



# POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

Automazione con PLC di un impianto di movimentazione di colli  
leggeri



Relatore

Prof. Vladimir Viktorov

Candidato

Gennaro Glionna

Anno Accademico

2019/2020

## Sommario

## Sommario

Introduzione .....	6
1 Incas S.p.A. ....	8
1.1. La storia di Incas .....	8
1.2. Competenze .....	10
1.3. L'organizzazione aziendale .....	11
1.4. WCS-WMS-PLC .....	15
1.5. INCAS nel mondo .....	16
2. Il Material Handling .....	21
2.1. Definizione .....	21
2.2. Principi del Material Handling .....	24
2.3. Unità di carico .....	27
2.4. Movimentazione e imballi .....	28
3. Strumentazione meccanica .....	30
3.1. Generalità .....	30
3.2. Rulli, nastri trasportatori, deviatori trasferitori .....	32
3.3. Sensoristica e controllo .....	41
4. Strumentazione PLC .....	46
4.1. Storia del PLC .....	46
4.2. Struttura PLC .....	47
4.2.1. Hardware .....	47
4.3. Ciclo di scansione .....	50
4.4. Principi di funzionamento e programmazione .....	51
5. Impianto di automazione reale .....	54
5.1. Generalità .....	54
5.2. Scaletta operativa .....	58

## Sommario

5.3.	Studio layout meccanico ed elettrico.....	61
5.4.	Studio impianto e funzionamento.....	65
5.4.1.	ZONA 1.....	66
5.4.2.	ZONA 2.....	68
5.5.	Preparazione HW PLC .....	76
5.6.	Sviluppo programmazione PLC .....	83
5.6.1.	Allarmi .....	84
5.6.2.	HMI.....	91
5.6.3.	Start/stop linea.....	93
5.6.4.	Logiche generali.....	95
5.6.5.	Logiche automatiche .....	96
5.6.6.	Comandi uscite.....	103
5.6.7.	Livello 2.....	105
5.6.8.	Dati.....	107
5.6.9.	Simulazione.....	107
5.7.	Programmazione HMI.....	108
5.8.	Messa in servizio .....	128
5.9.	Problematiche durante la messa in servizio .....	134
6.	Conclusioni .....	137
	RINGRAZIAMENTI.....	139
	Bibliografia .....	141

## Introduzione

La tesi è stata sviluppata presso Incas S.p.A., azienda che si colloca nel campo della *Supply Chain Automation*. In questi anni stiamo vivendo una nuova rivoluzione industriale che ha dato il via allo sviluppo dell'*Industria 4.0*. Questa rivoluzione deve il suo Natale al sempre maggiore sviluppo della robotica, dello sviluppo dei Big Data, e la crescita esponenziale nell'ambito Meccatronico. Negli ultimi anni il concetto di Industria 4.0 ha avuto un impatto sempre maggiore nello sviluppo e nella crescita di ogni azienda del territorio, e questo concetto è ormai anche andato oltre al semplice ambito industriale. L'Industria 4.0 si basa sulla tendenza nello sviluppare l'automazione industriale integrando sempre nuove tecnologie produttive al fine di migliorare condizioni di lavoro e ridurre infortuni in quest'ambito. Questo sviluppo fa sì anche che ci sia un grande aumento della produttività. Uno dei rami che più riguarda lo sviluppo dell'Industria 4.0 è proprio quello dell'intralogistica, ramo in cui si colloca la stessa Incas, ponendosi a monte della catena logistica, fornendo impianti di movimentazione e logistici. Al fine di rendere un'azienda, una *Smart Factory*, Incas ha un ruolo di rilievo, essendo l'intralogistica l'interazione tra fornitore e azienda e tra azienda e cliente, creando uno scambio di materiali ed informazioni. Nel contesto di Incas è stata realizzata la tesi grazie al supporto di persone interne alla stessa azienda, che mi hanno formato durante il mio Tirocinio curricolare di 300 ore, fornendomi le basi di sviluppo per la stessa tesi e dandomi delle basi per la conoscenza e sviluppo del SW PLC.

È stato possibile verificare in azienda come ogni azienda ha bisogno di un impianto realizzato su misura, in quanto le dinamiche e le richieste di ogni azienda sono diverse da quelle di un'altra, ed è stato possibile verificare tutto questo durante la messa in servizio dell'impianto con cui è stato anche possibile sviluppare le mie capacità di *problem solving*.

Il lavoro di tesi si pone l'obiettivo di analizzare dal punto di vista teorico e pratico la logistica integrata, partendo dalla teoria, con la conoscenza dell'ambiente di sviluppo del software PLC (TIA PORTAL, Siemens), passando per la programmazione vera e propria del SW PLC, arrivando poi a comprendere e capire le problematiche per ogni azienda e andando a fare la messa in servizio, passando anche per il collaudo del quadro elettrico.

Nel primo capitolo della tesi viene fatta una descrizione di Incas S.p.A., di tutta la sua evoluzione e di ogni aspetto aziendale.

Il secondo capitolo delinea aspetti teorici legati invece al “Material Handling” e i vari principi di base della logistica.

Nel terzo capitolo di questa tesi si discute della strumentazione meccanica con uno studio approfondito dei dispositivi utilizzati spesso in Incas.

Il quarto capitolo pone invece l’accento alla strumentazione PLC e a tutta l’hardweristica relativa allo stesso.

Nel quinto capitolo invece viene evidenziato come utilizzare gli standard di Incas in un impianto automatizzato reale, partendo dalle generalità dell’impianto passando per la scaletta e lo studio dei layout meccanico ed elettrico, arrivando infine alla progettazione PLC sia HW che SW. Infine, si pone attenzione ai problemi relativi alla messa in servizio.

# 1 Incas S.p.A.

## 1.1. La storia di Incas

Incas Spa nasce a Biella nel 1981, nell'ambito di sistemi di pesatura ed etichettatura nel settore di imballaggio.



*Figura 1. 1- Logo Incas*

Nel 1983 comincia la crescita del gruppo, grazie allo sviluppo di impianti di monitoraggio per la produzione, una crescita che continua nel 1985 con l'ingresso nel mercato delle linee di movimentazione interna.

Nel 1986 viene sviluppato e brevettato il primo sistema di stampa ad etichettatura automatica basato su stampanti di mercato e dopo solo due anni si realizza il primo impianto di gestione operativa di magazzino tramite uso di terminale a radio frequenza sviluppati su base PC. Nel 1991 arriva il secondo brevetto del gruppo grazie al forte sviluppo di tutto il territorio Biellese nell'ambito tessile e manifatturiero. Il brevetto consiste nella progettazione di un sensore di presenza filo con cui è possibile realizzare impianti di controllo capaci di

monitorare la produzione, rottura e qualità dello scorrimento del filo. Lo sviluppo continua infatti verso la fine degli anni '90 nasce la filiale Incas Bologna.

Questa filiale si specializza sulla gestione e il monitoraggio delle spedizioni. Negli anni 2000 nasce Incas Spagna per far crescere il gruppo presso il mercato Iberico. La continua ricerca e sviluppo del gruppo, portano, nel 2008, Incas SpA ad essere uno dei punti di riferimento nel settore Supply Chain Automation.

Negli anni 2010 l'azienda è in grado di sviluppare progetti di automazione industriale nel settore della logistica e della produzione a 360°, ma l'arrivo di dispositivi sempre più avanzati per la movimentazione e interfacce *user-friendly*: display touch-screen a colori, connessioni internet e avanzate protezioni elettro-magnetiche consentono di operare con affidabilità nel settore automazione.

Nel 2013, la quarta rivoluzione industriale con la cosiddetta *Industry 4.0* fa sì che negli impianti vengano integrate nuove tecnologie automatizzate caratterizzate da sistemi complessi, dinamici e capaci di interagire secondo una logica cyberfisica. Grazie a questa rivoluzione industriale cresce sempre più, da parte delle aziende, la necessità di utilizzare sistemi flessibili ed efficienti in modo tale da seguire la variabilità del mercato dettata dalle esigenze del consumatore.

Ed è proprio qui che Incas Spa si inserisce, a monte dell'intera catena logistica mediante soluzioni e strumenti tecnologicamente evoluti ma semplici per l'utente finale, così che, da parte dell'utente finale, sia facile gestire le complessità dei flussi in modo semplice e sfruttare al meglio tutte le risorse. Questa crescente esperienza e una grande competenza fanno sì che a partire dal 2016, il gruppo FCA sceglie Incas Spa per la fornitura di impianti di alimentazione di componenti per il montaggio.

Nel 2017 comincia la realizzazione di impianti di movimentazione automatica con impiego AGV (Automated Guided Vehicle). Nel 2018 Incas entra a far parte del gruppo SSI Schäfer, un leader mondiale per la fornitura di prodotti e soluzioni per l'intralogistica.

Questo fa sì che Incas accresce sempre più la propria esperienza e il proprio know-how, grazie all'esperienza di Schäfer. Proprio per questo ad oggi è leading company dell'hub South West Europe, aggiungendo alle proprie sedi quella di Parma.

Oggi Incas è in grado di fornire un impianto chiavi in mano con una grande flessibilità operativa e un servizio completo. (Incas, 2019)

## 1.2. Competenze

Il gruppo Incas opera da più di 35 anni in mercati nazionali ed internazionali, dove propone delle soluzioni automatizzate, complete e personalizzate a seconda delle richieste del cliente, nell'ambito della Supply Chain e consentendo alle aziende di ottimizzare e velocizzare i propri magazzini. Negli anni si sono sviluppate sempre maggiori competenze specifiche che rendono Incas in grado di realizzare soluzioni innovative, affidabili, assistite e monitorate nel tempo.

Tutta la progettazione Incas riguarda:

- Gestione magazzino e picking;
- Material handling e sorting;
- Gestione delle spedizioni, pianificazione viaggi, tracciabilità mezzi e consegne;
- Monitoraggio delle linee produttive e tracciabilità della produzione.

L'insieme delle attività della progettazione di Incas fanno sì che sia possibile far interagire sistemi eterogenei in una nuova struttura funzionale e realizzare soluzioni evolute per rispondere con efficacia ed efficienza alle esigenze del cliente.

Uno dei punti di forza dell'azienda è proprio il focus sul cliente e la flessibilità progettuale. Questo consente di proporre soluzioni personalizzate.

Tutte le attività partono dalla progettazione meccanica ed elettrica. Una volta realizzata la progettazione meccanica ed elettrica si procede con la progettazione del software di automazione PLC. Si arriva poi al montaggio hardware e installazione software con la messa

in funzione dell'impianto. Questo fa sì che al cliente venga dato un impianto "chiavi in mano".

Consegnato l'impianto, il rapporto con il cliente continua tramite un servizio di assistenza. (Cosco, 2018)

### 1.3. L'organizzazione aziendale

Al fine di raggiungere l'obiettivo pattuito con il cliente, durante la conduzione del progetto, è necessario che le attività di analisi tecnica, di progettazione, consegna e di installazione, siano:

1. Effettuate nei modi e nei tempi previsti
2. Sincronizzate tra di loro.

Dunque, è fondamentale che le azioni dei soggetti interessati alla realizzazione del progetto siano coordinate. Ogni attività viene assegnata ad un responsabile che ne porta avanti la pianificazione.

Tutto il progetto è gestito dal Project Leader che si occupa di:

- Curare i rapporti tra clienti e fornitori;
- Definire lo *scheduling* delle attività in funzione delle esigenze del cliente
- Supervisionare le attività di analisi di dettaglio, installazione, collaudo e messa in funzione dell'impianto.
- Verificare lo stato di avanzamento dei lavori

Ci sono diverse figure aziendali che fanno riferimento al Project Leader, sono:

- Responsabile Hardware, che è il coordinatore della progettazione meccanica ed elettrica e delle relative attività di installazione e collaudo;
- Responsabile software Automazione, che è il coordinatore dello sviluppo PLC e delle relative attività di installazione e collaudo;
- Responsabile Software PC, che è il coordinatore delle attività di programmazione e delle relative attività di installazione e collaudo,
- Responsabile Sicurezza, che è il coordinatore della stesura manuali e della sicurezza in cantiere.

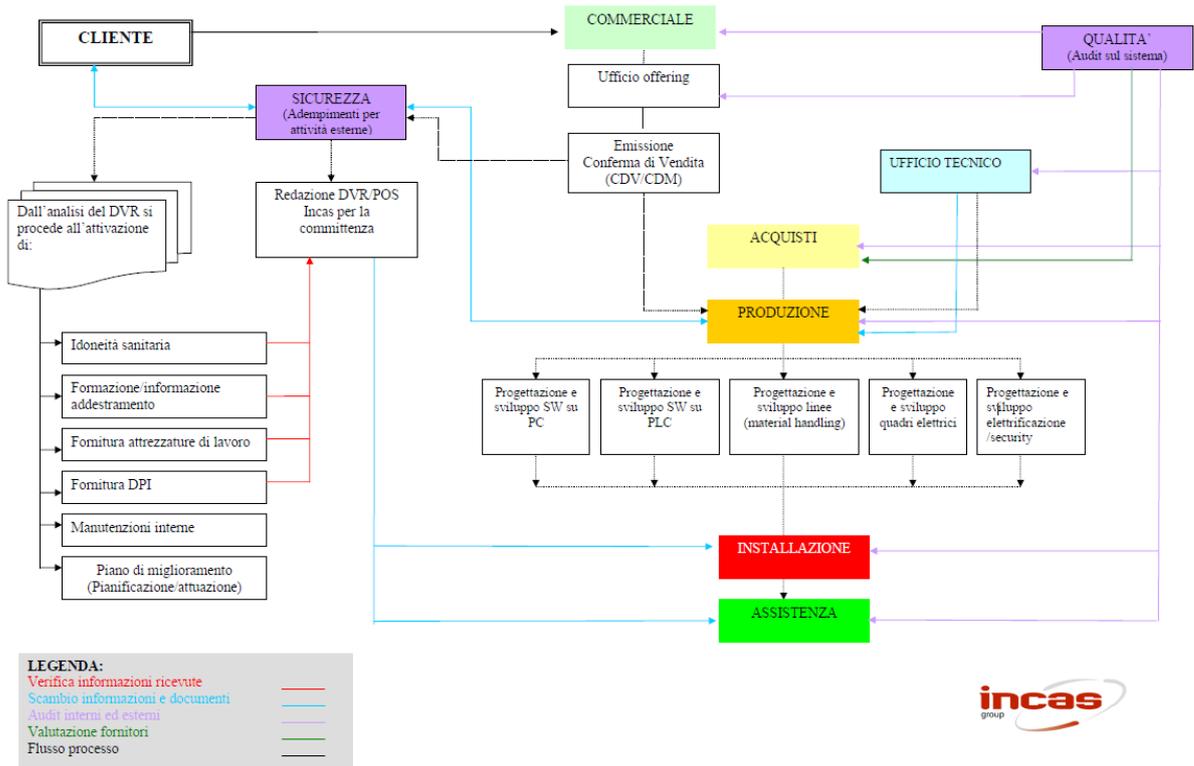


Figura 1.2 - Organigramma aziendale per la gestione progettuale

In fase di progettazione esiste un flusso di informazioni tra i reparti che si sviluppa in maniera bidirezionale:

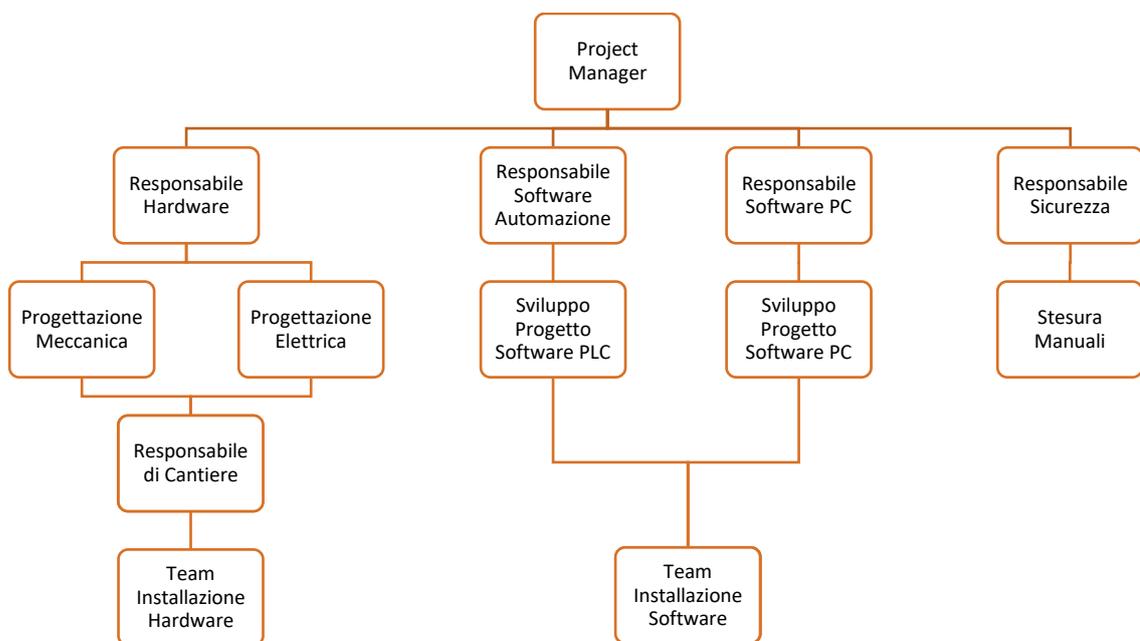


Figura 1.3 - Flusso di informazioni

In fase di installazione, c'è un flusso di informazioni dall'alto al basso ed è solo in parte bidirezionale:

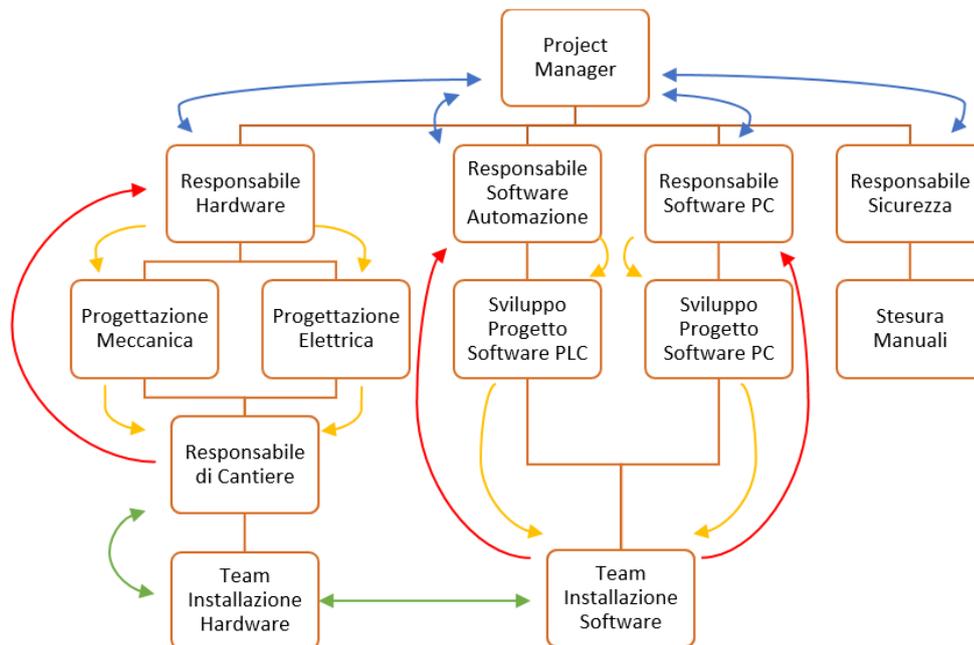


Figura 1. 4 - Flusso informativo in fase di installazione

Durante la parte preliminare del progetto, di cui si occupa il “commerciale”, si individua la prima struttura funzionale capace di soddisfare tutte le esigenze del cliente. Definita la vendita, l’analisi commerciale passa al reparto hardware, ed è qui che iniziano le attività di progettazione al fine di ottenere le specifiche di dettaglio dell’impianto da realizzare.

Durante la fase di vendita viene definito un primo layout meccanico che rappresenta l’input per la definizione del vero e proprio layout meccanico definitivo.

Alla progettazione meccanica segue la progettazione elettrica che definisce il fabbisogno di materiale elettrico e della sensoristica necessaria al funzionamento e al cablaggio dei quadri elettrici.

Terminate le procedure di realizzazione del layout meccanico e di layout elettrico si può

procedere con l'acquisto delle attrezzature e dei macchinari necessari alla movimentazione. La fase successiva è quella di sviluppo software PLC e PC.

La programmazione PLC (Programmable Logic Controller) elabora il software capace di gestire i segnali analogici e digitali scambiati tra sensori e attuatori al fine di realizzare la movimentazione automatica delle singole parti dell'impianto.

L'attività di programmazione PLC costituisce il livello 1. Successivamente si ha la programmazione PC che è caratterizzata da diversi livelli di gestione, il livello 2 e il livello 3.

Il livello 2 utilizza un'opportuna modalità di programmazione denominata WCS (Warehouse Control System). Questo livello prende le decisioni circa la movimentazione dei componenti e consente di definire le modalità e i percorsi con cui eseguire gli ordini del cliente. Affianco al livello 2, si sviluppa il livello 3, costituito dal WMS (Warehouse Management System) che invece ha come scopo quello di creare le *mission*. Questo livello 3 sviluppa il proprio lavoro prendendo informazioni dal sistema ERP (Enterprise Resources Planning) del cliente, questo è il livello 4.

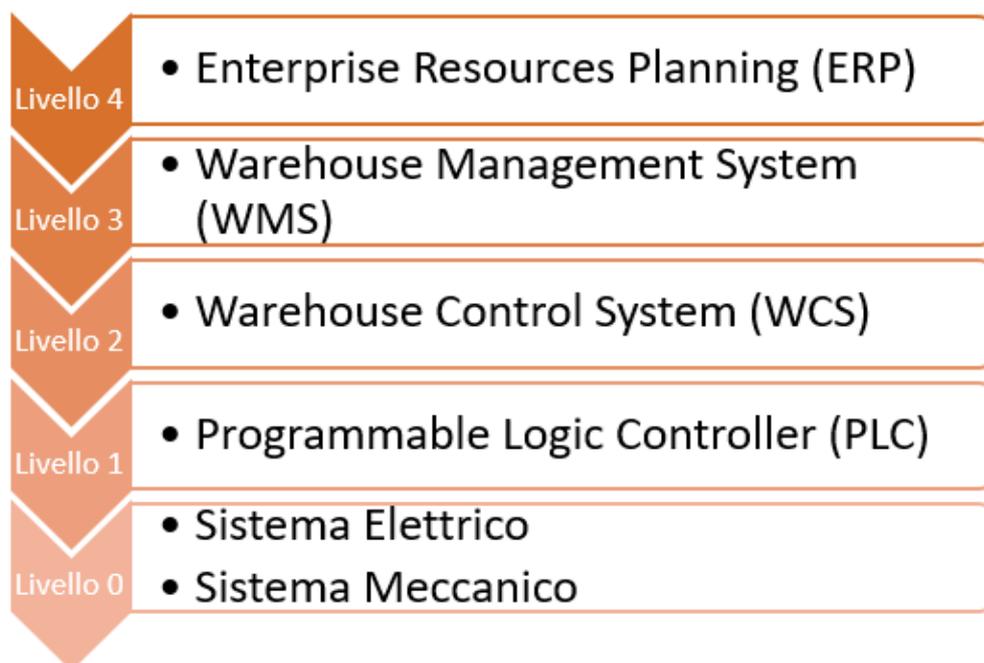


Figura 1. 5 - Flusso informativo a livello Software

Come si evince da *figura 1.5* il flusso di informazioni è a cascata, cioè l'output del livello più alto risulta essere input per il livello successivo.

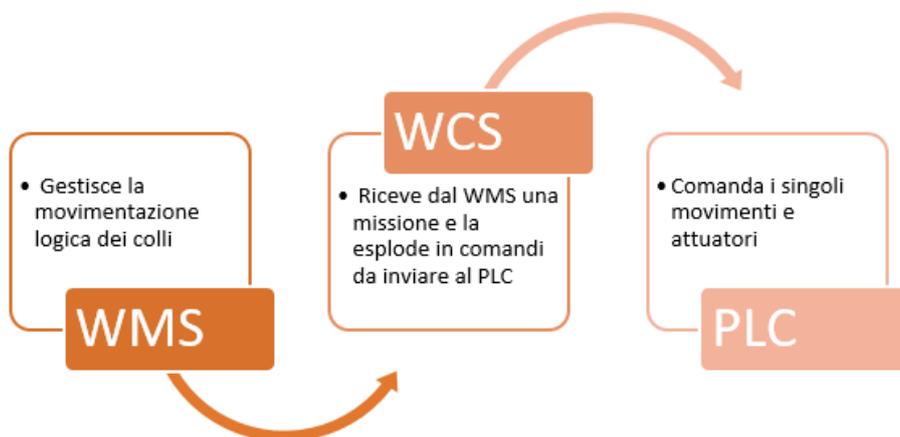
In fase di progettazione naturalmente avviene il contrario cioè il flusso di informazioni va dal livello più basso al livello più alto.

#### 1.4. WCS-WMS-PLC

Il WCS rappresenta l'interfaccia logica tra il sistema di gestione magazzino, l'automazione e le movimentazioni ad esso correlate. Nello specifico si occupa di ricevere dal WMS, le richieste di movimentazione dei colli e le destinazioni dei colli.

Il WCS, comunicando con il livello 1, gestisce dunque l'instradamento dei colli lungo l'impianto e si occupa di dialogare con il PLC che poi andrà a comandare la movimentazione dei tratti delle varie linee e gli attuatori. Il WCS estrapola anche i dati relativi alla lavorazione e alla etichettatura.

In ultima analisi il livello 1, o WCS, è il mezzo tramite cui si fanno comunicare il livello di campo o livello 1 che gestisce e movimenta le linee con il livello 2, WMS, che invece programma le destinazioni e le missioni dei colli nelle linee.



*Figura 1.6 - Architettura e scambio di informazioni SOFTWARE*

Come si evince anche dalla *figura 1.6* l'architettura software è caratterizzata dalle seguenti informazioni:

- Il WMS conosce la mappa del magazzino, le giacenze e gli ordini. Il WMS costituisce dunque il calcolatore gestionale;

- Il WCS conosce la suddivisione dell'impianto e gestisce i vari punti decisionali dell'impianto, gestisce i possibili percorsi e le regole di percorrenza. Il WCS è dunque il calcolatore di processo
- Il PLC conosce ed elabora tutti i segnali di input e output di campo. Il PLC è il invece il controllore di periferiche e si occupa di coordinare le singole parti della linea di movimentazione.

Il PLC quindi manda i dati di origine e destinazione di ogni blocco al WCS, che è in grado di vedere la situazione in tempo reale. È importante anche l'interfaccia grafica uomo-macchina (HMI), *Human Machine Interface*, con cui l'utente finale può analizzare in tempo reale la movimentazione dei colli (la visualizzazione dei colli sulle linee avviene tramite l'utilizzo di fotocellule) e settare dei parametri di tempo e di velocità dell'impianto al fine di soddisfare le esigenze iniziali. Oltre a questo, tramite HMI l'utente finale può anche gestire la movimentazione manuale dell'impianto e visualizzare un'analisi hardware e software dell'impianto grazie alla presenza di Allarmi e/o Warning.

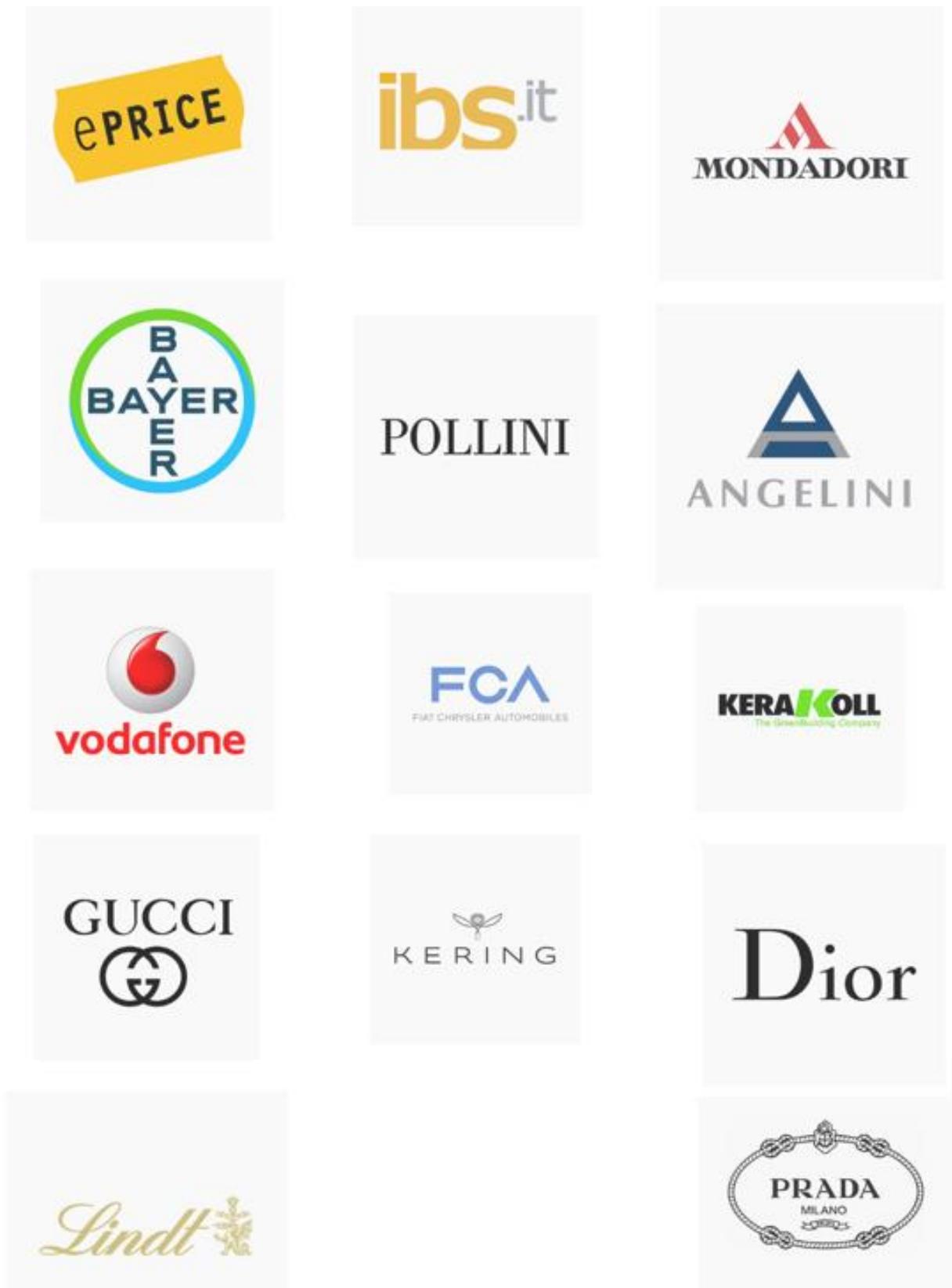
Negli impianti realizzati da Incas l'analisi e il riconoscimento dei colli avviene tramite letture di *barcode*. Queste letture vengono fatte tramite degli scanner montati lungo la linea (ad oggi si sta cercando di implementare lungo gli impianti l'analisi dei colli fatta tramite *QR code*, per avere informazioni più dettagliate, questa avviene tramite delle fotocamere). Altre analisi possono essere legate alla pesatura, alla stampa ed applicazione di etichette, e alla gestione finale in magazzino (ad es. tramite Trasloelevatori).

### **1.5. INCAS nel mondo**

Grazie all'esperienza acquisita nel settore, Incas viene scelta ad oggi da molti clienti, dato che proprio l'esperienza risulta essere un elemento discriminante per la scelta di un'azienda piuttosto che di un'altra da parte di un cliente. Ad oggi le richieste risultano essere sempre più differenti e vincolanti da parte dei clienti.

La scelta dei fornitori non viene fatta solo tenendo conto degli aspetti economici ma anche e soprattutto dell'efficienza dei prodotti offerti e di un'organizzazione che punta sempre all'eccellenza i cui punti cardine sono risultati, esperienza, know how, fiducia, credibilità, leadership e tenacia tutto affiancato da una grande disponibilità e competenza.

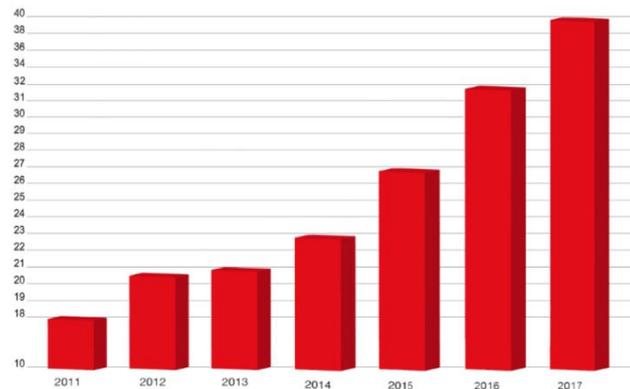
La grande disponibilità di Incas ha fatto sì che si creasse un meccanismo di fiducia con il cliente in quanto uno dei punti di forza dell'azienda sta nel CSS (Customer Service and Support) che altro non è che un meccanismo di assistenza che viene gestito da parte dell'azienda. Questo CSS è in grado infatti di garantire dalle 06:00 alle 22:00 un'assistenza da remoto, in grado di risolvere, nel momento in cui ci siano, dei problemi legati al funzionamento della linea. Questo meccanismo fa sì che in ogni momento, tramite una connessione stabilita con uno strumento SIEMENS, l'azienda sia in grado di collegarsi con l'impianto del cliente e verificare il funzionamento della stessa, così che se si riuscisse a risolvere il problema la linea di produzione del cliente non viene mai interrotta. Solo nel remoto caso in cui il problema sia HW c'è bisogno di intervenire in loco.



*Figura 1. 7 - Alcuni clienti INCAS*

Negli ultimi anni un incremento considerevole ha fatto sì che Incas crescesse in maniera notevole sia dal punto di vista personale che per quanto riguarda il fatturato.

Ad oggi Incas S.p.A. ha più di 1200 impianti installati nel mondo e la sua crescita tende a continuare anche dal punto di vista del fatturato raggiungendo oggi un fatturato che si aggira intorno ai 50 milioni di euro.



*Figura 1.8 - Fatturato Incas*

Come si nota dai clienti del gruppo, tutti i sistemi Incas, possono essere adattati a diversi campi di applicazione che vanno dall'automotive, all'industria alimentare, passando per i marchi di moda di lusso.

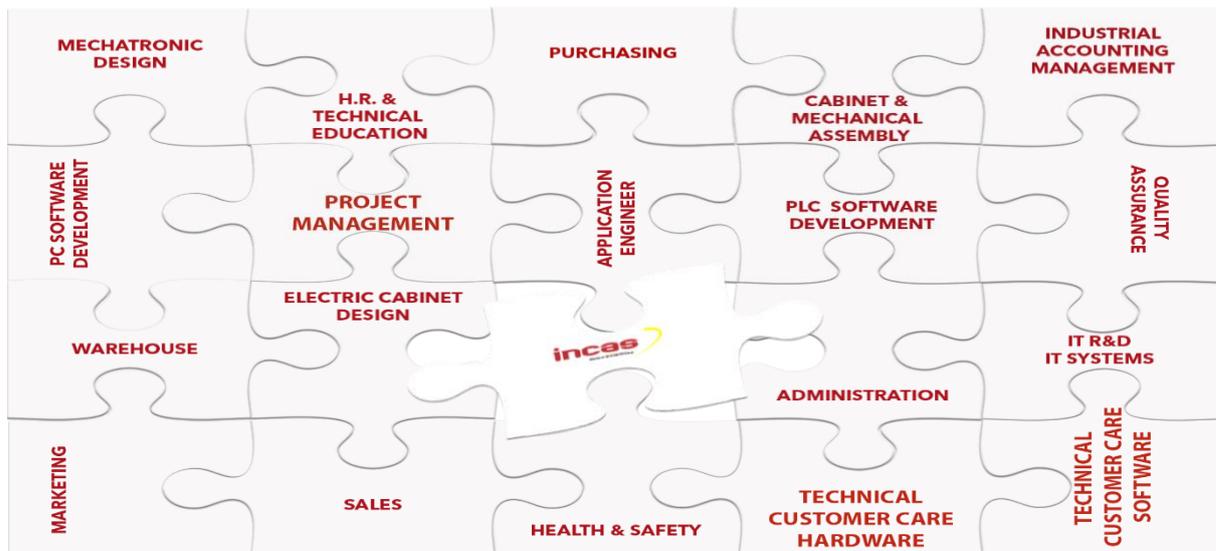


Figura 1. 9 – Caratteristiche Incas

## 2. Il Material Handling

### 2.1. Definizione

Il Material Handling altro non è che lo studio della movimentazione e dello stoccaggio dei materiali, un'attività fondamentale in tutti i settori manifatturieri e distributivi. Ad oggi il Material Handling risulta essere uno dei punti di partenza per lo studio di un nuovo impianto ed è uno degli obiettivi di studio principali da parte di un'azienda. Tutte le aziende prestano molta attenzione all'analisi della movimentazione e dello stoccaggio dei materiali, dato che questo permette una elevata diminuzione dei tempi di produzione, e che con un giusto approvvigionamento e spostamento di materiali si potrebbero eliminare quasi del tutto i tempi morti durante le fasi di produzione. Ad oggi, l'automazione di questi sistemi, ha fatto sì che si sia stato un grande sviluppo in quest'ambito. Ed è proprio grazie all'implementazione di sistemi di controllo e all'uso di PLC che è nata la cosiddetta fabbrica automatica.

Grazie allo studio del material handling è possibile fare un approvvigionamento di materiali giusto, al momento giusto, con un continuo scambio di dati e di informazioni che viaggiano orizzontalmente all'interno dell'azienda.

Questi processi interessano ogni fase del ciclo produttivo, dalla gestione e stoccaggio delle materie prime in entrata, passando per la gestione intralogistica, di informazioni e di materiale, arrivando infine allo stoccaggio e imballaggio di materiali finiti.

Dato che il material handling è presente in ogni fase della produzione aziendale, significa che questo è legato all'impiego della componentistica più diversificata. I sistemi utilizzati per il material handling sono molteplici. Questi possono variare dalle scaffalature verticali gestite ad esempio tramite l'utilizzo di trasloelevatori per movimentare in quota materiali, rulliere o nastri trasportatori gestiti per la movimentazione di terra dei colli, o anche all'uso di applicatori come nastriatrici, reggiatrici, scanner, etichettatori e pesature per la gestione delle informazioni.



*Figura 2. 1 - Movimentazione colli leggeri*



*Figura 2. 2 - Sistema di movimentazione colli su rulliere*

Per il material handling potrebbero essere anche utilizzati dei magazzini automatici, *Automated Guided Vehicle (AGV)*, *Shuttle*, e robot antropomorfi.



Figura 2. 3 - Sistemi AGV

In tutto questo processo Incas Spa, si pone a monte della catena logistica, come, *Systems Integrator*, con lo scopo di far interfacciare tra di loro più sistemi complessi.

L'intralogistica oggi rappresenta uno dei punti focali per qualsiasi azienda, dato che un modo ottimizzato di gestire informazioni e colli risulta essere fondamentale per una riduzione dei costi di esercizio aziendale, dato che questo aspetto se fosse ottimizzato andrebbe a ridurre di molto il danneggiamento dei prodotti e c'è meno rischio di rendere obsolete materie stoccate. Questo è anche importante per quanto riguarda la sicurezza dell'ambiente di lavoro.

Tutto il *Material handling* si sviluppa su due aspetti che sono quello fisico e quello logico. Il sistema fisico si occupa della gestione dei sistemi di movimentazione, stoccaggio e di imballaggio mentre per quanto riguarda l'aspetto logico pone l'attenzione sul controllo dei flussi.

L'insieme delle logiche del *Material handling* si possono suddividere in più sottoinsiemi:

- Ricevimento materie prime;
- Stoccaggio;
- Picking;
- Movimentazione
- Spedizione.

Tra tutti questi sottoinsiemi devono interfacciarsi tra di loro per evitare problemi legati alla discontinuità.

## 2.2. Principi del Material Handling

Lo sviluppo del Material Handling si deve interfacciare necessariamente con il layout d'impianto con lo studio della disposizione planimetrica e planivolumetrica di macchine, per la gestione dell'intralogistica e della movimentazione dei colli in entrata e in uscita.

Come dati iniziali è necessario considerare lo spazio fisico disponibile, e le relazioni che devono esistere tra i vari reparti di un impianto. Un layout corretto fa sì che ci sia un'ottimizzazione dello spazio e della movimentazione di persone e materiali.

I flussi dei componenti più frequenti incidono sulla disposizione dei vari reparti e sulla posizione delle materie prime.

È evidente dunque che il layout dell'impianto e il material handling sono in stretta correlazione tra di loro e tutta la progettazione del sistema di movimentazione costituisce un aspetto importante nella progettazione dello stabilimento.

Il sistema di movimentazione interna risulta essere il 35 % dei costi totali per la realizzazione di un impianto e dato che la movimentazione e il tempo e i costi legati alla movimentazione non danno un valore aggiunto ai componenti, è necessario ridurre al minimo gli spostamenti. Tutta la progettazione dell'intralogistica e della movimentazione deve essere perseguita tramite l'applicazione dei 20 principi proposti dal "*Material Handling Institute*". Questi 20 principi devono essere presi come guida alla progettazione della movimentazione per nuovi impianti o per *revamping* di impianti già esistenti. (Franco Caron, 1995)

I principi sono riportati di seguito:

1. Principi della pianificazione;
2. Principio del sistema;
3. Principio del flusso di materiali;
4. Principio della semplificazione delle operazioni;
5. Principio della gravità;
6. Principio dell'utilizzazione volumetrica;
7. Principio dell'unità di carico;
8. Principio della meccanizzazione;
9. Principio dell'automazione,
10. Principio della selezione e delle attrezzature;

11. Principio della standardizzazione;
12. Principio dell'adattabilità;
13. Principio del peso a vuoto;
14. Principio dell'utilizzazione;
15. Principio della manutenzione;
16. Principio dell'obsolescenza;
17. Principio del controllo;
18. Principio della capacità produttiva;
19. Principio della performance;
20. Principio della sicurezza.

1. Il principio della pianificazione consiste nell'organizzare a priori tutte le attività di movimentazione e stoccaggio. Lo studio consiste anche nel prevedere il comportamento del sistema al fine di correggere malfunzionamenti già in fase di progettazione e dunque aumentare l'efficacia e l'efficienza durante l'attività di installazione.
2. Il principio del sistema considera l'intera catena logistica come se fosse un sistema integrato per standardizzare l'interfaccia cliente-fornitore.
3. Il principio del flusso dei materiali invece ha come focus la riduzione dei percorsi dei materiali attraverso l'analisi delle sequenze delle operazioni aziendali al fine di ridurre i costi di movimentazione e dei tempi morti.
4. Il principio della semplificazione delle operazioni mira invece ad eliminare le attività non necessarie per combinare più operazioni nella stessa stazione di lavoro.
5. Il principio della gravità suggerisce l'utilizzo dell'energia potenziale per trasferire a breve distanza grazie alla variazione di altezza acquisita.
6. Il principio dell'utilizzazione volumetrica consiglia l'utilizzo di macchine che occupano lo spazio in direzione ortogonale al piano d'appoggio.
7. Il principio dell'unità di carico (UdC) invita a movimentare più prodotti contemporaneamente.
8. Il principio della meccanizzazione propone la sostituzione di spostamenti manuali con attrezzature meccanizzate per evitare sforzi fisici da parte degli operatori.

9. Il principio dell'automazione amplia il principio della meccanizzazione e consiglia l'installazione di sistemi automatizzati così che si sposta l'intervento dell'operatore a bordo macchina e si evitano mansioni poco gratificanti e si riduce il rischio di infortuni.
10. Il principio della selezione e delle attrezzature consente di definire i metodi e gli strumenti utilizzati a compiere una determinata attività.
11. Il principio della standardizzazione studia i vantaggi che si possono ottenere uniformando le attrezzature dal punto di vista della manutenzione, controllo e programmazione.
12. Il principio dell'adattabilità consiglia l'utilizzo di attrezzature adattabili a diverse situazioni e operazioni.
13. Il principio del peso a vuoto mira a ridurre il più possibile il rapporto peso/dimensione di ogni prodotto e di ogni imballo.
14. Il principio dell'utilizzazione riguarda la saturazione di strumenti e operatori.
15. Il principio della manutenzione consiglia di schedare gli interventi sugli strumenti facendo una manutenzione preventiva per evitare situazioni di emergenza.
16. Il principio dell'obsolescenza propone l'aggiornamento dei dispositivi utilizzati in tutte le attività al fine di ottenere sempre miglioramenti delle performance.
17. Il principio del controllo raccomanda l'impiego di sistemi di identificazione automatica.
18. Il principio della capacità produttiva studia l'importanza di progettare opportunamente la capacità produttiva di tutti i sottoassiemi per garantire una gestione corretta ed efficiente dell'impianto.
19. Il principio delle performance suggerisce di analizzare i costi per la singola attività effettuata in modo tale da verificare e confrontare le diverse alternative possibili.
20. Il principio della sicurezza raccomanda la progettazione e installazione dei sistemi più sicuri, per evitare la probabilità di infortuni e garantire ambienti di lavoro idonei.

Tutti questi progetti individuati in (Franco Caron, 1995), risultano essere generici e quindi non forniscono delle soluzioni specifiche ad ogni progetto però possono essere utilizzati come linea guida.

### 2.3. Unità di carico

Un'unità di carico è un raggruppamento di materiale disposto in modo tale da essere movimentato e trasportato tramite mezzi di trasporto meccanici. A titolo di esempio è possibile creare un'unità di carico sovrapponendo, su una pedana di supporto, più scatole di cartone disponendole in appositi raccoglitori. È possibile anche raggruppare materiale di diverso tipo ricorrendo a imballi o reggiature "ad hoc". Una delle caratteristiche dei materiali che devono essere raggruppate, è che questi materiali, siano accatastabili gli uni sugli altri. I materiali che vengono raggruppati in unità di carico devono essere legati da alcune caratteristiche. I materiali possono essere:

- Prodotti allo stato fluido;
- Materiali sfusi;
- Colli o carichi lottizzati (*unit load*).

I materiali vengono movimentati in unità di carico discrete, per poi essere raggruppate su pallet (come si evince dalla figura 2.4).



*Figura 2. 4 - Unità di carico in movimentazione su pallet*

La pallettizzazione può avvenire anch'essa in maniera automatica tramite l'utilizzo di robot cartesiani o antropomorfi. I pallet possono essere distinti in base alla caratteristica di "inforcamento". Ci sono infatti:

- Pallet reversibile a 4 vie

- Pallet non reversibile a 4 vie;
- Pallet reversibile a 2 vie;
- Pallet non reversibile a 2 vie.

La normativa UNI ISO 445 dice *“il pallet è una piattaforma orizzontale caratterizzata da un'altezza minima compatibile con la movimentazione tramite carrelli transpallet e/o carrelli elevatori a forche e altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata come supporto per la raccolta, l'immagazzinamento, la movimentazione ed il trasporto di merci e di carichi.”*

La scelta del pallet è anche legata al materiale di fabbricazione della pedana che è legata alle condizioni ambientali e al lavoro che deve fare la paletta.

Il pallet infine costituisce una base d'appoggio sopraelevata, quindi determina una condizione di isolamento che consente di ridurre il danneggiamento dei colli e delle merci all'interno. Le palette possono essere caricate manualmente oppure tramite robot. Una volta caricate vengono protette da pellicole polimeriche per aumentare la stabilità e la protezione dei colli che vengono trasportati.

La disposizione dei colli sulla paletta dev'essere fatta in modo che non ci sia, durante il trasporto, la separazione dei colli nella direzione ortogonale alla base d'appoggio.

#### **2.4. Movimentazione e imballi**

Dalle UdC si passa poi alle UdM (Unità di movimentazione) che sono insiemi di UdC che consentono stoccaggio e trasferimento delle UdC. Queste UdM vengono riunite nelle UdT (Unità di trasporto). Ogni azienda utilizza delle tipologie di unità di carico diverse da un'altra in base a quelle che sono le funzioni aziendali e gli obiettivi di ogni azienda.

Come detto in precedenza l'imballaggio protegge il prodotto, e lo rende disponibile quindi alla movimentazione creando dunque il rapporto tra fornitori e clienti arrivando fino all'utilizzatore finale.

Grazie allo sviluppo massiccio dell'*eCommerce*, ad oggi l'imballaggio e il confezionamento non è più solo legato all'aspetto funzionale di protezione prodotto ma si intreccia anche con il confezionamento per la vendita diretta al cliente finale, in quando un packaging più

accurato fa crescere appeal nel consumatore finale e fa sì che ci sia un'esponenziale crescita per il brand.

Le caratteristiche di confezionamento risultano essere vincolanti per la scelta di movimentazione, stoccaggio e trasporto necessario alle attività dell'azienda.

L'imballo deve essere realizzato in modo da poter essere spostato e trasportato all'interno dell'azienda e in modo tale da poter essere trasportato nei punti vendita del cliente.

L'imballaggio deve essere realizzato in modo da agevolare dunque operazioni interne ed esterne agli stabilimenti e in genere viene fatto tramite l'utilizzo di pallet. Dunque, una volta definite le dimensioni delle palette si procede all'identificazione e disposizione nelle unità di carico.

Tutte queste caratteristiche si devono interfacciare tra di loro e dunque vengono tutte definite in fase progettuale e una variazione ad esempio di una dimensione di uno degli imballaggi può portare a condizioni di incompatibilità a cascata nelle varie fasi, passando dalla prima UdC arrivando infine al modo di trasporto.

Tutta questa progettazione naturalmente deve anche interfacciarsi con i costi legati al material handling, in quanto ogni decisione impatta positivamente o negativamente ai costi totali della logistica aziendale.

## 3. Strumentazione meccanica

### 3.1. Generalità

Ogni impianto è caratterizzato dalla presenza di strutture, attrezzature, impianti e apparecchiature, necessari per la trasformazione di materie prime in semilavorati o prodotti finiti e per la movimentazione di questi ultimi. In questa tesi si va a porre maggiore attenzione alla strumentazione necessaria alla movimentazione interna del materiale. Come già detto in precedenza è necessario fare un'analisi del layout dell'impianto del cliente prima di partire con la progettazione delle apparecchiature necessarie e prima di partire con la progettazione PLC. Intralogistica e Material Handling hanno un ruolo fondamentale nell'analisi dei costi di un impianto, dato che una movimentazione efficiente va a ridurre i tempi morti e dunque i costi di magazzino. Anche perché la movimentazione interna di materiali non va a dare in nessun modo un valore aggiunto ai prodotti finiti. Dunque, per avere un impianto che sia efficace e che abbia costi minori è necessario andare a ridurre al minimo la movimentazione dei colli.

La movimentazione per essere efficace è necessario anche che non vada a danneggiare in nessun modo i prodotti e che non vada ad intaccare le condizioni lavorative se non migliorarle.

Per non far aumentare i costi dell'intralogistica dove possibile devono essere utilizzati dei sistemi di trasporto folli a gravità.

Lo studio della movimentazione deve essere fatta in modo tale che venga massimizzato il carico trasportato per ogni viaggio e che i reparti industriali che hanno un flusso di informazioni e di materiali, siano poste in vicinanza tra di loro in modo tale da limitare i tempi e i costi della logistica.

Quanto detto finora si interfaccia con quanto detto nel Capitolo 2 riferito al Material Handling.

Ogni movimentazione è caratterizzata dall'aver tre fasi che sono: carico, movimentazione e scarico. Questo riguarda tutta la movimentazione, sia la movimentazione effettuata per la produzione che la movimentazione effettuata per il solo immagazzinamento.

Ogni processo di movimentazione è legato a tre caratteristiche che sono:

1. Capacità di trasporto che è il rapporto tra materiale da movimentare e il tempo necessario ad effettuare tale movimentazione;
2. Zona servita, che dipende dal layout meccanico dell'impianto in cui si va ad analizzare l'immagazzinamento;
3. Occupazione dello spazio, cioè quanto spazio le apparecchiature per il trasporto vanno ad occupare.

Il mix tra queste tre caratteristiche incide sulla scelta del tipo di sistema più consono alla tipologia di movimentazione. Naturalmente queste 3 caratteristiche devono andarsi ad interfacciare con le tipologie di materiale da trasportare.

Questo mix di caratteristiche fa sì che ci siano molteplici tipologie di apparecchiature atte alla movimentazione delle UdC.

La prima grande distinzione sulle apparecchiature deve essere fatta tra trasportatori di tipo continuo in cui le attività di carico, trasporto e scarico avvengono in maniera contemporanea impegnando dunque per le varie azioni, diversi componenti e quindi il tempo che contraddistingue il trasporto è legato al tempo più lungo tra i diversi componenti. Poi ci sono i trasportatori discontinui in cui invece le azioni avvengono in maniera sequenziale. (Cosco, 2018).

Dunque, a variare sono anche le capacità tra i trasportatori di tipo continuo e i trasportatori di tipo discontinuo. La differenza tra questi due è la definizione della capacità, dove per i continui è il rapporto tra la quantità di materiale trasportato ed il maggiore dei tempi caratteristici dell'operazione mentre per quanto riguarda quelli discontinui è il rapporto tra quantità di materiale trasportato e la somma dei tempi caratteristici.

Una seconda caratteristica che contraddistingue i trasportatori è quella dei vincoli di mobilità infatti esistono:

- Mezzi senza vincoli di mobilità;
- Mezzi vincolati a specifiche aree operative;
- Mezzi vincolati a specifici percorsi operativi (AGV);
- Mezzi ausiliari vincolati a stazione operative.

Tutti i mezzi che non hanno vincoli fanno sì che sia possibile avere un impianto molto più flessibile in cui è anche possibile andare a variare il layout e i flussi di materiali.

Naturalmente nell'intero impianto è possibile andare ad utilizzare un mix di apparecchiature che abbiano le caratteristiche finora descritte.

Per il trasporto delle Udc in Incas vengono utilizzati convogliatori a rulli, nastri trasportatori, aree automatizzate, deviatori e trasferitori.

### **3.2. Rulli, nastri trasportatori, deviatori trasferitori**

Per le operazioni di movimentazioni piana e trasferimenti di UdC vengono per lo più utilizzati delle rulliere o nastri trasportatori. Questi anche chiamati convogliatori, sono caratterizzati dalla presenza di rulli o nastri. Questi impianti sono tutti caratterizzati dal montaggio in strutture fisse ma si prevede a priori sempre una divisione in zone. Questo fa sì che sia possibile diversificare diverse arie di un layout in modo tale da avere ogni zona con alcune precise caratteristiche che fanno in modo di orientare l'utilizzo verso una tipologia di movimentazione in base alle varie esigenze richieste.

Per ogni nuovo impianto però viene realizzata una progettazione standard che consente di agevolare eventuali modifiche.

La prima grande distinzione da fare per quanto riguarda i convogliatori è quella dell'energia, infatti si possono utilizzare convogliatori motorizzati che dunque utilizzano una fonte di energia esterna per la movimentazione della linea oppure sistemi che sfruttano la gravità o per spinta da parte di un operatore.

I convogliatori motorizzati si suddividono dunque in quelli realizzati tramite dei motorulli e i convogliatori invece con nastri trasportatori. Questi possono venire utilizzati sia per la movimentazione piana che per la movimentazione in verticale dove però ci sono molti più limiti da rispettare proprio per quanto riguarda l'altezza stessa ed alcuni angoli di inclinazione. I convogliatori a rulli o a nastro permettono di avere degli impianti ad elevata efficienza che permettono dunque un trasporto con flussi molto grandi. Si utilizzano nastri trasportatori quando il materiale non viene lottizzato o quando c'è da superare un piccolo angolo di inclinazione, in caso contrario invece vengono utilizzati quasi sempre dei motorulli.



*Figura 3. 1 - Convogliatore a rulli*



*Figura 3. 2 - Convogliatore a nastri*

(Interroll, s.d.)

Esistono anche delle soluzioni intermedie tra i nastri trasportatori e motorulli che sono caratterizzati dalla presenza di un nastro che non viene trascinato tramite l'energia erogata da un motore elettrico ma tramite un motorullo (*rollerdrive*), questo quando l'angolo di inclinazione non è molto elevato e quando il peso da trasportare non è eccessivo. Se venissero meno queste caratteristiche si avrebbe un forte rischio di impuntamento del collo

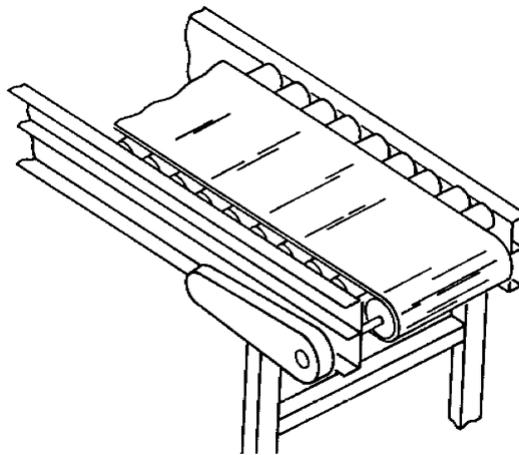
sul rullo e un incastro della scatola. In questi casi si cerca di alimentare il trasporto tramite un motore elettrico.

La trasmissione avviene tramite un contatto tela/rullo. La tela, per attrito, ruota, grazie alla rotazione del rullo. La trasmissione è molto simile ad una trasmissione a cinghia utilizzata per trasmettere il moto tra due alberi con assi paralleli. Infatti, nella trasmissione tra due alberi si ha una cinghia che viene avvolta tra due alberi uno motore ed uno condotto, in questo caso l'albero motore è posto in testa per tirare la tela ed evitare quindi rischi di impuntamento della scatola. Ci dev'essere una certa aderenza tra tela e rullo, con la tela che deve essere il più inestensibile possibile per far in modo che tra rullo e tela ci sia un accoppiamento continuo.

Nel caso in esame si ha che il rapporto di trasmissione sia  $i = 1$  dove:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

con  $\omega_1$  velocità angolare rullo e  $\omega_2$  velocità angolare nastro. L'accoppiamento presenta un angolo di avvolgimento pari a  $180^\circ$ . (Ferraresi Carlo, s.d.)



*Figura 3. 3 - Nastro trasportatore a rulli*

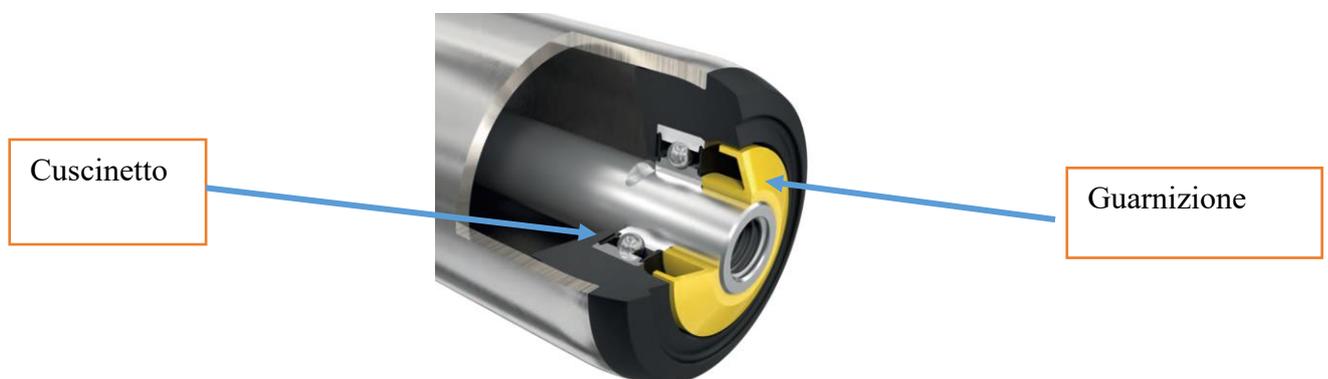
Naturalmente la trasmissione avviene quando nel contatto tra rullo e nastro non si verifica slittamento ma delle condizioni di aderenza, e la trazione non deve far avvenire lo snervamento della tela.

Ricordando che  $\sigma = \frac{T}{S}$ , dove  $\sigma$  indica lo sforzo normale, T la tensione generata dal rullo conduttore, e S la superficie su cui agisce la tensione. Questo sforzo normale deve essere inferiore al limite di snervamento che varia al variare del materiale utilizzato per la cinghia.

I rulli possono essere motori, condotti o folli.

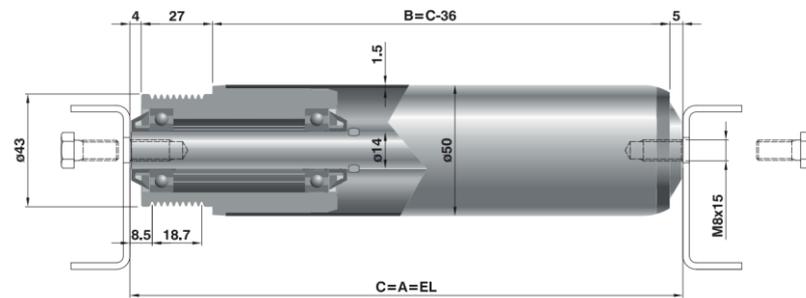
Si approfondisce la struttura dei motorulli.

La struttura tubolare esterna è formata da acciaio inossidabile, l'asse da acciaio zincato o acciaio inossidabile. La presenza di cuscinetti a sfere ad alta precisione, con un alloggiamento in tecnopolimero e una guarnizione, rendono il funzionamento estremamente silenzioso. Un'altra caratteristica dei motorulli è quella di avere le estremità arrotondate per consentire un facile scorrimento laterale del materiale trasportato, questo fa sì che le forze assiali vengono rimosse e scaricate sui cuscinetti. L'alloggiamento del cuscinetto viene inserito a pressione nel tubo per dare una maggiore robustezza della struttura e per evitare che ci sia uno spostamento del terminale, dei cuscinetti e della guarnizione.



*Figura 3. 4 - Sezione motorullo*

I motorulli, trascinati o rullo folle hanno un'estremità uguale e una differente. Quelli trascinati e quelli folli non hanno una motorizzazione propria e quindi la loro rotazione dipende da una fonte di energia esterna. I rulli folli per lo più utilizzati nelle postazioni con operatori mentre per quanto riguarda quelli trascinati vengono utilizzati mediante un collegamento al motorullo.



*Figura 3. 5 - Rullo condotto in sezione*

La parte esterna del motorullo è caratterizzata dalla presenza di nove gole e realizzate con un materiale polimerico che fa sì che possa essere utilizzato in un intervallo di temperatura che va da  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  fino ai  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con velocità che possono raggiungere i 2 m/s.

Come detto in precedenza la trasmissione tra motorullo e rullo condotto avviene tramite cinghia di trasmissione Poly-V, cioè cinghie di gomma chiuse ad anello con rilievi triangolari che si vanno ad incastrare nelle gole della parte esterna del motorullo. La cinghia in poly-v garantisce il contatto su tutta la superficie. (Interroll, s.d.)



*Figura 3. 6 - Cinghia Poly-V*



*Figura 3. 7 - Conduzione del moto tra motorullo e rulli condotti*

L'azionamento del motorullo avviene tramite energia elettrica. Il motorullo possiede al proprio interno un motore elettrico che viene alimentato a 24V tramite l'utilizzo di una scheda elettronica chiamata Multicontrol. Il motore elettrico del rollerdrive viene collegato tramite un cavo alla stessa scheda elettronica. Il motore è un brushless. Il brushless, letteralmente senza spazzole, è un motore elettrico a corrente continua che ha il rotore a magneti permanenti e lo statore a campo magnetico stazionario. Non avendo spazzole non ha bisogno quindi di contatti elettrici striscianti sul rotore per poter funzionare. L'assenza di spazzola fa sì che ci sia un bassissimo attrito meccanico ed elimina anche il rischio di scintille al crescere della velocità di rotazione.

Il motore in questione ha una potenza meccanica che va dai 20 W ai 50 W alimentato a 2 A con un range di temperature di  $0^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$

Dato che è richiesta una velocità di rotazione inferiore rispetto a quella erogata dal motore brushless a valle dello stesso è posto un riduttore che fa girare il rullo alla velocità richiesta.

Uscita Velocità sul collegamento "RD"	Velocità con rapporto di riduzione [m/s]								
	9:1	12:1	16:1	20:1	24:1	36:1	48:1	64:1	96:1
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
10	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02
15	0,26	0,20	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05	0,04	0,02
20	0,35	0,26	0,20	0,16	0,13	0,09	0,07	0,05	0,03
25	0,44	0,33	0,25	0,20	0,16	0,11	0,08	0,06	0,04
30	0,52	0,39	0,29	0,24	0,20	0,13	0,10	0,07	0,05
35	0,61	0,46	0,34	0,27	0,23	0,15	0,11	0,09	0,06
40	0,70	0,52	0,39	0,31	0,26	0,17	0,13	0,10	0,07
45	0,79	0,59	0,44	0,35	0,29	0,20	0,15	0,11	0,07
50	0,87	0,65	0,49	0,39	0,33	0,22	0,16	0,12	0,08
55	0,96	0,72	0,54	0,43	0,36	0,24	0,18	0,13	0,09
60	1,05	0,79	0,59	0,47	0,39	0,26	0,20	0,15	0,10
65	1,13	0,85	0,64	0,51	0,43	0,28	0,21	0,16	0,11
70	1,22	0,92	0,69	0,55	0,46	0,31	0,23	0,17	0,11
75	1,31	0,98	0,74	0,59	0,49	0,33	0,25	0,18	0,12
80	1,40	1,05	0,79	0,63	0,52	0,35	0,26	0,20	0,13
85	1,48	1,11	0,83	0,67	0,56	0,37	0,28	0,21	0,14
90	1,57	1,18	0,88	0,71	0,59	0,39	0,29	0,22	0,15
95	1,66	1,24	0,93	0,75	0,62	0,41	0,31	0,23	0,16
100	1,75	1,31	0,98	0,79	0,65	0,44	0,33	0,25	0,16

Figura 3. 8 - Tabella rapporto di riduzione.

A seconda del rapporto di riduzione la velocità massima erogata dal rollerdrive cambia, questa può essere anche modificabile controllando la scheda elettrica tramite l'utilizzo del PLC, per poter far andare il motorullo alla velocità richiesta che possono essere delle più disparate. In ultima analisi dunque la potenza meccanica erogata varia al variare della coppia elettrica sviluppata dal motore e al variare della velocità in quanto:

$$P = T \omega$$

I convogliatori folli vengono utilizzati per lo più in postazioni con operatori o in postazioni con un dislivello altimetrico soprattutto per andare in baie di scarto.

Altri elementi importanti in un sistema di movimentazione risultano essere i trasferitori, questi sono:

- Trasferitori a cinghio;

- HPD (*High Performance Divert*).

I trasferitori a cinghiali sono caratterizzati dal fatto di avere due movimenti in quanto sono posizionati al di sotto delle rulliere. Questi due movimenti sono il sollevamento e il trasferimento. Proprio in base alle utenze che vanno a comandare i due movimenti i trasferitori vengono classificati in due grandi categorie:

- Pneumatici/trifase
- Trasferitori a cinghiali 24 V.

Per quanto riguarda i primi sono caratterizzati da avere due utenze diverse per il sollevamento e il trasferimento. Per lo più il sollevamento avviene tramite l'utilizzo di un sistema pneumatico. Il sollevamento avviene tramite l'utilizzo di un pistone pneumatico a singolo effetto comandato da un'elettrovalvola monostabile. Il moto dei cinghiali avviene invece tramite la commutazione di un motore asincrono trifase 380VAC.

Mentre i secondi vengono comandati dalla stessa scheda di rete dei rollerdrive, la multicontrol, che va a comandare sia il sollevamento che il moto dei cinghiali. Dunque, il collegamento tra multicontrol e trasferitori avviene alla stessa maniera di come avviene il collegamento tra multicontrol e rollerdrive. Questi posseggono due motori elettrici interni che vengono comandati a 24V. A differenza del primo gruppo di trasferitori, anche questi possono essere regolati in base al rapporto di riduzione del riduttore posto a valle del motore elettrico e tramite PLC. Le velocità dei cinghiali naturalmente sono inferiori a quelle che caratterizzano il moto dei motorulli ed anche il tempo caratteristico dei trasferimenti è diverso, dato dalla somma del tempo di salita  $T_s$ , tempo di movimentazione sui cinghiali  $T_c$ , e infine il tempo di discesa dei cinghiali  $T_d$ . Quindi con l'utilizzo di questi trasferito il trasferimento avviene in maniera discontinua.



*Figura 3. 9 – Trasferitore a cinghio*

Altra tipologia di trasferitori sono gli HPD che invece permettono il moto continuo e con angoli di avanzamento che vanno dai 30° ai 90°. A differenza del trasferitore l'utilizzo degli HPD non fa variare il fronte della scatola e l'utilizzo avviene tramite delle rotelle opportunamente allineate.

Anche questi HPD vengono gestiti tramite schede elettriche Multicontrol, che vanno ad alimentare i motori di questi con 24 V. Questi HPD anch'essi hanno due motori, uno per cambiare l'angolo di inclinazione e l'altro per la movimentazione dell'UdC.



*Figura 3. 10 - HPD*

Il motore che crea lo spostamento dell'UdC ha asse ortogonale alla direzione di avanzamento della rulliera e trasmette il moto tramite l'utilizzo di cinghia poly-v. La cinghia mette a

contatto dei rulli, alloggiando nelle gole degli stessi, e le rotelle ponendosi dentro le gole di queste ultime.

### 3.3. Sensoristica e controllo

Ogni impianto di movimentazione deve avere al proprio interno una parte di sensoristica e di controllo in modo tale da poter creare una struttura di tipo automatica ed integrata. Una maggior presenza di strumentazione sensoristica fa sì che l'impianto sia sempre più integrato e flessibile. Tramite la sensoristica è possibile sapere la posizione e il moto dei colli lungo l'impianto dato che tramite sensori laser, pese e fotocellule si riescono ad estrapolare ogni tipo di informazione. Tutta la sensoristica presente deve essere naturalmente programmata per il giusto funzionamento dell'impianto.

La scelta di implementare maggiormente all'interno di un impianto la sensoristica è legata maggiormente ai costi iniziali molto elevati ma questo fa sì che nel momento in cui ci dev'essere una modifica nell'impianto i costi siano inferiori dato che un maggior grado di automazione ed integrazione rende il sistema sempre più flessibile.

Ogni reparto di un impianto può presentare diversi gradi di automazione e integrazione, dato che è possibile dividere le linee in zone manuali, automatiche o semi-automatiche.

Una maggiore integrazione fa sì che si possano andare a collegare tra di loro delle strutture differenti tra di loro. Infatti, è possibile trovare sullo stesso impianto diversi impianti di movimentazione che è necessario collegare tra di loro in modo tale che nell'insieme l'impianto faccia ciò che è stato richiesto.

È anche necessario andare a creare dei sistemi di integrazione tra i diversi livelli di comunicazione come può essere il collegamento tra livello 1 e livello 2. Proprio questa comunicazione deve avvenire tramite l'utilizzo di scanner e/o pese in quanto tramite questi strumenti, il livello 2 (WCS) riesce ad estrapolare i dati necessari per creare delle decisioni sulla movimentazione dei colli. Infatti, nelle cosiddette stazioni c'è una comunicazione diretta tra livello 1 e livello 2 che elabora le informazioni e decide dove mandare il collo comunicandolo al livello 1 che comanda i dispositivi di campo.

Il sistema di controllo mette invece in comunicazione, l'impianto, dal punto di vista hardware, con il livello software in modo tale che da remoto è possibile verificare quali siano se ci sono delle anomalie a livello di campo.

Questo sistema di controllo è molto importante per Incas, dato che uno dei punti di forza dell'azienda è quello dell'assistenza post vendita. Infatti tramite sensori e sistemi di controllo è possibile verificare da remoto il giusto funzionamento dell'impianto e se possibile risolvere il problema da remoto in modo tale che l'impianto possa tornare a funzionare senza dover fermare la gestione dell'impianto da parte del cliente per poter continuare con la sua produzione. Uno dei dispositivi di campo utilizzati per l'assistenza da remoto è un dispositivo SIEMENS chiamato SCALANCE S615, questo mette a disposizione la teleassistenza VPN dall'esterno per agevolare l'attività di manutenzione operata dal customer care Incas e serve per dividere la rete aziendale con la rete di campo. Questo dispositivo serve per fidelizzare il cliente in modo tale che esso sia sicuro del fatto che l'azienda non possa entrare nella sua rete ma possa solo accedere alla rete di campo. In Incas è molto importante questo aspetto dato che la teleassistenza post vendita risulta essere uno dei punti di forza perché riesce a garantire sempre un continuo contatto con il cliente che non interrompe tranne in rari casi la propria produzione.

Come detto in precedenza, oltre l'S615 altri dispositivi sono scanner e pese. Gli scanner garantiscono l'estrapolazione dei dati tramite una lettura di *barcode*, ad oggi il più utilizzato, oppure tramite la lettura di *QRcode* che vengono letti invece tramite delle vere e proprie fotocamere.



*Figura 3. 11 – QRcode*

Il barcode determina la codifica delle informazioni tramite una serie di barre scure che possono essere messe in verticale o in orizzontale chiamati:

- A palizzata, in cui il barcode è messo in orizzontale rispetto alla base del collo;
- A scala in cui invece barre e spazi sono posti in verticale rispetto alla base.



*Figura 3. 12 - Barcode palizzata (destra) barcode scala (sinistra)*

Le informazioni del barcode sono codificate in base alla larghezza o alla distanza delle barre scure. Questi barcode vengono letti da un raggio laser che fa una decodifica delle informazioni. La decodifica avviene solo se il fascio laser riesce a colpire tutte le barre e riesce a decodificare tutte le informazioni del carico. Il laser dev'essere ortogonale alla direzione delle barre. È possibile anche riuscire ad avere delle informazioni con il collo in movimento tramite degli scanner più performanti e più costosi.



*Figura 3. 13 - Scanner di barcode SICK*

(Sick, s.d.)

Per quanto riguarda invece le informazioni codificate tramite QRcode, non importa naturalmente il verso del fascio laser in quanto lo scanner deve riuscire ad effettuare una foto completa del codice.



*Figura 3. 14- Scanner QR*

(Datalogic, s.d.)

Si può anche utilizzare un'altra tipologia di codificazione che è quella del RFID (Radio Frequency Identification). Sarebbe un'identificazione di informazioni fatta tramite radio frequenza. Questa tecnologia è basata sulla capacità di memorizzazione dati da parte di etichette elettroniche chiamate *transponder* o *tag*. I transponder sono delle etichette elettroniche che riescono a contenere delle informazioni in forma elettronica. Ad ogni collo viene associato un tag costituito da un circuito e un microchip. Il circuito altro non è che un'antenna di ricezione o trasmissione e serve per ricevere informazioni e trasmetterle al sistema di controllo mentre il microchip è presente su ogni collo. Questa tecnologia oggi viene molto utilizzata nel campo della movimentazione colli e della logistica.



*Figura 3. 15 - Sistema di decodifica RDIF*

(Cosco, 2018)

## 4. Strumentazione PLC

### 4.1. Storia del PLC

Nel corso degli anni l'automazione ha avuto un impatto sempre più importante all'interno di ogni impianto in modo tale da andare a ridurre i costi di gestione e di manodopera. Proprio questo sviluppo continuo dell'automazione ha fatto sì che si andasse a favorire uno sviluppo dei controllori elettronici a logica programmabile (PLC).

Dopo un iniziale utilizzo di apparecchiature già presenti sul mercato ma orientate ad altre applicazioni, come ad esempio calcolatori elettronici, si è passati all'uso di prodotti industriali specifici come proprio il PLC.

Il PLC è stato creato per far fronte all'elevata flessibilità richiesta per la gestione di sistemi automatici, infatti proprio questo si adatta facilmente ad ogni tipo di gestione aziendale tramite la modifica di un programma.

Il PLC è definito nel seguente modo: *“Sistema elettronico a funzionamento digitale, destinato all'uso in ambito industriale, che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione interna di istruzioni orientate all'utilizzatore per l'implementazione di funzioni specifiche, come quelle logiche, di sequenziamento, di temporizzazione, di conteggio e di calcolo aritmetico, per controllare mediante ingressi ed uscite sia digitali che analogici, vari tipi di macchine e processi. Sia il controllore programmabile che le periferiche associate sono stati progettati in modo da poter essere facilmente integrati in un sistema di controllo industriale ed utilizzati in tutte le funzioni previste.”*

Oggi grazie al fatto che il PLC ha raggiunto degli standard consolidati ed elevati è offerto per ogni impianto di automazione, dato che a differenza di un PC, è dotato di diversi dispositivi di input e output, resiste a temperature molto elevate ed è meccanicamente molto più robusto.

Le prime idee di automazione industriale risalgono al 1968, quando la GM emise delle direttive per gestire a pieno le sue catene di montaggio, in modo tale da velocizzare il tutto.

All'epoca per rispondere a queste esigenze venivano utilizzati dei dispositivi elettromeccanici come i relè e dispositivi pneumatici, che presentavano però diversi

svantaggi come il costo e le dimensioni, erano difficilmente interfacciabili con dispositivi di tipo elettronico ed erano poco flessibili.

Allora si pensò ad una nuova generazione di controllori, che fossero in grado di sopperire a tutti i problemi caratteristici dei controllori precedenti, fu proprio allora che la Bedford Associates Inc. propose il primo MODICON (Modular Digital Controller).

Il nome PLC fu coniato dalla Allen-Bradley a metà degli anni '70.

## 4.2. Struttura PLC

Il PLC è costituito da due parti:

- Hardware, insieme dei sistemi elettronici e apparecchiature necessarie al funzionamento dello stesso;
- Software, insieme delle istruzioni necessarie per il funzionamento specifico.

Il PLC riceve dei segnali di ingresso dai dispositivi di campo, elabora tali segnali secondo il programma software ed emette segnali di uscita che arrivano come segnali di comando.

### 4.2.1. Hardware

L'hardware PLC è caratterizzato dai seguenti componenti:

- CPU: Central Processing Unit, è l'unità centrale del dispositivo ed è qui che il dispositivo elabora ciclicamente il programma scritto nella memoria ed esegue tutti i calcoli necessari al corretto funzionamento. Il microprocessore all'interno esegue le istruzioni del programma, e va a generare le uscite, acquisisce tramite dei sensori di campo, i segnali di ingresso, legge il programma, e comanda le uscite;
- MEMORIA: Le memorie all'interno del dispositivo sono generalmente diverse, aree di sola lettura o ROM, e RAM memoria utente adibita all'immagazzinamento dei dati. All'interno della memoria RAM si hanno diverse aree, area di lavoro del sistema operativo, area ingressi/uscite, area dati utente, area programmi utente. Mentre per la ROM si ha Area sistema operativo, dove si va a memorizzare in maniera permanente il programma del sistema operativo. Per evitare perdite di informazioni nel caso di mancanza di alimentazione le memorie RAM sono alimentate da batterie tampone. Il programma per PLC viene generalmente elaborato tramite PC e poi caricato nel dispositivo.

- Moduli di ingresso e uscita: vengono utilizzati come organi di rilevazione e per andare a comandare gli attuatori in campo, servono dunque per trasformare i segnali elettrici provenienti dalla CPU in segnali analogici destinati agli attuatori e viceversa.
  1. Moduli digitali di ingresso (DI): i dispositivi di ingresso DI traducono una tensione tutto o niente, in uno stato logico interpretabile dalla CPU. I segnali provengono da un segnale NA (Normalmente aperto) o NC (Normalmente chiuso) di un interruttore, un pulsante, un finecorsa, un termostato eccetera. Dunque, i segnali sono 1 o 0 a seconda della scelta del costruttore. L'alimentazione fa sì che il PLC sia in grado di trasformare l'informazione aperto/chiuso in presenza/assenza di tensione sugli ingressi del DI. I morsetti delle schede DI sono collegate a più sensori come 8 o 16 che sono oggi lo standard. L'alimentazione che arriva ai morsetti della DI è normalmente 24V in CC ma questa si trasforma sempre in 5 V CC che è l'alimentazione del bus. L'alimentazione più comune è 24 V ma si hanno anche alimentazioni a 5 V o 48 V. La CPU verificherà periodicamente gli ingressi e memorizzando al suo interno lo stato degli stessi.
  2. Moduli digitali di uscita (DO): il segnale logico 1/0 trasmesso dalla CPU viene tradotto e trasmesso come segnale di alimentazione/non alimentazione agli attuatori finali. Le correnti che vanno ad alimentare gli attuatori vanno da 0,5 A a 8 A, nel caso in cui ci sia bisogno di correnti maggiori si utilizzano amplificatori di interfaccia con l'attuatore. Le alimentazioni delle DO invece sono generalmente a 24 V con 5 A di corrente, oppure si può essere di fronte a schede alimentate da una corrente alternata con 110 V o 240 V. Il tempo di commutazione della CPU del PLC alla commutazione fisica del PLC è di alcuni millisecondi.
  3. Moduli analogici: I moduli analogici traducono la grandezza misurata in tensione, in una parola digitale costituita da n bit. Dunque il valore di tensione viene convertito e inviato alla CPU che dunque valuta il valore della grandezza analogica. Molto importante in questo processo è la risoluzione, cioè il grado di precisione con cui la grandezza viene convertita, questo dipende dal numero di bit disponibili nel dispositivo, ad esempio se il dispositivo è a 8 bit si avranno 256 parole costituite da 8 bit, e se il campo varia da 0 a 10 V si avrà una

risoluzione di  $10V/256$  pari a  $0.039 V$ , questo ci dice che il dispositivo è in grado di vedere un cambiamento di misura non inferiore a  $39 Mv$ .

- Altri componenti hardware, sono Moduli funzionali, che lavorano in maniera indipendente dalla CPU; Moduli di comunicazione, che servono per realizzare comunicazione tra due PLC; Porte di programmazione utilizzate per la programmazione del PLC tramite PC e infine l'alimentatore del PLC stesso, in genere  $5V, 12 V$  o  $24V$ .

Tutta la componentistica HW è collegata tramite il bus che è un canale che permette ai vari componenti di comunicare tra di loro.

Al giorno d'oggi la comunicazione del PLC con altri dispositivi avviene tramite il cavo Profinet o Profibus. Il Profibus, sviluppato dalla Siemens, per estendere il campo all'ambito dei sensori e attuatori. Il Profibus è basato su sistemi mono e multi-master con protocollo token-bus. Consente velocità di trasmissione molto alte fino a  $12 Mbit/s$ . La distanza massima tra i componenti è di  $1200 m$ .

Il più usato è il Profinet che sta per Process Field Net, è un protocollo di comunicazione industriale basato sulla comunicazione Ethernet. Il Profinet nasce come evoluzione di Profibus in modo da permettere il dialogo tra segmenti diversi di bus di campo utilizzando protocollo Ethernet, permette di collegare il campo ai sistemi gestionali dell'azienda con una struttura gerarchica e ha il vantaggio di fornire dati in tempi brevissimi, dell'ordine del millisecondo. Il Profinet utilizza il protocollo TCP/IP per comunicare. La comunicazione con i dispositivi di campo infatti avviene tramite l'utilizzo di IP (Internet Protocol), e tramite l'utilizzo di una Subnet Mask. Ad esempio, per gli standard Incas i PLC hanno degli IP standard del tipo  $172.31.10.254$ , dove il terzo numero è il numero del PLC moltiplicato per 10 e per tutti i dispositivi di campo si utilizza una subnet mask del tipo  $255.255.0.0$ . Sul TIA Portal la comunicazione avviene anche tramite il nome chiamato Profinet Device Name che è il nome che si va ad assegnare ai dispositivi di campo. Uno dei vantaggi del Profinet rispetto al Profibus è il numero di dispositivi che è possibile andare a collegare in quanto per il primo è possibile collegare 256 Moduli mentre per il secondo solo 125. La velocità di trasmissione è  $100 Mbit/s$  e non ci sono limiti di distanza tra dispositivi.

### 4.3. Ciclo di scansione

La lettura del programma utente scritto nel PLC avviene tramite il cosiddetto ciclo di scansione. Il tempo necessario per effettuare questo ciclo è detto  $T_s$  tempo di scansione. Questo tempo è definito dal tipo di PLC e dal numero di istruzione contenuta all'interno del programma utente e varia da circa 1 a 20 per ogni kword di programma.

Ci sono tre tipologie di scansione:

- Sincrona in ingresso e in uscita;
- Sincrona in ingresso e asincrona in uscita;
- Asincrona in ingresso e in uscita.

La tipologia di scansione più diffusa è la scansione sincrona in ingresso e in uscita. Il PLC legge lo stato degli ingressi, memorizzandole all'interno dell'area indirizzi di memoria, elabora sequenzialmente le istruzioni del programma e solo alla conclusione di questa fase si attivano le uscite che man mano vengono registrate all'interno delle immagini delle uscite. Solo al termine della registrazione avviene l'attivazione degli output. Non meno importante è il tempo di risposta  $T_r$ , che è il tempo che intercorre tra la variazione degli ingressi e la corrispondente variazione delle uscite. Questo tempo di risposta può arrivare fino a quasi  $2T_s$ .

Per quanto riguarda la scansione sincrona in ingresso ed asincrona in uscita invece gli ingressi vengono letti e memorizzati tutti all'inizio della scansione mentre le uscite vengono attivate ogni volta che si ottengono risultati dall'elaborazione del programma, dunque l'uscita cambia il suo valore ogni qual volta varia la funzione logica ad essa assegnata.

Infine, si ha il modo di operare asincrono in ingresso e in uscita. Gli ingressi sono verificati ogni qualvolta è necessario acquisirne lo stato e le uscite vengono aggiornate ogni qualvolta l'immagine delle uscite viene aggiornata. Questa metodologia di scansione fa sì che i tempi di risposta siano molto bassi.

Se è necessaria una frequenza di lettura degli ingressi o di emissione delle uscite superiore al kHz si usano moduli I/O veloci.

#### 4.4. Principi di funzionamento e programmazione

I PLC sono nati per sostituire i sistemi logici elettromeccanici come i relè, anche se ancora oggi in diverse applicazioni vengono utilizzati. Questi mediante opportuni segnali di comando vanno ad effettuare operazioni di connessione o interruzione e commutazione fra circuiti elettrici. I componenti base sono l'elemento mobile, i contatti NC e NA, e l'elettromagnete. Quando l'elettromagnete non è eccitato l'elemento mobile crea un collegamento elettrico fra i contatti NC, mentre quando viene eccitato crea collegamento nel contatto NA.

Per la programmazione PLC il linguaggio oggi più utilizzato è il cosiddetto linguaggio Ladder (KOP) che si pone l'obiettivo di riprodurre nell'ambiente di programmazione il funzionamento di una rete elettrica in cui gli utilizzatori sono o non sono alimentati dallo stato dei contatti, quindi si può dire che utilizza lo stesso concetto di contatti NA e NC utilizzati e visti per i relè elettromeccanici con le dovute differenze. La motivazione alla base della nascita del linguaggio Ladder è stata proprio la facilità di programmazione molto simile alla programmazione dei relè elettromeccanici.

Gli elementi di base di base della programmazione Ladder sono:

- Due linee verticali che rappresentano l'alimentazione elettrica, essendo virtualmente le due linee una il polo positivo e l'altra il polo negativo;
- Rami orizzontali, in cui vanno inserite le istruzioni necessarie al funzionamento del programma utente, tutti i rami devono essere collegati necessariamente al ramo di sinistra;
- Contatti e bobine.

Il funzionamento della programmazione Ladder è, come detto in precedenza, simile al funzionamento di un relè elettromeccanico. Ad esempio, se su un ramo si ha un contatto NA, e il contatto che si va ad interrogare ha valore pari ad 1, la corrente fluisce da sinistra a destra fin quando la variabile non assume valore uguale a 0. Il contrario avviene interrogando una variabile con un contatto NC, cioè la corrente fluisce da sinistra verso destra quando il valore della variabile interrogata è pari a 0. Oltre ai contatti NA e NC ci sono altre tipologie di contatti come può essere l'interrogazione del fronte di salita che fa fluire corrente da destra verso sinistra nel momento in cui il valore varia da 0 ad 1, mentre invece la corrente fluisce

da destra a sinistra quando la variabile varia da 1 a 0 interrogandola tramite il fronte di discesa.

Una volta interrogate le variabili tramite i contatti elencati in precedenza è possibile andare ad assegnare dei valori a delle uscite, tramite l'utilizzo di bobine. Anche in questo caso, come per i contatti ci sono diverse tipologie di bobine che è possibile andare ad utilizzare.

Ad esempio, la bobina (coil) assegna il valore solo quando ciò che è a sinistra della bobina stessa è uguale a 1. La negated coil (bobina negata) invece assegna valore 0 alla variabile di uscita quando c'è corrente a sinistra della stessa.

Infine, ma non meno importanti si hanno le bobine di set e di reset. La bobina di set fa sì che nel momento in cui ciò che è a sinistra assume valore 1 all'uscita viene assegnato valore 1, e questo permane nel valore 1 fin quando non viene utilizzato una bobina di reset che fa tornare a 0 il valore della variabile.

Tutte le istruzioni inserite nel programma utente vengono lette da destra a sinistra e dall'alto verso il basso.

Altri elementi utilizzati per la programmazione in linguaggio ladder possono essere i temporizzatori che sono TON, TOF, RTO, RTF; i contatori con il CTU (count-up) e CTD (count-down) che fanno aumentare rispettivamente di 1 l'accumulatore del contatore quando la corrente passa da 0 a 1 e da 1 a 0.

Ci sono anche altre istruzioni che sono quella di jump (JMP) che fa saltare il programma ad un'istruzione presente in un rang più avanti nel programma, o il salto ad un sottoprogramma (JSR).

Tramite il Ladder è possibile anche andare ad effettuare diverse operazioni aritmetiche, che sono la somma (ADD), sottrazione (SUB), moltiplicazione (MUL), e divisione (DIV), le funzioni trigonometriche, gli esponenti e le radici.

Una istruzione molto utilizzata è quella di trasferimento (MOV) che trasferisce il valore di una variabile in un'altra.

Oltre al Ladder, è possibile andare a programmare il PLC tramite altri linguaggi di programmazione che possono essere i linguaggi testuali come Instruction List (IL), e Structured Text (ST), e altri linguaggi grafici come il Functional Block Diagram (FB) e l'SFC.

IL è un linguaggio di testo che non supporta programmazione strutturata e viene utilizzato per la risoluzione di semplici problemi.

ST è invece un linguaggio molto simile al Pascal.

FB è il linguaggio grafico che permette di programmare con elementi che appaiono come blocchi che possono essere connessi come se fossero in un diagramma circuitale.

SFC è un diagramma basato sulla tecnica GRAFCET.

(V. Viktorov, 2016)

## 5. Impianto di automazione reale

### 5.1. Generalità

Come già detto in precedenza l'obiettivo di Incas è quello di fornire un impianto automatizzato per la gestione dell'immagazzinamento e dell'intralogistica.

L'immagazzinamento rappresenta la fase finale di tutte le produzioni aziendali, in quanto per ogni azienda in qualsiasi settore è necessario uno stoccaggio delle materie prime, dei semilavorati e del prodotto finale. Dunque, tutte le aziende pongono una grande attenzione sulla logistica e sull'immagazzinamento delle materie.

La logistica esterna studia il modo di effettuare lo smistamento dei prodotti aziendali verso l'esterno. I prodotti vengono smistati in base ad alcune caratteristiche:

- Selezione prodotti di uno stesso cliente;
- Prodotti che devono essere trasportati in località vicine tra di loro;
- Prodotti che vengono trasportati tramite lo stesso mezzo di trasporto.

Lo studio dell'intralogistica invece raggruppa prodotti e informazioni e li colloca in alcune zone dell'impianto in base ad altre caratteristiche:

- Vicinanza dei reparti aziendali;
- Quantità di informazioni e materiali in viaggio tra due reparti;
- Tipologia di lavorazioni effettuate nei reparti;
- Sicurezza nel trasporto di materiali ed informazioni.

Naturalmente il flusso di informazioni e materiali non dà nessun valore aggiunto al prodotto finito, quindi è nell'interesse di ogni azienda ridurre al minimo il flusso interno.

L'impianto reale su cui si è sviluppato il progetto di tesi è un impianto di movimentazione colli a piano terra. L'impianto è collocato a Strada Erbosa Uno, 92, 47030 Gatteo (FC). L'impianto è stato realizzato per Pollini S.p.A.

# POLLINI

*Figura 5.1 - Logo aziendale Pollini*

L'impianto in questione ha come finalità quella di:

- Ricevere i colli dai tavoli di lavoro;
- Verificare il peso dei colli,
- Effettuare la nastratura dei colli;
- Applicare l'etichetta di spedizione;
- Reggiare i colli ambo i lati;
- Condurre i colli imballati ed etichettati fino a fine linea.

I colli che devono essere movimentati nell'impianto hanno caratteristiche ben precise.

- Lunghezza  $365 \text{ mm} < l < 750 \text{ mm}$
- Larghezza  $210 \text{ mm} < p < 650 \text{ mm}$
- Altezza  $210 \text{ mm} < h < 640 \text{ mm}$
- Peso  $1 \text{ kg} < m < 15 \text{ kg}$

Da richiesta del cliente, l'impianto deve soddisfare alcune richieste specifiche che sono legate alla produttività e alla velocità:

- Velocità max linea  $0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  con rapporto di trasmissione dei rulli  $i = 24:1$
- Produttività max  $450 \frac{\text{colli}}{\text{h}}$

Dato che i colli vengono inseriti manualmente dagli operatori e durante la movimentazione è necessario andare a leggere alcune informazioni tramite l'utilizzo di scanner lettori di barcode, è necessario istruire gli operatori finali sull'inserimento del collo in impianto, che viene inserito in un modo ben preciso.

Il collo inserito dall'operatore presenta un'etichetta in cui è presente un bar code che contiene tutte le informazioni necessarie al proseguimento del collo lungo la linea, e deve essere

inserito in modo tale che la stessa etichetta possa essere letta dallo scanner. Nella figura seguente si evince come caricare il collo sulla linea.

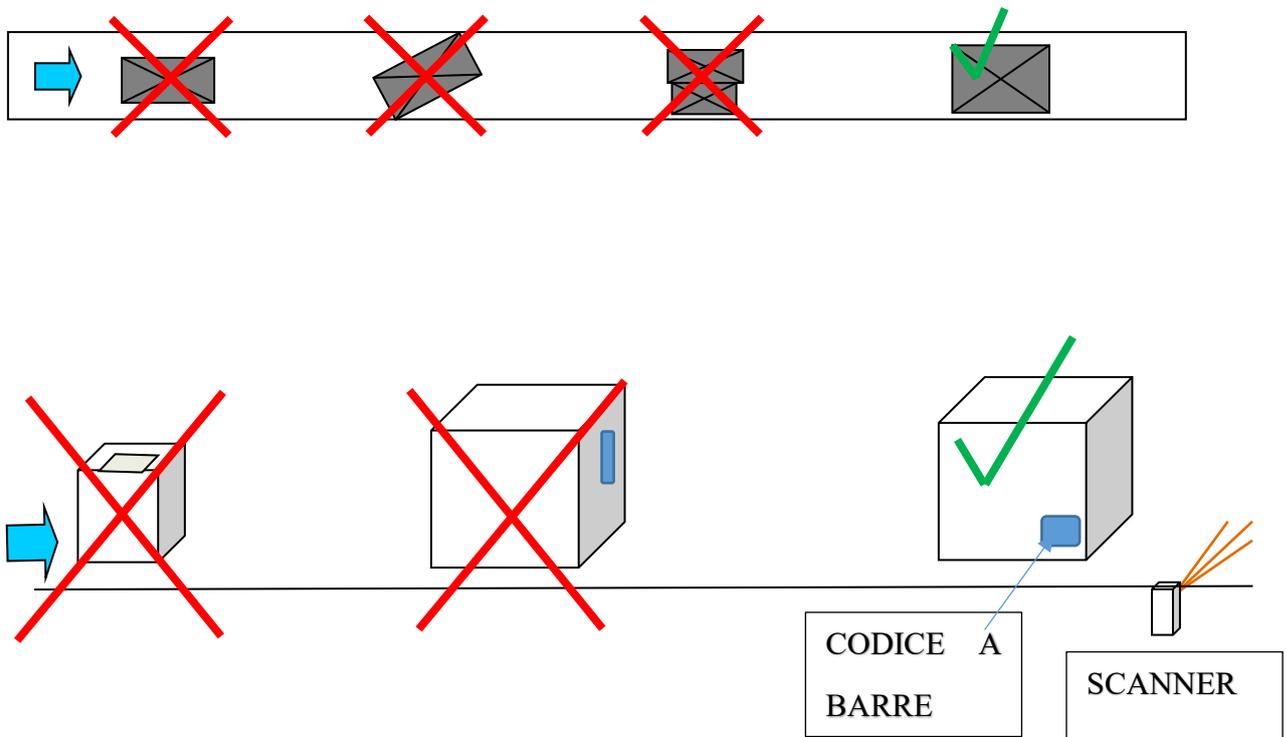


Figura 5.2 - Posizionamento corretto colli

L'impianto in questione è solo un impianto di movimentazione, nastratura, reggiatura ed etichettatura. L'immagazzinamento non lo si gestisce tramite questo impianto.

Dunque, si può dire che la finalità dell'impianto richiesto dal cliente è quella di essere un deposito di rete, cioè un magazzino in cui si effettua uno stoccaggio di materiali a livello distributivo. Questo consente dunque la trasformazione dei flussi della rete logistica, mediante lo stoccaggio temporaneo delle unità di carico. In questo impianto vengono dunque gestiti gli ordini, nastrati, reggiati ed etichettati pronti per essere poi spediti nella rete distributiva. Si può dire che questo impianto funge da transshipment point dove vengono gestite diverse attività, che sono:

- Ricezione e controllo della merce, dove gli operatori tramite la rulliera folle vanno ad inserire nell'impianto dei colli da loro creati, qui dunque vengono identificati i prodotti e fatto un controllo qualità.
- Lo stoccaggio dei materiali e dei prodotti;

- Avviene l’allestimento degli ordini tramite una vera e propria funzione di picking
- Imballaggio finale.

L’impianto mira a minimizzare i costi operativi del sistema di stoccaggio e movimentazione e di velocizzare tutte le gestioni sopra elencate.

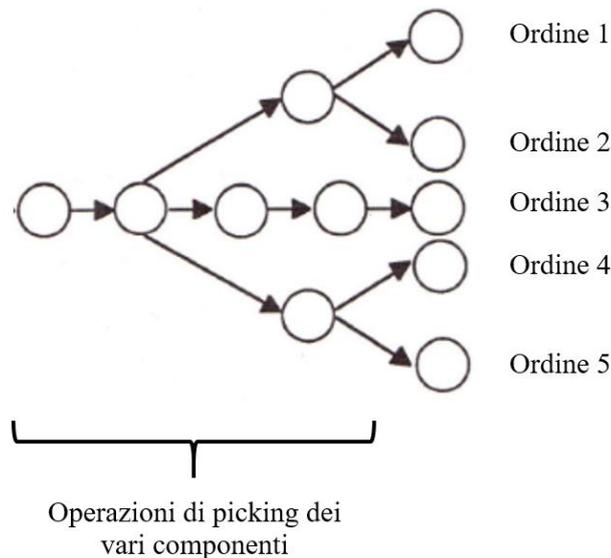


Figura 5.3 - Diagramma ordini

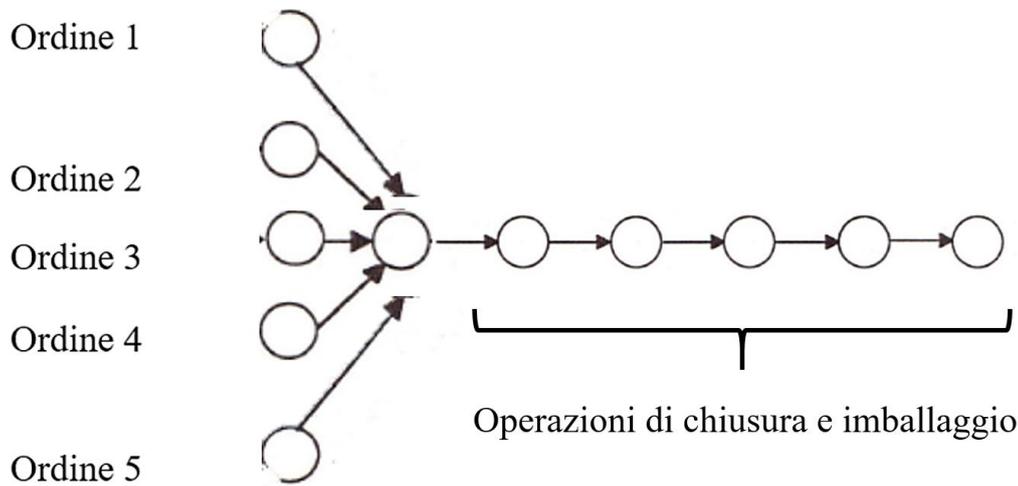


Figura 5.4 - Imballaggio e etichettatura ordini

Dunque, il picking fatto dagli operatori fa sì che è possibile andare a gestire più ordini contemporaneamente sulla stessa linea, che poi vengono differenziati tramite l’utilizzo di una prima etichetta che viene letta dal primo laser presente sulla linea e poi etichettato nuovamente prima di essere poi imballato da nastratrice e reggiatrice.

## 5.2. Scaletta operativa

Per la realizzazione di questo impianto si è seguita la solita scaletta Incas. L'intero impianto è gestito dal *Project Leader* che provvede a far rispettare i termini di tempo e costi pattuiti con il cliente.

Lo stesso Project Leader confrontandosi con i vari capo reparto dell'azienda pattuisce i costi e i tempi con il cliente dato che è lui stesso che si occupa, come detto in precedenza, di curare i rapporti tra clienti e fornitori, definisce lo scheduling delle attività, deve supervisionare le attività di analisi di dettaglio, installazione, collaudo e messa in funzione dell'impianto e verifica assiduamente lo stato di avanzamento dei lavori.

La parte preliminare del progetto viene gestita dal reparto "*commerciale*". In questa fase viene individuata e definita la prima struttura meccanica capace di soddisfare le esigenze del cliente. Una volta realizzato il percorso di prima stesura meccanica del progetto, questo è passato al reparto Hardware dove sono state fatte le attività di progettazione. Durante la progettazione meccanica si definiscono anche quelli che devono essere i dispositivi meccanici che devono soddisfare la produttività e le esigenze di costi del cliente, come ad esempio quali rulliere e/o nastri trasportatori acquistare, o che tipologia di trasferitori utilizzare. Proprio in questo frangente mediante attività di controllo della produzione vengono anche definiti quali devono essere flussi dell'impianto, ad esempio quanti colli/h devono essere trasportati nell'impianto. Nel caso in esame si ha una produttività di 450 colli/h ed è proprio in base a questo che viene decisa l'hardware che deve essere presente sulla linea.



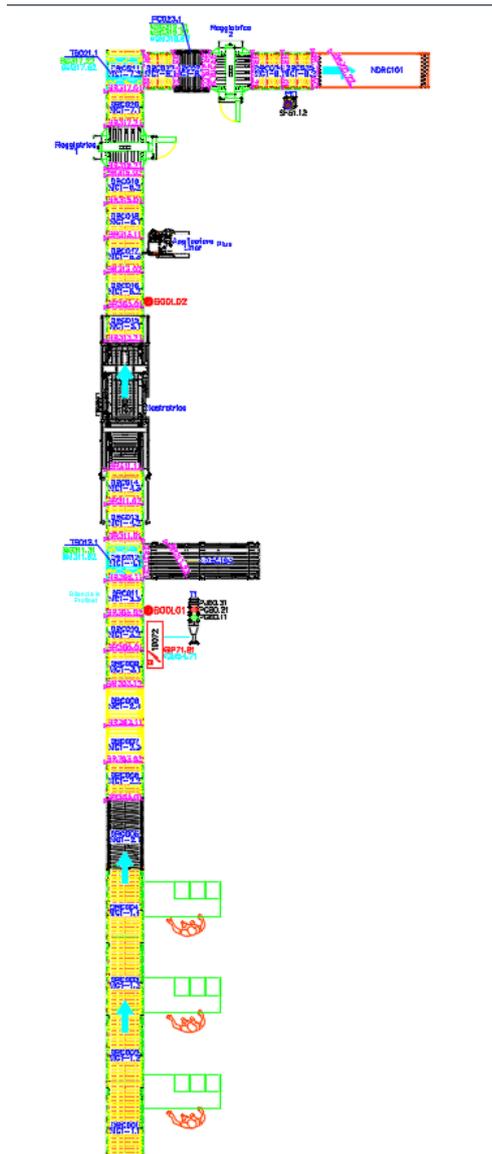


Figura 5. 6 - Layout elettrico

Durante la fase di progettazione elettrica vengono studiati e scelti quali dispositivi devono essere acquisiti ed utilizzati per soddisfare le richieste di produttività. Questi componenti sono le fotocellule presenti lungo tutto l'impianto, la sensoristica, cioè i laser necessari ad effettuare le letture di barcode, la bilancia per misurare il peso dei colli affinché questi siano nei parametri iniziali.

Durante la progettazione elettrica viene definita anche quale dev'essere la carpenteria per il quadro elettrico, definito il quadro elettrico e studiata l'I/O list che è l'insieme degli ingressi e delle uscite PLC.

Finita anche la progettazione elettrica il progetto passa in mano al reparto PLC che invece ne definisce l'HW e procede con la programmazione.

Nell'impianto in questione è presente anche una comunicazione con il Livello 2 o WCS, che invece prende le decisioni circa la movimentazione dei componenti, in punti specifici dell'impianto, chiamate *STAZIONI*. Il WCS insieme al WMS, livello 3, fa parte della programmazione PC.

### 5.3. Studio layout meccanico ed elettrico

Lo studio dell'hardware meccanico oltre ad essere legato alla produttività richiesta dal cliente, è legata ad altre specifiche:

- Tipo e dimensione UDC;
- Prestazioni impianto;
- Peso UDC.

Proprio la dimensione della base della UDC ha un ruolo fondamentale, in quanto con la dimensione della base della UDC viene definita quale deve essere la dimensione del convogliatore e dunque la lunghezza dei rulli. La dimensione della lunghezza invece va a definire quale deve essere il passo della rulliera, ovvero la distanza tra un rullo ed un altro per evitare problemi di impuntamento. All'aumentare del rapporto tra lunghezza e larghezza va a migliorare quella che è la stabilità del contenitore in movimento, soprattutto se questo presenta un'altezza elevata. Per evitare problemi di impuntamento il collo deve essere a contatto contemporaneamente con almeno 3 rulli.

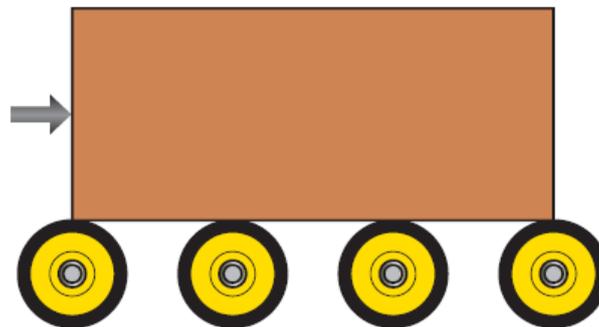


Figura 5. 7 - Contatto UDC- rulliera

Naturalmente si cerca di diminuire il numero di rulli utilizzati, in modo da ridurre i costi. Però è necessario rispettare delle esigenze che fanno in modo che ci sia il corretto

funzionamento della linea. Ad esempio, i rulli possono essere montati a step di 30mm, dunque se il contenitore fosse ad esempio di 180 mm, si utilizzerebbero delle rulliere con passo di 60 mm. I colli nel nostro caso hanno diverse lunghezze come detto in precedenza, e dunque vengono utilizzati dei rulli che riescano a soddisfare nella media le caratteristiche richieste dai colli. Nel nostro caso vengono utilizzate rulliere con lunghezza dei rulli pari a 880 mm, e passo di 90mm

Non meno importante per la scelta delle rulliere è il parametro di velocità che deve essere rispettato. Nel caso di Pollini la velocità dei rulli dev'essere di  $0,30 \frac{m}{s}$  per i primi 5 motorulli e di  $0,6 \frac{m}{s}$  per tutti gli altri.

All'aumentare della velocità tangenziale richiesta devono essere scelti dei motorulli con rapporto di riduzione decrescente in modo tale da andare a ridurre la coppia generata dai rulli, però questo va a battere contro un'altra caratteristica dei contenitori presenti nell'impianto che è quella del peso. Dunque, si deve cercare un rapporto di riduzione che riesca a far processare più scatole possibili ma che riesca anche a far spostare le scatole nell'impianto e dunque che abbia una coppia che vada a contrastare la coppia resistente della scatola sui rulli. Nel caso in esame il rapporto di riduzione è pari a 24 e dunque si va a scegliere da HMI una percentuale di velocità pari a 45 per i primi 5 DRC e 90 per tutti gli altri DRC.

Naturalmente ad influire su questi valori di cui si è parlato finora incide anche le perdite presenti durante la trasmissione del moto. Come ad esempio c'è una significativa riduzione della velocità tangenziale in seguito all'attrito tra cinghia poly-V e testa in poliammide non trascurabile su lunghe distanze come quelle delle linee in esame. È stato studiato che per rendere l'effetto dell'attrito meno rilevante sulla movimentazione del carico, un motorullo, deve essere collegato al massimo ad altri 17 rulli. Dunque ogni rulliera può presentare al massimo 1 motorullo e 17 rulli condotti. Tale vincolo si ripercuote sulla lunghezza della rulliera.

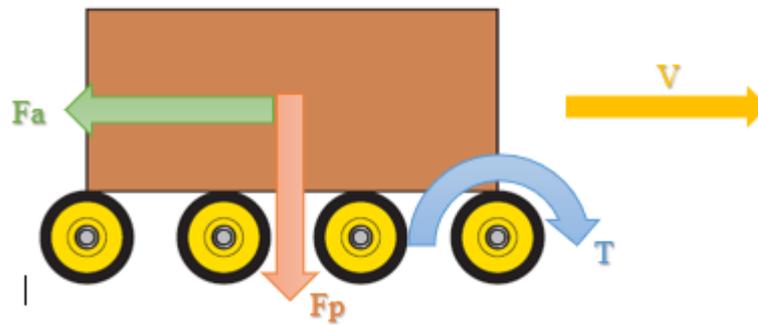


Figura 5. 8 - Schema forze

Nella figura 5.8 sono presenti:

- $F_p = M g$  (Forza Peso);
- $F_a = \mu F_p = \mu M g$  (Forza d'attrito)
- T coppia motrice generata dal motorullo.

Dunque si evince che all'aumentare del peso va ad aumentare la forza di attrito che va a contrastare il moto delle scatole sulle rulliere essendo il coefficiente di attrito volvente fisso ed è  $\mu = 0.06$  che è il coefficiente tra acciaio e cartone.

Date tutte le caratteristiche sopra elencate è possibile andare a definire ogni singola zona di rulliere.

Lo studio del layout meccanico, data la non elevata produttività della linea richiesta del cliente, ha fatto sì che venissero installati sulla linea dei trasferitori a cinghiali il cui sollevamento è comandato tramite l'utilizzo di un impianto pneumatico e il moto dei cinghiali viene realizzato con l'utilizzo di un motore trifase.

Dal punto di vista elettrico le scelte ricadono sullo studio del quadro elettrico utilizzato per garantire il corretto funzionamento dell'intera linea e tutte le sue componenti.

Altro studio molto importante è quello realizzato insieme al reparto PLC, con cui si decide in base alle caratteristiche che deve avere l'impianto finale quale deve essere la CPU che deve essere acquistata e utilizzata sulla linea e quali devono essere gli scanner e la pesa che devono garantire il giusto

funzionamento dell'impianto. Nella linea in esame vengono utilizzati due scanner della sick e una bilancia Euro Fly Bill Mini.



*Figura 5. 9 - Laser Sick*

Lo studio legato alla scelta degli scanner che devono essere utilizzati nell'impianto viene fatta in base a diverse caratteristiche:

- Tipologia Barcode;
- Posizione Barcode sul collo;
- Velocità del collo;
- Distanza dello scanner dallo stesso.

Mentre per quanto riguarda la bilancia le distinzioni da fare sono solo due e riguardano la tipologia di misurazione che deve essere effettuata ed è una bilancia di tipo dinamico o di tipo statico. La bilancia di tipo dinamico riesce a fare una misurazione del peso del collo, con il collo in movimento, facendo una media dei pesi misurati volta per volta, mentre la bilancia di tipo statico ha bisogno che il collo su di essa sia completamente fermo per essere misurato, nel caso di studio la scelta è ricaduta su una bilancia di tipo statico, dato che il far fermare il collo sulla stazione di pesatura non andava ad inficiare la richiesta di produttività richiesta dal cliente.

Altre analisi fatte dal reparto elettrico sono quelle legate al numero di fotocellule che devono essere presenti nell'impianto e la loro collocazione sull'impianto.

Altra parte di studio del reparto elettrico è quella legata allo studio delle I/O list che devono essere gestite dal PLC. Le liste vengono suddivise in base all'hardware che ne fa uso, nel caso in esame sono la CPU, le MULTICONTROL, SCANNER e BILANCIA.

#### 5.4. Studio impianto e funzionamento

L'impianto è suddiviso in 2 zone, denominate Zona 1 e Zona 2 con una sola area, come si evince dalla Figura 5.10

Con area si intende generalmente macrozona in cui può essere diviso un impianto. La maggior parte delle volte, un impianto, si divide in tante aree quante sono le macrozone che è possibile comandare da quadro elettrico. Se ad esempio è possibile da quadro mettere in emergenza, o dare la marcia o l'arresto, ad una parte piuttosto che ad un'altra, queste parti sono le cosiddette aree. Nel caso di Pollini da quadro è possibile comandare una sola macrozona e quindi si ha una sola area. Nel caso di studio è possibile decidere il funzionamento in automatico o in manuale per tutto l'impianto essendo costituito da una sola area. La scelta viene fatta tramite un selettore presente su quadro.

La divisione in zone avviene invece a discrezione del programmatore in modo tale da avere zone in cui si vanno a comandare dei dispositivi più o meno uguali tra di loro. Nel caso in esame infatti si va a suddividere l'impianto in due zone, dove nella prima zona si hanno dei tratti comuni tra di loro senza l'utilizzo di macchinari da campo che invece sono presenti tutti nella zona 2.

La movimentazione di ogni tratto avviene tramite l'utilizzo di SEQUENZE o dei cosiddetti tratti di ACCUMULO.

Ogni sequenza gestisce contemporaneamente due tratti motorizzati mentre il tratto di accumulo gestisce un solo tratto alla volta.

Ogni tratto può partire solo se vengono rispettati dei consensi da valle di ogni tratto, per la maggior parte di questi tratti i consensi risultano essere tratto a valle fermo, mentre per alcuni tratti i consensi possono essere diversi, questo avviene ad esempio nei tratti dove sono collocate le stazioni o nei tratti dove si hanno i trasferitori o delle macchine di campo.

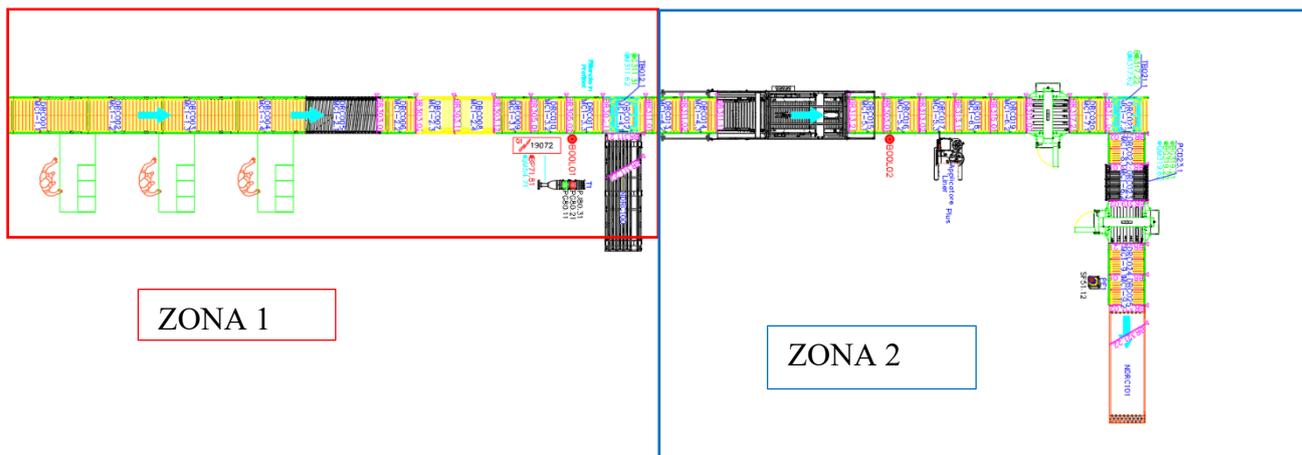


Figura 5. 10 - Suddivisione impianto

### 5.4.1. ZONA 1

Come detto in precedenza i colli vengono caricati nell’impianto manualmente dagli operatori, quindi per questo i primi tratti sono sempre in movimento. I colli prima di essere caricati vengono completati e chiusi. Di questi primi cinque tratti, l’ultimo ha i rulli orientati trasversalmente in modo tale da garantire che il collo arrivi in battuta sulle spondine laterali in modo tale da facilitare la lettura dell’etichetta presente sul collo da parte del primo scanner B00L01.

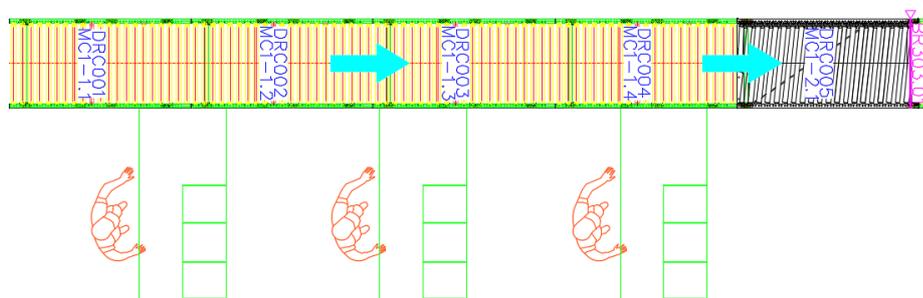


Figura 5. 11 - Primi tratti

Il tratto a valle di questi primi cinque, è il DRC6. Quest’ultimo si mette in modo quando la fotocellula BR303.01 viene impegnata e la fotocellula di presenza è libera. Così il collo continua la movimentazione fino al DRC10. Arrivato sul DRC10, si accende il primo scanner B00L01 che legge il barcode presente sul collo. Letto il barcode il collo viene pesato sul DRC11. Sul tratto motorizzato DRC11 è presente una cosiddetta STAZIONE (ST01-pesatura) in cui c’è il primo scambio di dati con il livello 2. Nel TIA PORTAL sono stati creati dei DB appositi per la comunicazione con il livello 2, in questi DB il livello 2 ci comunica tutte le informazioni necessarie a far continuare la movimentazione del collo.



Per quanto riguarda i reset delle stazioni vengono richiesti quando si hanno delle anomalie nelle gestioni delle stazioni e dunque c'è bisogno di resettare i dati presenti in stazione, questo non ci dev'essere perché è possibile che nel momento in cui il collo entra in stazione viene effettuato il reset e questo comporterebbe la perdita di dati del collo.

### 5.4.2. ZONA 2

Nella zona 2 vengono gestiti gli scarti e il funzionamento di tutti i macchinari di campo presenti nell'impianto, nastratrice, reggiatrici ed etichettatrici.

Superata la stazione 1 di pesatura, il collo può avere due direzioni che sono lo scarto o continuare la movimentazione andando dritto.

Nel caso in cui il livello 2 comunica al PLC che il collo deve andare in scarto gli si dà destinazione 1 e il collo va in scarto.

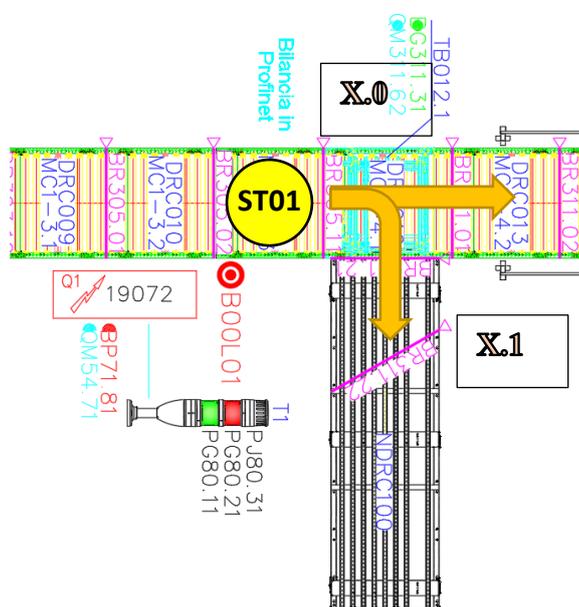


Figura 5.13 - Gestione collo in stazione

Nel caso in cui il collo debba andare in scarto viene comandata l'elettrovalvola che deve far salire le lame dei cinghiali in modo tale che possa avvenire il trasferimento del collo dal DRC12 alla baia di scarto NDRC100. Il collo arriva sul motorullo DRC12 nel momento in



La nastratrice viene gestita solo tramite segnali I/O e non è collegata al PLC tramite protocollo PROFINET. Il PLC dunque scambia dei segnali d'ingresso che arrivano dalla nastratrice e viceversa. Si analizzano di seguito i segnali scambiati:

**PLC>NASTRATRICE:**

- Esclusione rottura fine nastro;
- Passaggio scatola;
- Nastratura superiore;
- Nastratura inferiore;
- Consenso uscita collo.

**NASTRATRICE>PLC:**

- Macchina in marcia;
- Allarme anomalia macchina;
- Rottura/fine nastro;
- Richiesta carico.

Tramite questi segnali è possibile andare a comandare l'ingresso dei colli in nastratrice o controllare l'uscita degli stessi dalla nastratrice.

La nastratrice è dotata di due stati indipendenti (ingresso e nastratura) e quindi può stoccare due colli. Tutti i segnali inerenti alla modalità di nastratura nel caso in esame non vengono utilizzati in quanto tutti i colli vanno nastrati inferiormente e superiormente.

L'ingresso dei colli in nastratrice viene governato tramite la sequenza DRC14>NASTRATRICE.

Il collo dalla sequenza DRC13>DRC14 arriva sul motorullo DRC14 per poter continuare la sua movimentazione ha bisogno di alcuni consensi che sono:

- Nastratrice in marcia (che ci dice che la nastratrice è in funzione);
- Non ho allarmi/anomalie nastratrice;
- Richiesta carico;
- Non ho rottura o fine nastro.

Una volta nastrato il collo deve poter uscire dalla nastratrice e cominciare la sequenza NASTRATRICE>DRC15.

Per poter cominciare la sequenza il PLC deve fornire il segnale di “*Consenso uscita collo*” solo in quel caso il collo esce e inizia la sequenza successiva.

Il PLC alza questo segnale quando la sequenza a valle della nastratrice è ferma e quando c'è presenza pezzo in uscita dalla nastratrice stessa.

Arrivato sul DRC15 il collo inizia ad andare verso il DRC16, ed è proprio in questo passaggio che si attiva il secondo scanner B00L02. Come per il primo scanner, anche il secondo scanner legge i dati ma in questo caso vengono mandati all'etichettatore che prepara l'etichetta che verrà poi applicata sul collo quando il collo arriva sul DRC17.

Come per la nastratrice anche per l'etichettatore ci sono un insieme di segnali I/O con cui gestire l'applicatore:

#### **PLC>ETICHETTATORE**

- Presenza prodotto ad applicatore (si comunica che si ha il collo pronto ad essere etichettato);
- Reset ad applicatore (segnala che si sta effettuando un reset dello stesso);
- Stand-by ad applicatore (etichettatore in emergenza).

#### **ETICHETTATORE>PLC**

- Applicatore in allarme;
- Fine ciclo applicatore;
- Pre-fine bobina applicatore;
- Pistone applicatore a riposo.

Sul DRC17 è presente una stazione di comunicazione con il livello 2, ST02-DECISIONALE. I dati scambiati sono il barcode letto dallo scanner B00L02 in modo da consegnarlo all'etichettatore, e la destinazione collo che in questo caso deve andare necessariamente dritto non essendoci una baia di scarto. Come per la stazione precedente anche in questo caso i segnali per far partire la sequenza della stazione sono diversi:

- DRC17>DRC18 sequenza ferma;

- Pistone applicatore a riposo;
- Non c'è evento in ST02;
- Non c'è richiesta di reset in ST02;
- Non c'è presenza prodotto ad applicatore.

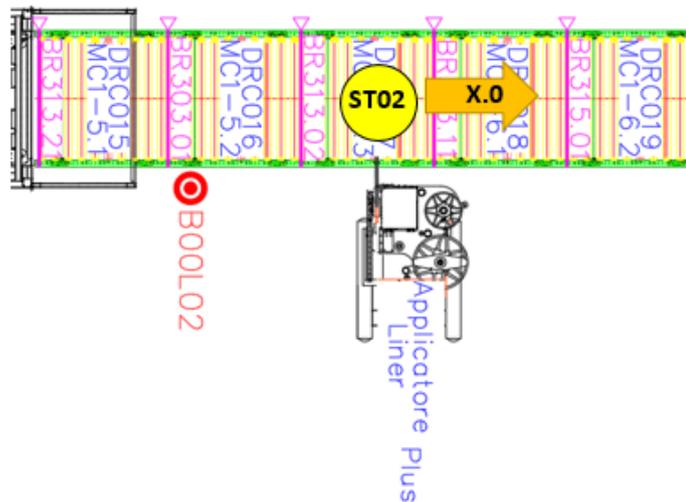


Figura 5. 15 - Stazione ST02

Quando il collo è presente in stazione viene emesso il segnale di presenza collo che arriva all'etichettatore in modo tale da poter effettuare l'applicazione dell'etichetta.

Il PLC porta a *true* il segnale di comunicazione “*presenza prodotto ad applicatore*” quando il collo è fermo in stazione e l'applicatore ha già elaborato i dati.

Una volta applicata l'etichetta il collo continua la movimentazione verso la reggiatrice.

La scatola continua il suo moto fino ad arrivare al motorullo DRC19 dove dev'essere gestito l'ingresso nella reggiatrice 1.

Anche per la reggiatrice 1 e la reggiatrice 2 ci sono dei segnali I/O che devono essere gestiti

#### **PLC>REGGIATRICE**

- Automatic is on from external= avvio macchina da remoto;

- Release from lined down machine = consenso uscita;
- Operating mode bypass from external= modalità di lavoro trasferimento come se fosse impostato da pannello
- Double strapping from external = modalità di lavoro 2 reggiate come se fosse impostato da pannello
- Single strapping from external = modalità di lavoro 1 reggiata come se fosse impostato da pannello
- Not strapping bypass = collo solo da trasferire
- Packet Registration = risveglio reggiatrice dallo standby

### **REGGIATRICE>PLC**

- Standby wake up route = feedback macchina in standby
- Group in automatic
- Machine in automatic
- Pre-warning strap end= Warning reggia quasi esaurita
- Error signal
- Release for lined up machine = consenso ingresso/reggiatura non in corso.

Anche in questo caso i segnali di controllo reggiatura non vengono utilizzati in quanto tutti i colli vengono reggiati 2 volte.

Il collo può entrare in reggiatrice quando le fotocellule a valle della stessa sono libere, la sequenza a valle della reggiatrice non è attiva, e quando il consenso dato dalla reggiatrice è a *true*, la reggiatrice è in automatico.

I consensi sono i seguenti:

- Reggiatrice1>DRC20 ferma;
- Fotocellula in uscita dalla reggiatrice libera (BR317.21)
- Fotocellula fine tratto DRC20 libera (BR317.01), oppure si ha passaggio o saldo (passaggio e sequenza vengono spiegati nel paragrafo 6 di questo capitolo) nella sequenza DRC20>DRC21;
- Si ha Release for lined up machine;
- Reggiatrice in automatic;

- Non si ha stato logico A (stati logici spiegati nel paragrafo 5.6).

Dato che le reggiate per ogni lato devono essere due, la sequenza dev'essere congelata nel momento in cui comincia la prima reggia. Alla fine della prima reggia inizia la sequenza Reggiatrice1>DRC20 in cui viene effettuata la seconda reggia. Il procedimento è lo stesso di quello della prima reggia e questa sequenza ha come consensi:

- DRC20>DRC21 sequenza ferma;
- Si ha Release for lined up machine;
- Reggiatrice in automatic;
- Fotocellula in uscita dalla nastratrice libera (BR317.21)

Anche in questo caso nel momento in cui inizia la seconda reggiatura la sequenza dev'essere congelata.

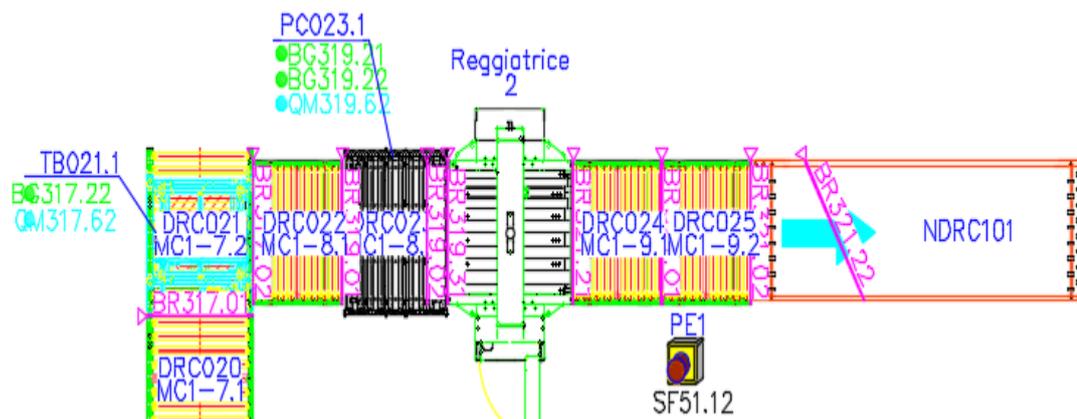


Figura 5. 16 - Reggiatrice 2 ZONA 2

Liberata la reggiatrice1 il collo arriva sul DRC20 prima di essere trasferito sul DRC21 per poi essere spostato tramite il trasferitore TB21 sul DRC22 cambiando il fronte di marcia.

Per far attivare la sequenza DRC20>DRC21 è necessario che la sequenza TB21>DRC22 sia ferma e che il trasferitore basso del trasferitore TB21 sia *true* affinché il collo possa arrivare sul motorullo.

Giunto sul DRC21 avviene la stessa cosa già avvenuta nel trasferimento dal TB12 alla baia di scarto NDRC100, cioè viene commutata l'elettrovalvola che va a comandare l'impianto pneumatico che fa alzare il trasferitore TB21 e solo quando il trasferitore è completamente alto tramite un azionamento trifase vengono comandati i cinghiali per trasferire la scatola.

A valle della sequenza TB21>DRC22 c'è la sequenza che porta il collo in posizione DRC23 dove deve essere centrato per poi entrare in reggiatrice. Questo procedimento di centratura viene fatto solo a monte della reggiatrice2 perché per tutte le altre macchine la centratura avviene in maniera automatica a monte della nastratrice.

Il collo si posiziona sul motorullo DRC23 e viene commutata un'elettrovalvola che va a comandare il centratore pneumatico. La centratura avviene a tempo facendo una media dei colli che passano sulla linea. Il centratore ha due finecorsa, uno di aperto ed uno di chiuso. Il motorullo può essere portato sul DRC23 solo se il finecorsa aperto è true e quello di chiuso è false altrimenti questo passaggio non può mai avvenire.

Nella sequenza di centratura non deve mai essere attivo il finecorsa di chiuso altrimenti il sistema ci dà un'anomalia di sistema perché questo significa che la scatola è stata schiacciata tra le due sponde del centratore. La scatola riprende il moto nel momento in cui il finecorsa di aperto torna true e si hanno tutti i consensi necessari per entrare nella reggiatrice2.

I consensi di ingressi in reggiatrice 2 sono gli stessi utilizzati per la reggiatrice1. Dunque, i consensi per far iniziare la sequenza DRC23>REGGIATRICE 2 sono:

- Reggiatrice2>DRC24 ferma;
- Fotocellula in uscita dalla reggiatrice libera (BR321.21)
- Fotocellula fine tratto DRC24 libera (BR321.01), oppure si ha passaggio o saldo (passaggio e sequenza vengono spiegati nel paragrafo 6 di questo capitolo) nella sequenza DRC24>DRC25;
- Si ha Release for lined up machine;
- Reggiatrice in automatic;
- Non si ha stato logico A (stati logici spiegati nel paragrafo 5.6).

Anche con la reggiatrice2 vengono fatte due reggiate, dunque anche in questo caso c'è bisogno di un congelamento della sequenza nel momento in cui si avvia la prima reggiata. La seconda reggiata viene gestita dalla sequenza Reggiatrice2>DRC24

I consensi per la sequenza sono:

- DRC24>DRC25 sequenza ferma;
- Si ha Release for lined up machine;

- Reggiatrice in automatic;
- Fotocellula in uscita dalla nastratrice libera (BR317.21)

Finite le due reggiature si ha il controllo della sequenza DRC24>DRC25 per poi portare il collo a fine impianto dove poi viene gestito dal cliente in una baia con rulli folli. Anche qui il collo viene portato sulla rulliera folla se la stessa non è satura, cioè se la fotocellula di saturazione BR321.22 è libera.

### 5.5. Preparazione HW PLC

Dalla progettazione elettrica, il progetto arriva nel reparto PLC.

Durante la progettazione elettrica, si decide in collaborazione con il reparto PLC, quali devono essere i dispositivi per il PLC che devono essere utilizzati. Queste scelte riguardano ad esempio l'acquisto della CPU PLC che è il cuore pulsante del PLC. La scelta viene fatta naturalmente sul costo della CPU e sulla prestazione, in quanto una CPU più performante ha un costo molto maggiore. Dunque, si cerca di acquistare al costo minimo una CPU che riesca a soddisfare la produttività richiesta.

I parametri legati alla CPU sono ad esempio legati alla velocità di lettura del programma e dunque al tempo ciclo, in quanto questo va ad influire sulla velocità complessiva dell'impianto. Altre scelte legate al reparto PLC sono quelle legate al numero di multicontrol che vengono acquistate, scelta dell'HMI (pannello operatore), e scanner. Si ricorda che la multicontrol altro non è che la scheda elettrica di controllo dei motorulli e dei trasferitori nel caso in cui questi siano alimentati a 24V. Queste ultime sono collegate fisicamente al PLC tramite un protocollo PROFINET (cap 4.). Lo stesso vale per gli scanner, la pesa, e il pannello.

Anche la progettazione HW viene realizzata all'interno dell'ambiente di programmazione TIA PORTAL.

Presa la distinta materiali dalla progettazione elettrica si procede con la procedura di preparazione HW PLC.

Dalla distinta si evince che la CPU che deve essere installata è la 1512SP-1PN.

<F60.11	SIEMENS	CPU 1512SP-1 PN, 200KB PROG./1MB DATA	6ES7512-1DK01-0AB0
	SIEMENS	SIMATIC S7, MEMORY CARD PER S7-1X00 CPU/SINAMICS, 3,3 V FLASH, 12 MBYTE	6ES7954-8LE03-0AA0
	SIEMENS	ADATTATORE DI BUS 2XRJ45	6ES7193-6AR00-0AA0
	SIEMENS	TIPO UNITA' BASE A0, BU15-P16+A0+2D	6ES7193-6BP00-0DA0
	SIEMENS	TIPO UNITA' BASE A0, BU15-P16+A0+2B	6ES7193-6BP00-0BA0
	SIEMENS	DI 16X24VDC ST	6ES7131-6BH01-0BA0
	SIEMENS	DQ 16X24VDC/0,5A ST	6ES7132-6BH01-0BA0
<F61.21	SIEMENS	SIMATIC TP700 COMFORT PANEL, WINDOWS CE 6.0, DISPLAY TFT WIDESCREEN 7", MEMORIA UTENTE 12 MB, CONFIGURABILE DA WINCC V11	6AV2124-0GC01-0AX0
<F60.41	SIEMENS	SCALANCE S615 LAN-ROUTER; F. PROTECTION OF DEVICES/ NETWORKS IN AUTOMATION AND PROTECTION OF INDUSTRIAL COMMUNICATION VIA VPN AND FIREWALL; FURTHER FUNCTIONS: ADDRESS CONVERSION (NAT/NAPT), CONNECTION TO SINEMA RC, 5-PORT SWITCH, 1XDIG. INPUT, 1XDIG. OUTPUT	6GK5615-0AA00-2AA2
	SIEMENS	KEY-PLUG SINEMA RC, Removable data storage medium for enabling of the connection to SINEMA Remote Connect for S615 and SCALANCE M for simple device replacement in event of fault and for Recording of configuration data	6GK59080PB00
<F60.71	SIEMENS	SCALANCE XB008 UNMANAGED IND. ETHERNET SWITCH PER 10/100MBIT/S; CON 8 X 10/100MBIT/S PORTE TWISTED PAIR CON PRESE RJ45; PER CONFIG. DI TOPOGRAFIE A PICCOLA STELLA O LINEARI; LED-DIAGN. IP20 ALIM.24 V DC, CON MANUALE	6GK5008-0BA00-1AB2
	SIEMENS	SIMATIC NET IE FC RJ45 PLUG 180 RJ45 CONNETTORE CON CUSTODIA IN METALLO E TECNICA DI CONNESSIONE FC, USCITA CAVO 180 GRADI, 1 CONFEZIONE = 10 PZ.	6GK19011B10-2AB0

Figura 5. 17 - Distinta materiali

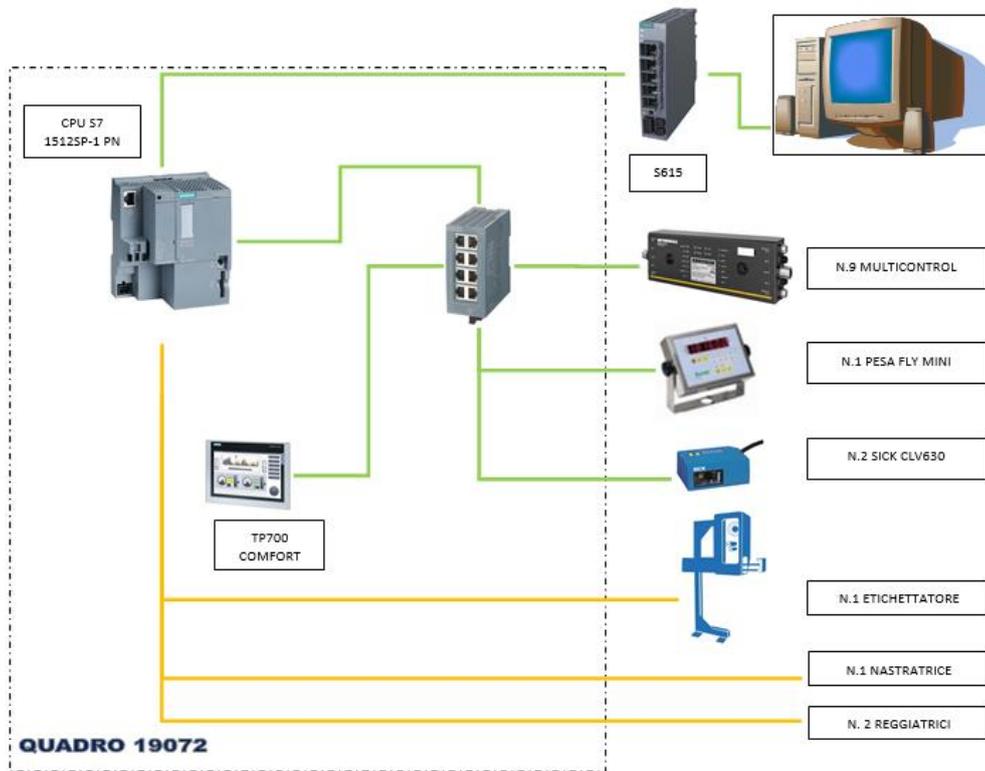


Figura 5. 18 - Architettura del sistema

Si apre il .exe del TIA PORTAL.

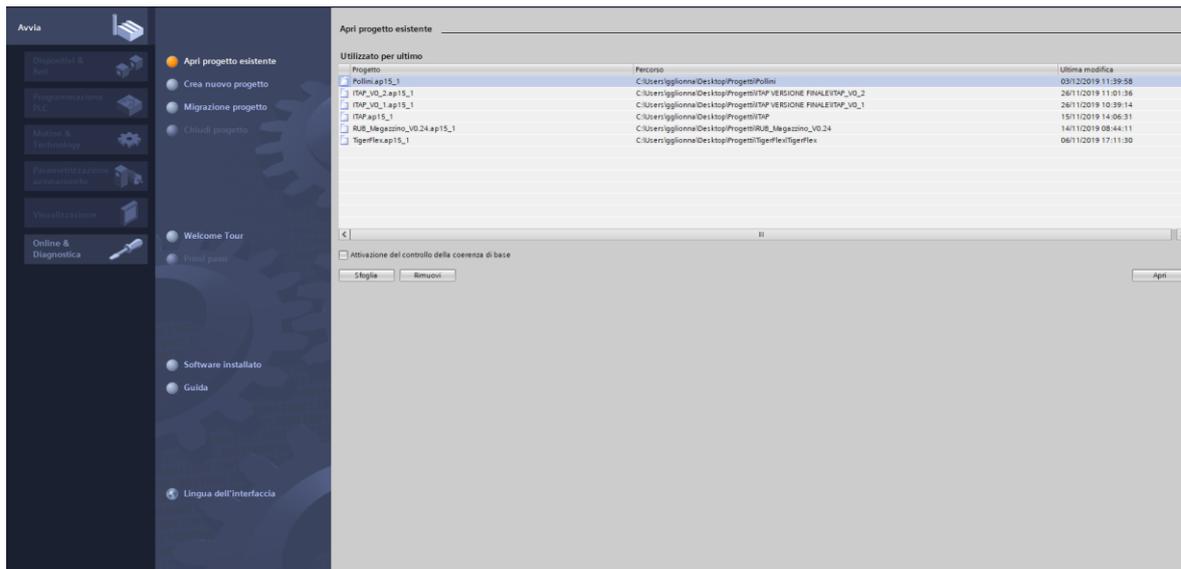


Figura 5. 19 - Home Page TIA PORTAL

Si crea un nuovo progetto e lo si rinomina. Il programma crea tutti i file di sistema necessari per la programmazione e per l'installazione su PLC.

Creato il nuovo progetto si procede con la procedura di preparazione HW. Cliccando infatti su Aggiungi nuovo dispositivo viene aperta un'interfaccia in cui compaiono tutte le CPU che è possibile installare.

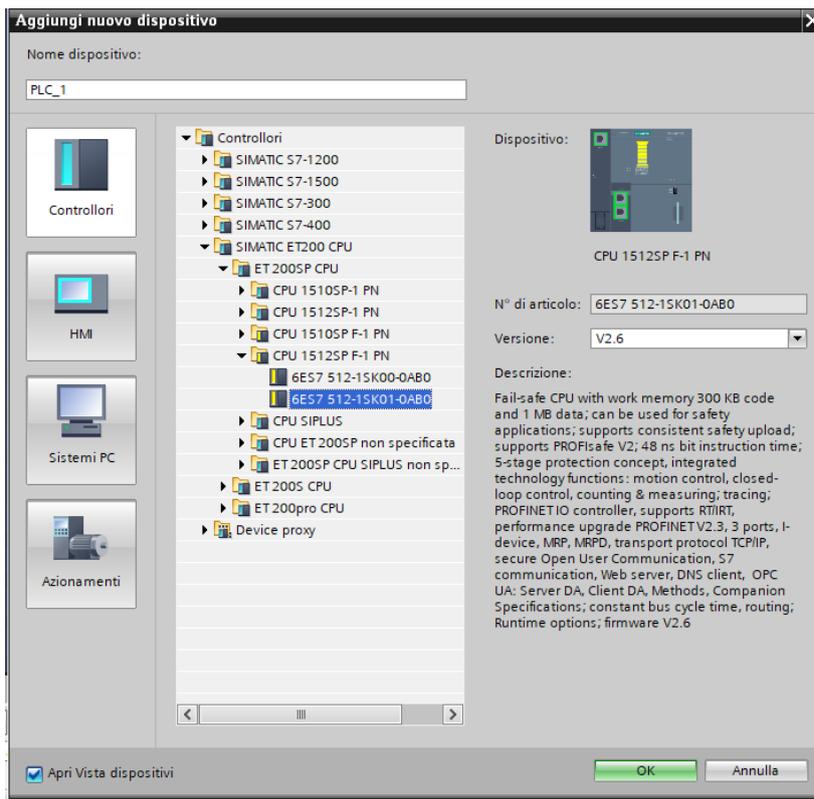


Figura 5. 20 - CPU possibili

Si seleziona la CPU presente in distinta.



Figura 5. 21 - CPU TIA PORTAL

Si aggiungono successivamente le schede DI e DO da collegare alla CPU.



Figura 5. 22- CPU con schede DI e D

Le prime tre schede inserite sono delle schede DI con la prima di queste tre che presenta base chiara. Questo significa che la prima consente un nuovo gruppo di potenziale, cioè che la prima viene alimentata direttamente dal PLC e fornisce energia alle due schede DI successive. Questo fa sì che nel caso di guasto di una delle schede successive alla prima è possibile continuare ad utilizzare le altre schede e basta rimuovere la stessa e sistemarla oppure sostituirla. Le altre due schede inserite sono DO, per quanto riguarda la base chiara, è lo stesso ragionamento fatto per le DI.

Partendo dalla IO list si vedono i byte che devono essere occupati ed utilizzati dalle schede.

Terminata l'installazione dei dispositivi legati direttamente alla CPU si procede con l'installazione dei dispositivi di campo collegati tramite PROFINET al PLC.

A tutti i dispositivi che hanno collegamento PROFINET dev'essere assegnato un indirizzo IP, una SUBNET MASK e un gateway. Per fare questo procedimento viene adottata una convenzione mostrata in tabella:

Tabella 1 - Indirizzi IP

TIPO	INDIRIZZO IP	RANGE (Y)	SUBNET	GATEWAY	NOTE
Controllo Trasporti (MC/MCC)	172.31.X.Y	1-150	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Drive	172.31.X.Y	151-180	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
I/O Remoti	172.31.X.Y	181-200	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Controllori Scanner (SC4000/CBX500)	172.31.X.Y	201-205	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Controllori Pese	172.31.X.Y	206-210	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Switch (Parte Bassa)	172.31.X.Y	211-230	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
HMI	172.31.X.Y	231-240	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Accoppiatori di Rete (PN/PN Coupler)	172.31.X.Y	241-245	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
PLC	172.31.X.Y	254	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10
Scanner	172.31.X+1.Y	1-32	255.255.0.0	172.31.1.1	X = numero PLC x 10

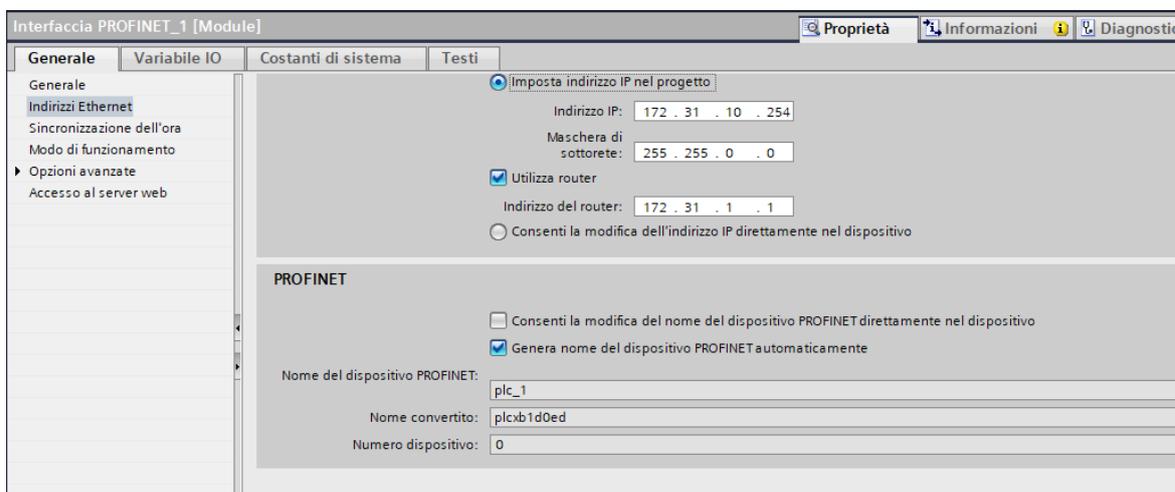


Figura 5. 23 - Inserimento IP

Prima di tutto si procede con le multicontrol, nel caso in esame sono nove.

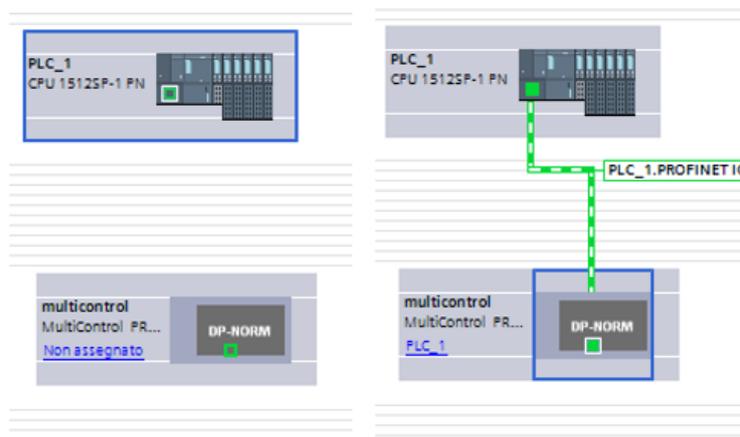


Figura 5. 24 - Procedimento installazione multicontrol

Lo stesso si fa per le altre otto multicontrol.

Terminato questo si procede con l'assegnazione dei byte alle multicontrol come fatto con le schede DI, DO del PLC.

Si installano alla stessa maniera la PESA, e i due scanner presenti lungo la linea.

Si fa lo stesso per l'installazione del pannello operatore HMI



Figura 5. 25 - Collegamenti HMI

Il pannello operatore oltre ad essere collegato tramite protocollo PROFINET lo si va a collegare anche in rete con il PLC.

Finito tutto il procedimento la configurazione hardware si presenta così:

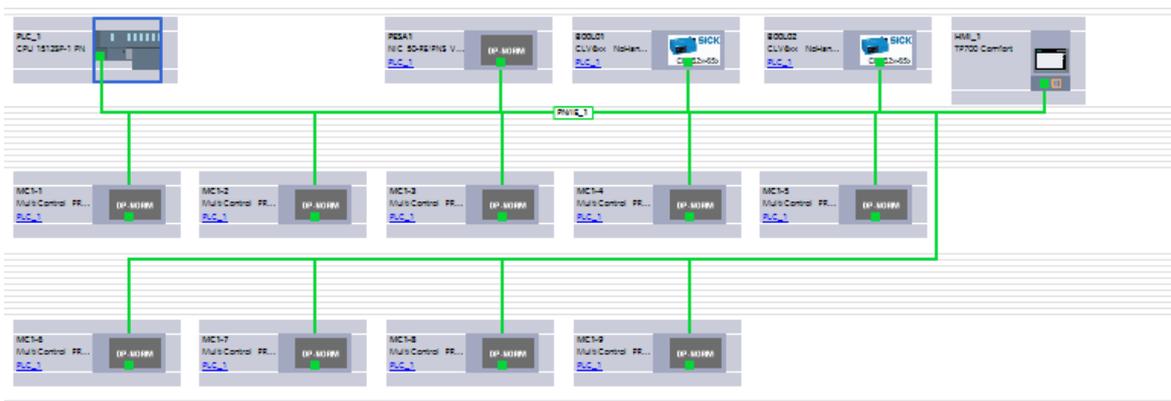


Figura 5. 26 - Configurazione finale HW

Tabella 2 - Indirizzi HW PLC

Elemento	Indirizzo IP	Subnet mask	Gateway	Altro
CPU 1512SP-1 PN	172.31.10.254	255.255.0.0	172.31.1.1	
Pannello operatore TP700 confort	172.31.10.231			
Multicontrol 1	172.31.10.1			
Multicontrol 2	172.31.10.2			
Multicontrol 3	172.31.10.3			
Multicontrol 4	172.31.10.4			
Multicontrol 5	172.31.10.5			
Multicontrol 6	172.31.10.6			
Multicontrol 7	172.31.10.7			
Multicontrol 8	172.31.10.8			
Multicontrol 9	172.31.10.9			
Pesa Eurobil FLY MINI	172.31.10.206			
Laser SICK CLV 630 (1)	172.31.11.1			
Laser SICK CLV 630 (2)	172.31.11.2			

Fatto questo vengono importate le variabili PLC tramite fogli di calcolo excel opportunamente preparati, dividendole in base alle zone che nel caso in esame sono due o se sono comandi di tipo generale.

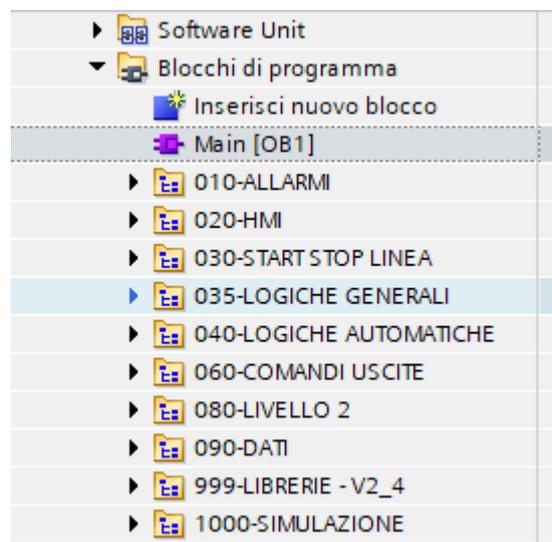
Finito questo si procede con la programmazione SW vera e propria.

### 5.6. Sviluppo programmazione PLC

La programmazione PLC succede la preparazione HW PLC. Tutta la programmazione è stata sviluppata nell'ambiente di sviluppo TIA PORTAL di cui è proprietario la SIEMENS.

Lo sviluppo del software PLC è stato realizzato utilizzando gli standard Incas. Questi standard prevedono la divisione in sezioni del programma. Queste sezioni corrispondono a diverse cose che devono essere gestite e sono:

- Allarmi;
- HMI;
- Start/stop linea;
- Logiche generali;
- Logiche automatiche;
- Comandi uscite;
- Livello 2;
- Dati.



*Figura 5. 27 - Divisione in sezioni*

Per la gestione di ognuna di queste sezioni sono presenti delle funzioni di librerie che vengono utilizzate per ottimizzare la programmazione e per creare degli standard INCAS.

Ogni sezione avrà al proprio interno un FC chiamata ad esempio FC: ALLARMI: MAIN che conterrà tutte le funzioni e i blocchi funzionali utilizzati per l'utilizzo. Questa funzione MAIN viene a sua volta richiamata all'interno dell'OB1 che è il main della CPU.

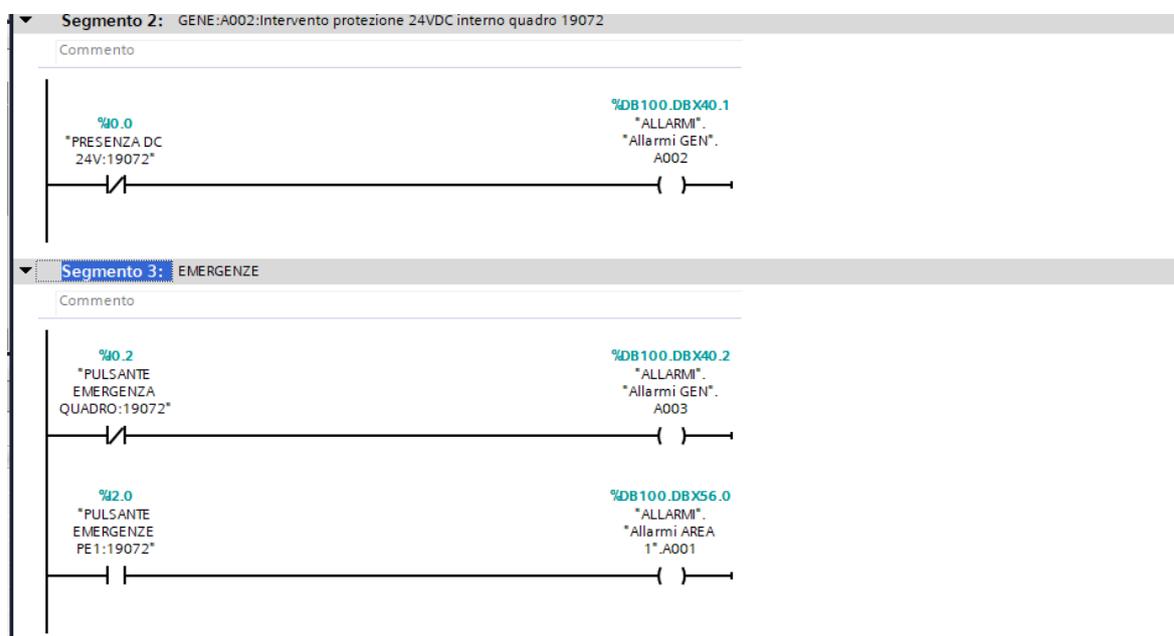
### 5.6.1. Allarmi

Gli allarmi risultano essere una parte sostanziosa e importante della programmazione, in quanto legato agli allarmi ci sono tutte le centraline dell'emergenza e le sicurezze legate al funzionamento dell'intero impianto. Secondo i metodi utilizzati in Incas gli allarmi vengono suddivisi in tre categorie:

- Allarmi Generali;
- Allarmi di Area;
- Allarmi Zonali.

Le distinzioni fatte per gli allarmi valgono anche per i Warning. I Warning a differenza degli allarmi sono solo delle segnalazioni che vengono date all'operatore finale ma che non sono bloccanti in nessun caso.

Gli allarmi generali sono gli allarmi che riguardano il funzionamento dell'intera linea dell'impianto, come ad esempio possono essere le emergenze.



Nel caso di studio si ha una sola area e due zone. Tutti gli allarmi vengono gestiti tramite l'utilizzo di FC tranne quelli legati alla diagnostica delle multicontrol.

Oltre all'utilizzo delle FC gli allarmi sono caratterizzati dall'utilizzo di DB, cioè blocchi dati non ottimizzati al cui interno sono presenti tutti gli allarmi che devono essere gestiti dalla CPU. A seguire un esempio dei DB degli allarmi utilizzati.

Pollini\_V0\_4 ▶ PLC\_1 [CPU 1512SP-1 PN] ▶ Blocchi di programma ▶ 010-ALLARMI ▶ ALLARMI [DB100]

Mantieni valori attuali | Istantanea | Copia istantanee come valori di avvio | Carica valori di avvio come valori attuali

	Nome	Tipo di dati	Offset	Valore di avvio	A ritenzio...	Accessibile...	Scrivi...	Visibile in...	Valore di i...	Controllo	Commento
13	Area9	Bool	1.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 9
14	Area10	Bool	1.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 10
15	Area11	Bool	1.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 11
16	Area12	Bool	1.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 12
17	Area13	Bool	1.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 13
18	Area14	Bool	1.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo Area 14
19	Allarme attivo zona	Array[1..128] of Bool	2.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Allarme attivo zona
20	RISERVA	Int	18.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Warning attivo	Struct	20.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Warning attivo
22	Warning attivo zona	Array[1..128] of Bool	22.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Warning attivo zona
23	RISERVA_1	Int	38.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Allarmi GEN	Struct	40.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	A001	Bool	40.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A001:Relè di emergenza disattivato
26	A002	Bool	40.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A002:Intervento protezione 24VDC interno quadro 19072
27	A003	Bool	40.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A003:Emergenza premuta su quadro 19072
28	A004	Bool	40.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A004:
29	A005	Bool	40.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A005:
30	A006	Bool	40.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A006:
31	A007	Bool	40.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A007:
32	A008	Bool	40.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A008:
33	A009	Bool	41.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A009:
34	A010	Bool	41.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A010:
35	A011	Bool	41.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A011:
36	A012	Bool	41.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A012:
37	A013	Bool	41.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A013:
38	A014	Bool	41.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A014:
39	A015	Bool	41.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A015:
40	A016	Bool	41.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A016:
41	A017	Bool	42.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A017:
42	A018	Bool	42.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A018:
43	A019	Bool	42.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A019:
44	A020	Bool	42.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A020:
45	A021	Bool	42.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A021:
46	A022	Bool	42.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A022:
47	A023	Bool	42.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A023:
48	A024	Bool	42.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A024:
49	A025	Bool	43.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A025:
50	A026	Bool	43.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A026:
51	A027	Bool	43.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A027:
52	A028	Bool	43.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A028:
53	A029	Bool	43.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A029:
54	A030	Bool	43.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GENE-A030:

Figura 5. 28 - DB Allarmi

	Nome	Tipo di dati	Offset	Valore di avvio	A ritenzio...	Accessibile ...	Scrivi...	Visibile in ...	Valore di i...	Controllo	Commento
34	A032	Bool	3.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A032:
35	A033	Bool	4.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A033:Perdita nodo Profinet MC1
36	A034	Bool	4.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A034:Perdita nodo Profinet MC2
37	A035	Bool	4.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A035:Perdita nodo Profinet MC3
38	A036	Bool	4.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A036:
39	A037	Bool	4.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A037:
40	A038	Bool	4.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A038:
41	A039	Bool	4.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A039:
42	A040	Bool	4.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A040:
43	A041	Bool	5.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A041:Allarme generico laser B00L01
44	A042	Bool	5.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A042:
45	A043	Bool	5.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A043:
46	A044	Bool	5.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A044:
47	A045	Bool	5.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A045:
48	A046	Bool	5.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A046:
49	A047	Bool	5.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A047:
50	A048	Bool	5.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A048:
51	A049	Bool	6.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A049:Allarme destinazione assegnata nul
52	A050	Bool	6.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A050:Allarme intervento tempo soccorsi...
53	A051	Bool	6.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A051:
54	A052	Bool	6.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A052:
55	A053	Bool	6.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A053:
56	A054	Bool	6.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A054:
57	A055	Bool	6.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A055:
58	A056	Bool	6.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A056:
59	A057	Bool	7.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A057:Anomalia motore DRC001 -MC1-1 ...
60	A058	Bool	7.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A058:Anomalia motore DRC002 -MC1-1 ...
61	A059	Bool	7.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A059:Anomalia motore DRC003 -MC1-1 ...
62	A060	Bool	7.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A060:Anomalia motore DRC004 -MC1-1 ...
63	A061	Bool	7.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A061:Anomalia motore DRC05.1 -MC1-2...
64	A062	Bool	7.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A062:Anomalia motore DRC05.2 -MC1-2...
65	A063	Bool	7.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A063:Anomalia motore DRC006 -MC1-2 ...
66	A064	Bool	7.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A064:Anomalia motore DBC007 -MC1-2 ...
67	A065	Bool	8.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A065:Anomalia motore DBC008 -MC1-3 ...
68	A066	Bool	8.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A066:Anomalia motore DRC009 -MC1-3 ...
69	A067	Bool	8.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A067:Anomalia motore DRC010 -MC1-3 ...
70	A068	Bool	8.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A068:Anomalia motore DRC011 -MC1-3 ...
71	A069	Bool	8.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A069:
72	A070	Bool	8.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A070:
73	A071	Bool	8.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A071:
74	A072	Bool	8.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A072:
75	A073	Bool	8.8	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Z01:A073:

Figura 5. 29 - DB Allarmi Zonali

In ogni DB c'è da fare una distinzione tra allarmi che vanno da 1 a 32 e gli allarmi che seguono, in quanto i primi sono allarmi gravi, cioè allarmi che vanno a bloccare tutta l'area mentre gli allarmi successivi possono anche non bloccare tutto l'impianto e bloccare solo una parte.

Nei DB degli allarmi zonali sono presenti, oltre ai tipici allarmi che possono essere legati ai dispositivi che si vanno a trovare lungo la linea, anche altre tipologie di allarmi. Questi sono quelli legati alle sequenze. Per ogni sequenza gli allarmi presenti sono sempre gli stessi:

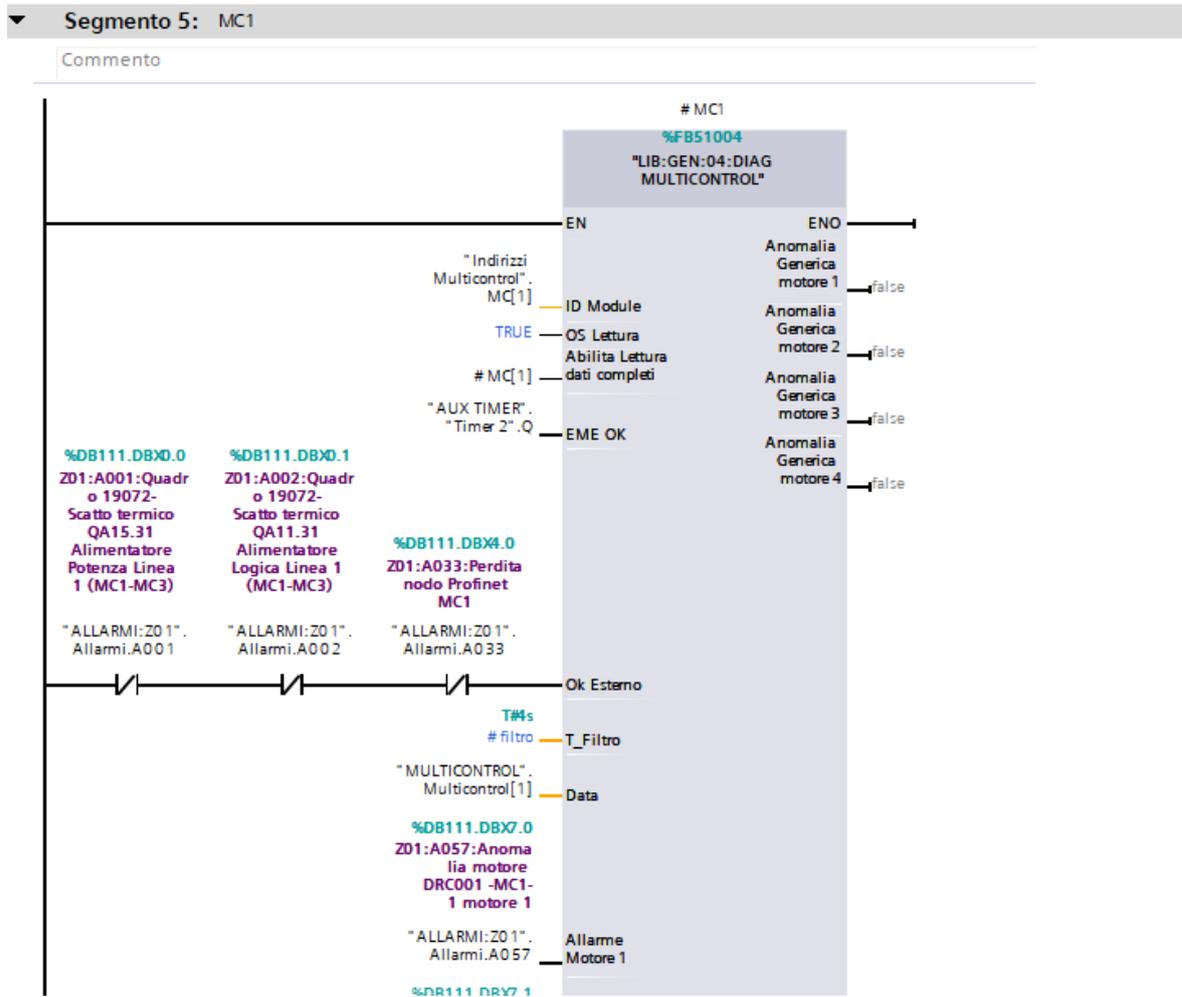
- Time-out Rabbocco;
- Time-out Passaggio;
- Time-out Presaldo
- Time-out Saldo;
- Mancato rallentamento;

- Time-out salita trasferitore di partenza;
- Time-out salita trasferitore di arrivo;
- Time-out discesa trasferitore di partenza
- Time-out discesa trasferitore di arrivo;
- Risposta da livello 2 sconosciuta;
- Time-out ricezione lettura da scanner;
- Time-out pareggiatura;
- Time-out Ritorno.

Tutti questi allarmi non vengono sempre utilizzati ma dipende dalla tipologia di sequenza che si va ad utilizzare. In generale si può dire che gli allarmi di time-out sono dovuti al troppo tempo impiegato a compiere uno dei processi della sequenza, mentre invece l'allarme di mancato rallentamento è legato ad un mancato rallentamento del collo nel caso in cui si vada ad impegnare una precisa fotocellula presente lungo l'impianto adibita a far rallentare i colli. Altro allarme è quello legato alla risposta da livello 2 sconosciuta, cioè questo avviene quando il PLC comunica in maniera errata con il PC di livello 2.

Tutti gli allarmi sono molto utili per comprendere il motivo del mancato funzionamento di un impianto in caso di guasto, o problemi di logica legati al funzionamento dell'impianto stesso. Infatti, tutte queste segnalazioni è possibile visualizzarle da parte dell'operatore sul pannello HMI.

Infine, è da segnalare un'altra tipologia di allarmi molto importanti che è quella legata alla diagnostica delle multicontrol. Per ogni multicontrol si va a verificare il corretto funzionamento di tutti i motori collegati alla stessa e nel caso di anomalia questi allarmi vengono segnalati.



Per ok esterno si intendono quegli errori che porterebbero in anomalia la multicontrol e quindi sarebbe inutile controllare i motori collegati alla stessa. Questi ok esterni sono dati dal giusto collegamento con la potenza e con la logica delle multicontrol.

Per tutti gli allarmi zionali vengono fatti dei cumulativi, cioè si fa in modo che se uno degli allarmi zionali risulti essere attivo, l'intera zona è in allarme. Questo cumulativo viene usato per dare l'allarme all'area.

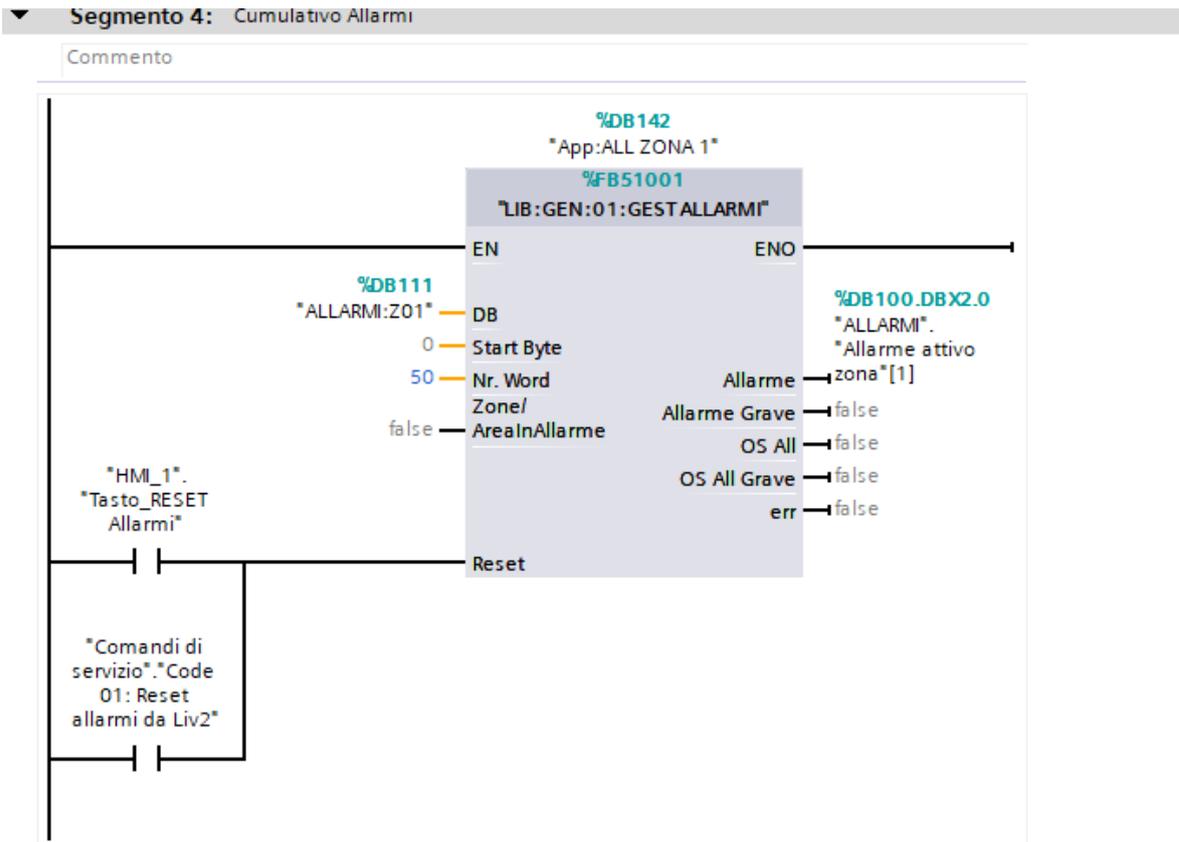


Figura 5. 30 - Cumulativo allarmi zonali

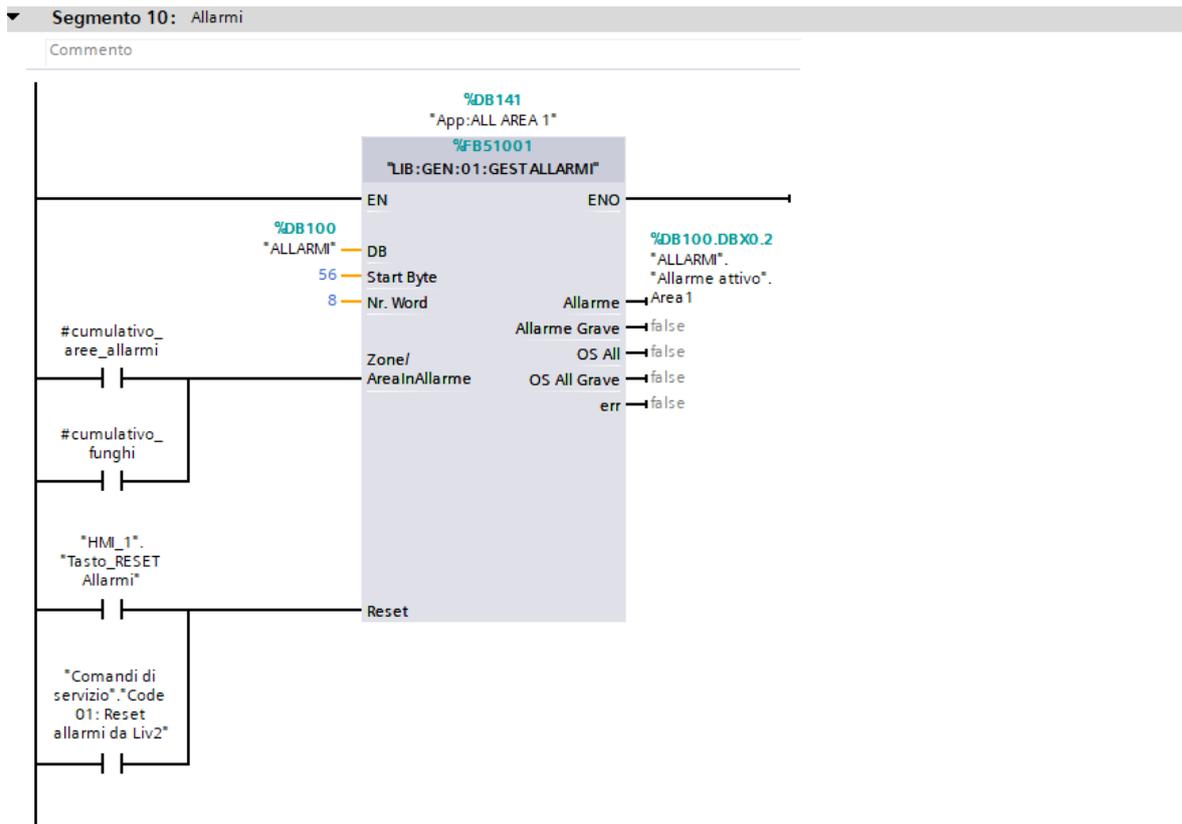


Figura 5. 31 - Cumulativo allarmi aree

### 5.6.2. HMI

La programmazione HMI è una parte molto importante dell'intera programmazione del software PLC, perché è quella che arriva all'utilizzatore finale. La programmazione HMI si distingue in due categorie che è la programmazione HMI su PLC e la gestione del pannello vera e propria. La programmazione HMI su PLC viene a creare il collegamento effettivo tra pannello e variabili PLC.

Anche in questo caso l'intera gestione viene realizzata tramite l'utilizzo di FC.

Per gestire il pannello si deve creare il collegamento tra l'HMI e il PLC. Ci sono diverse operazioni che devono essere eseguite:

- Riconoscimento pagina attiva: il pannello comunica al PLC in quale pagina è l'operatore finale;
- Gestione comandi manuali; si decide quale deve essere il dispositivo per cui è richiesta la movimentazione in manuale;

- Azzeramento selezione dispositivi zionali; questo segmento di programmazione viene utilizzato per fare in modo che nel momento in cui, in manuale, l'operatore vada a cambiare pagina si vada a resettare la scelta del dispositivo fatta in precedenza.
- Animazione tasto allarme: come si vedrà successivamente sul pannello è presente un tasto legato agli allarmi che si anima nel momento in cui è presente un allarme nell'area;
- Visibilità tasto SEMIAUTOMATICO: questo utilizzato per far avvenire il passaggio da automatico a semiautomatico che è possibile effettuare solo in alcuni casi che sono il selettore posto in automatico e l'impianto fermo. Tramite l'utilizzo del semiautomatico si ha una simulazione del livello 2, questo molto utile nel momento di messa in servizio dell'impianto.
- Reset statistiche: come si evidenzierà nel paragrafo 7 di questo capitolo nel pannello sono presenti delle statistiche che è possibile andare a resettare.
- Dinamicizzazione colli su HMI: sul pannello nella parte cosiddetta "*SINOTTICO*" è possibile andare a visualizzare tutto l'impianto e anche i colli presenti nello stesso. C'è da fare una distinzione tra i colli che sono quelli solo fisici e quelli logici. I colli solo fisici sono quei colli che non portano informazioni e di cui è segnalata solo la presenza tramite il cambio di valore della fotocellula, mentre i colli logici sono quei colli che hanno delle informazioni che devono portarsi dietro. Dunque, cambia la dinamicizzazione di questi a seconda dei casi.
- Estrazione setup motori: per quanto riguarda questo segmento di programmazione è diverso da tutti gli altri, in quanto, va a richiamare a sua volta un blocco funzionale legato all'estrazione delle velocità dei motorulli. L'operatore finale può decidere quali devono essere le velocità dei motorulli sulle linee.

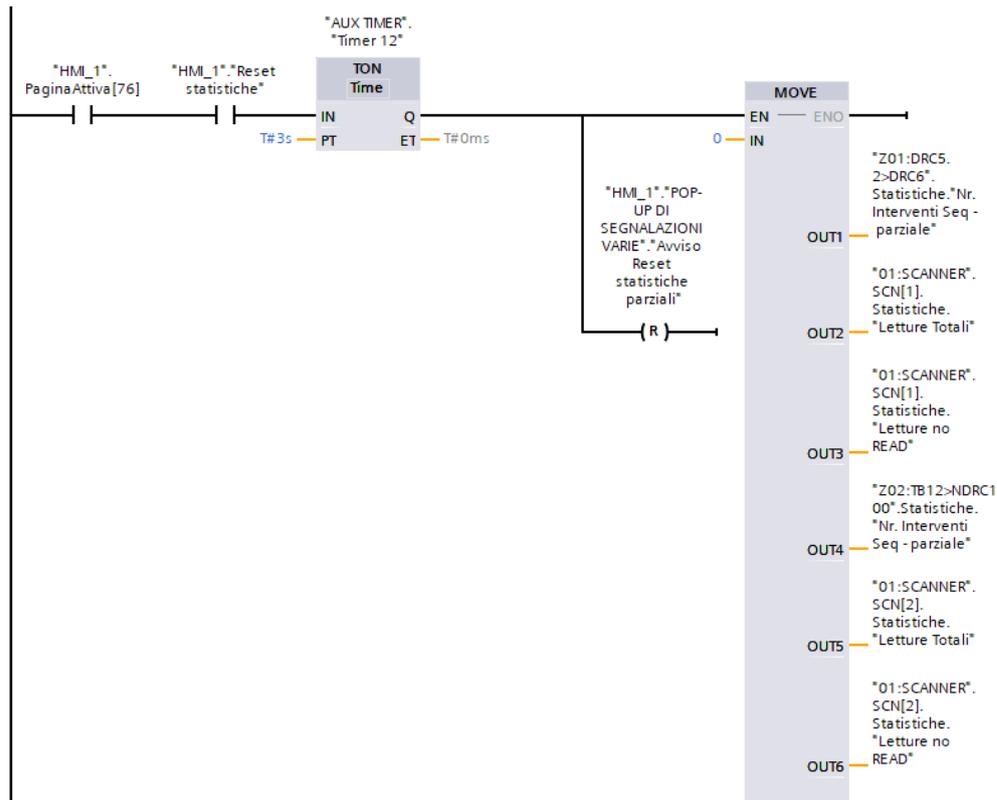


Figura 5. 32 - Reset statistiche

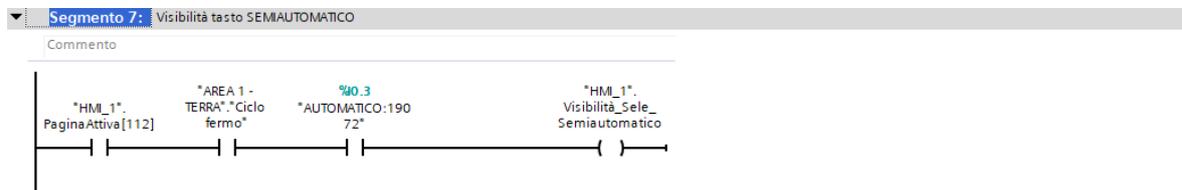


Figura 5. 33 - Visibilità tasto SEMIAUTOMATICO

Anche in questo caso sono presenti dei DB in cui vengono inserite tutte le variabili utilizzate per il corretto funzionamento del pannello.

### 5.6.3. Start/stop linea

Nello Start/Stop linea viene invece gestito la marcia e l'arresto di ogni area dell'impianto. Nel caso in esame c'è solo un'area presente.

Lo start/stop viene gestito da una funzione di libreria chiamata start stop ciclo. Questa funzione ha come input le caratteristiche di funzionamento dell'impianto come l'automatico dell'area. Il manuale altro non è che il "Non automatico", cioè si ha il manuale quando il bit

di automatico è a 0. Altri input sono quelli di marcia e arresto impianto. Prima di utilizzare questa funzione è necessario realizzare dei cumulativi per gli allarmi gravi di area e legati ai funghi di emergenza. Questa funzione restituisce come output: il bit di accensione della lampada verde e della lampada rossa, quello della segnalazione acustica, richiesta riposizionamento macchine e il led blu di ripristino.

La lampada verde e la lampada rossa sono messe insieme su una torretta che indica il funzionamento dell'intera linea, lo stesso vale per la segnalazione acustica. La richiesta di riposizionamento macchine fa sì che ad ogni avvio tutti i motori comandati dalle multicontrol si riposizionano per evitare posizioni intermedie, solo nel momento in cui il riposizionamento è finito il ciclo può ricominciare. Ultimo output di questa funzione è il bit di accensione del pulsante blu di ripristino. Il pulsante blu si accende nel momento in cui un fungo di emergenza viene premuto. Una volta sbloccato il fungo, l'impianto rimane in emergenza e il pulsante blu di ripristino si accende con una frequenza di 2 Hz. Questo viene premuto per ripristinare l'emergenza dell'impianto. C'è un caso in cui pur premendo il tasto, questo continua a lampeggiare con una frequenza di 0,5 Hz, questo nel caso in cui c'è un allarme grave nell'area interessata.

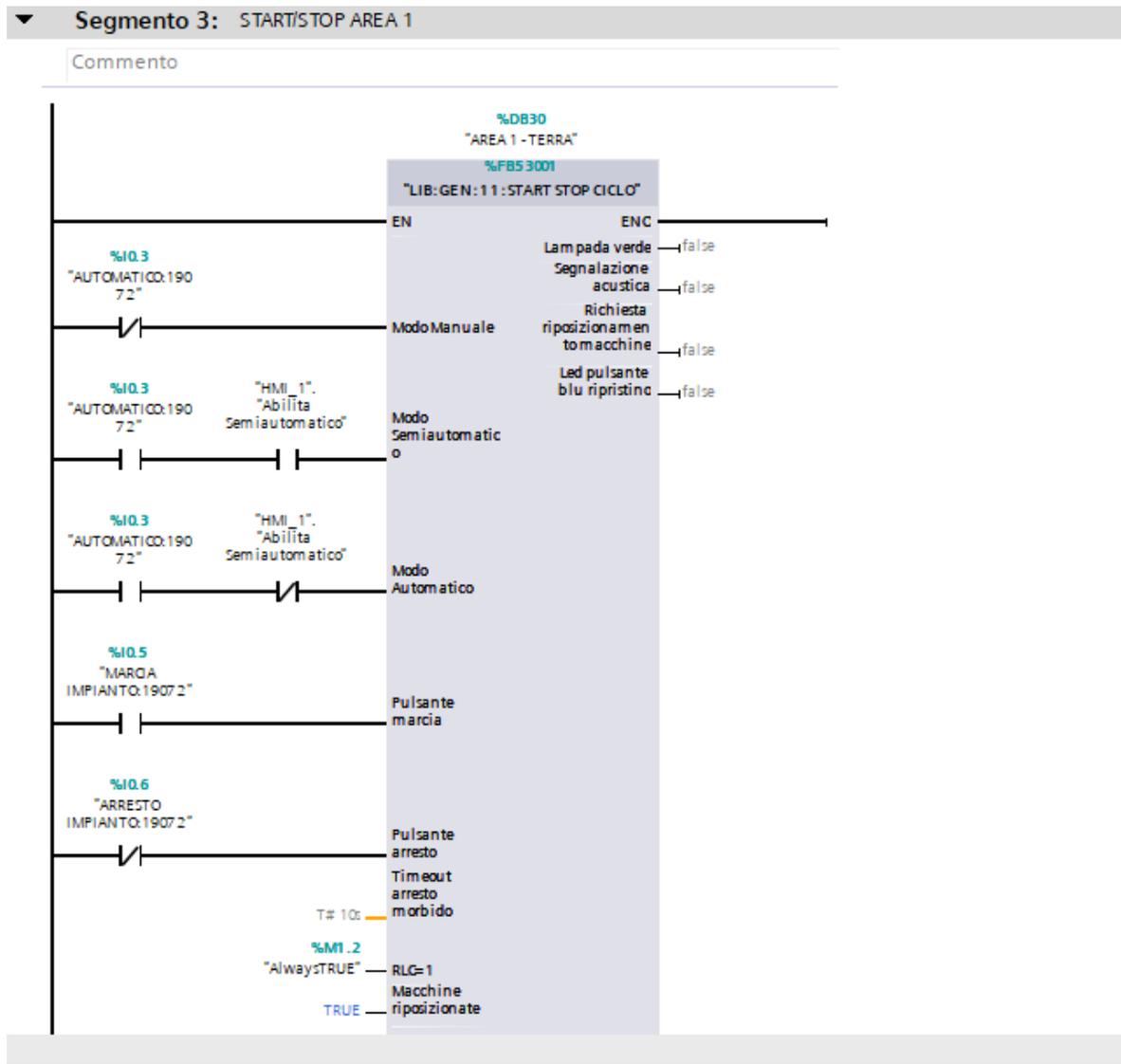


Figura 5. 34 - Start/stop Linea

### 5.6.4. Logiche generali

Nel gruppo di Logiche generali sono gestiti tutti i bit che vengono utilizzati in ufficio per la simulazione dell’impianto che alla prima accensione del PLC vengono disattivati, e le logiche delle lampade. La lampada verde si accende al momento di richiesta di avvio ciclo o nel momento della richiesta di arresto morbido, in questi due casi la lampada si accende con una frequenza di 0,625 Hz, mentre nel caso in cui il ciclo è attivo e non c’è richiesta di arresto morbido questa si accende fissa. La lampada rossa invece se c’è un allarme di area o un allarme generale attivo si accende con una frequenza di 0,5 Hz nel caso in cui questi non

siano gravi, perché se fossero gravi si accenderebbe fissa. Nel caso in cui è presente un warning nell'area di interesse questa si accende con un tempo impulsivo.

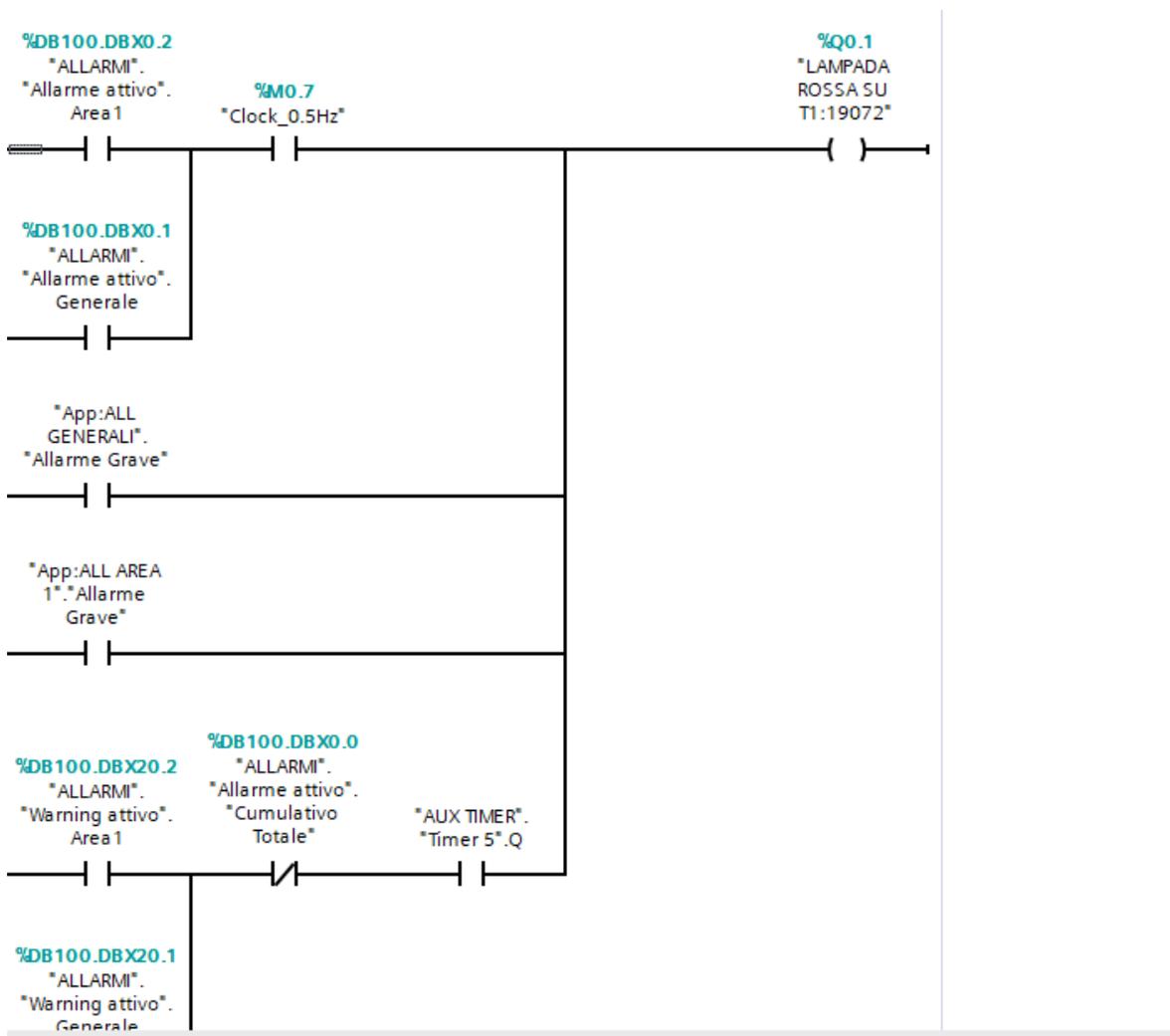


Figura 5. 35 - Gestione Lampade

### 5.6.5. Logiche automatiche

Le logiche automatiche è la parte che rende automatizzata una linea. Tutta la gestione dell'automazione avviene tramite l'utilizzo di:

- Sequenze;
- Semaforizzazioni;
- Accumuli;
- Logica combinatoria.

## SEQUENZE

Le sequenze vengono anche chiamate tratti a singola posizione. Il trasferimento avviene tramite una sequenza di passi e per gestire l'eventuale tracking di dati. I tratti a singola posizione sono generalmente con fotocellule di presenza in testa al tratto.

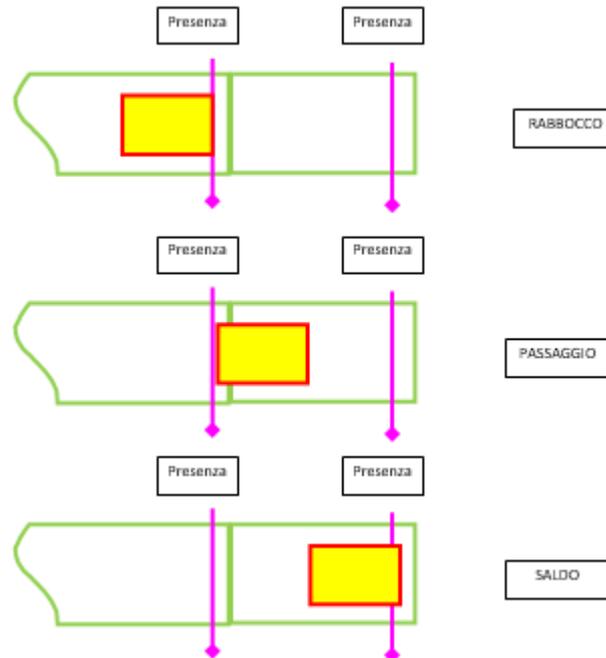


Figura 5. 36 - Esempio di tratto a una posizione

L'invio di un collo dal tratto a monte viene fatto quando entrambe le fotocellule di presenza sono libere e non ci sono stati logici. All'interno di una sequenza le fotocellule sono una di presenza e l'altra di arrivo. La sequenza inizia con lo step del rabbocco, che dura da quando il collo inizia il moto fino a quando giunge alla prima fotocellula di presenza. Quando il collo tocca la prima fotocellula di presenza inizia lo step di passaggio, cioè il collo è in mezzo ai due motorulli. Lo step di passaggio termina quando il collo disimpegna totalmente la fotocellula di presenza. Quando finisce lo step del passaggio il primo motorullo è disponibile a ricevere un nuovo collo. Il terzo step è quello del saldo, cioè il moto del collo ad andare ad impegnare la seconda fotocellula. Naturalmente il saldo della sequenza a monte diventa il rabbocco della sequenza a valle. Come detto in precedenza tutti i tempi, per ogni step della sequenza, vengono gestiti dai cosiddetti time-out. Di sequenze ce ne sono molteplici, quella più usata è la sequenza rullo-rullo. Altra tipologia importante di sequenza è quella con il trasferitore.

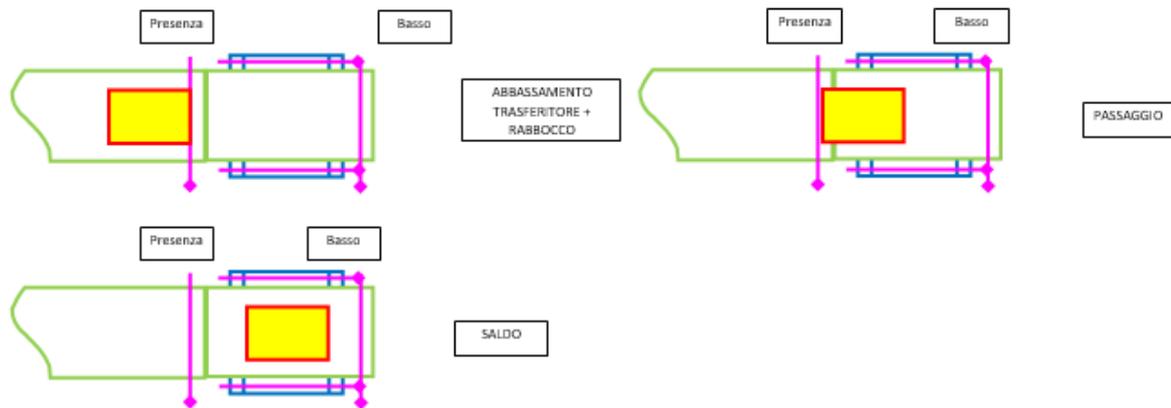


Figura 5. 37- Ingresso collo trasferitore

La sequenza di ingresso collo in un motorullo dove è presente anche un trasferitore, è uguale alla sequenza descritta precedentemente, dove è anche previsto l’abbassamento del trasferitore nel motorullo d’arrivo. Lo stesso vale per l’uscita del collo dal trasferitore.

Diversi sono invece gli step per la deviazione effettuata dal trasferitore del collo. Una volta che il collo è arrivato sul motorullo, c’è il sollevamento del trasferitore con il rabbocco sulla fotocellula di passaggio, una volta toccata la fotocellula di passaggio comincia il saldo che termina quando questa viene completamente liberata. Terminato il saldo c’è l’abbassamento dei trasferitori di partenza.

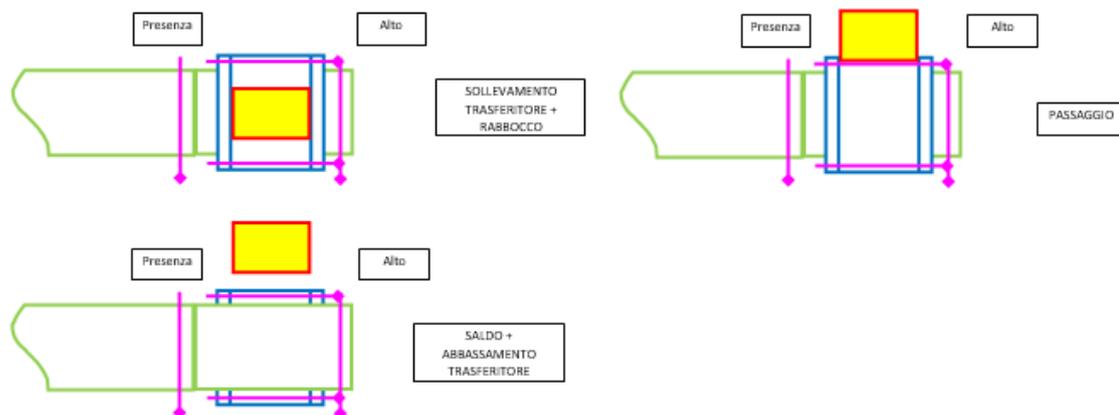
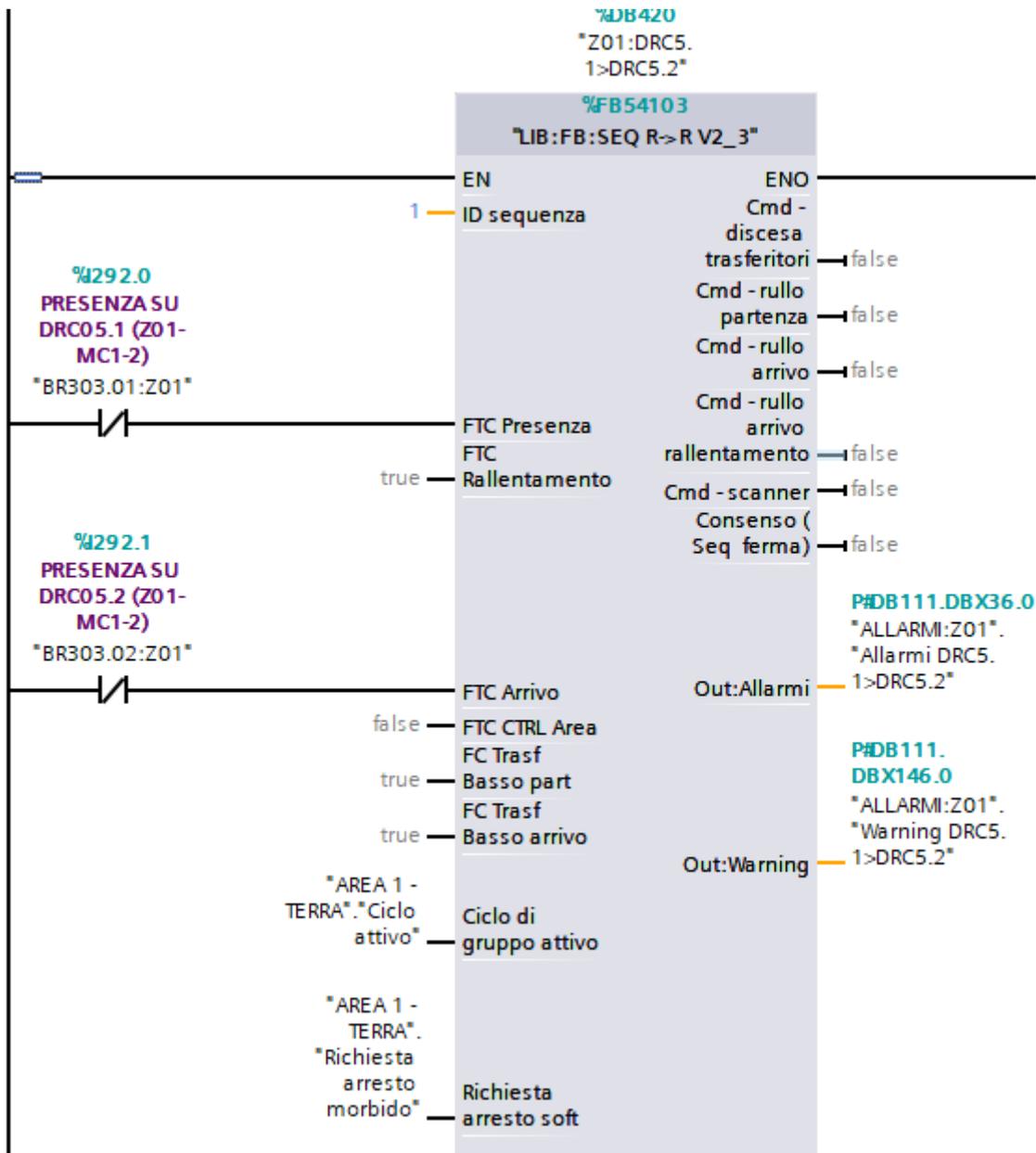


Figura 5. 38 - Passaggio collo

Altre tipologie di sequenze possono essere quella di centratura, dove il collo una volta arrivato nel motorullo d’arrivo viene centrato da pinze pneumatiche e solo dopo che le pinze sono tornate nella loro posizione iniziale è possibile riprendere con la sequenza successiva.

In molti casi come ad esempio nelle sequenze di arrivo in un motorullo dove dev'essere effettuato un trasferimento o dove deve essere fatta una centratura, è necessario andare a fare un saldo a tempo.

Non meno importante è la sequenza di arrivo in una baia di scarto o in tratti non motorizzati.



Ogni sequenza utilizzata viene identificata da un numero id. Per l'utilizzo di ogni sequenza ci sono vari input:

- Fotocellula di presenza;
- Fotocellula di rallentamento;

- Fotocellula di arrivo;
- Fotocellula di controllo area, utilizzata per lo più nei tratti a cavallo dei trasferitori;
- Finecorsa Basso di partenza, (se la sequenza è una sequenza di partenza da un tratto con trasferitore, il finecorsa viene utilizzato per segnalare che il trasferitore sia basso);
- Finecorsa Basso di arrivo, vale quanto detto per l'input precedente;
- Ciclo di gruppo attivo, indica che il ciclo dell'area sia attivo;
- Richiesta arresto morbido;
- Reset allarmi, utilizzato per segnalare la richiesta di reset allarmi. Nel caso in cui ci fosse un allarme bloccante per la sequenza, una volta risolto facendo una richiesta di reset allarmi la sequenza riparte da dove era stata interrotta;
- Consenso start, sono i consensi per far partire la sequenza, per lo più viene utilizzato come consenso il fatto che la sequenza di valle sia ferma;
- Allarme bloccante, gli allarmi che devono interrompere gli step della sequenza;
- Congela sequenza; un segnale che serve per interrompere la sequenza durante il suo funzionamento;
- Stazione sorgente/arrivo con stato logico, ci dice se è presente uno stato logico nella sequenza di partenza o arrivo e che genere di stato logico è presente (0 no stato logico, 1 stato logico semplice, cioè che non deve essere elaborato e che serve solo per trasporto dati, 2 stato logico elaborato cioè stato logico che deve essere elaborato);
- Numero scanner, indica lo scanner se presente in sequenza.

Ogni sequenza ha degli output che sono i comandi che deve andare a generare e che poi devono essere collegati nella parte di comandi uscite:

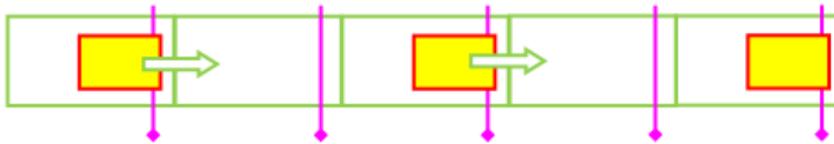
- Comando discesa trasferitori;
- Comando rullo partenza;
- Comando rullo arrivo;
- Comando scanner;
- Seq Ferma.

Ad ogni sequenza sono poi collegati gli allarmi di cui si è parlato nel paragrafo 5.6.1

Nel caso di sequenze di centratura pneumatica, come output si trova anche il comando dell'elettrovalvola del centratore e lo stesso vale per i trasferitori il cui sollevamento è comandato in maniera pneumatica.

## ACCUMULI

Un tratto di accumulo è idoneo a trasferire un collo sul tratto a valle se disponibile senza gestire tracking di dati e valutando solo lo stato delle fotocellule. I tratti a singola posizione sono sempre con fotocellula di presenza in testa al tratto. Il tratto di cessione deve essere messo in marcia appena quello a monte parte.



*Figura 5. 39 - Tratto di accumulo*

Per i tratti di accumulo a differenza di quanto visto per le sequenze gli input sono molto meno e sono le due fotocellule, di presenza e di arrivo, il feedback del tratto in movimento, i warning dell'accumulo e la richiesta di avvio. Per quanto riguarda invece gli output è semplicemente un output di comando tratto.

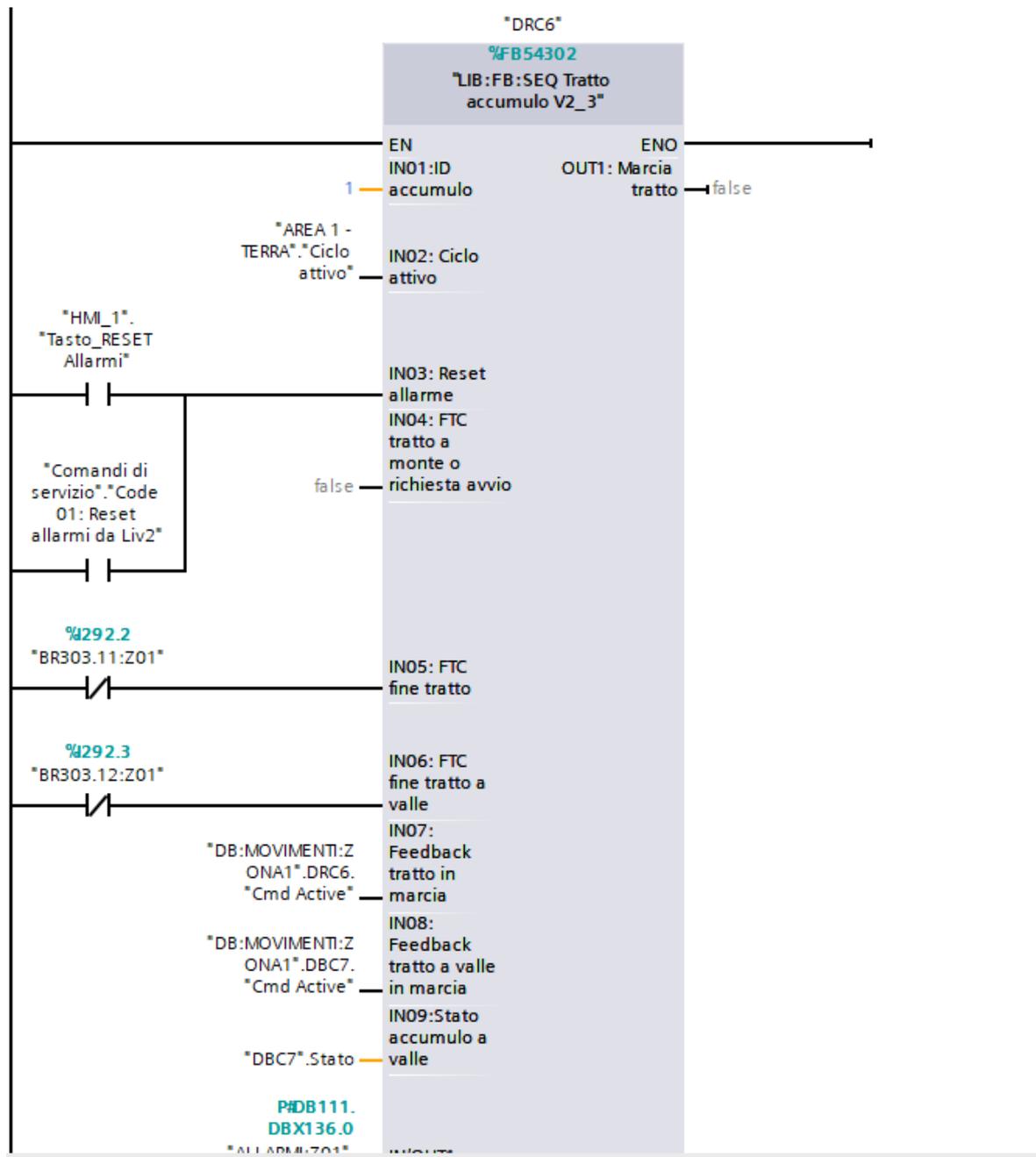


Figura 5. 40 - Funzione accumulo

## LOGICA COMBINATORIA

La logica combinatoria viene utilizzata per andare a comandare quei tratti in cui si ha a monte un tratto comandato da trifase e a valle tratti comandati tramite multicontrol oppure quando è necessario andare a comandare più tratti contemporaneamente. Nel caso in esame è necessaria per andare a comandare i tratti che vanno dal DRC1 al DRC5.1 in quanto questi si devono muovere tutti insieme.

## SEMAFORIZZAZIONI

Le semaforizzazioni vengono utilizzate nel caso in cui sulla linea sono presenti degli incroci tra vari tratti delle linee, e vengono utilizzate per gestire la precedenza dei tratti lungo la linea.

Per ogni tratto che viene comandato, a seconda della tipologia di logica automatica utilizzata, si vanno a creare dei DB di istanza. Ad esempio, per la sequenza DRC5.1>DRC5.2 si creerà un DB di istanza della funzione di libreria SEQ RULLO>RULLO chiamato Z01:DRC5.1>DRC5.2 mentre per i tratti di accumulo di avrà ad esempio il DB di istanza della funzione SEQ Tratto d'accumulo chiamato DRC6.

### 5.6.6. Comandi uscite

I comandi uscite sono insieme alle logiche automatiche l'anima della programmazione PLC in quanto proprio in questa sezione vengono gestiti i comandi fisici ai motori. Tutta la gestione dei motori viene divisa in zone e per ogni tipologia di motore vengono utilizzate delle funzioni di libreria differenti.

Nel caso in esame infatti si hanno 4 tipologie di motori differenti e risultano essere:

- Motorullo standard 24 VDC;
- Centratore pneumatico;
- Sollevatore pneumatico;
- Utenza trifase.

Tutta la gestione dei motori avviene tramite l'utilizzo di FB poi richiamati nel main dei comandi uscite tramite l'utilizzo di DB in cui è possibile andare a settare alcuni parametri e caratteristiche come possono essere quelle di velocità che devono essere gestite da parte del PLC.

Questa parte del programma viene utilizzata sia per la gestione dei motori in manuale che per la parte automatica. Gli input utilizzati per la gestione dei movimenti dei motori sono:

- Richiesta automatico in avanti, altro non è che la richiesta di comando data dalle logiche automatiche;
- Consensi generali, dove si verifica che non siano presenti le anomalie legati ai motori che si vanno a gestire e che non ci siano allarmi gravi di area o generali;
- Manuale, verifica che la zona sia in manuale piuttosto che in automatico;
- Tipo manuale; è la scelta fatta da pannello su che tipologia di comandi in manuale devono essere utilizzati;
- Selezione motore, in base alla pagina di sinottico su cui l'operatore è in quel momento può andare a scegliere dispositivi della zona 1 piuttosto che della zona 2;
- Numero motore, premendo sul tag nella pagina del dispositivo si sceglie il motore che viene identificato da un numero ben preciso;
- Inverti marcia;
- Start, richiesta di marcia;
- Stop, richiesta di arresto;
- Fotocellula di arrivo;
- Setup motore, parametri di velocità scelti per ogni motore.

Come output vengono utilizzati:

- Riferimento analogico, utilizzato nel caso di motori comandati da multicontrol in quanto il motore viene comandato in maniera analogica;
- Comando active, nel caso di comandi trifase (lo stesso per comando active o comandi indietro);
- Comanda seconda velocità, nel caso in cui in alcune circostanze sia richiesto andare a comandare un motore con una velocità diversa da quella standard.

La maggior parte dei motori, secondo le metodologie Incas, viene comandata tramite la scheda elettronica Multicontrol dunque si sono create delle funzioni di libreria chiamate Utenza Standard. Altre tipologie di libreria utilizzate sono quelle per il comando dell'utenza trifase e quella per il sollevamento pneumatico. Come input si hanno le stesse richieste.

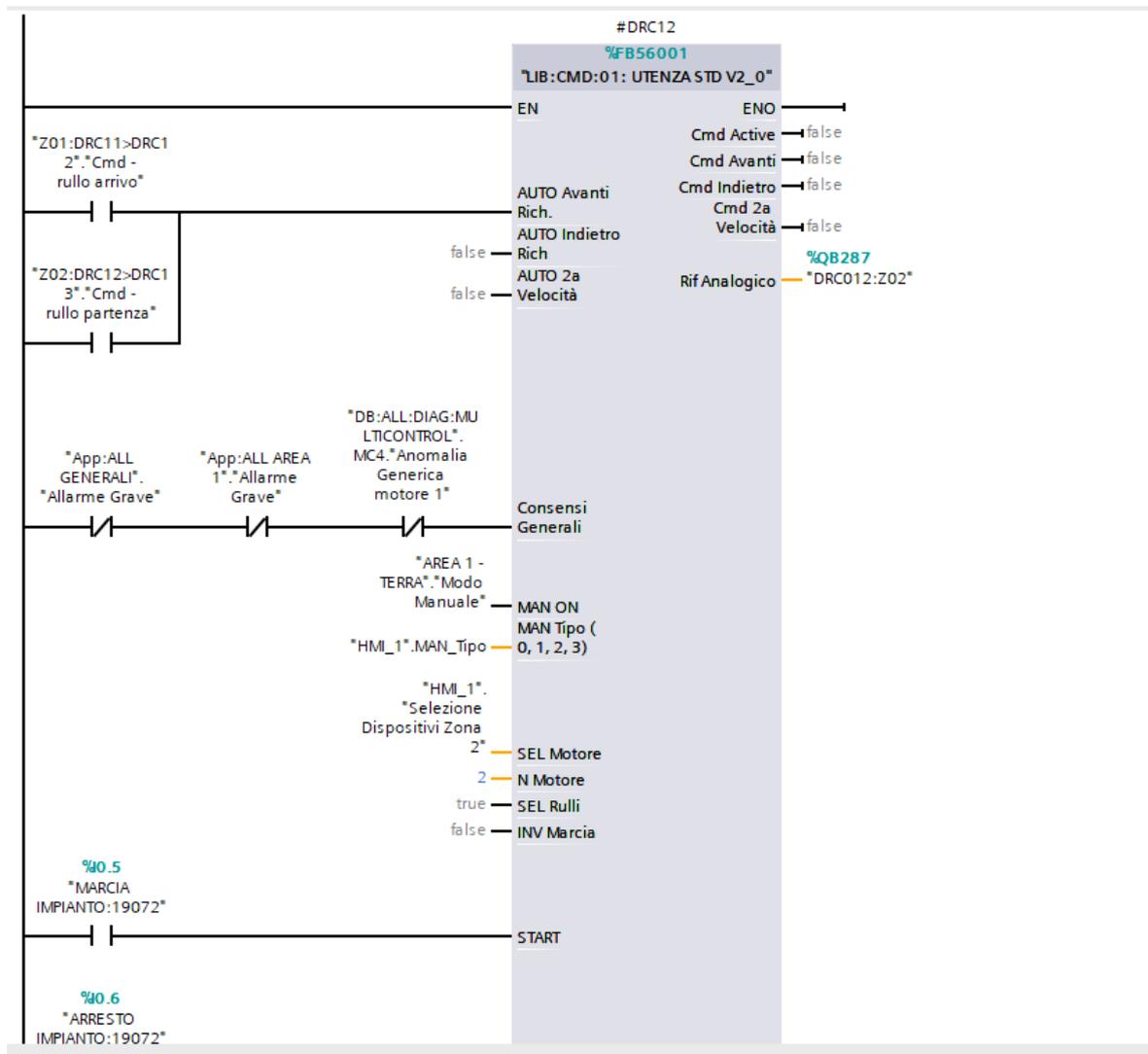


Figura 5. 41 - Utenza standard

Come per le logiche automatiche, anche in questo caso per ogni motore che dev'essere comandato vengono creati dei DB di istanza delle funzioni utilizzate.

### 5.6.7. Livello 2

Nella parte di livello 2 viene gestita tutta la comunicazione tra PLC (Livello 1) e PC (Livello 2). Tutta la comunicazione con il livello 2 viene gestita tramite una FC poi richiamata nel main.

Nella prima parte del FC si comunicano al livello 2 tutte le caratteristiche vanno a definire lo stato dell'impianto come il Modo (Manuale, Automatico o Semiautomatico), se il ciclo è fermo o se è in fase di arresto o riposizionamento macchine o all'avvio. Queste

comunicazioni vengono fatte appositamente in un DB numerato 302 chiamato PLC write PC read Stato impianto.

In questa parte di programmazione viene gestito quello che è il controllo delle stazioni dell'impianto. Questo controllo viene fatto tramite una funzione di libreria chiamata StazioneStandardMombarone. Gli input di questa funzione sono:

- Tipo stazione,
  1. Decisionale + Notifica, cioè una tipologia di stazione dove il percorso fatto dal collo viene deciso dal livello 2 e comunicato al PLC. Una volta effettuato il passaggio dalla stazione il PLC notifica l'avvenuto passaggio
  2. Solo Decisionale, stazione in cui c'è solo comunicazione del percorso da effettuare;
  3. Solo Notifica;
  4. Stazione di pesatura, una stazione dove il percorso del collo viene deciso solo dopo essere stato pesato.
- Numero stazione, nel caso in esame sono solo 2;
- Ciclo automatico attivo;
- Ciclo semiautomatico attivo;
- Reset Stazione;
- Pagina HMI stazione;
- Abilita tracking destinazione, il tracking della destinazione viene abilitato da HMI e a seconda dei casi si sceglie se abilitarlo o disabilitarlo;
- Ciclo in corso della funzione, viene inserita quale il ciclo attivo della sequenza con cui il collo entra in stazione;
- Emissione pre-presenza, si decide se si deve comunicare già prima alla stazione i dati del collo;
- Stabilità pesa, si comunica se il peso misurato dalla bilancia è stabile o meno;
- Escludi pesa;
- Peso;
- Passaggio funzione evacuazione, è la notifica che il collo sia passato nella funzione successiva;

- Selezione semiautomatica, nel caso in cui l'impianto è in semiautomatico, si finge che il PC ci abbia dato la destinazione come deciso in semiautomatico;
- Stati logici.

Al livello 2 deve essere anche dato lo stato dell'applicatore presente in linea. Il PLC genera dei Warning nel caso in cui si esaurisca il time-out di risposta del livello 2, nel caso di incongruenze con le destinazioni date dal livello 2, o nel caso di destinazione assegnata nulla.

Oltre alle comunicazioni fatte dal PLC verso il PC sullo stato dell'impianto ci sono altre comunicazioni che vengono gestite in altri DB, questi sono il 300 e il 301, rispettivamente PLC Write PC Read, e PC Write PLC Read.

Nel DB 300, il PLC comunica la presenza di un collo in stazione tramite un "trigger", quando il collo arriva in stazione esso si ferma fin quando il PC non comunica al PLC una destinazione al collo e alza l'"auto trigger", cioè la comunicazione con cui si dice che il PC ha finito di decidere, solo allora con una destinazione congrua assegnata e con il PC che ha comunicato la fine del suo lavoro, il collo può ripartire verso la sua meta.

#### 5.6.8. Dati

Nella parte di dati invece sono inseriti i DB degli stati logici, dove ci sono tutte le informazioni dei colli sui vari DRC dove gli stati logici sono presenti. Altri Dati presenti sono quelli della Pesa dove vengono comunicati on-line tutte le misurazioni fatte dalla bilancia: peso netto, peso lordo, e peso stabile.

In questa parte vengono anche gestite tutte le informazioni riguardo le letture fatte dagli scanner. La gestione dello scanner viene fatta tramite una funzione di libreria. Le funzioni di libreria si differenziano in base alle tipologie di lettori utilizzate, nel caso in esame sono utilizzati scanner Sick. Con questa funzione vengono gestite le mancate letture consecutive che possono essere tollerate prima di generare un allarme e i barcode letti.

#### 5.6.9. Simulazione

La simulazione viene utilizzata per simulare gli allarmi delle sequenze nelle segnalazioni HMI. La simulazione viene abilitata tramite un bit di abilitazione.

### 5.7. Programmazione HMI

In questo paragrafo si spiega la programmazione e la gestione del pannello vera e propria. Il pannello operatore è il mezzo finale utilizzato dall'operatore per la gestione dell'impianto.

Il pannello si suddivide in pagine. La prima pagina che appare al momento dell'accensione del quadro elettrico e dunque del PLC è la classica pagina Home:



Figura 5. 42 - Pagina Home HMI

Nella home si comunica all'operatore quello che è lo stato dell'impianto, cioè se è in automatico, manuale o semiautomatico, se è fermo o attivo e se presenta allarmi. Gli allarmi vengono suddivisi anche in zone in modo tale che l'operatore possa recarsi in loco e cercare di risolvere il problema.



Figura 5. 43 - Home con Allarmi.

Il pannello operatore comunica col PLC, andando a copiare all'interno delle variabili HMI, le variabili PLC necessarie, ed essendo PLC e HMI collegati in profinet, c'è comunicazione tra di loro.

Le spie presenti nella pagina home vengono chiamate Campo I/O grafico, che cambiano la propria conformazione in base al valore del bit da loro utilizzato.

La pagina home è così fatta:

- Intestazione pagina: è il titolo della pagina, un richiamo sempre disponibile che ci indica il soggetto di quanto visualizzato in quel momento.
- *Tasto "INFO"*: disponibile sempre nella HOME page, richiama una pagina informativa dove sono riportati i riferimenti del committente e di INCAS S.p.A., unitamente al numero di commessa del progetto e alla matricola del quadro elettrico, tutte informazioni utili al cliente e da citare in caso di richiesta d'aiuto al servizio di assistenza.



- Tasto “SINOTTICO”: disponibile solamente dalla “HOME” consente il richiamo di una serie di pagine con la schematizzazione dei diversi trasporti ed elementi mobili; se, come normalmente accade, viene richiamata nella modalità AUTOMATICA, ci consente di analizzare lo stato dei dispositivi stessi, unitamente ai sensori di controllo e la posizione degli elementi mobili. Nella modalità MANUALE permette invece la selezione dei diversi attuatori (motori, elettrovalvole, ecc.) ed il loro comando per attività manutentive e di sblocco.



- Tasto “ALLARMI” (triangolo): qualsiasi sia la schermata attiva, premendo questo tasto viene richiamato il menu ALLARMI; è importante ricordare che in presenza di allarmi, la spia di segnalazione contenuta all’interno del tasto inizia a lampeggiare.



- Tasto “DATI”: disponibile solamente dalla “HOME” consente la visualizzazione di tutti quei dati che sono responsabili del processo.



- Tasto “SETUP”: disponibile solamente dalla “HOME” consente la visualizzazione e l’eventuale alterazione dei parametri utilizzati per la gestione del processo.



Richiamando le altre pagine del pannello sarà poi facile imbattersi frequentemente in altri comandi, sempre disponibili nella barra laterale destra; vediamo ancora i più utilizzati:

- Tasto HOME: come già accennato consente di visualizzare immediatamente il menu principale.
- Tasto BACK: consente di riconquistare il precedente livello (esempio: il sistema visualizza una pagina topografica utilizzata dall’operatore per l’attivazione di alcuni comandi manuali – il tasto allarmi inizia a lampeggiare e l’operatore lo preme per riconoscere la causale – dopo averla acquisita, premendo il tasto BACK, riconquista immediatamente il topografico su cui stava operando).
- Tasti Pagina prima, Pagina dopo: vengono resi disponibili in tutti quei casi in cui, causa abbondanza degli argomenti trattati, si rende necessaria un’esposizione su più pagine appunto.

Tutti questi sono dei veri e propri pulsanti che vanno ad attivare o a disattivare pagine HMI.

La presenza di un allarme, oltre ad essere segnalata dalla colonnina luminosa di colore rosso, è anche sempre abbinata all’animazione del tasto “*Allarmi*” disponibile su una qualsiasi delle pagine progettate del pannello operatore, premendo dunque il tasto menzionato si richiama il menu degli allarmi e si va a conoscere così la natura della problematica.

N°.	Tipo di anomalia
351	GEN:A001:Assenza 24V su Quadro 19022
393	AREA1:A068:Protezione Avviatore DBC095
392	AREA1:A067:Protezione Avviatore DBC031
391	AREA1:A066:Protezione Avviatore DBC015
390	AREA1:A065:Termico QA20.11 Protezione Mot. Trifase
381	AREA1:A056:Termico QA17.11 Potenza Linea 8
380	AREA1:A055:Termico QA16.71 Potenza Linea 7
379	AREA1:A054:Termico QA16.51 Potenza Linea 6
378	AREA1:A053:Termico QA16.31 Potenza Linea 5
377	AREA1:A052:Termico QA16.11 Potenza Linea 4
376	AREA1:A051:Termico QA15.71 Potenza Linea 3
375	AREA1:A050:Termico QA15.51 Potenza Linea 2
374	AREA1:A049:Termico QA15.31 Potenza Linea 1
389	AREA1:A064:Termico QA19.11 Potenza Linea 16
388	AREA1:A063:Termico QA18.71 Potenza Linea 15
387	AREA1:A062:Termico QA18.51 Potenza Linea 14
386	AREA1:A061:Termico QA18.31 Potenza Linea 13
385	AREA1:A060:Termico QA18.11 Potenza Linea 12
384	AREA1:A059:Termico QA17.71 Potenza Linea 11
383	AREA1:A058:Termico QA17.51 Potenza Linea 10
382	AREA1:A057:Termico QA17.31 Potenza Linea 9
381	AREA1:A056:Termico QA17.11 Potenza Linea 8

*Figura 5. 44 - Menu allarmi*

Come detto in precedenza gli allarmi sono di due tipi: con ripristino automatico oppure con ripristino manuale. Tutte le segnalazioni abbinate al ripristino automatico scompaiono non appena la causale di allarme viene rimossa. Nel caso in cui si parli invece di ripristino manuale si intende indicare che l'allarme viene memorizzato per essere necessariamente visionato e riconosciuto dall'operatore: tutti i movimenti legati all'allarme in corso pertanto rimangono congelati in modo da consentire un eventuale sopralluogo e scelta comportamentale. Solamente resettando manualmente la segnalazione, il processo riprenderà il funzionamento normale; in alcuni casi è possibile che la particolare gravità dell'allarme intervenuto possa aver addirittura generato l'arresto del ciclo automatico, richiedendo in questo caso il riavvio del sistema. Per fare il ripristino manuale occorre utilizzare il tasto reset presente nella colonnina di destra.

Come spiegato nel paragrafo 5.6.6 è possibile da pannello operatore andare a gestire in manuale i motori presenti. Dalla HOME PAGE si preme il tasto "SINOTTICO" per richiamare la rappresentazione schematica dell'intero impianto. Il sinottico di impianto consente di selezionare una delle zone in cui l'impianto stesso è stato suddiviso. Premere dunque su una delle zone per approfondire ed evidenziare i singoli componenti.

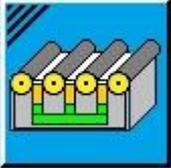
La Zona 1 è stata divisa in due parti per facilità di visualizzazione, mentre la Zona 2 in tre parti.

Dopo aver completato la scelta della zona, il pannello visualizzerà una sorta di piantina della sezione selezionata facilitando notevolmente la ricerca del dispositivo che si vuole

movimentare in manuale (nell'esempio proposto qui a fianco vediamo il topografico di una porzione della zona Z02).

Per ogni tipologia di attuatore esiste un tasto virtuale colorato riportante il nome (detto anche TAG) in base a questa tabella:

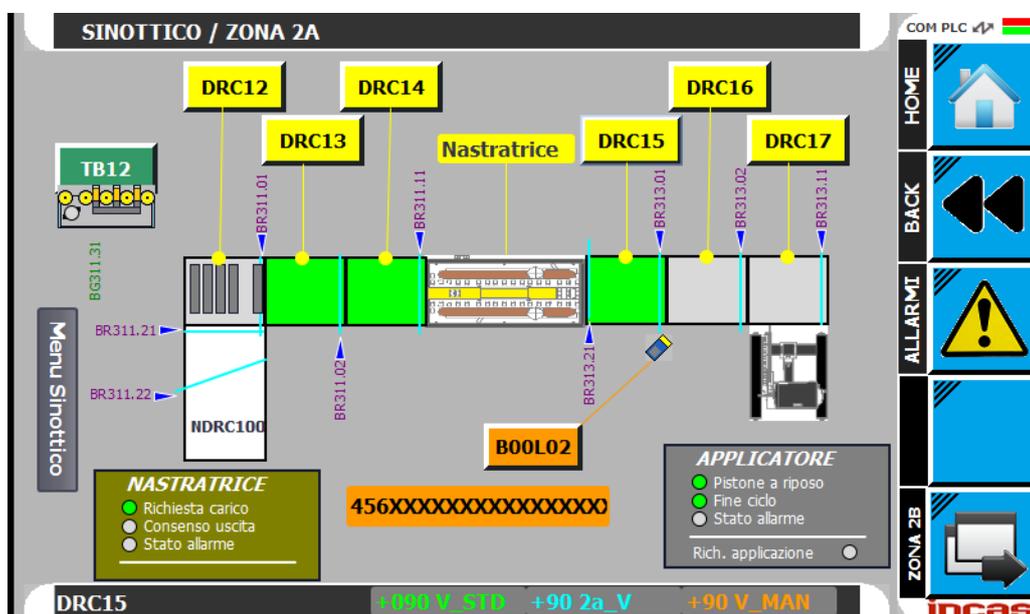
Tabella 3 - TAG Motori

TASTO	TIPOLOGIA		
	Tratto motorizzato a rulli		
	Lettore scanner di codici a barre		
	Trasferitore		
	Tasto su HMI	Icona sollevatore basso	Icona sollevatore alto
Sollevatore			
Cinghiali			

Premendo l'etichetta di uno dei dispositivi si va a puntare direttamente al motore che viene comandato premendo MARCIA se ci sono i consensi e le condizioni per partire come spiegato nel 5.6.6.

1.	<input type="radio"/>	0	SELEZIONA COMPONENTE
1.	<input type="radio"/>	1	IMPIANTO IN AUTOMATICO - comandi manuali non
1.	<input type="radio"/>	2	DRC1
1.	<input type="radio"/>	3	DRC2
1.	<input type="radio"/>	4	DRC3
1.	<input type="radio"/>	5	DRC4
1.	<input type="radio"/>	6	DRC5.1
1.	<input type="radio"/>	7	DRC5.2
1.	<input type="radio"/>	8	DRC6
		<Aggiungi>	

Figura 5. 45 - Elenco componenti zona 1a



Il cambiamento di stato dei dispositivi da OFF ad ON viene tradizionalmente segnalato con la colorazione in VERDE applicata all'area raffigurante il dispositivo stesso (caso dei trasporti motorizzati oppure i laser di decodifica barcode). Per quanto riguarda il trasporto a cinghiali l'animazione sul pannello renderà dinamici i cinghiali di color giallo quando questi saranno in movimento.

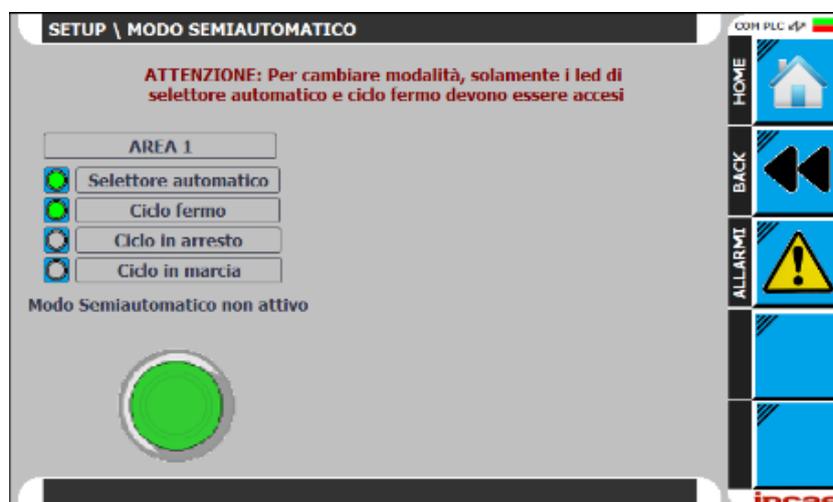
Sempre dal pannello è possibile andare a gestire la modalità operativa chiamata SEMIAUTOMATICO e disponibile unicamente sul pannello fisso posto sul quadro.

La modalità semiautomatica agevola la messa a punto dell'impianto in fase di start-up, e durante la conduzione ordinaria potrebbe rappresentare un eccellente strumento per la manutenzione del sistema. Infatti, questa modalità permette di provare tutte le funzioni principali, indipendentemente dal ciclo automatico e quindi dalle missioni schedate dal PC e dal sistema informatico. Si lavorerebbe dunque solo per fare manutenzione in maniera completamente autonoma dal LIVELLO 2. Per poter usufruire di questa funzione è necessario andare a fermare il ciclo e porre il selettore presente sul quadro, in modalità automatica. In quel caso si va nella pagina "SETUP", modo semiautomatico per richiamare la pagina di abilitazione o esclusione dalla modalità semiautomatica.



Figura 5. 46 - Pagina Setup

A questo punto è sufficiente andare ad utilizzare il tasto verde per abilitare la modalità. Il tasto in questione è collegato alla variabile PLC chiamata modalità semiautomatica tramite un inverti bit, cioè premendo si abilita e premendo un'altra volta si va a disabilitare.





Premendo poi in “*Impostazioni Stazioni Easyfield*” si aprirà un’interfaccia in cui è possibile andare a selezionare quale dev’essere il percorso del collo in tutti i punti decisionali dove il livello 2 generalmente decide l’instradamento. In questo modo si va cambiare il valore della destinazione collo in un certo stato logico su preciso DRC, così che si ha il consenso per la partenza delle sequenze interessate dalle decisioni del livello 2.

Una sezione molto interessante della programmazione HMI è quella legata alle informazioni di tipo logico che sono responsabili del processo delle aree più complesse. Nel caso in esame

I dati proposti sono:

- Informazioni statistiche
- Diagnostica multicontrol
- Pesa
- Stazioni impianto
- Riepilogo letture scanner
- Etichettatrice
- Reggiatrici
- Nastratrice



Figura 5. 47 - Pagina Dati

## INFORMAZIONI STATISTICHE

Questa sezione dell'ambiente dati è molto interessante in quanto consente di analizzare i totalizzatori produttivi dell'impianto. In linea generale possiamo identificare 2 diverse tipologie di dati: i "fiscali" sono valori non modificabili, abilitati durante la messa in servizio dell'impianto e riportanti il numero complessivo dei transiti nei diversi punti indicati; i "parziali", compaiono invece nella colonna di destra e si differenziano dai primi per la funzione di azzeramento, praticabile mediante pressione del tasto CANCELLA disponibile nella barra laterale del menu (icona a forma di cestino).

Proseguendo nell'illustrazione, segnaliamo anche i conteggi relativi alla totalizzazione delle letture fallite disponibili in tutte le stazioni; confrontando questi valori con i rispettivi transiti, è facilmente deducibile la percentuale di errate letture codice, offrendo così ottimi spunti per una manutenzione selettiva della testa di lettura (miglioramento posizione del laser o sostituzione per esaurimento/guasto).

## DIAGNOSTICA MULTICONTROL

Sul pannello operatore è disponibile una pagina che mostra alcuni dati diagnostici delle multicontrol distribuite all'interno dell'impianto.

Per prima cosa è necessario selezionare la multicontrol desiderata dal menu a tendina in alto a destra.

A questo punto il sistema si occuperà di recuperare i dati dalla card selezionata e popolare i campi previsti: velocità di rotazione dei motori, assorbimento di corrente, tensioni degli alimentatori di potenza e di logica e temperatura.

## PESA

Il trasporto denominato **DRC011** è montato su una bilancia EUROBIL elettronica il cui display comunica direttamente con il PLC che coordina tutto il sistema di movimentazione. Il richiamo di questo menu consente di verificare il buon funzionamento della pesa: compare infatti l'indicazione analogico/digitale della lettura ed i segnali di peso stabile, peso a zero e overload.



Figura 5. 48 - Pagina Pesa

## STAZIONI IMPIANTO

Il sistema ci propone un layout dove è possibile selezionare la stazione desiderata.

Con il nome di STAZIONI si intende indicare quei punti strategici del sistema in cui si consuma il colloquio tra il controllo della movimentazione (normalmente identificato come livello 1) ed il PC di supervisione (livello 2).

Il sistema ci propone nuovamente una rappresentazione sinottica dell'impianto, che questa volta consente la visualizzazione dati relativa alle STAZIONI presenti.

Dopo aver selezionato la stazione desiderata verranno visualizzate le informazioni ad essa relative.

Le informazioni visualizzate variano in base alla tipologia di stazione selezionata.

Per le stazioni Easyfield (rappresentate in giallo), i dati non possono essere modificati. In caso di necessità si può rimuovere il collo dalla stazione e resettarla utilizzando il tasto a forma di cestino.

A seconda della stazione si apre un'interfaccia diversa in base alla tipologia di stazione (decisionale o pesatura).



## **RIEPILOGO LETTURE SCANNER**

Gli scanner vengono utilizzati per identificare il codice del collo in transito e condizionare così il cammino del collo stesso in base alle impostazioni previste dal sistema informatico.

È presente una pagina di riepilogo circa i comandi di abilitazione, le ultime letture e i dati di diagnostica provenienti dagli scanner connessi direttamente al sistema di movimentazione. La colonna “TRIGGER” ripropone lo stato del comando di attivazione del lettore, mentre nella colonna “ULTIMO CODICE LETTO” compare appunto l’ultimo codice rilevato dal sistema; in caso di mancata lettura il valore viene riempito con una serie di "X".

La consultazione di questa pagina può dimostrarsi utile in caso di accertamenti sulla bontà di lettura dello scanner

## **STATO ETICHETTATRICE E REGGIATRICI**

Questa sezione consente la visualizzazione di tutti i segnali scambiati con l’etichettatrice:

- Etichettatrice in allarme
- Fine ciclo etichettatura
- Pre-fine bobina
- Pistone a riposo
- Applica etichetta
- Reset applicatore
- Stand by applicatore

Premendo il tasto 7 si apre l’interfaccia delle reggiatrici su cui è possibile andare a visualizzare lo stato della reggiatrice 1 o della reggiatrice 2.

Aperta la pagina di una delle due reggiatrici è possibile andare a vedere i segnali scambiati con le stesse reggiatrici:

Segnali scambiati dalla reggiatrice al PLC:

- Reggiatrice pronta
- Reggiatrice in automatico
- Anomalia
- Reggia quasi esaurita

Segnali scambiati dal PLC alla Reggiatrice:

- Modalità automatica
- Modalità transito
- Consenso evacuazione
- Abilitazione pressino



## NASTRATRICE

Questa sezione consente di visualizzare invece tutti i segnali scambiati con la nastratrice.

Anche in questo caso si hanno i segnali scambiati dalla Nastratrice verso il PLC:

- Anomalia nastratrice
- Nastratrice in funzione
- Richiesta carico
- Rottura/Fine Nastro

Dal PLC alla Nastratrice

- Impianto in automatico
- Esclusione rottura/fine nastro
- Consenso uscita



Sezione finale del pannello è quella legata ai “*SETUP*”. In questa sezione del pannello è possibile andare a modificare alcune caratteristiche di funzionamento dell’intero impianto e del pannello stesso. I possibili tasti che si possono premere sono:

- Velocità motori
- Regolazione display del pannello
- Tempi e parametri
- Setup pannello
- Modo semiautomatico
- Modo manuale
- Sorveglianza mancate letture



Figura 5. 49 - Pagina *SETUP*

## VELOCITÀ MOTORI

Una volta premuto il tasto 1 dell'Elenco Setup, viene visualizzata una schermata per la scelta della zona a cui appartiene il dispositivo del quale si vuole visualizzare/modificare la velocità.

Una volta selezionata la zona, basterà selezionare il motore dal menu a tendina.

In alto (sfondo verde) verranno visualizzate le impostazioni attualmente in uso.

In basso, nelle caselle dedicate ai setup (sfondo bianco) si possono modificare queste impostazioni.

Per rendere effettive le modifiche bisognerà premere sulla freccia corrispondente.

Le quattro colonne rappresentano:

- V. STD [Velocità standard]: è la velocità di default di rotazione dei rulli durante il ciclo automatico;
- 2a V. [Seconda velocità]: è la seconda velocità prevista per ogni tratto (generalmente si tratta di una velocità più lenta);
- V. MAN. [Velocità manuale]: è la velocità con cui gireranno i rulli in modalità manuale;
- INV. [Inversione]: permette di invertire il senso di rotazione del motore.

I valori inseriti nella tabella sono over ride (espressi in percentuale) della velocità massima raggiungibile da quel determinato motore. Qui viene dunque caricata sul PLC quella che deve essere la velocità dei motori dell'impianto. La selezione avviene tramite l'utilizzo di variabili chiamate "*MULTIPLEX*" queste variabili permettono di andare a puntare ad un certo DB presente nel PLC. Nel caso della velocità motori questo va a puntare al DB dove sono presenti i vari motori e poi tramite la selezione di un motore piuttosto che un altro si va a selezionare un certo ID che dunque è univoco per i motori.

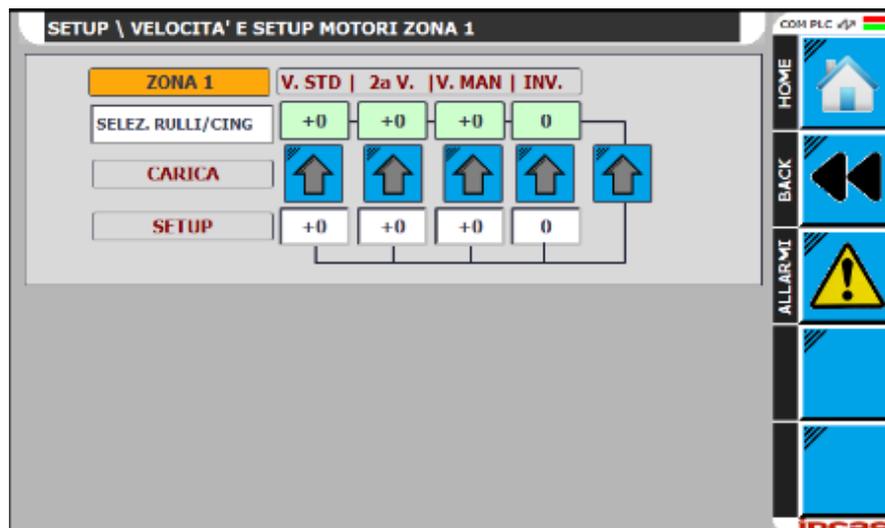


Figura 5. 50 - Parametri velocità motori

L'ingresso in questa pagina è possibile solo grazie all'inserimento di una password, questo per evitare che vengano modificati in maniera inconsapevole dal personale non autorizzato. Insieme al tasto della velocità motori gli altri tasti che presentano password sono: tempi e parametri, setup pannello e infine modo semiautomatico.

## REGOLAZIONE DISPLAY DEL PANNELLO

Nella pagina “*Regolazione display pannello*” è possibile regolare la luminosità del pannello tramite i tasti + e -.

## TEMPI & PARAMETRI

Alcuni tempi e parametri critici del sistema responsabili del processo dinamico sono stati messi a disposizione dell'utente, per operare azioni di “tuning” che si dovessero rendere necessarie durante il servizio dell'impianto.

I vari parametri sono stati suddivisi in 3 macrocategorie:

- Parametri sequenze;
- Parametri accumuli;
- Parametri trasporti.

La pagina “Parametri sequenza” mostra tutti i setup che riguardano le sequenze di trasferimento. È possibile andare a cambiare i tempi delle sequenze come tutti i timeout per gli allarmi e se sono presenti dei filtri. Molto importanti sono i parametri legati al Ritardo

per saldo a tempo che va inserito dove necessario e l'abilitazione del tracking dati e destinazione.



Figura 5. 51 - Sequenze

La pagina “Parametri accumuli” mostra tutti i setup che riguardano i tratti ad accumulo senza contatto.

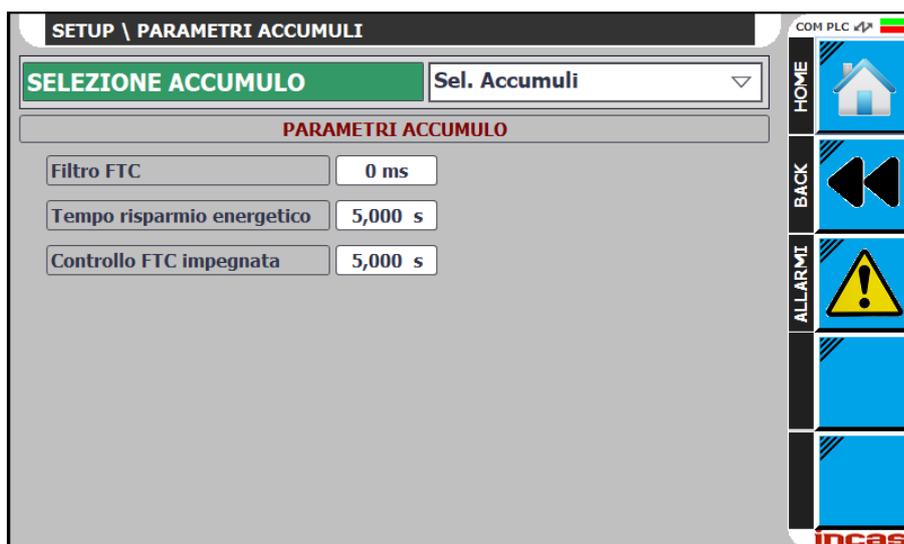


Figura 5. 52 - Accumuli

La pagina “Parametri trasporti” mostra tutti i setup che riguardano tratti di puro trasferimento (es: tappeti).

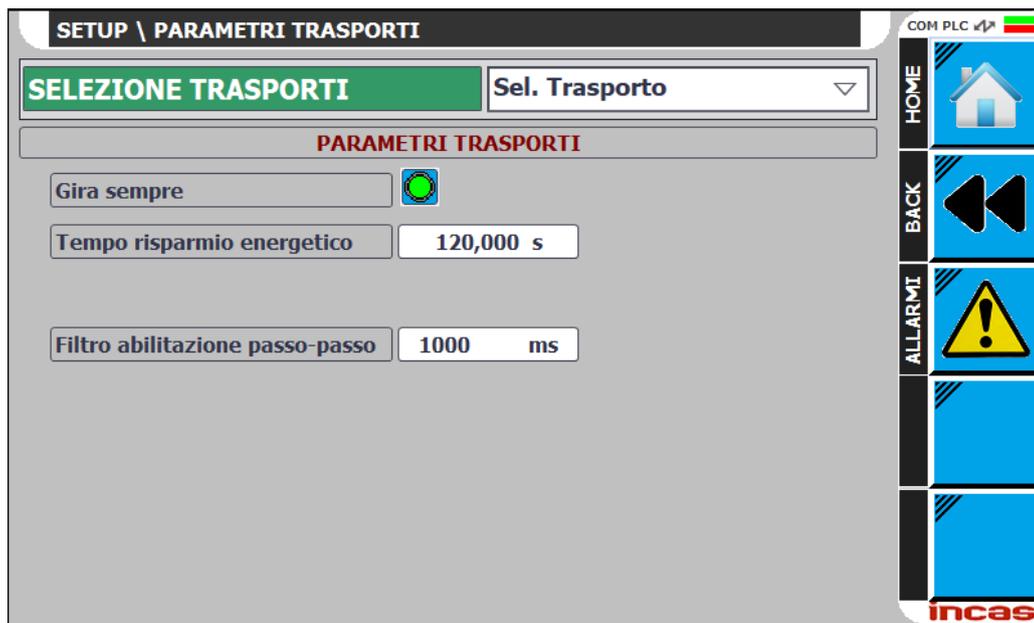


Figura 5. 53 - Trasporti

Anche in questo caso vengono utilizzate le variabili multiplex.

## SETUP PANNELLO

Tramite Setup pannello è possibile andare ad interrompere il collegamento tra HMI e PLC per andare a visualizzare le impostazioni avanzate del pannello stesso.

## MODO SEMIAUTOMATICO

Una volta entrati nella schermata di selezione del Modo Semiautomatico, è sufficiente utilizzare il tasto verde per abilitare o disabilitare la modalità semiautomatica.

Se il ciclo è attivo oppure se il selettore non è posto su AUTOMATICO, la selezione della modalità semiautomatica non sarà possibile.

L'abilitazione della modalità semiautomatica è soggetta all'inserimento di una password per evitare che venga attivata in maniera accidentale.

## MODO MANUALE

L'utilizzo delle pagine sinottiche così come descritto al paragrafo "2.4 Pannello operatore; modalità manuale", è stato concepito per agevolare le attività manutentive, offrendo la

possibilità di movimentare ogni singolo dispositivo ed elemento dell'automazione (tratti motorizzati, trasferitori, consensi e quant'altro).

Questa funzionalità può essere arricchita accedendo alle opzioni proposte in questo menu; sono state infatti previste 3 diverse modalità:

**MODO NORMALE:** è l'utilizzo classico nell'ambito del quale premendo il pulsante verde "MARCIA LINEA" il dispositivo viene alimentato (tratto in marcia, salita trasferitore, ecc.) mentre agendo sul pulsante rosso "ARRESTO LINEA" si ottiene la disattivazione dello stesso.

**MODO STRESS:** l'approccio è il medesimo appena documentato ma l'effetto ottenuto conduce ad un'attivazione intermittente (per 2 secondi il dispositivo è fermo e per 2 secondi viene alimentato). Tra le principali utilità legate a questa modalità segnaliamo la facilitazione offerta nell'attività di sincronismo dei movimenti.

**MODO STOP MODE:** quest'ultima opzione è stata implementata solamente su alcuni movimenti, ed in particolare sui trasporti interessati da un arresto dei colli a bordo. Selezionando lo "STOP MODE" e attivando il movimento dei tratti secondo la procedura standard, si ottiene il movimento degli stessi ma, solo se la fotocellula di bordo risulta libera; in sintesi è possibile posare un collo sul tratto in movimento e simulare gli spazi di arresto legati al riconoscimento del collo operato dal fotosensore. In questo modo, sia in fase di installazione, sia in fase di manutenzione, si offre l'opportunità di regolare ed individuare le posizioni ottimali delle fotocellule posizionate tipicamente alla fine dei tratti di questo tipo.

### **SORVEGLIANZA MANCATE LETTURE**

Entrati nella schermata di mancate letture è possibile andare a definire per ogni laser presente nell'impianto quale dev'essere la soglia di mancate letture prima di generare un warning legato alle troppe letture mancate.

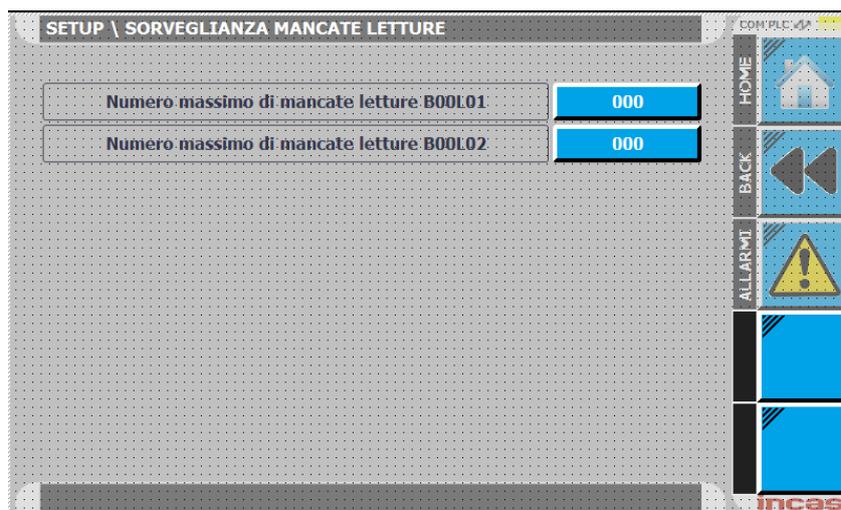


Figura 5. 54 - Mancate letture LASER

### 5.8. Messa in servizio

La messa in servizio è iniziata dopo aver concluso e aver simulato, in ufficio, il funzionamento della linea.

L'arrivo in impianto è stato previsto dopo che il "Livello 0" avesse finito il montaggio meccanico della linea e il cablaggio in loco.

Con l'arrivo in cantiere è prevista una procedura standard che deve essere rispettata, per lavorare nella giusta maniera.

La procedura è la seguente:

- Indossare i DPI richiesti;
- Far liberare l'area di lavoro in modo da poter attivare i dispositivi liberamente senza rischio di caduta o urti;
- Allestire il materiale necessario per il lavoro;
- Verificare di avere l'attrezzatura necessaria;
- Nel caso di presenza di dispositivi in quota, verificare la presenza della piattaforma;
- Riportare tutte le segnalazioni su un file di report;
- Verifica tensioni interno quadro;
- Trasferimento progetto PLC;
- Trasferimento progetto HMI;

- Verificare per ogni rete di campo presente che i dispositivi siano configurati correttamente;
- Verificare che la funzione di sicurezza attivata generi la relativa segnalazione su HMI;
- Verificare il ripristino della funzione di sicurezza secondo le procedure richieste;
- Verificare che lo sgancio del dispositivo dalla relativa rete generi il relativo allarme di mancanza di comunicazione
- In presenza di impianto pneumatico, verificare il giusto funzionamento del pressostato;
- Verificare il funzionamento dei fusibili elettronici;
- Verificare lo scatto termico dei motori 400 VAC;
- Anomalie motorulli 24 VDC;
- Dotarsi di colli campione del cliente;
- Utilizzare il pannello per i comandi manuali verificandone il corretto funzionamento;
- Verificare che i comandi lavorino con le sicurezze fisico logiche richieste;
- Dotarsi dei barcode definitivi e posizzarli correttamente sulle UDC campione;
- Posizionare i lettori nel verso del trasporto a valle in modo da leggere solo il barcode dell'UDC in transito;
- Usare i colli campione con barcode
- Test reset sequenze;
- Test ciclo semiautomatico;
- Test ciclo automatico in simulazione LIVELLO 2;
- Test reset stazioni livello 2;
- Test ciclo automatico massivo.

All'arrivo in cantiere, indossati i DPI richiesti, è stata allestita l'attrezzatura. Dopo di che il software PLC è stato caricato come anche il programma dell'HMI.

È stato controllato il giusto funzionamento dei funghi di emergenza presenti sulla linea. Questi infatti una volta premuti mandavano in arresto forzato l'intera linea ed è stata fatta la procedura di ripristino della linea. Dopo di che è stata fatta una verifica del collegamento con i dispositivi di campo quali, le 9 multicontrol, i due scanner, e infine la pesa. A campione è stato sganciato un motore da ogni multicontrol, per verificare che il mancato collegamento

producesse la segnalazione di anomalia sul pannello posto sul quadro. Una volta verificate le anomalie che si dovevano generare e effettuate le procedure di ripristino della linea si è passato alla verifica dei comandi manuali.

Sono stati azionati, da pannello, tutti i motorulli presenti sulla linea.

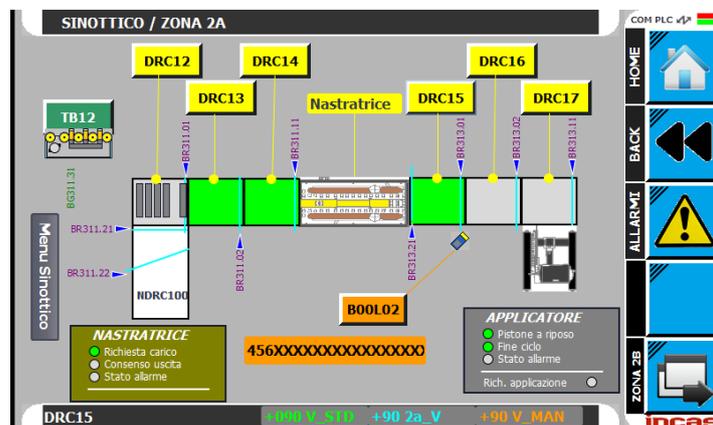


Figura 5.55 - Comandi manuali

Dall'azionamento è stata verificata la velocità dei motorulli e di alcuni è stato cambiato il verso della velocità, dalla pagina setup "Velocità motori" del pannello.

Azionando poi il sollevamento e il moto dei cinghiali è stato osservato il funzionamento dell'impianto pneumatico e l'azionamento dei motori trifase presenti in linea.

Quando sono stati azionati i motorulli, è stato controllato il montaggio dei motorulli in quanto è stato notato che alcuni di questi assorbivano troppa corrente, girando a vuoto essi assorbivano intorno ai 2,2 A. Il limite a pieno carico è di 2 A. Per ovviare a questo problema è stato rivisto il montaggio meccanico dei motorulli ed è stato evidenziato che essi producevano tanto attrito causato dallo strisciare delle cinghie sui rulli.

In un primo momento tramite l'abilitazione del "Modo Semiautomatico" sono state fatte delle prove riguardo il solo funzionamento dei rulli con il rispetto delle logiche fisico logiche. Questo perché non erano ancora state abilitate le macchine presenti sulla linea quali la nastratrice e le due reggiatrici. Solo con l'abilitazione delle macchine dell'impianto è stato possibile far muovere il collo in tutti i punti della linea.

Naturalmente la prima movimentazione del collo è avvenuta in regime di semiautomatico, una volta terminata la procedura e terminata la verifica del funzionamento delle macchine si

è passato alla simulazione del livello 2 in automatico, facendo andare i colli in scarto o in nastratrice nella prima stazione, e lo stesso nella seconda stazione.

Prima di procedere con le simulazioni del modo automatico sono stati configurati al meglio i laser Sick presenti lungo la linea per rendere il più ottimale possibile la lettura. Questi scanner hanno un angolo di lettura interno e dunque se vengono posti in modo che il fascio dello scanner sia perpendicolare al barcode, non riescono a scannerizzare il codice e dunque devono essere posizionati in modo tale che ci sia un angolo di lettura, e sono stati posizionati in modo che la lettura possa avvenire solo quando i colli stanno per arrivare nelle due stazioni, in quanto in un primo momento erano posizionati in modo tale che la lettura avvenisse anche se il collo si bloccava a monte della prima stazione ed a monte della seconda. Questo poteva presentare un errore nella gestione dei colli, con disordini e problemi di comunicazione con il livello 2 nel momento in cui ci fossero state delle anomalie durante la movimentazione dei colli in impianto.

Finita la simulazione, si è passati alla vera comunicazione con il livello 2, in cui sono state fatte diverse prove, tra cui anche le prove di lettura del laser e di comunicazione del barcode presente sui colli. Una volta verificata la comunicazione con il livello 2, si è passati alle impostazioni dell'applicatore presente in linea e alla verifica della stampa, in modo tale che le reggiatrici non andassero a reggiare il collo sul barcode presente in etichetta, necessario per la successiva spedizione del collo da parte del cliente finale.

Infine, è stata controllata la cadenza dell'impianto facendo un ciclo automatico a pieno carico ed è stato visto il tempo impiegato dall'impianto a smaltire il tutto.

Nel complesso la messa in servizio è stata della durata di 7 giorni.





*Figura 5. 56 - Movimentazione collo lungo la linea*

### 5.9. Problematiche durante la messa in servizio

Diverse sono le problematiche riscontrate durante la messa in servizio.

I primi problemi riscontrati sono gli elevati assorbimenti da parte delle multicontrol quando azionano i motorulli, questi problemi sono stati riscontrati sul motore DRC3 e DRC4 della prima multicontrol e sulla multicontrol 5.

Nel tratto di trasferimento dove è presente il TB21 è sorto il problema che i colli dopo il trasferimento si giravano a causa del fatto che i rulli del DRC22 e i cinghiali del trasferitore TB21 non erano in bolla.

Un altro problema è stato quello legato agli IP dei dispositivi di campo, in quanto il solito IP utilizzato da Incas per le linee cioè 172.31.10.254 era già in uso da parte del cliente e dunque si è optato per un nuovo IP 10.31.10.254. Questo fa sì che a tutti i dispositivi di campo debba essere cambiato l'IP (dove prima c'era 172 si inserisce 10).

Una delle problematiche maggiori presentata durante la messa in servizio è stata quella legata al bypass della Nastratrice.

Per la nastratrice è possibile dare quattro tipologie di setup:

- Nastratura superiore e inferiore;
- Nastratura superiore;
- Nastratura inferiore;
- Passaggio scatola.

Impostando il bypass della nastratrice o nastratura inferiore, e inserendo in linea il collo più alto da 640mm, la scatola tocca la parte gommata del castello superiore della nastratrice, toccando così anche il nastro adesivo che viene tirato dal moto della scatola, questo comporta un'anomalia, in quanto la nastratrice è impostata in un setup di bypass o di nastratura inferiore. Non essendo riconosciuta la nastratura superiore, il castello superiore non scende e dunque il nastro non viene tagliato. Questo perché il castello della nastratrice pur essendo in bypass non riesce a salire di più e dunque non permette il passaggio della scatola più alta.

Il problema si risolve tagliando manualmente l'adesivo e liberando tutta la parte finale della nastratrice, si resetta l'allarme generato e si riarma la nastratrice.

Altro problema riscontrato è quello legato allo Scalance S615, dispositivo utilizzato per la teleassistenza e per connettersi da remoto al PLC presente in Pollini. Quando è stato montato in quadro esso presentava una segnalazione di allarme, dopo alcuni settaggi la connessione risultava stabile ma l'allarme era ancora presente. Solo dopo alcune modifiche al firewall del sistema si è riusciti a togliere la segnalazione di allarme e ad effettuare la connessione da remoto.

Uno dei problemi più significativi è stato quello della gestione dei segnali di scambio con le reggiatrici.

I punti aperti erano i seguenti:

Reggiatrice>PLC

Stand by wake up route: la macchina dopo un certo tempo va in stand by e bisogna risvegliarla per renderla funzionante.

Group in automatic: non viene utilizzato

Error signal: è un segnale di anomalia generica che ci viene dato dalla reggiatrice

PLC>REGGIATRICE

Automatic is on from external: alzando questo bit la macchina si imposta in Group in automatic segnale non utilizzato. Dunque per impostare la macchina in automatico è necessario, all'accensione del quadro, premere il tasto verde lampeggiante sulle macchine.

Operating mode bypass from external: alzando questa uscita le reggiatrici vengono impostate in bypass

Double strapping from external: vengono fatte due reggiate

Single strapping from external: viene fatta una sola reggiata.

Questi tre ultimi bit sono stati impostati in modo che se uno dei tre viene portato ad 1, automaticamente le altre uscite cadono.

Packet registration: alzando questo bit si risveglia la macchina dallo stand by.

Infine si è notato che la reggiatrice, reggia quando il collo arriva in battuta sulla sponda sinistra della stessa, dunque a monte della prima reggiatrice si è risolto il problema inserendo un pareggiatore che porta il collo in battuta sulla sponda, mentre a monte della seconda reggiatrice si è deciso di allungare il saldo a tempo sul trasferitore, facendo arrivare il collo in battuta e non centrandolo successivamente.

Alcune fotocellule sono state spostate per rendere più funzionale l'impianto come è successo per la fotocellula BR 321.22 della baia finale, perché se la linea non fosse stata completamente piena sarebbe potuto accadere che un collo andava ad intercettare contemporaneamente la fotocellula di presenza sul DRC25 e la fotocellula di baia satura, e dunque questo andava a bloccare il ciclo finale di arrivo sulla baia NDRC101.

Uno degli ultimi problemi presentato in linea è stato quello legato alle impostazioni dell'applicatore presente nell'impianto, in quanto, quando il collo giungeva sulla stazione decisione ST 02, si arrestava troppo avanti non consentendo all'applicatore di applicare l'etichetta nel modo corretto, in quanto sulla scatola di dimensioni minori, l'etichetta finiva al di fuori della stessa scatola. Altro problema legato all'etichettatore è stato quello legato alla posizione della stampa sull'etichetta in quanto si è notato che parte della stampa finiva al di fuori dell'etichetta stessa (stampava alla sinistra dell'etichetta) e dunque si è deciso di spostare la stampa più al centro.

## 6. Conclusioni

Il lavoro di tesi è stato centrato sull'analisi del settore della logistica integrata attraverso l'applicazione dei principi teorici e del know-how aziendale di Incas SpA ad un caso reale di progettazione richiesto su commessa.

Nel lavoro di tesi è stata posta maggiore attenzione alle scelte legate al mondo del PLC, ponendo luce sulla scelta della CPU, in grado di soddisfare le richieste del cliente, sulla programmazione del PLC e sulla scelta e la programmazione del pannello HMI.

In questa tesi sono state espone le soluzioni tecnologiche utilizzate nella progettazione approfondendo il funzionamento meccanico ed elettrico dei dispositivi utilizzati e i principi del material handling che sono a monte della progettazione di un impianto di questo genere.

In base ai vincoli spaziali e di produttività è stata effettuata la progettazione dettagliata del layout e del dimensionamento dei dispositivi della linea.

Il fine del progetto è stato quello di creare un impianto chiavi in mano per:

- Preparazione ordini;
- Chiusura e imballaggio delle unità di carico;
- Applicazione etichette.

In base alle caratteristiche della linea, dettate dai vincoli geometrici dello stabilimento, è stato utilizzato un trasferitore per fare in modo di trasferire i colli nell'angolo della linea. Altri vincoli strutturali sono stati quelli di rendere, la linea comoda per l'operatore quando deve essere preparato il collo che poi deve essere inserito nell'impianto. Questo vincolo ha fatto sì che venissero utilizzati due tappeti DBC 7 e DBC 8, per aumentare l'altezza della linea per permettere al collo di entrare in nastratrice, dato che l'altezza della nastratrice è vincolata dall'altezza della sua carcassa.

In base alle richieste del cliente sulla movimentazione colli è stata effettuata la progettazione PLC e la scelta della CPU e del pannello operatore. Partendo dalle caratteristiche di peso dei colli e dalle caratteristiche dei barcode, tramite il livello 2, vengono gestiti i colli che devono

## Conclusioni

essere imballati e ai quali deve essere applicata l'etichetta o quelli che devono essere scartati e non devono arrivare ed essere imballati.

È stato anche gestito il caso in cui non deve essere applicata nessuna etichetta e dunque non ci deve essere comunicazione con il livello 2 ma il collo dev'essere imballato, questa tipologia di movimentazione è stata chiamata "*Transito colli già etichettati*".

In base alle richieste del cliente legate all'imballaggio è stata fatta la scelta di utilizzare una certa tipologia di nastratrice e di reggiatrici.

La correttezza delle scelte progettuali è stata verificata analizzando in loco la produttività della linea, che rispetta i limiti imposti dal cliente e garantisce tutti i parametri di sicurezza richiesti.

Ogni scelta progettuale è stata effettuata con l'obiettivo di minimizzare il rapporto costo beneficio e minimizzare i tempi di installazione, per rispettare i vincoli economici e temporali imposti dal cliente.

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutti coloro che hanno reso possibile la realizzazione di questo progetto e che mi hanno seguito dalla nascita del progetto fino alla conclusione.

Ringrazio prima di tutto la Incas S.p.A., il direttore generale R.Perona, l' HR specialist A.Corbo, per l'opportunità che mi è stata data, con un percorso partito dal tirocinio curricolare fino alla stesura di questo lavoro di tesi e che sta continuando con una grande esperienza all'interno dell'azienda.

Ringrazio L.Florio nella figura di Team Leader del gruppo di Sviluppo Software PLC, per la sua grande disponibilità, l'attenzione e la grande fiducia riposta nei miei confronti, fondamentale per andare a sviluppare al meglio questo lavoro.

Ringrazio C.Manna per la pazienza mostrata durante tutto il percorso di formazione e per tutto quello che ho imparato grazie a lei. Farò tesoro di tutti i segreti che mi hai svelato durante la formazione.

Ringrazio il Prof. Vladimir Viktorov, per la disponibilità e per avermi supportato e appoggiato nel progetto di tesi.

Ringrazio tutti i colleghi di Incas S.p.A. per il grande calore mostratomi. Ringrazio in particolar modo tutto il reparto di Sviluppo Software PLC per la serenità che mi avete dato, è quello cercavo per la mia prima esperienza lavorativa. Siete davvero un grande gruppo.

Ringrazio il mio papà, ovunque tu sia, sono riuscito a realizzare uno dei tuoi più grandi sogni, quello di vedere un giorno tuo figlio realizzarsi e riuscire ad esaudire quello che era il suo più grande sogno. Anche con la tua assenza, sei riuscito a darmi la forza necessaria per procedere e superare ogni ostacolo in cui mi sono imbattuto. Spero che tu mi stia osservando e che tu sia orgoglioso di tuo figlio.

Ringrazio mia mamma, per avermi supportato e sopportato durante tutto il mio percorso. Siamo riusciti insieme, io e te, a raggiungere un altro obiettivo. Spero, di darti tante altre gioie come questa nella vita, te le meriti. Insieme ce la faremo. Sorridi.

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio Sissi, per avermi aiutato a rialzarmi dopo le mie cadute durante percorso fatto di insidie, senza di te non ce l'avrei mai fatta. Abbiamo gioito, pianto e ci siamo sfogati insieme su ogni piccolo o grande ostacolo incontrato. Ho sempre contato su di te, ci sei sempre stata e so per certo che ci sarai. La nostra vita insieme inizia adesso.

Ringrazio i miei nonni e tutta la mia famiglia, per tutto il calore, l'amore e l'orgoglio che mi hanno mostrato. Grazie.

Ringrazio Giuseppe, Sabino e Francesco, perché durante l'ultimo periodo di questo lungo percorso, siamo stati in grado di creare un grande rapporto e di darci forza e coraggio durante i momenti di nostalgia, sono sicuro che non ci perderemo mai e che potrò contare per sempre su di voi.

Ringrazio Orlando, Alessandro e Alberto, da anni ormai vi reputo i miei Amici, con la A maiuscola, quelli che ci sono stati, ci sono e ci saranno. Ovunque ci porterà la vita, so per certo che voi siete un porto sicuro dove potrò attraccare in caso di necessita.

Ringrazio, infine, anche chi in minima parte è stato protagonista durante questo mio percorso di laurea.

## Bibliografia

Cosco, V., 2018. *Tesi di Laurea*. s.l.:s.n.

Datalogic, s.d. <https://www.datalogic.com/>. [Online].

Ferraresi Carlo, R. T., s.d. *Meccanica Applicata*. Torino: CLUT.

Franco Caron, R. W. G. M., 1995. *Material Handling e simulazione*. Milano: CUSL.

Incas, 2019. <https://www.incasgroup.com/>. [Online].

Interroll, s.d. <https://www.interroll.com/it/>. [Online].

Sick, s.d. <https://www.sick.com/it/it/>. [Online].

V. Viktorov, F. C., 2016. *Automazione dei sistemi meccanici*. Torino: CLUT.