



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA INFORMATICA

**Evoluzione dei programmi per
l'industria 4.0: sviluppo,
implementazione e impatto sulle aziende**

Relatore:
PROF. NICOLÒ MARCONATO

Laureando:
MARCO VETTORE
1216433

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

L'industria 4.0 è un termine che si riferisce all'uso di tecnologie avanzate come l'intelligenza artificiale, l'Internet delle cose e l'automazione per creare processi produttivi più efficienti ed economici. In questo contesto, la programmazione di software svolge un ruolo fondamentale per permettere l'integrazione e la gestione di questi strumenti tecnologici.

Questa tesi si concentra sulla programmazione di software nell'ambito dell'industria 4.0, con un focus per il metodo utilizzato dall'azienda che mi ha ospitato per il mio tirocinio. In particolare si vuole analizzare le metodologie di sviluppo software utilizzate per creare applicazioni per l'industria 4.0, le tecnologie utilizzate e i vari componenti hardware in gioco.

Inoltre, la tesi approfondisce l'importanza di quanto stia diventando importante lo standard dell'industria 4.0 perché rappresenta una grande opportunità per migliorare l'efficienza e la produttività dei processi produttivi e per consentire alle imprese di rimanere competitive in un mercato sempre più globalizzato.

In conclusione, la tesi dimostra l'importanza cruciale della programmazione di software per il successo dell'industria 4.0 e fornisce un'analisi approfondita delle opportunità offerte da questo standard e la metodologia con cui viene implementata nelle imprese.

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Descrizione dell'azienda che mi ha ospitato e descrizione dei servizi che offre	1
1.2	Breve descrizione dei componenti di cui l'azienda si avvale per offrire i propri servizi	2
1.3	I software utilizzati per la programmazione	3
2	Industria 4.0	5
2.1	Descrizione di cosa si intende per "Industria 4.0"	5
2.2	L'obiettivo e i benefici dell'Industria 4.0	5
2.3	I requisiti per ottenere la certificazione	6
3	Strategia per la progettazione software scelta dall'azienda	7
3.1	Raccogliere le richieste del cliente e stipulare le specifiche del software	7
3.2	Valutazione dell'hardware presente nell'azienda del cliente	8
3.3	Creazione del software del PLC	9
3.4	Creazione del software per il pannello HMI	13
3.5	Implementazione nel software delle specifiche dell'industria 4.0	17
3.6	Collaudo e supervisione	19
4	Applicazione concreta della strategia in un caso specifico	23
4.1	Descrizione dello specifico caso seguito	23
4.2	Esempi di implementazione	24
5	Conclusioni	31
	Bibliografia	33
6	Ringraziamenti	35

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Descrizione dell'azienda che mi ha ospitato e descrizione dei servizi che offre

La realtà che mi ha ospitato si chiama Elettrozen ed è stata fondata nel 2015 come azienda specializzata nell'automazione industriale e impianti elettrici. Al suo interno è composta da quattro reparti: [1]

- Progettazione tecnica: Progettazione disegni tecnici per impianti elettrici, quadri BT\ MT per l'industria e cabine di trasformazione BT\MT, realizzazione di schemi elettrici dei quadri per l'automazione di macchine e impianti industriali
- Sviluppo Software: Sviluppo di software applicativi per l'automazione industriale su piattaforme dedicate PLC, HMI e SCADA personalizzati
- Impiantistica industriale: Installazione di impianti elettrici industriali e speciali
- Cablaggio quadri elettrici: Costruzione e assemblaggio di quadri elettrici per il controllo, l'automazione e la distribuzione di energia.

Durante il tirocinio sono stato occupato soprattutto nella progettazione tecnica di impianti elettrici e progettazione e realizzazione di software per automazioni industriali.

1.2 Breve descrizione dei componenti di cui l'azienda si avvale per offrire i propri servizi

Per offrire questi servizi l'azienda si avvale di vari mezzi, dai più concreti, come i materiali per assemblare gli armadi dei quadri elettrici, a quelli più astratti, come i software che servono per poter programmare i PLC e i sistemi di sicurezza. In questa sezione mi soffermerò brevemente sui materiali più comuni e necessari per assemblare un quadro elettrico gestito da un PLC e destinato a un impianto industriale. Innanzitutto, ho creato questa suddivisione, dai componenti più semplici e basilari, ai dispositivi con maggiore complessità:

- 1) Partendo dal livello più basso troviamo i dispositivi di protezione dell'impianto come i dispositivi magnetotermici e i differenziali. Questi componenti sono essenziali per la sicurezza di un impianto e delle persone, per cui molto spesso il loro stato viene monitorato nel PLC tramite l'uscita di contatto ausiliario collegato a essi.
- 2) Successivamente ci sono i componenti di comando del quadro come teleruttori (detti anche contattori) che hanno la funzione di sezionare una linea elettrica. Solitamente vengono utilizzati come interruttori cioè servono a collegare o scollegare un certo componente alla rete elettrica.
- 3) A un livello più alto troviamo gli inverter che hanno come funzione principale quella di controllare la velocità di un motore. Si può comandare in vari modi ma spesso viene associato un PLC per aver maggior controllo sul motore. Esistono inverter di diverse taglie per soddisfare qualunque motore di qualsiasi tipologia e potenza.
- 4) In seguito c'è il PLC, che tradotto letteralmente dall'inglese è "Controllore Logico Programmabile". La sua funzione è quella di elaborare i dati digitali e analogici in ingresso per poi poter comandare l'impianto tramite le proprie uscite. Nel corso degli anni il PLC si è evoluto dalla semplice funzione di controllore diventando un dispositivo in grado di comunicare all'interno di una rete rendendo possibile associare a questo dispositivo un pannello.
- 5) All'ultimo livello si trova il HMI, chiamato anche pannello, che tradotto è "Interfaccia Uomo-Macchina". Questo dispositivo è diventato essenziale nell'industria 4.0 perché permette agli addetti di poter comandare e controllare ogni singolo elemento dell'impianto da questa interfaccia in modo rapido e intuitivo senza dover utilizzare metodi macchinosi per reperire le informazioni direttamente dal PLC.

1.3 I software utilizzati per la programmazione

Ogni casa produttrice di PLC e interfacce HMI ha il proprio software per gestire la programmazione su di essi. Nel periodo di tirocinio svolto in azienda ho avuto modo di imparare ad usare il software di programmazione dei PLC Siemens, chiamato TIA Portal (in particolare la versione 16), e il software di programmazione della gamma di HMI di ASEM chiamato Premium HMI 5.1 .

- TIA Portal v16

E' un ambiente di sviluppo integrato per l'automazione industriale prodotto da Siemens. Offre un'interfaccia utente intuitiva, strumenti avanzati per la progettazione, la configurazione, la programmazione e la diagnostica dei sistemi di automazione. Supporta diversi linguaggi di programmazione e semplifica le comunicazioni dei vari dispositivi e sistemi.

- Premium HMI 5.1

È una soluzione software sviluppata da ASEM, un'azienda specializzata nello sviluppo di soluzioni di automazione industriale. Offre una serie di funzionalità e strumenti per creare interfacce utente intuitive e personalizzate per i sistemi di controllo industriale. Consente agli operatori di monitorare e controllare facilmente i processi industriali in tempo reale, fornendo informazioni chiare e immediate sull'efficienza e le prestazioni delle macchine e degli impianti.

Capitolo 2

Industria 4.0

2.1 Descrizione di cosa si intende per "Industria 4.0"

“Il termine Industria 4.0 (o Industry 4.0) indica una tendenza dell’automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.” [2]

Inoltre si spiega l’origine del termine, infatti:

“Prende il nome dal piano industriale del governo tedesco (presentato nel 2011) e concretizzato alla fine del 2013, che prevedeva investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo tedesco e riportare la manifattura tedesca ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.” [2]

2.2 L’obiettivo e i benefici dell’Industria 4.0

Gli obiettivi principali dell’industria 4.0 sono aumentare l’efficienza, migliorare la qualità dei prodotti, ridurre i costi di produzione e aumentare la flessibilità dell’intero sistema produttivo.

Uno dei principali benefici dell’industria 4.0 è l’ottimizzazione dei processi di produzione grazie all’utilizzo di tecnologie come l’internet delle cose (IoT), la robotica avanzata, l’intelligenza artificiale e la realtà aumentata. Queste tecnologie consentono di monitorare in tempo reale le macchine e gli impianti, raccogliere e analizzare grandi quantità di dati.

Un altro dei vantaggi dell'industria 4.0 è l'impiego di sistemi di produzione più sostenibili e rispettosi dell'ambiente. Grazie alla possibilità di monitorare e ottimizzare l'utilizzo delle risorse, come energia e materiali, le aziende possono ridurre gli sprechi e migliorare l'efficienza energetica. Questo contribuisce a una produzione più sostenibile, riducendo l'impatto ambientale delle attività industriali.

2.3 I requisiti per ottenere la certificazione

Esistono dei requisiti fondamentali da soddisfare per ottenere la certificazione che un dispositivo rispetti gli standard dell'Industria 4.0. La seguente lista è tratta dal sito di Confindustria e descrive quali siano i requisiti e come devono essere applicati. [3]

”I macchinari devono essere dotati di tutte le seguenti caratteristiche:

- controllo per mezzo di CNC (Computer Numerical Control) e/o PLC (Programmable Logic Controller)
- interconnessione ai sistemi informatici di fabbrica con caricamento da remoto di istruzioni e/o part program
- integrazione automatizzata con il sistema logistico della fabbrica o con la rete di fornitura e/o con altre macchine del ciclo produttivo
- interfaccia tra uomo e macchina semplici e intuitive
- rispondenza ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene del lavoro

Inoltre tutte le macchine sopra citate devono essere dotate di almeno due tra le seguenti caratteristiche per renderle assimilabili o integrabili a sistemi cyberfisici:

- sistemi di tele manutenzione/o tele diagnosi e/o controllo in remoto,
- monitoraggio continuo delle condizioni di lavoro e dei parametri di processo mediante opportuni set di sensori e adattività alle derive di processo,
- caratteristiche di integrazione tra macchina fisica e/o impianto con la modellizzazione e/o la simulazione del proprio comportamento nello svolgimento del processo (sistema cyberfisico).”

Capitolo 3

Strategia per la progettazione software scelta dall'azienda

In questa sezione mi concentrerò soprattutto sull'ambito software del progetto e tralascierò alcuni aspetti riguardanti la progettazione elettrica come i moduli di sicurezza, il dimensionamento delle linee e dei componenti.

3.1 Raccogliere le richieste del cliente e stipulare le specifiche del software

Per creare o adattare un impianto che soddisfi gli standard della certificazione "Industria 4.0", come prima fase del processo bisogna chiarire con il cliente quali sono gli obiettivi e le priorità del software che si andrà a creare.

In questa fase si punta ad avere una conversazione in entrambe le direzioni: il cliente espone le problematiche che vorrebbe che questo impianto resolvesse, mentre, il programmatore può suggerire delle soluzioni da implementare per raggiungere l'obiettivo.

È essenziale che il programmatore porti alla luce qualsiasi dubbio o problematica che gli si possa presentare durante la realizzazione di questo progetto, così da poter decidere insieme al cliente come affrontare queste criticità.

3.2 Valutazione dell'hardware presente nell'azienda del cliente

Il passo successivo per assicurarsi una buona riuscita del progetto è valutare l'hardware da utilizzare nell'impianto. In base allo stato dell'impianto esistono vari metodi per procedere in questo punto:

1) Impianto nuovo

Con un impianto completamente nuovo ci si può mettere d'accordo con i progettisti per acquistare l'hardware più indicato con il tipo d'impianto. Solitamente questo è il caso migliore perché permette una completa personalizzazione dell'impianto e lascia molta libertà di manovra a progettisti e programmatori.

2) Impianto in attività

Se l'obiettivo è modernizzare un impianto già esistente, allora, è necessario valutare quali sono i componenti elettrici e meccanici presenti nell'impianto. Bisogna concentrarsi sul comprendere quali componenti sono ancora adatti al loro lavoro e quali andrebbero sostituiti perché ritenuti obsoleti. Altri componenti potrebbero essere non compatibili con lo standard che si cerca di raggiungere. In questo caso il lavoro più impegnativo sarà adattare il software del PLC con i nuovi componenti.

3) Impianto con macchinari predisposti all' "Industria 4.0"

Nel caso in cui il cliente abbia già acquistato un macchinario predisposto per l'Industria 4.0 sarà necessario integrarlo con dei dispositivi di acquisizione dati per ottenere a tutti gli effetti la certificazione. Probabilmente sarà necessario integrare l'impianto con un PLC oppure, in caso la macchina abbia già un PLC, si dovrà aggiungere un dispositivo che recuperi i dati e li visualizzi come, ad esempio, un pannello.

4) Impianto in attività con hardware datato

Un ulteriore caso che si può riscontrare è che la macchina abbia già un PLC ma i componenti siano abbastanza datati. Data la tecnologia datata, risulta impossibile adattare i vari dispositivi per soddisfare le richieste dello standard Industria 4.0 come, per esempio, il requisito della tele assistenza. In questa situazione, si andrà a sostituire i componenti obsoleti con l'obiettivo di mantenere le stesse funzioni dell'impianto, ma aggiungendo gli elementi per ottenere la certificazione. Ad esempio, un pannello per visualizzare tutti i parametri dell'impianto in un unico posto.

3.3 Creazione del software del PLC

[Programma utilizzato: TIA PORTAL v16] In seguito alla creazione di uno schema elettrico concepito dal reparto tecnico dell'azienda il passo successivo è lavorare sul programma del PLC.

1. Configurazione hardware

Inizialmente si procede con la “Configurazione Hardware” del PLC. In questa prima fase si aggiungono i moduli che compongono il PLC e li si configura in base al loro utilizzo.

La scelta di questi moduli è data dalla quantità di ingressi e uscite, e se questi siano analogici o digitali.

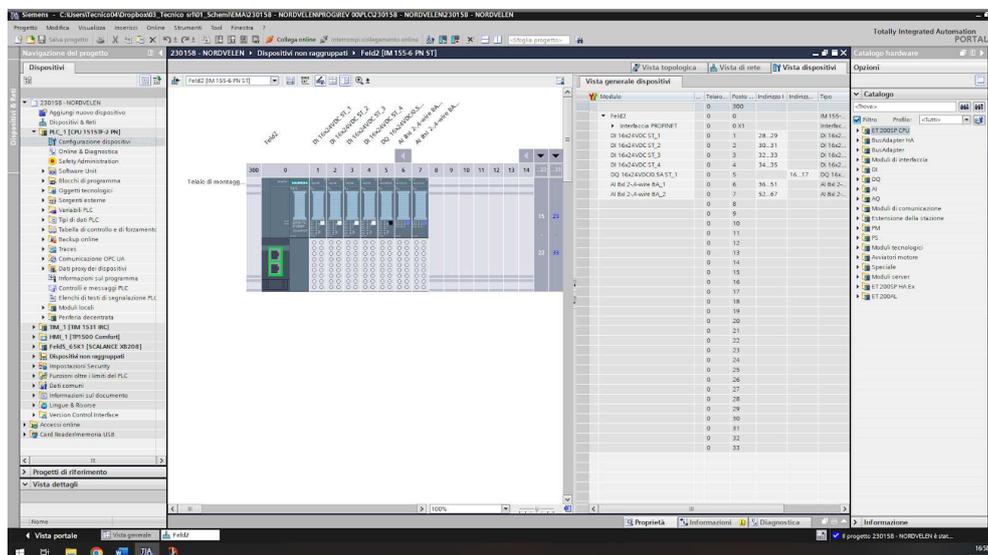


Figura 3.1: Configurazione hardware

Nell'esempio della Figura 3.1, sviluppato nel software di programmazione “TIA portal v16” sviluppato da Siemens, oltre al modulo principale sono stati aggiunti 4 moduli di ingresso digitale (DI), 1 di uscite digitali (DQ) e 2 di ingressi analogici (AI).

Esistono quattro tipi di moduli principali:

- I moduli di ingresso digitali (DI) si usano per ricevere lo stato di uno strumento o sensore che ha come uscita un singolo bit (ad esempio finecorsa, rilevamento di malfunzionamenti, galleggianti, ecc.).
- I moduli di ingresso analogici (AI) si usano per ricevere un valore da uno strumento o sensore che ha come uscita un valore numerico intero (ad esempio strumenti per la rilevazione del livello, della pressione o del peso).

- I moduli di uscita digitali (DQ) si usano per inviare un comando a un componente che ha come risposta 1 o 2 azioni (ad esempio accensione e spegnimento di un motore, oppure l'azionamento di un attuatore)
- I moduli di uscita analogici (AQ) generano un segnale in tensione o in corrente per controllare i componenti che hanno la possibilità di variare o la propria azione oppure l'intensità di un'azione (ad esempio è possibile comandare l'inverter che fa variare la velocità di un motore).

2. Mappatura ingressi e uscite

In seguito alla configurazione hardware si inizia con la mappatura delle porte di ingresso e uscita del PLC.

Nome	Tipo di dati	Indirizzo	Stens.	Acces.	Scritt.	Velocità	Controllo	Commento
e110Q11P50Hot	Bool	%I28.6						
e120I10P50Hot	Bool	%I28.7						
e140I11P50Hot	Bool	%I30.0						
e160I12P50Hot	Bool	%I30.1						
e18P10K130Hot	Bool	%I30.2						
e31P10H0150Hot	Bool	%I30.3						
e33P10H0180Hot	Bool	%I30.4						
e33P10H0190Hot	Bool	%I30.5						
e30P10H0162	Bool	%I30.6						
e12L2	Bool	%I30.7						
e10P10R09Lux	Bool	%I32.0						Portata
e10P10R09Lux	Bool	%I32.1						Portata
e10P10R09Lux	Bool	%I32.2						Portata
e11P50AUTO	Bool	%I32.3						Selettore in Auto
e11P50Man	Bool	%I32.4						Selettore in HAND
e12P50Man	Bool	%I32.5						Selettore in Auto
e12P50Man	Bool	%I32.6						Selettore in HAND
e33P10H0170Hot	Bool	%I32.7						
e10K130Ch	Bool	%I34.0						
e10K130Stg	Bool	%I34.1						
e10K130Man	Bool	%I34.2						
e10K130AUTO	Bool	%I34.3						
e10K130ManCh	Bool	%I34.4						
e10K130ManCh	Bool	%I34.5						
e33P10H0180Hot	Bool	%I34.6						
e33P10H0190Hot	Bool	%I34.7						
a11P50Cmd	Bool	%Q16.0						Comando avvio pompa
a12P50Cmd	Bool	%Q16.1						Comando avvio pompa
a10K130CmdCh	Bool	%Q16.2						
a10K130CmdStg	Bool	%Q16.3						
a10K130StgAp	Bool	%Q16.4						
a10K130StgCh	Bool	%Q16.5						
a10K130StgAp	Bool	%Q16.6						
a16_7	Bool	%Q16.7						
ev36	Word	%M06						
ev38	Word	%M08						
ev40P120Prx	Word	%M40						Pressione
ev40P150Prx	Word	%M42						Pressione
ev40P170Prx	Word	%M44						

Figura 3.2: Mappatura ingressi e uscite

La figura 3.2 è un esempio di come può apparire la schermata della mappatura degli ingressi e uscite.

Solitamente negli schemi elettrici sono indicati i collegamenti tra i vari componenti alle porte del PLC.

Ogni porta del PLC è associata ad un suo indirizzo interno specifico.

In questa fase si associano gli indirizzi di queste porte ad una variabile del programma, la quale è composta da un nome identificativo e il tipo di dato che deve immagazzinare.

Questo processo consente quindi di associare ogni ingresso o uscita, che sia analogico o digitale, ad una variabile del programma rendendolo molto più leggibile.

Principalmente si usano due tipi di dato durante questa fase: il “Bool” che legge un singolo bit, e quindi ottimo per ingressi e uscite digitali, e il “Word” che immagazzina le informazioni in 2 byte, che normalmente si associa a ingressi o uscite analogiche.

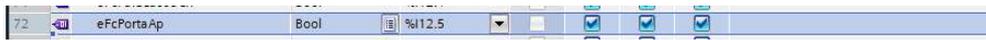


Figura 3.3: Entrata digitale

Il piccolo esempio nella figura 3.3, si riferisce un ingresso di un fine corsa di una porta che rileva la posizione di alto quando la porta è aperta. In questo caso, essendo un componente che può assumere solo due stati, lo si è inserito in un ingresso digitale, nella porta del PLC con indirizzo %I12.5, il quale è associato ad una variabile di tipo “Bool” con un nome che indica il suo scopo.

3. Programma

Successivamente, si inizia con la creazione del programma che andrà a gestire l’impianto.

Il primo passo è dividere l’impianto in sezioni, le quali sono composte da una serie di componenti che hanno un ciclo in comune. Per esempio, se abbiamo un impianto composto da un ribaltacassoni e una tramoggia, risulta molto utile dividere questi due macchinari e sviluppare indipendentemente un ciclo per ciascuno, ma comunque caratterizzato da alcune variabili di controllo in comune.

In seguito, individuo le fasi che caratterizzano il ciclo di funzionamento di ogni macchinario.

Ogni fase del ciclo è caratterizzata da una o più condizioni che si assicurano che all’interno di essa si compia l’azione programmata.

Il metodo diviso in fasi risulta molto utile perché, in caso di arresto o allarme, il programma mantiene in memoria a che punto del processo è arrivato. Risulta molto utile per il programmatore in fase di test quando si ha un problema, perché si comprende immediatamente la parte di programma interessata dal problema. Lo stile di programmazione che consiste nel dividere il processo in varie fasi si chiama “batch”.

Infatti l’obiettivo di questo metodo è che:

”I lavori sono impostati in modo che non sia necessario in alcun caso l’intervento dell’uomo. Tutti i parametri sono predefiniti e specificati attraverso appositi script, comandi o file di controllo (i file batch) che si occupano di controllare che la procedura avvenga come previsto. Una tale modalità operativa si oppone al funzionamento in linea (“inline”) dei programmi, che richiede l’interazione diretta

e continua, solitamente effettuata via console, tra una macchina e un operatore umano che, di conseguenza, deve essere sempre presente per guidare la procedura digitando le nuove istruzioni a mano che queste si rendono necessarie.” [4]

Successivamente, per ogni componente devono essere gestiti gli “alert”, che possono essere: ALLARMI, se il loro verificarsi indica che è necessario interrompere il ciclo per motivi di sicurezza, oppure WARNING, se il loro verificarsi non ha conseguenze nel processo, ma servono ad avvisare l'operatore di prestare particolare attenzione a un elemento e suggerirgli di intervenire per risolvere il problema se necessario.

Il prossimo passo è aggiungere la possibilità di aggiungere i comandi manuali per ogni componente attivo dell'impianto.

Infine, si creano ulteriori blocchi di programma che gestiscono gli aspetti generali dell'impianto come, ad esempio, un manager dell'impianto che controlla le condizioni per poter avviare l'intero impianto in automatico. Un altro esempio è il manager degli allarmi che verifica la presenza degli allarmi nelle varie sezioni e gestisce il ripristino dei dispositivi in caso di emergenza premuta.

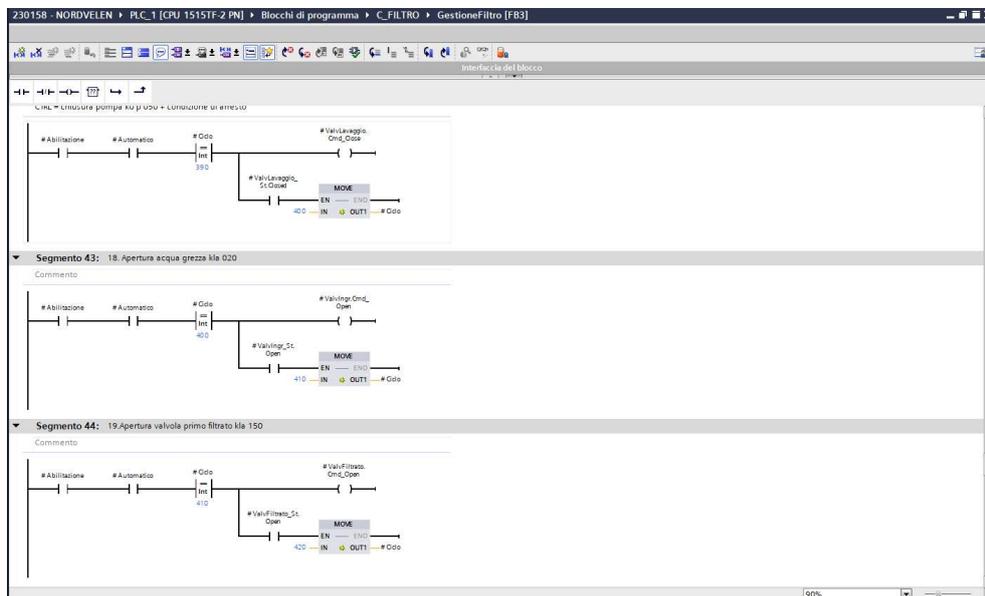


Figura 3.4: Programma

Nella Figura 3.4, si può notare come ad ogni fase del programma ci sia una condizione di controllo che garantisce che l'azione che si deve svolgere all'interno di essa sia completata. In questo esempio, ad ogni fase, si aprono o chiudono valvole e si verifica che il finecorsa della valvola interessata segnalasse la conclusione dell'azione.

Un aspetto molto importante da non trascurare in questa fase è la comunicazione tra il reparto di programmazione e quello tecnico. Infatti, deve essere mantenuta sempre attiva e costante così da evitare errori di cablaggio oppure la programmazione errata di alcuni componenti a causa di specifiche sbagliate.

3.4 Creazione del software per il pannello HMI

[Programma utilizzato: ASEM Premium HMI 5.1] Oltre alla programmazione del PLC per raggiungere gli standard della “Industria 4.0” si aggiunge all’impianto un pannello che aiuta a visualizzare i dati in tempo reale, consente la modifica dei parametri del PLC, garantisce la possibilità di caricare delle ricette e infine, se predisposto, consente la tele assistenza.

Per iniziare si importando tutte le variabili del PLC all’interno del software usato per la programmazione del PLC. Questo consente al pannello di comunicare con le variabili del PLC così da poterle visualizzare e modificare.

Come esempi, ho utilizzato le schermate di un pannello sviluppato da me, destinato ad essere utilizzato per la gestione di un capannone composto da diverse celle frigo.

1. Schermata Principale

La schermata più importante è sicuramente la pagina principale. In questa schermata è preferibile inserire tutte le informazioni e parametri importati dell’impianto.

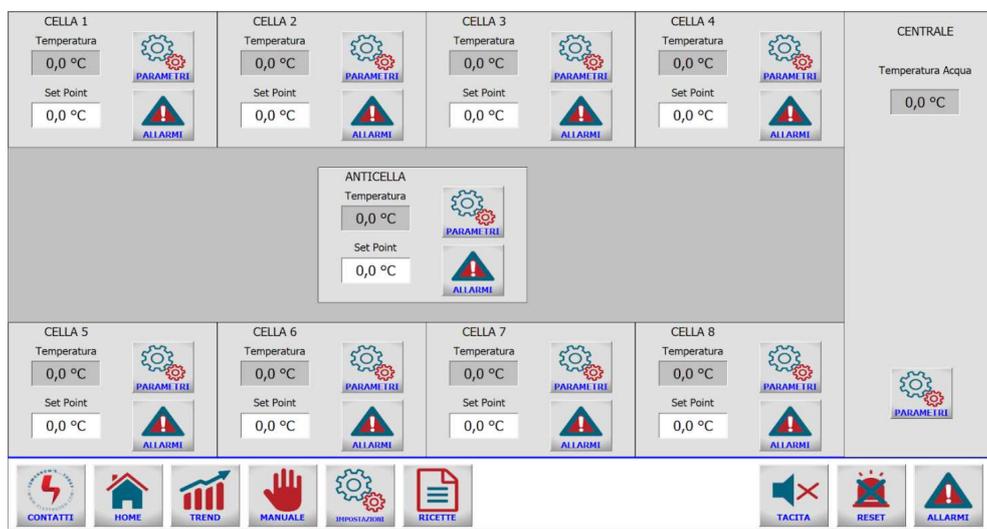


Figura 3.5: Schermata Principale

Nell'esempio della Figura 3.5, l'impianto gestisce la temperatura delle celle attraverso una rete di pompe, compressori, ecc... In questo caso i parametri fondamentali dell'impianto sono: poter selezionare le temperature desiderate per ogni cella, poter vedere la temperatura attuale e visualizzare eventuali allarmi.

2. Comandi Manuali

Un'altra funzione fondamentale del pannello è garantire la possibilità di poter controllare manualmente ogni elemento dell'impianto. Per gli operatori della macchina, questo è fondamentale perché, in caso di guasto, possono ripristinare manualmente la macchina e ripartire con la produzione.



Figura 3.6: Comandi manuali

3. Parametri

In queste pagine sarà possibile tarare i vari parametri dell'impianto, in base alle condizioni meccaniche oppure al volere del cliente, per poter affinare il processo lavorativo dell'impianto.

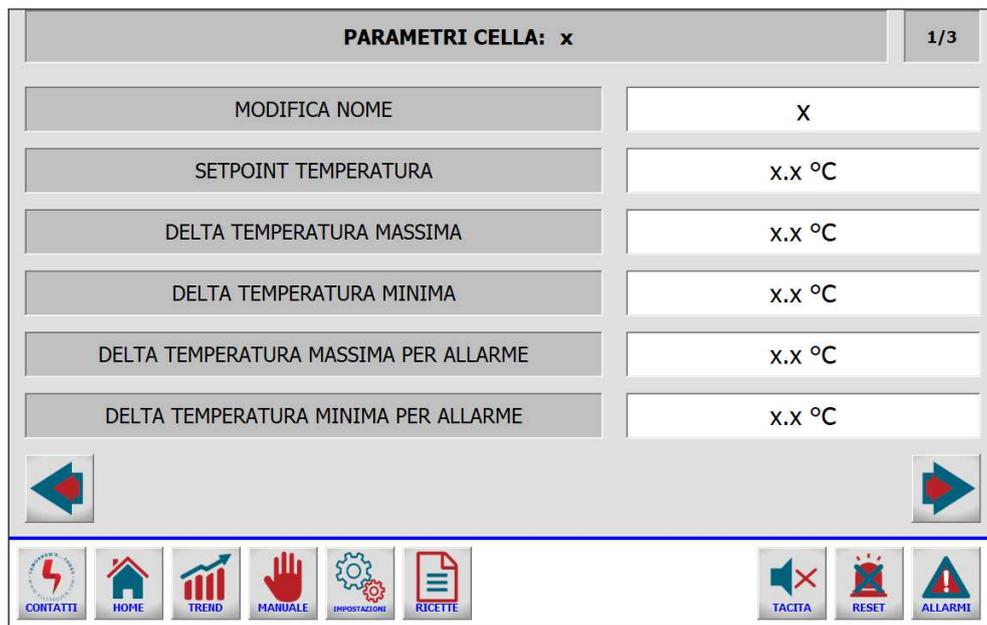


Figura 3.7: Parametri

4. Trend

In questa schermata si potrà osservare l'andamento di un certo parametro nel tempo. Può risultare molto utile nel caso si abbiano valori come temperatura, pressione o portata. Questo consente di verificare il corretto funzionamento dell'impianto e aiuta a capire se c'è bisogno di aggiustare qualche parametro.

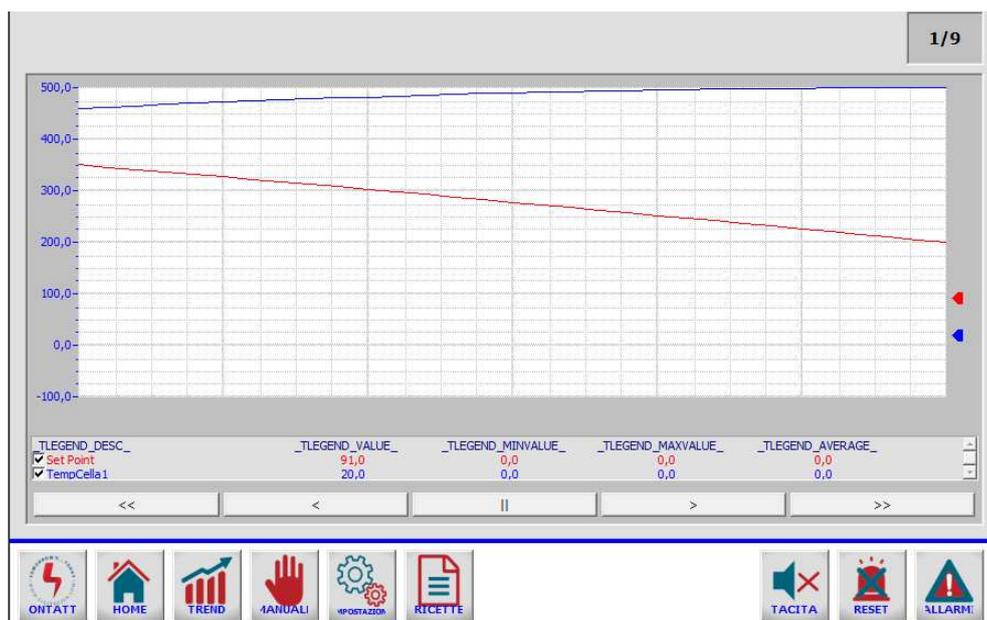


Figura 3.8: Trend

5. Ricette

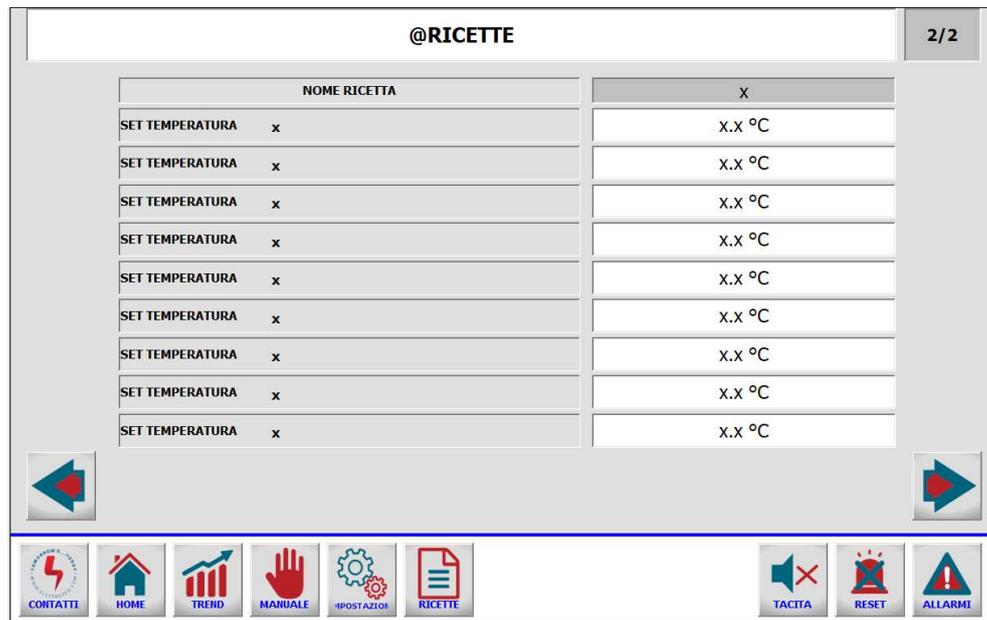
La ricetta è un oggetto che se attivato consente di reimpostare facilmente tutti i parametri dell'impianto in base al prodotto trattato. Risulta molto utile negli impianti in cui in base al prodotto bisogna avere dei parametri specifici e variano da un prodotto all'altro. Nella pagina di selezione è possibile caricare o scaricare le ricette da un dispositivo esterno o da remoto.



Figura 3.9: Ricette 1

Mentre nella pagina dedicata alla creazione della ricetta, è possibile impostare tutti i parametri dell'impianto in base al prodotto associato alla ricetta.

Figura 3.10: Ricette 2



6. Allarmi

Nella pagina degli allarmi vengono visualizzati tutti gli allarmi in corso, con il loro codice di riferimento e la stazione a cui appartiene il componente che l'ha generato. Inoltre, è possibile visualizzare lo storico degli allarmi con la data dell'inizio dell'allarme e la descrizione.

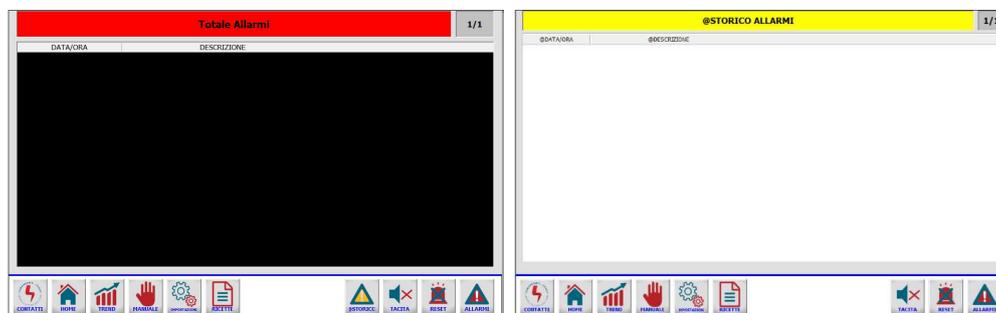


Figura 3.11: Allarmi

Figura 3.12: Storico Allarmi

3.5 Implementazione nel software delle specifiche dell'industria 4.0

In seguito riporto alcune soluzioni adottate dalla mia azienda per soddisfare i requisiti necessari per ottenere la certificazione di macchinario conforme allo standard "Industria 4.0".

Per i requisiti obbligatori:

Requisiti	Soluzione
controllo per mezzo di CNC e/o PLC	Per controllare l'impianto utilizziamo un PLC
interconnessione ai sistemi informatici di fabbrica con caricamento da remoto di istruzioni e/o part program	Le ricette consentono di poter caricare diversi parametri consentendo la possibilità di modificare il funzionamento della macchina. Inoltre è possibile configurare il programma in modo che, grazie a una modifica di un file, sia possibile arrestare la macchina da remoto.
integrazione automatizzata con il sistema logistico della fabbrica o con la rete di fornitura e/o con altre macchine del ciclo produttivo	Con la creazione di database è possibile interpretare i vari dati e controllare la produzione della macchina. Inoltre è possibile integrare questi database all'interno dei gestionali in modo da automatizzare completamente il processo produttivo.
interfaccia tra uomo e macchina semplici e intuitive	L'inserimento del pannello consente di avere un'interazione con la macchina facile e intuitiva
rispondenza ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene del lavoro	Rispettare le normative vigenti su questi temi

Per i requisiti opzionali:

Requisiti	Soluzione
sistemi di tele manutenzione e/o tele diagnosi e/o controllo in remoto	Il pannello, grazie a un software preinstallato, consente la possibilità di collegarsi tramite VPN a esso per poter eseguire comandi da remoto
monitoraggio continuo delle condizioni di lavoro e dei parametri di processo mediante opportuni set di sensori e adattività alle derive di processo	Con i sensori incorporati nell'impianto e gestiti dal PLC è possibile monitorare lo stato dell'impianto.
caratteristiche di integrazione tra macchina fisica e/o impianto con la modellizzazione e/o la simulazione del proprio comportamento nello svolgimento del processo (sistema cyberfisico)	Questo punto richiede molto lavoro per essere soddisfatto perché richiede la creazione di un ambiente virtuale per poter simulare il comportamento della macchina. Solitamente sono inclusi modelli o simulazioni residenti sia su macchina che off-line come ad esempio i modelli generati tramite tecniche di machine learning.

3.6 Collaudo e supervisione

Collaudo In questa ultima fase ci si reca nel luogo in cui è stato installato l'impianto e si eseguono dei test per controllare che il software si comporti in modo corretto.

Per assicurarsi di aver svolto un buon lavoro e essere sicuri che il programma si comporti sempre correttamente, l'azienda ha deciso di adottare questa metodologia di lavoro divisa in queste fasi:

1) Nella prima fase del collaudo ci si occupa dei singoli componenti con operazioni seguite in modalità manuale. Questo consente di poter verificare il corretto funzionamento dei vari elementi dell'impianto. Alcuni problemi che si possono riscontrare sono: i comandi sono stati invertiti elettricamente per errore, il componente non risponde correttamente ai comandi a causa di problemi meccanici, di cablaggio o software, ecc...

- 2) Successivamente si disabilita la modalità manuale e si inserisce quella automatica. L'obiettivo è quello di correggere i problemi che possono impedire l'avvio del ciclo in questa modalità. Alcuni esempi sono: i parametri non sono stati cambiati dalla configurazione di default e risultando non corretti, la presenza di un valore di un sensore errato, a causa di qualche problema di natura elettrica o meccanica.
- 3) In seguito, si testa singolarmente, per ogni stazione, l'andamento del ciclo e si verifica e corregge l'eventuale comparsa di errori.
- 4) Si avvia il ciclo automatico simulando il prodotto (cioè lo si prova senza materiale). Lo si lascia proseguire fino a che non compare un errore oppure la macchina compie un'azione non prevista. Dopo aver individuato e corretto l'errore l'impianto viene ripristinato in Modalità Manuale fino a ricreare di nuovo le condizioni iniziali per ricominciare il ciclo.
- 5) In seguito alla buona riuscita di un ciclo automatico ed essersi accertati che non ci siano ulteriori intoppi, si fa una prova del ciclo completo con il prodotto e si controlla la risposta dell'impianto. Se il processo non giunge al termine a causa di qualche problema, si procede a verificare il problema e si va a ripetere questa operazione.
- 6) Infine si passa alla operazione di "tuning", che consiste nel tarare tutti i parametri dell'impianto per garantire maggior velocità di esecuzione del ciclo e migliorare la qualità del prodotto in uscita.

Supervisione

Un requisito opzionale dell'industria 4.0 che solitamente le aziende tendono a richiedere è la tele assistenza.

La tele assistenza, o supervisione, è la possibilità di poter accedere da remoto all'impianto da parte di personale dell'azienda che ha realizzato il sistema e operare come se il programmatore fosse fisicamente sul luogo dove è situata la macchina. La soluzione adottata più frequentemente da questa azienda per implementare la teleassistenza è l'utilizzo di un pannello dotato di un servizio di tele assistenza che permette di collegarsi, tramite una VPN, direttamente alla rete alla quale il PLC e il pannello sono collegati.

Questo sistema torna molto utile, per esempio, nel caso in cui sorga qualche problematica nel software e sia necessario intervenire, grazie alla tele assistenza è possibile intervenire a distanza rapidamente e risolvere il problema in tempi brevi.

Inoltre, fa risparmiare molto tempo al programmatore in quanto ci sono meno

trasferite e non si deve perdere tempo a spiegare all'operatore come intervenire ma lo si può fare direttamente.

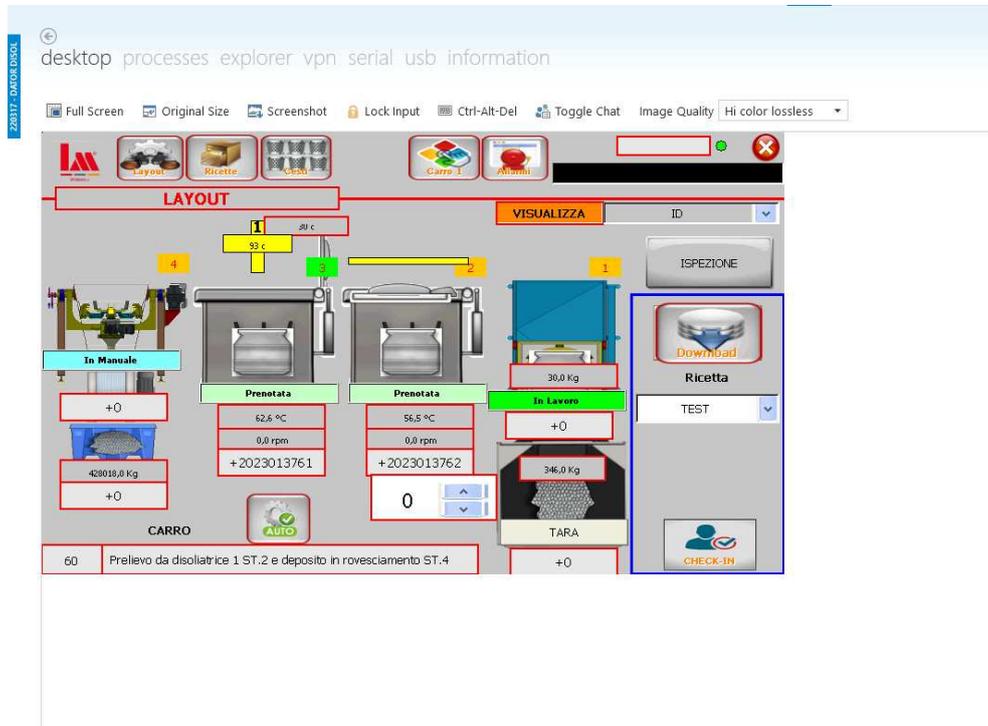


Figura 3.13: Supervisione

Con il software UBIQUITY, compreso e preinstallato nel HMI ASEM, è possibile collegarsi direttamente al pannello per visionare in tempo reale il funzionamento dell'impianto. Permette inoltre di intervenire a distanza in caso di necessità.

Capitolo 4

Applicazione concreta della strategia in un caso specifico

Durante il periodo di tirocinio sono stato soprattutto occupato nella modifica o nello sviluppo di parte dei programmi creati dal mio tutor aziendale. Nell'ultimo periodo avevo iniziato un progetto che ho seguito dal principio fino alla sua recente conclusione. In questo capitolo mi concentrerò nel mostrare un esempio pratico del metodo che ho spiegato nel capitolo precedente.

4.1 Descrizione dello specifico caso seguito

L'impianto che ho seguito è stato commissionato da un'azienda francese e questo macchinario è composto da 5 stazioni: un ribaltacassoni, due tramogge, un nastro trasportatore ed infine un barile.

Funzionamento:

L'obiettivo di questo impianto è trasferire il materiale dal cassone alla tramoggia ed in seguito dosarlo per trasportarlo dentro i barili.

Una volta pieno, il barile si sottoporrà ad un trattamento in una macchina esterna. Infine si riposiziona nel nostro impianto per scaricare il proprio materiale nella seconda tramoggia alla quale conduce ad un cassone.

Ogni stazione possiede una serie di sensori che controllano lo stato dell'impianto e il corretto funzionamento di motori e pistoni.

Materiale utilizzato:

Come controllore è stato utilizzato un PLC Siemens con CPU 1214C ed è stato programmato tramite il TIA Portal v16.

Nome	Tipo di dato	Indirizzo	Manz.	Acce.	Scritt.	Visibil.	Commento
eComent24DC	Bool	%I0.0					
eIngresso24DC10	Bool	%I0.1					
eIngresso24DC10	Bool	%I0.2					
eIngresso24DC10	Bool	%I0.3					
eIngresso24DC10	Bool	%I0.4					
eAccessoCompletato	Bool	%I0.5					
eSemaforoCassaComCh	Bool	%I0.7					
eIngresso10	Bool	%I1.0					
eIngresso11	Bool	%I1.1					
eIngresso12	Bool	%I1.2					
eIngresso13	Bool	%I1.3					
eIngresso14	Bool	%I1.4					
eIngresso15	Bool	%I1.5					
e1_6	Bool	%I1.6					
e1_7	Bool	%I1.7					
eIngressoDispositivo	Bool	%I00.0					
eSemaforoCiclo	Bool	%I00.1					
eSemaforoAlarmi	Bool	%I00.2					
eS_3	Bool	%I00.3					
eS_4	Bool	%I00.4					
eColonnaRosso	Bool	%I00.5					
eColonnaVerde	Bool	%I00.6					
eColonnaSirena	Bool	%I00.7					
a1_0	Bool	%I1.0					
a1_1	Bool	%I1.1					
a1_2	Bool	%I1.2					
a1_3	Bool	%I1.3					
a1_4	Bool	%I1.4					
a1_5	Bool	%I1.5					
a1_6	Bool	%I1.6					
a1_7	Bool	%I1.7					
eIngresso1864	Word	%I1864					
eIngresso1866	Word	%I1866					
eIngresso1868	Word	%I1868					
eComE41	Bool	%I8.1					
eComE42	Bool	%I8.2					
eS_3	Bool	%I8.3					

Figura 4.2: Es. Mappatura ingressi

Nella Figura 4.2 si possono notare una parte delle variabili associate ad un tipo di dato e al corrispettivo indirizzo del PLC.

Programmazione PLC:

In seguito ho diviso le varie stazioni in blocchi di codice indipendenti e ho programmato il loro ciclo di funzionamento dividendolo in fasi. Inoltre ho implementato i comandi manuali, utili a testare i vari componenti e ripristinare l'impianto in caso d'errore.

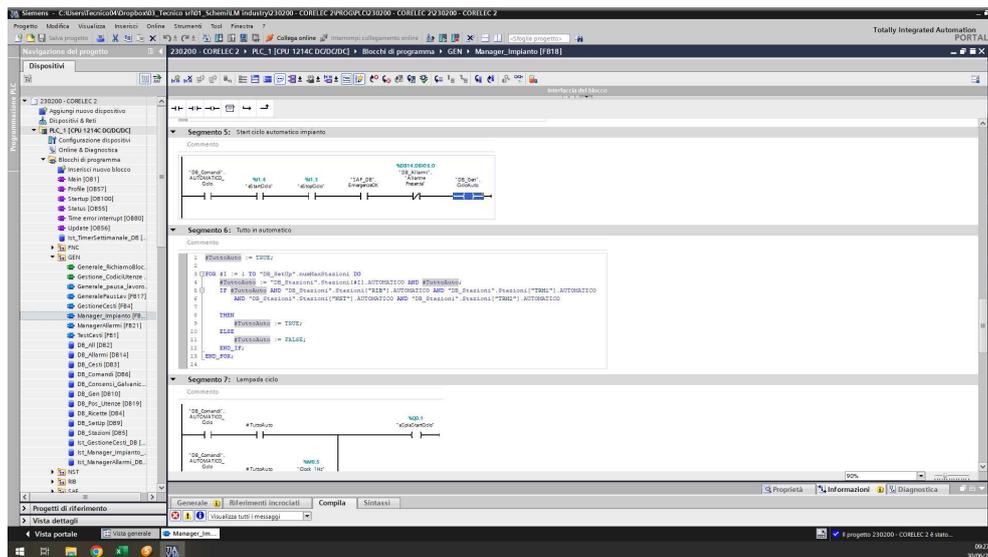


Figura 4.5: Es. Manager Impianto

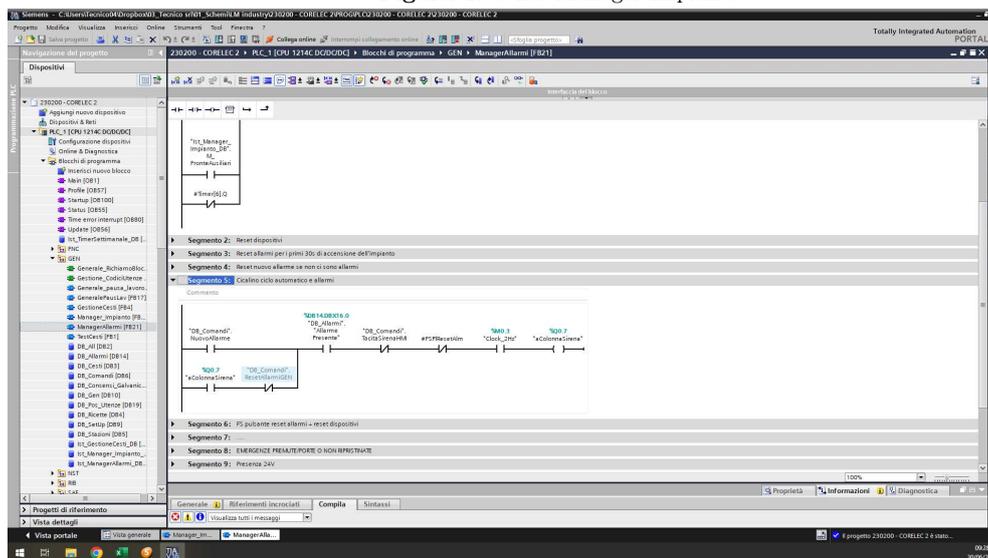


Figura 4.6: Es. Manager Allarmi

In questa fase mi sono soffermato su due programmi in particolare: nel “managerImpianto” ho gestito il controllo delle condizioni per poter avviare l’impianto in modalità automatica e nel “managerAllarmi” ho gestito la segnalazione degli allarmi e le conseguenti azioni da intraprender.

Programmazione HMI:

In seguito ci sono alcune schermate appartenenti al pannello appartenente a questo impianto.

Pagina principale:

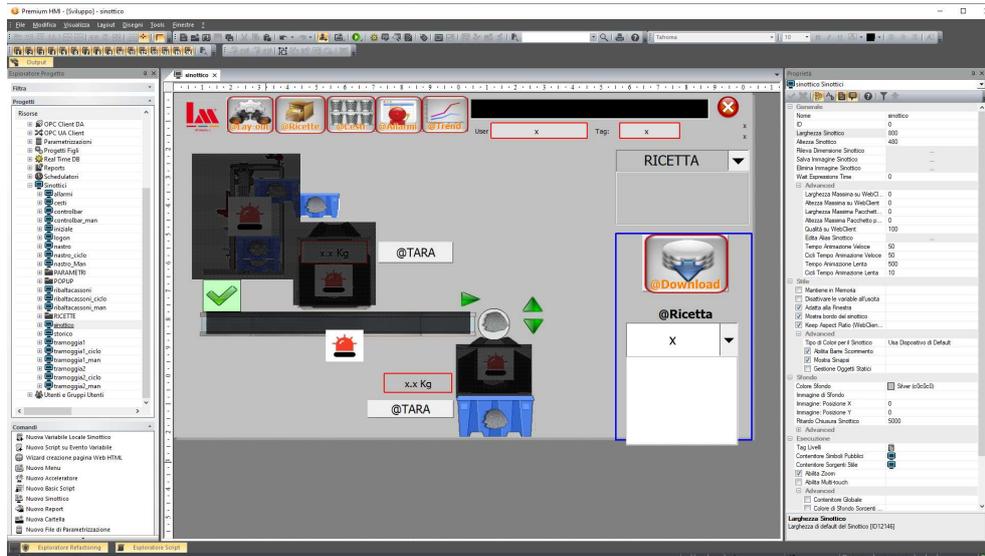


Figura 4.7: Es. Pagina principale

Nella schermata principale si possono notare i vari componenti dell'impianto che mostrano il proprio stato. Inoltre sulla destra c'è un riquadro che segnala la ricetta selezionata per l'impianto.

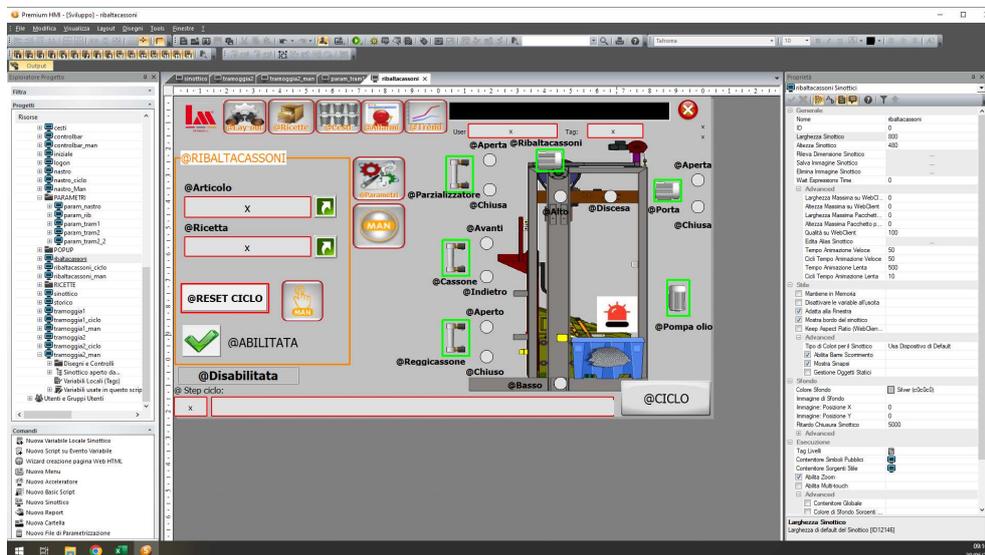


Figura 4.8: Es. Pagina stazione

Per ogni stazione esiste una pagina più specifica che consente di verificare gli stati dei vari componenti della stazione

Allarmi:

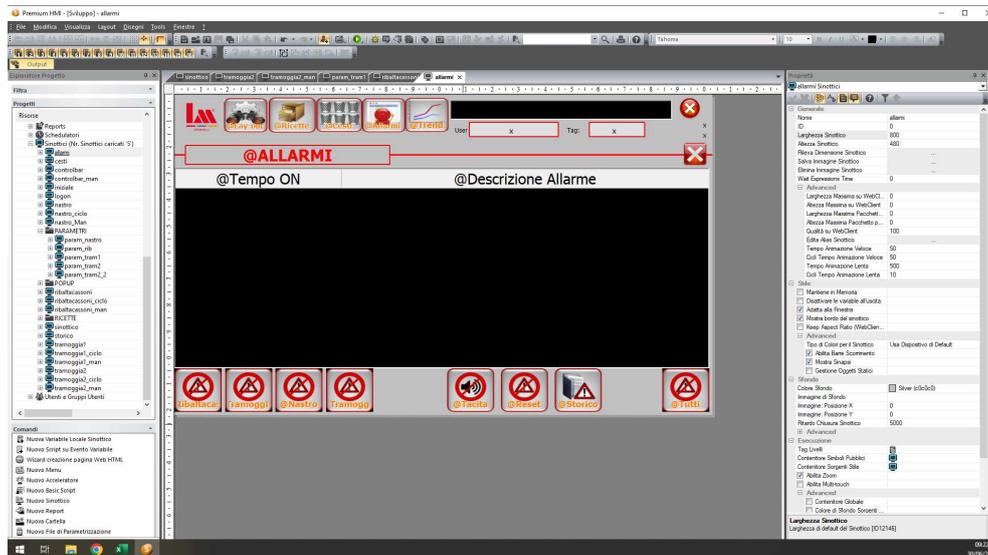


Figura 4.9: Es. Pagina allarmi

In questa pagina è possibile visualizzare gli allarmi in corso con l'aggiunta di alcune informazioni come l'ora in cui è sorto il problema e una breve descrizione. Inoltre, è possibile silenziare la sirena, resettare gli allarmi e filtrare gli allarmi per stazione.

Ricette:

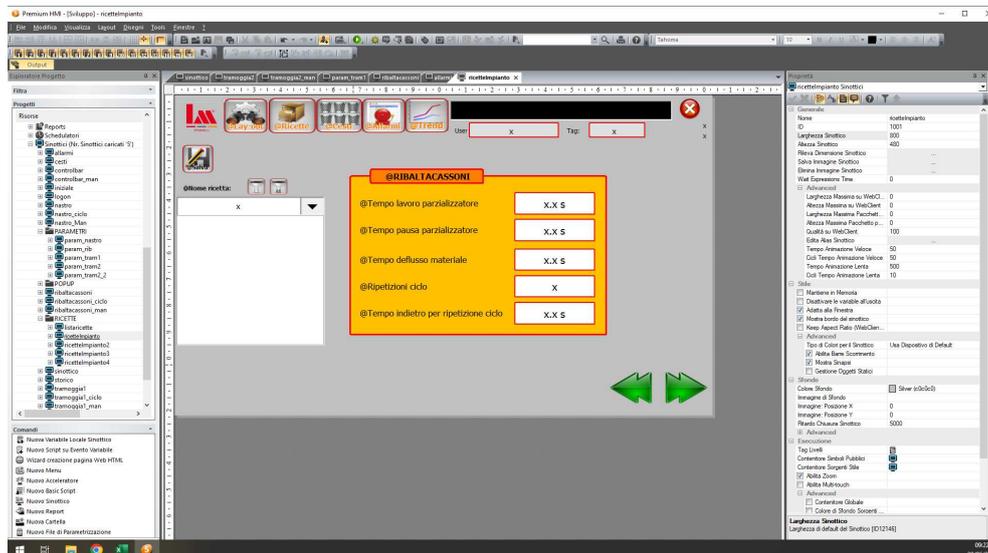


Figura 4.10: Es. Pagina ricette

In questa pagina è possibile importare i parametri di tutti i macchinari dell'impianto per poi salvarli in una ricetta.

Manuali:

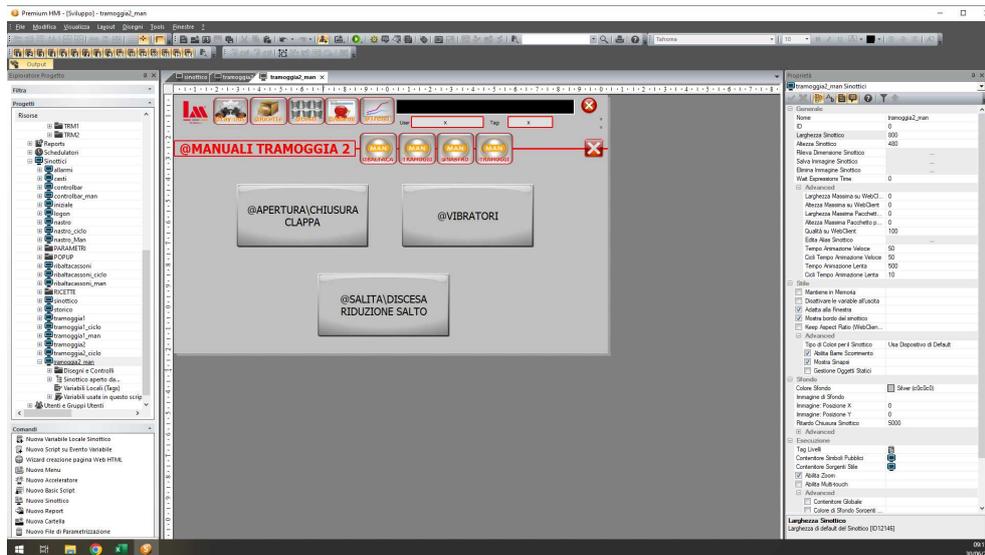


Figura 4.11: Es. Manuali

In questa schermata è possibile attivare i comandi manuali per l'avvio dei motori vibratori della seconda tramoggia, l'apertura-chiusura della clappa e il controllo sulla salita e discesa dello scivolo di riduzione salto. Attraverso un selettore a 3 vie sull'anta del quadro è possibile comandare il movimento in un senso o nell'altro dei vari componenti.

Parametri:

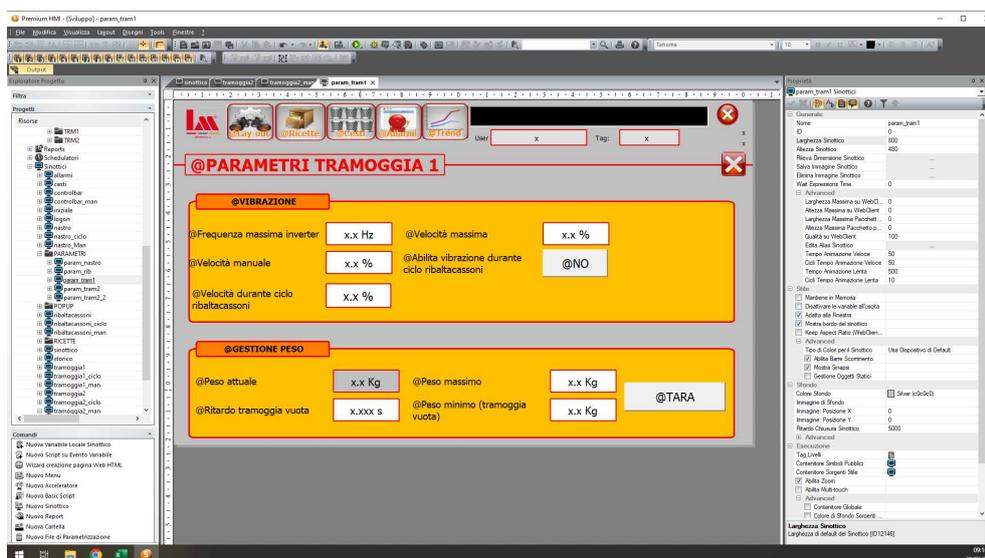


Figura 4.12: Es. Parametri

In questa pagina è possibile modificare i vari parametri per ogni stazione. In questo caso si tratta dei parametri della prima tramoggia.

Capitolo 5

Conclusioni

In conclusione, questa tesi vuole dare un'indicazione su una possibile strada da seguire per poter sviluppare un programma conforme agli standard dell'Industria 4.0. Attraverso il mio percorso di tirocinio ho potuto provare questo metodo e verificarne in prima persona i risultati sul campo.

Il metodo descritto si concentra sull'applicazione delle tecnologie dell'industria 4.0 nel settore industriale. Attraverso l'implementazione di un PLC, un pannello e tramite l'utilizzo di sensori è possibile acquisire e analizzare grandi quantità di dati in tempo reale. Ciò consente alle aziende di prendere decisioni informate e ottimizzare le operazioni in modo più efficiente.

A seguito dell'esperienza svolta sull'impianto descritto in precedenza, ho constatato che questo metodo di lavoro risulta abbastanza lineare e, soprattutto nella fase di test, aiuta a rilevare molti bug presenti nel programma. Grazie all'implementazione dei requisiti dell'industria 4.0 risulta molto semplice intervenire anche dopo l'effettiva messa a punto del sistema, consentendo di risolvere le criticità in breve tempo.

Alcune macchine più semplici potrebbero trovare eccessiva l'aggiunta di tutti gli strumenti di controllo previsti da questo nuovo standard, senza ottenere un reale miglioramento della produttività. Però, già da piccoli impianti composti da pochi macchinari, si può notare come aiuti ad aver sempre monitorato il processo di produzione e consente di affinarlo per ogni tipologia di prodotto.

In conclusione, l'industria 4.0 rappresenta un'enorme opportunità per migliorare l'efficienza e la competitività delle imprese in un contesto sempre più digitale e interconnesso. L'adozione di questa metodologia può essere un valido spunto per sviluppare programmi conformi ai suoi requisiti, consentendo alle aziende di sfruttare appieno i benefici offerti dalla trasformazione digitale.

Capitolo 6

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare per primo il mio relatore Prof. Nicolò Marconato, che mi ha seguito, passo dopo passo, con disponibilità e pazienza nella stesura di questo elaborato.

Ringrazio l'Ing. Giuseppe Pretto, mio tutor presso l'azienda ElettroZen, per la grande disponibilità e professionalità dimostratami in questi mesi di tirocinio formativo.

Ringrazio infinitamente i miei genitori, che mi hanno sempre motivato a dare il meglio, e i miei più cari amici, che hanno condiviso con me gioie e dolori di questo percorso universitario.