



Macchine e dispositivi per la Produzione

***L'impatto del Design for Manufacturing e
dell'automazione avanzata: approccio alla
produzione di infissi***

Ing. Fabrizio Catinari

*Commissione di Meccanica Industriale
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*

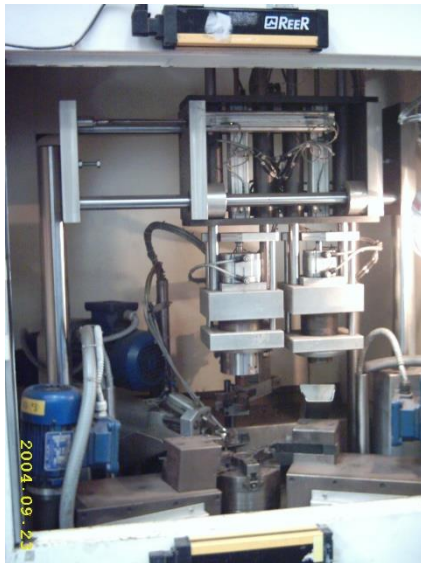
Roma, 17 giugno 2025





Chi Sono

Mi chiamo Fabrizio Catinari e fin da bambino seguivo mio Padre in officina dove costruiva macchine automatizzate customizzate molto avveniristiche per l'epoca. Macchine utensili, trucioli e PLC mi accompagnano «da qualche anno». Sono affascinato dall'innovazione, l'automazione, le produzioni industriali e da tutto ciò che si muove autonomamente grazie a un CN.





Introduzione

In questa presentazione vedremo come ottimizzare una produzione di infissi in legno. L'ottimizzazione è stata fatta applicando i principi del DFM e l'automazione. I risultati ottenuti sono efficienza, sicurezza e qualità costruttiva. Analizzeremo:

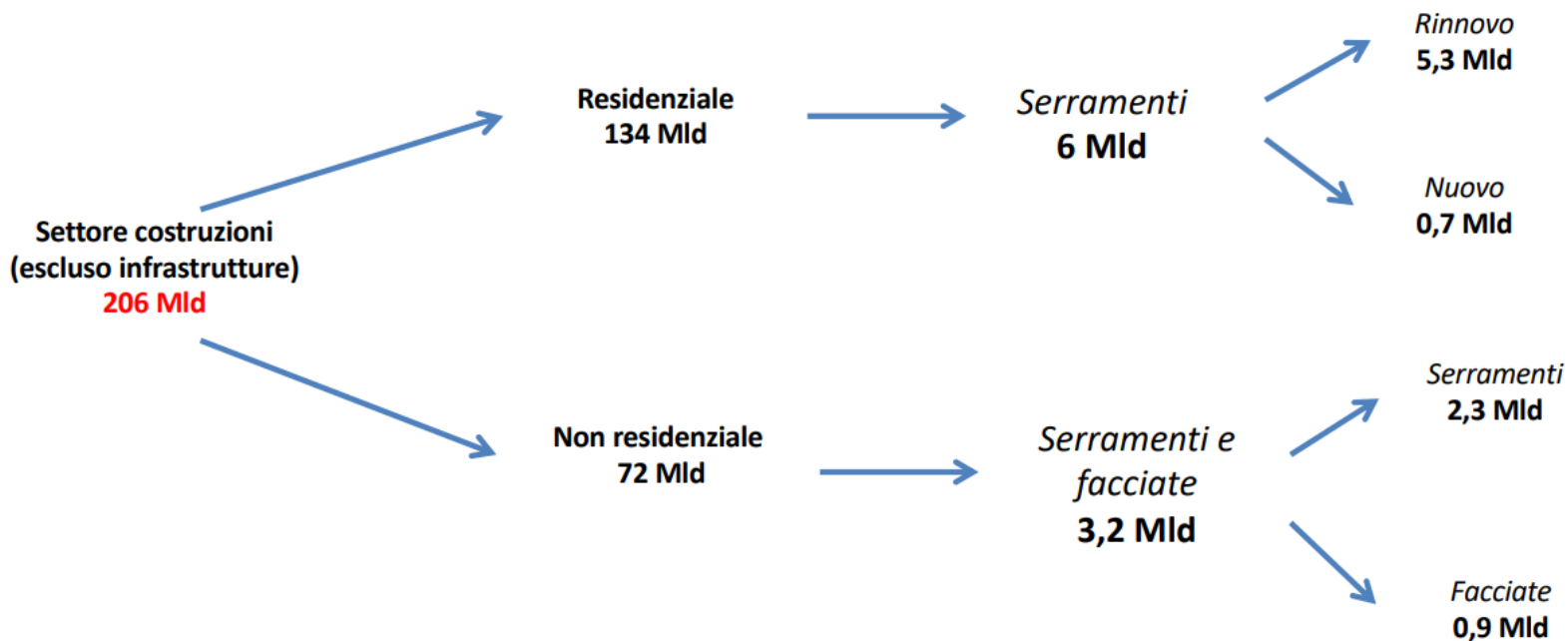
- Il mercato del serramento
- Le fasi produttive
- Quali elementi compongono un serramento in legno
- Il rapporto INAIL sul settore «industria del legno»
- Le ottimizzazioni in fase di progetto
- Le ottimizzazioni in fase di produzione
- L'automazione come ottimizzazione di processo
- L'automazione come miglioramento della sicurezza sul lavoro

Contesto Economico



Il settore delle costruzioni e la domanda di serramenti e facciate

2024 valore mercato serramenti e facciate: 9,2 Mld



Valori in miliardi di Euro, 2024

Elaborazioni su dati ISTAT



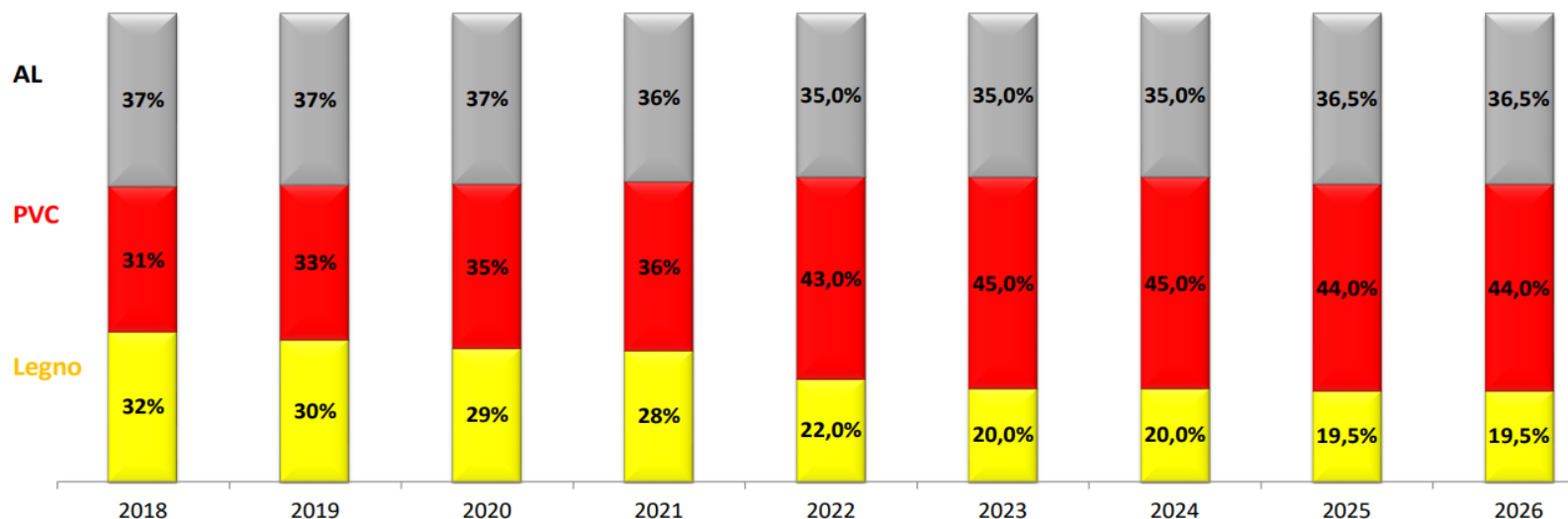
[Rapporto UNICMI sul mercato dell'involucro edilizio – Edizione Marzo 2025 - Ufficio Studi Economici UNICMI](#)

Contesto Economico



Quote di mercato nei serramenti (residenziale e non residenziale)

Quote di mercato in valore, residenziale e non residenziale



Le statistiche sul mercato delle costruzioni vengono aggiornate ad ogni nuova release di dati ISTAT, questo comporta delle modifiche che interessano anche i dati degli anni precedenti a quello di pubblicazione del presente report

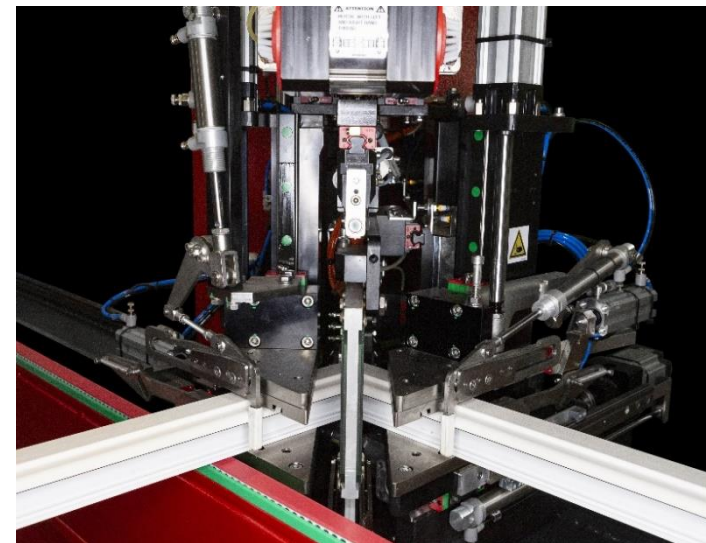
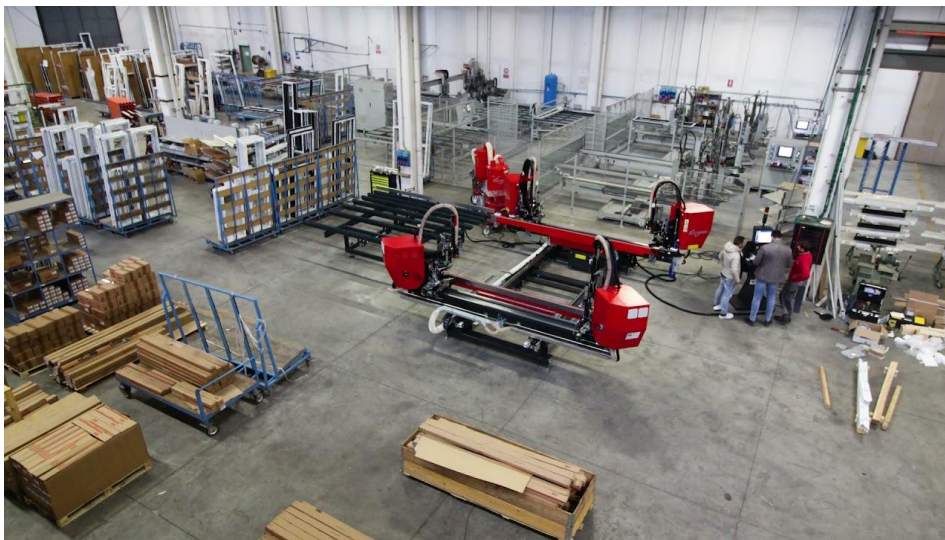
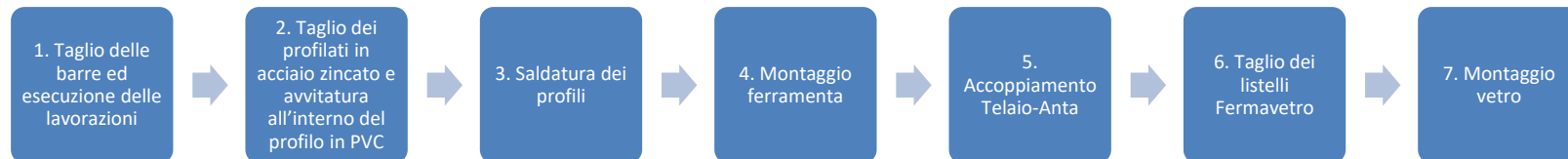
Elaborazioni su dati ISTAT. Dati 2025, 2026 proiezioni

Tutte le previsioni presentate nel documento sono soggette a revisione trimestrale. Le previsioni relative al 2025 presentano un margine d'errore del +/- 10%, per quelle relative all'anno 2026 il margine d'errore è del +/- 30%.

[Rapporto UNICMI sul mercato dell'involucro edilizio – Edizione Marzo 2025 - Ufficio Studi Economici UNICMI](#)

Com'è si realizza un serramento?

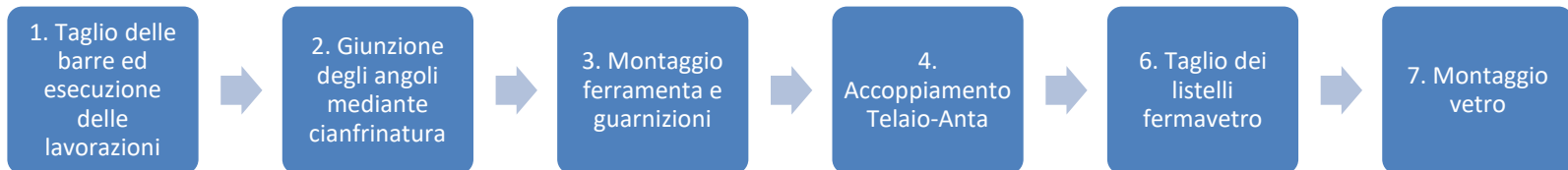
PVC



Sito web del produttore [Graf Synergy](http://www.graf-synergy.com)

Com'è si realizza un serramento?

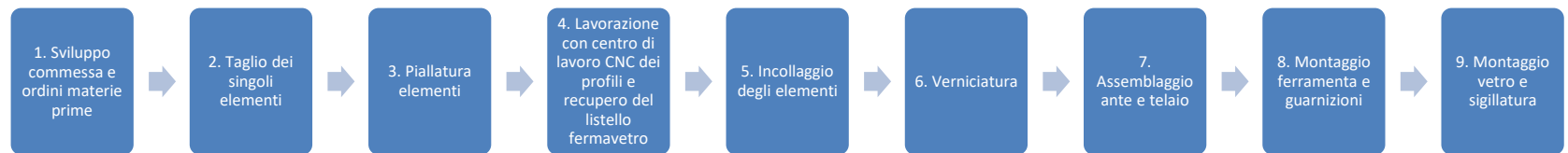
Alluminio



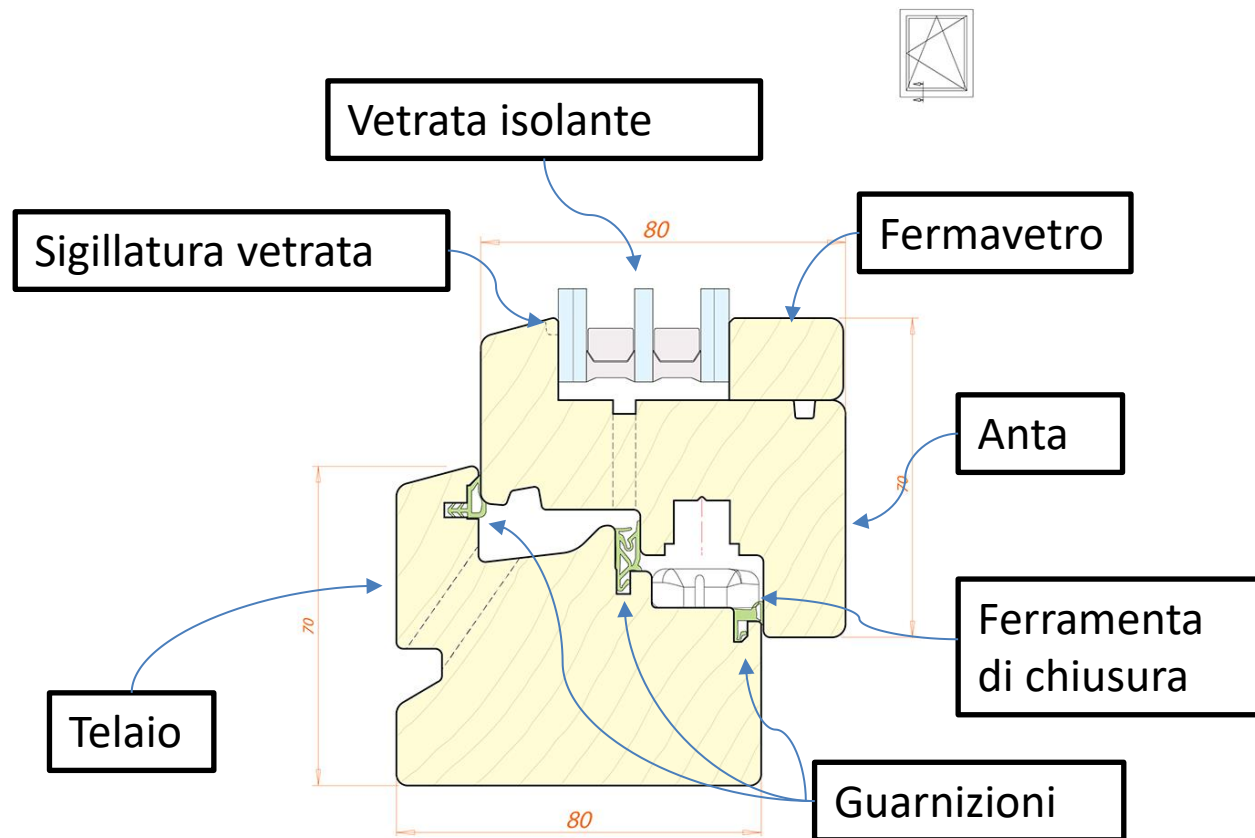
Sito web del distributore [Schueco International](http://www.schueco-international.com)

Com'è si realizza un serramento?

Legno



Quali elementi compongono un serramento?



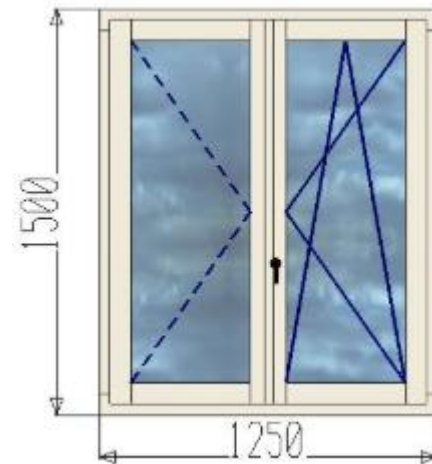
Sezione dal sito web del produttore di utensili [TWT](#)

La distinta base

La produzione di un serramento è fortemente personalizzata. Quanti pezzi compongono una finestra due ante?

La distinta base:

- 12/13 elementi profilati principali (13m ca.)
- 8 listelli fermavetro (7m ca.)
- 2 vetrate isolanti
- Circa 5kg di prodotti vernicianti
- Circa 250ml di sigillanti fluidi
- Oltre 60 viti
- Circa 20 chiodini per fissaggio fermavetro
- Oltre 50 elementi della ferramenta di chiusura
- Circa 25 metri di guarnizioni
- 1 maniglia
- 1 etichetta CE
- 70kg ca.



Distinta Base Estesa:

- Numerosi componenti
- Elevato numero di codici articolo da gestire
- Scarsa standardizzazione dei componenti

Geometrie complesse

- Produzione di molti profili
- Molti profili geometricamente complessi
- Molti elementi prodotti manualmente

Economia:

- Complessità in fase di preventivazione
- Difficoltà nell'approvvigionamento e gestione delle scorte con conseguenti costi elevati
- Processi produttivi non ottimizzati e soggetti a errori

**Costi di produzione elevati e qualità non
sempre costante**

Sicurezza e rischi per gli operatori

- Rischio di lesioni fisiche dovuto a macchine mordenti (seghe, pialle, toupie - all. 4 "direttiva macchine" o all.1B "regolamento macchine")
- Esposizione a polveri (polveri di legno duro sono cancerogene)
- Esposizione a rumore e vibrazione
- Esposizione ad agenti chimici (vernici, colle e solventi)
- Movimentazione manuale dei carichi (patologie osteoarticolari)
- Rischio Incendio/esplosione



Conseguenze

Dati INAIL (fonte: Dati Inail n.5 maggio 2024 – triennio 2019-2021)

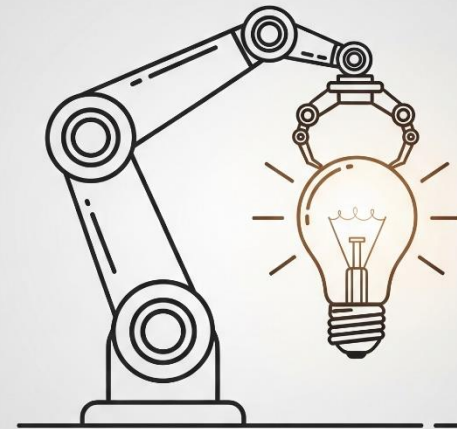
- Indice di frequenza infortunistica: 21,81 ‰ (legno) – 15,26‰ (industria) [10⁶ h – infortuni ogni 10³ addetti]
- Indice di gravità: 2,92 (legno) – 1,48 (industria) [gg assenza]
- Fase di lavorazione più rischiosa -> Taglio e Piallatura: 1 infortunio su 10
- Aumento di insorgenza di malattie professionali
- ¾ degli infortuni sono denunciati al Nord (dove lavorano 6 addetti su 10 del settore) e quasi la metà di questi nel Nord-Est



Come intervenire

L'obiettivo principale delle produzioni industriali è quello di ottimizzare i processi, i costi, la qualità dei prodotti e la sicurezza degli operatori. Le aree di intervento principali sono:

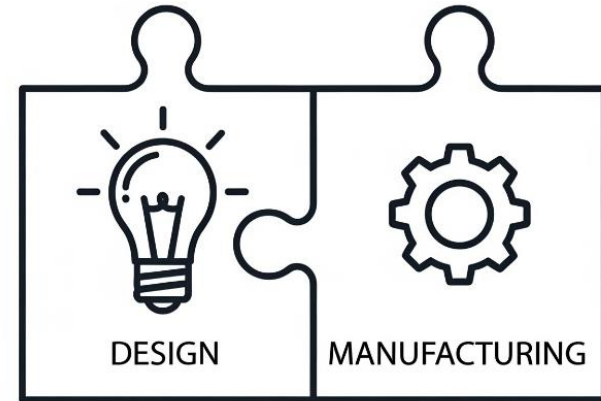
- Ottimizzazione progettuali del prodotto e dei componenti
- Ottimizzazioni dei processi produttivi
- Ottimizzazione logistiche/Handling
- Automazione



Ottimizzazione progettuale

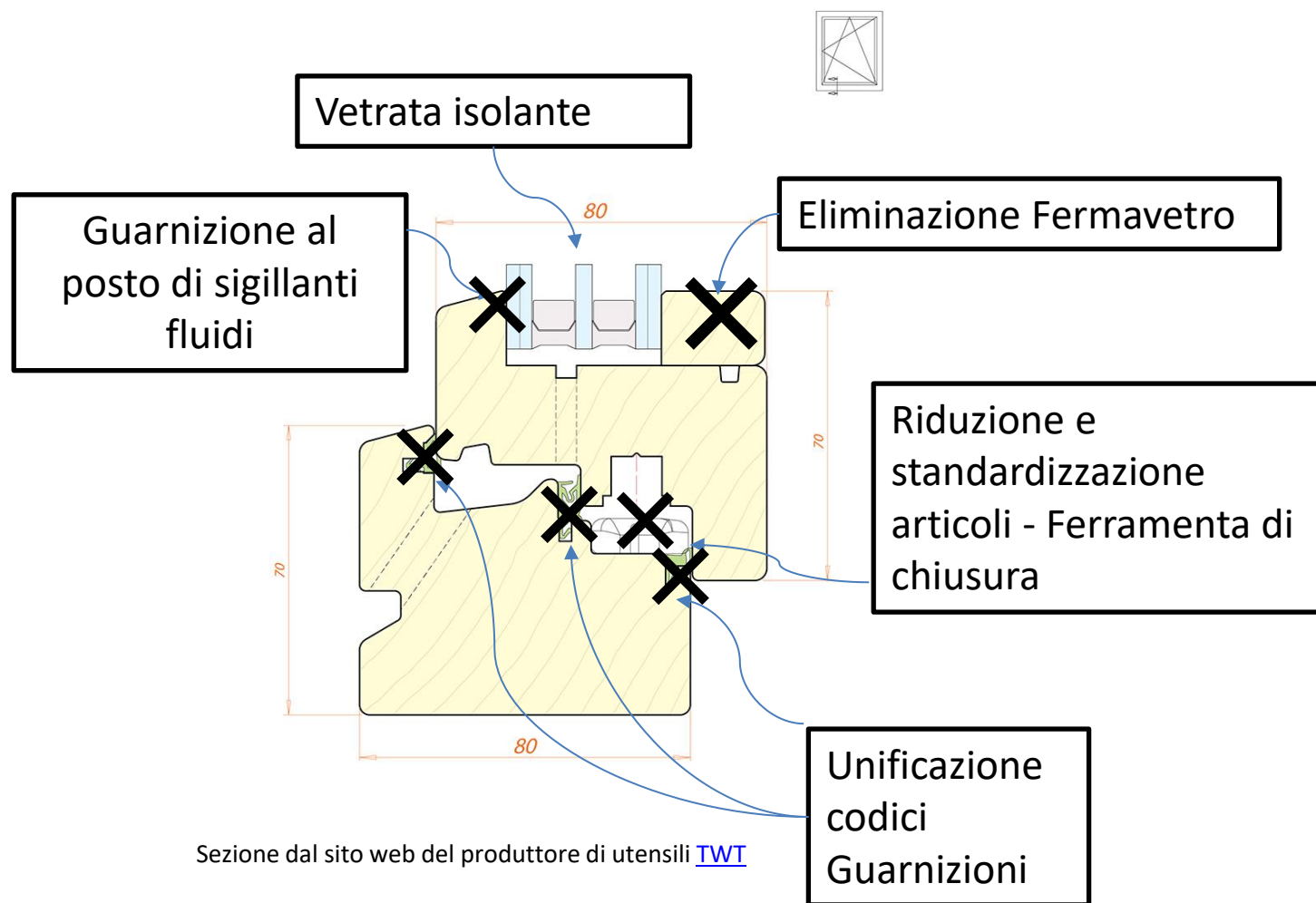
Il primo step è l'ottimizzazione progettuale, lo strumento a supporto è il Design For Manufacturing (DFM). Si agisce direttamente sul prodotto applicando direttamente i principi base:

- Riduzione del numero dei componenti
- Standardizzazione dei componenti
- Facilitare l'autoallineamento
- Evitare di progettare parti che possono essere montate in modo errato
- Usare tecniche efficaci per il serraggio o il fissaggio
- Minimizzare le manipolazioni
- Massimizzare la simmetria delle parti
- Usare la gravità per i posizionamenti
- Dettagliare bene i disegni di montaggio



DESIGN FOR MANUFACTURING

Applicazione principi DFM al serramento



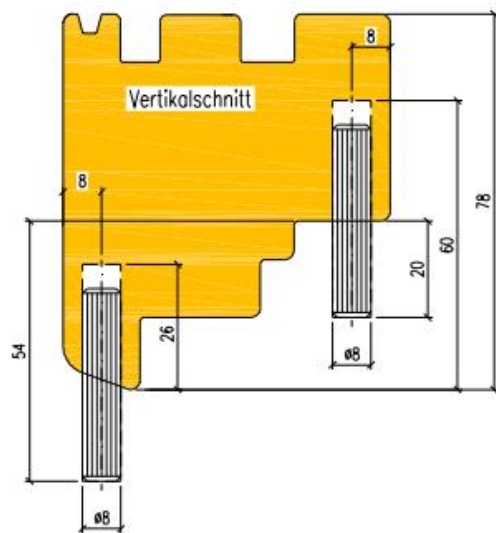


Ottimizzazione dei processi produttivi e miglioramento della sicurezza

Le ottimizzazioni a livello produttivo sono:

- Sistemi di assemblaggio ottimizzati
- Utensili progettati per ridurre le fasi produttive
- Riduzione dei tempi di setup con sistemi di appositamente progettati (autoposizionamento)
- Coating dei coltelli per aumentare la durata e velocità di taglio (es. riporti PVD e CVD)
- Manutenzione predittiva grazie alla tecnologia IoT e alla “sensoristica intelligente” (riduzione fermi macchina)
- Automazione cnc delle macchine (ottimizzazione cicli e sicurezza degli operatori migliorata)

Sistemi di assemblaggio ottimizzati



- Corpi in alluminio, Vc fino a 120m/m e avanzamenti fino a 20m/min e 20'000rpm
- Gruppi frese che permettono la realizzazione dei profili in unica passata.
- Coltellini sagomati auto posizionanti per ridurre i tempi di sostituzione
- Coating PVD o CVD con rivestimenti al DLC, TiC, TiN, AlTiN, AlTiNSi

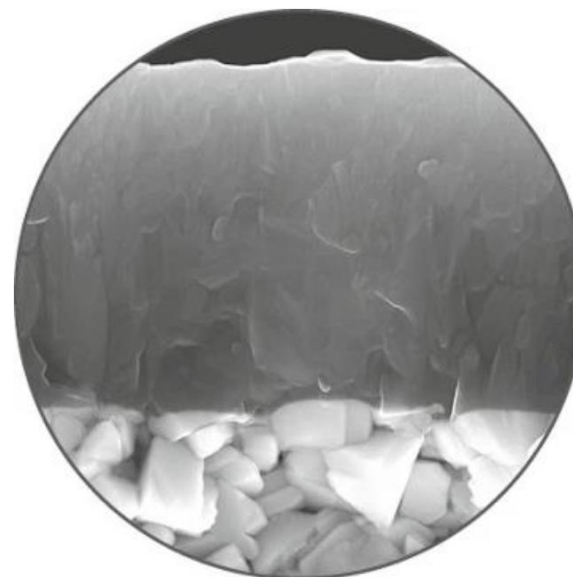
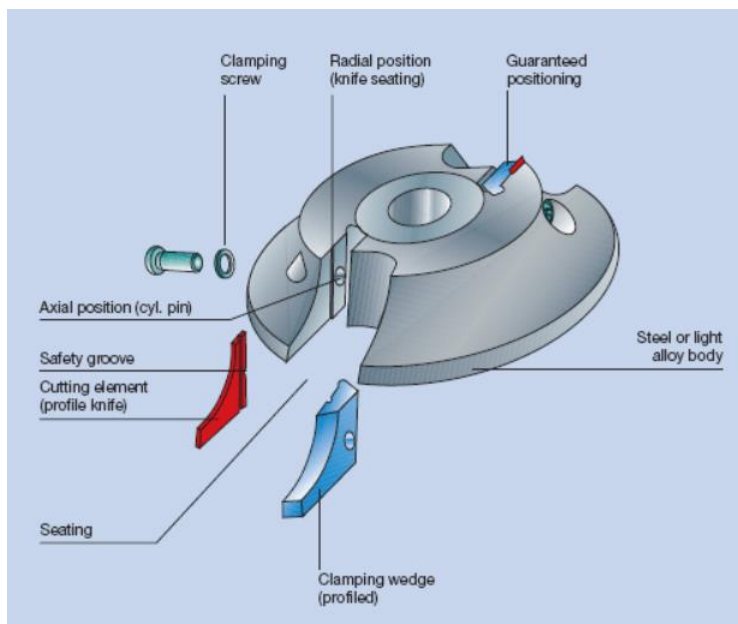


Figura 1 Esempio di rivestimento AlTiN



Automazione

Nell'esempio di seguito un layout ottimizzato per la produzione di serramenti in legno ad elevata automazione



Nesting (taglio):

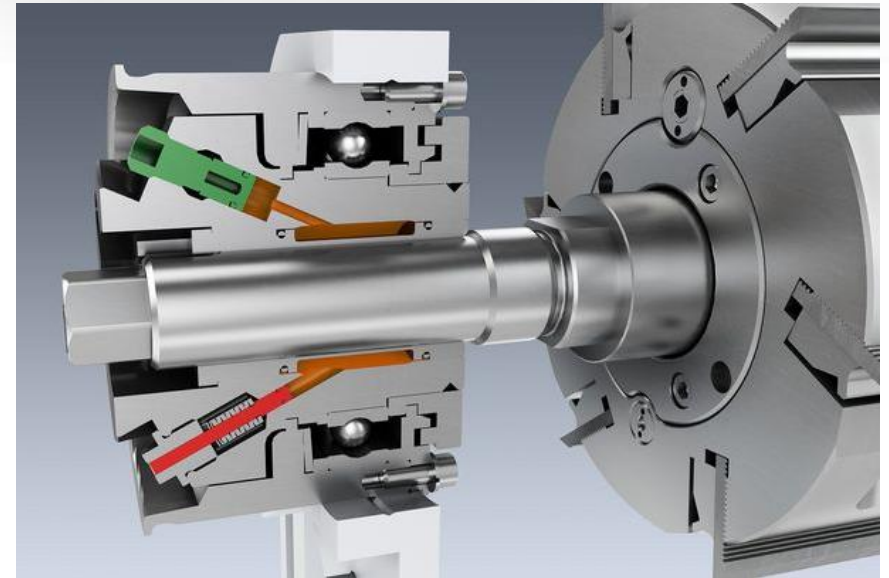
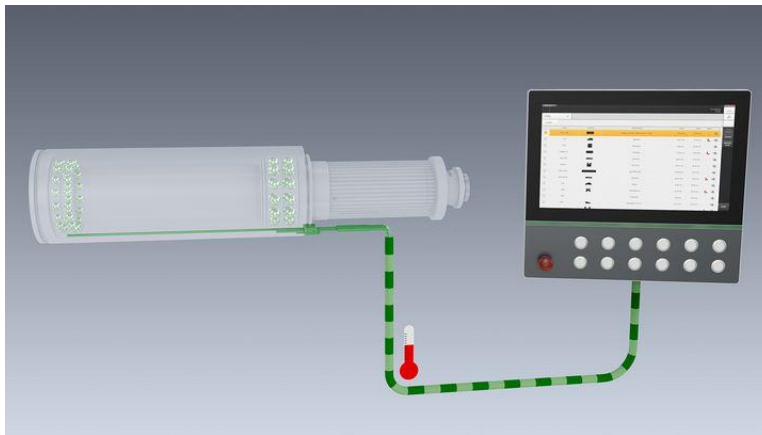
- Ottimizzazione automatica (Nesting 1D) delle liste di taglio (su 6 metri, scarto <10cm)
- Avanzamenti fino a 180m/min
- Sicurezza operativa



Immagini tratte dal produttore [Weinig Ag](https://www.weinig.it)

Piallatura:

- Macchine completamente chiuse per riduzione rumore, polveri e contatto con utensili mordenti
- Avanzamenti fino a 120m/min
- Rotazioni fino a 12000rpm
- Precisione fino a 2 μm con meccanismi di recupero dei giochi con tecnologia «Hydro»
- Manutenzione predittiva con IoT



Immagini tratte dal produttore [Weinig Ag](https://www.weinig.it)

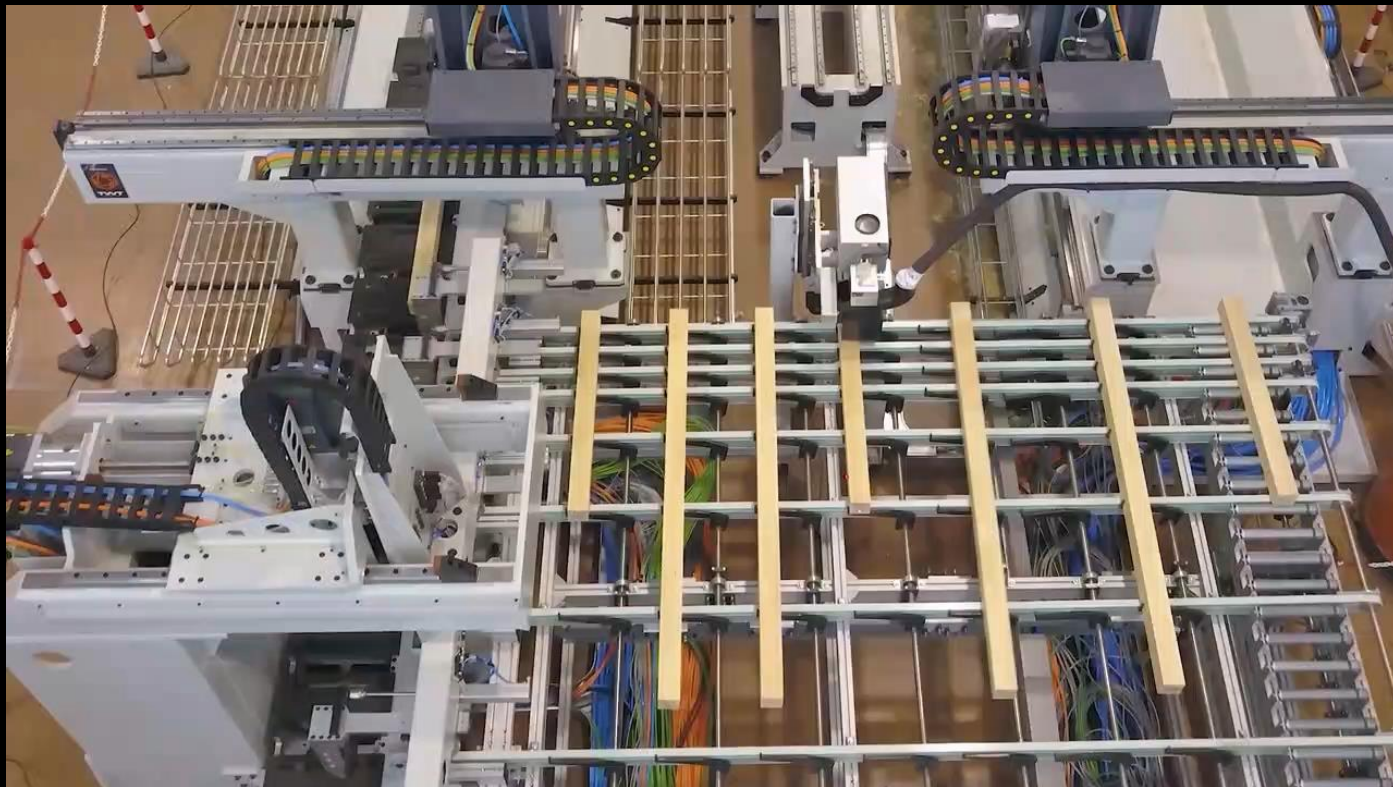
Profilatura al centro di lavoro CNC:

- Macchine confinate da ripari fissi
- Lavorazioni completamente automatizzate
- Tempi di setup praticamente nulli (batch 1)
- Sistemi CNC Siemens Sinumerik con controllo fino a 12 mandrini e oltre 90 assi simultaneamente con 2 CN interconnessi da 20 canali. Processore multicore
- Buffer di carico e scarico automatizzati con capacità fino a 3 turni di lavoro
- Produttività fino a 4 pezzi al minuto
- Manutenzione predittiva con sensori IoT
- Aderenza alla direttiva NIS2 - IEC 62443 – Cybersecurity per Operation Technology



Produttore [Working Process](#)

Automazione CNC



Produttore [Working Process](#)

Ing. Fabrizio Catinari

L'impatto del Design for Manufacturing e dell'automazione avanzata

17 giugno 2025

pag. 25

Automazione CNC

Levigatura:

- Eliminazione dell'esposizione alle polveri di legno potenzialmente cancerogene
- Eliminazione tecnopatie da postura e vibrazione
- Costanza della qualità grazie al posizionamento di tutti gli assi automaticamente
- Velocità di levigatura fino a 15m/min con unica passata

Immagini
tratte dal
produttore
[SCM](http://scm.it)



Immagini tratte dal produttore
[Ecoline](http://ecoline.it)

Verniciatura:

- Cabina aspirante “uomo presente” nonostante sia un robot a verniciare (0,5m/s – 18'000m³/h)
- Ottimizzazione delle passate grazie alla scansione del pezzo
- Dosatura ottimale della vernice (circa 250 µm umidi per mano di vernice tixotropica all'acqua)
- Precisione e costanza nella qualità della produzione



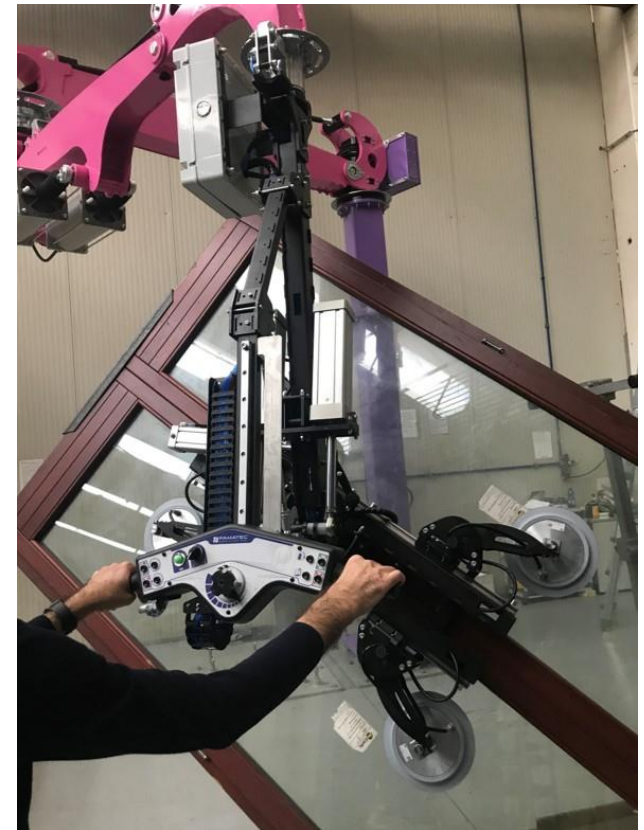
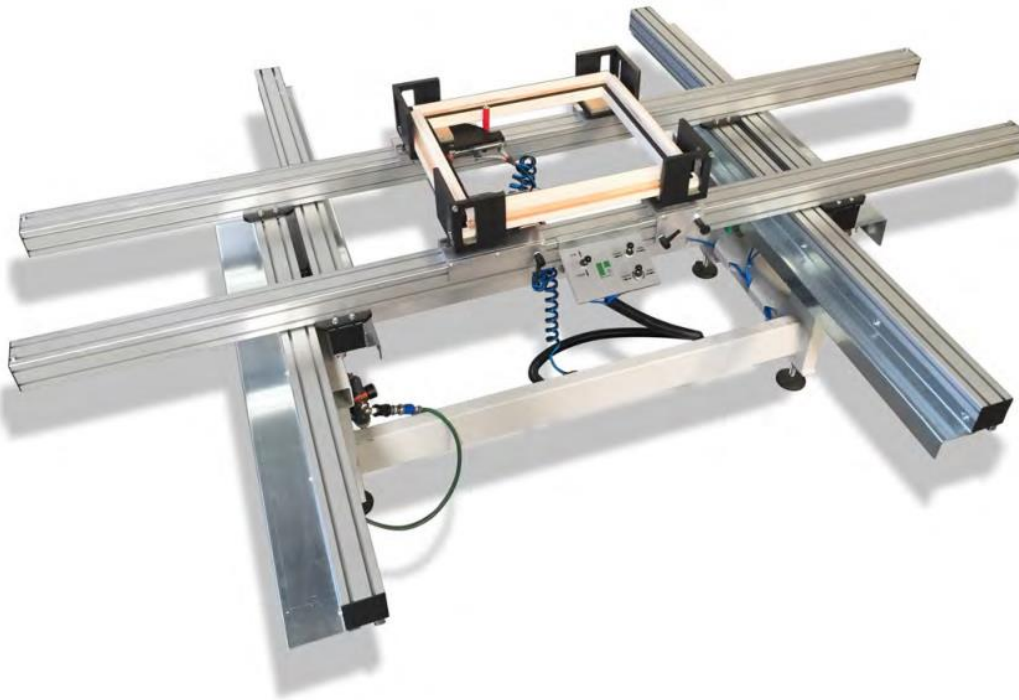
Immagini tratte dal
produttore [Cefla sc](https://www.cefla-sc.it)



Assemblaggio e Handling

Movimentazione:

- Ottimizzazione dei tempi con banchi autocentranti
- Movimentazione dei carichi con manipolatori controbilanciati
- Ergonomia operativa e riduzione dei rischi tecnopatici da MMI e postura errata





Ottimizzazione Scorte di Magazzino

Non meno importate è l'ottimizzazione delle scorte di magazzino. L'ottimizzazione delle scorte impatta direttamente sui costi e sugli spazi. Tecniche di ottimizzazioni sono:

- Magazzini intensivi automatizzati per la gestione dei componenti standard per produzioni con volumi più elevati. Costosi in termini di investimento iniziale e difficili da gestire (giustificabili solo per grandi volumi)
- E-Kanban mediante lettori di codice a barre e riordino delle scorte per produzioni con volumi non eccessivamente elevati. Semplici, efficaci ed economici. Può essere integrato facilmente con dei "Smartbin"

Attenzione particolare va data alle C-Parts (componenti a basso costo) dove il costo di gestione dell'ordine e della scorta supera il costo del componente.

- La determinazione della scorta di sicurezza è possibile farla mediante la formula:

$$SS = Z * \sqrt{TR} * \sigma$$

con TR= lead time di approvvigionamento

σ =deviazione std della domanda giornaliera

Z= variabile dipendente dal Livello di Servizio. Il LS è la probabilità di incorrere in Stock-Out (z=2 si ha circa il 97,72% quindi 2.28% di rottura di stock)

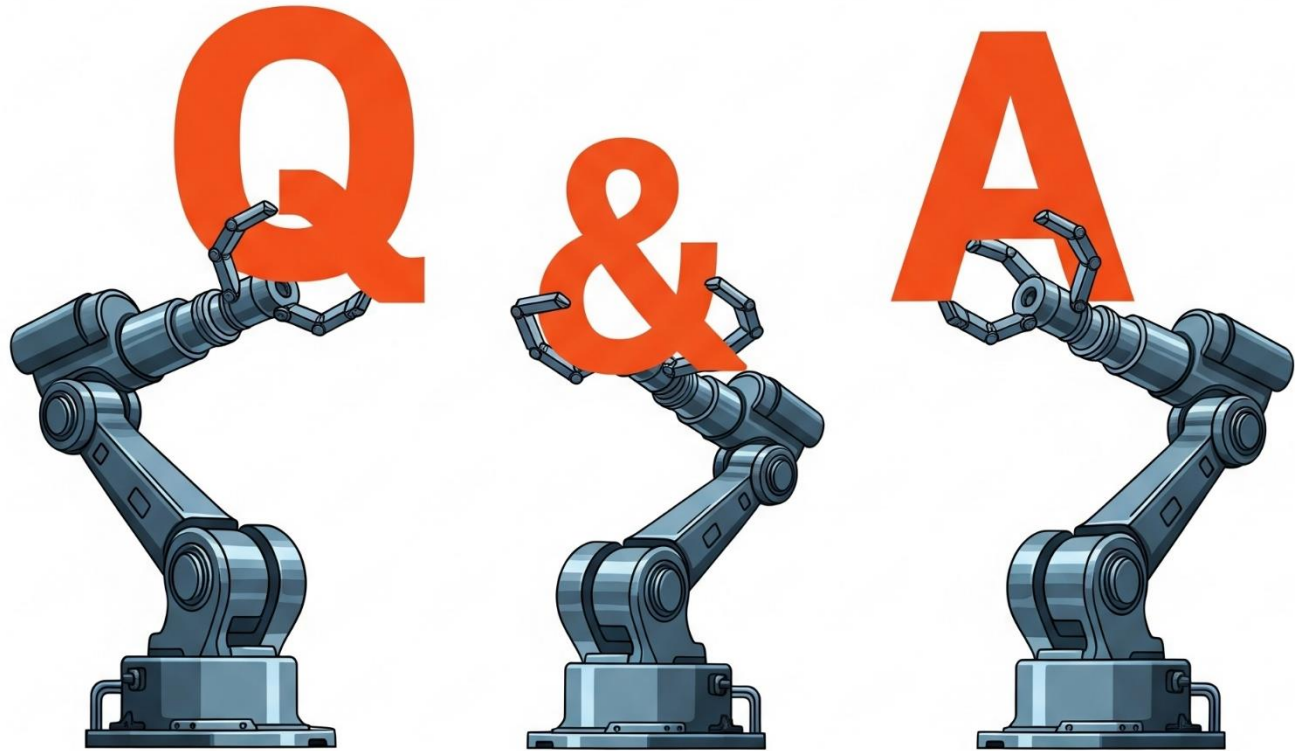
L'impatto ambientale delle produzioni richiede attenzioni particolari. Ottimizzazioni dei consumi delle macchine restituiscono vantaggi diretti nell'economia dei cicli produttivi. A livello elettrico è possibile adottare diverse strategie:

- Frenatura rigenerativa dei mandrini con sistemi di accumulo per poi restituirla nelle fasi di avviamento degli stessi
- L'aria calda dei forni di appassimento degli impianti di verniciatura è possibile produrla con pompe di calore dedicate
- Produzione e autoconsumo della corrente elettrica con impianto fotovoltaico sul tetto del sito produttivo
- Economia circolare degli scarti di produzione

Per la trattazione dei rifiuti dell'impianto di verniciatura si possono adottare:

- Prodotti vernicianti a base d'acqua con bassi VOC
- Prodotti vernicianti senza elementi pericolosi così da avere un rifiuto (overspray) con possibilità di essere trattato come rifiuto non pericoloso (eliminazione dello zinco)
- compensazione delle emissioni in atmosfera per autorizzazione dei camini di scarico ai sensi del D.lgs 152/06 (emissioni nette Nox, polveri, CO2 etc ≤ 0)

Q & A





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Fabrizio Catinari

Email: fabriziocatinari@gmail.com

Linkedin: www.linkedin.com/in/fabriziocatinari