemblaggio, il collaudo qualitativo e lo smontaggio presso il produttore.

Driver di valore chiave del macchinario - modello dei dati di prodotto integrato dall'ingegnerizzazione alla messa in servizio

Status quo

Nell'ultimo decennio è emersa una catena di strumenti digitali che integra sistemi di progettazione e ingegneria (CAx/CAQ/PLM); tale catena è stata implementata in molte aziende di macchinari. L'adozione di questi sistemi sta aiutando le aziende a gestire meglio la complessità indotta dalla domanda di soluzioni di sistema integrate. Il ricorso a una catena di strumenti digitali sempre più integrata si fa via via più comune nelle fasi di ingegnerizzazione e progettazione della creazione di valore; tuttavia, la piena integrazione del modello di dati del prodotto, fino all'officina e lungo tutta la filiera di fornitura e il ciclo di vita, non è ancora la norma. Ad oggi, le interruzioni del flusso di dati digitali, p.e. per l'incompatibilità degli strumenti con i macchinari o semplicemente per la mancanza di formazione o di dispositivi digitali nell'officina, sono ancora la regola. Gli ordini di lavoro e le istruzioni di assemblaggio in formato cartaceo restano pertanto all'ordine del giorno in officina e lungo la linea di assemblaggio, e i vantaggi dei modelli di dati di prodotto integrati, come la generazione automatizzata di codici NC/CNC nelle lavorazioni meccaniche, sono catturati solo parzialmente.

Un modello di dati di prodotto completamente integrato riduce i tempi di fermo macchina e aumenta la produttività del lavoro

Ambito d'azione

Un modello di dati integrato dall'ingegnerizzazione alla messa in servizio in tutti i sistemi (p.e. CAD, CAM, CAQ, PLM) consente un flusso di dati seamless, dalla fase di progettazione fino all'assemblaggio e alla messa in servizio. L'integrazione pone inoltre le basi per generare il valore di scala dell'Industria 4.0 nei processi di produzione e assemblaggio e lungo l'intero ciclo di vita del prodotto (p.e. la manutenzione).

Dal punto di vista del processo, la completa integrazione del software di ingegneria e progettazione consente all'officina di avere le informazioni più recenti, con garanzia di informazioni aggiornate anche in caso di modifiche al progetto e conseguente riduzione degli errori di fabbricazione e assemblaggio. Per esempio, nelle lavorazioni meccaniche, una catena di utensili CAD/ CAM integrata consente la generazione e la verifica automatizzate del programma NC/CNC in parallelo alle attività della macchina. L'integrazione dei dati sulla qualità nel flusso di lavoro digitale crea un unico insieme di dati point-of-truth. Il modello PLM che ne risulta, con dati metrologici integrati di alta precisione, consente per esempio la simulazione dei raccordi e la regolazione dei parametri macchina per gli alloggiamenti. Ciò riduce le rilavorazioni manuali nelle successive fasi di assemblaggio e aumenta la precisione. Inoltre, la conseguente trasparenza dei dati di prodotto in tutte le fasi tramite, per esempio, un gemello digitale, consente ai produttori di macchinari di passare alla messa in servizio digitale. Ancora, un modello di dati di prodotto integrato consente la messa in servizio diretta sul sito del cliente, saltando l'allineamento, il collaudo e il disassemblaggio presso il produttore, con importante riduzione delle ore di lavoro e del lead time.

Benefici

Un modello di dati di prodotto completamente integrato riduce i tempi di inattività delle macchine e aumenta la produttività della manodopera nelle aree di lavorazione meccanica attraverso la generazione automatica offline di codici NC/CNC. Questo modello libera anche capacità di programmazione di controllo delle macchine, spesso critica, aumentando l'efficienza della programmazione.

Il flusso di informazioni digitali reso possibile dall'integrazione consente di abbreviare il lead time, l'implementazione delle modifiche di progetto dalla lavorazione alla messa in servizio, e di ridurre in modo importante i costi di manodopera per le fasi di assemblaggio e messa in servizio.

Esempio:
ANDRITZ Ritzimplementa un flusso di dati continuo da CAD/CAM ai controller delle macchine utensili L'implementazione da Siemens Teamcenter consente ad ANDRITZ Ritz di trasferire in modo seamless le informazioni di progetto dalla pianificazione della produzione alla produzione stessa. In officina, le postazioni PC sono collegate ai controlli della macchina tramite un'interfaccia seriale o Ethernet. Gli operatori delle macchine hanno un accesso specifico per ruolo ai dati rilasciati. Per ogni lavoro vengono mostrate solo le informazioni necessarie. Secondo la complessità del lavoro, i dati di simulazione, le parti CAM, i modelli CAD, le immagini, i video e i piani di lavoro possono integrare le informazioni predefinite dei dati NC, dei disegni di officina e delle schede di attrezzaggio.

Grazie all'accesso diretto alle informazioni PLM in officina, i tempi di inattività delle macchine si riducono notevolmente e gli operatori possono ridurre al minimo in modo efficace le variazioni della qualità e gli errori di fabbricazione.

Accesso diretto alle informazioni PLM in officina

Status quo
Attualmente, i flussi di lavoro nell'assemblaggio e nell'intralogistica si basano in gran parte su carta, il che rende difficile avere informazioni accurate e aggiornate sullo stato di avanzamento degli ordini di lavoro, sulla collocazione dei particolari e, talvolta, persino sulla sequenza e gli step di assemblaggio di uno specifico ordine; si tratta di un problema particolarmente importante negli ambienti con volumi bassi in cui non esistono due prodotti uguali. Inoltre, spesso le modifiche all’ingegneria sono comunicate all'officina con un ritardo importante, e di conseguenza spesso i lavoratori eseguono le mansioni di produzione e assemblaggio sulla base di ordini di lavoro obsoleti. Una tale mancanza di trasparenza porta a errori e ritardi nel processo di assemblaggio, causando rilavorazioni e allungando il lead time tra la fabbrica e la messa in servizio presso il cliente.

Inoltre, i flussi di lavoro completamente cartacei inibiscono i miglioramenti di processo e la gestione delle prestazioni. Catturare e preparare informazioni su carta per l'analisi delle prestazioni è un compito che richiede molto tempo, pertanto la cattura di dati per l'analisi del miglioramento dei processi è spesso limitata e la gestione delle prestazioni in tempo reale è impossibile a causa dei ritardi nell’elaborazione.

Le chiavi del successo sono un focus precoce sull'usabilità della soluzione digitale e la sua accettazione da parte della forza lavoro

Ambito d'azione
L'abilitazione digitale dei lavoratori in genere combina il passaggio dai flussi di informazioni cartacei a quelli digitali con un maggiore utilizzo dei dispositivi digitali disponibili in officina e per la messa in servizio. Il passaggio dai flussi di lavoro cartacei ai flussi di lavoro completamente digitali e ai display informativi fatti su misura per l'ambiente di produzione (p.e. tablet rigidi, terminali digitali) può fornire alle aziende una lettura più accurata delle informazioni critiche in termini di tempo. In particolare, sono sempre accessibili dall'officina gli ordini di lavoro digitali e le istruzioni di assemblaggio contenenti descrizioni dettagliate delle attività e le sequenze come da ultima revisione del progetto.

rispetto ai tempi standard di assemblaggio e persino riallocato in modo dinamico secondo le competenze o il livello di esperienza del lavoratore. Inoltre, le fasi di lavoro in cui vi è una forte deviazione standard dei tempi effettivi possono essere espressamente riviste e ottimizzate, poiché la deviazione è un indicatore della presenza di problemi. Pertanto, le soluzioni per l'abilitazione digitale dei lavoratori portano l'approccio snello (lean) a un livello più avanzato. Fondamentale per il successo dell'abilitazione digitale dei lavoratori come fattore chiave del valore dell’Industria 4.0 è un focus precoce sull'usabilità delle soluzioni digitali e la loro accettazione da parte della forza lavoro, perché solo un approccio incentrato sull'utente porterà al reale utilizzo, in officina, dei contenuti digitali. Gli aspetti chiave da considerare sono: rigidità dei dispositivi, loro usabilità con i comuni dispositivi di sicurezza, comfort d'uso, durata della batteria (minimo un turno completo), ecc. Oltre al focus sull'usabilità, si deve mettere in grado la forza lavoro di generare e applicare i contenuti digitali, poiché senza una formazione adeguata, gran parte del potenziale rimarrà inutilizzato.

Benefici
Gli strumenti per il flusso di lavoro digitale consentono il monitoraggio in tempo reale dei tempi di assemblaggio e dell’avanzamento del lavoro; quest’accessibilità delle informazioni al minuto consente il rapido riequilibrio delle capacità e il tempestivo rilevamento dei ritardi. Tutto ciò aumenta la produttività del lavoro e riduce il lead time.

Esempio:
Un produttore di attrezzature industriali aumenta l 'efficienza attraverso l'abilitazione digitale shop floor to top floor, cioè trasversale dall'officina alla dirigenza.

TATA ha co-sviluppato una soluzione di visibilità end-to-end presso due impianti di assemblaggio di un produttore svedese di utensili e attrezzature industriali. La soluzione ha creato trasparenza lungo tutta la filiera di approvvigionamento dell'azienda, in ingresso e in uscita. Le applicazioni personalizzate della soluzione comprendevano l'integrazione con ERP, un sistema di controllo dell'officina e logistica di terze parti. TATA ha implementato funzionalità chiave che comprendono, tra l'altro, la gestione degli ordini, il kitting, il Kanban elettronico, la tracciabilità, registrazione dei dati di coppia e prove, istruzioni di lavoro digitali, stampa di codici a barre e aggiornamenti in tempo reale tramite dashboard. I risultati finali di questa soluzione di connettività sono stati un aumento dell'efficienza del 30% nella pianificazione del prodotto e una riduzione del tempo di WIP delle sottounità da tre giorni a quattro ore.

30%

livello di efficienza

Status quo
L'ottimizzazione dell’OEE delle macchine utensili diventa in genere un fattore chiave nella produzione di macchinari quando il parco macchine è ad alta intensità di capitale e ad alta intensità d’uso oppure è un collo di bottiglia rispetto al resto della produzione. Al contrario, se le lavorazioni sono in gran parte esternalizzate e il focus è sull'assemblaggio, l'ottimizzazione dell’OEE delle lavorazioni ha minore importanza.

L'ottimizzazione dell’OEE basata sui dati mira a utilizzare l’analitica avanzata per identificare le cause profonde della perdita di OEE

Ambito d'azione
L'ottimizzazione dell’OEE basata sui dati mira a utilizzare l'analitica avanzata per individuare le cause radice della perdita di OEE nei tre driver dell’OEE di disponibilità, prestazioni e qualità, e per individuare contromisure adeguate. Il primo passo per un’ottimizzazione dell’OEE basata sui dati è creare trasparenza sull'attuale OEE in tutto il sito produttivo; ciò come punto di partenza per la successiva, vera e propria ottimizzazione. È quindi fondamentale catturare informazioni dettagliate sull'OEE. La misurazione dell’OEE va supportata con il tracciamento degli eventi specifici della categoria dell’OEE e con la misurazione di serie temporali (p.e. tempi di commutazione contro tempi di attesa, arresti non pianificati, compresi i motivi), per consentire un drill-down sui driver dell’OEE e l'analisi delle cause radice dell’attivarsi della modalità d’errore. In genere, tale tracciamento si basa su un IT di produzione integrato che consente il tracciamento digitale degli eventi e l'integrazione dei dati degli eventi con le informazioni provenienti da sistemi di livello superiore (p.e. informazioni sulla filiera di approvvigionamento, dati sulla qualità, pianificazione dei turni).

Come secondo step, si conduce un'analisi delle cause radice, sulla base dei dati degli eventi registrati e sulle modalità di errore, per tutti i driver di perdita di OEE. L'analisi di correlazione supportata da analitica avanzata può rivelare le cause radice della perdita di OEE sulla base di un insieme di dati integrato, combinando informazioni sulle aree delle cause radice (quali informazioni sulla filiera di approvvigionamento, dati su utensili e attrezzature e programmi di manutenzione, livello di formazione ed esperienza degli operatori, caratteristiche di progettazione dei componenti). Per focalizzare e priorizzare le attività di analisi delle cause radice, un punto di partenza può essere il benchmark dell’OEE su turni, siti di produzione e, potenzialmente, la comparazione con aziende non concorrenti con analoga operatività delle macchine.

Benefici
Quando i processi di lavorazione si trovano sul percorso critico, l'ottimizzazione dell’OEE delle lavorazioni riduce i costi di produzione abbassando le tariffe orarie dei macchinari attraverso degli aumenti di produttività e la riduzione del lead time.

Esempio:
La tecnologia DMG Mori aiuta Martin Baker a raggiungere l'80% di OEE nelle lavorazioni ad alta varianza.
Martin-Baker produce sistemi di sedili di espulsione per aeromobili e pezzi di ricambio per 56 diversi velivoli, con produzione di oltre 500 pezzi in lotti di dimensioni da 5 a 15 nel reparto lavorazioni meccaniche interno. Mantenere alta l'OEE è stata una sfida durissima, data la flessibilità e la varianza richieste. Sulla base di un'analisi approfondita del processo di produzione e dei driver dell'OEE, DMG Mori ha supportato Martin-Baker portandola a un'OEE dell'80% con modello operativo di produzione del tipo 24/7, con un turno con personale e due turni senza operatori. La combinazione di soluzioni tradizionali di automazione del caricamento macchina mediante pallet con una soluzione software integrata ha consentito di: a) monitorare e rilevare l'usura degli utensili, il blocco degli utensili e il materiale mancante; b) regolare automaticamente le sequenze di lavoro e inviare avvisi di guasto alla sala di controllo e monitoraggio della produzione. Insieme, queste soluzioni hanno contribuito a portare l'OEE fino all'80% nelle aree di lavorazione critiche.

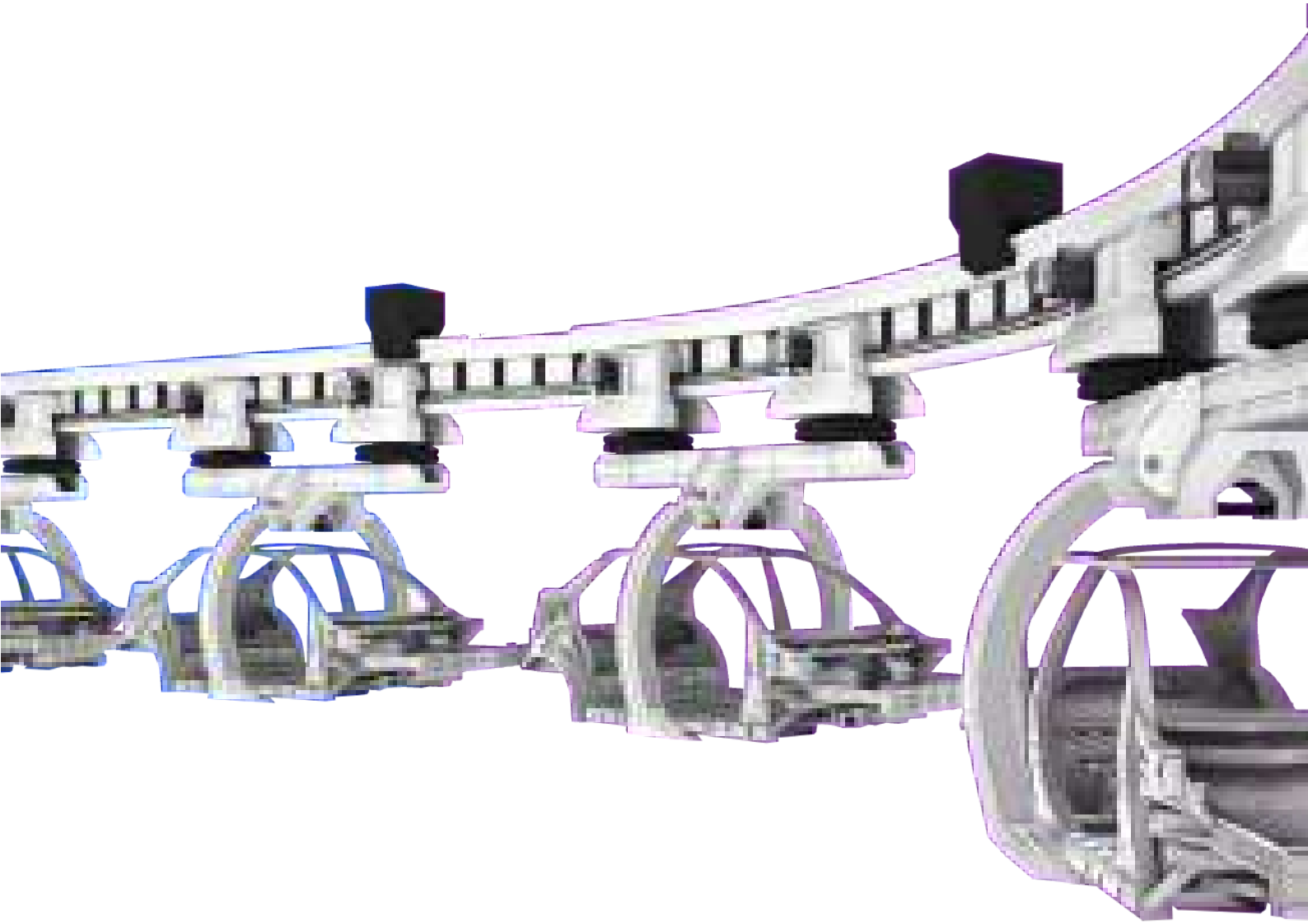
OEE fino a

80%

I.II Automotive

I driver di valore chiave e la target picture in un settore di "produzione personalizzata di massa"

Il settore automotive è stato leader nell'adozione di principi di produzione moderni quali il lean manufacturing e le Sei Sigma, e i sistemi di produzione a esso sottostanti sono stati progettati in modo da poter far fronte alla complessità dei prodotti personalizzati di massa. L'industria, tuttavia, sta cambiando rapidamente e vi sono tre tendenze che impongono all'automotive di trasformarsi ulteriormente.



Le tendenze del settore automotive che definiscono i driver di valore chiave

La domanda dei consumatori per una maggiore personalizzazione La domanda dei consumatori di maggiori opzioni di personalizzazione e più derivati di piattaforma per segmento aumenta il numero di varianti e porta a lead time più brevi, con necessità di maggiore flessibilità, specialmente nell'assemblaggio finale. La maggior severità delle norme sulle emissioni

La maggior severità delle norme in materia di emissioni, soprattutto per quanto riguarda i veicoli a combustione e l'elevato peso delle batterie dei veicoli elettrici (BEV), renderanno necessario un uso estensivo di materiali leggeri; l'uso di tali materiali leggeri aumenterà di conseguenza l'uso di nuove tecnologie di giunzione, come la rivettatura e i giunti adesivi. Inoltre, il passaggio a BEV e PHEV richiederà un cambiamento sostanziale nel processo generale di creazione di valore, in cui per mantenere elevata l'efficienza si devono garantire curve di apprendimento rapido.

La regressione dei costi e le maggiori capacità dei robot Infine, la regressione dei costi e l'aumento delle capacità dei robot consentono l'implementazione della robotica in nuove aree del processo di produzione, a un costo contenuto.

Alla luce di queste tendenze, sono tre i driver di valore chiave dell'Industria 4.0 che promettono valore di scala nel settore automotive:

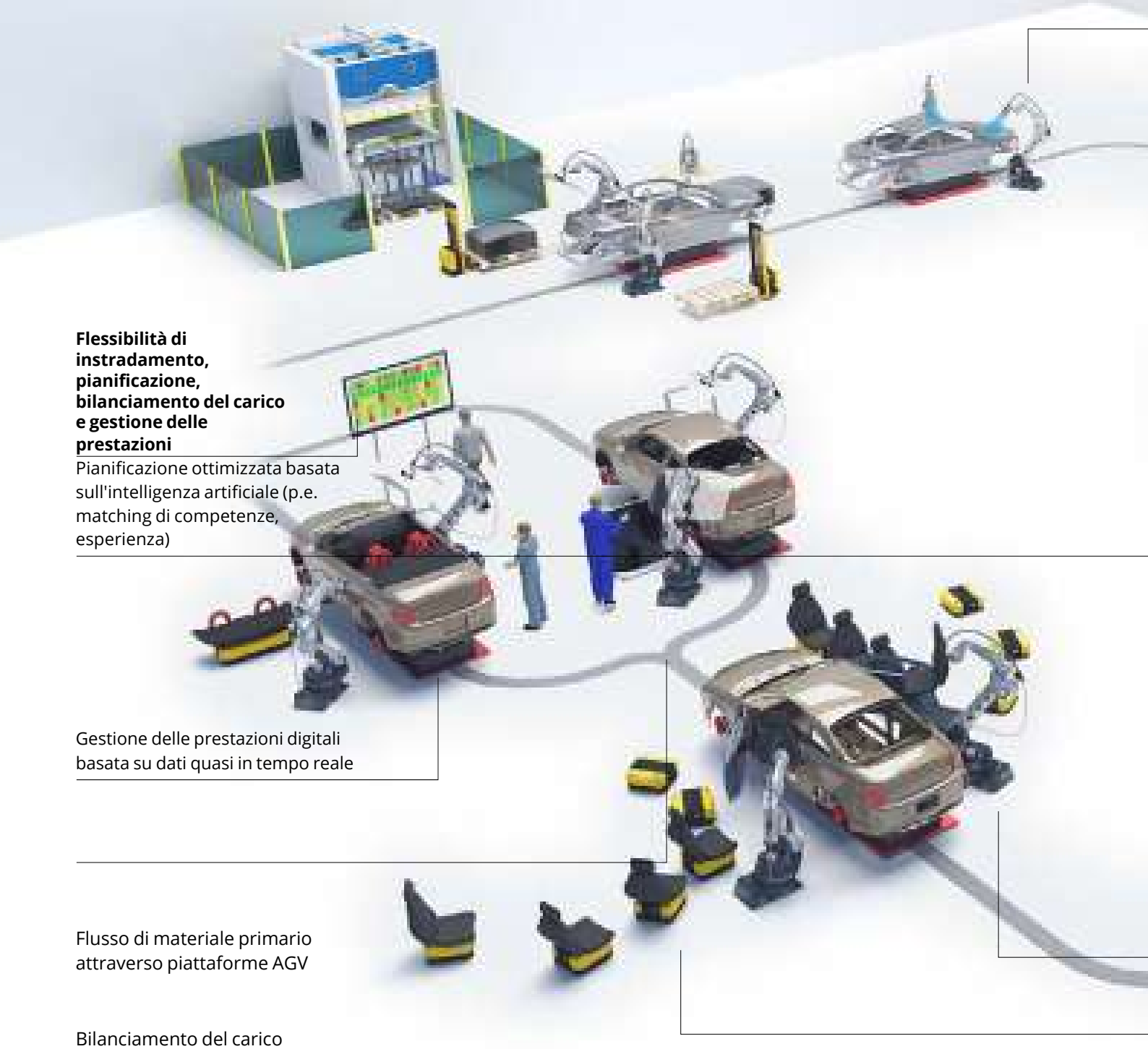
— La flessibilità di instradamento, pianificazione, bilanciamento del carico e gestione delle prestazioni resa possibili dall'Industria 4.0 sulla base di infrastrutture IT di produzione integrata e dall'analitica avanzata può migliorare in modo significativo la produttività in fase di pre-assemblaggio e di assemblaggio finale.

— I circuiti chiusi di controllo della qualità con ispezione in linea mediante sensori riducono al minimo la necessità di rilavorazione, grazie al riconoscimento precoce delle deviazioni dei processi. I circuiti di controllo chiusi possono acquisire valore di scala soprattutto quando per rispondere ai cambiamenti nella catena del valore e nel panorama dei processi servono processi nuovi e curve di apprendimento brevi (p.e. a seguito di un maggiore utilizzo dei materiali leggeri).

— Un'estensione dell'automazione all'assemblaggio finale, p.e. con sistemi di percezione basati sull'intelligenza artificiale o co-robot per una robotica non confinata, consentono riduzioni importanti dei costi di manodopera grazie alla tendenza verso robot a basso.

La target picture della fabbrica futura a pagina 26 mostra la scomposizione dei tre fattori chiave di cui sopra in casi d'uso tangibili e basati sul valore e la loro stretta interazione nella fabbrica di macchinari del futuro. Di seguito tratteremo nel dettaglio i driver dei valori chiave, con esempi d'implementazione di successo.

Schema tipo della fabbrica automobilistica del futuro



Flessibilità di instradamento, pianificazione, bilanciamento del carico e gestione delle prestazioni
Pianificazione ottimizzata basata sull'intelligenza artificiale (p.e. matching di competenze, esperienza)

Gestione delle prestazioni digitali basata su dati quasi in tempo reale

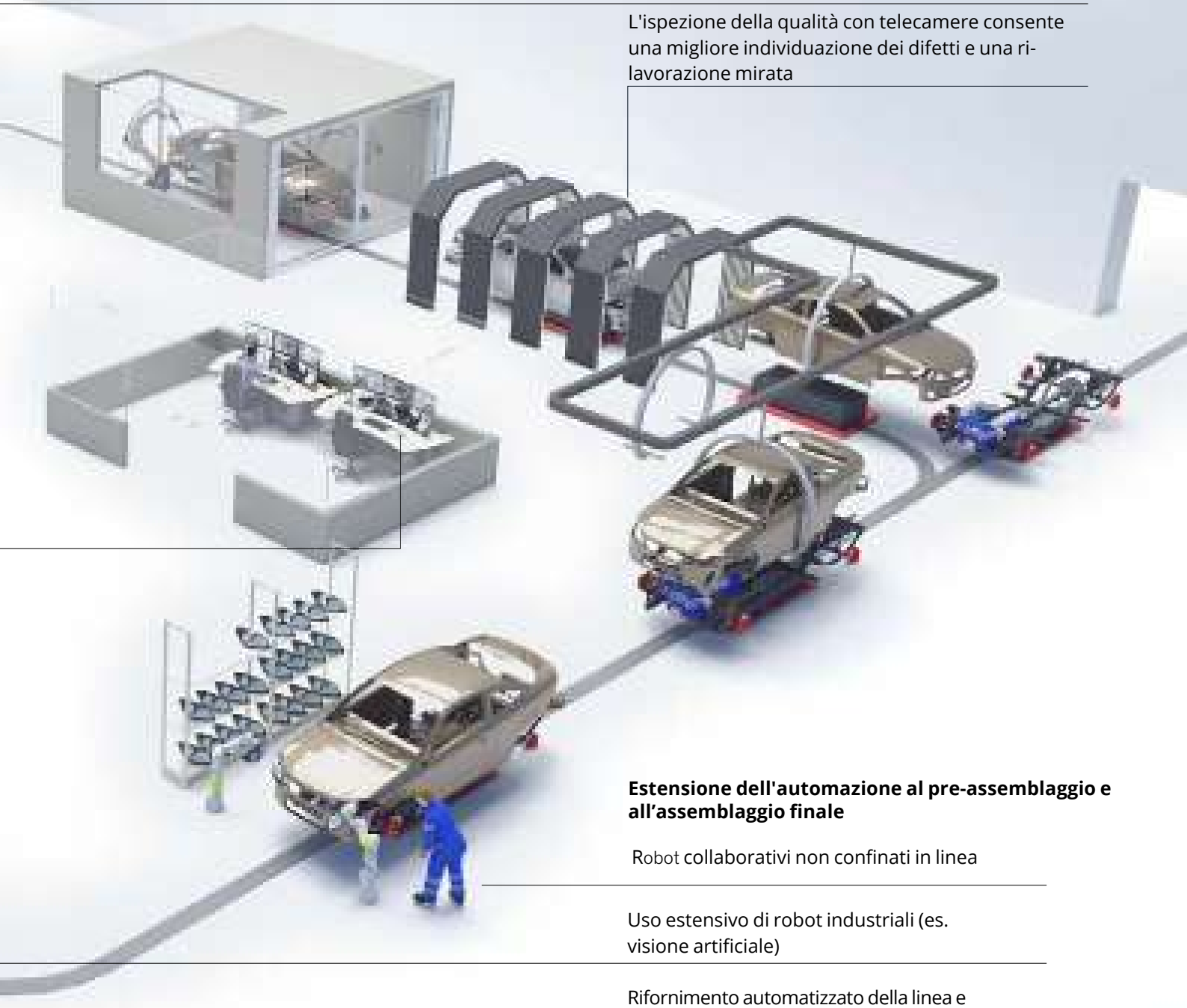
Flusso di materiale primario attraverso piattaforme AGV

Bilanciamento del carico supportato da IA, basato su dati storici e in tempo reale

Circuiti di controllo chiusi con ispezione di qualità in linea basata su sensori

Rilevamento tempestivo della deviazione dei parametri di processo e correzione rapida, riduzione degli scarti (p.e. con ispezione della carrozzeria a mezzo scansione)

L'ispezione della qualità con telecamere consente una migliore individuazione dei difetti e una ri-lavorazione mirata



Estensione dell'automazione al pre-assemblaggio e all'assemblaggio finale

Robot collaborativi non confinati in linea

Uso estensivo di robot industriali (es. visione artificiale)

Rifornimento automatizzato della linea e consegna dei particolari a mezzo AGV

Ulteriori driver di valore di Industria 4.0

Cattura di valore in genere solo per aree selezionate: manutenzione predittiva per macchine e strumenti di produzione, automazione del magazzino, gestione automatizzata delle celle delle batterie ad alta capacità e gestione dei pacchi

Driver di valore chiave nel settore automobilistico: flessibilità di instradamento, pianificazione e bilanciamento del carico

Status quo

Oggi la pianificazione delle attività di assemblaggio si basa in genere sulla rigida direzione della linea principale della fabbrica e su tempi di pianificazione standardizzati (p.e. basati sull'analisi MTM10), la cui flessibilità è garantita solo in misura limitata e si basa in genere sulla sovrapposizione di alcune stazioni di lavoro. Tuttavia, l'elevato e crescente mix di varianti sulla linea può portare a differenze importanti nei tempi di assemblaggio per veicolo in una singola postazione di lavoro, il che richiede un bilanciamento del carico tra le stazioni di assemblaggio per evitare interruzioni del flusso e tempi di inattività.

L'intelligenza artificiale può contribuire a ottimizzare la pianificazione e il bilanciamento del carico tra le linee

Inoltre, spesso i tempi di pianificazione standard non riflettono i reali tempi di lavorazione (p.e. di assemblaggio). A ciò si aggiunga che i tempi di pianificazione standard non riflettono adeguatamente le differenze nei livelli d'esperienza e di abilità dei diversi lavoratori. Come effetto degli attuali processi di pianificazione dell'assemblaggio, si osservano spesso discrepanze tra la pianificazione temporale standard e i reali tempi di assemblaggio, con la creazione di un importante potenziale di aumento di produttività e flusso, riducendo i tempi di attesa tra le postazioni con un instradamento, una pianificazione e un bilanciamento del carico flessibili.

Ambito d'azione

Per catturare il potenziale di scala, si può sfruttare la pianificazione dei compiti della forza lavoro abilitata all'intelligenza artificiale (p.e. abbinando le competenze e l'esperienza nelle mansioni di assemblaggio) per ottimizzare i flussi di lavoro. L'intelligenza artificiale può anche supportare il bilanciamento del carico su più linee sulla base di informazioni di processo e dati storici in tempo reale. Inoltre, l'instradamento del flusso primario di materiale può essere reso più flessibile, p.e. attraverso l'uso di piattaforme AGV come mezzi principali di trasporto del carico principali rispetto a una linea principale rigida. Successivamente, i flussi di materiali secondari possono essere reindirizzati alle nuove postazioni di lavoro, p.e. con una flotta di AGV intralogistici autoguidati e flessibili operanti su un sistema di controllo centralizzato.

Benefici

L'intelligenza artificiale e l'automazione nell'istradamento, nella pianificazione e nel bilanciamento del carico possono ridurre i tempi di inattività/attesa e portare aumenti di produttività nel lavoro e a un maggior rendimento nell'assemblaggio finale.

[10] Metodi: la misurazione dei tempi

Esempio:
Porsche implementa una linea di assemblaggio flessibile basata su AGV per ottimizzare la produzione di veicoli elettrici.

Porsche sta introducendo un processo di assemblaggio basato su AGV per la produzione in serie del suo modello elettrico, Taycan. Invece di un semplice trasporto AGV di veicoli tra stazioni di assemblaggio, il concetto di linea di produzione flessibile si basa su una sequenza takt con gli addetti all'assemblaggio che si muovono con l'AGV nei processi di assemblaggio manuale, seguendo un principio di flusso. Il concept degli AGV permette anche che i veicoli lascino il flusso della linea principale quando necessario, p.e. per l'installazione di speciali dispositivi interni, consentendo in tal modo un bilanciamento. Si prevede che la linea di produzione basata su AGV sarà realizzata con un capex inferiore del 30-40% rispetto alla linea principale tradizionale, con la maggior quota di risparmio derivanti dalla riduzione del peso e dalla correlata riduzione dei costi di costruzione. Inoltre, questo concept promette una maggiore efficienza operativa e tempi di ramp-up più brevi dalla pre-serie alla produzione in serie, poiché i concetti di produzione pre-serie possono essere trasferiti allo stabilimento di produzione in serie.

30-40%

capex inferiore

I driver del valore chiave dell'automotive: circuiti di controllo chiusi per l'ispezione della qualità in linea mediante sensori

Status quo

Attualmente, il controllo non distruttivo della qualità durante produzione a livello di fabbrica si avvale principalmente delle soluzioni metrologiche tradizionali basate su CMM[11] . Il controllo viene spesso condotto fuori linea, cioè estraendo il prodotto dalla linea di produzione per ispezione in un'apposita area/ macchina (p.e. una sala metrologica climatizzata), interrompendo in tal modo il flusso di produzione. In genere, inoltre, il controllo della qualità comporta un campionamento dei pezzi in lavorazione per lo svolgimento delle prove, riservando il collaudo al 100% ai particolari altamente critici o ai processi instabili. I parametri di processo vengono corretti principalmente a seguito di queste ispezioni campionarie, in base a procedure di controllo statico dei processi, il che implica un ritardo tra la rilevazione di processi i cui parametri escono dall'intervallo "in-spec" e la necessaria correzione. Ciò in genere porta a definizioni molto restrittive dei parametri "in-spec", determinati per una rilevazione il più possibile precoce dei difetti, e ciò aumenta la necessità di macchine dall'accuratezza accettabile e processi stabili. L'eventuale rilevazione di una violazione delle soglie di specifica può portare a un tracciamento spesso eccessivamente lungo dei particolari nelle fasi di produzione successive, dove ai particolari di scarto si è già aggiunto altro valore.

L'ispezione della qualità in linea mediante su sensori facilita l'esecuzione di cicli di feedback rapidi per la correzione dei parametri di processo

Ambito d'azione

Il controllo della qualità mediante sensori consente la generazione, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di macchinari e sensori per l'ispezione e l'assicurazione della qualità in linea, senza interruzione del flusso di produzione. Questo driver di valore prevede l'uso di telecamere e scanner per l'ispezione visiva di pezzi (p.e. ispezione della carrozzeria con laser e telecamere, ispezione delle qualità delle verniciature mediante telecamera). L'ispezione mediante sensori aumenta anche la velocità del controllo, fino al 100 percento, consentendo di rilevare i difetti già all'inizio del processo, con una precocità che riduce il valore aggiunto dei particolari difettosi, con riduzione al minimo di scarti e rilavorazioni. I dati dei sensori possono inoltre essere utilizzati per guidare la rilavorazione e quindi aumentarne l'efficienza di rilavorazione in caso di danni alla verniciatura, p.e. l'ispezione della qualità in linea mediante sensori consente cicli di feedback rapidi per la correzione dei parametri di processo e non riduce reattivamente i costi associati ai particolari difettosi. Le simulazioni di processo supportate da analitica avanzata, combinate con i dati delle ispezioni della qualità e le correlate informazioni provenienti dai sensori, sono aumentate parallelamente alle conoscenze specifiche del dominio di processo, per derivarne parametri di processo ottimizzati. A partire da suggerimenti reattivi per la modifica dei parametri, queste correzioni dei parametri di processo possono automatizzarsi con feedback diretto sui macchinari della linea di produzione, creando così un circuito chiuso per la qualità. Con questo feedback proattivo sui parametri, l'Industria 4.0 rende possibile un'importante cattura di valore aggiuntivo.

Benefici

Il controllo della qualità mediante sensori limita gli sprechi riducendo al minimo la rifinitura degli ultimi particolari e di quelli difettosi, rilevando precocemente i difetti e consentendo di anticipare ulteriormente le rilavorazioni. I circuiti chiusi di controllo della qualità riducono anche i tempi di produzione, eliminando le interruzioni del flusso di produzione.

[11] Macchina per misurazioni coordinate

ESEMPIO:
Ford automatizza il controllo della qualità con l'ispezione mediante telecamera

Ford Motor Company utilizza telecamere JAI per il controllare in linea la qualità del processo di verniciatura, per una migliore rilevazione dei difetti. Ford ha installato i sistemi di visione automatizzati JAI per individuare le particelle di sporco sulle verniciature, sostituendo così l'ispezione manuale delle auto, che individuava solo il 50 percento circa dei difetti. Il sistema di visione artificiale JAI è composto da 16 telecamere ad alta risoluzione in grado di rilevare particelle di sporco più piccole di un granello di sale. Le telecamere catturano più di 1.000 immagini di ogni superficie verniciata del veicolo e ne traggono un modello 3D della carrozzeria per individuare eventuali difetti. Con l'introduzione di questo sistema di ispezione visiva, completamente automatizzato, Ford ha visto ridursi i tempi di ispezione grazie ai 15 fotogrammi al secondo prodotti dalle telecamere, con un miglioramento del 90% nella rilevazione dei difetti rispetto all'ispezione umana

90%

miglior rilavazione dei difetti

Un driver chiave dell'automotive: l'estensione dell'automazione al pre-assemblaggio e all'assemblaggio finale

Status quo
Attualmente il pre-assemblaggio e l'assemblaggio finale sono ancora principalmente manuali. Il costo del lavoro e l'efficienza della manodopera sono quindi i principali fattori di costo nei processi di assemblaggio automotive. Per prevenire errori di assemblaggio e garantire alti livelli di qualità nel mix ad alta varianza sulla linea serve una formazione del personale piuttosto lunga, con ripercussione sui costi, gravati anche dalle rilavorazioni.

I sistemi di robot collaborativi possono lavorare in sicurezza fianco a fianco con gli addetti all'assemblaggio

Ambito di azione
Spinta dalla diminuzione dei prezzi e dalle crescenti capacità dei sistemi robotici, l'estensione dell'automazione al pre-assemblaggio e all'assemblaggio finale mostra due aspetti principali. Innanzitutto, l'uso di robot industriali che operano in ambienti confinati/definiti per attività ripetitive può essere esteso a soddisfare le esigenze di un ambiente di assemblaggio ad alta varianza. La visione artificiale, per esempio, rende i robot industriali ancora più flessibili, riducendo la necessità di investimenti importanti in installazioni basate sulle varianze.

In secondo luogo, i progressi nei sensori e nel confinamento virtuale di sicurezza consentono l'uso in linea di applicazioni robotizzate non confinate. I sistemi robotici collaborativi possono lavorare in sicurezza fianco a fianco con gli addetti all'assemblaggio; le loro applicazioni tipiche sono le aree di preparazione dei moduli, l'assemblaggio a bassa velocità/bassa precisione, le attività di controllo della qualità in linea sulla linea d'assemblaggio (p.e. gap scanning in linea). I veicoli a guida autonoma (AGV) contribuiscono a estendere l'automazione al pre-assemblaggio e all'assemblaggio finale, alimentando la linea ed estraendone i particolari.

Benefici
L'estensione dell'automazione al pre-assemblaggio e all'assemblaggio finale, in ultima analisi, riduce i costi di manodopera consentendo di lasciare alcune aree, in questa fase della produzione, completamente prive di presidio umano.

ESEMPIO:
Bosch aumenta l'efficienza dell'ispezione dei particolari a fine linea mediante la robotizzazione flessibile e collaborativa a cura di Rexroth

Bosch utilizza robot collaborativi APAS per l'ispezione automatica della produzione a fine linea, p.e. per i componenti del sistema di iniezione automobilistico. Combinando un braccio robotico collaborativo APAS con un modulo di ispezione della qualità basato su sensori, Rexroth ha creato un'efficiente postazione di ispezione a fine linea che raggiunge un'OEE superiore al 90 percento. La soluzione è anche altamente efficiente in termini di spazio e flessibile grazie alla sua configurazione senza confinamenti. La cella, inoltre, consente brevi interruzioni del flusso di lavoro, arrestando i robot automaticamente e in sicurezza, grazie alla loro pelle dotata di sensori capacitivi, all'ingresso degli lavoratori nell'area della cella. Questa soluzione di automazione flessibile è stata ammortizzata in meno di 20 mesi, con un notevole risparmio sui costi rispetto alla precedente ispezione manuale.

<20 month
ammortamento

I tre ulteriori driver di valore di industria 4.0 per il settore automotive

Oltre ai tre principali driver di valore di Industria 4.0 descritti in precedenza, vi sono altri tre driver di valore dell'Industria 4.0 capaci di creare valore in aree selezionate. La manutenzione predittiva di macchinari e utensili di produzione può essere una leva per catturare il valore dell'Industria 4.0 in quelle aree in cui i beni produttivi e l'OEE sono fondamentali e i costi di manutenzione significativi, p.e. in un'officina di stampaggio automotive. La previsione di potenziali eventi di fermo macchina basati su parametri di macchina/processo e di qualità consente infatti di ridurre le interruzioni del processo e i costi di manutenzione. Tuttavia, la criticità dei tempi di fermo macchina deve essere valutata attentamente rispetto ai potenziali risparmi sui costi, perché una manutenzione basata sulle condizioni e predittiva può rivelarsi una scelta migliore, se si considera il processo di produzione in modo olistico

La criticità dei tempi di fermo macchina deve essere valutata attentamente rispetto ai potenziali risparmi sui costi

Nell'intralogistica, l'uso di magazzini ad alta automazione può contribuire a catturare ulteriore valore nell'ambito dell'Industria 4.0. Una logistica di magazzino con alta automazione dei flussi di materiali e informazioni provenienti da logistica in ingresso, immagazzinaggio, selezione e recupero può contribuire ad aumentare la disponibilità dei particolari, la produttività del lavoro e l'efficienza della filiera. L'automazione della movimentazione e dell'assemblaggio di celle e pacchi batteria ad alta capacità, con la crescente elettrificazione dei gruppi propulsori, può diventare un driver di valore nel panorama manifatturiero dell'automotive. Secondo la tipologia delle celle delle batterie e della configurazione del fornitore, l'introduzione di sistemi di automazione che movimentano celle di batterie ad alta capacità garantendo al contempo sicurezza, precisione del posizionamento e rendimento elevato può generare un valore significativo negli impianti di assemblaggio dei gruppi propulsori dei veicoli elettrici. La sicurezza dell'automazione è ancora una sfida, soprattutto quando l'architettura della batteria si basa su celle a sacchetto.

83

I.III Elettronica di consumo

Driver di valore chiave e target picture in un settore caratterizzato da una "produzione per grandi volumi"

Negli ultimi vent'anni, la maggior parte degli OEM di elettronica di consumo si è concentrata su attività dirette ai clienti quali la formazione del marchio, la gestione dei prodotti, il marketing e le vendite, cercando al contempo di esternalizzare parti essenziali della loro rete di produzione a Contract Manufacturer (CM, o terzisti). Il vantaggio dei Contract Manufacturer per gli OEM consiste in una base di costo inferiore resa possibile dalle economie di scala sul lato CM, nonché nella variabilizzazione dei costi fissi che le loro stesse capacità produttive comporterebbero. Alcuni CM hanno anche tentato la via della progettazione dei prodotti e della ricerca di prodotto, ampliando la propria quota di creazione di valore e diventando degli one-stopshop per gli OEM, cui consentono una maggior differenziazione rispetto alla concorrenza. Nonostante tali passaggi, i CM affrontano un'enorme pressione competitiva e si adoperano continuamente per raggiungere un'eccellenza operativa e livelli di automazione maggiori che consentano loro di ridurre ulteriormente la base di costo e di aumentare i margini. Sulla base di questa situazione generale del settore, vediamo quattro principali tendenze che per i prossimi anni modelleranno l'operatività del manifatturiero elettronico, con ulteriore aumento del potenziale dei driver di valore chiave di Industria 4.0 per l'acquisizione di vantaggio competitivo.

Le tendenze del settore dell'elettronica di consumo che definiscono i driver di valore chiave

Più breve ciclo di vita del prodotto tecnologico
I consumatori si aspettano un'innovazione di prodotto più rapida, il che comporta l'abbreviarsi del ciclo vita della tecnologia del prodotto. Per esempio, il ciclo vita delle tecnologie per gli schermi televisivi è passato dai 30 anni circa degli schermi a tubo catodico a colori ai 20 anni circa della tecnologia dei pannelli LCD fino ai 10 anni circa e anche meno per le ultime tecnologie LED, OLED e a schermo curvo . Ogni nuova tecnologia rende necessaria l'adozione di nuove attrezzature e processi di produzione e assemblaggio, mentre l'abbreviarsi del ciclo vita riduce i tempi disponibili per formazione e ammortamento.

Maggior domanda di varianti di prodotto,aumenta la concorrenza
La crescente domanda di varianti di prodotto e la crescente concorrenza spesso costringono i CM a fabbricare più prodotti su un'unica linea per evitare gli investimenti in nuove infrastrutture.

Nuove caratteristiche della forza lavoro
Si osserva un turnover elevato tra i dipendenti (p.e. si ha spesso un turnover del 200-300 percento maggiore tra i colletti blu), con aumento dei salari e invecchiamento della popolazione nei principali centri di produzione dei CM, in Cina in particolare. Queste tendenze, insieme alla generalmente bassa propensione della fascia più giovane della forza lavoro a lavorare in contesti di produzione ripetitivi, rendono i casi di automazione più interessanti che mai.[12]

Svolta verso un'economia circolare
Lo spostamento verso un'economia circolare La crescente scarsità di risorse, p.e. di metalli preziosi, e la crescente sensibilità ambientalista dei consumatori spingono verso un'economia circolare. L'abbreviarsi del ciclo vita delle tecnologie alimenta ulteriormente la tendenza a ridurre i rifiuti al minimo. Recenti regolamenti governativi, p.e. il Dodd-Frank Act negli Stati Uniti, hanno istituito una legislazione sui minerali per i metalli 3TG[13], con richiesta di un tracciamento rigoroso della filiera di custodia, costringendo all'azione i produttori di elettronica di consumo.

Di fronte a queste tendenze, per catturare valore nella produzione di elettronica di consumo serviranno i tre driver di valore chiave dell'Industria 4.0, che contribuiranno a:

— Conquistare all'automazione degli ultimi domini del lavoro manuale, specialmente nelle linee di pre-assemblaggio e assemblaggio finale e di imballaggio: ciò contrasterà la pressione derivante dall'aumento dei salari e dalla riduzione della disponibilità di manodopera qualificata. Inoltre, ridurrà ulteriormente gli sprechi a fronte di un crescente mix di prodotti e consentirà circuiti di controllo chiusi.

— I circuiti di controllo chiusi per l'ispezione della qualità in linea mediante sensori riducono gli scarti e i rifiuti e aumentano il rendimento grazie alla rilevazione precoce delle deviazioni di processo, l'analisi delle cause radice e la correzione automatica. Questo contribuisce ad accelerare le curve di apprendimento e l' adattamento ai più frequenti cambi di prodotto, oltre che a una produzione complessivamente più efficiente in termini di risorse e pertanto più economica e anche più ecologica grazie alla riduzione dei rifiuti. Inoltre, i circuiti chiusi di controllo della qualità e il crescente grado di automazione acquistano valore perché evitano gli errori umani e rendono possibile la correzione completamente automatica delle eventuali deviazioni.

— L'implementazione della tracciabilità dei componenti e dei prodotti lungo tutta la catena di produzione consente trasparenza, dalla trasformazione e raffinamento dei materiali di base fino al prodotto standard e al suo riciclaggio. La tracciabilità ha reso più facili i reclami in garanzia e il richiamo dei prodotti, e consente a OEM e CM di individuare il fornitore, il lotto dei componenti e la fase specifica del processo responsabili di un particolare difetto. Tale tracciabilità è anche un fattore chiave per l'economia circolare e va a supporto delle misure anti-contraffazione degli OEM. Inoltre, la tracciabilità contribuisce al controllo del processo di produzione, stabilendo un collegamento tra gli eventuali difetti del prodotto e l'insieme preciso dei parametri utilizzati nel relativo processo di fabbricazione.

A partire da pagina 38, la target picture della fabbrica del futuro che ne risulta scompone questi driver di valore in casi d'uso tangibili e basati sul valore e la loro stretta interazione nella fabbrica di elettronica di consumo del futuro. Di seguito tratteremo nel dettaglio i driver dei valori chiave, con esempi d'implementazione di successo.

[12] La percentuale di popolazione di età pari o superiore ai 65 anni aumenterà dal 9 al 17 percento entro il 2030. "Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation," MGI, 2017
[13] Stagno, tantalio, tungsteno, oro

Schema esemplificativo della fabbrica di elettronica di consumo del futuro

Conquista all'automazione degli ultimi domini del lavoro manuale

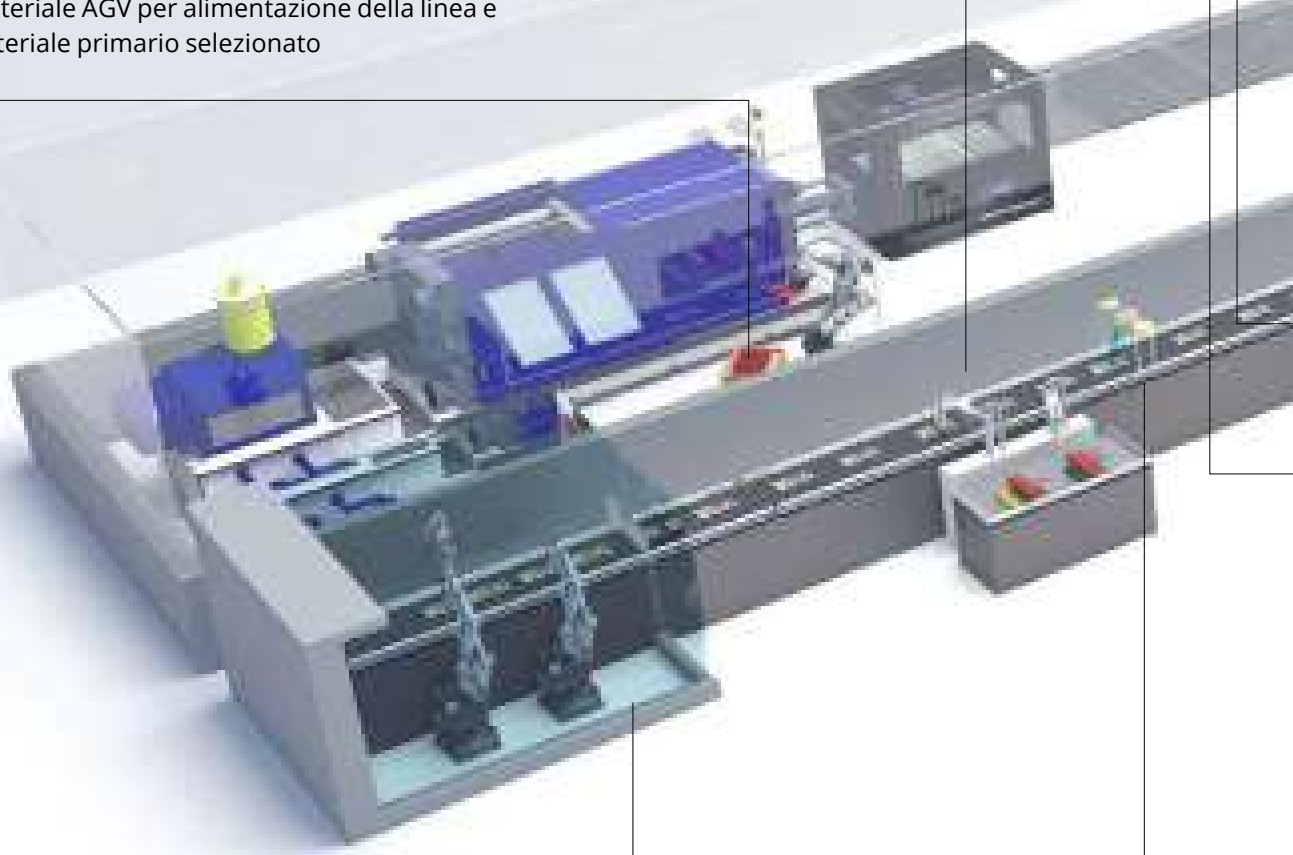
Trattamento e preparazione automatizzati dei componenti (p.e. lucidatura dei carter)

Assemblaggio robotizzato discreto, serraggio di microviti e giunzione adesiva

Smontaggio e riciclaggio dei prodotti assistito da robot

Assemblaggio di componenti su circuiti stampati assistito da robot

Trasporto di materiale AGV per alimentazione della linea e trasporto di materiale primario selezionato



Circuiti chiusi di controllo della qualità chiusi conispezione in linea basata su sensori

Regolazione automatizzata dei parametri di processo e ottimizzazione basata sui dati qualitativi

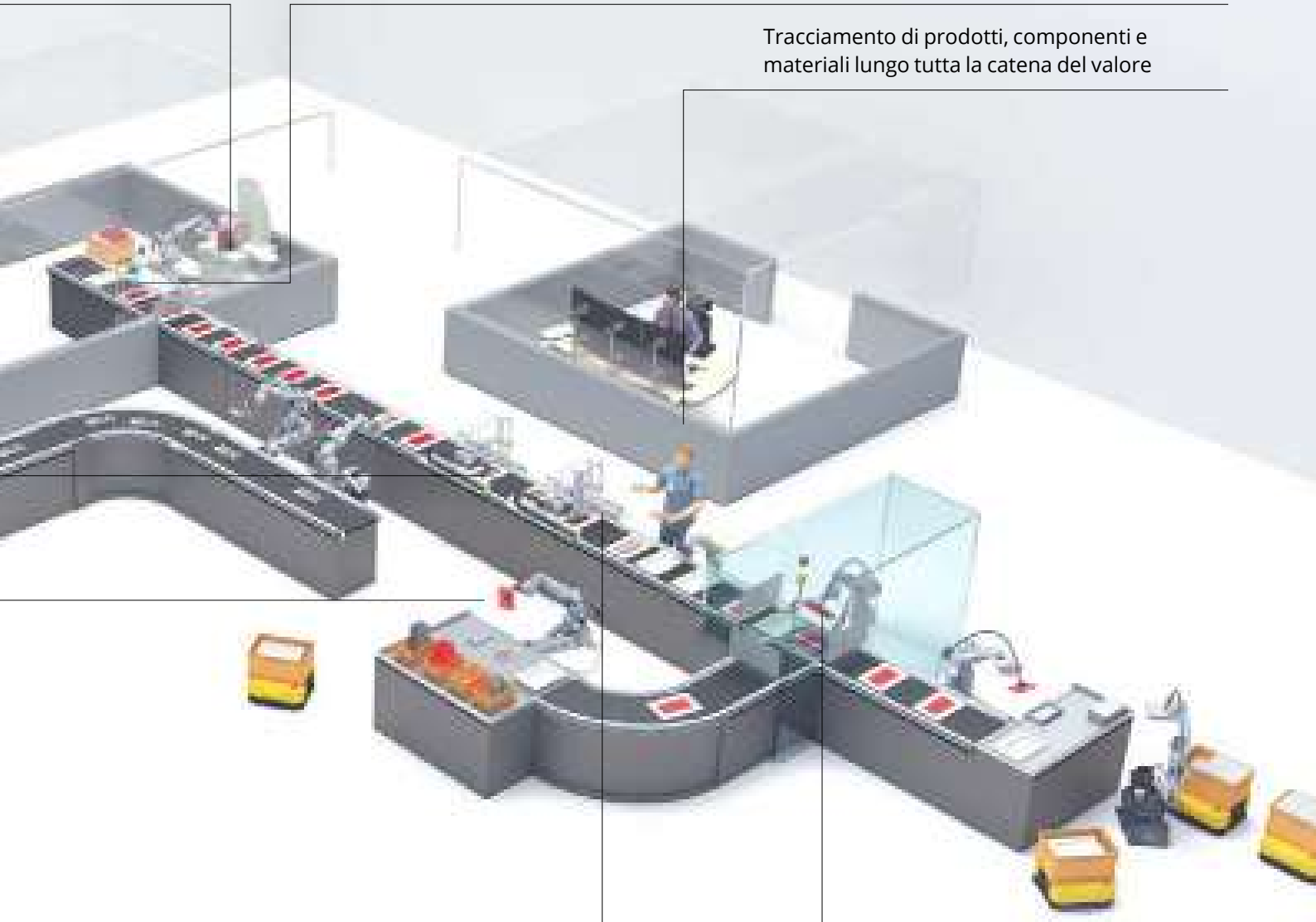
Ispezione della qualità in linea potenziata, per la rilevazione precoce dei difetti (p.e. scansione 3D di assiemi PCB)

Garanzia di qualità dell'assemblaggio discreto (p.e. con robot dotati di visione in grado di ispezionare e correggere il non allineamento dei particolari)

Hardware e software funzionali a fine linea, completamente automatizzati, e assicurazione della qualità

Tracciabilità
Serializzazione di componenti e particolari e tracciabilità lungo tutto il processo di produzione

Tracciamento di prodotti, componenti e materiali lungo tutta la catena del valore



Ulteriori diver di valore di **Industr**ia **4.0**

Cattura di valore esclusivamente per le aree selezionate: gestione delle prestazioni digitali

Un driver di valore chiave per l'elettronica di consumo: conquista all'automazione degli ultimi domini del lavoro manuale

Status quo
Il processo generale di produzione dell'elettronica di consumo è già automatizzato in molte aree, specialmente in caso di attività altamente ripetitive (p.e. assemblaggio di PCB nelle linee SMT) o di condizioni di lavoro pericolose (p.e. lucidatura), ma in alcune fasi del processo domina ancora il lavoro manuale (p.e. assemblaggio di connettori di cablaggio e nastri e di particolari ad alta flessibilità come pellicole). Con una forza lavoro relativamente poco qualificata, le linee di produzione e di assemblaggio si caratterizzano tradizionalmente per una divisione del lavoro per incrementi minimi, il che consente una formazione relativamente rapida dei nuovi dipendenti. La qualità è assicurata a fine linea da lavoratori qualificati o da tecnologie di collaudo.

L'automazione completa viene spesso percepita anche come uno "snellimento gratuito"

Ambito di azione
La sostituzione delle postazioni di lavoro manuali con soluzioni di lavorazione automatizzata viene implementata sulla base di un'analisi dettagliata delle operazioni di assemblaggio manuale e dei requisiti di processo. Processi come il posizionamento dei particolari, la maschiatura e micro-avvitatura e il controllo della qualità vengono automatizzati principalmente tramite robot industriali tradizionali e soluzioni di automazione lineare. Durante la selezione delle soluzioni di automazione vengono prese in considerazione le esigenze di flessibilità derivanti dal mix di prodotti sulla linea e dai prodotti previsti per il futuro, per aumentare il ciclo di vita delle apparecchiature automatizzate.

Per procedere con successo all'automazione è necessaria un'analisi dettagliata del flusso del processo produttivo, in modo da poterlo razionalizzazione e ridurre scarti e rifiuti. Un flusso di processo altamente automatizzato comporta generalmente l'installazione di soluzioni per il controllo e assicurazione della qualità in linea, per un flusso di materiale ininterrotto.

Benefici
In questo modo è possibile ottenere risultati e miglioramenti della qualità importanti, es. linee che corrono due volte più velocemente con metà dei problemi di qualità ed eliminazione delle instabilità di processo e delle inefficienze legate al lavoro umano.

Inoltre, l'automazione completa viene spesso percepita come uno "snellimento gratuito", perché i processi automatizzati seguono rigorosamente il principio di flusso e fasi di produzione altamente standardizzate.

ESEMPIO:
Un produttore globale di elettronica conto terzi ha introdotto soluzioni di automazione robotizzata per ridurre il costo del lavoro dell'80% in alcune aree selezionate

Un contract manufacturer di elettronica di livello globale ha iniziato il proprio percorso di trasformazione digitale della produzione a livello aziendale con una valutazione dettagliata delle operazioni condotte manualmente. Ha individuatole tecnologie robotiche per l'automazione delle proprie attività manuali, principalmente nell'ambito del pick and place, dell'avvitamento, dell'etichettatura, di alcuni cablaggi e nelle applicazioni di plug-in dei connettori. Inoltre, ha individuato come potenziale maggiore l'automazione dei processi di assicurazione della qualità. È stata progettata una linea automatizzata principale, ripensando i processi e sviluppando soluzioni che consentono una flessibilità elevata in vista dell'adattamento a diversi prodotti futuri. La maggiore automazione ha ridotto il costo del lavoro dell'80%. Inoltre, sono stati raggiunti livelli significativamente più elevati di efficienza e qualità del processo.

riduzione del costo del lavoro

80%

Il driver di valore chiave per l'elettronica di consumo: cicli di qualità chiusi con ispezione della qualità in linea mediante sensori

Status quo
Il controllo di qualità in linea sta riscuotendo un crescente successo nella produzione di elettronica di consumo. I sensori di capacità in linea vengono applicati per rilevare la presenza di particolari sulla linea e i sensori di temperatura consentono il controllo del processo. Inoltre, i sistemi visivi per il controllo dimensionale, l'ispezione superficiale, l'OCR/OCV e le attività di guida e localizzazione stanno diventando sempre più comuni. Sempre più spesso sia adottano sistemi di visione per il controllo della qualità degli schermi a fine linea (pixel morti, livello di calibrazione, ecc.), e per verificare la presenza di fili o viti tra le varie fasi dell'assemblaggio.

I circuiti chiusi della qualità possono ridurre significativamente il numero di problemi qualitativi e le rilavorazioni

Ambito d'azione
Il controllo della qualità a circuito chiuso basato sull'ispezione e assicurazione della qualità in linea mediante sensori si basa su due pilastri per la cattura del valore di scala. Innanzitutto, potenziando l'uso di sensori e sistemi di visione con l'interpretazione dei dati e delle immagini provenienti da sensori e il supporto dell'analitica avanzata è possibile rilevare precocemente i difetti. La rilevazione precoce degli errori riduce le rilavorazioni e gli scarti, dall'individuazione e differenziazione tra più etichette di particolari assemblati e dal rilevamento di false installazioni alla verifica della posizione delle viti.

In secondo luogo, i dati del sensore in linea consentono miglioramenti della qualità con l'ausilio dell'analitica avanzata, a chiusura del circuito di controllo della qualità. Come primo passo, l'individuazione dei parametri chiave che influenzano la qualità del prodotto in base ai dati provenienti dai sensori consente una visione approfondita di quei processi, sequenze di processi e postazioni di lavoro che sono critici e fondamentali per la qualità complessiva del prodotto. Questa individuazione dei processi critici consente di derivare modelli per la correzione dei parametri. Questi modelli portano a parametri di processo automatizzati, correzioni in tempo reale e feedback dai dati dei sensori in linea, a chiusura del circuito di controllo della qualità. Tra gli esempi vi è la calibrazione automatizzata dei robot per il posizionamento delle etichette. L'ispezione visiva della posizione dell'etichetta nella linea di assemblaggio consente di rilevate eventuali deviazioni e la conseguente regolazione automatica dei parametri di movimento dei robot preposti all'etichettatura. Oltrepassando i confini del singolo reparto, i dati raccolti dal circuito chiuso di controllo della qualità possono essere restituiti ai reparti di ingegneria per migliorare la progettazione del prodotto ai fini della sua producibilità nelle successive revisioni del progetto.

Benefici
I circuiti chiusi di controllo della qualità possono ridurre significativamente il numero dei problemi qualitativi e la necessità di aree di rilavorazione ad alta intensità di manodopera, spesso inefficienti. I circuiti della qualità chiusi abbreviano anche tempi di ramp-up del rendimento della linea del prodotto e accelerano la curva di apprendimento del processo. Nel complesso, l'implementazione di circuiti chiusi di controllo della qualità con ispezioni mediante sensori aumenta l'OEE e consente processi di auto-miglioramento.

ESEMPIO:
Samsung utilizza una scansione 3D all'avanguardia per far fronte alla crescente domanda e ai severi standard di qualità dei pannelli LCD Samsung ha introdotto l'ispezione automatizzata mediante scansione 3D in sostituzione del processo d'ispezione manuale della planarità dei pannelli LCD, che costituiva un collo di bottiglia nel processo di produzione.

L'ispezione automatizzata in linea si basa su sistemi di ispezione dei filtri colorati che operano alla stessa velocità della linea di produzione. Questi sistemi individuano i difetti sia interni sia superficiali del pannello. I difetti vengono segnalati in tempo reale agli operatori con precisa indicazione delle coordinate XY e le informazioni sulla tipologia del difetto. Il passaggio all'ispezione in linea mediante sensori ha aumentato la velocità del processo di ispezione da pochi minuti a meno di un secondo per schermo. L'output della linea di produzione e il tempo di throughput sono notevolmente migliorati ed è stato eliminato il collo di bottiglia nel processo d'ispezione. I clienti hanno beneficiato di prodotti privi di difetti, grazie all'individuazione e risoluzione dei difetti a monte.

<1 secondo

tempo di ispezione per schermo

Un driver di valore chiave dell'elettronica di consumo: la tracciabilità

Status quo
Sempre più spesso si richiede agli EOM la tracciabilità di prodotti e componenti lungo l'intera filiera di produzione; si tratta di una procedura che le aziende sono tenute rispettare per essere eleggibili al ruolo di CM. La trasparenza della filiera di produzione è di sempre maggiore importanza. Il monitoraggio lungo l'intera filiera, tuttavia, oggi si basa principalmente su determinati punti di controllo, con un significativo ritardo tra i punti di registrazione.

Benefici
La tracciabilità assicura gli ordini dei clienti e l'accesso al mercato grazie al rispetto di normative e regolamenti. La disponibilità di dati provenienti dal processo di produzione e dall'intera filiera consente un'adozione più rapida e meglio finalizzata delle contromisure necessarie a risolvere i problemi di qualità a livello della clientela (p.e. a seconda che si tratti di singoli prodotti, più prodotti o intere linee di prodotti) .

L'Industria 4.0 consente il monitoraggio in tempo reale, dal fornitore all'impianto al negozio

Ambito d'azione
L'Industria 4.0 migliora il tracciamento dei prodotti lungo la filiera di produzione con il monitoraggio in tempo reale, dal fornitore all'impianto al negozio. In particolare, la combinazione della connettività dell'Internet of Things industriale (IIoT) con le nuove tecnologie di verifica dei dati (p.e. blockchain) consente una maggiore tracciabilità lungo la filiera. Nelle fasi della catena del valore a monte e a valle della produzione, i cloud IIoT agevolano il monitoraggio e verifica dell'origine dei componenti, il miglioramento della qualità e l'individuazione dei prodotti contraffatti.

ESEMPIO:
Seagate si prepara a utilizzare la Blockchain IBM e il fingerprinting elettronico per tracciare la filiera dei dischi rigidi

Per combattere la contraffazione dei dischi rigidi, Seagate e IBM stanno creando un sistema per utilizzare la blockchain per tracciare il percorso dei dischi rigidi dal sito di produzione al punto d vendita e, se necessario, dal secondo al primo. A tal fine, i dati di autenticazione dei dischi rigidi verranno aggiornati sulla piattaforma Blockchain IBM sulla base del Secure Electronic ID di Seagate, che fungerà da identificativo univoco. Ogni identificativo funziona come un'impronta digitale e verifica l'identità del singolo disco rigido. Per effetto dei costanti aggiornamenti, la blockchain fornirà un record univoco degli eventi del ciclo vita del singolo disco rigido e consentirà a fornitori, fornitori di servizi e utenti finali di confermare la fonte in qualsiasi momento. Questa si prospetta come una contromisura efficace contro la contraffazione dei prodotti elettronici, che a livello globale raggiunge un valore di circa 1,7 trilioni di dollari.

Misure efficaci contro la contraffazione dei prodotti elettronici

Gli ulteriori driver di valore dell'Industria 4.0 per l'elettronica di consumo

La gestione digitale delle prestazioni consente significativi guadagni in termini di efficienza, specialmente nelle aree in cui predomina il lavoro manuale. Il feedback in tempo quasi reale sulle variazioni delle prestazioni all'interno della linea e la tempestività degli avvisi in caso di instabilità del processo consentono contromisure rapide e miglioramenti continui. Il monitoraggio delle prestazioni dei singoli operatori, il follow-up dei tempi di ciclo vita di ogni singola stazione e l'allocazione del lavoro basata sulle prestazioni nelle officine di riparazione possono generare miglioramenti significativi al livello degli operatori. Inoltre, le informazioni possono essere trasmesse verso l'alto, con trasparenza delle prestazioni di produzione in tutti i siti di produzione e una più facile gestione dell'operatività, del reporting e del trasferimento di buone prassi.

ESEMPIO:

Le istruzioni di lavoro interattive di Jabil Circuit

Jabil Circuit utilizza istruzioni di lavoro interattive basate su tablet da Tulip per guidare l'assemblaggio dei prodotti elettronici e per la contemporanea analisi dei processi. App personalizzate forniscono agli operatori istruzioni visive sugli step di assemblaggio e consentono loro di tracciare e segnalare in tempo reale eventuali problemi di qualità. Questo sistema ha completamente sostituito le vecchie istruzioni di lavoro su supporto cartaceo e le precedenti procedure d'ispezione. I dati raccolti dall'officina vengono costantemente analizzati dal motore di analisi di Tulip. A quattro settimane dall'implementazione delle istruzioni di lavoro digitali, Jabil Circuit ha registrato un aumento di oltre il 10% nel rendimento della produzione e una riduzione del 60% dei problemi di qualità relativi all'assemblaggio manuale.

+10%

resa della produzione

II. Come scalare: focalizzarsi sul valore, mobilitare l'organizzazione e innovare l'infrastruttura

Dopo lo sviluppo di una prospettiva su cui focalizzarsi, il secondo elemento da affrontare per catturare l'intero potenziale dell'Industria 4.0 è come portare a scala. La nostra ricerca, supportata dall'esperienza dei nostri clienti e dalle osservazioni dal mondo dell'industria, rivela che focalizzarsi su tre principi chiave consente la cattura di valore di scala.

II.I Focalizzarsi sui driver di valore chiave: valore a monte, non tecnologia a valle

Per un processo decisionale che si basi sul valore bisogna focalizzarsi su ciò che effettivamente crea valore anziché su come implementate le tecnologie più all'avanguardia. Come osservato nella prima sezione del presente rapporto (cfr. pagina 12), una chiara priorizzazione dei driver di valore chiave specifici del singolo settore consente alle aziende di dimostrare l'impatto dell'Industria 4.0 in tempi di payback piuttosto brevi e consente all'azienda di generare valore con le risorse già a sua disposizione. Le target picture dei settori dei macchinari (cfr. pagina 16), automotive (cfr. pagina 26) ed elettronica di consumo (cfr. pagina 38) offrono una panoramica dei driver di valore più rilevanti per ciascun archetipo industriale. La visione generale per l'Industria 4.0 andrebbe formulata secondo tali driver. I progetti faro selezionati possono aumentare la visibilità e il supporto alla trasformazione secondo Industria 4.0, in tutta l'azienda.

II.II Mobilitare l'azienda: si tratta di persone, gli strumenti da soli non risolvono il problema

L'Industria 4.0 impone una trasformazione organizzativa. Se l'attenzione si concentra solo sull'introduzione di nuovi strumenti digitali senza la piena abilitazione dell'organizzazione, l'implementazione dell'Industria 4.0 nella migliore delle ipotesi catturerà solo valore specifico per la singola applicazione. Diversamente, lo sfruttamento delle competenze dell'organizzazione nel suo specifico dominio e delle sue competenze di processo e la creazione sostenibile di nuove competenze e capacità portano a una trasformazione di successo, con un impatto duraturo su tutta l'azienda.

approfondimenti dalla ricerca **McKinsey**

"Le organizzazioni che investono nello sviluppo dei leader attraverso la trasformazione hanno ~ 2,4 volte più probabilità di avere successo"[14]

Mobilitare l'organizzazione

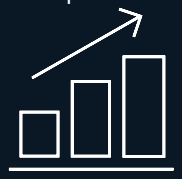
Un mandato aziendale proveniente dall'alto è fondamentale per la trasformazione di successo secondo l'Industria 4.0. Le aziende leader nella generazione d'impatto finanziario attraverso l'Industria 4.0 e lo IIoT sono anche le più impegnate (e quelle che hanno più successo) nel perseguire e garantire il supporto dell'alta dirigenza senior agli sforzi per la realizzazione dell'Industria 4.0, diversamente dalle altre (cfr. pagina 49). In particolare, la trasformazione dovrebbe essere sostenuta dall'impegno dei responsabili del conto economico a garantire un ritmo adeguato e un'adozione diffusa dei principi dell'Industria 4.0. Per generare e mantenere lo slancio bisogna condividere i risultati intermedi e le storie di successo, regolarmente e in tutta l'organizzazione. La dimostrazione dell'impegno dell'organizzazione per la trasformazione secondo l'Industria 4.0 dovrebbe prevedere sessioni di immersione digitale e visite conoscitive (go-and-see visit) da parte dell'alta dirigenza. Dal punto di vista del personale, si dovrebbe nominare tra i dirigenti un leader che guidi la trasformazione. A completare la strategia organizzativa verticale, il processo decisionale integrato e il coordinamento tra tutte le funzioni coinvolte e gli step della catena del valore In tutta l'organizzazione, i team interfunzionali abbatteranno le barriere tra le funzioni promuovendo così l'innovazione. La comparazione tra leader e ritardatari mostra che i leader godono di un migliore allineamento organizzativo interno (cfr. pagina 49).

[14] Comparazione della percentuale di trasformazioni di grande o estremo successo, McKinsey Transformational Change Survey

Informazioni chiave dalle implementazioni dell'Industria 4.0

3 chiavi principali per acquisire valori di scala

Che cosa serve per uscire con successo dal purgatorio dei piloti

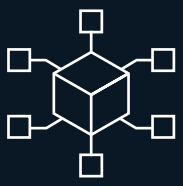


Concentrarsi sui driver di valore

Pensare al valore a monte, non alla tecnologia a valle, concentrandosi sui driver di valore chiave specifici del settore
Sviluppare una visione avvincente e ispirare l'organizzazione attraverso piloti faro

Mobilitare l'organizzazione

Guidare la trasformazione dall'alto con chiara proprietà aziendale
Consolidare rapidamente i vantaggi di base per una dimostrazione precoce del valore
Sviluppare le capacità e coltivare una cultura altamente agile

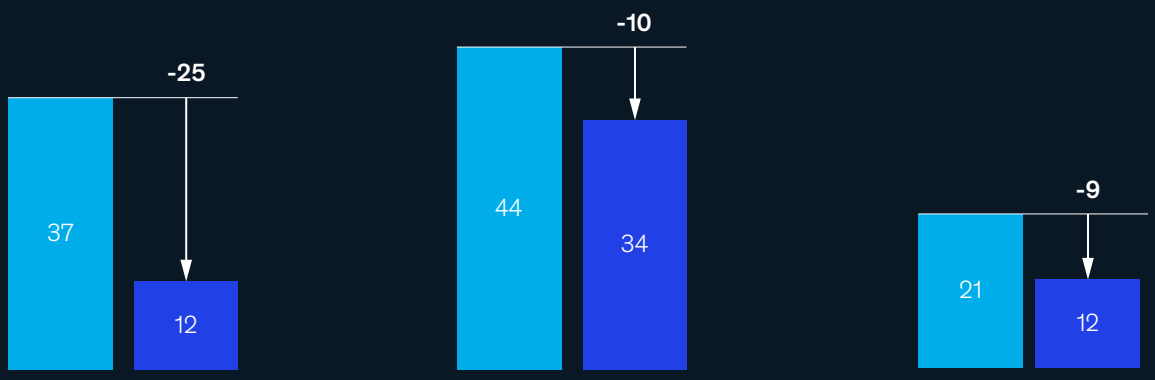


Innovare la struttura

Definire uno stack di tecnologie target integrate sulla base di un'analisi approfondita dello status quo
Scegliere il percorso di transizione e abilitarlo a livello locale prima di portare a scala globale

IImparare come mobilitare l'organizzazione dai leader dell'Industria 4.0

Fattori chiave per il successo dei programmi di **Industr**ia **4.0/IoT**
Fattore di citazione percentuale n. 1 o no. 2



Supporto dell'alta dirigenza

Forte allineamento organizzativo interno

Caso o aziendale forte o forte visione di come creare valore/impatto

[1] >15 % di risparmio sui costi e incremento del reddito combinati
[2] <5% di risparmio sui costi e incremento del reddito combinati

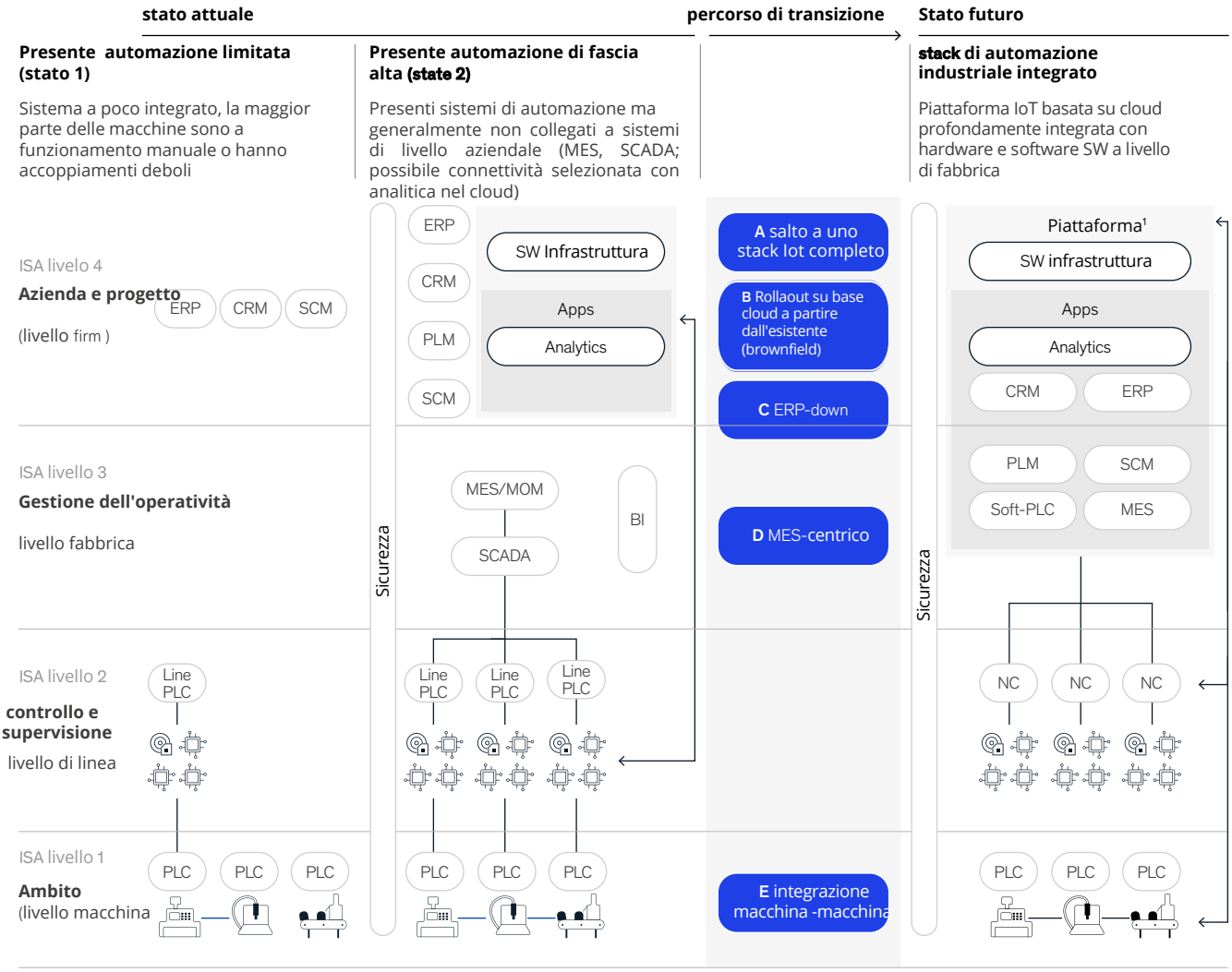
Affrontare il divario di capacità
Un altro fattore di successo per le trasformazioni dell'Industria 4.0. È il dotarsi delle giuste abilità e capacità. Le organizzazioni dovranno identificare le carenze di competenze e integrare la conoscenza del dominio aziendale esistente per colmare tali lacune, p.e. Nelle aree dell'analitica avanzata, dell'intelligenza artificiale e dell'architettura dello stack IoT.
Le competenze e le capacità necessarie possono essere sviluppate attraverso una combinazione di formazione interna, acquisizione di nuovi talenti e collaborazioni con fornitori di soluzioni tecnologiche e istituti di ricerca e accademici. Tuttavia, lo sviluppo delle capacità da solo non basta a catturare e sostenere l'intero valore dell'Industria 4.0: è infatti indispensabile che le nuove capacità vengano istituzionalizzate e non viste come separate o aggiuntive. Le aziende dovranno coltivare una cultura che sostenga le nuove capacità integrandole con quelle capacità e comprendendone il carattere essenziale per la creazione di valore.

II.III Innovare le infrastrutture, spostandosi verso uno stack tecnologico integrato, ottimizzando a livello locale prima di portare a scala globale

L'implementazione dell'Industria 4.0 richiede una trasformazione sia dell'infrastruttura IT sia dello stack delle tecnologie di automazione. La sezione seguente illustra come avere successo in questa trasformazione, rifacendosi ai risultati della ricerca svolta per il white paper di McKinsey del 2018, "Leveraging industrial software stack advancement for digital transformation." È essenziale iniziare stabilendo con chiarezza l'attuale stato dell'azienda. Successivamente si procederà a sviluppare una chiara immagine dell'architettura target e si mapperà il percorso di transizione più adatto al particolare settore e contesto aziendale. Durante tutto il processo, usi agirà attenendosi al principio secondo cui il focus iniziale sull'abilitazione locale è la chiave per garantire la cattura precoce del valore.
Creare trasparenza sullo status quo
Oggi molte aziende si trovano nello stato in cui hanno uno strato software aziendale con collegamento non coerente a livello di fabbrica, linea o macchina.
Spesso i dati non vengono affatto raccolti o sono frammentati tra i silos organizzativi. La traduzione manuale tra i livelli imprenditoriali e quelli operativi (spesso tramite fogli di calcolo elettronici) limita la trasparenza ed è soggetta a errori umani. Inoltre, o non vi sono MES o ve ne sono diversi per i vari step della catena del valore ma con poca o nessuna interconnessione e manca l'integrazione con l'SCM e altri sistemi aziendali. Infine, ma non da ultimo, vi è il basso livello di interconnessione tra le fasi di processo, i sensori integrati sono pochi e l'analitica scarsa, e la maggior parte delle macchine sulle linee non sono interconnesse.
Naturalmente, alcuni settori e aziende hanno già fatto progressi nelle loro trasformazioni verso l'Industria 4.0 e hanno risolto alcune delle sfide sopra descritte, p.e. attraverso la creazione di capacità di analisi dedicate e il collegamento dei componenti chiave del proprio ecosistema produttivo. Nonostante i progressi compiuti da alcuni, pochissimi hanno realizzato uno stack di automazione industriale completamente integrato.
Definire la target picture dello stack di automazione industriale e della sua piena integrazione
Lo stack di automazione industriale pienamente integrato che può fungere da target picture per la trasformazione secondo l'Industria 4.0, l'integrazione dei dati operativi dell'officina con i sistemi di back-end (p.e. ERP, EAM) crea piena trasparenza in tutte le fasi della catena del valore e a tutti i livelli dell'organizzazione. Il focus su analitica e applicazioni rafforza la capacità dell'organizzazione di elaborare le informazioni in tempo reale, compresa l'analitica edge per il miglioramento dell'operatività (p.e. controllo avanzato dei processi, manutenzione predittiva). L'integrazione semantica tra i dispositivi dell'officina e i sistemi di controllo, bypassando potenzialmente il livello MES e proteggendo i canali di trasmissione dei dati attraverso connessioni di rete diverse, abilita tecnologicamente la convergenza tra l'officina e la dirigenza.
Scegliere il giusto percorso di transizione
Vi sono più percorsi per passare dallo status quo allo stato target (cfr. prospetto 2). Il percorso ottimale dipende sia dalla situazione di partenza sia dal settore verticale in cui l'azienda opera. In generale, il motto che guida la gran parte dell'innovazione delle infrastrutture verso l'Industria 4.0.è "wrap and extend" e non "rip and replace".

Prospetto 2

Percorsi verso uno stack di automazione industriale integrato per l'Industria 4.0



Descrizione	archetipo ed esempio verticale	Chiave di cambiamento
Salto a uno stack IIoT completo		
Salto dallo stato attuale 1 a una piattaforma completa, principalmente con progetti ex novo (greenfield) con una chiara visione dell'IoT	**Produzione per piccoli lotti** (es .macchinari) Salto reso possibile da un'operatività di fabbrica minore/meno complessa, con vantaggi importanti grazie al controllo di fabbrica e all'analitica in tempo reale	La mancanza di esperienza può comportare tempi di ramp-up lunghi. Sfide di integrazione
B Rollaout su base cloud a partire dall'esistente(brownfield)		
Upgrade dell'esistente (brownfield) dallo stato attuale 2 a un impianto completamente integrato	**Produzione per grandi volumi** (es. elettronica di consumo) Alta propensione alla digitalizzazione, con spazi importanti per miglioramenti all'automazione	Integrazione di sistemi legacy e cambiamento di passo
C ERP-down		
Sfruttare il software ERP esistente e usarlo come backbone di integrazione, passando a MES	**Produzione per grandi volumi** (es. elettronica di consumo) Nuove linee di produzione o nuove fabbriche di grandi attori EMS	Richiede più istanze in diversi impianti Gestione dei dati master (MDM) spesso separata da EPR
D MES-centrico		
Sviluppo sulla base del software MES esistente e già consolidato con integra sia verso l'alto sia verso il basso	**Produzione personalizzata di massa** (es. automotive) Gli OEM che implementano MES maturi per coordinare operatività di fabbrica complessa	Difficoltà di messa in scala tra impianti Richiede più istanze in diversi impianti
E Integrazione da macchina a macchina		
Aggiorna le macchine esistenti con analitica edge e/o si dei bordi e/o sviluppa l'integrazione a livello di PLC/NC per eseguire dati globali	**Produzione per piccoli lotti** (es .macchinari) Operatività di fabbrica con cicli vita delle macchine lungo e fasi di elaborazione correlate con la domanda di alta qualità (servono capacità di tracciamento degli errori)	Passaggio completo all'architettura IIoT molto impegnativo per l'assenza di basi comuni per l'integrazione Difficoltà di per connettersi ai PLC della concorrenza

1 La piattaforma può essere ospitata in situ, come servizio interno dell'azienda, o da terze parti
Fonte: "Leveraging industrial software stack advancement for digital transformation," McKinsey white paper, 2018.

Abilitare a livello locale prima di portare a scala globale
La trasparenza sulla posizione iniziale dell'infrastruttura, la target picture dello stack di automazione e il percorso di transizione per giungervi sono aspetti importanti per il successo della trasformazione secondo Industria 4.0, perché assicurano la scalabilità dell'impatto creato. Tuttavia, sebbene la scalabilità sia importante, un'eccessiva enfasi sulle infrastrutture all'inizio di una trasformazione secondo l'Industria 4.0 può rallentare lo slancio e deviare il focus dalla necessità pragmatica di catturare valore nell'operatività. Per esempio, le soluzioni on-premise spesso consentono già la cattura del valore dei casi d'uso chiave e, se progettate correttamente, possono essere successivamente integrate nell'architettura generale della target picture.

Sulla base dei dati dei casi d'uso dell'Industria 4.0, solo circa il 30 percento dei casi d'uso mostra forte dipendenza dalla connessione delle infrastrutture dei vari siti di produzione, mentre da un altro 15 percento si attende un importante potenziamento dei vantaggi

Pertanto, soprattutto nei primi giorni della trasformazione secondo l'Industria 4.0, il focalizzarsi su un'infrastruttura IT globale si associa spesso investimenti ad alto rischio, ad alto impegno e a lungo termine.

Focalizzarsi sulla cattura di valore locale può contribuire ad anticipare l'innovazione delle infrastrutture

Un focus iniziale sulla cattura di valore locale può contribuire ad anticipare l'innovazione delle infrastrutture e a garantire un processo decisionale basato sul valore. Dopo che l'azienda ha correttamente consolidato il valore dalla distribuzione locale, può implementare il principio del "wrap and extend" di cui sopra per espandere l'infrastruttura e iniziare a catturare valore globale.

Prospetto 3

Fasi e passi successivi del viaggio verso l'Industria 4.0

	Fase **Industr**ia **4.0**		
	I. Nuovo a Industria 4.0	II. Pilota di Industria 4.0	III. Scalare a Industria 4.0
Obiettivo da rafggiunger e e fase successiva	Sviluppare prospettive sui driver di valore chiave Comprendere l'ecosistema 4.0 del settore Istituire un team Industria 4.0 supportato dall'alta dirigenza e avviare piloti	secondo Industria 4.0 Individuare i driver di valore chiave per lo sfruttamento su scala Intraprendere il viaggio di trasformazione locale Creare trasparenza sull'infrastruttura attuale e progettare lo stack di automazione integrata target	Inizia il rollout dei driver di valore dell'Industria 4.0 nei siti di produzione Mobilitare l'intera organizzazione per il rollout della trasformazione Scegliere il percorso di transizione e portare a scala lo stack tecnologico dove aggiungere valore
esempi dei passi successivi	Partecipare alle tavole rotonde del settore Scoprire le buone prassi Visitare i potenziali partner dell'ecosistema Comprendere le carenze culturali e di talenti	Costruire un ecosistema di partner secondo l'Industria 4.0 Attività focus Imparare attraverso i piloti e fermare i piloti senza valore aggiunto	Portare a scala infrastrutture, competenze e capacità, sfruttando l'ecosistema dell'Industria 4.0 Trasformare la cultura

[15] Per un elenco completo dei casi d'uso cfr. "The Next Economic Growth Engine Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production," WEF/McKinsey white paper, 2018

Prospettive: i prossimi passi per catturare valore di scala

I passi successivi lungo del percorso di trasformazione dell'Industria 4.0 dipendono da dove l'organizzazione si trova attualmente con riferimento alle tre fasi verso la cattura di valore globale secondo l'Industria 4.0 (Prospetto 3). Se si è nuovi all'Industria 4.0, la priorità assoluta è individuare i driver di valore chiave per i piloti. Molte organizzazioni non hanno ancora sviluppato una prospettiva su come catturare il valore dell'Industria 4.0 e in alcune aree vi sono solo delle prime iniziative isolate. In tal caso, bisogna, come primo passo della trasformazione dell'Industria 4.0., individuare i driver di valore chiave in base all'archetipo di fabbrica. Il solido sviluppo di tale solida prospettiva può facilitare l'implementazione e impedire all'azienda di impantanarsi nel purgatorio dei piloti. Al contempo, serve creare un team dell'Industria 4.0 supportato dall'alta dirigenza, per avviare i progetti pilota.

Se attualmente si è nella fase di pilotaggio delle soluzioni dell'industria soluzioni 4.0, è essenziale focalizzarsi sui driver di valore chiave e avviare la trasformazione a livello locale. Con i primi piloti dell'Industria 4.0 attivi e funzionanti, si ha il vantaggio di poter utilizzare i primi risultati sia per dimostrare il potenziale di valore sia per determinare l'infrastruttura necessaria per catturare valore su una scala più ampia. I passi successivi sono l'individuazione dei driver di valore chiave per lo sfruttamento su scala e lo sviluppo di una roadmap per la messa in scala. Parallelamente allo sviluppo della roadmap si deve intraprendere un processo di trasformazione locale per una spinta precoce. In particolare, per catturare valore su scala maggiore è fondamentale abilitare l'organizzazione e portarla a comprendere come dovrebbe essere il suo stack tecnologico per l'innovazione delle infrastrutture.

Per le organizzazioni che hanno raggiunto il valore di scala dell'Industria 4.0, è essenziale implementare i driver di valore chiave nell'ambito di una trasformazione organizzativa a scala piena, su tutta l'impronta produttiva e lungo tutta la filiera di produzione. Una volta individuati i driver di valore chiave dell'Industria 4.0 per i siti di produzione selezionati e si è catturato il valore di scala a livello locale grazie a un'organizzazione e un'infrastruttura abilitate localmente,
si è prossimi alla scala globale. Il passaggio successivo consiste nell'individuare i casi d'uso dell'Industria 4.0 che trarrebbero maggiori benefici da una soluzione connessa su tutta l'impronta produzione. Ciò contribuirà a definire l'ambito di un rollout più ampio. È quindi necessario mobilizzare l'organizzazione su una scala più ampia per tutta l'impronta di produzione, per una trasformazione più ampia; ciò per garantire un'adeguata abilitazione. Portare lo stack tecnologico iniziale a scala su soluzioni che consentono di catturare valore negli impianti porta inoltre all'innovazione delle infrastrutture, consentendo un ulteriore rollout. Tuttavia, il rollout che punta alla scala globale non finisce qui. Il valore catturato sarà sostenibile solo quando lo slancio organizzativo e l'organizzazione manifatturiera implementata saranno in grado di attrarre e trattenere i talenti necessari a un'ulteriore implementazione dell'Industria 4.0. Pertanto, sostenere la cultura organizzativa per la produzione digitale è un compito che va oltre lo sforzo di trasformazione.

Note legali

McKinsey non è un consulente d’investimento e pertanto non può e non fornisce consulenza in materia di investimenti. Nulla nel presente rapporto è da intendersi come consulenza in materia di investimenti o come raccomandazione di particolari transazioni o investimenti di alcun tipo, né come indicazione per la compravendita di titoli, né come invito o incentivo a intraprendere attività d’investimento

Clausola di esclusione della responsabilità

Le immagini dei casi d'uso hanno scopo meramente illustrativo e non intendono rappresentare prodotti reali né esempi di casi reali.

CONTATTI

Christian Jansen is an associate partner in McKinsey's Hamburg office.
christian_jansen@mckinsey.com

Christoph Schmitz is a senior partner in McKinsey's Frankfurt office.
christoph_schmitz@mckinsey.com

Andreas Tschiesner is a senior partner in McKinsey's Munich office.
andreas_tschiesner@mckinsey.com

Autori

Christoph Schmitz, Senior Partner, Frankfurt

Andreas Tschiesner, Senior Partner, Munich

Christian Jansen, Associate Partner, Hamburg

Stefan Hallerstede, Associate Partner, Munich

Florian Garms, Senior Consultant, Berlin

Contributi

William Advinin, Expert, Lyon

Harald Bauer, Senior Partner, Frankfurt

Andreas Behrendt, Partner, Cologne

Matthias Breunig, Partner, Hamburg

Andras Kadocsa, Partner, Budapest

Richard Kelly, Partner, Stamford

Bodo Koerber, Partner, Dusseldorf

Martin Linder, Partner, Munich

Alpesh Patel, Associate Partner, Singapore

Gerard Richter, Senior Partner, Frankfurt

Krish Suryanarayan, Expert, Detroit

Advanced Industries
July 2019
Copyright © McKinsey & Company
Designed by Visual Media Europe

www.mckinsey.com

@McKinsey
@McKinsey

Traduzione a cura della Direzione Attività Produttive - Regione Toscana