

POLITECNICO DI TORINO

Anno accademico 2020/2021

Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica – Automazione



**Politecnico
di Torino**

Tesi di Laurea Magistrale

**Sviluppo Software PLC per la movimentazione automatica
di bancali per CEMB S.p.A.**

Relatore:

Prof. Federico Colombo

Candidato:

Daniele Aparo

Sommario

INTRODUZIONE	6
1. INCAS S.p.A.....	7
1.1 Storia dell'azienda	7
1.2 Competenze	8
1.3 Organizzazione aziendale.....	9
1.4 La progettazione	12
1.5 Performance aziendale	15
2. IL MATERIAL HANDLING	17
2.1 Generalità.....	17
2.2 Principi del <i>material handling</i>	18
2.3 Unità di carico: generalità.....	21
2.4 Tipi di imballo: generalità	22
3. COMPONENTISTICA MECCANICA E STRUMENTI DI CONTROLLO	23
3.1 Generalità	23
3.2 Convogliatori.....	23
3.2.1 Convogliatori a rulli	24
3.2.2 Convogliatori a nastro	26
3.3 Sistemi di deviazione	27
3.3.1 Curve	28
3.3.2 Trasferitori a cinghia	28
3.3.3 <i>High Performance Divert (HPD)</i>	29
3.4 Sistemi di controllo	30
3.4.1 Lettori scanner per barcode	30
3.4.2 Lettori di <i>QR-code</i>	31
3.4.3 Sistemi di decodifica <i>RFID</i>	31
3.4.4 Sistemi di pesatura	31

3.4.5 Sensori fotoelettrici	32
3.4.6 Barriere di emergenza fotoelettriche	33
4. IL PLC	34
4.1 Generalità.....	34
4.2 Cenni storici.....	34
4.3 Struttura Hardware	35
4.4 Principi di funzionamento	36
4.5 Principi di programmazione	38
4.6 Comunicazione e protocolli.....	38
4.7 Gestione software del <i>material handling</i> secondo Incas S.p.A.	39
4.7.1 Sequenze.....	39
4.7.2 Accumuli	41
4.7.3 Semaforizzazioni	42
4.7.4 Logica combinatoria.....	42
4.8 Standard di programmazione PLC e funzioni di libreria.....	42
5. SVILUPPO SOFTWARE PLC/HMI: CEMB S.p.A.	45
5.1 Introduzione	45
5.2 Finalità dell'impianto	45
5.3 Suddivisione Impianto.....	46
5.4 Dati riepilogativi generali.....	47
5.4.1 Area 1 – Zona 1 – Piano 1	47
5.4.2 Area 2 – Zona 2 – Elevatore.....	48
5.4.3 Area 3 – Zona 3 – Piano 0.....	50
5.5 Procedure, sicurezze e accessi.....	51
5.5.1 Carico e scarico bancali al piano 1	51
5.5.2 Carico e scarico bancali al piano 0.....	52
5.5.3 Barriere muting	52
5.5.4 Barra anticaduta.....	53

5.5.5 Accesso porta zona elevatore	53
5.6 Configurazione Hardware	54
5.7 Comandi	55
5.7.1 Quadro 19016.....	55
5.7.2 Cassetta S1.1	57
5.7.3 Cassetta P1A	58
5.8 Software PLC	61
5.8.1 Configurazione dispositivi Profinet	61
5.8.2 Safety.....	66
5.8.3 Allarmi	70
5.8.4 HMI	73
5.8.5 Start-Stop Linea.....	76
5.8.6 Logiche Generali	78
5.8.7 Logiche Automatiche	86
5.8.8 Comandi Uscite	91
5.8.9 Livello 2	96
5.8.10 Dati	96
5.8.11 Librerie – V2_5	97
5.8.12 Simulazione.....	97
5.9 Software HMI.....	98
5.9.1 Organizzazione della navigazione ed elementi comuni	98
5.9.2 HOME PAGE.....	99
5.9.3 ALLARMI.....	102
5.9.4 SINOTTICO.....	103
5.9.5 DATI	107
5.9.6 SETUP.....	108
5.10 Messa in servizio dell'impianto	112
6 CONCLUSIONI.....	117

6.1 Possibili sviluppi futuri	117
RINGRAZIAMENTI	119
Bibliografia.....	120

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni il mondo dell'industria sta vivendo una rinnovata fase di sviluppo, denominata *Industry 4.0*, una tendenza dell'automazione industriale che integra nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti [1]. Fondamentale è il concetto di *Smart Factory*, una nuova idea di azienda in cui tutti i livelli sono interconnessi tramite rete informatica, così da ottenere un unico canale che unisce produzione, logistica, raccolta dati e tutti gli aspetti della gestione aziendale. Da qui nasce l'esigenza di sviluppare l'*intralogistica*, ovvero la gestione dei flussi logistici di merci e materiali all'interno di un'azienda, attraverso l'utilizzo di sistemi di movimentazione automatica, magazzini, software gestionali: queste sono le caratteristiche della *Supply Chain Automation*, settore in cui opera Incas S.p.A. [2], azienda avente sede in Vigliano Biellese (BI) con cui ho collaborato per la stesura di questa tesi.

La trattazione è focalizzata su un impianto di movimentazione bancali realizzato da Incas S.p.A per Cemb S.p.A [3], di cui ho gestito la realizzazione del software PLC di controllo. Nei capitoli a seguire verranno dunque trattati i seguenti argomenti:

- Capitolo 1: viene introdotta Incas S.p.A., accennando alla storia dell'azienda, alle competenze acquisite in ambito *Supply Chain Automation*, alle modalità di progettazione e realizzazione degli impianti, nonché all'organizzazione aziendale e alle performance;
- Capitolo 2: cenni sul *Material Handling*, sui principi della movimentazione automatica, generalità sulle unità di carico e le tipologie di imballo;
- Capitolo 3: descrizione delle principali tecnologie hardware utilizzate per la movimentazione di materiali e il controllo dei flussi logistici;
- Capitolo 4: descrizione della struttura hardware e del funzionamento del PLC, nonché della gestione software per il *Material Handling* secondo gli standard aziendali di Incas S.p.A.;
- Capitolo 5: corpo centrale di questa trattazione, esposizione del software PLC e HMI da me sviluppato per la gestione dell'impianto di movimentazione bancali realizzato da Incas S.p.A. per Cemb S.p.A.;
- Capitolo 6: conclusioni e possibili sviluppi futuri.

1. INCAS S.p.A.

1.1 Storia dell'azienda

Incas S.p.A. [2] nasce a Biella nel 1981, per produrre sistemi di pesatura ed etichettatura automatica. Il Gruppo comincia a crescere nel 1983 con lo sviluppo di impianti di monitoraggio della produzione e nel 1985 introduce nel mercato le prime linee di movimentazione interna. Nel 1986



Figura 1. 1 - Logo aziendale Incas S.p.A. [2]

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, sviluppato su base PC. Dato lo sviluppo crescente del settore tessile e manifatturiero nel territorio biellese, nel 1991 viene brevettato un sensore di presenza filo, mediante cui è possibile realizzare impianti di controllo capaci di monitorare la produzione, la rottura e la qualità dello scorrimento del filo. Verso la fine degli anni '90 viene aperta la filiale Incas Bologna, specializzata nella gestione e nel monitoraggio delle spedizioni. In seguito all'avvento degli anni 2000, viene costituita Incas Spagna, avente il principale ruolo di supporto manutentivo focalizzato al mercato iberico. Negli anni successivi, grazie all'impegno in ricerca e sviluppo, il gruppo continua a crescere costantemente, arrivando ad essere nel 2008 uno dei punti di riferimento nel settore della *Supply Chain Automation*. Nel 2012 l'azienda è in grado di realizzare impianti completi per l'evasione degli ordini, di gestirne la logistica produttiva e di installare magazzini automatici. Il processo di innovazione procede costantemente negli anni successivi, attraverso l'introduzione di dispositivi sempre più all'avanguardia e interfacce *user-friendly*, nel pieno rispetto dei canoni dettati dall'avvento, nel 2013, della quarta rivoluzione industriale, *Industry 4.0*.

Esperienza, innovazione ed affidabilità hanno fatto sì che Incas S.p.A. venisse scelta nel 2016 dal Gruppo FCA, oggi STELLANTIS [4], per la fornitura di impianti di asservimento dei componenti nelle aree di montaggio. Nel 2017 inizia la progettazione di impianti di movimentazione automatica in cui vengono impiegati sistemi AGV (*Automated Guided Vehicle*).

Nel giugno 2018 Incas S.p.a. entra a far parte del Gruppo SSI-Schäfer [5], azienda tedesca leader mondiale nella fornitura di prodotti e soluzioni per l'intralogistica, e prende vita la

terza filiale sul territorio italiano, Incas Parma. Ciò ha permesso all'Azienda di aumentare la flessibilità operativa grazie all'utilizzo della tecnologia dei sistemi Schäfer abbinata al *Know-how* Incas maturato con l'esperienza sul territorio italiano e internazionale.

1.2 Competenze

Lavorando da più di 35 anni nel settore dell'automazione applicata alla *Supply Chain*, l'azienda ha ottimizzato e velocizzato i propri dispositivi di movimentazione automatica e magazzini. È stato sviluppato un metodo che permette ad Incas di realizzare soluzioni affidabili e performanti, sulla base delle specifiche richieste di ogni singolo cliente, offrendo dunque un prodotto *customizzato* e monitorato nel tempo, grazie anche ad un efficiente servizio di assistenza post-vendita.

La progettazione dei sistemi integrati riguarda i seguenti aspetti:

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

La gestione coordinata delle sopra citate attività permette l'interazione tra sistemi eterogenei, tramite una nuova struttura funzionale che permette la realizzazione di soluzioni rispondenti alle specifiche esigenze del cliente.

I canoni dettati dagli standard di *Industry 4.0* impongono la necessità di rendere le nuove tecnologie automatizzate capaci di interagire con una logica *cyberfisica*. Nasce dunque la necessità da parte delle aziende di utilizzare sistemi flessibili e personalizzati, in grado di monitorare in modo opportuno la variabilità della produzione [6].

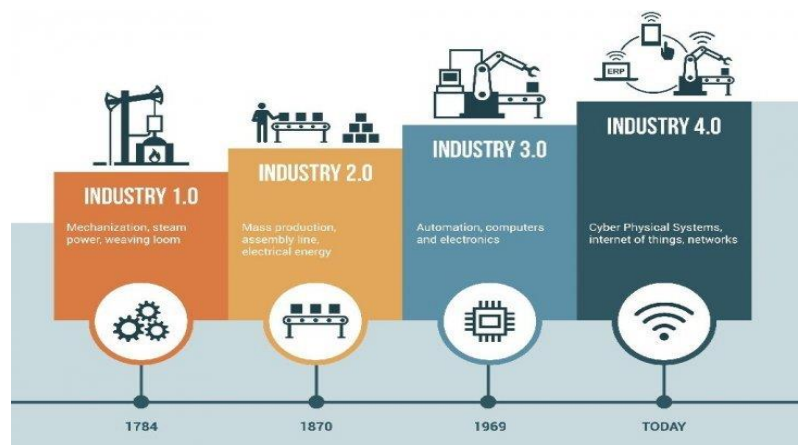


Figura 1. 2 - Evoluzione della realtà industriale

Incas S.p.A. si inserisce dunque a monte della catena logistica, con soluzioni customizzate e di facile utilizzo, facendo della flessibilità progettuale e dell'adattamento alle esigenze del cliente il suo punto di forza.



Figura 1. 3 - Incas e la Supply Chain [2]

1.3 Organizzazione aziendale

Per garantire la corretta realizzazione di un progetto in tutti i suoi aspetti, è necessario che tutti i reparti aziendali lavorino in sinergia. Le attività partono dall'area commerciale, in cui si stipula un contratto con il cliente in relazione alle sue richieste e all'offerta aziendale, passando poi dalla progettazione meccanica ed elettrica, il montaggio

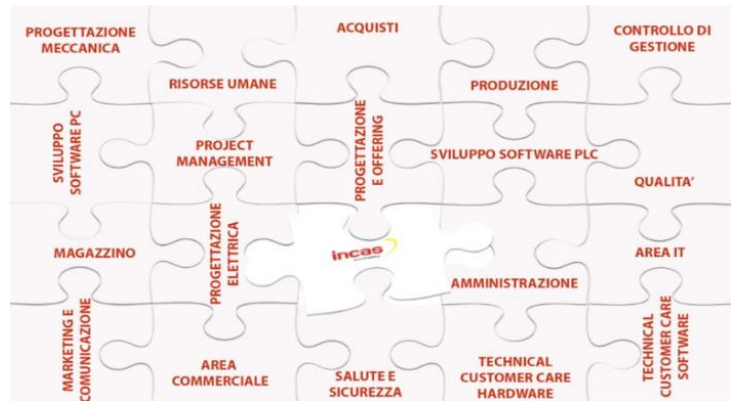


Figura 1. 4 - Schema delle attività aziendali [2]

dell'hardware, progettazione e installazione del software di controllo per arrivare, infine, alla messa in funzione dell'impianto, seguita da un servizio di assistenza post-vendita.

La coordinazione tra i vari soggetti partecipanti al progetto è fondamentale, per questo motivo per ogni attività viene individuato un responsabile, il quale ne gestisce la pianificazione e ne controlla lo sviluppo. Il quadro globale del progetto viene gestito dal *Project Manager*, il quale deve:

- Gestire il rapporto con i clienti e i fornitori;
- Definire le tempistiche di ogni attività;
- Coordinare i reparti coinvolti nel progetto;
- Supervisionare le varie attività e verificarne lo stato di avanzamento.

Al *Project Manager* fanno riferimento le seguenti figure:

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

Le relazioni tra i reparti aziendali possono essere schematizzate come in Figura 1.5:

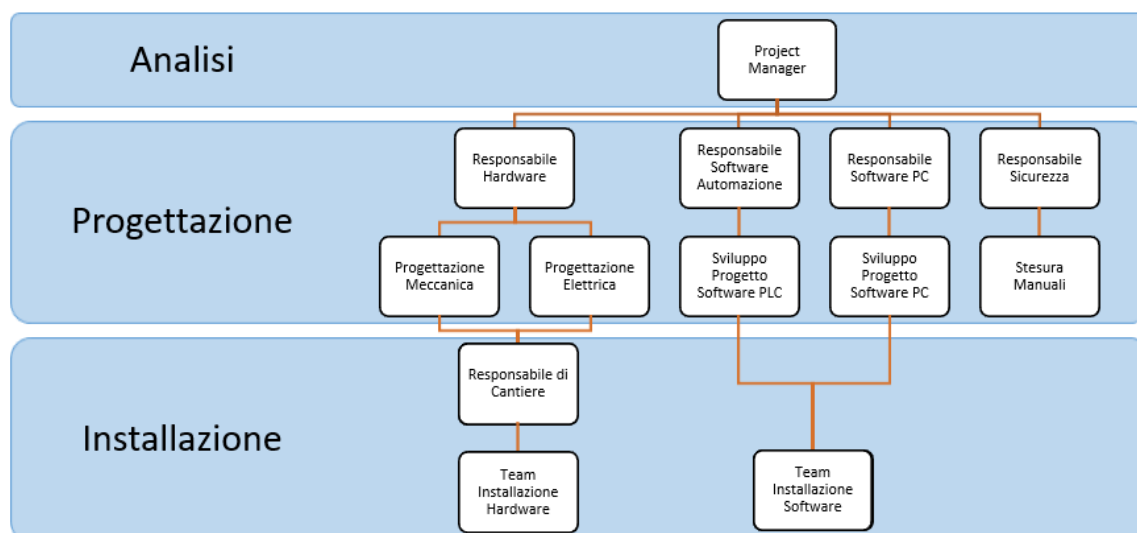


Figura 1. 5 - Organigramma aziendale per la gestione di un progetto

Il flusso di informazioni si sviluppa in modo diverso a seconda della fase in corso; durante la definizione del progetto si sviluppa orizzontalmente in entrambe le direzioni e può essere schematizzato come in Figura 1.6:

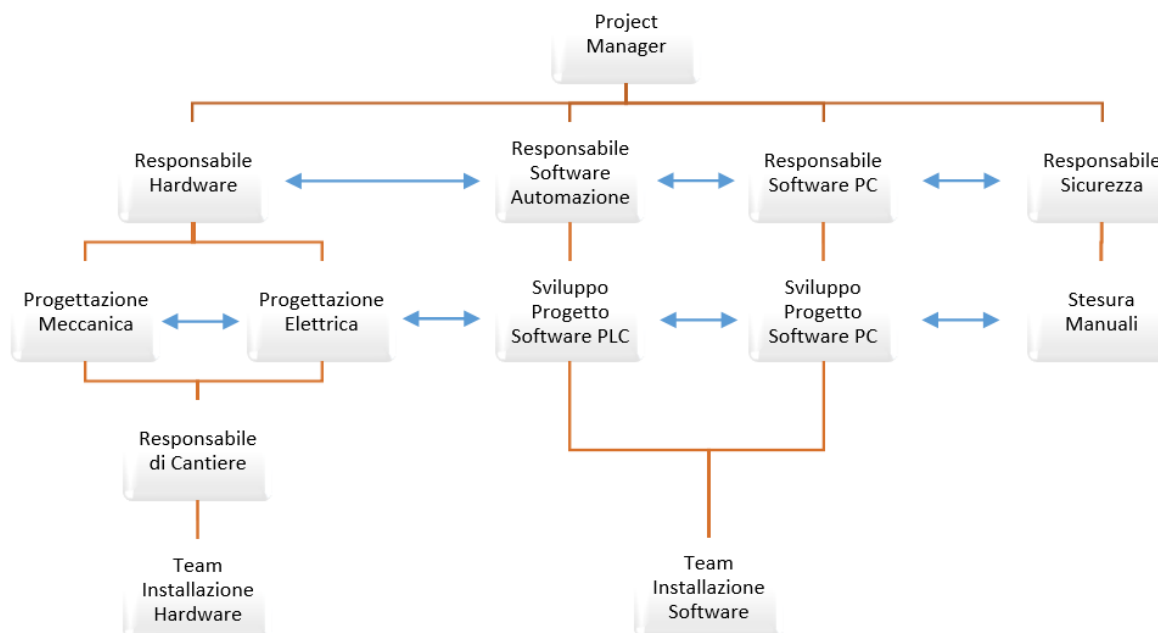


Figura 1. 6 - Flusso di informazioni in fase di progetto

In fase di installazione, invece, il flusso di informazioni può essere così schematizzato (Figura 1.7):

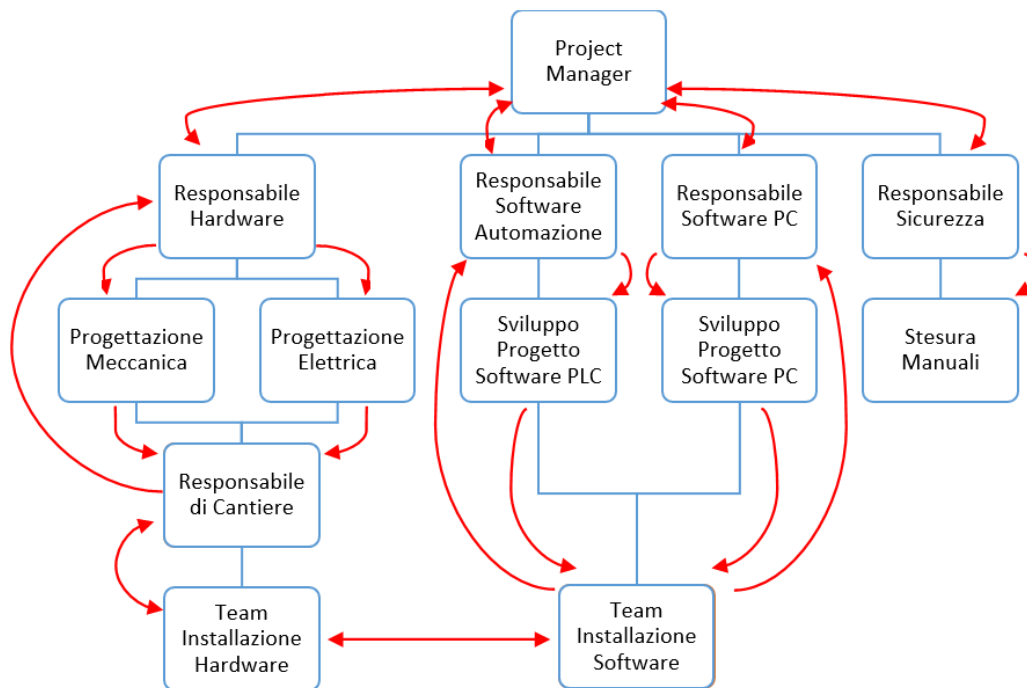


Figura 1. 7 - Flusso di informazioni in fase di progetto

1.4 La progettazione

La definizione preliminare di un progetto viene gestita dal reparto commerciale, dove vengono individuate le soluzioni migliori per rispettare le esigenze del cliente.

Il layout logistico definito in fase di vendita, in cui risiedono tutti i dati di partenza per la progettazione meccanica, viene comunicato al reparto hardware, in cui tramite la progettazione meccanica vengono scelti i componenti e i macchinari da utilizzare in base alle caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto da realizzare. Alla progettazione meccanica segue quella elettrica, in cui vengono delineati cablaggi, specifiche di alimentazione e sensori necessari al funzionamento dell'impianto. Tutto ciò definisce il *Livello 0* della produzione integrata di fabbrica o *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*.

Note tutte le caratteristiche meccaniche ed elettriche dell'impianto, si procede con lo sviluppo dei software *PLC* e *PC*. La programmazione *PLC* (*Programmable Logic Controller*), principale argomento di questa trattazione, consiste nell'elaborazione di un codice capace di gestire i segnali analogici e digitali scambiati tra sensori e attuatori dell'impianto. Quest'attività definisce il *Livello 1* del *CIM*, che si occupa del controllo, della gestione e della sincronizzazione delle macchine costituenti l'impianto.

La programmazione *PC* può riguardare due diversi livelli di gestione:

- Il *Livello 2*, mediante un'opportuna programmazione del software di controllo del magazzino, *WCS* (*Warehouse Control System*), che consente di prendere le decisioni circa la movimentazione dei prodotti, definendo i percorsi da seguire lungo la linea e la tipologia di operazioni da eseguire per ogni singolo prodotto. Gestisce dunque le modalità con cui gestire le varie *mission* del cliente;
- Il *Livello 3*, che ha il compito di creare le *mission* da eseguire tramite software *WMS* (*Warehouse Management System*) sulla base delle informazioni trasmesse dal sistema *ERP* (*Enterprise Resource Planning*) del cliente, rappresentante il *Livello 4*.

Il flusso di informazioni tra i vari livelli del *CIM* in fase di funzionamento dell'intero sistema può essere così schematizzato:

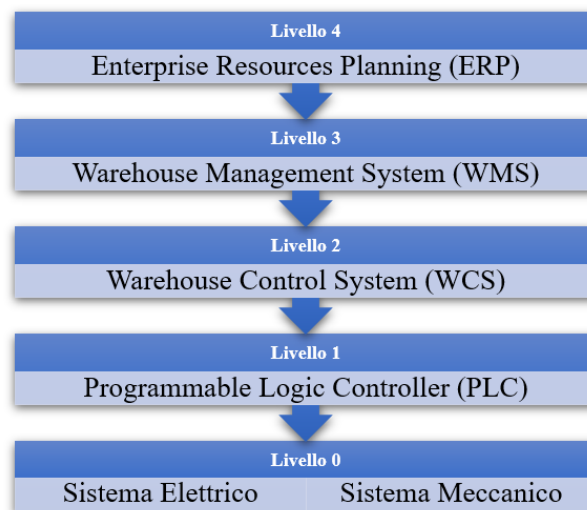


Figura 1. 8 - Flusso di informazioni nel CIM

In fase di progettazione, invece, il flusso logico di informazioni segue il percorso inverso: si parte dalla progettazione hardware (*Livello 0*) per giungere al sistema software del cliente (*Livello 4*). Va specificato che non è detto che in un progetto bisogna gestire tutti i livelli sopra

elencati, ciò dipende infatti dalle particolari richieste ed esigenze di ogni specifico cliente e dal tipo di impianto che si decide di realizzare.

1.5 Performance aziendale

Oggigiorno l'esperienza acquisita e la qualità dei servizi offerti rapportati al prezzo di vendita sono requisiti fondamentali per la scelta dell'azienda cui affidare una commessa di lavoro. Incas è riuscita a far fronte alle richieste sempre più impegnative dei clienti, grazie al bagaglio di conoscenze acquisito nel corso degli anni, all'attitudine a sapersi adattare alle esigenze particolari dei suoi clienti e alla bontà dei servizi offerti.

Aspetti fondamentali delle relazioni con i clienti sono la fiducia e la disponibilità, rafforzate grazie ad un servizio di assistenza da remoto post-vendita, il *CSS* (*Customare Service and Support*), tramite il quale è possibile risolvere i problemi di funzionamento delle linee senza la necessità di recarsi



Figura 1. 9 - Dati aziendali [2]

in loco, grazie all'utilizzo di strumenti *SIEMENS* [7] dedicati che permettono di eliminare i tempi morti legati agli spostamenti e garantire una rapida risoluzione dei possibili problemi.

La crescita aziendale di Incas S.p.A. è confermata dagli oltre 1200 impianti installati nel mondo e dal continuo incremento del fatturato negli anni, che nel 2019 si è attestato attorno ai 89 milioni di euro e nel 2020 si è comunque consolidato quasi ai livelli pre-pandemia nonostante l'impatto notevole sulla realtà industriale

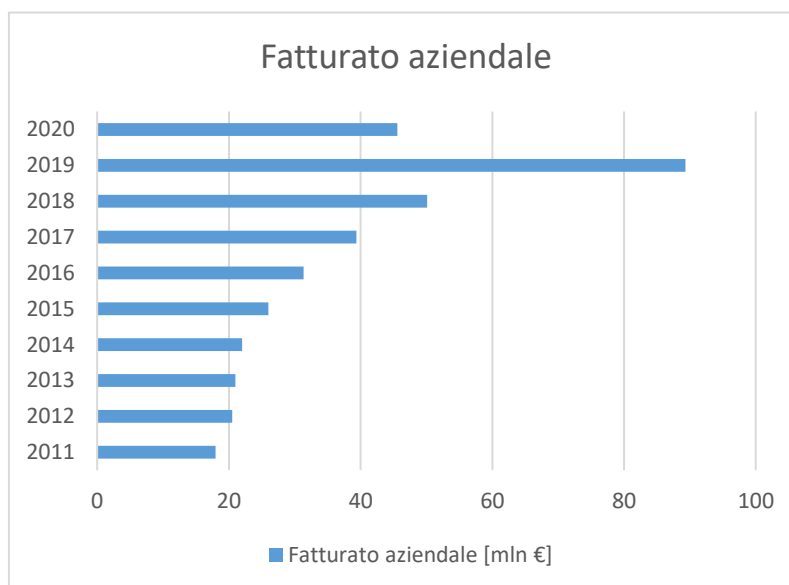


Figura 1. 10 - Fatturato aziendale negli anni [2]

dell'emergenza epidemiologica dovuta al COVID-19. La versatilità dei servizi offerti e le competenze acquisite hanno fatto sì che i sistemi Incas potessero essere adatti a diversi campi di applicazione, dall'industria del *food and beverage* al settore *automotive*, dal tessile al

settore dell'alta moda. Nella figura successiva sono riportati solo alcune delle aziende che hanno scelto i servizi e le soluzioni Incas.



Figura 1. 11 - Elenco di alcuni clienti Incas

2. IL MATERIAL HANDLING

2.1 Generalità

Con il termine *Material Handling* si indica lo studio della movimentazione e dello stoccaggio di merci, attività fondamentali nel settore industriale moderno. Avere il prodotto giusto nel rispetto dei tempi e delle quantità richieste è fondamentale per una gestione ottimale del processo produttivo.



Figura 2. 1 - Sistema di movimentazione colli su rulliere [10]

I sistemi di *material handling* sono oggi usati in tutte le fasi del ciclo produttivo: magazzini automatici, sistemi AGV, robot antropomorfi, nastri trasportatori, reggiatrici, bilance con sistemi di pesatura statici o dinamici: questi sono solo alcuni esempi degli strumenti utilizzati dalle aziende che mirano ad ottenere prestazioni elevate mediante l'impiego dell'automazione industriale. In questo contesto, la gestione

dell'intralogistica diventa fondamentale per una riduzione dei costi di esercizio aziendale, in quanto con i giusti sistemi di *material handling*, scelti e adattati in base alle esigenze di movimentazione, si può ridurre il rischio di danneggiamento dei prodotti o che le materie stoccate diventino obsolete a causa di una troppo prolungata permanenza in magazzino. Diventa dunque necessario gestire due aspetti distinti del *material handling*:

- Aspetto fisico, in cui si pone l'attenzione sulla movimentazione, sullo stoccaggio e sull'imballaggio delle unità di carico;
- Aspetto logico, corrispondente alla gestione e al controllo dei flussi.

Il *material handling* può essere dunque suddiviso in:

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

Ogni fase deve comunicare con le altre onde evitare fenomeni di discontinuità, dunque la gestione dell'intralogistica in termini di *material handling* diventa strumento essenziale di integrazione tra le varie attività aziendali.

2.2 Principi del *material handling*

La scelta dei sistemi di movimentazione materiali più adeguati va fatta considerando come dato iniziale il layout dell'impianto, così da garantire l'ottimizzazione della gestione del flusso di materiali e persone.

È stato stimato che i costi legati ai sistemi di movimentazione interna incidono per il 35% sui costi totali di investimento relativi alla realizzazione di un impianto. I tempi e i costi legati al trasporto interno di merci non danno alcun valore aggiunto alla produzione, è dunque fondamentale ridurre al minimo gli spostamenti di merci. Tale obiettivo va perseguito tramite l'applicazione di 20 principi proposti dal *Material handling Institute* [8]:

- 1) Principio della pianificazione, consistente nell'organizzare a priori tutte le attività movimentazione e stoccaggio, al fine di aumentare l'efficacia della fase progettuale;
- 2) Principio del sistema, tramite il quale si considera l'intera catena logistica come un unico sistema integrato, standardizzando dunque gli strumenti d'interfaccia tra fornitori e clienti;
- 3) Principio del flusso dei materiali, consistente nella minimizzazione dei percorsi dei materiali, analizzando in opportunamente le operazioni di movimentazione e le attrezzature utilizzate, al fine di diminuire i costi legati alla movimentazione, garantendo allo stesso tempo l'integrità dei prodotti movimentati e migliorando gli aspetti legati alla sicurezza;
- 4) Principio della semplificazione delle operazioni, secondo il quale bisogna eliminare tutte le operazioni ritenute non necessarie combinando più operazioni nella stessa stazione di lavoro, cercando di trasportare il maggior numero di componenti possibili con la stessa movimentazione;
- 5) Principio della gravità, suggerisce lo sfruttamento dell'energia potenziale posseduta dai corpi per il loro trasferimento a breve distanza nel caso in cui la differenza di quota lo permetta, ottenendo così un trasferimento poco oneroso dal punto di vista energetico ed economico;
- 6) Principio dell'utilizzazione volumetrica, consiglia di utilizzare macchinari che sfruttino lo spazio in direzione ortogonale al piano d'appoggio per ridurre la superficie di pavimentazione occupata a parità di volume;

- 7) Principio dell'unità di carico (UdC), consiste nel cercare di movimentare la quantità maggiore di prodotti possibile contemporaneamente raggruppandoli in unità di carico, così da semplificare la gestione degli stessi;
- 8) Principio della meccanizzazione, propone l'utilizzo di attrezzature meccanizzate comandate dagli operatori, i quali ridurranno dunque gli sforzi fisici, aumentando di conseguenza la produttività del sistema;
- 9) Principio dell'automazione, amplia il principio della meccanizzazione proponendo l'utilizzo di sistemi automatizzati, aumentando l'efficienza del sistema e spostando l'operatore a bordo linea, il quale non dovrà più svolgere mansioni poco gratificanti, con la conseguente riduzione del rischio di infortuni sul lavoro;
- 10) Principio della selezione delle attrezzature, definisce le modalità di scelta degli strumenti di lavoro più opportuni attraverso un'attenta e dettagliata attività di analisi;
- 11) Principio della standardizzazione, ricerca dei vantaggi ottenibili attraverso la standardizzazione delle attrezzature, soprattutto dal punto di vista della manutenzione e della loro gestione;
- 12) Principio dell'adattabilità, consiglia l'utilizzo di attrezzature adattabili ad attività differite, così da evitare ove possibile l'utilizzo di molteplici attrezzature specifiche, aumentando la flessibilità dell'impianto;
- 13) Principio del peso a vuoto, con il quale si cerca di ridurre il rapporto peso/dimensione dell'imballo e del prodotto, riducendo così i costi legati alla loro movimentazione;
- 14) Principio dell'utilizzazione, riguarda la saturazione di strumenti e operatori, ottimizzando la quantità di lavoro ad essi assegnata;
- 15) Principio della manutenzione, secondo il quale è consigliabile programmare interventi di manutenzione ordinaria sull'attrezzatura, così da minimizzare il rischio di malfunzionamento e guasto;
- 16) Principio dell'obsolescenza, consiglia l'aggiornamento continuo della strumentazione utilizzata, in accordo con il progredire dell'innovazione tecnologica, così da ottimizzare costantemente la performance del processo produttivo;
- 17) Principio del controllo, riguarda l'utilizzo di sistemi di riconoscimento automatico di ciascun componente;
- 18) Principio della capacità produttiva, evidenzia i vantaggi ottenibili seguendo un'adeguata progettazione della capacità produttiva, relativamente ad ogni livello della produzione, così da ottenere la corretta gestione delle prestazioni dell'impianto;

- 19) Principio della performance, analisi dei costi relativi alla singola attività, così da poter individuare la soluzione migliore e più vantaggiosa per ognuna di esse;
- 20) Principio della sicurezza, raccomanda di svolgere qualsiasi attività nel pieno rispetto delle norme di sicurezza, al fine di minimizzare l'incidenza di infortuni e garantire ambienti di lavoro sicuri e idonei.

2.3 Unità di carico: generalità

Per unità di carico (*UdC*) si intende un raggruppamento di materiali disposto in modo tale da poter essere movimentato mediante mezzi di trasporto meccanici. La movimentazione è strettamente legata alle caratteristiche dei prodotti, i quali possono essere distinti in:

- Prodotti allo stato fluido;
- Materiali sfusi;
- Colli o carichi lottizzati.

In ambito manifatturiero si preferisce organizzare i materiali in unità di carico discrete, semplificandone la gestione grazie ad un successivo raggruppamento in pallet (pallettizzazione). I pallet sono distinti in base alla superficie utilizzata e al modo in cui possono essere inforcati. Si distinguono dunque:

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

La presenza di feritoie per il sollevamento consente una semplice gestione della movimentazione mediante l'uso di specifiche attrezzature meccaniche quali i carrelli elevatori.

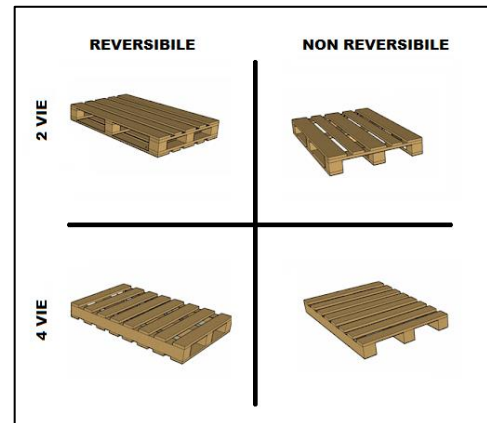


Figura 2. 2 - Matrice dei Pallet

Il pallet costituisce una base d'appoggio sopraelevata, quindi determinano una condizione di isolamento che consente di ridurre il danneggiamento dei colli e delle merci. La disposizione dei colli sulla paletta deve essere eseguita in modo tale che non avvenga la separazione degli stessi in direzione ortogonale alla base d'appoggio durante il trasporto.

2.4 Tipi di imballo: generalità

Per proteggere e stabilizzare le *UdC* durante il trasporto e lo stoccaggio, vengono impiegati imballaggi specifici in rapporto alla tipologia di prodotto movimentato, alla tipologia di trasporto impiegato e alla destinazione finale del prodotto.

Un esempio è dato dalle unità pallettizzate, le quali, terminata la fase di carico, vengono solitamente avvolte in pellicole polimeriche per aumentarne la stabilità e la protezione.



Figura 2. 3 - Esempio di macchinario avvolgipallet automatico

Tutte le caratteristiche dell'imballaggio vanno definite in fase progettuale in quanto risultano vincolanti circa la scelta della tipologia di trasporti necessari alle attività aziendali. Una decisione sbagliata in fase di progettazione può impattare in maniera estremamente negativa sulla gestione del *material handling*.

3. COMPONENTISTICA MECCANICA E STRUMENTI DI CONTROLLO

3.1 Generalità

Come descritto nel paragrafo 1.4, la componentistica più adatta alla realizzazione di un impianto viene scelta durante la fase di progettazione meccanica. Quest'ultima rappresenta una fase molto delicata della realizzazione di un impianto, in quanto la movimentazione interna di materiale non apporta alcun valore aggiunto al prodotto, dunque la scelta adeguata dei dispositivi utili alla minimizzazione degli spostamenti senza danneggiare i prodotti movimentati è determinante nel calcolo dei costi complessivi di produzione.

Le caratteristiche principali di un sistema di trasporto sono definite da:

- Capacità di trasporto C , definita come il rapporto tra la quantità di materiale da movimentare Q e il tempo necessario allo spostamento T :

$$C = \frac{Q}{T} \left[\frac{UdC}{h} \right]$$

- Zona servita, legata al layout dell'impianto;
- Spazio occupato.

Dal punto di vista funzionale, i mezzi di movimentazione possono essere classificati in:

- Mezzi senza vincolo di mobilità (es: carrelli industriali);
- Mezzi vincolati ad aree operativi (es: carroponti);
- Mezzi vincolari a percorsi operativi (es: convogliatori, sistemi AGV);
- Mezzi ausiliari localizzati in stazioni operative (es: robot antropomorfi).

Sul mercato della logistica industriale è disponibile una vasta gamma di sistemi di movimentazione, è dunque compito del progettista scegliere la soluzione più adatta all'applicazione studiata.

Si vuole ora mettere in evidenza quali sono i principali dispositivi utilizzati per il *Material Handling*.

3.2 Convogliatori

Un convogliatore è un meccanismo per il trasporto di UdC a brevi distanze. Ne esistono di diversi tipi (a rulli, a nastro, a catena etc.), tutti caratterizzati dal montaggio di strutture fisse.

La modularità dei sistemi consente di comporre linee di movimentazioni adattabili alle più svariate esigenze logistiche dell'impianto.

3.2.1 Convogliatori a rulli

I convogliatori a rulli consistono in una serie di rulli metallici montati su apposite strutture portanti. Sono impiegati per il trasferimento e l'accumulo di colli rigidi e dotati di un piano di appoggio regolare, tale cioè da evitare impuntamenti con i rulli sottostanti [9]. A tale scopo, è buona norma prevedere una distanza tra i rulli tale che permetta sempre che le UdC trasportate appoggino almeno su tre di essi.

I rulli utilizzati per questa tipologia di convogliatori possono essere motorizzati, condotti o folli. Uno dei principali fornitori di questa tipologia di dispositivi è rappresentato dalla Interroll, azienda che offre innumerevoli soluzioni nel campo della intralogistica [10]. Si distinguono dunque:

- Convogliatori aventi un rullo motorizzato e rulli condotti;



Figura 3. 1 - Convogliatore a rullo motorizzato [10]

- Convogliatori a rulli non motorizzati folli.



Figura 3. 2 - Convogliatori a rullo folle [10]

In tutti i casi, i rulli sono costituiti da un mantello esterno in acciaio inox, il quale ne definisce la classica struttura tubolare. La presenza di cuscinetti a sfera garantisce il moto relativo tra l'asse fisso e il mantello in rotazione. L'alloggiamento dei cuscinetti è solitamente realizzato in tecnopolimero, il che rende il funzionamento del sistema particolarmente silenzioso.



Figura 3. 4 - Cinghie di trasmissione Poly-V [10]

I rulli motorizzati, detti anche motorulli o *rollerdrive*, e i rulli condotti sono caratterizzati dalla presenza di gole esterne in una delle due estremità, così da permettere la trasmissione della coppia attraverso cinghie di trasmissione *Poly-V* in gomma, chiuse ad anello, aventi rilievi particolari tali da incastrarsi nelle gole. Le cinghie vengono montate in modo da creare una condizione di pretensionamento, compreso tra l'1% e il 3% [11]. I rulli vengono dunque collegati a due a due tra loro, ottenendo una trasmissione del moto stabile e silenziosa.



Figura 3. 3 - Collegamento tra motorulli tramite cinghie Poly-V [10]



Figura 3. 5 - Dettaglio rullo motorizzato [10]

Il rullo motorizzato è alimentato da una tensione di 24V e presenta un motore *brushless* integrato al tubo metallico. Il verso di rotazione del rullo è determinato dalla commutazione della corrente circolante negli avvolgimenti dello statore, comandata elettronicamente da un'apposita scheda che determina anche la velocità di rotazione del motore. Tale velocità deve essere opportunamente regolata per consentire il funzionamento del convogliatore secondo le prestazioni richieste, dunque è necessaria la presenza di un riduttore, posizionato all'interno del tubolare metallico e costituito da planetari disposti in linea. L'uso del motore *brushless* permette il recupero dell'energia altrimenti dissipata in fase di frenata.

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

Tabella 3. 1 - Conversione velocità motorulli [11]

I convogliatori a rulli vengono utilizzati prevalentemente per la movimentazione orizzontale, in quanto la presenza di un angolo di inclinazione tra due sezioni successive potrebbe comportare l'impuntamento delle UdC trasportate (per quest'ultima tipologia di trasporto vengono adoperati convogliatori a nastro, descritti nel successivo paragrafo 3.2.2). Vengono inoltre utilizzati per le operazioni di smistamento (*sorting*), attraverso l'utilizzo di baie di scarico aventi direzione ortogonale o obliqua rispetto alla direzione della linea principale. Tali baie presentano solitamente una differenza di quota tra la parte iniziale (allo stesso livello della linea principale) e quella finale, in modo tale da poter sfruttare sia l'energia cinetica che quella potenziale posseduta dalla UdC deviata, permettendo l'utilizzo di rulli non motorizzati. Inoltre, la più bassa quota alla fine della baia permetterà eventualmente una più ergonomica fase di prelievo dei componenti da parte degli operatori.

3.2.2 Convogliatori a nastro

I trasportatori a nastro vengono impiegati per il trasporto continuo di materiali, specie in pendenza, laddove è importante il rischio di impuntamento dei colli nei rulli. Sono caratterizzati da:



Figura 3. 6 - Convogliatore a nastro [10]

- Un nastro trasportatore;
- Una serie di rulli di supporto;
- Un tamburo motore, con relativo gruppo motore, ed uno di rinvio;
- Una struttura metallica fissa di sostegno [9].

Il trasporto della UdC avviene grazie all'elevato attrito del nastro trasportatore, il quale è messo in moto da un motore elettrico trifase o, in alcuni casi, da un *rollerdrive*.

L'impiego di nastri trasportatori comporta la riduzione dei vincoli di peso, di superficie di contatto e di differenza di altezza tra tratti differenti.

La trasmissione del moto avviene mediante contatto tra tela e motorullo (o tamburo motorizzato), nel momento in cui non si verifica slittamento tra le parti. Le condizioni di trazione devono essere tali

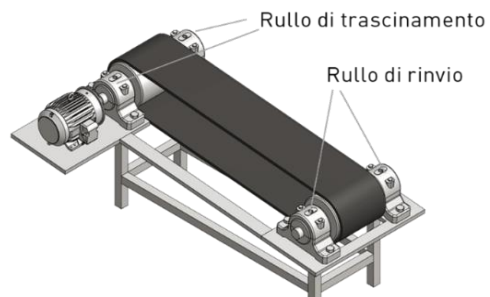


Figura 3. 7 - Componenti di un convogliatore a nastro [10]

per cui non avvenga lo snervamento della tela: essendo σ lo sforzo normale, T la tensione generata dal rullo conduttore, S la superficie su cui agisce la tensione e σ_a la tensione di snervamento della tela, deve essere soddisfatta l'equazione di stabilità:

$$\sigma = \frac{T}{S} \leq \sigma_a$$

3.3 Sistemi di deviazione

Un elemento importante caratterizzante le linee di movimentazione è rappresentato dai sistemi di deviazione, i quali permettono di cambiare la direzione del moto delle UdC secondo le esigenze del trasporto.

I più comuni sistemi di deviazione sono:

- Curve;
- Trasferitori a cinghia;
- *High Performance Divert* (HPD).

3.3.1 Curve

Sono il sistema di deviazione più economico, costituite da rulli cilindrici doppi o tronco-conici, con conicità tale da assicurare alle UdC una velocità tangenziale costante, oppure da un sistema a nastro [9]. Permettono di collegare elementi rettilinei a rulli o a nastro, ottenendo una deviazione a 90° oppure, combinando 2 curve, si può ottenere un'inversione del senso del trasporto di 180°. Il grosso vincolo di questi sistemi è rappresentato dall'ingombro: necessitano infatti di uno spazio non irrilevante, non sempre disponibile date le esigenze dettate dal layout dell'impianto.



Figura 3. 8 – Curve [10]

3.3.2 Trasferitori a cinghia



Figura 3. 9 - Trasferitori a cinghia [10]

Sono costituiti da una struttura posizionata nella parte inferiore di un convogliatore a rulli, formata superiormente da delle “lame” posizionate tra i rulli, su cui scorrono delle cinghie in direzione ortogonale al senso di marcia del convogliatore. La parte inferiore della struttura contiene un motorullo, il quale consente la movimentazione delle cinghie.

Quando una UdC è posizionata sul trasferitore, il sistema di cinghie si solleva (elettricamente, grazie ad un sistema motore elettrico-camma-punteria, oppure pneumaticamente), permettendo la deviazione a 90° del fronte di avanzamento del prodotto trasportato.



Figura 3. 10 - Deviazione a 90° con trasferitore a cinghia [10]

Si ottiene dunque una deviazione a 90° con un risparmio notevole sull'ingombro del sistema. Il lato negativo è rappresentato dai tempi morti, in quanto il collo si deve arrestare sul trasferitore e può ripartire solo quando il sollevamento delle cinghie è completato. Inoltre, non è ovviamente possibile accogliere una nuova UdC sul dispositivo finché il sistema di cinghie non si riabbassa. Questo sistema è dunque poco indicato per quegli impianti la cui cadenza dei colli trasportati è molto elevata.

3.3.3 High Performance Divert (HPD)



Figura 3. 11 - High Performance Divert [10]

Questo dispositivo permette di ottenere un trasferimento continuo delle UdC, senza interruzioni, con angoli di espulsione rispetto alla direzione di avanzamento di 30°, 45° o 90°.

La deviazione avviene per mezzo di alcune rotelle, opportunamente allineate. La rotazione delle rotelle è gestita da due motori elettrici, alimentati

con una tensione di 24V.

Il primo motore, grazie ad un opportuno sistema di trasmissione, permette il moto rotatorio delle rotelle, che possono così mettere in moto l'UdC. Il secondo motore, attraverso un sofisticato sistema di ingranaggi, mette in rotazione il gruppo rotelle attorno al proprio asse ortogonale al piano di scorrimento del convogliatore a rulli, permettendo la deviazione del materiale. La regolazione del sistema HPD è affidata ad una scheda elettronica.

Questi sistemi sono molto costosi, ma permettono di ottimizzare il sistema logistico interno di un impianto laddove la cadenza dei colli da movimentare è molto elevata.

3.4 Sistemi di controllo

L'incremento dei livelli di automazione dei sistemi di movimentazione comporta un'implementazione dei sistemi di controllo del flusso di UdC, attraverso l'utilizzo di un'adeguata strumentazione sensoristica. L'obiettivo è quello di ottenere un impianto "intelligente", capace di riconoscere la tipologia di prodotto movimentato ed indirizzarla alla corretta destinazione finale. Si vuole inoltre ottenere la tracciabilità dei dati legati alla movimentazione e alla giacenza dei prodotti in magazzino, così da poter ottenere le informazioni necessarie alla corretta gestione dell'attività produttiva. Un altro importante vantaggio dell'utilizzo di sistemi di controllo è dato dalla possibilità di verificare da remoto il corretto funzionamento dell'intero impianto, così da poter garantire sempre l'attività di assistenza.

I sistemi di controllo di base sono rappresentati da:

- Lettori scanner;
- Lettori di *QR-code*;
- Sistema di decodifica *RFID*;
- Sistemi di pesatura;
- Sensori fotoelettrici;
- Barriere di emergenza fotoelettriche.

3.4.1 Lettori scanner per barcode



Figura 3. 12 - Lettore scanner per barcode Datalogic [22]



Figura 3. 13- Esempio di lettura di barcode

Rappresentano la tecnologia più diffusa, affidabile ed economica. Un raggio laser viene impiegato per il riconoscimento di un *barcode*, posto sull'UdC movimentata. Il fascio laser deve avere direzione ortogonale ai tratti neri del codice a barre. Le tecnologie oggi in commercio permettono la decodifica del codice anche con il prodotto in movimento, contribuendo all'efficienza della catena logistica.

Generalmente le informazioni contenute nei *barcode* sono correlate alla provenienza/destinazione dei componenti ed al loro peso. Il riconoscimento dei prodotti è indispensabile per stabilirne il percorso da compiere.

3.4.2 Lettori di *QR-code*



Figura 3. 14 - Esempio di *QR-code*



Figura 3. 15 - Lettore di *QR-code* Datalogic [22]

I dati relativi ai prodotti movimentati possono essere legati ad un *QR-code*. Per la decodifica di questa tipologia di codice sono necessari dispositivi capaci di acquisire l'immagine dello stesso, così da poterla analizzare ed estrapolare le informazioni in esso contenute. I lettori di *QR-code* possiedono dunque una fotocamera integrata ed un proprio sistema di illuminazione. Durante il passaggio del prodotto, sono in grado di acquisire parecchie immagini dello stesso codice finché il sistema di gestione non riconosce e acquisisce le informazioni legate ad esso.

Questo tipo di dispositivi è adatto anche alla lettura dei codici *barcode*, dunque è possibile pensare di utilizzarli in quelle applicazioni in cui devono essere riconosciuti sia i codici a barre che i *QR-code*.

3.4.3 Sistemi di decodifica *RFID*



Figura 3. 16 - Schema di funzionamento della tecnologia di decodifica *RFID*

La tecnologia *RFID* (*Radio Frequency Identification*) permette l'acquisizione di informazioni tramite radio frequenza: vengono utilizzate delle etichette elettroniche, applicate sui prodotti, chiamate *transponder* o *tag*, contenenti tutte le informazioni necessarie alla gestione della movimentazione. Tramite un'antenna di trasmissione/ricezione in radiofrequenza è possibile il riconoscimento delle informazioni legate ad un collo o ad un lotto movimentato.

3.4.4 Sistemi di pesatura



Figura 3.17 - Sistema di pesatura Eurobil [24]

I sistemi di pesatura sono costituiti da una piattaforma metallica, ovvero lo strumento di rilevazione del peso, posta solitamente al di sotto dei convogliatori a rulli e vincolata alla struttura portante dello stesso, capace di rilevare il peso dei prodotti che transitano. Attraverso un pannello di controllo, è possibile visualizzare il peso delle UdC, oltre che effettuare le eventuali operazioni di taratura necessarie.

I sistemi di pesatura moderni permettono il rilevamento dinamico del peso, senza la necessità di arrestare il processo di movimentazione. Abbinando questa tecnologia al rilevamento di *barcode* o *QR code*, è possibile associare il peso rilevato al codice letto, così da trasferire tale informazione al sistema di controllo logistico.

3.4.5 Sensori fotoelettrici

Un sensore fotoelettrico, anche noto come fotocellula, è un dispositivo utilizzato per rilevare e/o misurare la distanza, assenza o presenza di un oggetto, utilizzando una sorgente ottica, solitamente infrarossa, e un ricevitore fotoelettrico.

Nell'ambito del *Material Handling*, vengono sovente utilizzati per rilevare la posizione delle UdC movimentate.



Figura 3. 18 - Fotocellula Sick [23]

3.4.6 Barriere di emergenza fotoelettriche

Le barriere di emergenza sono usate per la protezione di perimetri e accessi se il rischio è considerato elevato ed è richiesto un dispositivo di sicurezza. Le barriere fotoelettriche di sicurezza multi-raggio utilizzano due o più fasci di luce. Se uno dei fasci di luce viene interrotto, viene inviato un segnale di arresto alla macchina per consentire di bloccare lo stato di pericolo.

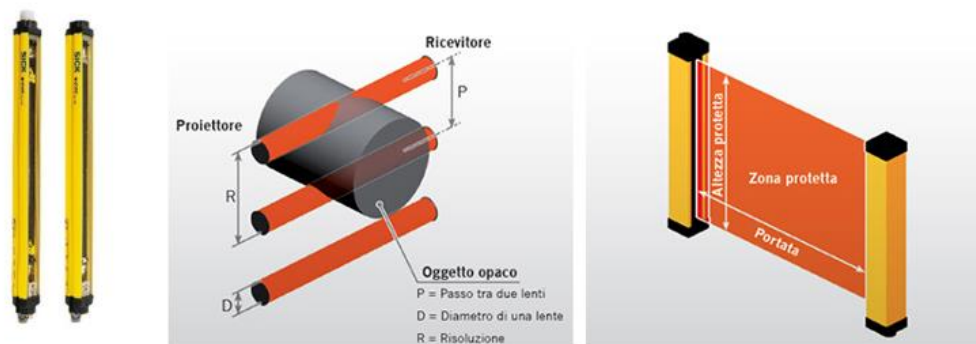


Figura 3. 19 - Barriera di emergenza Sick [23]

In alcune applicazioni, per riuscire ad eseguire il ciclo di lavorazione, è necessario escludere in modo temporaneo ed in sicurezza la barriera di protezione, in modo che essa non mandi in blocco la macchina. Tale funzione è definita *Muting* ed è indispensabile nel momento in cui un normale ciclo automatico di un macchinario industriale prevede l'attraversamento della barriera da parte di alcune componenti della macchina stessa oppure dal materiale che si sta lavorando, impedendo che questo ne provochi l'arresto.

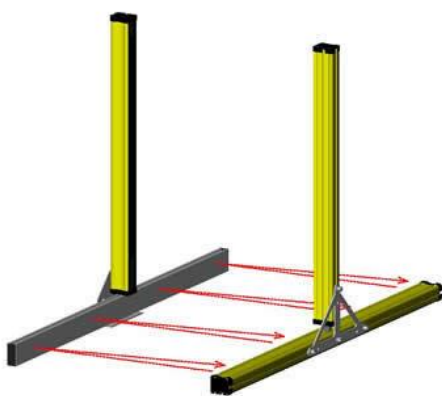


Figura 3.20 - Barriera di emergenza con tecnologia Muting [23]

La funzione viene abilitata per mezzo di due sensori di esclusione che devono essere attivati in modo simultaneo o comunque entro pochi istanti l'uno dall'altro, abbinando quattro fotocellule orizzontali strategicamente posizionate per il riconoscimento del trasporto autorizzato, che deve attraversare la barriera e le fotocellule secondo una sequenza ben definita. Qualora questo non accada, non può attivarsi il muting della barriera e se i raggi della stessa si interrompono, viene scatenato il blocco del sistema.

4. IL PLC

4.1 Generalità

I principi dell'automazione industriale suggeriscono l'utilizzo di sistemi flessibili, capaci di gestire con facilità i vari componenti di un impianto e di permetterne eventuali modifiche durante il funzionamento, riducendo al minimo l'impatto economico e il tempo d'intervento. Questa è la filosofia cardine sulla base della quale è stato ideato e sviluppato il PLC (*Programmable Logic Controller*).

La norma CEI 65-23, corrispondente alla norma EN 61131-1 e alla pubblicazione IEC 1131-1, definisce il PLC come: “*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 e 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*” [12].

4.2 Cenni storici

Un primo tentativo di definizione di uno standard per il controllo dell'automazione industriale risale al 1968, anno in cui la *General Motors* emise una direttiva per uniformare la gestione delle catene di montaggio, attraverso l'uso di relè elettromeccanici e dispositivi pneumatici. La prima azienda a rispondere alle richieste della *General Motors* fu la *bedford Associates Inc.*, la quale propose il primo *MODICON (MODular DIGital CONTroller)*, antenato del moderno controllore logico [13].

A metà degli anni '70, fu messo in commercio il primo PLC dalla *Allen-Bradley Company* [14], basato su un microprocessore.

Con il susseguirsi degli anni, il PLC ha subito numerose evoluzioni, in accordo con il progredire dei sistemi elettronici ed informatici. Oggi i maggiori produttori di PLC risultano essere *Rockwell*, che ha acquisito la *Allen-Bradley* [14], *Omron* [15] e *Siemens* [7] (i dispositivi *Siemens* sono i più utilizzati in ambito industriale).

4.3 Struttura Hardware

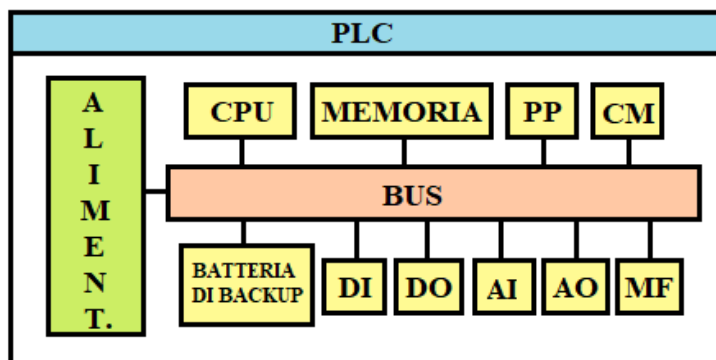


Figura 4.1 - Schema della struttura hardware di un PLC

L'hardware del PLC è costituito da [12]:

- CPU (*Central Processing Unit*), unità centrale di elaborazione, controlla ciclicamente il programma residente nella memoria e, in base allo stato dei segnali in ingresso, definisce i valori dei segnali in uscita;
- MEMORIA, costituita da due diverse aree di memoria:
 - ROM (*Read Only Memory*), di sola lettura, contiene i programmi del sistema operativo;
 - RAM (*Random Access Memory*) adibita all'immagazzinamento dei dati;
- BUS, canale che permette il dialogo tra i vari componenti del sistema;
- DI (*Digital Input*), modulo o scheda di ingresso digitale, trasforma lo stato di un sensore discreto in una tensione sul bus, associata allo stato logico "1" o "0" (logica Booleana) a seconda delle condizioni rilevate a monte;
- DO (*Digital Output*), modulo o scheda di uscita digitale, trasforma lo stato logico delle uscite ("1" o "0" secondo logica Booleana) in una tensione ai capi dei morsetti di uscita, il cui valore dipende dal tipo di scheda;
- AI (*Analog Input*), modulo analogico di ingresso, trasforma il segnale analogico in ingresso (il quale può essere in corrente o in tensione) in un numero intero variabile all'interno di un campo definito dal numero di bit della scheda. Una scheda a 15 bit, ad esempio, ha un campo compreso tra 0 e $2^{15}-1$. Per svolgere il suo compito, la scheda sfrutta un convertitore analogico-digitale, il quale opera secondo le seguenti fasi:
 - Campionamento, discretizzazione del segnale analogico nel tempo;
 - Quantizzazione, discretizzazione nel campo di variazione del segnale;
 - Codifica in "parole" binarie;

- AO (*Analog Output*), modulo analogico di uscita, converte il segnale digitale in uscita in un segnale analogico in tensione o in corrente, attraverso un convertitore digitale-analogico;
- MF, moduli funzionali, possono lavorare in modo indipendente dalla CPU o coordinarsi ad essa per applicazioni particolari, come il controllo *PID* o *Fuzzy*;
- CM, moduli di comunicazione, permettono la comunicazione tra il PLC e un altro PLC, un computer o altri dispositivi come macchine utensili a controllo numerico (*CNC*);
- PP, porta di programmazione, consente la programmazione del PLC mediante PC, su cui deve essere installato un apposito software (nel caso del PLC Siemens usato per il progetto descritto in questa trattazione, il software in questione è il TIA-Portal [16]);
- Alimentatore, fornisce al microprocessore l'alimentazione continua e stabilizzata di 5V, 12V o 24V a seconda del dispositivo utilizzato;
- Batteria di backup, salvaguardia l'autonomia di alimentazione del PLC in caso di blackout.

4.4 Principi di funzionamento

Il PLC ha un funzionamento ciclico di tipo sequenziale. Il programma utente contenuto all'interno del dispositivo viene letto durante il ciclo di funzionamento, detto *ciclo di scansione*. Il tempo impiegato per il completamento di un ciclo di scansione è detto *tempo di scansione* T_s , il quale dipende dal numero di istruzioni contenute nel programma utente e dal tipo di PLC considerato. In generale, T_s varia da 1 a 20 ms per ogni kword di programma.

Un PLC è progettato per poter operare in uno dei seguenti tipi di scansione:

- *Scansione sincrona di ingresso e di uscita*
– la più diffusa, consiste nella lettura dello stato di tutti gli ingressi presenti, con successiva elaborazione sequenziale delle istruzioni del programma utente, al termine della quale avviene l'attivazione delle uscite. La CPU acquisisce tutte le informazioni relative allo stato logico degli ingressi e le memorizza nell'area degli indirizzi di memoria. Segue dunque

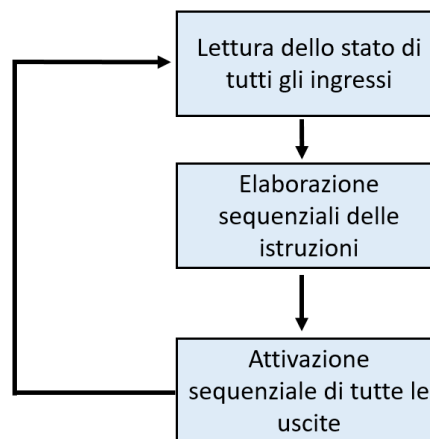


Figura 4.2 - Schematizzazione della scansione sincrona di ingresso e di uscita

l'elaborazione del programma, durante la quale gli stati delle uscite sono assegnati al registro di memoria degli output, senza essere inoltrati ai moduli d'uscita. Le uscite vengono effettivamente aggiornate solo quando viene eseguita l'ultima istruzione del programma;

- *Scansione sincrona di ingresso e asincrona di uscita* – gli ingressi vengono tutti letti e memorizzati una sola volta all'inizio della scansione, le uscite invece vengono aggiornate man mano che si ottengono i risultati durante lo svolgimento del programma utente, ovvero ogni uscita viene attivata nel momento in cui viene elaborata la funzione logica ad essa assegnata, ottenendo un aggiornamento delle uscite più rapido rispetto al caso precedente;

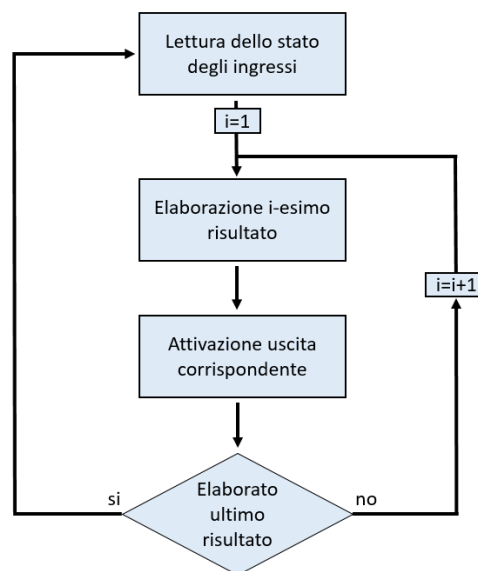


Figura 4.3 - Schematizzazione della scansione sincrona di ingresso e asincrona di uscita

- *Scansione asincrona di ingresso e di uscita* – gli ingressi sono aggiornati ogni volta che la CPU incontra un'istruzione che la obbliga ad acquisirne lo stato e le uscite sono gestite come nel caso precedente. Il ciclo di elaborazione risulta essere molto rapido, ma se non si sceglie una CPU abbastanza performante, si rischia la perdita di informazioni a causa dell'eccessiva velocità di processo del programma: il PLC potrebbe non accorgersi della variazione dello stato degli ingressi. Bisogna dunque scegliere in modo opportuno la tipologia di CPU da utilizzare.

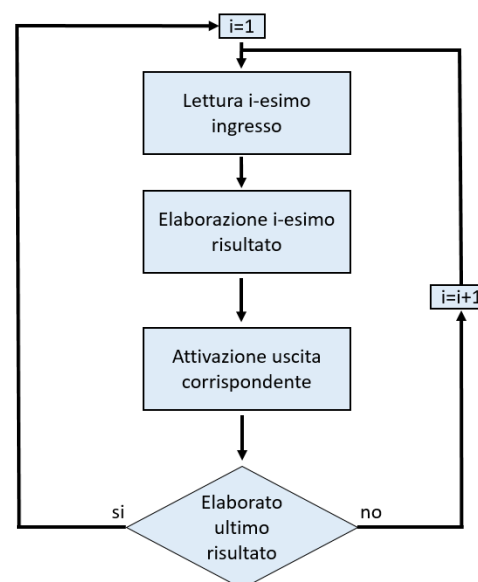


Figura 4.4 - Schematizzazione della scansione asincrona di ingresso e di uscita

In generale, se T_s risulta superiore ad un tempo limite detto *watchdog*, generalmente di 150 ms, il ciclo di scansione viene interrotto e la CPU si arresta generando un allarme.

Si definisce inoltre tempo di risposta T_r il tempo che intercorre tra la variazione degli ingressi e la corrispondente variazione delle uscite. T_r è maggiore di T_s (nel caso peggiore vale il doppio) e varia in base al tipo di ciclo di scansione utilizzato dalla CPU [12].

4.5 Principi di programmazione

I PLC sono nati per sostituire i sistemi logici elettromeccanici basati sui relè. Esistono diversi linguaggi di programmazione, il più usato dei quali risulta oggi essere il *Ladder* (o *KOP*), un linguaggio grafico tramite il quale si riproduce il funzionamento di una rete elettrica in cui gli elementi (o bobine) sono o non sono alimentati a seconda dello stato degli interruttori e dei contatti.

Gli elementi fondamentali della programmazione *Ladder* sono:

- Due linee verticali laterali, rappresentanti l'alimentazione elettrica, aventi dunque una potenziale elettrico positivo e una a potenziale negativo (quest'ultima è opzionale);
- Collegamenti orizzontali fra i montanti, detti *rung*, connessi al ramo verticale sinistro (e, se presente, anche al destro);
- Contatti e bobine.

I software PLC mettono a disposizione degli utenti svariati altri strumenti di programmazione, come temporizzatori, contatori, strumenti per svolgere operazioni aritmetiche o trigonometriche, strumenti di trasferimento dei valori di una variabile ad un'altra e tanti altri.

Il vantaggio principale nell'uso del linguaggio *Ladder* risiede nella facilità di utilizzo, soprattutto per le forti analogie con i cablaggi dei sistemi elettrici reali basati sui relè.

Oltre al *Ladder* possono essere utilizzati svariati linguaggi di programmazione, a seconda del software di gestione del PLC, come l'*IL*, l'*ST*, l'*SFC* (basato su tecnica *GRAFCET*), l'*AWL*, l'*SCL* e tanti altri.

4.6 Comunicazione e protocolli

Oggi giorno la comunicazione tra il PLC e gli altri dispositivi avviene principalmente tramite cavo *Profibus* oppure *Profinet*.

Il *Profibus*, sviluppato da un consorzio di diverse aziende tra le quali *Siemens* [17], è basato su sistemi *mono* e *multi-master* con protocollo *token-bus*. Consente una velocità di

trasmissione elevata, fino a 12 Mbit/s, e può collegare fino a 256 dispositivi anche distanti tra loro (distanza massima 1200m).

Il *Profinet* (*Process Field Net*) [18] è un protocollo di comunicazione basato sulla tecnologia *Ethernet*. Nasce come evoluzione del *Profibus* e permette di collegare i dispositivi di campo ai sistemi gestionali dell'azienda, consentendo una comunicazione in tempi brevissimi (dell'ordine del millisecondo). Il *Profinet* utilizza il protocollo *TCP/IP*: la comunicazione con i dispositivi di campo avviene tramite l'utilizzo di indirizzi *IP* (*Internet Protocol*) e di *Subnet Mask*. Il *Profinet* permette di collegare tra loro fino a 1024 dispositivi con una velocità di trasmissione di 100 Mbit/s e non ci sono limiti di distanza tra i dispositivi collegati. Queste caratteristiche rendono oggi il *Profinet* il protocollo più utilizzato nella gestione della comunicazione tra i dispositivi di un impianto e il PLC.

4.7 Gestione software del *material handling* secondo Incas S.p.A.

La gestione della movimentazione di materiali tramite linee automatizzate è caratterizzata, secondo gli standard aziendali Incas, da tecniche diverse di trasporto a seconda delle esigenze.

4.7.1 Sequenze

La sequenza, o tratto a singola posizione, prevede che il trasferimento di una Udc da una sezione ad un'altra avvenga secondo tre fasi consecutive: *Rabbocco*, *Passaggio* e *Saldo* [19].

Si considera il caso di una sequenza che coinvolge due convogliatori a rulli, A e B, aventi rispettivamente una fotocellula di presenza alla fine del tratto. L'invio di un collo da un tratto a monte alla coppia di convogliatori che costituiscono la sequenza A-B ha inizio se e solo se entrambe le fotocellule di presenza sono libere, ovvero non ci sono *stati fisici*, e non ci sono *stati logici* (tipi di dati che permettono il riconoscimento della posizione del collo, spiegati successivamente).

- 1) *Rabbocco*: questa fase dà inizio alla sequenza e comincia quando, a seguito dell'invio di una UdC dal tratto a monte, il convogliatore A comincia a muoversi finché l'unità movimentata raggiunge la fotocellula di presenza A (presenza fisica e logica in A);
- 2) *Passaggio*: quando il collo raggiunge la fotocellula A, inizia la fase di passaggio dal tratto A al tratto B, durante la quale entrambi i convogliatori sono in movimento. Questa fase ha termine nel momento in cui viene disimpegnata la fotocellula A e il sistema riconosce la presenza logica del collo movimentato nel tratto B;

- 3) *Saldo*: durante questa fase, solo il convogliatore B è in movimento e si arresta solo nel momento in cui la UdC raggiunge la fotocellula di presenza del tratto (presenza fisica e logica in B). La sequenza A-B è dunque terminata.

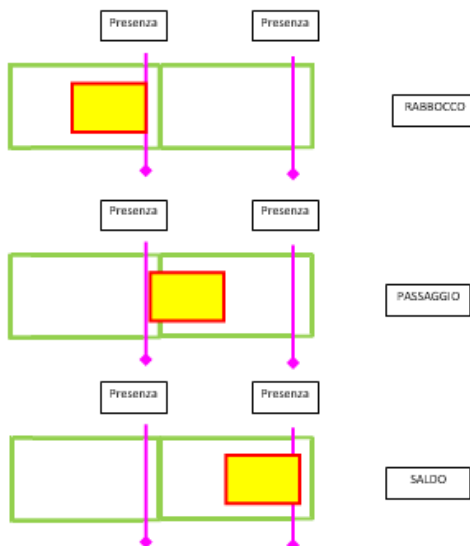


Figura 4.5 - Schematizzazione delle fasi di gestione di una sequenza di trasferimento rullo-rullo

Il controllo della movimentazione tramite sequenze avviene attraverso la gestione di due tipi di dati:

- *Stato fisico*: il sistema riconosce la posizione reale di un collo grazie all'impiego di una fotocellula.
- *Stato logico*: il sistema riconosce la presenza fisica rilevata tramite una fotocellula e, utilizzando un'apposita area di memoria del plc, tiene conto della serie di movimenti caratterizzanti una sequenza. In uno spostamento dal convogliatore A al convogliatore B, se la fotocellula di presenza del convogliatore A viene impegnata (presenza fisica e logica in A, fase di rabbocco completata, inizio fase passaggio), il sistema riconosce lo *stato logico* del collo nel convogliatore B, anche se la fotocellula di presenza non è stata ancora impegnata (saldo non ancora completato) e non c'è ancora lo *stato fisico*. Lo *stato logico* permette anche il tracking delle informazioni del collo movimentato (barcode identificativo, peso, destinazione).

Le operazioni inerenti alle sequenze devono essere appositamente caratterizzate a seconda del tipo di trasferimento effettuato. Ad esempio, nel caso di un trasferimento da un convogliatore

a rulli ad un trasferitore, la sequenza può cominciare solo se i cinghioli del trasferitore si trovano in posizione “basso”.

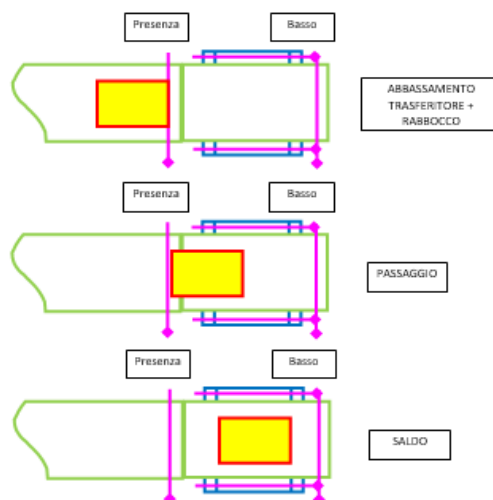


Figura 4.6 - Schematizzazione delle fasi di gestione di una sequenza di trasferimento rullo-trasferitore

Per ogni fase della sequenza è previsto un controllo temporizzato: se una determinata fase non viene completata entro un tempo prestabilito e configurabile, il plc genera segnalazioni più o meno gravi a seconda del tipo di anomalia.

4.7.2 Accumuli

I tratti di accumulo sono pensati per il trasferimento di colli in tutte quelle situazioni in cui non c'è la necessità di gestire la tracciabilità dei dati relativi ad ogni singola UdC, garantendo il massimo riempimento della linea per gestire il numero più elevato di colli possibile (ogni

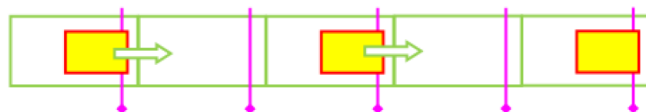


Figura 4.7 - Schematizzazione della gestione del trasferimento attraverso accumuli

tratto deve accogliere un solo collo alla volta). Dati due convogliatori a

rulli A e B, gestiti secondo una logica di accumulo e aventi ognuno

una fotocellula di presenza, quando la fotocellula A viene impegnata da un collo, sia il tratto A che il tratto B si mettono in moto se e solo se il tratto B è disponibile (fotocellula libera). Il convogliatore B si arresta quando il collo raggiunge la fotocellula di fine tratto. Questa logica di movimentazione permette trasferimenti veloci da una parte all'altra dell'impianto, basti pensare ad una serie di tratti d'accumulo: finché ogni tratto “vede” quello successivo disponibile, la movimentazione è garantita senza interruzioni.

4.7.3 Semaforizzazioni

Le semaforizzazioni vengono utilizzate nel caso in cui ci siano degli incroci tra più linee nello stesso impianto. Attraverso la gestione degli stati logici delle UdC movimentate, vengono assegnate le precedenza di passaggio, così da garantire il non intasamento della linea e il corretto passaggio dei prodotti aventi maggiore priorità.

4.7.4 Logica combinatoria

I tratti a logica combinatoria vengono utilizzati per comandare molteplici tratti contemporaneamente. Tramite la gestione software, è possibile assegnare lo stesso comando a più convogliatori, posti in serie tra loro. Risultano utili per gestire tutte quelle applicazioni in cui è previsto il movimento continuo di una specifica area, come ad esempio una zona adibita all'immissione delle UdC nella linea di movimentazione.

4.8 Standard di programmazione PLC e funzioni di libreria

Uno degli obiettivi principali di Incas S.p.A. è quello di creare sistemi che possano soddisfare appieno le esigenze dei clienti, ma anche di utilizzare un metodo di programmazione che risulti di facile comprensione per tutti i programmatori aziendali, così da garantire la facilità di intervento e di assistenza a qualsiasi operatore. Per questo motivo è stato adottato uno standard di programmazione, così da rendere le specifiche parti del programma facilmente individuabili e comprensibili dai vari PLC Software Engineers.

Per la programmazione PLC viene utilizzato il software SIEMENS TIA PORTAL, l'ambiente di sviluppo specifico per i PLC Siemens [16].

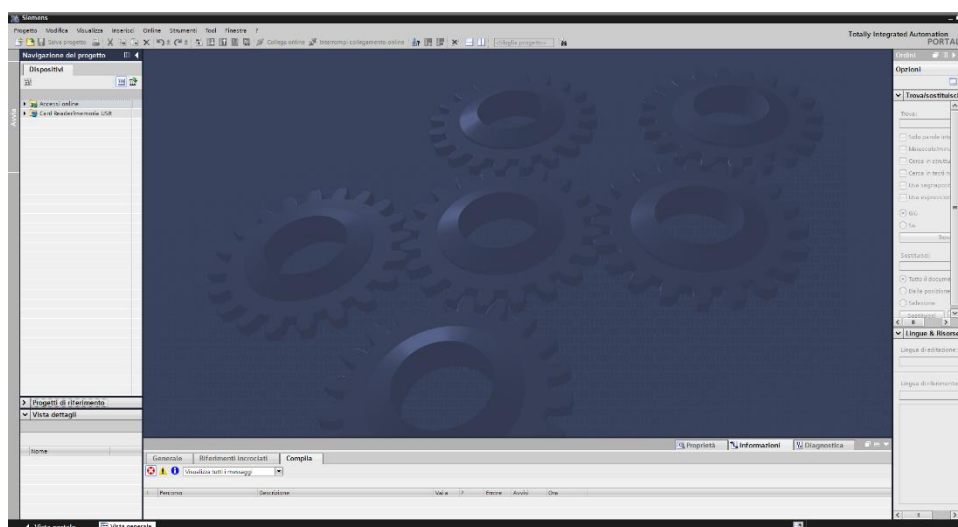


Figura 4. 8 - Ambiente di programmazione Siemens TIA Portal [19]

Il programma viene dunque sviluppato seguendo un'organizzazione in cartelle di lavoro, così da rendere velocemente individuabile ogni specifica sezione dello stesso. All'interno di ogni

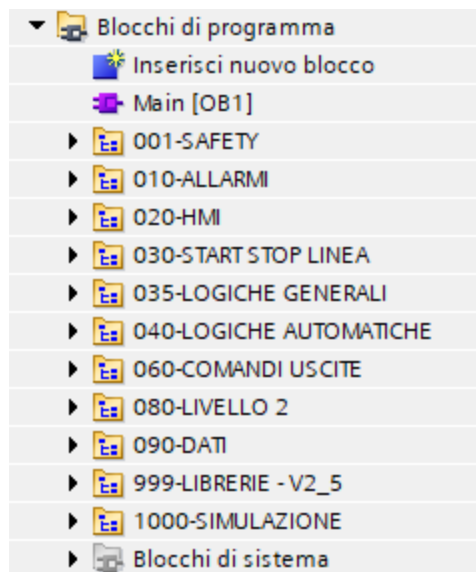


Figura 4.9 - Suddivisione delle cartelle di lavoro secondo lo standard Incas S.p.A. [18]

cartella vengono sviluppati i vari blocchi di programma, aventi ciascuno un blocco principale di riferimento, che verrà richiamato nella sezione “Main [OB1]”, rappresentante il programma principale della CPU. Per fare un esempio, nella cartella “010-ALLARMI” sarà presente una funzione principale, denominata “FC:ALLARMI:MAIN”, all'interno della quale verranno sviluppati tutti i blocchi di programma inerenti alla gestione degli allarmi.

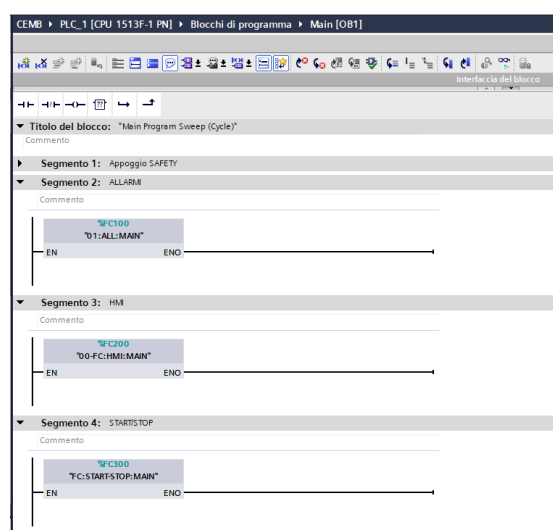


Figura 4.10 - Richiamo delle funzioni principali di ogni cartella all'interno del Main [OB1] [19]

Per standardizzare la programmazione, si utilizza dunque una particolare nomenclatura per l'individuazione rapida dei vari blocchi di programma e si adoperano, ove possibile, specifiche funzioni dette “funzioni di libreria”, frutto del lavoro e dell'esperienza degli sviluppatori aziendali e in continuo aggiornamento.

Le varie sezioni e le funzioni di libreria utilizzate nella stesura del programma sviluppato verranno successivamente spiegate nel capitolo 5.

5. SVILUPPO SOFTWARE PLC/HMI: CEMB S.p.A.

5.1 Introduzione

Questo capitolo rappresenta il fulcro della trattazione, in quanto in esso verrà descritto l'impianto di automazione reale da me gestito. Verranno esposte le caratteristiche della linea di movimentazione automatica, presentando le finalità dell'impianto, con la descrizione del layout meccanico ed elettrico e focalizzando l'attenzione sul software PLC, sviluppato da me e che gestisce l'intero sistema.

Il progetto consiste in una linea di movimentazione Pallet studiata per CEMB S.p.A., azienda che si occupa della produzione di macchine equilibratrici orizzontali e verticali, nonché di macchinari automatici dedicati all'asservimento di linee di produzione in ambito automotive [3].

5.2 Finalità dell'impianto

L'impianto è sito in Via Risorgimento n°9, 23926 Mandello del Lario (LC), è costituito da due fabbricati industriali realizzati su livelli differenti a causa della morfologia territoriale, messi in comunicazione attraverso un corridoio posto al primo piano.

L'impianto serve da collegamento tra il magazzino e il reparto produzione e il suo funzionamento prevede due modalità operative:

- **FLUSSO 1** - Introdurre bancali dal piano 1 e portarli al piano 0, su richiesta di un operatore;
- **FLUSSO 2** - Introdurre bancali al piano 0 e portarli al piano 1, su richiesta di un operatore.

I flussi vanno impostati attraverso due i pannelli operatore touch screen Siemens, detti *Human-Machine Interface* o più comunemente *HMI*, disponibili uno per piano e di cui si parlerà nel paragrafo 5.9. Tramite un apposito sistema di gestione flusso, l'operatore può selezionare il flusso desiderato o, nel caso la linea fosse in quel momento utilizzata secondo l'altro flusso operativo, può prenotarne l'utilizzo.

Il funzionamento operativo dell'impianto è consentito secondo due modalità:

- **MANUALE**: l'operatore può scegliere quali tratti muovere manualmente, sfruttando le funzionalità dei pannelli *HMI*;
- **AUTOMATICO**: la gestione della movimentazione è interamente affidata al software PLC.

5.3 Suddivisione Impianto

L'impianto è suddiviso in tre zone operative:

- 1) **Zona piano 1**, in cui è presente anche il quadro elettrico principale, matricola 19016, il cui funzionamento è previsto sia in modalità “manuale” che “automatico” indipendentemente dalla modalità di funzionamento del piano 0;
- 2) **Zona piattaforma elevatrice o “lift”**, il cui modo di funzionamento è legato al modo in cui funzionano le altre 2 zone:
 - Se entrambi i piani operano in modalità “automatico”, la zona “lift” opera in modo automatico;
 - Se almeno un piano opera in modalità “manuale”, la zona “lift” opera in modo “manuale”.
- 3) **Zona piano 0**, la cui modalità di funzionamento “manuale” o “automatico” è indipendente da quella del piano 1.

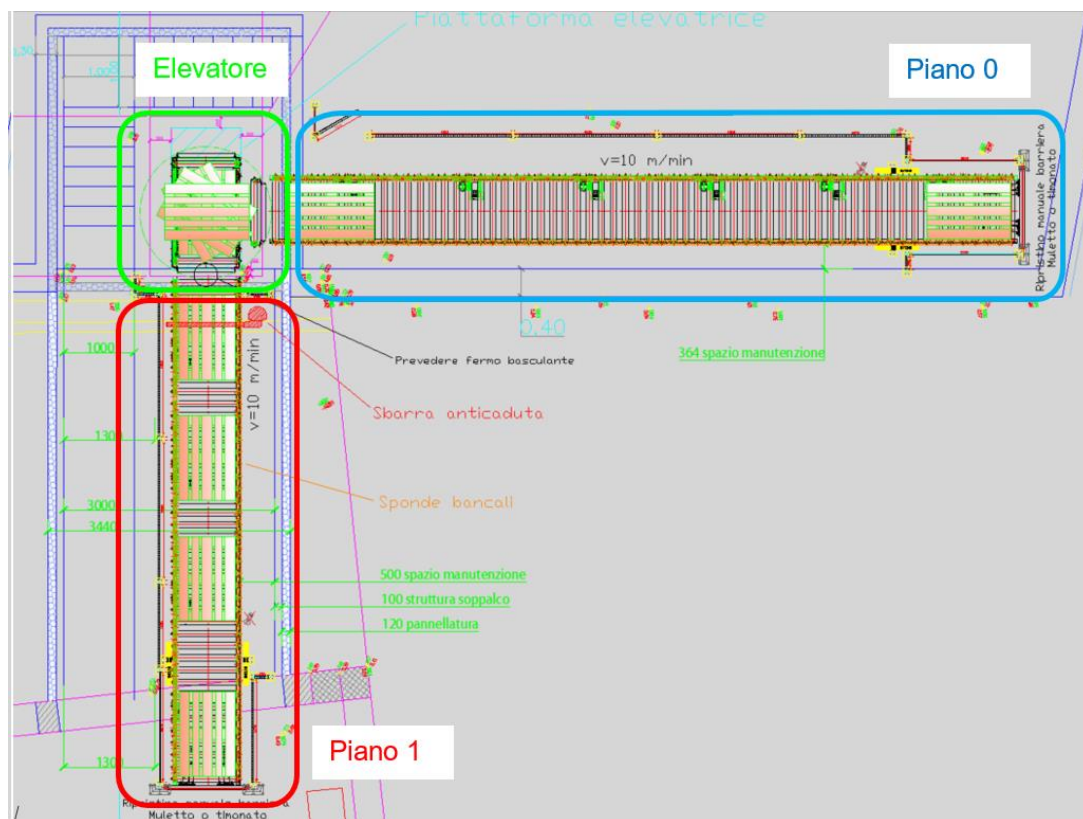


Figura 5. 1 - Suddivisione dell'impianto [18]

Per la gestione del software PLC, vengono dunque identificate tre aree operative:

- 1) **AREA 1 – PRIMO PIANO**, contenente la ZONA 1 – PIANO 1;
- 2) **AREA 2 – PIATTAFORMA**, contenente la ZONA 2 – LIFT;
- 3) **AREA 3 – TERRA**, contenente la ZONA 3 – PIANO 0.

5.4 Dati riepilogativi generali

5.4.1 Area 1 – Zona 1 – Piano 1

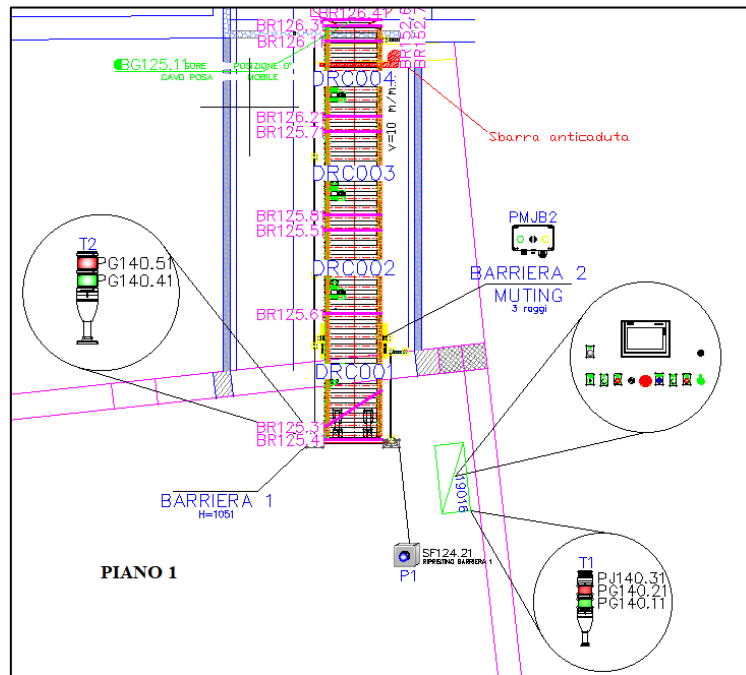


Figura 5. 2 - Layout elettrico area1 - zona 1 - piano 1 [18]

Il piano 1 è costituito da convogliatori a rulli, motorizzati con motori elettrici trifase, che possono essere movimentati in entrambi i sensi di marcia, così da garantire entrambi i flussi di lavoro. Ogni convogliatore viene identificato per mezzo della sigla DRC (*Drive Roller Conveyor*), seguita dal numero identificativo.



Figura 5. 3 - DRC Interroll per trasporto bancali [10]

Al piano 1 sono presenti quattro convogliatori, dal DRC001 al DRC004. I convogliatori per la movimentazione di bancali sono caratterizzati da rulli aventi diametro maggiore e da una struttura e materiali adatti al trasporto di UdC fino a 1000 kg.

Il tratto DRC001 consente l'introduzione o la presa in carico del bancale da parte dell'operatore, mentre il tratto DRC004 consente il trasporto del bancale tra la linea e l'elevatore.

Su ogni DRC sono posizionate due fotocellule, identificate per mezzo della sigla BR seguita dal numero identificativo, per rilevare la presenza del bancale in entrambi i sensi di marcia.

Sul DRC001 è presente una terza fotocellula posizionata in modo obliquo, per rilevare la presenza del banchale in fase di carico (flusso 1 attivo).

In questo piano è presente il quadro elettrico principale, con relativo pannello operatore HMI-1 e la torretta T1, composta da una lampada verde, una lampada rossa e una sirena e la cui gestione verrà dettagliata nel paragrafo 5.8.6. Sono inoltre presenti una seconda torretta, T2, due barriere di emergenza fotoelettriche, denominate rispettivamente “barriera 1” e “barriera 2 – muting”, un pulsante denominato P1 e una barra anticaduta. La gestione delle barriere, del pulsante e della barra verrà dettagliata nel paragrafo 5.5.

5.4.2 Area 2 – Zona 2 – Elevatore

La zona elevatore è costituita da una piattaforma elevatrice a pantografo ELE-846 della Bolzoni [20], ad azionamento idraulico, sulla quale è installato un convogliatore a rulli motorizzato, il DRC005, il quale permette il passaggio dei bancali dalla piattaforma ai convogliatori posti al piano 0 e al piano 1 e viceversa, ed una ralla rotante, che permette la rotazione del DRC005 tra 0° e 90°.

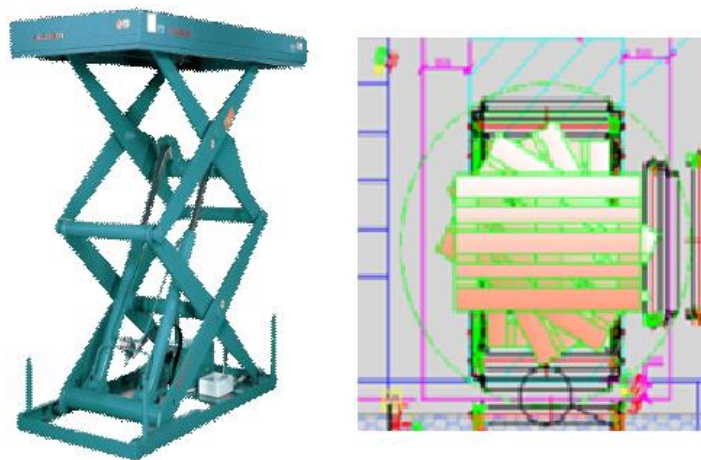


Figura 5. 4 - Piattaforma elevatrice a pantografo Bolzoni e Layout elettrico area2 – zona 2 – elevatore [18]

La piattaforma è munita di una centralina elettroidraulica, la quale controlla un impianto idraulico a semplice effetto corrispondente a quello riportato nelle figure successive. Sui cilindri è montata una valvola di ritegno ad azionamento elettrico a funzionamento NC.

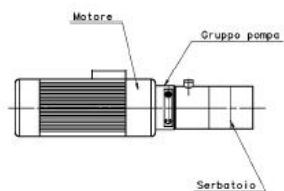


Figura 5. 5 - Schema del sistema motore-pompa-serbatoio e caso reale

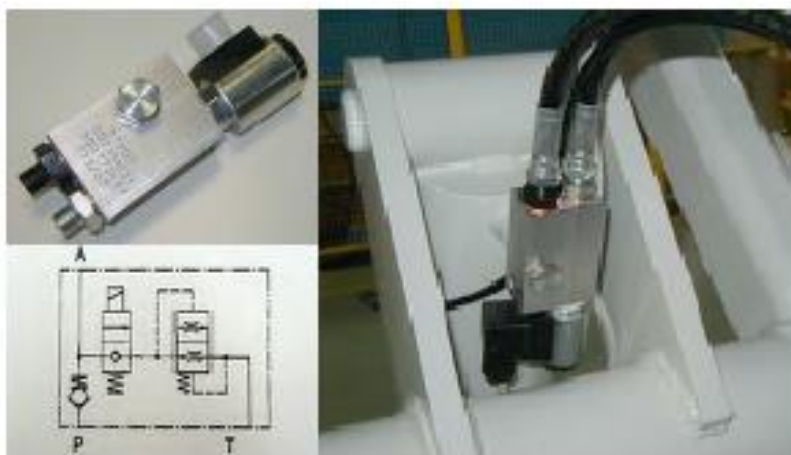


Figura 5. 6 - Valvola di ritegno ad azionamento elettrico per il controllo della discesa del pantografo

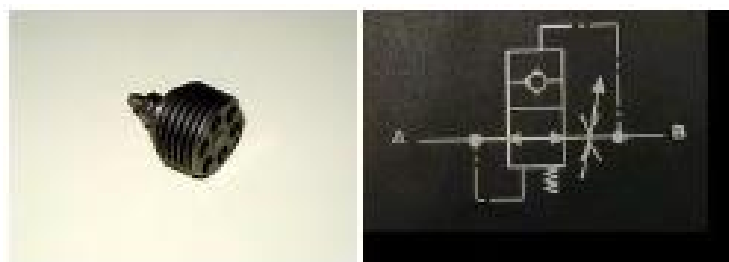


Figura 5. 7 - Valvola di sicurezza montata nel fondello dei cilindri

Per garantire il corretto funzionamento del sistema in piena sicurezza, l'elevatore è stato gestito nel seguente modo:

- Quando l'elevatore si trova al Piano 0, per permettere il passaggio dei bancali dalla piattaforma ai convogliatori posti sul piano e viceversa, la piattaforma deve essere posizionata a 90°;
- Quando l'elevatore si trova al Piano 1, per permettere il passaggio dei bancali dalla piattaforma ai convogliatori posti sul piano e viceversa, la piattaforma deve essere posizionata a 0°;
- La piattaforma può ruotare tra 0° e 90° solo quando si trova al Piano 0, per evitare oscillazioni in quota;
- La piattaforma deve trovarsi in posizione 0° per permettere il Sollevamento/Abbassamento dell'elevatore, così da garantire il corretto bilanciamento del carico trasportato durante la fase di salita e discesa.

5.4.3 Area 3 – Zona 3 – Piano 0

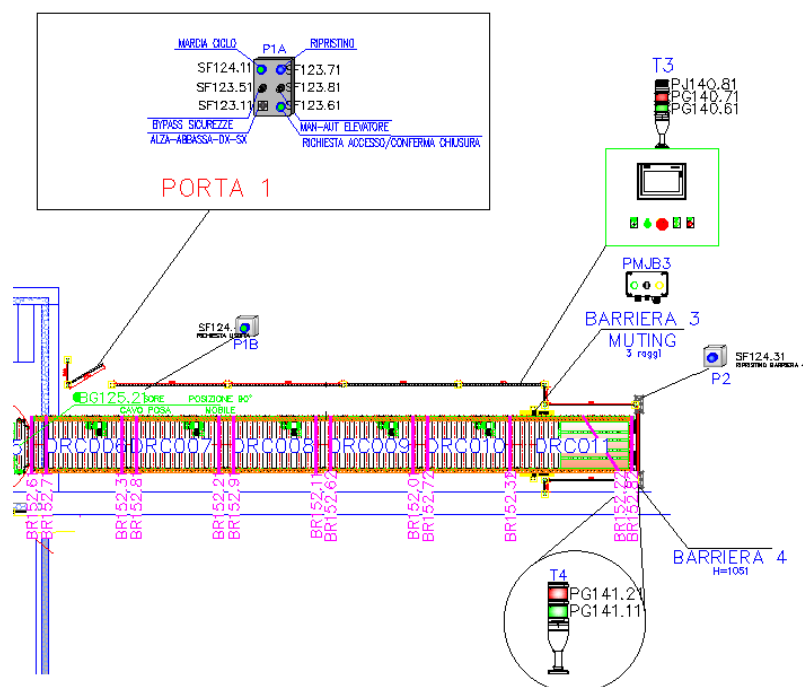


Figura 5. 8 - Layout elettrico are31 - zona 3 - piano 3 [18]

Il piano 0 è costituito da convogliatori a rulli, motorizzati con motori elettrici trifase, che possono essere movimentati in entrambi i sensi di marcia, così da garantire entrambi i flussi di lavoro. Sono quindi presenti sei convogliatori motorizzati, dal DRC006 al DRC011: il tratto

DRC011 consente l'introduzione o la presa in carico del bancale da parte dell'operatore mentre il tratto DRC006 consente il trasporto dei bancali tra la linea e l'elevatore.

Su ogni DRC sono posizionate due fotocellule per rilevare la presenza del bancale in entrambi i sensi di marcia. Sul DRC011 è presente una terza fotocellula posizionata in modo obliquo, per rilevare la presenza del bancale in fase di carico (flusso 2 attivo).

In questo piano è posizionato il secondo pannello operatore, HMI-2, e la torretta T3, composta da una lampada verde, una lampada rossa e una sirena e la cui gestione verrà dettagliata nel paragrafo 5.8.6. Sono inoltre presenti una seconda torretta, T4, due barriere di emergenza fotoelettriche, denominate rispettivamente "barriera 4 - muting" e "barriera 3", un pulsante denominato P2, una pulsantiera denominata P1A e un pulsante denominato P1B. Al piano 0 è presente un'area protetta alla quale è possibile accedere mediante una porta normalmente chiusa e bloccata. Per entrare nell'area protetta è necessario seguire una specifica procedura di accesso, illustrata assieme alla gestione delle barriere e dei pulsanti nel paragrafo 5.5.

5.5 Procedure, sicurezze e accessi

La sicurezza sul luogo di lavoro è un tema cruciale nella progettazione di un impianto; troppo spesso, infatti, si apprendono notizie tragiche in merito ad infortuni o morti sul luogo di lavoro, ed è per questo che è necessario progettare ogni impianto e tipologia di lavorazione in modo tale da garantire l'assoluta sicurezza del personale coinvolto.

In questo paragrafo verranno descritte le corrette procedure di utilizzo dell'impianto, di ripristino delle emergenze e le tecnologie di sicurezza presenti. Chiunque utilizzi l'impianto deve rispettare meticolosamente le procedure descritte, così da operare in totale sicurezza.

5.5.1 Carico e scarico bancali al piano 1

L'inserimento dei bancali, essendo manuale, è lasciato al buon senso del personale che dovrà preoccuparsi di garantire un corretto posizionamento sui convogliatori motorizzati, in modo che il bancale si presenti con il lato lungo rivolto nel senso di marcia e che si trovi al centro dei rulli.

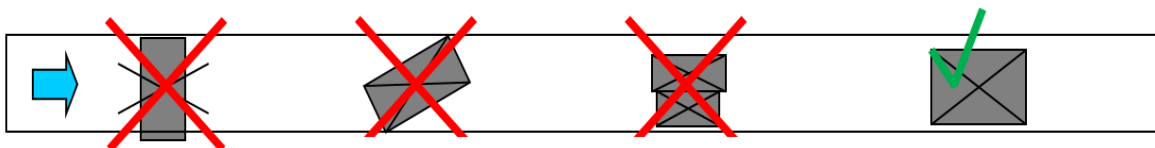


Figura 5. 9 - Schema della modalità di corretto inserimento bancali in linea [18]

Per gli inserimenti al piano 1 con destinazione piano 0, l'operatore può effettuare il carico dei bancali sul tratto DRC001 solo se la lampada verde posizionata sulla torretta T2 è accesa fissa e la lampada rossa lampeggia. L'operatore posiziona dunque con il carrello elevatore il bancale sul tratto DRC001, scatenando l'emergenza della barriera 1, quindi ripristina l'emergenza premendo il pulsante P1.

Quando un bancale con destinazione piano 1 si trova sul tratto DRC001 ed il tratto è fermo, l'operatore può procedere allo scarico dello stesso con il carrello elevatore, scatenando l'emergenza della barriera 1, quindi ripristinare l'emergenza premendo il pulsante P1.

5.5.2 Carico e scarico bancali al piano 0

Per gli inserimenti al piano 0 con destinazione piano 1, l'operatore può effettuare il carico dei bancali sul tratto DRC011 solo se la lampada verde posizionata sulla torretta T4 è accesa fissa e la lampada rossa lampeggia. L'operatore posiziona dunque con il carrello elevatore il bancale sul tratto DRC011, scatenando l'emergenza della barriera 4, quindi ripristina l'emergenza premendo il pulsante P2.

Quando un bancale con destinazione piano 0 si trova sul tratto DRC011 ed il tratto è fermo, l'operatore può procedere allo scarico dello stesso con il carrello elevatore scatenando l'emergenza della barriera 4, quindi ripristinare l'emergenza premendo il pulsante P2.

5.5.3 Barriere muting

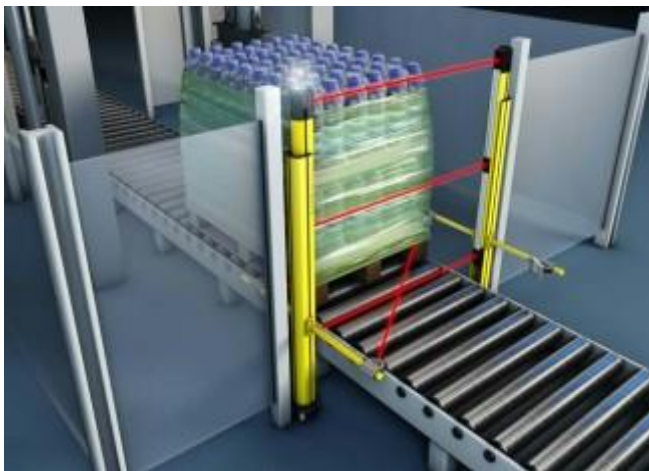


Figura 5. 10 - Rendering del passaggio di un trasporto autorizzato attraverso una barriera di muting [23]

Sul tratto DRC002 e DRC011 sono presenti due barriere di muting, rispettivamente la barriera 2-muting e la barriera 3-muting: se uno dei due tratti viene attraversato da un bancale, la barriera non scatena alcuna emergenza, in quanto l'impegno in sequenza della fotocellula di controllo verticale e di quattro fotocellule orizzontali strategicamente posizionate determina il riconoscimento del trasporto autorizzato.

In caso di introduzione non autorizzata di oggetti e/o persone, l'impegno non sincronizzato delle fotocellule determina l'attivazione dell'emergenza di tutto l'impianto.

A seguito dell'impegno di una delle due barriere di muting, bisogna verificare la causa che ha scatenato l'emergenza generale. Una volta accertata la messa in sicurezza dell'impianto, è necessario resettare la barriera, attraverso l'apposito pulsante di reset posizionato accanto ad essa, dunque recarsi al quadro elettrico principale 19016 per premere il pulsante blu di ripristino emergenza. L'impianto riprenderà dunque la sua normale operatività.

5.5.4 Barra anticaduta

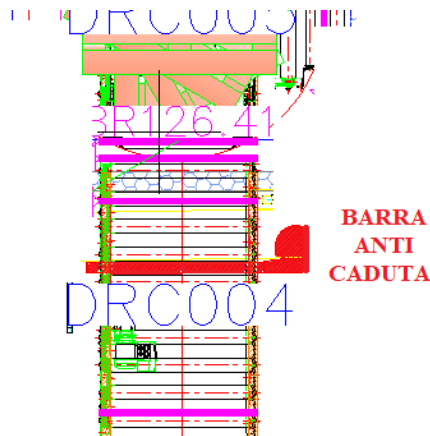


Figura 5. 11 - Layout elettrico della barriera anticaduta sul DRC004 [18]

Sul tratto DRC004, al piano 1 immediatamente prima alla zona elevatore, è presente una barra anticaduta, normalmente abbassata per ostruire il passaggio verso la zona di pericolo rappresentata dalla zona 2 (elevatore), e che viene alzata solo durante il transito di un bancale sul DRC004. Se l'impianto risulta in emergenza, la sbarra viene abbassata a prescindere dalla presenza o meno di un bancale sul DRC004, per impedire l'accesso alla zona di pericolo (elevatore) a merci e/o persone.

L'emergenza può essere scatenata sia dall'azionamento di uno dei due funghi di emergenza presenti nell'impianto, sia dall'apertura della porta di accesso alla zona elevatore che dall'attivazione di una delle due barriere di muting. Una volta ripristinata la situazione di totale sicurezza dell'impianto, per resettare l'emergenza dello stesso è necessario premere il pulsante blu di ripristino emergenza presente sul quadro elettrico principale 19016.

5.5.5 Accesso porta zona elevatore

Per accedere alla zona elevatore/piano 0 attraverso la porta 1, l'operatore si reca in corrispondenza della pulsantiera P1A e preme il pulsante verde "Richiesta accesso". L'impianto eseguirà dunque la procedura di arresto morbido e, una volta conclusa, l'elettroserratura della porta viene sbloccata, scatenando l'emergenza dell'intero impianto (la barra anti caduta si abbassa se risulta essere alzata, la potenza ai motori viene tagliata e i movimenti dell'elevatore sono inibiti). L'operatore può dunque aprire la porta ed eseguire le operazioni necessarie all'interno dell'area, in totale sicurezza. Per uscire dall'area elevatore, l'operatore dovrà premere il pulsante "richiesta uscita" posizionato all'interno dell'area, uscire e chiudere la porta entro un tempo prestabilito. Una volta chiusa la porta, dovrà premere il pulsante verde "conferma chiusura porta" posizionato sulla pulsantiera P1A, così da ripristinare l'elettroserratura.

Per resettare l'emergenza, bisogna dunque premere il pulsante blu di ripristino su pulsantiera P1A, così da ripristinare il circuito di emergenza. Premendo dunque il pulsante “marcia ciclo”, sarà possibile dare marcia a tutte le zone che in quel momento hanno il selettore a chiave impostato su “automatico”.

5.6 Configurazione Hardware

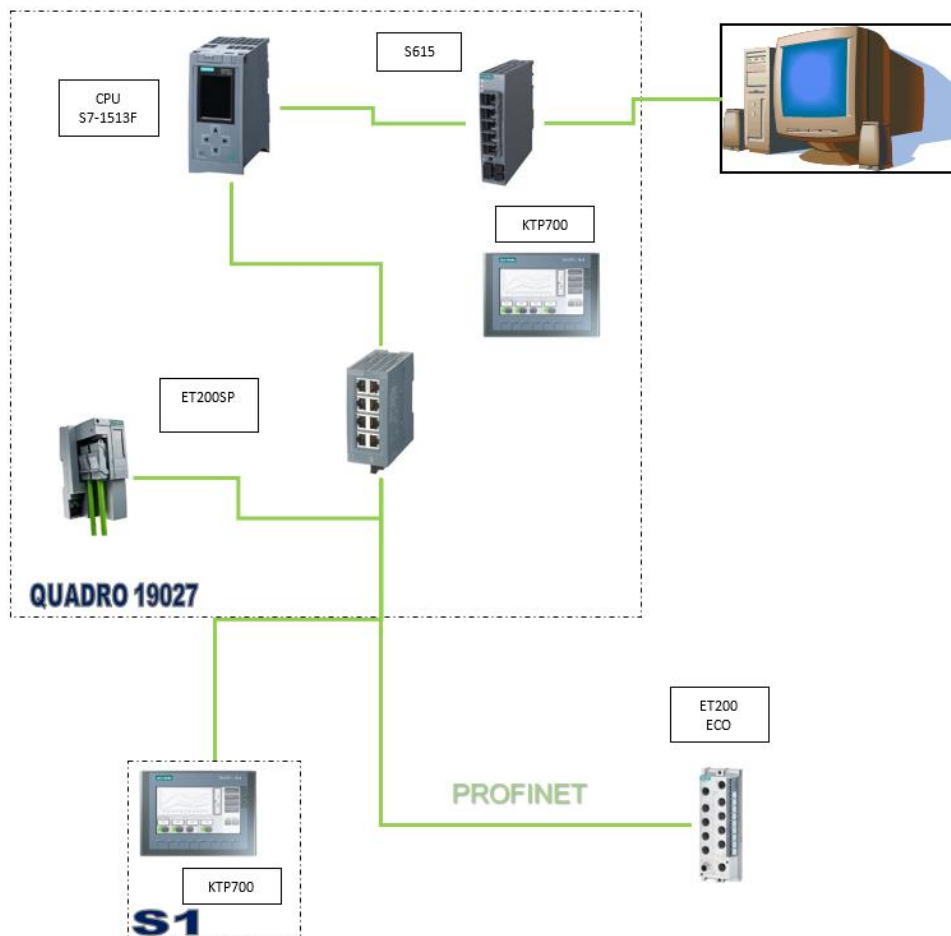


Figura 5. 12 - Schema della configurazione hardware dell'impianto e della rete profinet

All'interno del quadro elettrico 19016 è presente l'unità di controllo (PLC SIEMENS S7 1513F-1 PN) responsabile di tutta la movimentazione delle zone sopradescritte. Al piano 0 invece è presente un modulo remoto ET200SP al fine di cablare dispositivi anche distanti dall'unità di controllo.

Il PLC, attraverso la sua rete PROFINET, controlla l'infrastruttura di automazione locale alla quale sono agganciati tutti i “*device profinet*” progettati, si tratta principalmente dei due

pannelli operatore HMI SIEMENS KTP700 BASIC, che permettono di monitorare lo stato di funzionamento dell'impianto e svolgere le principali funzioni di gestione dello stesso.

È inoltre presente un modulo SIEMENS SCALANCE S615, collegato alla rete interna del cliente, il quale permette di raggiungere il PLC da remoto tramite VPN [7].

Elemento	Indirizzo IP	Subnet mask	Gateway
CPU 1513F-1PN	172.31.10.254	255.255.0.0	172.31.1.1
Pannello operatore TP700 comfort HMI-1	172.31.10.231		
Pannello operatore TP700 comfort HMI-2	172.31.10.232		
ET200SP	172.31.10.181		

Tabella 5. 1 - indirizzi IP, Subnet Mask e Gateway di ogni dispositivo hardware utilizzato [18]

5.7 Comandi

Si vogliono mettere in evidenza i comandi possibili tramite i pulsanti presenti nel quadro generale e in quelli periferici.

5.7.1 Quadro 19016

Nella seguente tabella vengono descritti i comandi relativi ai componenti presenti sul quadro elettrico 19016.

NOME	COMPONENTE	AZIONE	COMBINAZIONE	FUNZIONE
Presenza 24 V dc	Spia luminosa bianca			Segnala la presenza del 24 V dc
Fungo emergenza		Pressione		Emergenza impianto
Ripristino emergenza	Pulsante blu luminoso	Pressione con sicurezze in condizioni idonee (lampeggio rapido)		Ripristino emergenza impianto

Abilita VPN	Selettore a chiave a due posizioni	Posizione 1		Permette l'abilitazione della VPN su S615
Manuale/ Automatico locale	Selettore a chiave a due posizioni	Posizione manuale	Pulsante marcia locale Pulsante arresto locale	Attivazione manuale dei dispositivi selezionati Disattivazione manuale dei dispositivi selezionati
		Posizione automatico		Arresto comandi manuali Attivazione del modo automatico Ciclo non attivo
		Posizione automatico	Pulsante marcia locale	Attivazione modo automatico Segnalazione acustica di tre secondi su torretta Ciclo automatico attivo
		Passaggio da automatico a manuale		Stop hard Ciclo non attivo Attivazione modo manuale
Marcia locale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Attivazione ciclo automatico locale

Arresto locale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Stop soft locale
Marcia generale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Attivazione ciclo automatico delle zone con selettore in automatico
Arresto locale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Stop soft impianto

Tabella 5.2 - Comandi relativi ai componenti presenti sul quadro elettrico 19016

5.7.2 Cassetta S1.1

Nella seguente tabella vengono descritti i comandi relativi ai componenti presenti sulla cassetta S1.1, posizionata in prossimità della zona di carico/scarico al piano 0.

NOME	COMPONENTE	AZIONE	COMBINAZIONE	FUNZIONE
Fungo emergenza		Pressione		Emergenza impianto
Manuale/ Automatico locale	Selettore a chiave a due posizioni	Posizione manuale	Pulsante marcia locale Pulsante arresto locale	Attivazione manuale dei dispositivi selezionati Disattivazione manuale dei dispositivi selezionati
		Posizione automatico		Arresto comandi manuali Attivazione del modo automatico Ciclo non attivo
		Posizione	Pulsante marcia	Attivazione modo

		automatico	locale	automatico Segnalazione acustica di tre secondi su torretta Ciclo automatico attivo
		Passaggio da automatico a manuale		Stop hard Ciclo non attivo Attivazione modo manuale
Marcia locale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Attivazione ciclo automatico locale
Arresto locale	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Stop soft locale

Tabella 5.3 - Comandi relativi ai componenti presenti sulla cassetta SI.1

5.7.3 Cassetta P1A

Nella seguente tabella vengono descritti i comandi relativi ai componenti presenti sulla cassetta P1A, posizionata in prossimità della porta di accesso alla zona elevatore.

NOME	COMPONENTE	AZIONE	COMBINAZIONE	FUNZIONE
Manuale/ Automatico locale	Selettore a chiave a due posizioni	Posizione manuale	Pulsanti freccia locali	Attivazione manuale dei dispositivi selezionati
		Posizione automatico		Arresto comandi manuali Attivazione del modo automatico Ciclo non attivo
		Posizione	Pulsante marcia	Attivazione modo

		automatico	ciclo	automatico Segnalazione acustica di tre secondi sulle torrette T1 e T3 Ciclo automatico attivo
		Passaggio da automatico a manuale		Stop hard Ciclo non attivo Attivazione modo manuale
Marcia ciclo	Pulsante	Pressione	Modo automatico	Attivazione ciclo automatico delle zone con selettore in automatico
Freccia su	Pulsante	Pressione	Modo manuale	Salita piattaforma
Freccia giù	Pulsante	Pressione	Modo manuale	Discesa piattaforma
Freccia destra	Pulsante	Pressione	Modo manuale	Marcia DRC5 indietro
Freccia sinistra	Pulsante	Pressione	Modo manuale	Marcia DRC5 avanti
Freccia destra	Pulsante	Pressione	Modo manuale + marcia ciclo	Rotazione piattaforma in senso orario
Freccia sinistra	Pulsante	Pressione	Modo manuale + marcia ciclo	Rotazione piattaforma in senso antiorario

Bypass sicurezze	Selettore a chiave a due posizioni (monostabile)	Posizione 1	Comando manuale	Durante il funzionamento in manuale, inibisce il controllo di sicurezza relativo alle fotocellule di fuori ingombro.
-----------------------------	---	-------------	--------------------	--

Tabella 5.4 - Comandi relativi ai componenti presenti sulla cassetta PIA

5.8 Software PLC

Viene ora presentato il software PLC da me creato, corpo centrale di questa trattazione e responsabile del funzionamento della linea di movimentazione, creato in ambiente di sviluppo SIEMENS TIA PORTAL [16].

Il programma è stato sviluppato seguendo l'organizzazione in cartelle di lavoro descritta al paragrafo 4.8, così da rendere velocemente individuabile ogni sezione specifica dello stesso e facilitare l'eventuale futura attività di assistenza. Verranno dunque analizzati i vari blocchi di programma, al fine di comprendere la gestione della linea di movimentazione in ogni suo aspetto.

5.8.1 Configurazione dispositivi Profinet

Il primo step di programmazione consiste nella configurazione Hardware dei vari dispositivi dell'impianto. Nell'apposita sezione dell'ambiente di programmazione, sono stati dunque inseriti i dispositivi che comunicano tramite protocollo Profinet.

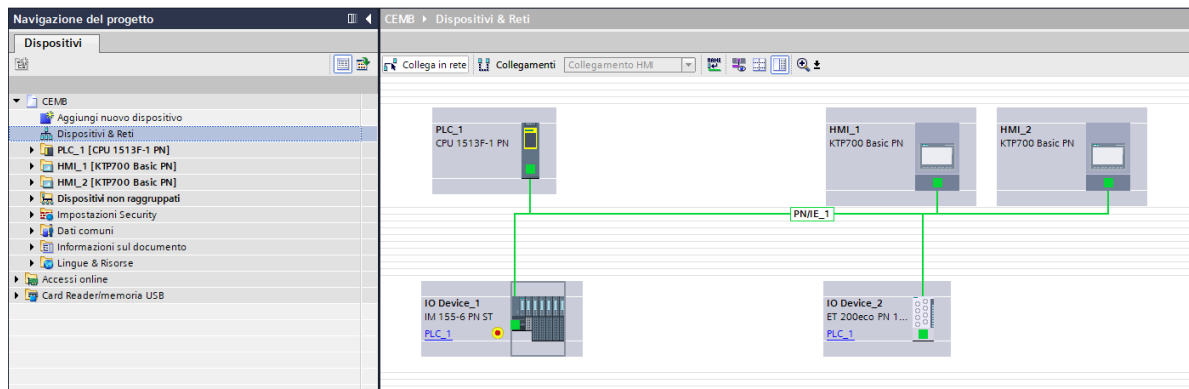


Figura 5. 13 - Configurazione hardware dei dispositivi profinet [18]

Si nota come, per quanto riguarda il PLC, sia stata utilizzata una CPU Safety Integrated, che integra già la gestione del circuito di emergenza, senza il bisogno di utilizzare componenti terzi.

I vantaggi nell'utilizzare una CPU Safety Integrated sono [21]:

- Verifica della sicurezza macchina semplificata, conforme alla normativa ISO 13849 e EN 62061;
- Migliore efficienza e tempi più rapidi di progettazione;
- Nessuna necessità di hardware aggiuntivo (es. relè di sicurezza) e conseguenti minori costi di cablaggio e di installazione;

- Maggiore flessibilità, in quanto possono essere realizzati concetti pratici di sicurezza e di funzionamento senza stravolgere il progetto iniziale;
- Maggiore affidabilità del circuito di emergenza, in quanto vengono eliminati gli elementi di commutazione elettromeccanici, spesso soggetti a guasti.

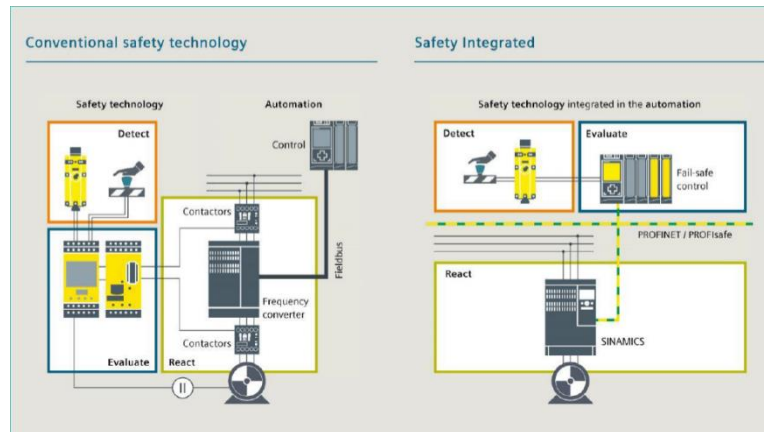


Figura 5. 14 - Differenze tra sistema safety convenzionale e safety integrated

« La prevenzione degli infortuni non deve essere vista come una disposizione di legge, ma come un dettame della responsabilità umana e del buon senso economico. »

Ernst Wernervon Siemens, 1880

Per gestire i segnali in ingresso e in uscita al quadro principale, è stato utilizzato un modulo d'interfaccia Profinet SIMATIC ET200SP, a cui sono state collegati i moduli di ingresso e uscita dei segnali PLC. Nell'impianto trattato sono stati utilizzati solo segnali digitali e si hanno dunque in sequenza:

- 3 moduli Digital Input – Fail Safe, per la gestione dei segnali in ingresso relativi al circuito di emergenza;
- 1 modulo Digital Output – Fail Safe, per la gestione dei segnali in uscite relativi al circuito d'emergenza;
- 4 moduli Digital Input 16 bit (2 Byte) per la gestione degli ingressi cablati sul quadro 19016;
- 4 moduli Digital Output 16 bit per la gestione delle uscite cablate direttamente sul quadro 19016.

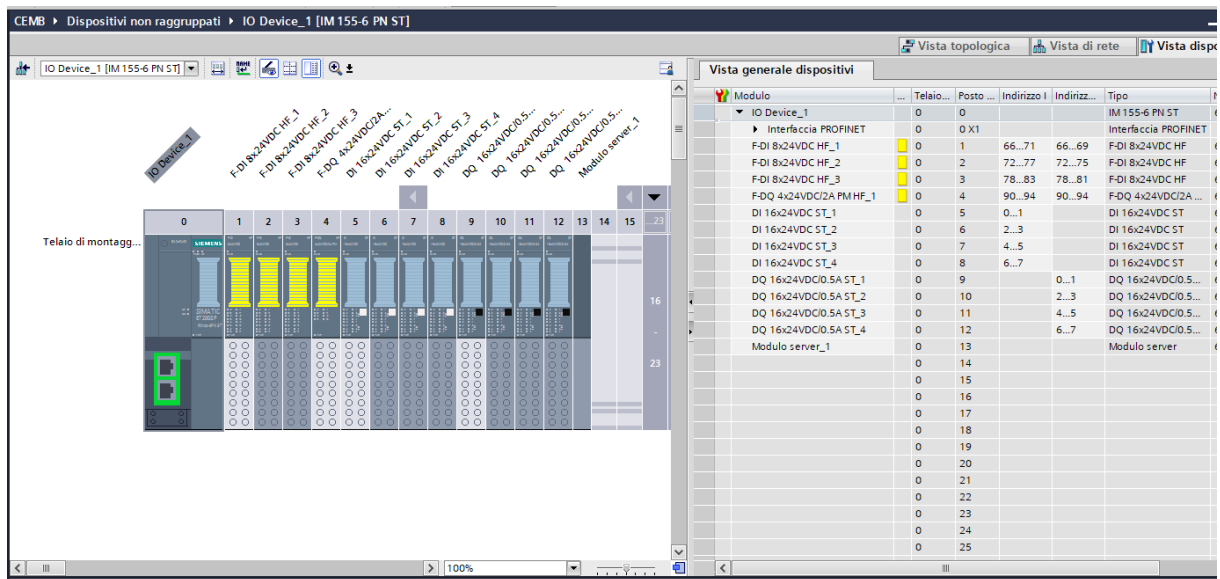


Figura 5. 15 - Configurazione hardware SIMATIC ET200SP [18]

In figura si nota come il primo modulo di ogni tipologia risulta “chiaro” mentre gli altri sono “scuri”: il primo è infatti un modulo alimentato, che fornisce alimentazione elettrica anche ai successivi della stessa tipologia.

Ad ogni modulo di ingresso/uscita è stato assegnato un indirizzo (%Ix.y per gli ingressi, %Qx.y per le uscite), deciso in fase di progettazione elettrica e comunicato al reparto PLC tramite un apposito documento (I/O list).

Oltre alla CPU e al modulo server, sono stati configurati uno SIEMENS SCALANCE ET200 ECO per la gestione dei segnali dei dispositivi al piano 0, e due pannelli HMI, denominati Hmi_1 e Hmi_2, per gestire l’interfaccia uomo-macchina nei due piani.

Dopo aver inserito i dispositivi necessari, ricercandoli nella libreria del TIA Portal attraverso il loro codice identificativo, è stato loro assegnato un indirizzo IP e il nome profinet, indispensabili affinché i vari componenti della rete comunichino tra loro.

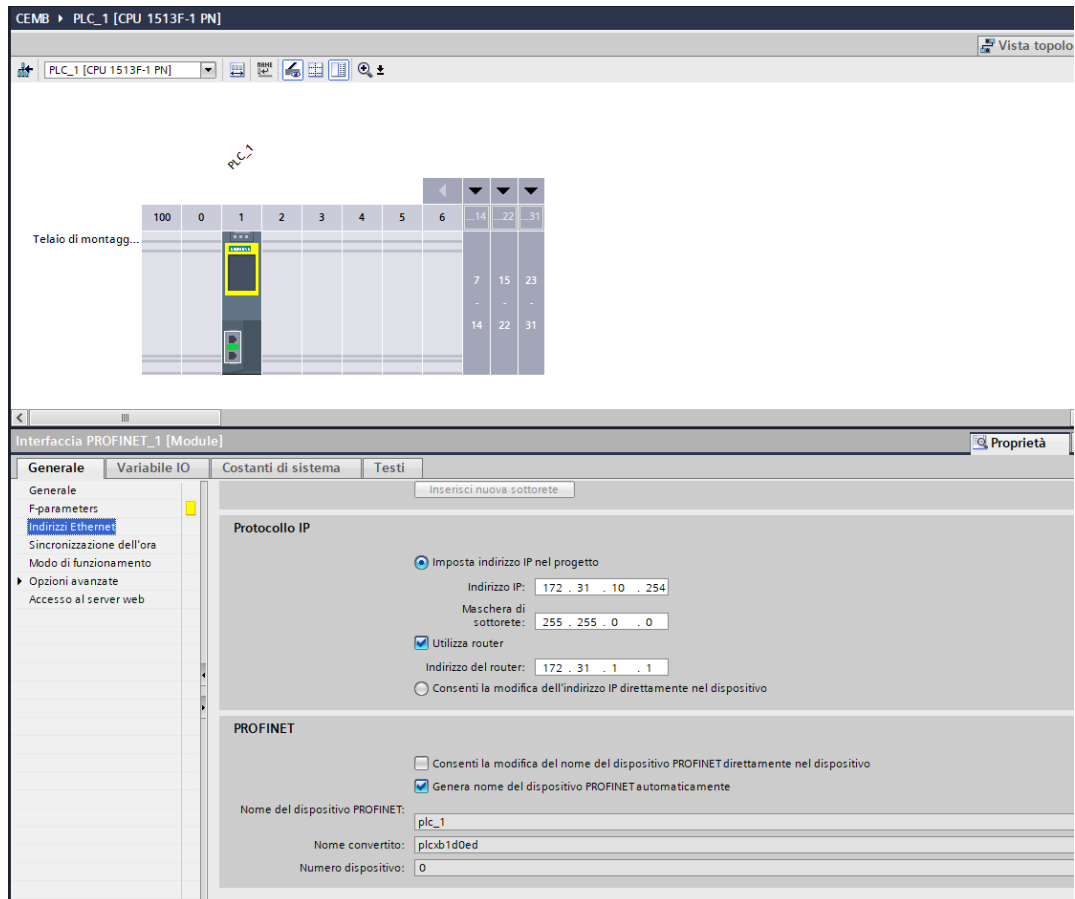


Figura 5. 16 - Configurazione protocollo IP della CPU [18]

L'indirizzo IP, la maschera di sottorete, l'indirizzo del router e il nome PROFINET sono stati impostati secondo i canoni definiti dallo standard di programmazione Incas.

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

Tabella 5. 5 - Standard Incas su assegnazione indirizzi IP [18]

Come ultima operazione di configurazione, sono stati collegati i due pannelli HMI direttamente al PLC, oltre che alla rete PROFINET, così da creare la correlazione tra le variabili definite nel PLC e le variabili utilizzate in ognuno dei due pannelli.

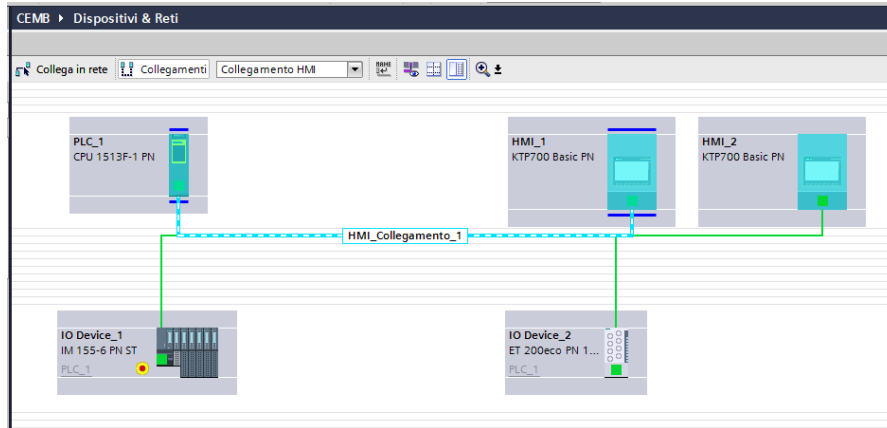


Figura 5. 17 - Collegamento PLC-HMI1-HMI2 [18]

Terminata l'operazione di configurazione dei dispositivi sono state definite, nell'apposita sezione del programma, le variabili input/output utilizzate. Ad ogni variabile, cui corrisponde un indirizzo (%I"n°byte"."n°bit" per gli input, %Q"n°byte"."n°bit" per gli output), è stato assegnato un nome secondo la nomenclatura dello standard Incas, oltre che ad un commento per comprendere intuitivamente l'utilità della variabile stessa.

Nome	Tipo di dati	Indirizzo	Ritenz...	Acces...	Scrivi...	Visibil...	Controllo	Commento
1	BR152.61	Bool	%I0.0	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-FUORINGOMBRO SU DRC006
2	BR152.31	Bool	%I0.1	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC006 VERSO DRC007
3	BR152.71	Bool	%I0.2	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC006 VERSO DRC005
4	BR152.21	Bool	%I0.3	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC007 VERSO DRC008
5	BR152.81	Bool	%I0.4	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC007 VERSO DRC006
6	BR152.11	Bool	%I0.5	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC008 VERSO DRC009
7	BR152.91	Bool	%I0.6	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC008 VERSO DRC007
8	BR152.01	Bool	%I0.7	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC009 VERSO DRC010
9	BR152.62	Bool	%I1.0	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC009 VERSO DRC008
10	BR152.32	Bool	%I1.1	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC010 VERSO DRC011
11	BR152.72	Bool	%I1.2	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA SU DRC010 VERSO DRC009
12	BR152.22	Bool	%I1.3	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA IN INGRESSO SU DRC011
13	BR152.82	Bool	%I1.4	☒	☒	☒	☒	ET200ECO-PRESENZA IN USCITA SU DRC011
14	LIBERO	Bool	%I1.5	☒	☒	☒	☒	ET200ECO:LIBERO
15	LIBERO(1)	Bool	%I1.6	☒	☒	☒	☒	ET200ECO:LIBERO
16	LIBERO(2)	Bool	%I1.7	☒	☒	☒	☒	ET200ECO:LIBERO
17	<Aggiungi>			☒	☒	☒	☒	

Figura 5. 18 - Definizione variabili PLC [18]

5.8.2 Safety

La prima parte di programma che verrà discussa riguarda la gestione dei segnali Safety, contenuta nella sottocartella 001-SAFETY della cartella principale Blocchi di programma.



Figura 5. 19 - Cartella 001-Safety [18]

La funzione FOB_RTG1 ha il compito di gestire tutto il blocco Safety e coordina le impostazioni del runtime del circuito di emergenza.

Le funzioni FB “Main_Safety_RTG1”, con il suo DB (Data Block) d’istanza (ovvero contenente esclusivamente i dati relativi alla sua funzione), rappresenta il blocco di programma principale del circuito safety ed è dunque richiamata nel Main (OB1) del programma. Tale funzione contiene il segnale di riconoscimento delle schede safety, che ne conferma il corretto funzionamento, e la FB “EMERGENZA GENERALE”, in cui sono state programmate le logiche generali inerenti al circuito di sicurezza dell’impianto.

Per ogni segnale proveniente da un dispositivo di sicurezza (funghi, barriere, porta, finecorsa anti-schiacciamento dell’elevatore) è stato previsto un segnale cumulativo, così da prevedere un eventuale futuro ampliamento del sistema di sicurezza dell’impianto. Tale segnale è un booleano e il suo valore è a “1” quando il dispositivo di riferimento è in sicurezza, a “0” quando invece sono presenti le condizioni per scatenare l’emergenza.

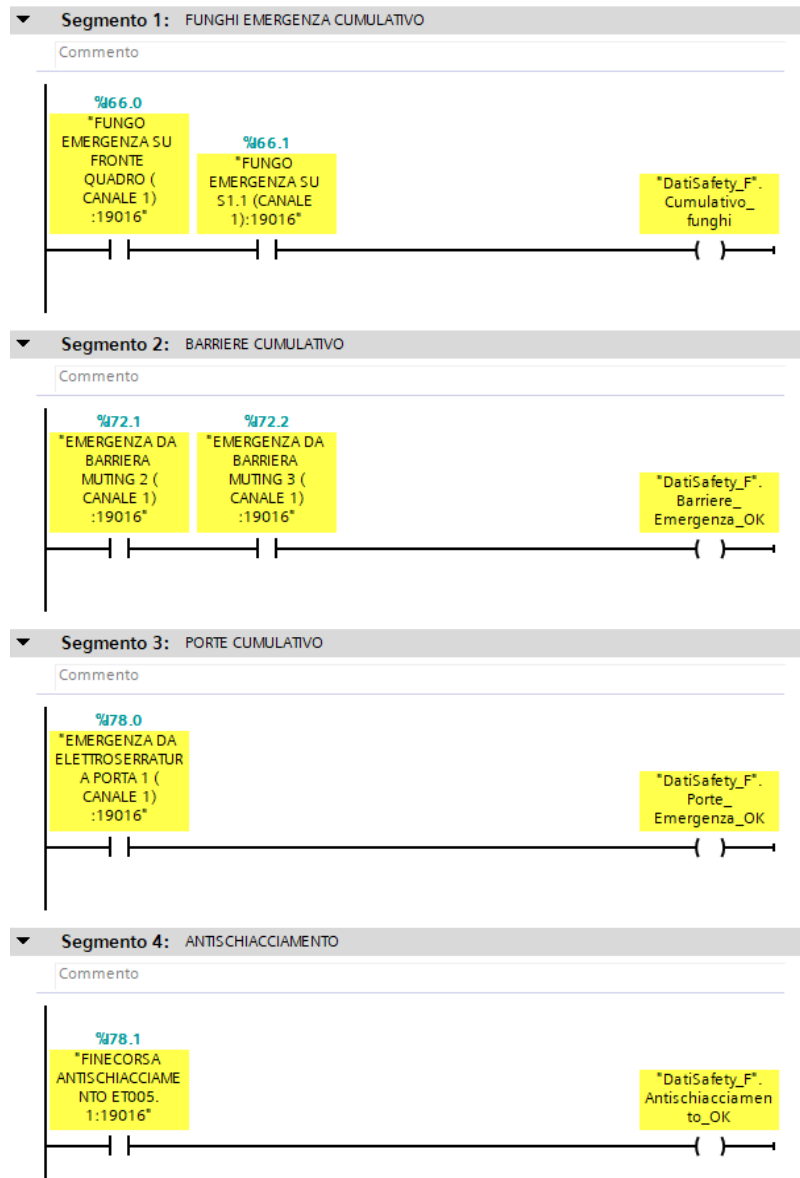


Figura 5. 20 - Cumulativi segnali di emergenza [18]

Per la gestione dell'emergenza, è stata dunque prevista una funzione ESTOP1 per ogni dispositivo di sicurezza (funghi d'emergenza, barriere, porta area elevatore). Questa funzione è alla base della realizzazione del programma safety e serve a generare un cumulativo emergenze con gestione del ripristino e arresto ritardato.

Il segnale in ingresso alla funzione è quello proveniente direttamente dai sensori di sicurezza presenti nell'impianto.

La funzione presenta 2 bit d'uscita:

- “Q” è il segnale di arresto immediato, avente valore 1 finché le condizioni di sicurezza sono rispettate, cioè tutti i bit collegati all'ingresso E_STOP sono a 1. Nel momento in

cui uno dei bit va a 0 anche Q immediatamente si porta a 0. Al ripristino di tutte le condizioni di sicurezza, la funzione segnala la possibilità di ritorno al normale funzionamento alzando il bit di uscita relativo alla richiesta di acknowledge (**ACK_REQ**). Quindi al verificarsi di un fronte positivo del bit d'ingresso **ACK** (collegato ai pulsanti di ripristino dei relativi dispositivi gestiti dalla funzione) il segnale Q torna allo stato di 1;

- **Q_DELAY**: ha lo stesso comportamento di Q, con la differenza che il passaggio da 1 a 0 viene ritardato del tempo impostato in **TIME_DEL** (impostato a 500 ms). Con questa uscita vengono gestiti gli allarmi di anomalia procedura di ripristino.

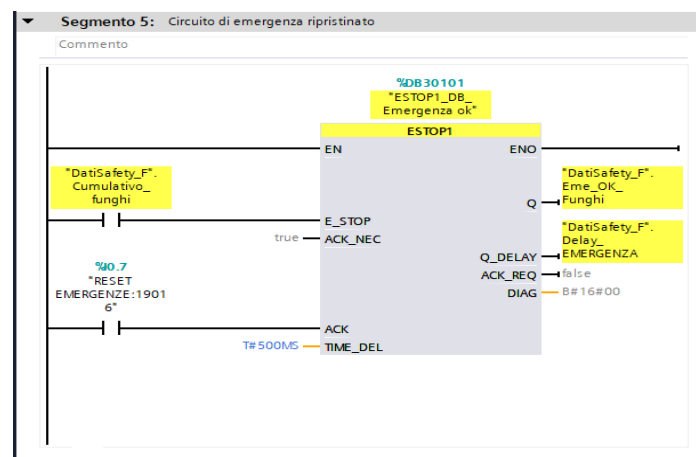


Figura 5. 21 - Funzione ESTOP1 per la gestione del circuito di emergenza [18]

I dispositivi collegati ad ogni uscita safety sono dunque monitorati con un controllo di feedback, che rappresenta un filtro tra la logica di comando e l'uscita. In caso di errore di feedback, viene azionato il comando di sicurezza di taglio potenza del relativo dispositivo di output.

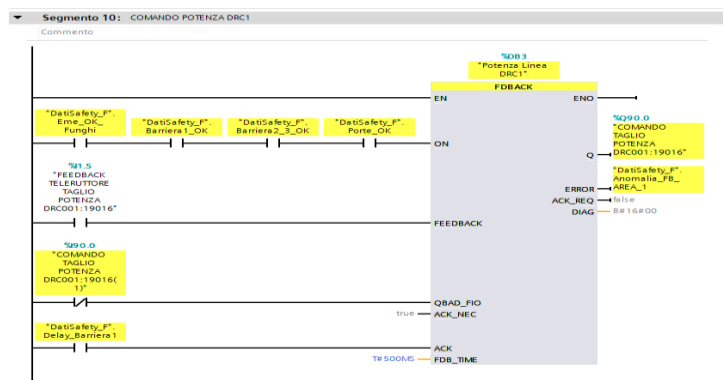


Figura 5. 22 - Funzione FDBACK per il controllo del circuito di potenza del DRC001[18]

Se per un qualsiasi motivo dovesse venir meno uno dei segnali di sicurezza provenienti dai blocchi ESTOP1, l'impianto risulterebbe dunque in emergenza. Di conseguenza, al fine di garantire una maggiore sicurezza al sistema di movimentazione automatica, viene inibito il comando dell'elettrovalvola che gestisce la discesa dell'elevatore, bloccandolo alla quota in cui si trova al momento dello scatenarsi dell'emergenza.

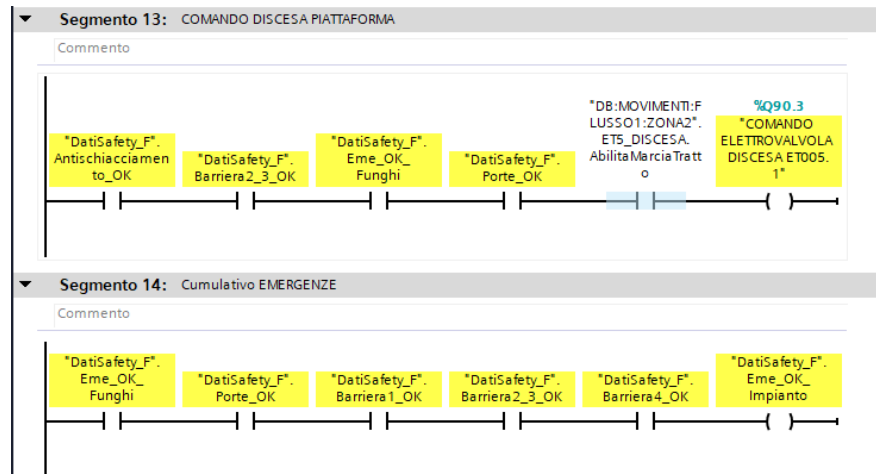


Figura 5. 23 - Comando elettrovalvola discesa elevatore e cumulativo segnale di emergenza impianto [18]

5.8.3 Allarmi

La parte di programma dedicata agli allarmi, contenuta nella cartella “010-ALLARMI”, risulta essere di fondamentale importanza per la gestione dell’impianto, in quanto la generazione di segnalazioni appropriate è indispensabile sia per controllare il funzionamento dell’impianto, che deve eventualmente essere arrestato in caso di emergenza, sia per comunicare all’operatore l’eventuale malfunzionamento del sistema, tramite un’opportuna segnalazione sui pannelli HMI presenti nell’impianto che verrà discussa nel paragrafo 5.9.

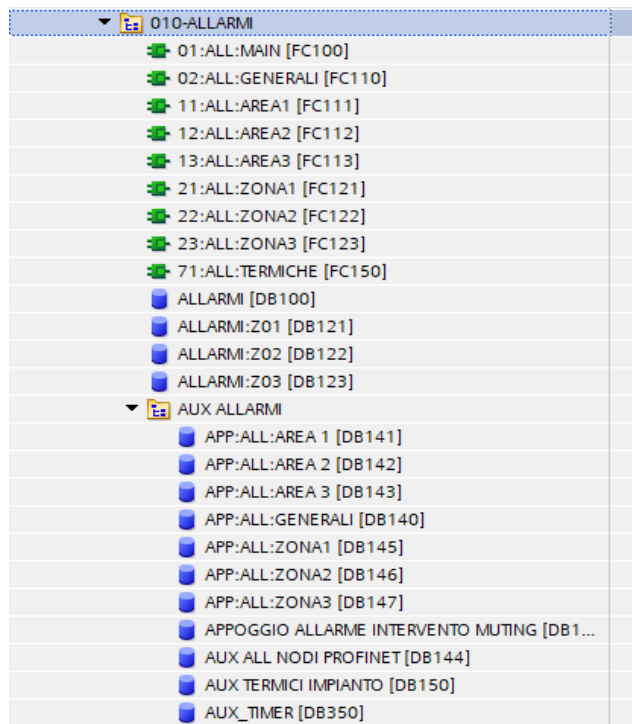


Figura 5. 24 - Cartella 010-ALLARMI [18]

Secondo lo standard di programmazione Incas, gli allarmi vengono suddivisi in tre classi principali:

- Allarmi generali;
- Allarmi di area;
- Allarmi di zona.

Ogni classe di allarme è gestita da una funzione FC, tutte richiamate all'interno della FC principale "01:ALL:MAIN", a sua volta richiamata all'interno dell'OB1. Per ogni FC esiste un DB relativo, all'interno del quale sono contenuti i bit assegnati ad ogni allarme.

CEMB ▶ PLC_1 [CPU 1513F-1 PN] ▶ Blocchi di programma ▶ 010-ALLARM ▶ ALLARM:Z01 [DB121]

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

ALLARM:Z01

	Nome	Tipo di dati	Offset	Valore di avvio	A ritenzio...	Accessibile ...	Scrivi...	Visibile in ..	Valore di i...	Controllo	Commento
1	Static										
2	Allarmi	Struct	0.0								
3	A001	Bool	0.0	false							Z01:A001:Scatto termico avviatore DRC1 (QA21.11)
4	A002	Bool	0.1	false							Z01:A002:Scatto termico avviatore DRC2 (QA22.11)
5	A003	Bool	0.2	false							Z01:A003:Scatto termico avviatore DRC3 (QA22.61)
6	A004	Bool	0.3	false							Z01:A004:Scatto termico avviatore DRC4 (QA23.11)
7	A005	Bool	0.4	false							Z01:A005:
8	A006	Bool	0.5	false							Z01:A006:
9	A007	Bool	0.6	false							Z01:A007:
10	A008	Bool	0.7	false							Z01:A008:
11	A009	Bool	1.0	false							Z01:A009:
12	A010	Bool	1.1	false							Z01:A010:
13	A011	Bool	1.2	false							Z01:A011:
14	A012	Bool	1.3	false							Z01:A012:
15	A013	Bool	1.4	false							Z01:A013:
16	A014	Bool	1.5	false							Z01:A014:
17	A015	Bool	1.6	false							Z01:A015:
18	A016	Bool	1.7	false							Z01:A016:
19	A017	Bool	2.0	false							Z01:A017:
20	A018	Bool	2.1	false							Z01:A018:
21	A019	Bool	2.2	false							Z01:A019:
22	A020	Bool	2.3	false							Z01:A020:
23	A021	Bool	2.4	false							Z01:A021:
24	A022	Bool	2.5	false							Z01:A022:
25	A023	Bool	2.6	false							Z01:A023:
26	A024	Bool	2.7	false							Z01:A024:
27	A025	Bool	3.0	false							Z01:A025:
28	A026	Bool	3.1	false							Z01:A026:
29	A027	Bool	3.2	false							Z01:A027:
30	A028	Bool	3.3	false							Z01:A028:
31	A029	Bool	3.4	false							Z01:A029:
32	A030	Bool	3.5	false							Z01:A030:
33	A031	Bool	3.6	false							Z01:A031:
34	A032	Bool	3.7	false							Z01:A032:

Figura 5. 25 - DB Allarmi zona 1 [18]

Tutti gli allarmi sono dunque assegnati secondo una gerarchia:

- Gli allarmi da 1 a 32 sono definiti "Gravi", e determinano l'arresto immediato della zona/area di interesse.

- Gli allarmi dal 33 in poi sono definiti “Non Gravi”, ovvero che determinano il malfunzionamento del dispositivo coinvolto, ma non c’è necessità di fermare l’intera linea.

Oltre agli allarmi viene gestita anche un'altra tipologia di segnalazioni, definita “Warning”, non bloccante, avente il compito di avvisare l’operatore tramite apposita segnalazione su HMI dell’eventuale funzionamento non ottimale della linea, senza compromettere il processo di movimentazione e/o l’operatività dell’impianto.

[illegible]

Figura 5. 26 - Dettaglio del DB allarmi generali, warning generali dell'impianto [18]

Ogni classe di segnalazione sfrutta un codice ideato da Incas tale per cui, se una qualsiasi di esse (allarme grave, allarme non grave, warning) è attiva, viene generato un cumulativo assegnato all'interno del DB principale "ALLARMI (DB100)". Tali cumulativi vengono sfruttati per creare un'interfaccia grafica intuitiva sulla home page dei pannelli HMI, così da poter facilmente individuare le zone dell'impianto aventi allarmi o warning attivi.

Infine nella funzione “71:FC:ALL:TERMICHE”, viene controllato ciclicamente lo stato degli interruttori “salvamotore”, aventi il compito di controllare lo stato termico dei motori trifase. Se l'interruttore principale o quello relativo al controllo termico di un particolare motore trifase dovesse azionarsi per un'anomalia termica, si generato un allarme specifico, così da consentire l'individuazione sia del motore in avaria che del componente di controllo presente all'interno del quadro elettrico 19016.

5.8.4 HMI

Nella cartella “020-HMI” sono contenute le funzioni e i DB inerenti alla gestione dei pannelli HMI.

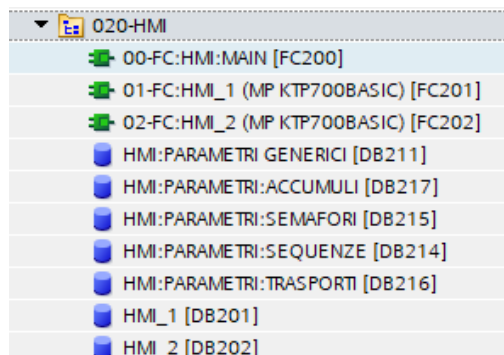


Figura 5. 27 - Cartella 020-HMI [18]

All'interno della funzione “00-FC:HMI:MAIN” sono dunque state richiamate le due funzioni che permettono la gestione dei due pannelli operatore, “01-FC:HMI_1” e “01-FC:HMI_2”.

Analizzando a titolo di esempio la funzione “01-FC:HMI_1”, si nota come nei vari segmenti del codice sono stati gestiti tutti quegli aspetti relativi alla visualizzazione grafica di elementi sul pannello operatore, così da rendere pratica e intuitiva la gestione dell'impianto in ogni suo aspetto.

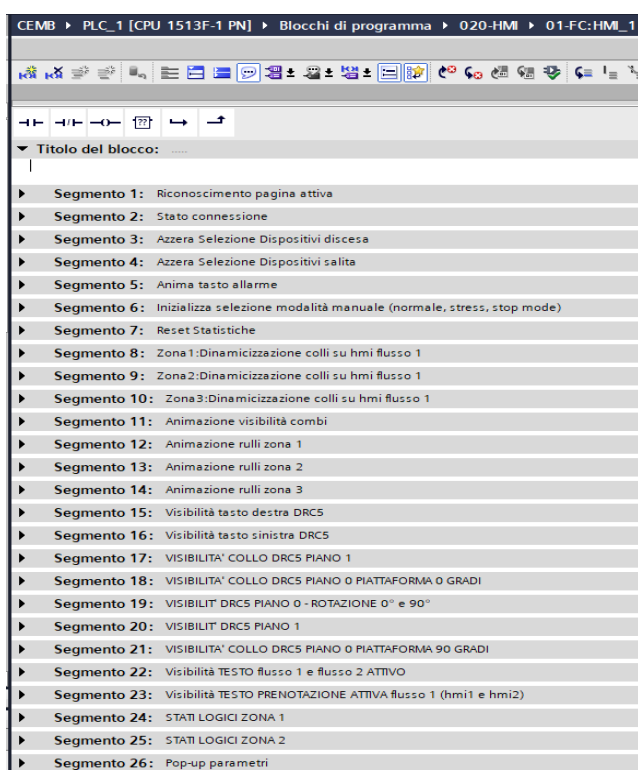


Figura 5. 28 - Dettaglio dei segmenti di programma della funzione FC:HMI_1:MAIN [18]

Il segmento 5 “Anima Tasto allarme” permette ad esempio il lampeggio di un pulsante specifico del pannello, presente in ogni pagina dell’HMI, quando un allarme o un warning risulta attivo. Così facendo si richiama l’attenzione dell’operatore su tale pulsante il quale, se premuto, aprirà una pagina in cui vengono indicati tutte le segnalazioni attive in quel momento (funzionalità approfondita nel paragrafo 5.9 – HMI).

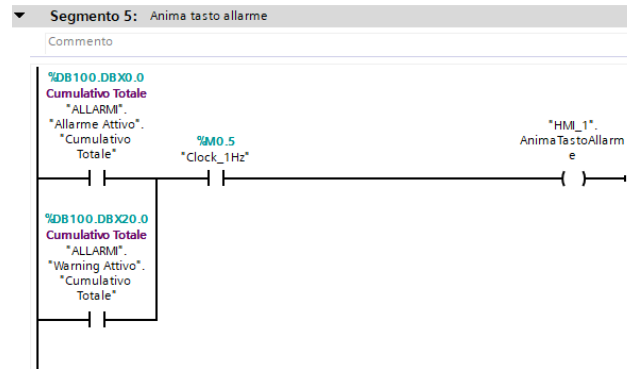


Figura 5. 29 - FC:HMI_1:MAIN, segmento 5 "anima tasto allarme" [18]

Il segmento 7 “Reset Statistiche”, invece, gestisce il reset delle statistiche raccolte durante il funzionamento automatico dell’impianto, nel caso specifico dei conteggi di tutte le missioni di discesa dal piano 1 al piano 0, e di tutte le missioni in salita dal piano 0 al piano 1. Attivando l’apposita pagina su HMI è infatti possibile consultare le statistiche sopra citate e, tenendo premuto il pulsante “HMI_1.Reset statistiche” per tre secondi, tempo impostato attraverso un contatore “Ton”, è possibile la cancellazione dei dati. Durante tale procedura, è prevista la comparsa di un popup di segnalazione esplicativo, il quale si resetta a procedura conclusa.

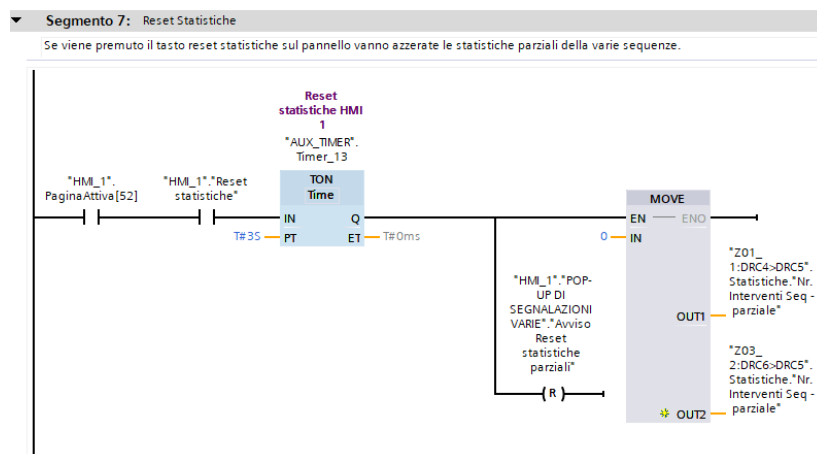


Figura 5. 30 - FC:HMI_1:MAIN, segmento 7 "Reset statistiche"

Di particolare importanza risulta essere il DB “HMI:PARAMETRI GENERICI”, all’interno del quale sono racchiusi tutti quei parametri, impostabili da pannello, indispensabili per la corretta gestione del funzionamento dell’impianto, richiamati dunque nella parte di codice dedicata alle logiche automatiche.

	Nome	Tipo di dati	Valore di avvio	A ritenzio...	Accessibile...	Scrivi...	Visibile in ...	Valore di L.	Controllo	Commento
1	Static			☐	☐	☐	☐			
2	Servizi per simulazione	Struct		☒	☒	☒	☒			
3	Timeout generici	Struct		☒	☒	☒	☒			
4	Timeout Rabbocco	Time	T#15S	☒	☒	☒	☒			
5	Timeout passaggio	Time	T#15S	☒	☒	☒	☒			
6	Timeout saldo	Time	T#15S	☒	☒	☒	☒			
7	Timeout pareggiatura	Time	T#2S	☒	☒	☒	☒			
8	Timer filtro presenza elevatore ALTO	Time	T#500MS	☒	☒	☒	☒			
9	Timer filtro presenza elevatore BASSO	Time	T#500MS	☒	☒	☒	☒			
10	Timer filtro presenza elevatore 0°	Time	T#500MS	☒	☒	☒	☒			
11	Timer filtro presenza elevatore 90°	Time	T#500MS	☒	☒	☒	☒			
12	Timeout ELEVATORE SALITA	Time	T#1M	☒	☒	☒	☒			
13	Timeout ELEVATORE DISCESA	Time	T#1M	☒	☒	☒	☒			
14	Timeout ELEVATORE rotazione 0°	Time	T#6S	☒	☒	☒	☒			
15	Timeout ELEVATORE rotazione 90°	Time	T#6S	☒	☒	☒	☒			

Figura 5. 31 - DB HMI:PARAMETRI GENERICI [18]

5.8.5 Start-Stop Linea

Nella sezione di programma inserita nella cartella “03-START STOP LINEA” è contenuta la funzione “FC:START-STOP:MAIN”, all’interno della quale viene gestito il funzionamento generale di ognuna delle tre aree dell’impianto.

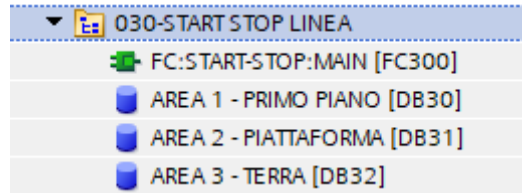


Figura 5. 32 - Cartella 030-START STOP LINEA [18]

A tale scopo, viene dunque richiamata la funzione di libreria Incas “LIB:GEN:11:START STOP CICLO” per tutte le aree dell’impianto, con la conseguente creazione dei relativi DB di istanza.

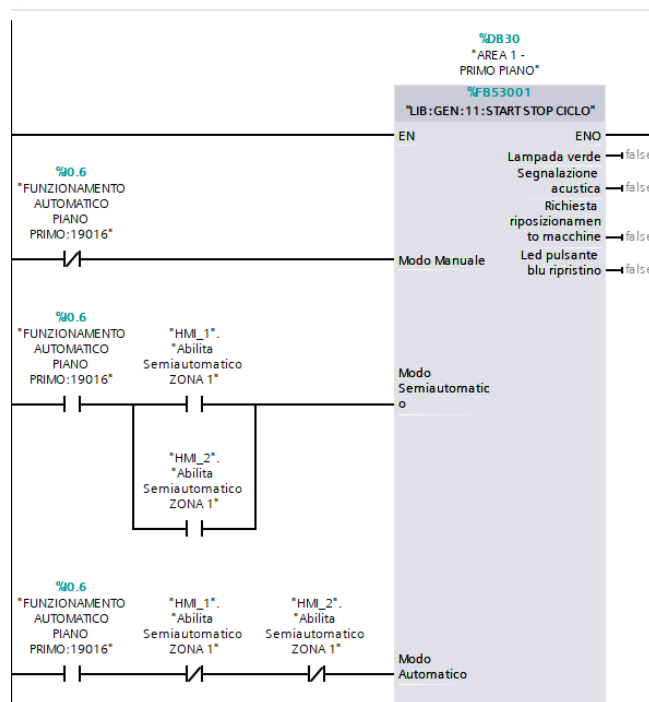


Figura 5. 33 – Prima porzione della funzione START-STOP-CICLO relativa all'area 1 - piano 1 [18]

Attraverso la funzione di libreria è possibile definire quali sono i segnali di input che determinano il funzionamento di un'area: ad esempio, tramite il selettore a chiave presente sul quadro 19016, è possibile definire il modo di funzionamento “automatico” o “manuale” dell'area 1 – primo piano. Il selettore assegna lo stato 1 o 0 al segnale %I0.6, il cui stato è collegato alla funzione di libreria, tramite contatti normalmente aperti o chiusi a seconda delle esigenze, permettendo la definizione della modalità di funzionamento del piano.

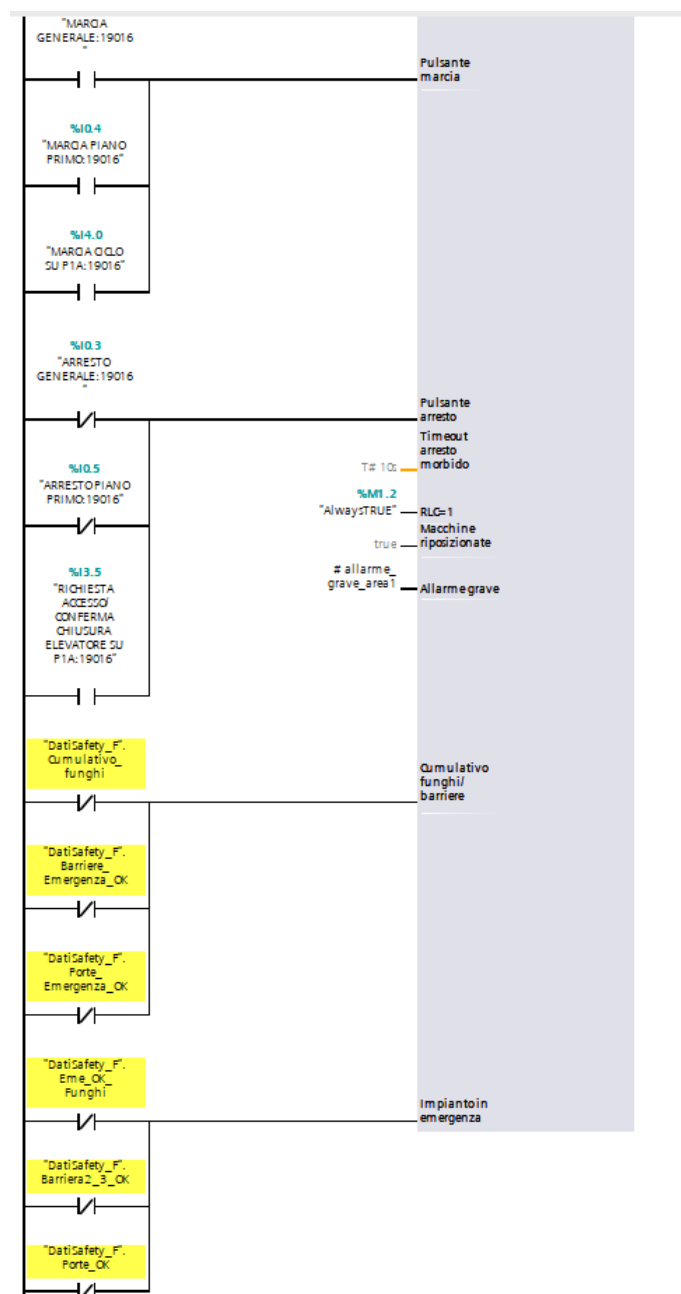


Figura 5. 34 - Seconda porzione della funzione START-STOP-CICLO relativa all'area 1 - piano 1 [18]

Vengono inoltre definiti gli input che permettono la marcia o l'arresto dell'area selezionata, oltre che alle condizioni che scatenano l'emergenza della stessa.

5.8.6 Logiche Generali

Nella cartella “035-LOGICHE GENERALI” è contenuta quella parte di codice adibita al controllo delle procedure generali di gestione dell’impianto. Come al solito, tutte le funzioni sono richiamate all’interno della FC principale “00:FC:LOGICHE GENERALI:MAIN”, in accordo con lo standard di programmazione aziendale.



Figura 5. 35 - Cartella 035-LOGICHE GENERALI [18]

Verranno dunque di seguito espone le varie funzioni richiamate all’interno del blocco principale.

- La funzione “01:FC:LOGICHE GENERALI:LAMPADE” è dedicata alla gestione delle quattro torrette di segnalazione e di tutti i pulsanti luminosi presenti nell’impianto. Tale gestione risulta essere di particolare importanza, poiché consente un riferimento visivo immediato per gli operatori dell’impianto sullo stato dello stesso. La gestione delle torrette T1 e T3, composte da una lampada verde, da una lampada rossa e da una sirena e che forniscono le segnalazioni generali sullo stato di funzionamento della linea, è collegata alla gestione del precedente blocco di programma “Start-Stop Linea” e alla sezione dedicata agli allarmi:
 - La lampada verde è gestita infatti da un bit di output della funzione “start-stop”, relativamente alle aree di interesse. Essa risulta essere accesa fissa quando il ciclo automatico è selezionato e attivo;



Figura 5. 36 - Gestione segnalazione luminosa ciclo attivo su T1 [18]

- La lampada rossa è collegata alla gestione degli allarmi e viene azionata in modo diverso a seconda della tipologia di allarme attivo. Se un allarme generale o di area non grave risulta attivo, la lampada rossa lampeggia con una frequenza di 0.5Hz, mentre per gli allarmi gravi si è scelto di mantenere la luce rossa accesa in modo fisso. Per indicare invece la presenza di un warning attivo, si è scelto di creare una segnalazione di tipo “guizzo”, ovvero attiva per 200 ms con un intervallo di tempo di 2 s tra un guizzo e il successivo, sfruttando la combinazione di due temporizzatori;

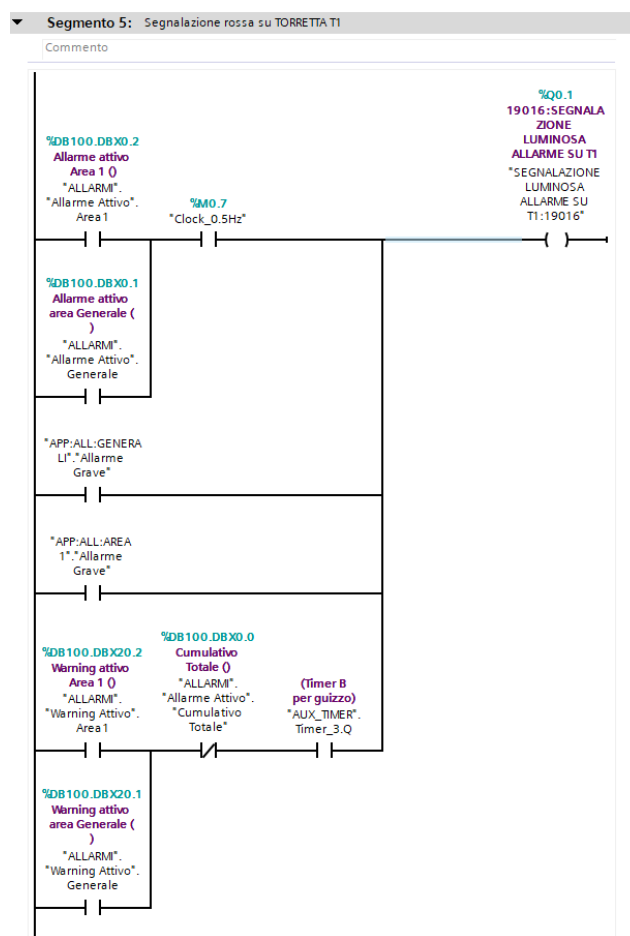


Figura 5. 37 - Gestione segnalazione luminosa allarme su T1 [18]

- Analogamente alla lampada verde, la sirena delle torrette T1 e T3 è azionata da un bit di output della funzione “start-stop” di area, che scatena una segnalazione acustica intermittente di 3s quando il ciclo automatico di area viene attivato.

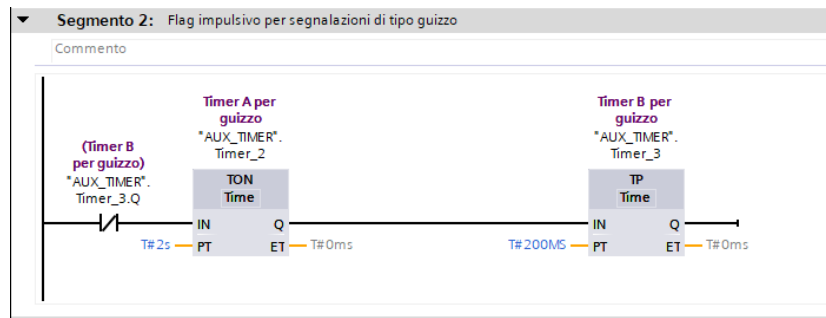


Figura 5. 38 - Generazione flag impulsivo per segnalazione warning [18]

La gestione delle torrette T2 e T4, posizionate in ingresso alla linea nei due piani e formate solo da una lampada verde e una rossa, è direttamente collegata alla gestione del flusso automatico selezionato, flusso1-discesa o flusso2-salita. I segnali di output delle lampade sono quindi gestiti in combinazione con i bit di gestione delle prenotazioni dei flussi, output della funzione “03:FC:LOGICHE GENERALI:GESTIONE PRENOTAZIONI” che verrà trattata successivamente. A titolo di esempio si espone dunque il funzionamento della lampada T2, posizionata nella zona di carico/scarico al piano 1 (la lampada T4 viene gestita in modo analogo, con riferimento al flusso in ingresso di pertinenza):

- La lampada verde è spenta quando il flusso2-salita è attivo, lampeggia con una frequenza di 1 Hz quando il flusso1-discesa è prenotato ma risulta ancora attivo il flusso2 ed è accesa quando viene attivato definitivamente il flusso1;

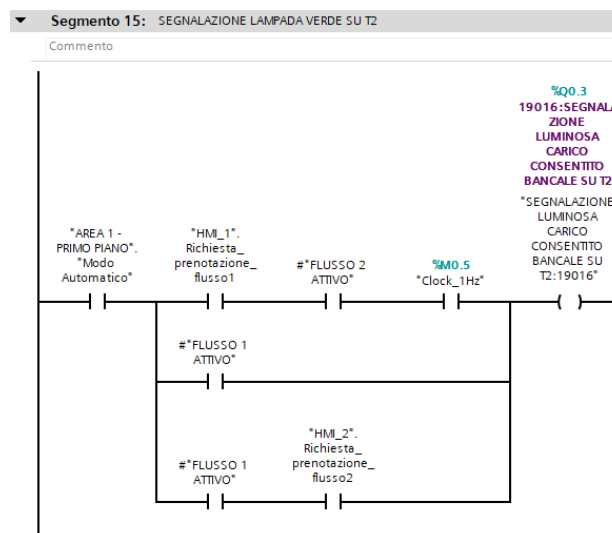


Figura 5. 39 - Gestione segnalazione luminosa carico bancali consentito su T2 [18]

- La lampada rossa è accesa in modo fisso quando il flusso2-salita è attivo, quando il flusso2 è attivo ma è stato prenotato il flusso 1 e quando il flusso1 è attivo ma non è possibile caricare un bancale, poiché i primi due tratti della linea non sono pronti per accoglierlo (condizione gestita dal bit “CUMULATIVO LAMPADA ROSSA FISSA T2”). È inoltre previsto un lampeggio con frequenza di 1 Hz quando il flusso 1 è attivo ma viene prenotato il flusso 2.

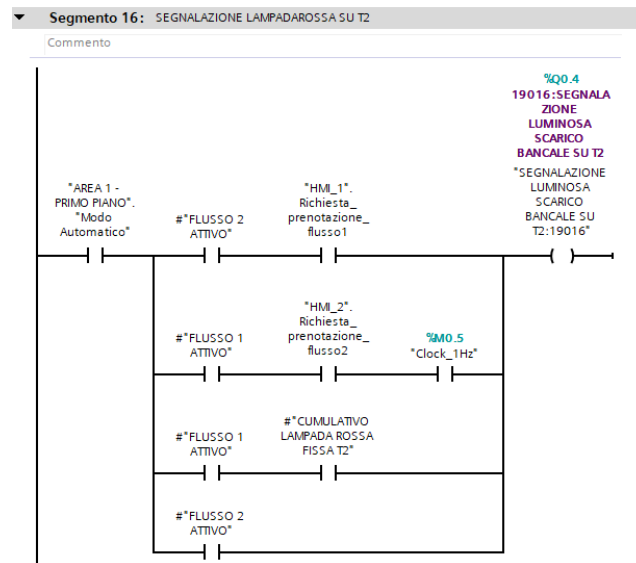


Figura 5. 40 - Gestione segnalazione luminosa scarico bancale su T2 [18]

L'accensione dei pulsanti luminosi è gestita nel rispetto delle condizioni dettate sia dallo stato dell'impianto sia dallo stato delle emergenze. Ad esempio, il pulsante blu di reset delle emergenze presente sul quadro 19016 si attiva lampeggiando quando viene risolta una situazione di emergenza (come il reset di un fungo di emergenza), ma lo stato logico dell'emergenza dell'impianto è ancora attivo. Il lampeggio serve dunque all'operatore per capire che bisogna premere tale pulsante per ripristinare il normale funzionamento dell'impianto, avendo prima verificato che la situazione di emergenza sia stata effettivamente risolta.

Si vuole porre particolare attenzione ai pulsanti che gestiscono l'apertura e la chiusura della porta di accesso alla zona elevatore (la gestione della porta verrà trattata successivamente): avendo aperto la porta di accesso, l'operatore vedrà lampeggiare il pulsante di richiesta chiusura presente all'interno dell'area. Per uscire, dovrà dunque premere tale pulsante, uscire dall'area elevatore, chiudere la porta e confermare la chiusura tramite l'apposito pulsante “conferma chiusura/richiesta accesso” presente

sulla cassetta P1A, il quale lampeggerà dal momento in cui il pulsante di richiesta chiusura viene premuto, finché non viene premuto a sua volta. Completata la procedura di chiusura, l'operatore vedrà lampeggiare il pulsante "RIPRISTINO PORTA" sulla cassetta P1A, che indica la necessità di resettare l'emergenza scatenatasi a seguito dell'accesso nella zona di emergenza.

I lampeggi dei pulsanti ricoprono dunque un ruolo importante, in quanto suggeriscono all'operatore la corretta sequenza di azioni da compiere per la gestione dell'impianto.

- All'interno della funzione "01:FC:LOGICHE GENERALI: RESET SEQUENZE" viene richiamata la funzione di libreria "FB:RESET SEQUENZE" per ogni tratto motorizzato della linea. Questa funzione, attivabile tramite pannello operatore, permette di resettare lo stato logico di un tratto ed i cicli attivi relativi alle sequenze di movimentazione correlate. Questa procedura risulta essere utile quando, a causa di errori di gestione da parte degli operatori, si rimuove manualmente un bancale dalla linea in una posizione diversa dalla zona di carico/scarico (attivando la modalità manuale e trasportando via il bancale in questione). Rimuovendo il solo stato fisico, all'attivazione della modalità automatica il sistema continuerà a vedere lo stato logico del bancale rimosso. Visualizzando dunque l'apposita pagina su pannello HMI a ciclo fermo, è dunque possibile resettare il tutto e ripristinare le condizioni di normale utilizzo dell'impianto.

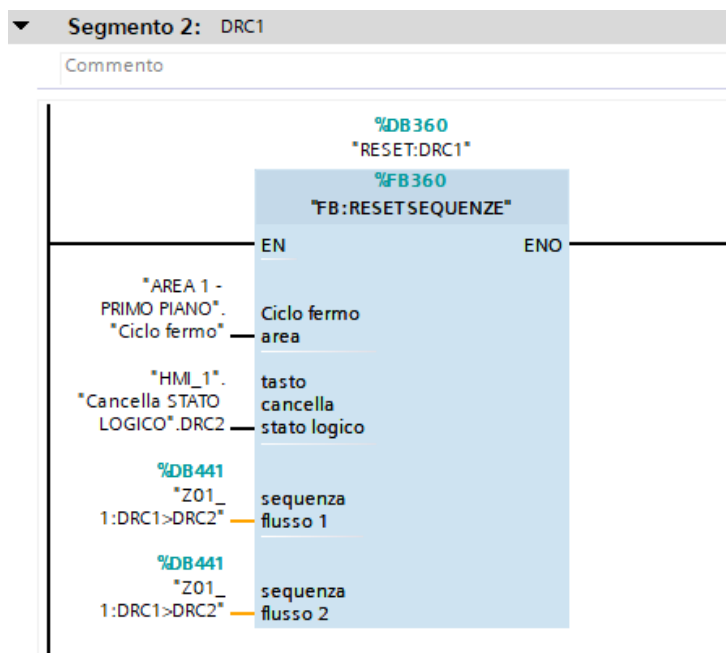


Figura 5. 41 - Gestione FB:RESET SEQUENZE per il DRC001 [18]

All'interno della cartella "AUX LOGICHE GENERALI: RESET SEQUENZE" sono dunque contenuti tutti i DB di istanza della funzione di libreria, contenenti i dati di gestione dei tratti motorizzati dell'impianto relativamente ai reset delle sequenze.

AUX LOGICHE GENERALI: RESET SEQUENZE	
RESET:DRC1	[DB360]
RESET:DRC2	[DB361]
RESET:DRC3	[DB362]
RESET:DRC4	[DB363]
RESET:DRC5	[DB364]
RESET:DRC6	[DB365]
RESET:DRC7	[DB366]
RESET:DRC8	[DB367]
RESET:DRC9	[DB368]
RESET:DRC10	[DB369]
RESET:DRC11	[DB370]

Figura 5. 42 - Cartella "AUX LOGICHE GENERALI: RESET SEQUENZE" [18]

- La funzione "01:FC:LOGICHE GENERALI: GESTIONE PRENOTAZIONI" consente la gestione dell'attivazione dei flussi di lavorazione e delle relative prenotazioni. I flussi di salita e discesa non possono ovviamente essere attivi contemporaneamente; per attivare un flusso, è necessario che la linea sia priva di stati logici che di stati fisici e che tutte le sequenze di trasferimento siano concluse. Per tenere sotto controllo questi dati, si ricorre all'utilizzo della funzione

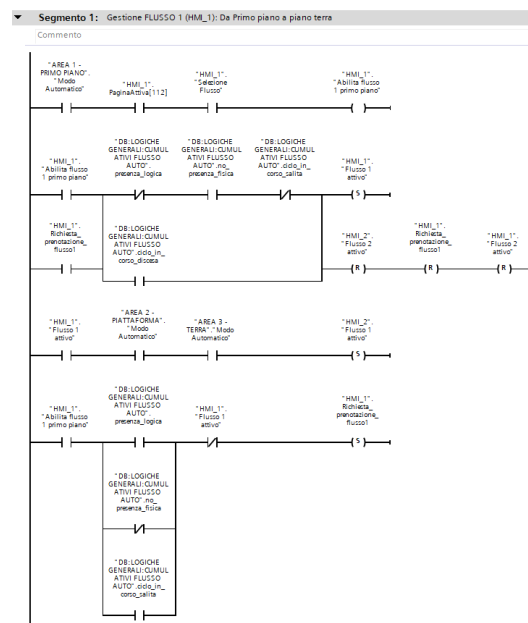


Figura 5. 43 - Ramo di gestione del flusso 1 (dal primo piano al piano terra) [18]

- “FB:LOGICHE GENERALI: CUMULATIVI FLUSSO AUTO” è richiamata direttamente nel “main” delle logiche generali. Tramite questa funzione è possibile creare dei cumulativi utili per assicurare l’assenza di prodotti movimentati.

► Segmento 1: CUMULATIVO	
▼ Segmento 2: Cumulativo presenze logiche	
Commento	
1	A "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC1."Stato_Logico_A/semplce"
2	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC1.Stato_Logico_B
3	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC2."Stato_Logico_A/semplce"
4	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC2.Stato_Logico_B
5	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC3."Stato_Logico_A/semplce"
6	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC3.Stato_Logico_B
7	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC4."Stato_Logico_A/semplce"
8	0 "STATI LOGICI ZONA 1_F1".DRC4.Stato_Logico_B
9	0 "STATI LOGICI ZONA 2_F1".DRC5."Stato_Logico_A/semplce"
10	0 "STATI LOGICI ZONA 2_F1".DRC5.Stato_Logico_B
11	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC6."Stato_Logico_A/semplce"
12	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC6.Stato_Logico_B
13	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC7."Stato_Logico_A/semplce"
14	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC7.Stato_Logico_B
15	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC8."Stato_Logico_A/semplce"
16	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC8.Stato_Logico_B
17	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC9."Stato_Logico_A/semplce"
18	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC9.Stato_Logico_B
19	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC10."Stato_Logico_A/semplce"
20	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC10.Stato_Logico_B
21	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC11."Stato_Logico_A/semplce"
22	0 "STATI LOGICI ZONA 3_F1".DRC11.Stato_Logico_B
23	= #presenza_logica
24	
25	
► Segmento 3: Cumulativi fotocellule	
► Segmento 4: Cicli in corso in discesa	
► Segmento 5: Ciclo in corso salita	
► Segmento 6: CUMULATIVO CICLI	

Figura 5. 44 - Dettaglio cumulativo presenze logiche nell'impianto [18]

Se le condizioni per attivare un flusso non sussistono, viene memorizzato un bit di prenotazione che, nel momento in cui l’operazione risulterà possibile, attiverà il flusso desiderato. Per rendere più intuitivo l’utilizzo della gestione delle prenotazioni, è possibile prenotare il flusso1-discesa solo dal pannello HMI-1 presente sul quadro 19016 al piano primo, sfruttando l’apposita pagina. Analogamente il flusso2-salita è selezionabile solo dal pannello HMI-2 posto sulla cassetta S1.1 al piano terra.

- Infine la funzione “FB:LOGICHE GENERALI:PORTA1” contiene la logica di controllo della porta d’accesso alla zona elevatore, definendone le procedure di apertura e chiusura. È infatti possibile aprire la porta premendo il pulsante verde “Richiesta accesso/conferma chiusura su elevatore P1A2. A seguito della richiesta d’accesso, l’impianto effettuerà l’arresto morbido, l’elettrovalvola di controllo dell’attuatore dell’elevatore viene posizionata in posizione di blocco, vincolando i movimenti dello stesso, e viene scatenata l’emergenza in tutto l’impianto, con il conseguente sblocco dell’elettro serratura della porta, permettendo l’accesso all’area. Per richiedere invece la chiusura, bisogna effettuare la procedura già accennata nella sezione dedicata alle segnalazioni luminose:

- Premere il pulsante “richiesta uscita all’interno dell’area di emergenza;

- Uscire dall'area e chiudere la porta;
- Premere entro 60 s il pulsante verde lampeggiante di conferma chiusura, sulla cassetta P1A, scatenando l'attivazione dell'elettro serratura;
- Premere il pulsante blu lampeggiante di ripristino emergenza su cassetta P1A, ripristinando il normale funzionamento della linea.

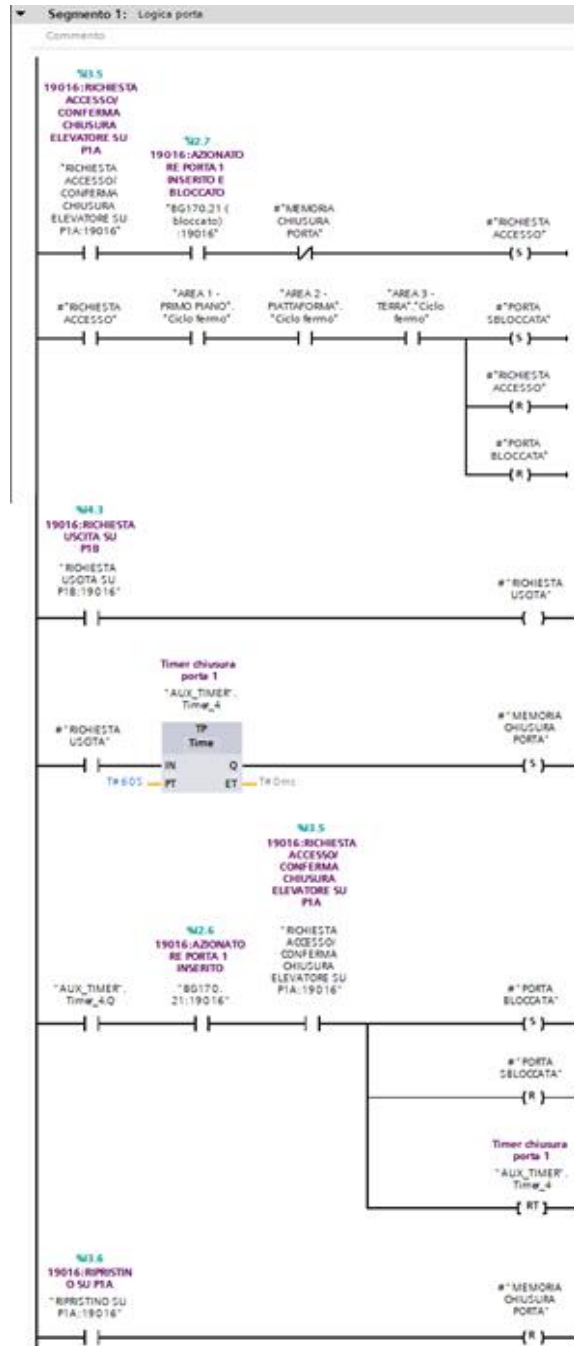


Figura 5. 45 - Gestione porta di accesso [18]

5.8.7 Logiche Automatiche

Nella cartella “040-LOGICHE AUTOMATICHE” è contenuta quella parte di codice adibita al controllo e gestione della movimentazione automatica dell’impianto, caratterizzata per entrambi i flussi di lavoro previsti da specifica.

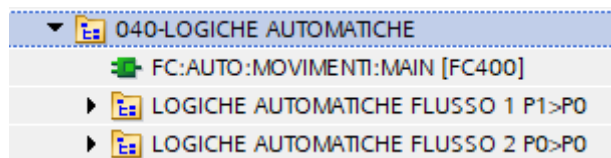


Figura 5. 46 - Cartella 040-LOGICHE AUTOMATICHE [18]

Sono state dunque previste due gestioni differenziate, una per il flusso 1 e l’altra per il flusso 2: a titolo esplicativo, verrà dunque di seguito illustrata la sola gestione del flusso1-discesa, poiché la gestione del secondo flusso di movimentazione risulta essere molto simile.

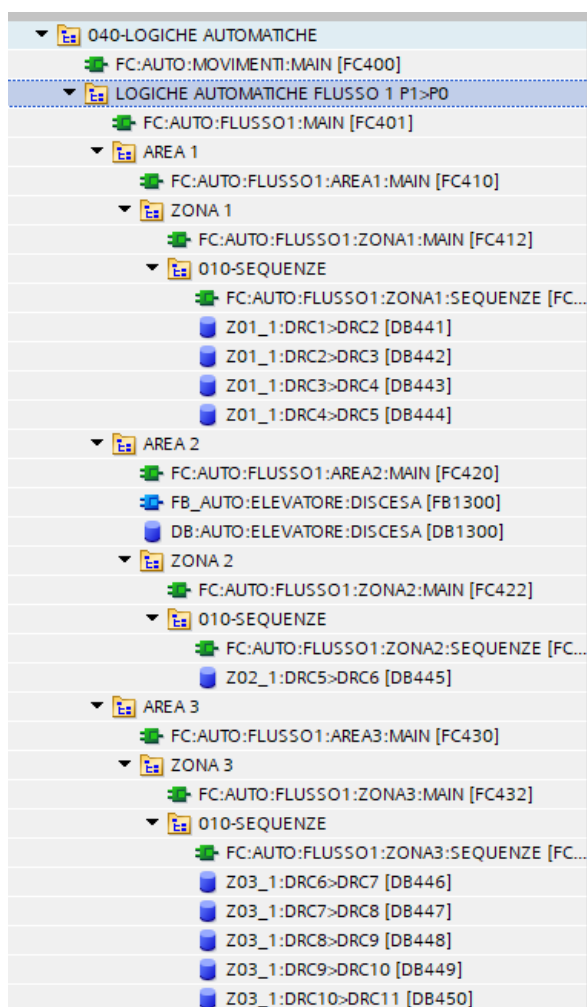


Figura 5. 47 - Dettaglio generale della suddivisione del codice per la gestione dei flussi automatici [18]

In accordo con lo standard Incas, la cartella di gestione delle logiche automatiche del flusso1 è suddivisa in tre sottocartelle, relative alle tre aree dell'impianto, contenenti i dati delle zone correlate. All'interno delle cartelle di zona sono contenute le funzioni di gestione delle sequenze di movimentazione. Ogni cartella contiene una funzione generica, in cui vengono richiamate le funzioni del relativo livello, al fine di richiamare in cascata tutte le funzioni dei livelli sottostanti: si crea così una catena di relazioni che permette di richiamare nel blocco principale OB1 solamente la funzione generica "FC:AUTO:MOVIMENTI:MAIN".

La logica di movimentazione è gestita esclusivamente da sequenze, dunque per ognuna di esse, nella funzione di zona relativa, è stata richiamata la funzione di libreria "LIB:FB:SEQ R→R V2.3", tramite la quale viene gestita la movimentazione tra un DRC e il successivo. Per ogni funzione è stato creato dunque un DB di istanza della sequenza relativa, contenete tutti i dati della singola movimentazione, aggiornati ad ogni ciclo di scansione del plc. I DB sono identificati secondo nomenclatura specifica, ad esempio il DB "Z01_1:DRC1>DRC2" contiene i dati della sequenza avente come tratto di partenza il DRC1 e come tratto di arrivo il DRC2, relativa dunque al flusso1 e appartenente alla zona 1 dell'impianto.

Per ogni sequenza, sono stati generati specifici allarmi e warning, contenuti nell'apposito DB di allarmi della zona di appartenenza, i quali segnalano anomalie più o meno gravi relative alla specifica movimentazione.

ALLARMI:Z01		
Nome	Tipo di dati	
Static		
Allarmi	Struct	0
Allarmi DRC1>DRC2	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	3
A01-Timeout Rabbocco	Bool	3
A02-Timeout Passaggio	Bool	3
A03-Timeout Presaldo	Bool	3
A04-Timeout Saldo	Bool	3
A05-Mancato Rallentamento	Bool	3
A06-Timeout salita trasferitore di partenza	Bool	3
A07-Timeout salita trasferitore di arrivo	Bool	3
A08-Timeout discesa trasferitore di partenza	Bool	3
A09-Timeout discesa trasferitore di arrivo	Bool	3
A10-Timeout discesa trasferitore	Bool	3
A11-Risposta da livello 2 sconosciuta	Bool	3
A12-Timeout ricezione lettura da scanner	Bool	3
A13 - Timeout pareggiatura	Bool	3
A14 - Timeout ritorno	Bool	3
A15	Bool	3
A16	Bool	3
Allarmi DRC2>DRC3	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	3
Allarmi DRC3>DRC4	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	3
Allarmi DRC4>DRC5	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	3
Allarmi DRC4>DRC3	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	3
Allarmi DRC3>DRC2	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	4
Allarmi DRC2>DRC1	*Seq_DIAG Allarmi_UDT V1_9*	4
Allarmi RISERVA	Array[44..99] of Byte	4
Warning	Struct	1
Warning DRC1>DRC2	*Seq_DIAG Warning_UDT*	1
W01-Possibile fotocellula di arrivo disallineata	Bool	1
W02-Possibile fotocellula di passaggio disallineata	Bool	1
W03-Possibile fotocellula controllo area disallineata	Bool	1

Figura 5. 48 - Allarmi e warning delle sequenze di movimentazione [18]

Tra questi, di particolare importanza risultano essere:

- “A01-Timeout Rabbocco”;
- “A02-Timeout Passaggio”;
- “A04-Timeout Saldo”;

Le fasi di movimentazione devono infatti concludersi entro un tempo prestabilito, impostabile tramite un'apposita pagina sui pannelli HMI, oltre il quale viene generato il relativo allarme di timeout. Ciò risulta molto utile durante la normale operatività dell'impianto, in quanto aiuta l'operatore a identificare immediatamente il problema che ha causato l'arresto del ciclo di movimentazione.

La funzione di libreria riceve come input i segnali indispensabili alla gestione del trasporto:

- “ID sequenza”, un numero intero che identifica ogni sequenza della movimentazione, così da poter essere riconoscibile in modo inequivocabile nelle altre parti del programma;
- “FTC presenza” e “FTC arrivo”, a cui vengono collegati i segnali relativi alle fotocellule di presenza nei tratti coinvolti nella movimentazione. Tali segnali vengono gestiti tramite contatti normalmente chiusi, in accordo con il funzionamento delle fotocellule utilizzate nell'impianto (segnale a 1 se la fotocellula è libera, segnale a 0 se la fotocellula è impegnata);
- “AREA 1 – PRIMO PIANO – Ciclo attivo” e “AREA 1 – PRIMO PIANO – Richiesta arresto morbido”, cui vengono collegati i segnali gestiti nella funzione Start-Stop, i quali informano la funzione sullo stato del ciclo automatico e sull'eventuale richiesta di arresto;
- “Reset allarmi”, cui vengono collegati i segnali di reset allarmi provenienti dai due pannelli HMI;
- “Consenso Start”, cui vengono collegati i segnali che, se tutti presenti (in and tra loro) danno il consenso all'avvio del trasferimento. Se anche uno dei consensi non è presente, la funzione non avrà inizio;
- “Allarme Bloccante”, cui vengono collegati in “or” tutti quelli allarmi che, se presenti, devono comportare un arresto di emergenza della funzione;
- “Congela sequenza”, cui vengono collegati quei segnali che, se presenti, comportano un arresto momentaneo della sequenza, la quale riprenderà dal punto in cui è stata interrotta nel momento in cui il segnale in input scompare;

- “Esclusione Timeout”, cui viene collegato quel segnale il quale, se presente, disabilita i timer di controllo delle sequenze. Tale funzionalità risulta molto utile nelle prime fasi della messa in servizio, durante le quali si effettuano svariate procedure di taratura, le quali risulterebbero alquanto difficoltose se i timer di controllo fossero abilitati;
- “AreaDatiSorgente” e “AreaDatiDestinazione”, cui vengono collegati i segnali di output dei DB di gestione degli stati logici relativi ai singoli DRC, i quali verranno discussi nel paragrafo 5.8.9 – Dati;
- “NoCicliAttivi”, cui viene collegato il segnale di verifica dello stato dei cicli attivi delle funzioni di movimentazione, gestito nella relativa funzione Start-Stop di area.

I segnali in input vengono dunque processati e determinano lo stato degli output, i quali vengono utilizzati per gestire la movimentazione dei singoli tratti e lo stato degli allarmi. Tra i segnali di output della funzione libreria, si segnalano:

- “Cmd – rullo partenza”, il quale viene utilizzato per azionare il DRC di partenza della sequenza;
- “Cmd – rullo arrivo”, il quale viene utilizzato per azionare il DRC di arrivo della sequenza;

L'utilizzo specifico di tali segnali verrà approfondito nel paragrafo successivo, 5.8.8.

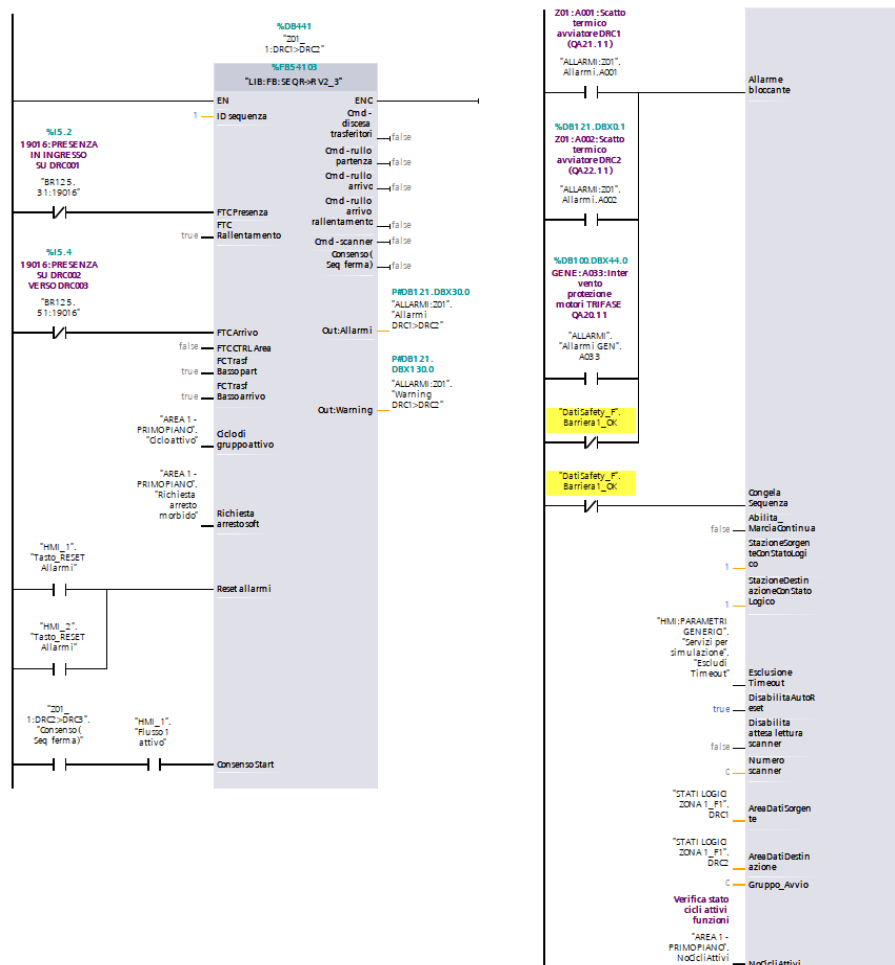


Figura 5. 49 - FB:SEQ R-R per la gestione della sequenza DRC1>DRC2 [18]

La gestione automatica dell'elevatore a pantografo, contestualizzata al flusso 1 attivo, è contenuta nella funzione "FB_AUTO:ELEVATORE:DISCESA".

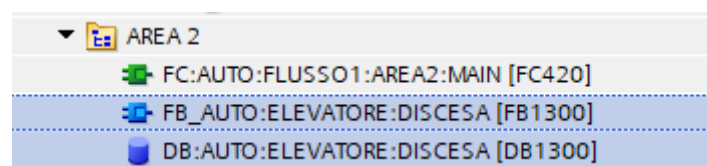


Figura 5. 50 - FB:AUTO:ELEVATORE:DISCESA [18]

Ad essa vengono collegati tutti i segnali digitali (fotocellule, fine corsa, allarmi, segnali di consenso) indispensabili per la movimentazione in sicurezza dell'elevatore. Le movimentazioni automatiche gestite sono:

- Discesa consentita dal piano 1 al piano 0 con stato fisico e logico presente sul DRC5, finecorsa di presenza al piano 1 impegnato e finecorsa di posizionamento a 0° impegnato;

- Rotazione da 0° a 90° consentita solo al piano 0, con finecorsa presenza al piano zero impegnato;
- Rotazione da 90° a zero gradi quando la funzione di trasferimento DRC5>DRC6 è conclusa;
- Sollevamento al piano 1, per accogliere il bancale successivo.

Se in qualsiasi momento della movimentazione l'impianto dovesse risultare in emergenza, per questioni di sicurezza viene inibita l'elettrovalvola di controllo della salita e discesa dell'elevatore, così da vincolare lo stesso alla posizione mantenuta nel momento in cui l'emergenza è stata scatenata.

5.8.8 Comandi Uscite

All'interno della cartella "060-COMANDI USCITE" vengono gestiti i segnali di abilitazione al movimento, sia delle logiche automatiche che relativi alla movimentazione manuale, al fine di abilitare le uscite dei motori coinvolti nel funzionamento dell'impianto. Verranno dunque descritte, come nel caso delle logiche automatiche, solo le funzioni che coinvolgono la gestione del flusso 1, in quanto quella relativa al flusso 2 risulta del tutto simile.

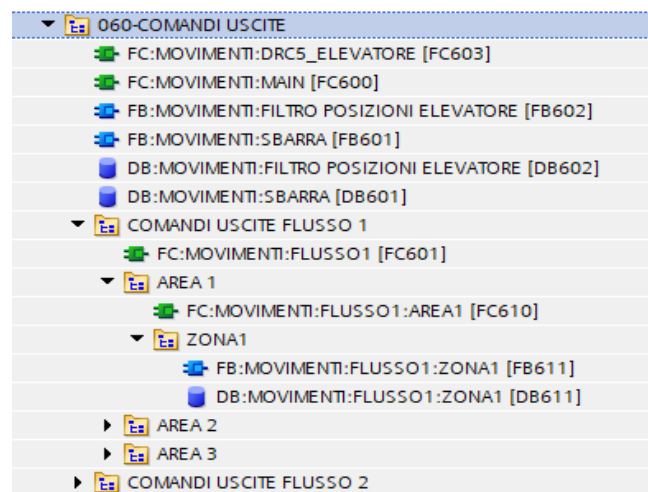


Figura 5. 51 - Cartella 060-COMANDI USCITE [18]

A titolo di esempio, verrà analizzata la funzione "FB:MOVIMENTI:FLUSSO1:ZONA1", i cui dati vengono salvati all'interno del relativo DB di istanza, la quale gestisce l'abilitazione al movimento dei dispositivi del piano primo dell'impianto. All'interno della funzione, sono state dapprima definite le variabili identificative di ciascun DRC, comandato da motore trifase. Ad ogni dispositivo è dunque associato un numero identificativo, utile per il riconoscimento del tratto in qualsiasi parte del programma.

Static									
DRC1	"LIB:CMD:08: UTENZA TRATTO CON INVERTER PER BANCALI"		☒	☒	☒	☒	☒		N° dispositivo 2
DRC2	"LIB:CMD:08: UTENZA TRATTO CON INVERTER PER BANCALI"		☒	☒	☒	☒	☒		N° dispositivo 3
DRC3	"LIB:CMD:08: UTENZA TRATTO CON INVERTER PER BANCALI"		☒	☒	☒	☒	☒		N° dispositivo 4
DRC4	"LIB:CMD:08: UTENZA TRATTO CON INVERTER PER BANCALI"		☒	☒	☒	☒	☒		N° dispositivo 5

Figura 5. 52 - Definizione dei dispositivi in FB:MOVIMENTI:FLUSSO1:ZONA1 [18]

I dispositivi sono dunque gestiti per mezzo della funzione di libreria “LIB:CMD:08: UTENZA TRATTO CON INVERTER PER BANCALI”, alla quale sono state collegate le variabili di input indispensabili alla gestione della movimentazione:

- In “AUTO Rich” sono stati collegati i segnali di output dalle funzioni di gestione delle logiche automatiche, i quali richiedono la movimentazione dei tratti coinvolti nella sequenza;
- “MAN ON” richiede il bit di riconoscimento del modo manuale attivo, gestito nella funzione start-stop;
- In “consensi” sono stati collegate in and tutte quelle condizioni che, se presenti, danno il consenso all’azionamento del tratto interessato;
- In “SEL Motore” viene collegata la lista dei motori selezionabili da pannello HMI per la movimentazione manuale, identificando poi il dispositivo relativo alla funzione per mezzo di “N Motore”;
- In “START” viene collegato il segnale di abilitazione alla marcia manuale;
- In “ModoManualeCombi” viene collegato il bit di abilitazione della modalità “COMBI”, impostabile da pannello HMI, tramite la quale selezionando un DRC, si consente la movimentazione manuale anche del tratto immediatamente successivo, così da facilitare la traslazione dei bancali, anche se pesanti. Tale modalità prevede un segnale di feedback del tratto a valle movimentato. Ogni DRC può essere dunque anche azionato, se previsto” dal segnale “Richiesta Marcia Combi da Tratto A Monte”.

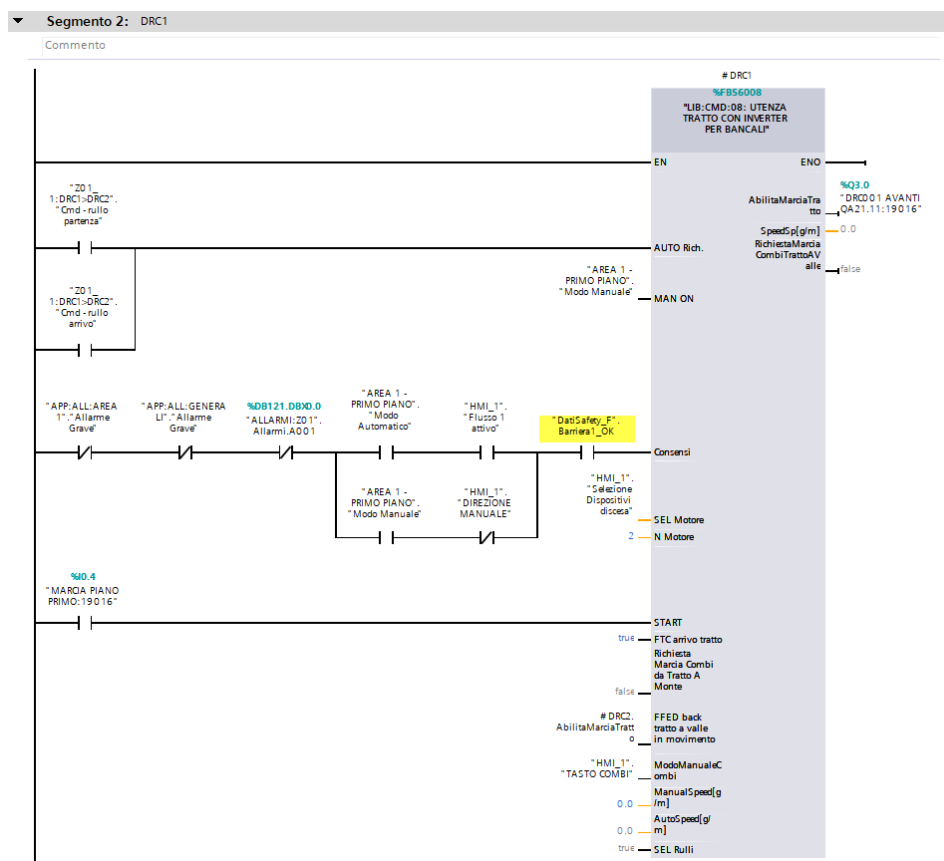


Figura 5. 53 - Gestione movimenti del DRC001 [18]

Il segnale di uscita della funzione di libreria è collegato direttamente all'inverter del motore trifase del motore correlato e consente la rotazione dei DRC nel senso corrispondente al flusso selezionato.

È dunque stata prevista la gestione della funzione di libreria per ogni utenza dell'impianto, per entrambi i sensi di marcia.

Data la difficoltà a gestire il DRC5, presente sull'elevatore, tramite un'unica funzione, è stato scelto di gestire il comando di movimentazione tramite due funzioni distinte, per poi abilitare la marcia del tratto attraverso la funzione "FC:MOVIMENTI:DRC5 ELEVATORE".

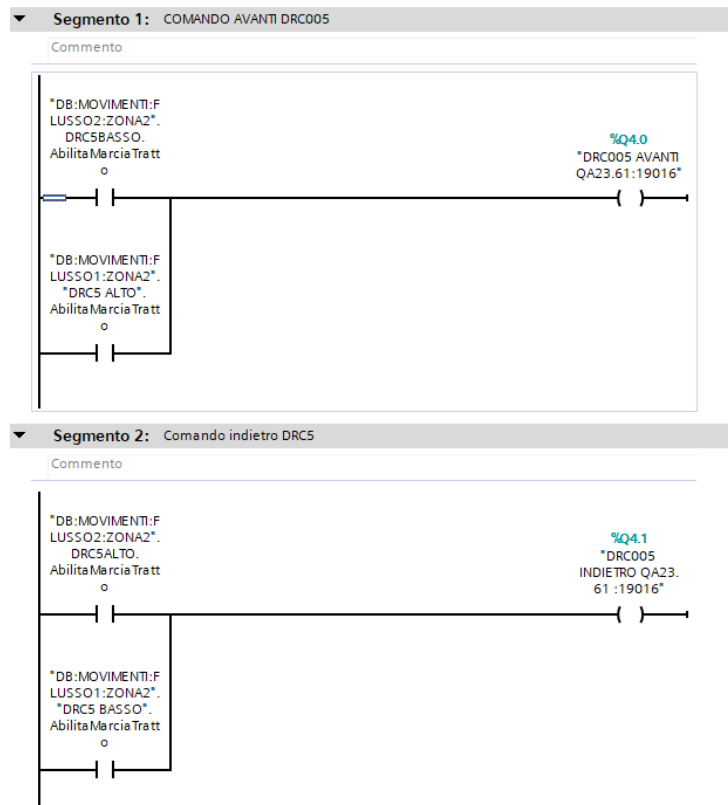


Figura 5. 54 - Comando "avanti" e "indietro" del DRC005 [18]

I movimenti della barra anti caduta, posizionata in prossimità del DRC4, sono gestiti nella funzione “FB:MOVIMENTI:BARRA”. Tale dispositivo è azionabile sia in modalità manuale, tramite apposita pagina sul pannello operatore, che in modalità automatica. La barra è gestita per essere normalmente in posizione di chiusura, mentre si solleva solo quando è previsto il transito di un bancale. Per ragioni di sicurezza, se l’impianto risulta essere in emergenza, la barra viene chiusa, indipendentemente dalla presenza o meno di un bancale sul DRC4; quando l’emergenza viene ripristinata, si garantisce il sollevamento della sbarra prima di riprendere la normale movimentazione, così da evitare di danneggiare il dispositivo stesso o il prodotto movimentato.

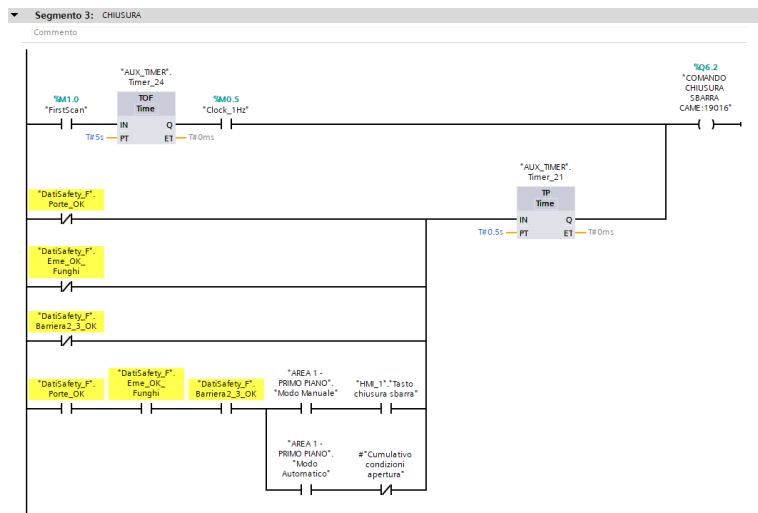


Figura 5. 55 - Gestione comando chiusura sbarra anticaduta [18]

Infine è stata creata una funzione, “FB:MOVIMENTI:FILTRO POSIZIONI ELEVATORE”, in cui vengono filtrati i segnali di posizionamento dell’elevatore secondo un tempo impostabile attraverso i due pannelli HMI. Per ragioni di sicurezza, infatti, si è deciso di assicurarsi dell’effettivo posizionamento del pantografo attraverso l’utilizzo di diversi contatori TON: se il segnale di presenza dei fine-corsa dell’elevatore è continuo per almeno la durata del tempo impostato, l’uscita del contatore sarà abilitata. Tali segnali vengono gestiti come consenso per le sequenze di movimentazioni coinvolgenti l’elevatore.

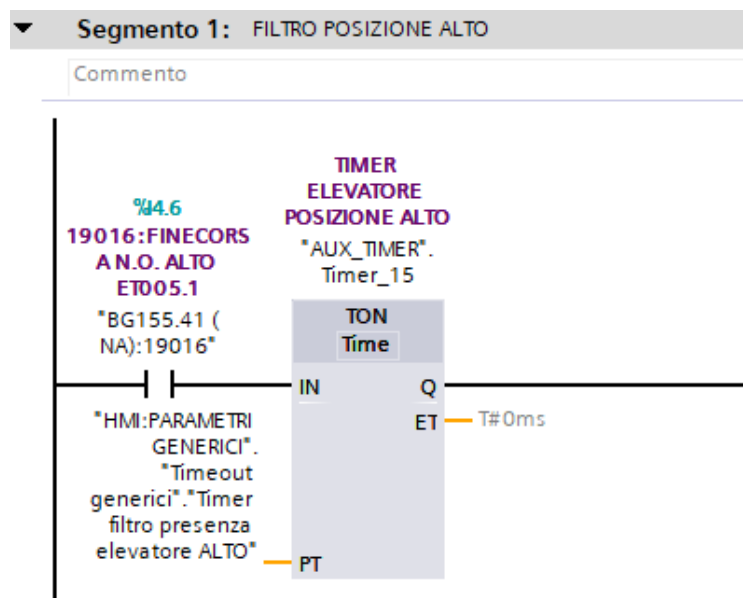


Figura 5. 56 - Filtro su sensore di posizione alto elevatore [18]

5.8.9 Livello 2

In questa sezione del software plc viene di solito gestito il protocollo di comunicazione con il livello gestionale, in gergo “livello 2”, tramite il quale vengono inviati i dati relativi al prodotto movimentato ad un apposito software, il quale comunica al plc l’eventuale destinazione da assegnare allo stesso. Avendo già un sistema di gestione interno, Cemb S.p.A. non ha richiesto tale interfaccia, volendo utilizzare l’impianto trattato in questa tesi come un semplice sistema di movimentazione con logica di prenotazione, dunque questa sezione del codice non è stata implementata.

5.8.10 Dati

Nella cartella “090-DATI” è contenuta la parte di programma adibita alla raccolta e gestione dei dati dei prodotti movimentati. Nel caso specifico del software trattato, vengono qui gestiti gli stati logici relativi alla movimentazione, raggruppati in cartelle per identificare rapidamente le aree di riferimento, per entrambi i flussi di movimentazione.

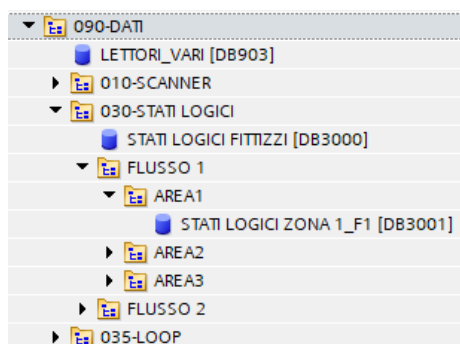


Figura 5. 57- Cartella 090-DATI [18]

Ogni cartella contiene un DB globale, contenente tanti dati quanti DRC sono presenti nell’impianto. Il tipo di dato è definito dalla libreria Incas, e contiene le informazioni utili per la gestione della movimentazione.

STATI LOGICI ZONA 1_F1		
	Nome	Tipo di dati
1	Static	
2	DRC1	*LIB:STATI LOGICI:PostazioneStandard_UDT*
3	Stato_Logico_A/semplice	Bool
4	Stato_Logico_B	Bool
5	DatiPerTracking	Struct
6	Barcode	Array[1..20] of Char
7	Destinazione_Collo	Array[0..31] of Bool
8	Peso_Collo	DInt
9	Tipo_UDC	Int
10	DRC2	*LIB:STATI LOGICI:PostazioneStandard_UDT*
11	DRC3	*LIB:STATI LOGICI:PostazioneStandard_UDT*
12	DRC4	*LIB:STATI LOGICI:PostazioneStandard_UDT*

Figura 5. 58 - DB STATI LOGICI ZONA 1 [18]

5.8.11 Librerie – V2_5

La cartella “999 – LIBRERIE – V2_5” contiene tutte le funzioni e i DB creati internamente in Incas, richiamati all’interno del software plc per la gestione dell’impianto sviluppato.

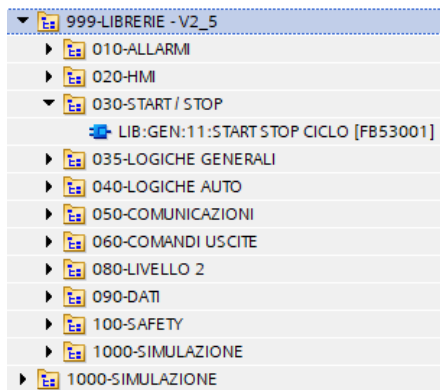


Figura 5. 59 - Cartella 999-LIBRERIE V2_5 [18]

5.8.12 Simulazione

La cartella “1000-SIMULAZIONE” contiene la funzione di libreria “FC:SIMULAZIONE:MAIN” e il suo DB d’istanza, oltre che ad un DB secondario di appoggio dati. La funzione viene richiamata nell’ “OB1” solo durante la fase di messa in servizio dell’impianto e ha lo scopo di simulare tutti gli allarmi e i warning relativi alla movimentazione tramite sequenze o tratti di accumulo, così da verificare tramite l’apposita pagina di visualizzazione allarmi dei pannelli HMI che questi vengano visualizzati correttamente.

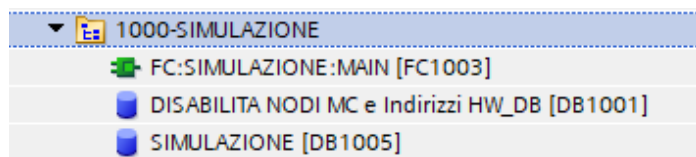


Figura 5. 60 - Cartella 1000-SIMULAZIONE [18]

5.9 Software HMI

In questo paragrafo verrà discusso il funzionamento dei due pannelli operatore HMI (*human machine interface*), modello TP700 Comfort, posizionati sul quadro elettrico 19016 e al piano terra sulla cassetta S1.1. La programmazione dei due pannelli è stata da me gestita in accordo con lo standard interno Incas S.p.A., così da garantire il riconoscimento rapido delle pagine visualizzate da parte del personale adibito all'assistenza da remoto.

Il pannello operatore è un'evoluta interfaccia grafica che, sfruttando la tecnologia “touch-screen”, mette a disposizione dell'utente un facile ed intuitivo strumento di interazione con l'impianto stesso.

Per comodità verrà esposto il funzionamento del solo pannello principale, posizionato sul quadro elettrico 19016, in quanto quello del pannello secondario al piano terra è del tutto analogo.

5.9.1 Organizzazione della navigazione ed elementi comuni

Tutte le schermate progettate sono caratterizzate da alcuni elementi comuni, utili per identificare il contesto della pagina visualizzata e facilitare la navigazione.

- “Intestazione pagina”, ovvero il titolo della pagina, un richiamo sempre disponibile che indica il soggetto di quanto visualizzato in quel momento.
- Tasto “ALLARMI”, visualizzabile su qualsiasi schermata attiva, se premuto 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;



Figura 5. 61 - Tasto allarmi [18]

- Tasto “HOME”, consente di visualizzare immediatamente il menu principale;



Figura 5. 62 - Tasto Home [18]

- Tasto “BACK”, consente di aprire la pagina precedentemente visualizzata;



Figura 5. 63 - Tasto Back [18]

- Tasti di navigazione tra le pagine, disponibili in tutti quei casi in cui, a causa dell’abbondanza di elementi trattati, è stata necessaria un’esposizione su più pagine.



Figura 5. 64 - Tasti di navigazione [18]

5.9.2 HOME PAGE

Dopo l’avvio dell’impianto, il display visualizza il menu principale, denominato “HOME”. Questo menu è sempre richiamabile da qualsiasi altra pagina mediante la pressione dell’apposito tasto disponibile in alto a destra.

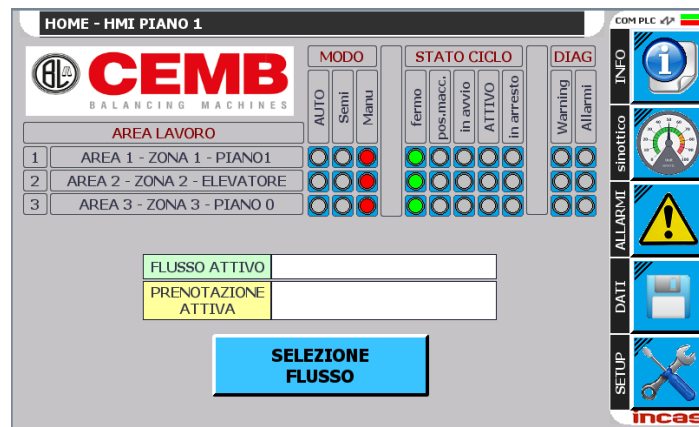


Figura 5. 65 – HMI piano 1 -Home page [18]

L’obiettivo della pagina “HOME” è quello di proporre un riepilogo immediato circa lo stato di funzionamento delle linee, dunque visualizza le seguenti informazioni:

- **“MODO”** (automatico, semiautomatico, manuale), indica la modalità di lavoro selezionata, in ogni area dell’impianto, in base alla posizione del selettore a chiave denominato “FUNZIONAMENTO” presente sui quadri elettrici. In questo caso la modalità “semiautomatico” è solo predisposta ma non disponibile, in quanto

presuppone l'esistenza di una gestione "decisionale" da parte del livello 2, assente nell'impianto descritto;

- **"STATO CICLO"** (fermo, pos. macchine, in avvio, ATTIVO, in arresto): nel caso di funzionamento in manuale lo stato del ciclo automatico non potrà che essere disattivato, dunque spento; ruotando invece il selettore di modalità nella posizione AUTOMATICO e premendo il pulsante verde MARCIA LINEA si otterrà la messa in marcia della relativa area. Durante questa fase verranno illuminate dapprima le caselle "pos. macchine" e "in avvio" ed a seguire quella di ATTIVO. La pressione del pulsante ARRESTO LINEA attiverà invece la procedura di arresto morbido dei macchinari, riportando l'area in stato "fermo";
- **"DIAG"**, visualizzazione rapida di diagnostica, ovvero un riepilogo circa l'eventuale presenza di WARNING o ALLARMI nell'area indicata;
- **VISUALIZZAZIONE FLUSSO ATTIVO**, in cui può essere visualizzato il flusso automatico attualmente attivo e la presenza eventuale di una prenotazione di cambio flusso.

Nella colonna laterale della pagina sono presenti alcuni pulsanti, utili per richiamare le diverse pagine visualizzabili dal pannello:

- Tasto **"INFO"**, 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, informazioni utili al cliente e da citare nel caso di richiesta d'aiuto al servizio di assistenza.



Figura 5. 66 - Tasto Info [18]

- Tasto **"SINOTTICO"**, 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, consente di analizzare lo stato dei dispositivi di movimentazione, dei sensori di controllo e la posizione degli elementi mobili. Nella modalità MANUALE permette invece la selezione dei diversi attuatori ed il loro comando per attività manutentive e di sblocco.



Figura 5. 67 - Tasto Sinottico [18]

- Tasto “**ALLARMI**”, descritto precedentemente, permette di richiamare il menu ALLARMI; è importante ricordare che in presenza di allarmi, la spia di segnalazione contenuta all’interno del tasto (punto esclamativo) inizia a lampeggiare.



Figura 5. 68 - Tasto Allarmi [18]

- Tasto “**DATI**”, consente la visualizzazione di tutti quei dati relativi alla gestione del processo;



Figura 5. 69 - Tasto Dati [18]

- Tasto “**SETUP**”, consente la visualizzazione e l’eventuale modifica dei parametri utilizzati per la gestione del processo;



Figura 5. 70 - Tasto Setup [18]

Infine, in basso nella parte centrale della pagina, è presente il tasto “**SELEZIONE FLUSSO**”, il quale permette di accedere rapidamente alla pagina di setup-prenotazione flusso automatico.



Figura 5. 71 - Tasto selezione flusso [18]

5.9.3 ALLARMI

Accedendo alla pagina “**ALLARMI**”, premendo l’apposito tasto precedentemente descritto, è possibile visualizzare tutte le anomalie attualmente attive nell’impianto, caratterizzate dal codice identificativo di ogni allarme attivo e da una descrizione molto contenuta.

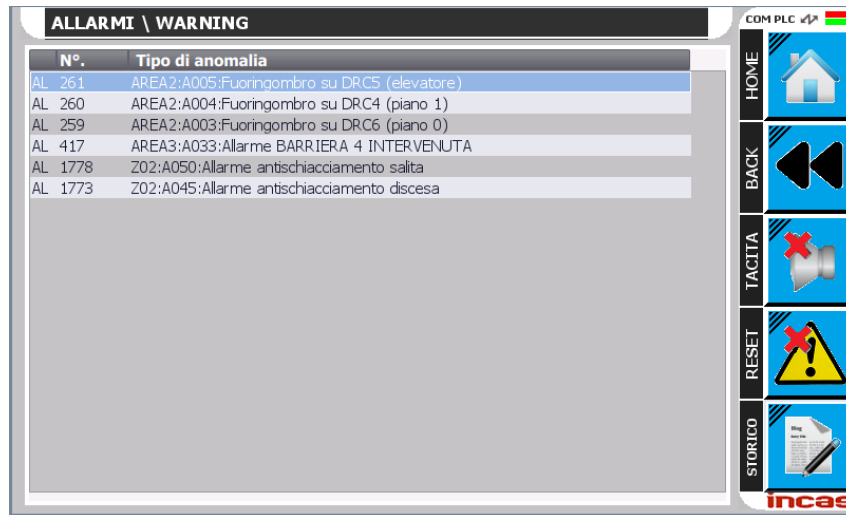


Figura 5. 72 - HMI piano 1 - pagina allarmi/warning [18]

Le segnalazioni di allarme possono essere di due tipologie, con possibilità di ripristino automatico e con ripristino manuale. Tutte le segnalazioni abbinate al ripristino automatico scompaiono non appena la causa scatenante dell’allarme viene risolta, mentre le segnalazioni con ripristino manuale vengono memorizzate per essere necessariamente visionate e riconosciute dall’operatore: tutti i movimenti legati all’allarme in corso rimangono pertanto congelati in modo da consentire un eventuale sopralluogo e scelta comportamentale e solo resettando manualmente la segnalazione il processo riprenderà il funzionamento normale. In alcuni casi è possibile che la particolare gravità dell’allarme intervenuto possa generare l’arresto del ciclo automatico della linea, richiedendo quindi in questo caso anche il riavvio del sistema dopo il reset della segnalazione.

Per effettuare il reset della segnalazione, è necessario premere il tasto “**RESET**” presente sulla barra destra della pagina.



Figura 5. 73 - Tasto reset allarmi [18]

Sono inoltre presenti i pulsanti “**TACITA**” e “**STORICO**”: il primo è utile in tutti quei casi in cui il sistema abbini alla segnalazione luminosa di allarme in corso anche quella acustica e permette di tacitare la sirena prima di esaminare la natura del problema; il pulsante “**STORICO**” richiama invece un nuovo menù, utilizzato dal sistema per storicizzare l’evoluzione degli allarmi, in cui è possibile analizzare gli ultimi 255 eventi di anomalia, avendo a disposizione in particolare data, ora e descrizione degli allarmi intervenuti, con riferimento al momento di inizio (entrata evento) e di fine (risoluzione dell’allarme - uscita evento).



Figura 5. 74 - Tasto Storico allarmi [18]

Un ultimo pulsante, rappresentante un foglio e una penna con una croce sovrapposta, consente di cancellare il buffer delle segnalazioni. In assenza di cancellazioni, il sistema provvede ad una gestione circolare della memorizzazione.



Figura 5. 75 - Tasto cancella storico [18]

5.9.4 SINOTTICO

Cliccando sul pulsante sinottico, presente sulla home page, si richiama la rappresentazione schematica dell’intero impianto.

Il sinottico d’impianto consente di selezionare una delle zone in cui lo stesso è stato suddiviso. Premendo dunque su una delle zone o sull’apposito tasto, verrà visualizzata una pagina per approfondire ed evidenziare i singoli componenti.

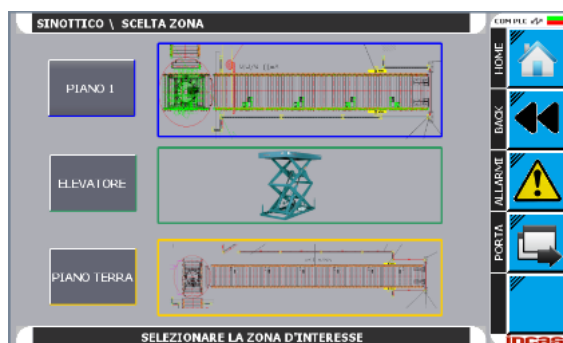


Figura 5. 76 - HMI piano 1 - Scelta zona sinottica [18]

Tramite il pulsante “PORTA” è possibile visualizzare la pagina “PORTA DI ACCESSO” posta al piano terra. Tramite questa pagina è possibile verificare la chiusura o l’apertura della porta stessa.

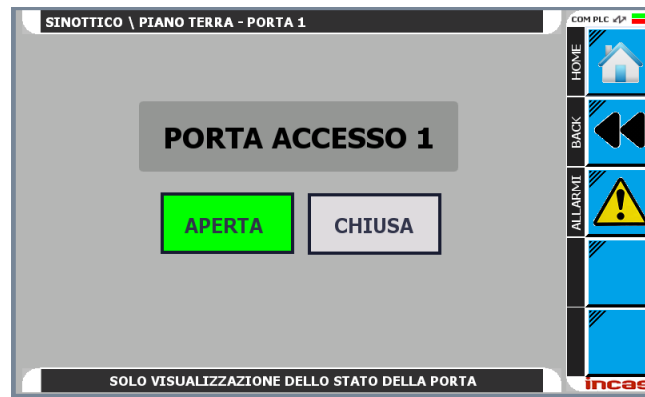


Figura 5. 77 - HMI piano 1 - Stato porta [18]

Dopo aver scelto la zona di interesse, il pannello ne visualizzerà una rappresentazione, utile sia per visualizzare lo stato dei dispositivi e dei prodotti movimentati durante il funzionamento in automatico, sia per eventualmente comandare manualmente ogni singolo dispositivo presente nella zona, avendo prima arrestato l’eventuale ciclo automatico attivo e ruotato il selettore a chiave presente sul quadro 10916 in posizione “manuale”. La pagina visualizzata permette con facilità la ricerca del dispositivo che si vuole movimentare in manuale (nella figura seguente, è stata proposta la rappresentazione topografico della zona 1 – piano 1).

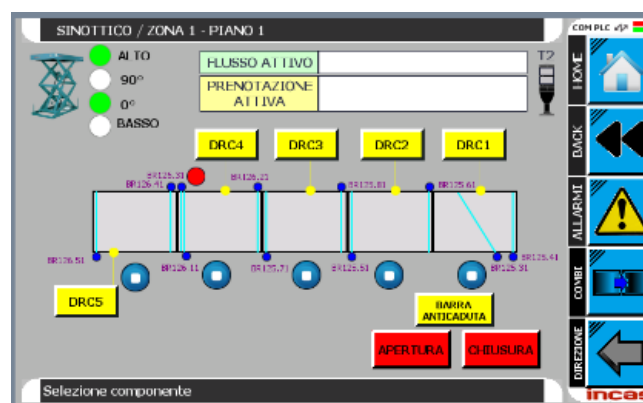


Figura 5. 78 - HMI piano 1 - Sinottico Zona 1 [18]

Per ogni tipologia di attuatore, esiste un tasto virtuale colorato riportante il nome del dispositivo (detto anche “tag”): ad esempio il tasto “DRC3” permette la selezione del relativo dispositivo, il cui nome verrà visualizzato nel riquadro disponibile nella parte bassa del display al posto della voce “Seleziona componente”.



Figura 5. 79 - Tasto di selezione DRC3 [18]

Avendo dunque selezionato il dispositivo desiderato, premendo il pulsante verde “marcia” presente sul quadro elettrico, esso verrà messo in movimento, mentre premendo il pulsante rosso “arresto” il dispositivo verrà fermato. 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.

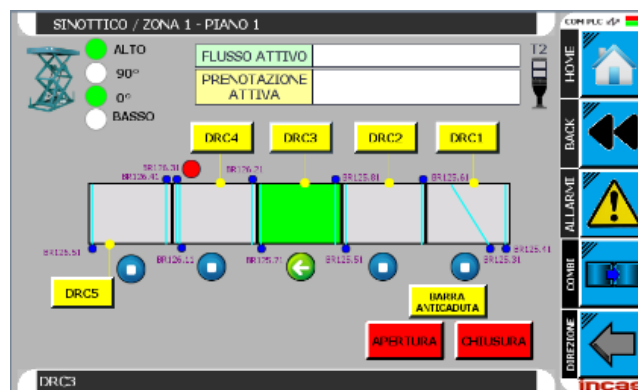


Figura 5. 80 - - HMI piano 1 - Sinottico zona 1, dettaglio DRC3 in movimento [18]

Tramite il tasto “DIREZIONE” posto in basso a destra nella barra dei pulsanti, è possibile impostare il verso di rotazione dei tratti motorizzati. Il riferimento della direzione impostata sarà dato sia dalla direzione della freccia del tasto, che dalle frecce poste sotto ogni tratto motorizzato, che indicano se il tratto è fermo, ruota verso sinistra o verso destra.

Tramite il tasto “COMBI” è invece possibile azionare, selezionando un tratto motorizzato, anche il tratto successivo (relativamente alla direzione impostata), così da facilitare l’eventuale movimentazione dei bancali. L’attivazione della modalità COMBI è segnalata sulla barra d’intestazione della pagina.

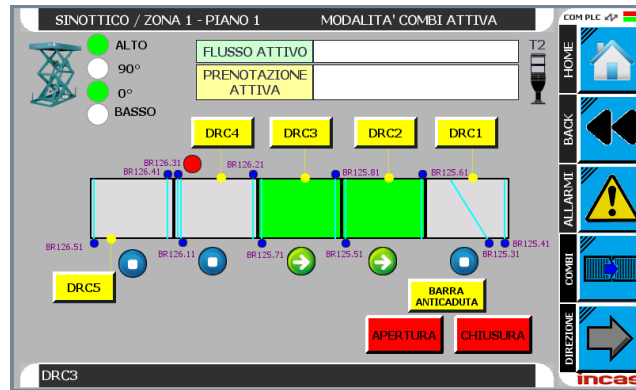


Figura 5. 81 - HMI piano 1 - Sinottico zona 1, dettaglio DRC3 in movimento in modalità COMBI [18]

Agendo esclusivamente dal pannello al piano terra, è possibile movimentare in modalità manuale anche l’elevatore, attraverso la pagina dedicata. Agendo sui pulsanti (visualizzabili solo in base alla posizione corrente dell’elevatore e se sussistono i segnali di consenso relativi a tale movimentazione) è possibile avviare l’azione richiesta. I comandi in corso sono visualizzabili dall’apposito riquadro.



Figura 5. 82 - HMI piano 1 - Sinottico zona e elevatore [18]

5.9.5 DATI

Selezionando il tasto “DATI” presente sulla home page e precedentemente descritto, verrà visualizzato un elenco tramite il quale è possibile accedere a pagine contenenti le informazioni di tipo logico responsabili del processo di movimentazione:

- STATI LOGICI PRIMO PIANO
- STATI LOGICI PIANO TERRA
- STATI LOGICI ELEVATORE
- STATISTICHE



Figura 5. 83 - HMI piano 1 - pagina elenco dati [18]

Tramite le pagine dedicate agli stati logici, è possibile impostare o rimuovere uno stato logico da un tratto motorizzato, se e solo se la zona su cui si agisce è in modalità “automatico” e lo stato del ciclo è impostato su “ciclo fermo”. Per questioni di sicurezza, gli stati logici della “zona 1 - piano 1” possono essere modificati solo dal pannello posto sul quadro 19016, mentre possono essere solo visualizzati dal pannello posto al piano 0, cassetta S1.1. Analogamente gli stati logici della “zona 2 – elevatore” e “zona 3 – piano 0” possono essere modificati solo dal pannello operatore posto nella cassetta S1.1, mentre possono essere solo visualizzati al piano 1 sul quadro principale 19016.



Figura 5. 84 - HMI piano 1 - Dati - Stati logici piano primo [18]

Selezionando invece il tasto “INFORMAZIONI STATISTICHE”, verrà visualizzata una pagina che consente di analizzare i totalizzatori produttivi dell’impianto. In linea generale si possono identificare due diverse tipologie di dati: i dati “*fiscali*”, valori non modificabili, abilitati durante la messa in servizio dell’impianto e riportanti il numero complessivo dei transiti relativamente ai due flussi selezionabili, e i dati “*parziali*”, che si differenziano dai primi per la funzione di azzeramento, praticabile mediante pressione del tasto “CANCELLA” disponibile nella barra laterale del menù (icona a forma di cestino).



Figura 5. 85 - HMI piano 1 - Dati - Conteggio missioni [18]

5.9.6 SETUP

L’ambiente di setup è accessibile premendo l’apposito tasto presente sulla home page del pannello. Tramite questa pagina è possibile selezionare l’argomento d’interesse dell’impianto su cui è necessario apportare modifiche di gestione. Alcune modifiche sono protette da password di sicurezza, identificabile tramite un lucchetto rosso sul relativo tasto di attivazione, per impedire la l’accesso ai parametri di movimentazione da parte di personale non autorizzato.

L’elenco completo dei setup accessibili prevede:

- SELEZIONE FLUSSO
- REGOLAZIONE DISPLAY DEL PANNELLO
- TEMPI E PARAMETRI
- SETUP PANNELLO
- PARAMETRI ELEVATORE



Figura 5. 86 - HMI piano 1 - Elenco pagine setup [18]

Tramite la pagina “SELEZIONA FLUSSO”, accessibile direttamente anche dall’home page tramite il relativo tasto precedentemente descritto, è possibile prenotare il flusso desiderato, in salita (dal piano 0 al piano 1) o in discesa (dal piano 1 al piano 0) durante il funzionamento automatico della linea. Il flusso in discesa è prenotabile esclusivamente dal piano 1, mentre il flusso in salita è prenotabile esclusivamente dal piano 0. Cliccando sull’apposito pulsante di prenotazione, verrà presa in carico la richiesta e, nel momento in cui sussistono le condizioni di partenza, verrà attivato il flusso prenotato. Prenotazioni attive e flusso attivo sono visualizzabili nell’apposito riquadro, presente anche nella home page e nelle pagine di sinottico.

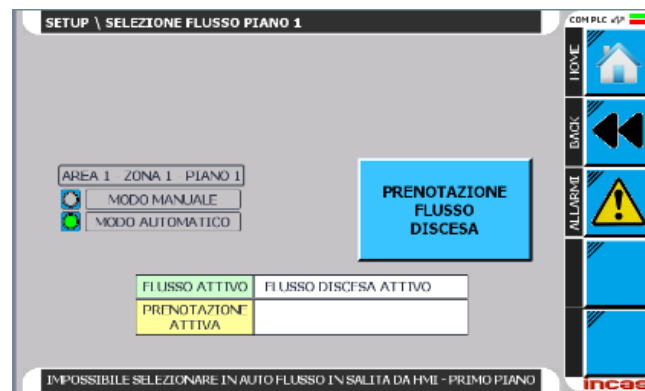


Figura 5. 87 - HMI piano 1 - Setup - Selezione flusso piano 1 [18]

La pagina “REGOLAZIONE DISPLAY PANNELLO” consente di impostare la luminosità desiderata premendo i tasti “+” e “-”. È inoltre possibile, premendo il tasto “PULIZIA”, disabilitare le funzionalità del pannello per 30s, in modo da consentire la pulizia del display.



Figura 5. 88 - HMI piano 1 - Setup - Regolazione display del pannello [18]

Tramite la pagina “TEMPI E PARAMETRI” è possibile modificare alcuni parametri responsabili del processo dinamico tramite le sequenze, operazione molto utile soprattutto durante le operazioni di “tuning” effettuate durante la messa in servizio dell’impianto. La modifica di questi parametri è protetta da password per evitare l’accesso alla pagina da parte di personale non autorizzato.

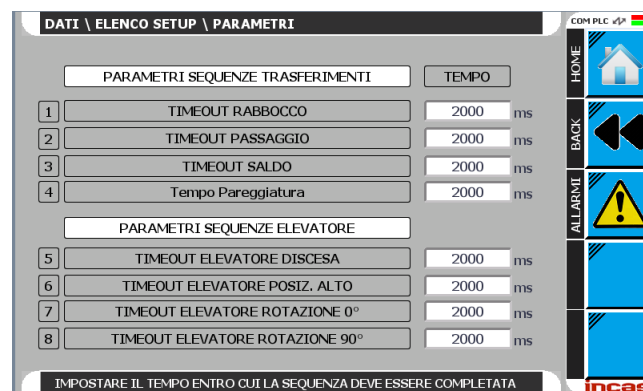


Figura 5. 89 - HMI piano 1 - Setup - Parametri sequenze [18]

Analogamente, tramite la pagina “PARAMETRI ELEVATORE”, è possibile apportare modifiche ai parametri di gestione dell’elevatore.

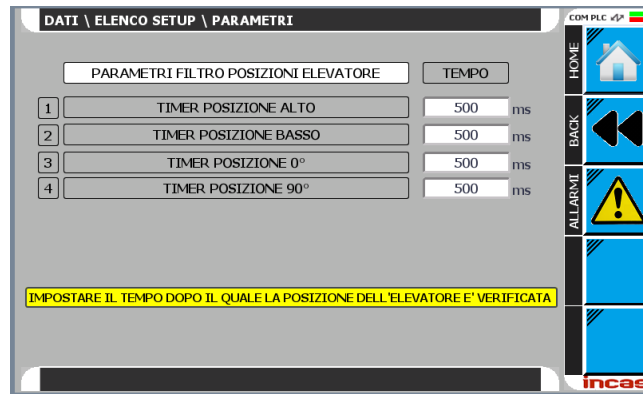


Figura 5. 90 - HMI piano 1 - Setup - Parametri filtro posizione elevatore [18]

Infine, cliccando sul pulsante “SETUP PANNELLO”, verrà chiuso il “Run-time” del pannello HMI, il quale consentirà di conseguenza la pagina di impostazioni avanzate.

5.10 Messa in servizio dell'impianto

Dopo aver concluso lo sviluppo del software plc e dei due pannelli HMI e avendo atteso il completamento dell'assemblaggio della linea oggetto di studio, in accordo agli impegni presi con il cliente durante la fase di vendita, è stata avviata la fase di messa in servizio dell'impianto. Tale fase, richiedente la mia presenza nel sito dell'impianto, prevede l'adempimento di una meticolosa scaletta operativa, appositamente studiata per svolgere l'attività di tuning in totale sicurezza:

- Indossare i dispositivi di protezione individuale (DPI) richiesti;
- Stato cantiere: Far liberare l'area di lavoro in modo da poter attivare i dispositivi liberamente, senza rischio di caduta o urti;
- Postazione di lavoro:
 - Allestire tavolo e sedia in posizione idonea al controllo delle attività;
 - Predisporre e configurare dove necessario un access point in modo da poter coprire la zona di lavoro;
 - In caso di ambienti freddi allestire la tenda con stufetta di riscaldamento;
- Attrezzatura a disposizione: Verificare di avere i cavi e gli adattatori necessari alla configurazione e al monitoraggio dei vari dispositivi presenti nell'impianto;
- Piattaforma elevatrice: In caso di presenza di dispositivi in quota, verificare la presenza ed il corretto funzionamento della piattaforma;
- Giornale di cantiere:
 - Riportare tutte le segnalazioni, anomalie e problematiche riscontrate su un file di report;
 - Aggiornare il giornale di cantiere in modo puntuale in modo da non perdere traccia dei problemi, dei tentativi di risoluzione e delle soluzioni trovate;
- Verifica tensioni interno quadro: Dopo l'accensione del quadro richiedere o verificare le tensioni richieste in uscita dagli alimentatori;
- Trasferimento progetto PLC;
- Trasferimento progetto HMI;
- Rete bus di campo (Profinet):
 - Verificare per ogni rete di campo presente che i dispositivi siano configurati correttamente;
 - Verificare che ogni dispositivo di rete comunichi con i partner richiesti;
- Test emergenze e sicurezze con relativi allarmi (funghi, porte, barriere):

- Verificare che ogni dispositivo di sicurezza esegua la funzione di sicurezza richiesta correttamente;
- Verificare che la funzione di sicurezza attivata generi il relativo allarme su HMI;
- Verificare il ripristino della funzione di sicurezza secondo le procedure richieste;
- Test rete bus di campo con relativi allarmi:
 - Verificare che lo sgancio del dispositivo dalla relativa rete generi il relativo allarme di mancanza di comunicazione;
 - Nel caso di elevato numero di dispositivi di rete, eseguire il suddetto controllo a campionamento;
- Test allarmi generali:
 - Aria compressa, ove presente, con regolazione del pressostato (ad es.: pressione standard 6 bar, regolare pressostato a 5.5 bar);
 - Fusibili elettronici;
 - Teleruttori alimentazioni;
 - Interruttori “salvamotore” 400V AC;
- Anomalie convogliatori a rulli 24V DC: in caso di elevato numero, eseguire la verifica a campione;
- Test I/O con utilizzo sinottici e relative regolazioni:
 - Dotarsi di UDC campione richiedendole al cliente;
 - Utilizzare il pannello HMI per i comandi manuali verificandone il corretto funzionamento;
 - Verificare che, dove richiesto, i comandi lavorino con le sicurezze fisico-logiche richieste fermando l'attuatore ed eventualmente generando il relativo allarme;
 - Verificare dove richiesto l'esecuzione dei comandi manuali con by-pass sicurezze fisico-logiche;
- Test lettura scanner e relative regolazioni (ove presente):
 - Dotarsi dei barcode definitivi e posizionarli correttamente sulle UDC campione;
 - Posizionare i lettori nel verso del trasporto a valle in modo da leggere solo il barcode dell'UDC in transito;

- Test sequenze singole e relativi allarmi: Usare le UDC campione con relativo barcode (ove presente);
- Test reset sequenze;
- Test ciclo semi-automatico (ove previsto);
- Test ciclo automatico in simulazione LIV2 (ove previsto);
- Test reset stazioni LIV2 (ove previsto);
- Test colloquio LIV1/LIV2 (ove previsto);
- Test ciclo automatico massivo;
- Istruzione personale: Usare il manuale operativo redatto da rilasciare al cliente.

Avendo correttamente eseguito ogni punto descritto nella scaletta operativa, l'impianto è stato rilasciato al cliente.



Figura 5. 91- Elevatore a pantografo Bolzoni



Figura 5. 93 - Dettaglio fronte quadro elettrico 19016



Figura 5. 92 - Dettaglio ingresso pallet al piano terra con barriera di muting



Figura 5. 94 - Dettaglio barriera di emergenza su DRC1

6 CONCLUSIONI

In questa trattazione è stato analizzato il settore dell'*intralogistica* industriale, evidenziando i punti chiave del *Material Handling*, quali sono le tecnologie attualmente disponibili per la gestione della movimentazione di materiale in termini di componentistica hardware e software e come Incas S.p.a. occupi un ruolo di rilievo nel suddetto settore. In particolare, è stata descritta la gestione dei flussi logistici di merci e materiali all'interno di Cemb S.p.A., attraverso lo sviluppo di un software PLC in ambiente Siemens TIA Portal per la gestione di un impianto di movimentazione pallet che mette in comunicazione due reparti aziendali posti su livelli differenti.

Attraverso un'attenta analisi delle esigenze del cliente e la relativa stesura dei documenti di progettazione meccanica ed elettrica, sono state definite le caratteristiche di movimentazione dell'impianto, rappresentanti la base per lo sviluppo del software plc da me realizzato secondo le regole di programmazione utilizzate nello standard aziendale di Incas S.p.A.

È stato dunque esposto il software realizzato in ogni sua parte, ponendo particolare attenzione al concetto di sicurezza sul lavoro, in quanto è assolutamente necessario garantire l'incolumità degli operatori coinvolti nell'utilizzo dell'impianto di movimentazione. Sono state dunque illustrate tutte le procedure di corretto utilizzo dell'impianto e analizzati i dispositivi di controllo per individuare situazioni di emergenza.

È stato infine discusso il funzionamento dei due pannelli HMI presenti nell'impianto, indispensabili per interfacciarsi correttamente con l'impianto e la cui programmazione è stata da me gestita in accordo allo standard interno aziendale, così da rendere facilmente intuibile la navigazione anche per il personale Incas dedicato all'assistenza da remoto in caso di necessità.

6.1 Possibili sviluppi futuri

Date le esigenze del cliente, è stato realizzato un sistema di movimentazione bancali avente il compito di collegare il magazzino e il reparto produzione di Cemb S.p.A.; non essendo stato predisposto alcun dispositivo di riconoscimento dei materiali movimentati, non si ha la conoscenza della tipologia di prodotto movimentato, gestendo l'impianto come un semplice ascensore di collegamento tra i due reparti. L'aspetto gestionale della movimentazione e della giacenza di magazzino è dunque totalmente a carico del cliente, il quale al momento non è supportato in alcun modo dall'impianto in servizio nella tracciabilità dei prodotti

movimentati. Questo comporta un aumento della possibilità di discrepanza tra i dati di giacenza reale e teorica del magazzino materie prime/prodotti finiti.

Un intervento utile potrebbe essere quello di abbinare un sistema di riconoscimento dei bancali nelle due posizioni di ingresso, creando per ogni piano una postazione di “*battezzo*”, in cui l’operatore associa tramite pc i prodotti movimentati ad un codice a barre, e utilizzare uno o due lettori (a seconda della tipologia di codice da identificare) per il riconoscimento del bancale in movimento. Tale intervento permetterebbe di ottenere i dati relativi ad ogni singolo prodotto movimentato, creando un ponte con i servizi gestionali interni del cliente, il quale avrebbe un maggiore controllo sulla giacenza dei prodotti in magazzino e in lavorazione, avendo la conoscenza della posizione esatta di ogni prodotto.

RINGRAZIAMENTI

Questa tesi rappresenta il culmine di un lungo percorso di crescita personale, durante il quale ho acquisito le conoscenze e competenze che definiscono la persona che oggi sono.

Le difficoltà incontrate sarebbero state difficili da superare senza il supporto forte e costante dei miei cari, in primis dei miei genitori, i quali mi hanno dato i mezzi e la forza necessaria per portare a termine il cammino intrapreso: a loro devo tutto.

Un ringraziamento particolare va a Francesca, che mi è stata sempre vicino e mi ha confortato nei momenti più difficili.

Un ringraziamento è dovuto ai professori Viktorov e Colombo, i quali mi hanno costantemente assistito nella stesura di questa tesi con estrema disponibilità e dedizione.

Grazie a Lorenzo, che oltre a dimostrarsi un eccellente team leader in Incas Spa, mi ha sempre messo nelle condizioni migliori per poter proseguire gli studi e il lavoro di tesi, organizzando al meglio la mia attività lavorativa anche in base alle mie esigenze accademiche.

Grazie, inoltre, a tutti gli amici e ai colleghi di Incas, che hanno sempre fatto il tifo per me, senza mai farmi mancare il supporto necessario ad andare avanti in un cammino difficile da intraprendere, ma che mi ha portato alla più grande soddisfazione della mia vita finora, con l'augurio che questo sia solo l'inizio di qualcosa di ancora più grande.

Bibliografia

- [1] Wikipedia, Sito: https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0, Ultimo accesso: Gennaio 2020.
- [2] Incasgroup, Sito: www.incasgroup.com, Ultimo accesso: Gennaio 2020.
- [3] CEMB S.p.A, Sito: <https://www.cemb.com/azienda/>, Ultimo accesso: Maggio 2020.
- [4] STELLANTIS, Sito: <https://www.stellantis.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [5] SSI SCHAEFER, Sito: <https://www.ssi-schaefer.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [6] V. Cosco, *Progettazione e dimensionamento del sistema di material handling nell'ambito dell'intralogistica*, 2018.
- [7] SIEMENS, Sito: <https://new.siemens.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [8] F. Caron, G. Marchet e R. Wagner, "Material handling e simulazione", Milano: CUSL, 1995.
- [9] A. Monte, "Elementi di impianti industriali", Torino: Edizioni libreria Cortina, 2003.
- [10] INTERROLL, Sito: <https://www.interroll.it/azienda/>, Ultimo accesso: Marzo 2020.
- [11] Interroll, "Roller Catalog: rulli trasportatori, rollerdrive, unità di controllo", Wermelskirchen, 2019.
- [12] V. Viktorov e F. Colombo, Automazione dei sistemi meccanici - corso di base, Torino: CLUT Editrice, 2016.
- [13] GENERAL MOTORS, Sito: <https://www.gm.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [14] ROCKWELL AUTOMATION, Sito: <https://www.rockwellautomation.com/it-it/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers.html>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [15] OMRON, Sito: <https://industrial.omron.it/it/home>, Ultimo accesso: Settembre 2021.

- [16] SIEMENS TIA PORTAL, Sito:
<https://new.siemens.com/it/it/prodotti/automazione/industry-software/automation-software/tia-portal.html>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [17] PROFIBUS - WIKIPEDIA, Sito: <https://it.wikipedia.org/wiki/PROFIBUS>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [18] PROFINET SIEMENS, Sito:
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [19] Materiale interno Incas S.p.A., Vigliano Biellese (BI), 2021.
- [20] Bolzoni, MANUALE DI ISTRUZIONE PER INSTALLAZIONE USO E MANUTENZIONE.
- [21] SIEMENS, Guida SIMATIC Safety Integrated, 2020.
- [22] DATALOGIC, Sito: <https://www.datalogic.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [23] SICK, Sito: <https://www.sick.com/>, Ultimo accesso: Settembre 2021.
- [24] EUROBIL, Sito: <https://www.eurobil.it>, Ultimo accesso: Settembre 2021.