

L'uso della simulazione per la corretta gestione dei flussi logistici fra produzione e magazzino: il caso FATER.

Stefano Bianchi, Matteo Casu - Alfa Coplan

La decisione di incrementare la capacità produttiva dello Stabilimento di Pescara ha indotto FATER S.p.A. a riconsiderare il proprio sistema logistico-produttivo in modo da individuare ed eliminare le eventuali criticità dell' impianto.

Obiettivo prioritario, in particolare, è quello di verificare la criticità del sistema logistico di trasporto, smistamento e formazione dei treni di pallet a valle delle linee di produzione, a fronte di incrementi di produzione delle linee attuali, e di eventuale inserimento di nuove linee produttive.

Data la complessità del problema l' azienda ha deciso di commissionare ad ALFA COPLAN un progetto logistico caratterizzato da un duplice utilizzo della simulazione.

In questo caso infatti la simulazione viene impiegata sia come strumento di supporto per dimensionare e valutare le diverse alternative progettuali, sia implementando un applicativo da inserire nel processo di gestione del nuovo sistema logistico, come supporto alla programmazione e al controllo delle attività e delle risorse.

Il presente articolo illustra le caratteristiche del sistema logistico attuale, gli scenari produttivi ipotizzati, e le soluzioni analizzate. Vengono quindi descritte le caratteristiche del modello di simulazione sviluppato per, e infine sono confrontate le diverse soluzioni in termini di produttività del sistema, utilizzo delle risorse, e tempi di attraversamento.

Descrizione del sistema logistico

Lo stabilimento di Pescara della FATER S.p.A. è articolato in due reparti produttivi: Reparto A e Reparto C, specializzati per classi di prodotto.

Le linee di produzione alimentano il sistema logistico oggetto dello studio: ogni linea produttiva alimenta, tramite un elevatore e una rulliera, il **collettore centrale** di ognuno dei due reparti. Nel reparto C le rulliere laterali sono disposte rispetto al collettore centrale con un layout tipo "spina di pesce", mentre nel reparto A le rulliere laterali sono disposte parte in serie e parte contrapposte tra loro in un layout maggiormente articolato (v. fig. 1). L'inserimento delle casse provenienti dalle rulliere laterali nel collettore centrale è gestito, tramite un sistema di fotocellule, secondo logiche di priorità variabili a seconda del livello di accumulo e della frequenza del flusso produttivo; in generale nel reparto A le casse vengono scaricate direttamente sul collettore centrale se questo è libero.

I collettori centrali dei diversi reparti confluiscono in un sistema di collettori esterni posizionati sotto una pensilina, dove le casse vengono accumulate in differenti quantità sotto la gestione di un sistema di fotocellule. A valle dei collettori esterni è posizionato un **incrocio**, gestito con le stesse logiche di priorità dei collettori interni. Gli accumuli esterni vengono alternativamente abilitati allo scarico su un trasportatore in quota che collega l' area dei reparti produttivi con l' area di magazzino. All' interno dell' area di magazzino il flusso delle casse viene nuovamente suddiviso in 3 rulliere sovrapposte, e le casse vengono trasportate nell' area di smistamento.

Le casse corrispondenti ai diversi prodotti vengono identificate da una serie di scanner posizionati sulle rulliere disposte su 3 livelli e quindi smistate tramite deviatori su 3 piani composti ognuno da 12 **piste di accumulo**. Ognuna delle 36 piste è dedicata a un tipo di prodotto. Le casse vengono accumulate sulle piste fino a raggiungere un quantitativo occorrente alla formazione di 4 pallet. Tale quantitativo, e il corrispondente accumulo in metri lineari sulle piste, è variabile da prodotto a prodotto. Quindi le casse vengono inviate ai palletizzatori automatici, attivando lo scarico delle piste secondo una logica FIFO, scegliendo il primo palletizzatore libero. Infine i pallet formati vengono trasportati al magazzino automatico.

Scenari ipotizzati

Gli scenari che sono stati oggetto di simulazione risultano dalla combinazione dei diverse **livelli produttivi** considerati con le **soluzioni impiantistiche e di layout** ipotizzate.

Per quanto riguarda i diversi livelli produttivi, questi sono la risultante della variazione di due parametri: **produttività linee** e **numero delle linee** in produzione.

In particolare per alcune linee si prevede un incremento di produttività del 100 %, mentre il numero delle eventuali linee aggiuntive è di 4 per il lotto A e 4 o 12 per il lotto C.

Le soluzioni impiantistiche e di layout, invece, si possono riassumere come segue per le diverse aree dello stabilimento:

Reparto A - Collettore centrale unico o Doppio collettore centrale (in questa seconda ipotesi un collettore serve le 6 linee Pampers ad alta produttività mentre il secondo collettore serve le altre linee)

Reparto C - Quattro linee aggiunte in serie sullo stesso collettore in fondo al reparto o Quattro linee aggiunte in parallelo su un secondo collettore a fianco del reparto, per verificare i diversi livelli di riempimento del collettore in funzione del layout delle linee

Incrocio - Incrocio singolo o Sdoppiamento dell' incrocio e del sistema di deviatori, in quanto al di sopra di un determinato incremento dei volumi produttivi i tempi di attraversamento dell' incrocio da parte delle casse risultano troppo elevati, a causa dei tempi meccanici dei deviatori

Piste di accumulo - 36 piste o 45 piste (esiste una possibilità di ampliamento di 3 piste per piano a fianco dell' area di smistamento attuale)

Pallettizzatori - 3 - 4 - 5 macchine; sono state esaminate diverse configurazioni in quanto l' area di palletizzazione risulta essere una delle aree critiche dell' impianto per gli effetti negativi che si ripercuotono sulle fasi più a monte del processo.

Gli scenari considerati si possono riassumere secondo la schematizzazione seguente:

Reparto A

configurazione attuale = linee attuali con un solo collettore centrale

ipotesi 2a = 4 linee aggiuntive ed un solo collettore centrale

ipotesi 2b = 4 linee aggiuntive e due collettori centrali

Reparto C

configurazione attuale = linee attuali con un solo collettore centrale

ipotesi 1 = 4 linee aggiuntive in serie ed un solo collettore centrale

ipotesi 2 = 4 linee aggiuntive in parallelo e due collettori centrali

Modello di simulazione

Per potere analizzare le diverse ipotesi produttive e impiantistiche, oltretutto vincolate da diversi fattori stocastici (contemporaneità delle produzioni, presenza di blocchi nei collettori, tempi di pallettizzazione), è stato necessario utilizzare un modello di simulazione al computer, per mezzo del quale studiare le prestazioni dell'impianto.

Gli obiettivi dello studio di simulazione non si sono però limitati alla verifica dei diversi scenari produttivi a fronte delle soluzioni impiantistico - logistiche, per individuare le criticità, e dimensionare le risorse, ma hanno incluso anche l'implementazione di uno strumento di supporto operativo alla gestione delle attività e delle risorse di magazzino

La prima considerazione fatta a proposito delle funzionalità da dare al modello è stata quella che un modello rappresentante l'intero impianto, a partire dalle linee di produzione e fino ai pallettizzatori, sarebbe risultato troppo oneroso, considerando anche i volumi produttivi ipotizzati. Inoltre i parametri di controllo sarebbero stati troppo numerosi, rendendo difficile la fase di verifica delle criticità e ottimizzazione del sistema.

Tenendo anche conto che i reparti produttivi alimentano il magazzino unicamente tramite un collettore esterno, è stato deciso di costruire un modello di simulazione per ognuno dei reparti, e uno per il sistema di convogliamento e accumulo a magazzino. I valori in uscita a ciascuno dei modelli rappresentanti i reparti sono serviti per alimentare, in ingresso, il modello del magazzino. In altri termini è stata tralasciata l'uscita dei pezzi dai reparti, e la successione dei diversi prodotti in uscita è stata utilizzata per alimentare il sistema di convogliamento casse al magazzino.

In questo modo è stato possibile analizzare e ottimizzare il comportamento dei singoli reparti, e concentrarsi sull'analisi del sistema magazzino sulla base delle condizioni risultate ottimali per la produzione.

Per la costruzione dell'applicativo di simulazione è stato utilizzato il linguaggio di simulazione MODSIM II® della CACI Products Co. Si tratta di un linguaggio di simulazione object-oriented, che consente lo sviluppo di applicativi di simulazione ad eventi discreti, comprensivi di animazione e interfaccia Utente evoluta (GUI). In particolare è stato sviluppato un applicativo parametrico, costituito da una serie di oggetti, ciascuno dei quali rappresentante una specifica funzione dell'impianto in questione (linea di produzione,

incrocio o semaforo, convogliatore, accumulo), e configurabile mediante parametri per comporre il modello desiderato.

I principali elementi dell'applicativo sono:

ModelObj

Gestisce la GUI e le funzionalità di base richieste al modello:

- Creazione o caricamento di un modello
- Definizione dei parametri di simulazione e lancio di una simulazione
- Gestione della stocasticità
- Monitoraggio delle variabili statistiche
- Analisi dei risultati

Tramite ModelObj è possibile accedere a tutti gli altri elementi del modello.

GeneratorObj

Rappresenta il *confine* fra il modello e il mondo esterno, cioè è il punto il cui le casse entrano nel sistema. Nel caso specifico gli elevatori che alimentano i collettori al termine delle macchine di produzione sono rappresentati da GeneratorObj.

Funzionalità: in base alla frequenza definita nell'apposito attributo provvede a generare una cassa relativa a un particolare prodotto, e inserisce la cassa nel sistema.

SinkObj

Rappresenta il punto del modello in cui una cassa *lascia* il sistema.

Funzionalità: Provvede a contabilizzare l'uscita della cassa dal sistema, e a raccogliere statistiche su di essa.

PlantElementObj

Rappresenta un generico elemento di impianto (per esempio una macchina), che svolge specifiche funzionalità sulle casse. Sono PlantElementObj i pallettizzatori (PallettizerObj), e le piste di accumulo (BufferObj); in particolari scenari possono essere PlantElementObj i lotti produttivi nel loro complesso.

Funzionalità: Svolge specifiche attività sulla cassa, che richiedono passaggio di tempo (simulato). Per lo svolgimento di tali attività può avere necessità di risorse. Per esempio un PlantElementObj pallettizzatore richiede la disponibilità di un pallettizzatore, accumula le casse fino a formare un pallet, libera il pallet così formato e lo invia a valle.

PadObj

Rappresenta un punto di collegamento fra altri elementi del modello. Per esempio PadObj possono collegare due PlantElementObj, o costituire l'elemento iniziale o finale di un tratto di convogliatore, o ancora collegare un elemento a un GeneratorObj o a un SinkObj. Nel caso specifico PadObj sono i punti iniziali/terminali di un tratto di collettore, o l'incrocio. Particolari PadObj sono i deviatori (SwitchObj), che indirizzano le casse all'accumulo corretto.

Funzionalità: Gestisce il passaggio di una cassa da un elemento del modello a un altro, comunicando all'elemento a monte la possibilità di accettare la cassa stessa. In caso

affermativo richiede all'elemento a valle la disponibilità a ricevere la cassa; viceversa si pone in stato bloccato. Quando le condizioni di blocco sono state rimosse verifica se l'elemento a monte era in stato di attesa scarico, e in caso affermativo abilita lo scarico.

TrackObj

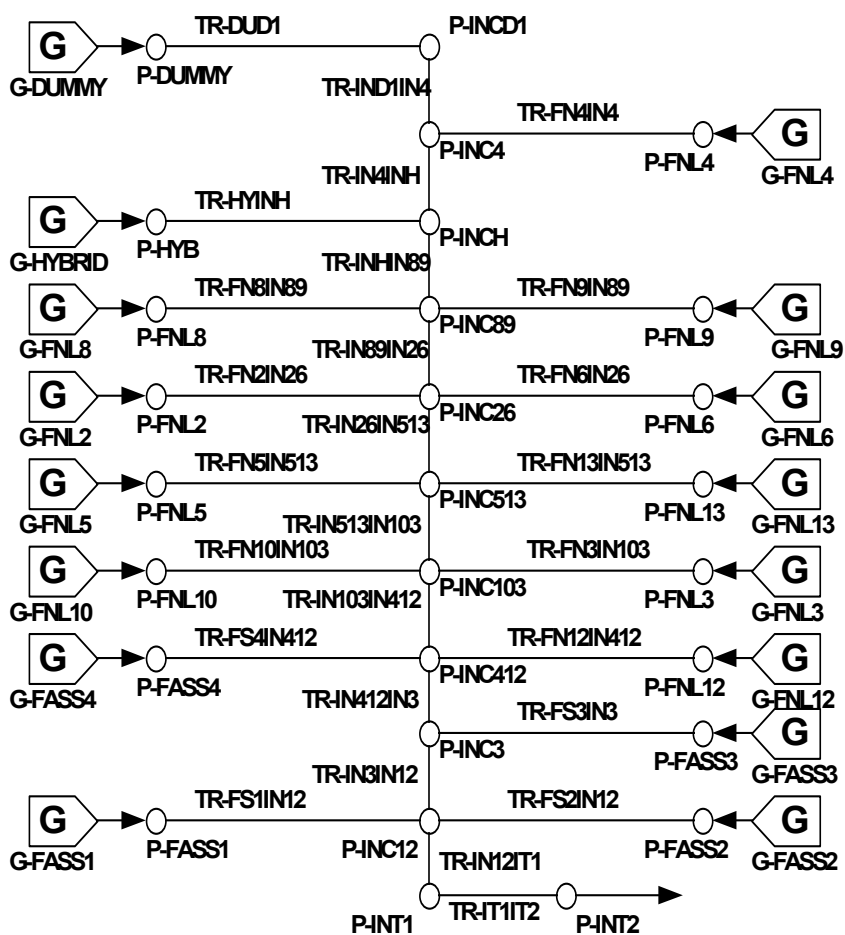
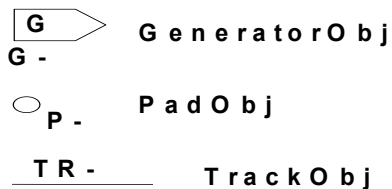
Rappresenta un generico elemento di movimentazione (continuo). Esempi sono i collettori d'innesto e centrali all'interno di un lotto produttivo, i collettori esterni, la rampa di accesso al magazzino. Può avere un criterio di movimentazione passo-passo o continuo (ad accumulo).

Funzionalità: Riceve in carico una cassa dal PadObj di ingresso e incomincia a movimentarla verso il PadObj di uscita, sulla base della velocità caratteristica. Qualora l'abilitazione allo scarico sia negata, accumula la cassa in coda; quando l'accumulo raggiunga le condizioni di massimo, invia una richiesta di scarico al PadObj di uscita, che è quello che gestisce le logiche di scarico per tutte le tratte entranti. Quando l'abilitazione allo scarico è attivata scarica le casse sul PadObj di uscita. Si noti che un TrackObj è *sempre* caratterizzato da un PadObj di ingresso e da un PadObj di uscita.

A seconda della caratterizzazione di un opportuno attributo può esprimere una logica di movimentazione ad accumulo (ogni cassa è movimentata in modo indipendente dalle altre, e se vi è un blocco, le casse si accumulano le une dietro le altre), o una logica passo-passo (quando vi è un blocco si blocca la movimentazione per tutte le casse, per cui si crea praticamente un passo di una data lunghezza fra cassa a cassa).

A titolo di esempio si riporta lo schema rappresentativo del modello relativo al Reparto "C"

LEGENDA :



REPARTO "C" Configurazione Attuale

Risultati

Relativamente ai reparti produttivi la simulazione, oltre a verificare la possibilità del sistema di movimentazione a sopportare i nuovi volumi produttivi, ne ha esaminato anche la capacità a reagire ad eventi critici, quali il blocco di un collettore a seguito di una cassa messa di traverso. Il punto in cui si è simulato avvenisse la criticità è stato l'ultimo incrocio prima dell'uscita, cioè il punto più critico per l'intero sistema. Si è simulato un blocco di durata variabile, che accadesse probabilisticamente ogni 1000 casse in transito.

Le tabelle seguenti riportano i confronti fra i diversi scenari, nelle diverse ipotesi di blocco. Sono stati ipotizzati tre indici di prestazione:

1. **indice di produzione**: rapporto fra produzione globale effettuata e produzione prevista
2. **indice di saturazione**: rapporto fra il tempo di attraversamento teorico di una cassa, e il tempo di attraversamento massimo di una cassa di un certo prodotto. Un indice pari a 1 rappresenta una situazione ideale.
3. **indice di blocco**: rappresenta il tempo (in minuti) di fermo macchina, o mancata produzione, dovuto al fatto che le macchine non riescono a scaricare sui collettori laterali, a causa del loro intasamento.

I primi due indici sono relativi a ogni singola tipologia di prodotto, mentre il terzo è per linea produttiva. Nelle tabelle vengono riportati solo gli indici globali relativi al reparto, mediati sugli indici dei prodotti afferenti al reparto stesso.

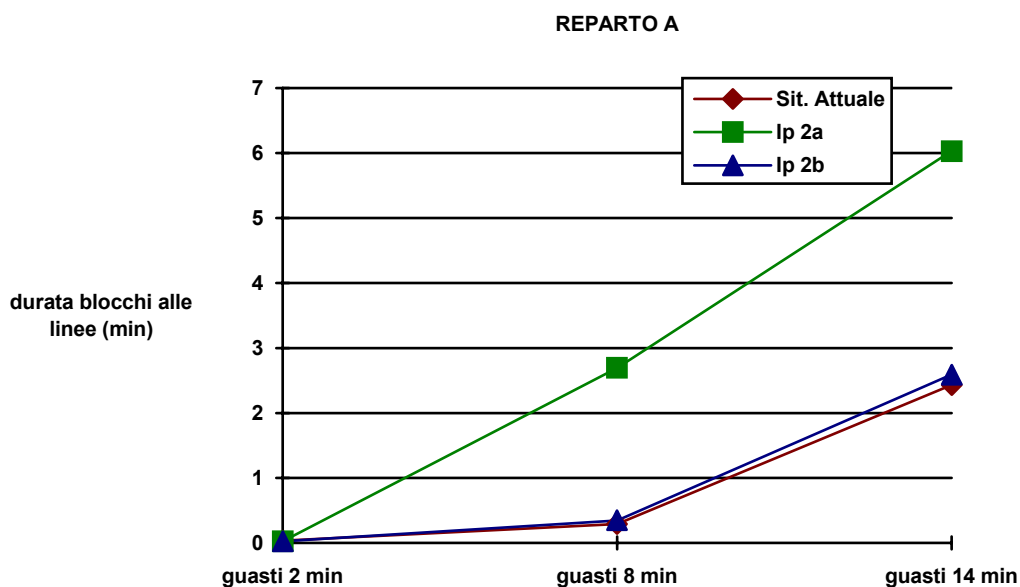
	PRODUZIONE	SATURAZIONE	BLOCCO
Situazione Attuale Niente Blocchi	0.99	0.826	0
Ipotesi 2a Niente Blocchi	0.99	0.727	0
Ipotesi 2b Niente Blocchi	0.99	0.987	0
Situazione Attuale Blocchi 2 min	0.99	0.326	0.036
Ipotesi 2a Blocchi 2 min	0.99	0.254	0.027
Ipotesi 2b Blocchi 2 min	0.99	0.325	0.027
Situazione Attuale Blocchi 8 min	0.99	0.057	0.293
Ipotesi 2a Blocchi 8 min	0.99	0.060	2.691
Ipotesi 2b Blocchi 8 min	0.99	0.085	0.347
Situazione Attuale Blocchi 14 min	0.99	0.029	2.434
Ipotesi 2a Blocchi 14 min	0.99	0.034	6.030
Ipotesi 2b Blocchi 14 min	0.99	0.047	2.591

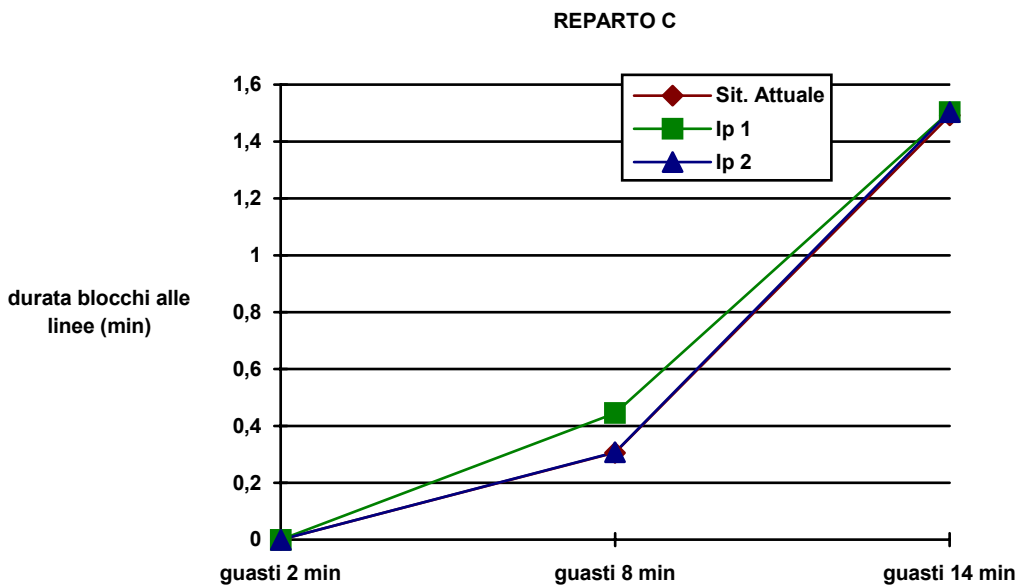
INDICI REPARTO A

	PRODUZIONE	SATURAZIONE	BLOCCO
Situazione Attuale Niente Blocchi	0.99	0.745	0
Ipotesi 1 Niente Blocchi	0.99	0.745	0
Ipotesi 2 Niente Blocchi	0.99	0.699	0
Situazione Attuale Blocchi 2 min	0.99	0.104	0
Ipotesi 1 Blocchi 2 min	0.99	0.091	0
Ipotesi 2 Blocchi 2 min	0.99	0.103	0
Situazione Attuale Blocchi 8 min	0.99	0.017	0.306
Ipotesi 1 Blocchi 8 min	0.99	0.016	0.445
Ipotesi 2 Blocchi 8 min	0.99	0.016	0.308
Situazione Attuale Blocchi 14 min	0.99	0.008	1.492
Ipotesi 1 Blocchi 14 min	0.99	0.008	1.505
Ipotesi 2 Blocchi 14 min	0.99	0.008	1.505

INDICI REPARTO C

I grafici riportano l'andamento, al variare della durata del blocco, dell'indice di blocco, che è forse il parametro più importante, perché misura il fermo macchina dovuto all'impossibilità di scaricare le linee.





Dai risultati della simulazione si denota come il sistema di movimentazione è in grado di "recuperare" i livelli di produzione, smaltendo gli accumuli conseguenti ai blocchi, in tutte le condizioni. Viceversa i fermi macchina cominciano a diventare critici dopo 8 minuti di blocco, e in particolare per il Reparto A, nella configurazione con un unico collettore di uscita. Questo risultato ha fatto propendere per la soluzione a due collettori. Inoltre si può notare come la configurazione impiantistica adottata per il Reparto A con due collettori risulti sempre migliore rispetto a quella adottata per il Reparto C, dove le macchine "scaricano" in modo sequenziale sul collettore centrale, e quelle più lontane dall'uscita risultano maggiormente penalizzate in caso di blocco.

Nel caso del sistema di accumulo - pallettizzazione i parametri di valutazione utilizzati sono:

1. **indice di produzione:** rapporto fra produzione globale effettuata e produzione prevista
2. **utilizzo pallettizzatori**
3. **grado di riempimento piste**

I risultati della simulazione, riassunti nella tabella seguente, denotano un fenomeno apparentemente poco comprensibile: il sistema non è in grado di smaltire le produzioni (indice di produzione inferiore a 1), ma nel contempo le piste non sono piene, e i pallettizzatori non sono utilizzati al 100%. Questo significa che né i pallettizzatori né le piste di accumulo sono di per sé colli di bottiglia del sistema; peraltro il sistema presenta un collo di bottiglia. Soltanto analizzando tramite simulazione il comportamento nel tempo del sistema è stato possibile individuare la criticità: essa è dovuta alle politiche di gestione degli accumuli non più ottimali in conseguenza degli incrementi di produzione. In particolare in tali condizioni diventa molto più frequente la necessità di scaricare un treno di 4 pallet,

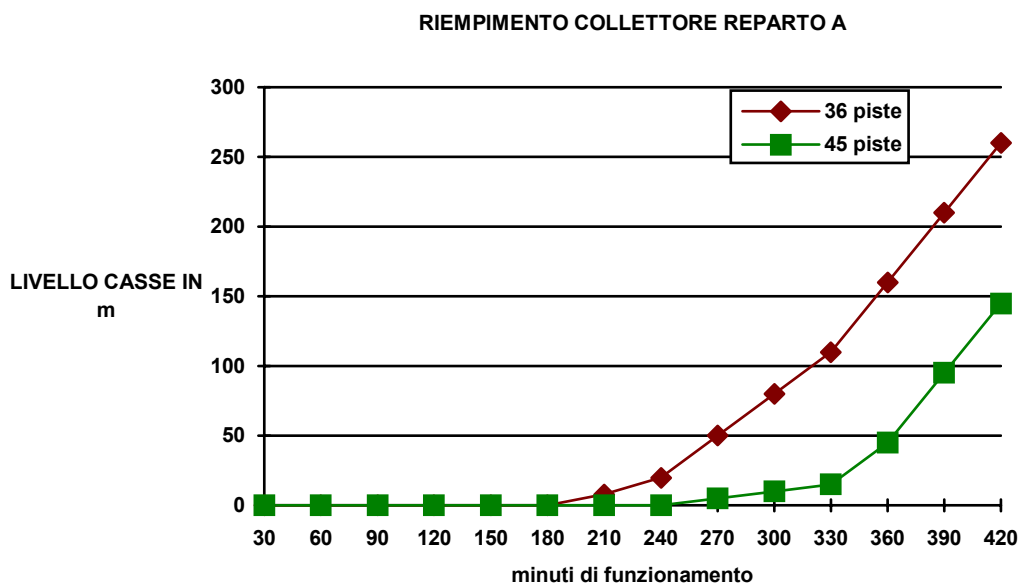
mentre ve ne è un altro già in fase di scarico; il secondo deve perciò accodarsi, senza poter liberare la pista, e questo ritardo si ripercuote a monte verso i collettori, e a valle impedendo un corretto utilizzo dei pallettizzatori.

In questo caso una gestione dinamica dell'assegnazione piste ha denotato miglioramenti significativi, mentre il semplice aumento del numero di piste non ha comportato variazioni tali da ripagare il costo impiantistico, proprio perché il problema non era nel dimensionamento ma nella gestione del sistema di accumulo: con 45 piste si riesce ad accumulare un numero maggiore di casse nelle piste, ma non si riesce a scaricarle in modo ottimale verso i pallettizzatori.

Si noti ancora come sia stato necessario valutare l'ipotesi di sdoppiare il sistema di collettori e deviatori, per poter gestire gli incrementi di produzione. I miglioramenti portati da questa soluzione sono stati confrontati con i maggiori costi impiantistici da essa provocati.

	INDICE PRODUZ.	UTIL. PALLETT. %	RIEMPIM PISTE %
36 piste 3 pallettiz.	0.53	75.5	66.2
36 piste 5 pallettiz.	0.87	72.1	54.0
45 piste 3 pallettiz.	0.54	75.0	82.1
45 piste 5 pallettiz.	0.87	71.9	65.3

Infine la simulazione ha permesso di valutare il "polmone" in ore garantito dalle piste di accumulo nel caso di blocco del sistema di pallettizzazione; a titolo di esempio viene riportato l'andamento del riempimento piste nel caso di produzione proveniente dal Reparto A. Come si può notare nel caso di 45 piste si hanno circa 2 ore di "polmone" in più.



Sviluppi

In conseguenza dei risultati dell'analisi illustrata nel paragrafo precedente, e tenendo conto di altri vincoli non inseriti nei modelli di simulazione (quali, per esempio, la necessità di non "mischiare" casse grosse e casse piccole) sono state esplorate ulteriori soluzioni, sempre nell'ottica di verificare la capacità del sistema logistico di accettare incrementi produttivi delle linee. Per esempio è stata simulata l'ipotesi di poter pallettizzare direttamente, senza passare per il sistema di accumulo, alcune tipologie di prodotti; la simulazione ha verificato come in tal modo si potessero limitare le problematiche del sistema di accumulo, sgravandolo di parte della produzione, e dell'altro punto critico del sistema attuale, l'incrocio dei collettori esterni ai reparti. Tutto questo senza generare altre criticità al sistema.

In realtà gli incrementi produttivi ipotizzati provocheranno sicuramente la necessità di rivedere anche il magazzino automatico a valle del sistema di pallettizzazione: l'analisi di questo sistema sarà il compito di un altro modello, che verrà alimentato mediante la legge di uscita dei pallet dal sistema di pallettizzazione. Allo stesso modo gli incrementi produttivi avranno un impatto sul sistema di gestione delle materie prime, rendendo necessari ulteriori analisi tramite simulazione.

In definitiva i modelli di simulazione costituiranno l'elemento "unificante" delle diverse componenti dell'impianto, permettendo di verificare l'impatto delle modifiche in un sotto-sistema sulle altre parti dell'impianto. Dal momento che la dinamicità del sistema risulterà notevolmente ampliata, questo sta facendo pensare all'ipotesi di utilizzare la simulazione non solo come strumento di progettazione dei sotto-sistemi, ma anche come strumento di supporto operativo alla gestione dell'impianto. In tale ottica i modelli di simulazione potranno essere interrogati, e fornire risposte quantitative, all'accadere di eventi particolari quali il blocco di una produzione, o la necessità di decidere l'accumulo cui indirizzare una produzione in determinate condizioni.

Ringraziamenti

Gli Autori vogliono ringraziare Simone Genta e Marco Mosca, diplomati in Ingegneria Logistica e della Produzione presso l'Università di Genova, per la fattiva collaborazione al presente lavoro.

Un ringraziamento naturalmente anche al personale FATER, ed in particolare all'ing. Gianfranco Di Nicola per il significativo contributo professionale al progetto.