



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Progettazione di un sistema di monitoraggio real-time
in un magazzino automatizzato***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Davide Aloini
*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia,
dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni*

Ing. Emanuele Guerrazzi
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

IL CANDIDATO

Leonardo Meli
leonardomeli.92@gmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 29/09/2021

Progettazione di un sistema di monitoraggio real-time in un magazzino automatizzato

Leonardo Meli

Sommario

Lo scopo di questo elaborato di tesi è quello di progettare e sviluppare un sistema automatico per il monitoraggio e l'analisi real-time dei processi logistici all'interno di un magazzino automatizzato. Lo strumento, attraverso l'utilizzo di un approccio data-driven basato su process analytics, fornisce al responsabile del magazzino un supporto decisionale in tempo reale per le operazioni di movimentazione. L'output del lavoro consiste in un prototipo di dashboard, la cui funzionalità è stata testata grazie alla disponibilità dei dati da un caso studio nel settore della distribuzione di pneumatici. I principali contributi dello strumento di monitoraggio sono riconducibili da un lato, nella progettazione di un set di indicatori di alerting in grado di identificare in real-time il presentarsi di anomalie di processo e/o inefficienze durante il flusso di movimentazione; dall'altro lato, la realizzazione di uno strumento di reporting utile anche per scelte di medio/lungo periodo.

Abstract

The aim of this thesis is to design and develop an automatic system for the real-time monitoring and analysis of logistics processes in an automated warehouse. The tool, through the use of a data-driven approach based on process analytics, provides the warehouse manager with real-time decision support for handling operations. The output of the work consists of a prototype dashboard, the functionality of which was tested through the availability of data from a case study in the tyre distribution sector. The main contributions of the monitoring tool are, on the one hand, the design of a set of alerting indicators able to identify in real-time the occurrence of process anomalies and/or inefficiencies during the handling flow; on the other hand, the realisation of a reporting tool useful also for medium/long term choices.

1. Contesto e obiettivi del progetto

Il presente lavoro di tesi si inserisce in un progetto di collaborazione di ricerca più ampio tra il Dipartimento DESTEC dell'Università di Pisa e la società AAA S.p.A., uno dei leader italiani nella logistica e distribuzione di pneumatici di vario genere e dimensione. Tale progetto si concentra sull'analisi e il miglioramento delle performance dell'area di movimentazione automatica e, in particolare, si propone di testare possibili ipotesi di miglioramento mediante l'utilizzo di tecniche dell'Industria 4.0 (es. simulazione).

All'interno di questo progetto di collaborazione, lo scopo di questo elaborato di tesi è quello di sviluppare, attraverso il process analytics ed altri approcci di tipo data-driven, un sistema automatico per il monitoraggio e l'analisi real-time dei processi di stoccaggio e prelievo all'interno del magazzino automatizzato. In tal senso, la metodologia di lavoro è stata eseguita in quattro macro-fasi:

1. Studio dello stato dell'arte: (i) paradigma Industria 4.0 e Logistica 4.0 con focus sul real-time monitoring e il process analytics; (ii) esplorazione di strumenti a supporto della logistica e negli Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS); revisione dei principali KPI nell'ambito dei magazzini automatizzati.
2. Analisi del contesto aziendale: (i) descrizione della struttura fisica e logico-informativa del magazzino e definizione delle logiche di gestione e dei flussi di stoccaggio e prelievo; (ii) attività di raccolta dati provenienti dal WMS aziendale; (iii) progettazione e definizione dei principali KPI necessari per consentire un monitoraggio real-time dei flussi; (iv) definizione dei valori soglia per la generazione di allarmi sulla base di analisi statistiche svolte sui dati storici.
3. Costruzione di un prototipo di dashboard attraverso il pacchetto "Shiny" di R: (i) progettazione del layout; (ii) visualizzazione degli allarmi.
4. Testing: il prototipo è stato implementato sui dati reali di varie giornate lavorative e sono stati analizzati i risultati al fine di progettare delle possibili azioni correttive.

2. Stato dell'arte

2.1 Operational Intelligence e monitoraggio real-time negli ICPS

I magazzini automatizzati svolgono un ruolo importante nelle catene logistiche odierne che si sono allineate al paradigma Industria 4.0 e sono costituiti da una combinazione di sistemi

controllati da software che gestiscono, immagazzinano e recuperano automaticamente i dati con grande velocità e precisione. Essi possono essere considerati forme di ICPS in quanto dotati di motori, sensori, attuatori, controllori e capacità di comunicazione con altri sistemi.

Per fa fronte alla complessità e dinamicità dei dati, negli ultimi decenni è stata sviluppata l'Operational Intelligence (OI), la quale utilizza tecniche come il *Process Analytics* e il *Machine Learning* per permettere il monitoraggio rapido ed efficiente dei processi. Lo scopo dell'OI è quello di raccogliere dati dal sistema IT, analizzarli in tempo reale mentre vengono raccolti e presentarli agli utenti in un formato semplificato che consente loro di agire rapidamente e prendere decisioni tempestive in base ai risultati dell'analisi.

Lo scopo del *Process Analytics* può essere evidenziato sotto due punti di vista:

- dal punto di vista delle prestazioni, l'intento è di abbreviare il tempo di reazione da parte dei decisori agli eventi che possono influire su cambiamenti nelle prestazioni del processo e consentire una valutazione più immediata dell'impatto delle decisioni di gestione del processo sulle metriche operative;
- dal punto di vista della conformità, l'obiettivo è di stabilire la fedeltà del processo alle norme e ai regolamenti vigenti e garantire che gli obblighi contrattuali e la qualità degli accordi di servizio siano rispettati.

Con l'utilizzo delle tecniche di Business Activity Monitoring (BAM), un sistema è in grado di aggiornare una serie di KPI in real-time e, grazie ad un motore di regole applicato agli indicatori, può generare avvisi e azioni che informano i decisori di azioni critiche, in modo da riportare i processi entro i limiti stabiliti. Le applicazioni BAM, per migliorare la velocità e l'efficacia delle operazioni aziendali, si servono spesso della tecnologia Complex Event Processing (CEP) che, come mostrato in *Fig. 1*, raccoglie i dati grezzi provenienti dai sensori, li elabora in real-time attraverso una serie di algoritmi temporali e/o di calcolo e cattura le informazioni di alto livello legate agli eventi, utili per le decisioni operative aziendali.



Fig. 1: catena del valore dei dati utilizzata nelle tecniche CEP

Per creare un'infrastruttura basata su CEP, le regole su cui si basano i processi aziendali devono essere trasformate in un linguaggio di eventi, deve essere creata l'infrastruttura di monitoraggio inclusa la raccolta di eventi e gli eventi devono essere generati all'interno dei processi aziendali.

2.2 KPI nei sistemi automatizzati di stoccaggio e recupero

Nella letteratura esistente sono presenti diversi lavori che affrontano lo studio dei KPI all'interno dei sistemi automatizzati di stoccaggio e prelievo, chiamati *Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS)*. La maggior parte delle pubblicazioni esaminate hanno però lo scopo di sperimentare strategie ottimali per la pianificazione e il controllo di sistemi di magazzino, attraverso metodi analitici e/o basati sulla simulazione. Per tale motivo, gli articoli sono stati studiati con lo scopo di estrapolare i principali indicatori di performance in questi sistemi automatizzati, specialmente per una tipologia particolare di AS/RS: gli *Shuttle-Based Storage and Retrieval System (SBS/RS)*, ossia sistemi dotati di navette, satelliti e ascensori per svolgere le operazioni di stoccaggio e prelievo di merci.

Sulla base delle 55 pubblicazioni esaminate, i principali KPI potenzialmente applicabili sono quelli relativi a: tempo, sostenibilità, costo e produttività (*Tab.1*).

Categoria	Metrica di Performance	N° pubblicazioni
Tempo	Cycle (Travel) Time S/R (Total)	32
	Cycle (Travel) Time Lift (Crane)	32
	Cycle (Travel) Time Shuttle (Vehicle)	30
	Waiting Time between Lift/Shuttle	5
Sostenibilità	Energy Consumption Total	14
	Energy Consumption Lift	4
	Energy Consumption Shuttle	4
	Energy Regeneration Total	5
	Energy Regeneration Lift	2
	Energy Regeneration Shuttle	2
Costo	Cost of Structure (Investment)	8
	Cost of Contracted Power	3
Produttività	Throughput (Total)	23
	Throughput Lift	9
	Throughput Shuttle	9
	N° Deadlocks	4
	N° Collisions	1
	Probability of system blocking at any time	4
	Utilization Rate of Lift	8
	Utilization Rate of Shuttle	11
	N° transaction waiting in the server	2
	Storage Capacity	1
	Probability of relocation of transaction	2

Tab.1: elenco metriche di performance individuate in letteratura

3. Analisi del caso studio e identificazione dei KPI operativi

AAA S.p.A. è uno dei leader italiani nella logistica e distribuzione di pneumatici, con 13 depositi in tutta Italia, più di 30.000 clienti e 2.800.000 pneumatici venduti ogni anno. Il deposito di Scandicci, nonché sede legale e amministrativa, ha un'elevata richiesta di

movimentazione di pneumatici, spostando, sia in entrata che in uscita, circa 10.000 gomme/giorno. L'azienda è in grado non solo di garantire il rispetto dei tempi di servizio ai rivenditori di pneumatici, ma anche di fornire gli altri magazzini di proprietà sparsi in Italia, fungendo da hub logistico di riferimento per la sua rete di distribuzione nazionale.

3.1 Struttura fisica e logico-informativa

L'area del magazzino automatizzato, come mostrato in *Fig.2*, è fisicamente composta da due sotto-aree: l'area di movimentazione automatica e il modulo scaffale. La prima è costituita da una serie di nastri trasportatori impiegati per movimentare gli pneumatici verso gli elevatori. Gli elevatori, uno per corsia (per un totale di 6 corsie), permettono l'accesso dei treni di pneumatici alle navette, situate su 6 differenti piani. Antecedentemente alle navette sono posti due buffer: il buffer EP (o punto di presa) accoglie i treni di stocking in attesa di essere caricati dalle navette per mezzo dei satelliti; il buffer AP (o punto di rilascio) accoglie i treni di picking in attesa di essere spostati sugli ascensori. Il modulo scaffale è costituito da 6 corsie, ognuna delle quali permette l'accesso a due file di scaffalature che ospitano un totale di 533 campate. La combinazione di campata e piano identifica uno spazio, denominato "locazione"; globalmente sono disponibili 3,198 locazioni.

Le gomme sono per buona parte movimentate in treni di pile per mantenere un maggior controllo sul flusso di unità che attraversano il sistema e rappresentano l'unità di carico massima che può essere movimentata da una navetta. L'azienda è dotata di un software gestionale ERP che si interfaccia con il WMS aziendale, il quale si occupa di tutte le attività relative alla gestione del magazzino. Il controllo operativo dell'impianto è effettuato per mezzo di un sistema SCADA, mentre al livello più basso sono presenti tre PLC, di cui due si occupano della gestione dell'impianto di movimentazione più a valle e il terzo si occupa della gestione della movimentazione nel modulo scaffale.

1.1 Flussi in ingresso e in uscita

I flussi in ingresso e in uscita degli pneumatici dal magazzino sono schematizzati nei diagrammi di flusso di *Fig. 3* e *Fig. 4*. Ogni zona tra quelle descritte presenta un sensore fisso che cattura le caratteristiche principali di ogni pneumatico e il timestamp di arrivo, a cui viene fatto corrispondere uno specifico evento.

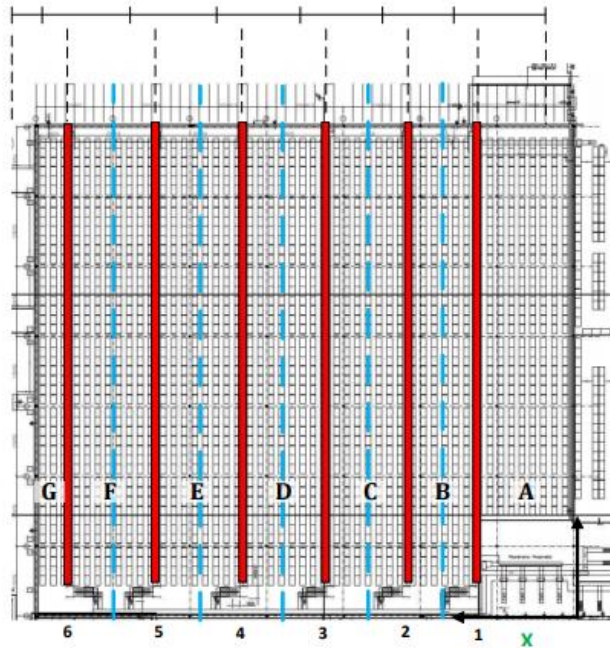


Fig. 2: rappresentazione in scala dell'area di magazzino automatizzato

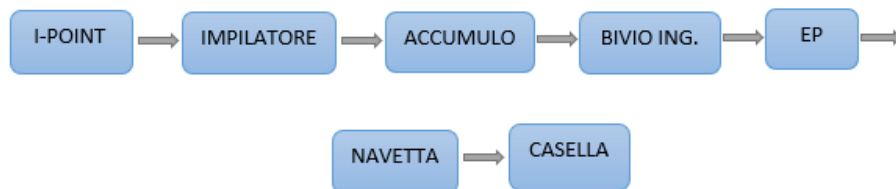


Fig. 3: diagramma di flusso semplificato del flusso in ingresso

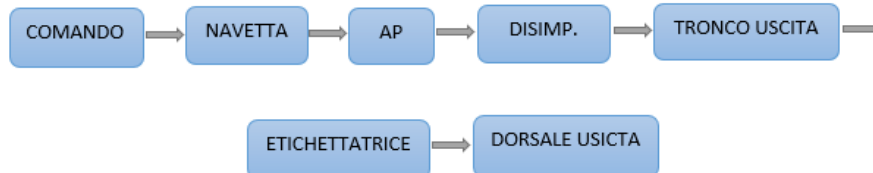


Fig. 4: diagramma di flusso semplificato del flusso in uscita

1.1.1 Picking “ordinati” e “non ordinati”

Particolare attenzione è rivolta per i flussi di picking, in quanto vengono gestite due tipologie di richieste: prelievi “ordinati” (destinati ai magazzini satellite) e prelievi “non ordinati” (destinati ai clienti).

I prelievi ordinati sono identificati da un numero, denominato “progressivo”, necessario per far uscire gli pneumatici secondo una certa sequenza, in modo che possano essere caricati dal vettore nel modo corretto. Per assicurare la sequenza di uscita, il sistema impone due logiche di gestione per i progressivi multi-treno: dapprima, aspetta che l’ultimo treno del progressivo in corso raggiunga il buffer di scarico dall’ascensore prima di abilitare il nuovo

progressivo a procedere in ascensore. Dopodiché, se il nuovo progressivo è multi-treno e composto da un numero di gomme ≤ 20 , distribuite su n treni e su m navette ($m \leq n$), bisogna attendere che siano presenti m treni sugli AP prima di procedere.

1.2 Progettazione e definizione dei KPI operativi

A partire dai dati estratti dal WMS aziendale provenienti dai sensori presenti su vari punti notevoli dell'impianto, è stata condotta un'attività di reverse engineering finalizzata a ricostruire il modello di processo e le logiche di gestione degli pneumatici. Inoltre, grazie alle conoscenze teoriche acquisite dalla letteratura, è stato possibile comprendere i processi e i punti notevoli sui quali porre maggior attenzione per la progettazione e definizione degli indicatori operativi e degli allarmi con i quali è stato possibile implementare il sistema di monitoraggio real-time.

La Tab. 2 sintetizza gli indicatori progettati, grazie all'utilizzo dello strumento 5W & 2H.

KPI	WHAT	WHERE	WHEN	WHY	HOW
Tempo di durata	“Periodo di tempo che equivale alla durata di uno stato”	In tutte le “zone” del magazzino automatico	Tempo reale	Rilevamento di code e ritardi in una specifica zona di magazzino	$E_n - E_{n-1}$ $E = \text{evento}$ $(n = 1, \dots, 7)$
Soft-deadlock	“Situazione di attesa circolare in cui un insieme di lavori attende risorse non disponibili”	“Zona” che interessa: buffer EP, navetta, buffer AP	Tempo reale	Rilevamento di attesa potenzialmente grande, sbloccabile “manualmente”	$T_{EP(\text{stocking})} >$ $T_{COMANDO(\text{picking})}$ $T_{EP(\text{stocking})} <$ $T_{AP(\text{picking})}$ $T_{NAVETTA(\text{picking})} >$ $T_{AP(\text{pick-capo})}$ $T_{NAVETTA(\text{picking})} <$ $T_{DISIMP(\text{pick-capo})}$
Navetta ferma	“Situazione di attesa di una navetta davanti al buffer AP occupato”	“Zona” che interessa: navetta, buffer AP	Tempo reale	Rilevamento di attesa potenzialmente grande, sbloccabile “manualmente”	$T_{NAVETTA(\text{picking})} >$ $T_{AP(\text{pick-capo})}$ $T_{NAVETTA(\text{picking})} <$ $T_{DISIMP(\text{pick-capo})}$
Accavallamento	“Situazione in cui i progressivi di una spedizione escono NON adiacenti tra loro”	“Zona” di uscita della gomma dall'etichettatrice	Tempo reale	Rilevamento di una non corretta sequenza di uscita dei <i>picking</i> ordinati	$y = \text{vettore delle posizioni di sequenza di uscita di un progressivo}$ for (i in 2: length(y)){ if($y[i] - y[i-1] > 1$) { overlap } }

Grado utilizzo navetta	“tempo di attività di una navetta su tempo totale a disposizione”	“Zona” del magazzino automatico	Ogni 10 minuti	Rilevamento sovra-utilizzo (o sottoutilizzo) navetta	$\frac{\sum t_A}{T_{(TOT)}} * 100$
Throughput navetta	“Rendimento di una navetta”	“Zona” del magazzino automatico	Ogni 10 minuti	Rilevamento sovra-utilizzo (o sottoutilizzo) navetta	$n^\circ \text{ treni} / T_{(TOT)}$
Grado completa- mento spedizione	“Percentuale di righe d’ordine evase sul totale di righe da evadere in una spedizione”	“Zona” dorsale di uscita	Tempo reale	Monitoraggio evadibilità di una spedizione entro il cut-off	$n^\circ \text{ treni completati} / n^\circ \text{ treni totali}$

Tab. 2: sintesi dei KPI individuati per monitoraggio real-time

1.3 Definizione dei valori soglia

La definizione dei valori soglia è stata condotta al fine di impostare un sistema di allarmi efficace che possa fornire un contributo reale per far fronte alle anomalie e criticità di processo. L’attuale sistema di monitoraggio dell’azienda è ampiamente sottoutilizzato a causa del grande numero di allarmi generati, che induce ad ignorare alcune allerte col rischio di perdere anche quelle importanti, rendendo poco significativo il monitoraggio degli indicatori. In questo lavoro la progettazione delle soglie di allarme per gli indicatori di tempo è stata effettuata grazie allo studio dei dati storici del mese di luglio 2020, svolgendo le seguenti analisi statistiche:

- 1) calcolo dell’intertempo dato dalla differenza tra due eventi;
- 2) eliminazione degli outlier;
- 3) caratterizzazione delle distribuzioni: stratificazione iniziale per estrapolare campioni di dati con caratteristiche omogenee; esecuzione del t-test per verificare se, a parità di alcune caratteristiche, i campioni si comportano similmente tra le varie corsie/corridoi (ipotesi nulla); stratificazione finale a seguito dei t-test ottenendo meno distribuzioni aventi un numero maggiore di osservazioni (Tab. 3);
- 4) verifica di conformità rispetto ai modelli teorici: analisi esplorativa dell’istogramma e del quantile di ogni distribuzione confrontato con il quantile di una distribuzione normale; test di Shapiro-Wilk per verificare la normalità dei campioni. I risultati hanno mostrato per alcune distribuzioni un andamento gaussiano, per altre un andamento beta;
- 5) impostazione delle soglie di allarme: prima soglia di allarme con metodo 3-sigma: $UCL1 = \mu + 3 \cdot \sigma$; seconda soglia di allarme con metodo 2-sigma: $UCL2 = \mu + 2 \cdot \sigma$. La prima soglia serve a monitorare grossi scostamenti dalla media relativi al singolo

treno, mentre la seconda serve ad individuare un trend di peggioramento delle performance della navetta o del satellite.

STOCKING			
ZONA	STRATIFICAZIONE 0	RISULTATI T-TEST	STRATIFICAZIONE 1
Da IPOINT a IMP	Corridoio	2/6 (33%) rifiuto ipotesi nulla	-
Da IMP a ACCUMULO	Corridoio	1/6 (17%) rifiuto ipotesi nulla	-
Da ACCUMULO a BIVIOING	Corridoio	5/6 (83%) rifiuto ipotesi nulla	Corridoio
Da BIVIOING a EP	Corsia	9/15 (60%) rifiuto ipotesi nulla	Corsia
Da EP a NAVETTA	N° pile; navetta	485/1890 (26%) rifiuto ipotesi nulla	N° pile
Da NAVETTA a CASELLA	N° pile; corsia; profondità	42/243 (17%) rifiuto ipotesi nulla	N° pile; profondità
PICKING			
Da COMANDO a NAVETTA	N° pile; corsia; profondità	28/221 (13%) rifiuto ipotesi nulla	N° pile; profondità
Da NAVETTA a AP	N° pile; navetta	149/1890 (8%) rifiuto ipotesi nulla	N° pile
Da AP a DISIMP	Corsia	5/15 (33%) rifiuto ipotesi nulla	-
Da DISIMP a TU	Corsia	7/15 (47%) rifiuto ipotesi nulla	-
Da TU a ETICH	Corsia	13/15 (87%) rifiuto ipotesi nulla	Corsia
Da ETICH a USCITA	Etichettatrice	3/3 (100%) rifiuto ipotesi nulla	Etichettatrice

Tab. 3: stratificazioni finali picking e stocking a seguito dei t-test

2. Implementazione del sistema di monitoraggio

Un metodo efficace per comunicare le informazioni che emergono nel sistema di monitoraggio passa attraverso la costruzione di una dashboard, uno strumento gestionale orientato a fornire gli indicatori e le spie sul corrente andamento dell'impresa.

Lo strumento utilizzato per consentire la visualizzazione dinamica dei KPI è un pacchetto di R, denominato "Shiny", che consente di creare app Web interattive utilizzando sia il potere statistico di R sia l'interattività del web moderno.

Il layout della dashboard è mostrato in Fig. 5; è presente un pannello laterale costituito da vari elenchi di selezione che possono essere modificati dall'utente in base alla specifica zona che si vuole visualizzare. Il pannello principale è composto da quattro fogli di lavoro, denominati "Picking", "Stocking", "Navette" e "Avanzamento Spedizioni". Nei fogli "Picking" e "Stocking" sono visualizzati in real-time gli intertempi misurati rispettivamente per i flussi in ingresso e uscita, con un layout simile a quello usato per le carte di controllo. Nel foglio "Navette" sono visualizzati gli indicatori di grado di utilizzo e throughput per ogni navetta attraverso i *gauge* (Fig. 6). Anche per il grado di completamento delle spedizioni "ordinate" viene utilizzato il gauge e viene mostrato il *cut-off* per ogni spedizione.

Gli allarmi vengono generati secondo due modalità diverse: in caso di allarmi attivati in seguito al superamento delle soglie 3-sigma, appare una notifica sia nella parte bassa della pagina Web, sia sotto il grafico della zona interessata, indicante il treno "ritardato". Nei casi di rilevamento di "soft-deadlock", "navetta ferma" e

“accavallamento”, appare una finestra al centro della pagina Web indicante la zona interessata dall’anomalia e la causa che l’ha generata.

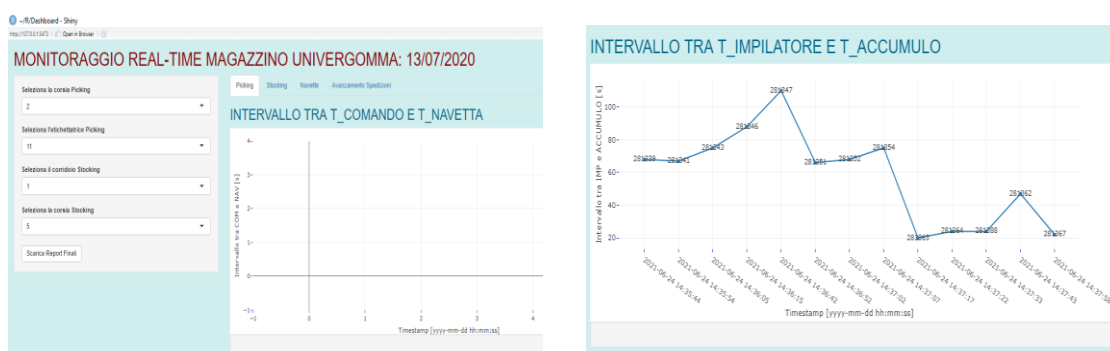


Fig. 5: layout della dashboard

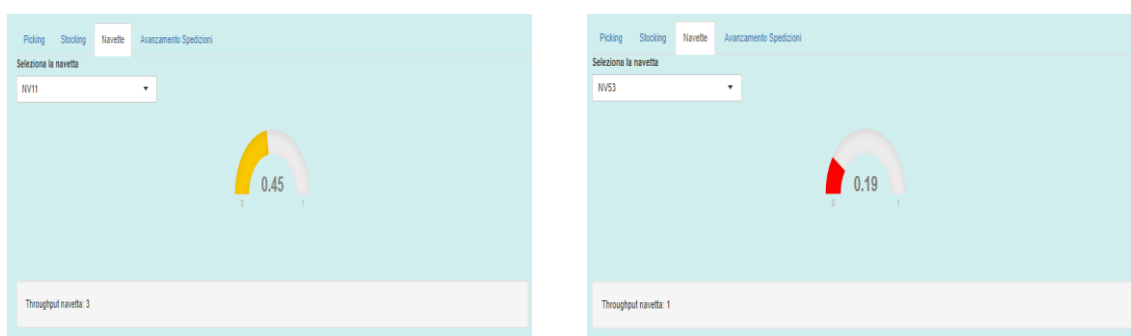


Fig. 6: visualizzazione del foglio “Navette”

3. Risultati

Il prototipo realizzato è stato testato su più giornate con lo scopo di verificare la validità e l’efficacia degli indicatori progettati e delle soglie di allarme definite. I risultati hanno mostrato un numero di allarmi attivati in media pari al 7% per stocking, 8% per picking non ordinati e 12% per picking ordinati.

In Tab. 4 sono sintetizzati gli allarmi rilevati per ogni giornata testata, messi a confronto con il numero di treni processati e il rispettivo tempo ciclo medio.

RISULTATI		GIORNATE			
		Giovedì 02/07/2020	Venerdì 03/07/2020	Martedì 07/07/2020	Mercoledì 15/07/2020
STOCKING	N° treni	935	1107	1182	1108
	N° allarmi (1° soglia)	70 (7%)	100 (9%)	62 (5%)	83 (7%)
	Tc medio	987 s	1130 s	1071 s	1009 s
PICKING NON ORDINATI	N° treni	813	769	1072	922
	N° allarmi (1°soglia)	88 (11%)	81 (11%)	69 (6%)	50 (5%)
	Tc medio	662 s	680 s	680 s	592 s
PICKING ORDINATI	N° treni	83	337	460	462
	N° allarmi	7	52	51	75

	(1° soglia)	(8%)	(15%)	(11%)	(16%)
	Tc medio	583 s	758 s	708 s	790 s
INEFFICIENZA	N° allarmi satellite	3	6	1	4
NAVETTA/SATELLITE (2° soglia)	N° allarmi navetta	0	1	1	1
DEADLOCK	N° allarmi causa "ordinati"	0	0	10	5
	N° allarmi causa "colli"	0	0	6	3
NAVETTA FERMA	N° allarmi causa "ordinati"	3	20	29	50
	N° allarmi causa "colli"	9	22	66	34
ACCAVALLAMENTI	N° allarmi	4	21	41	18

Tab. 4: sintesi risultati dei test effettuati sulle giornate di luglio 2020

Tale strumento può essere di supporto al responsabile di magazzino sia per le decisioni in tempo reale relative ad anomalie di processo che come strumento di reportistica utile per individuare delle criticità sulle quali intervenire con azioni correttive.

Conclusioni

In questo progetto di tesi è stato seguito un approccio data-driven basato su process analytics per monitorare in tempo reale e con efficacia le prestazioni dell'impianto e le anomalie di processo. I vantaggi gestionali derivanti dall'utilizzo della dashboard possono essere sintetizzati come segue:

- Garantire l'efficacia e l'efficienza nella misurazione delle performance operative, fornendo dei KPI progettati sulla base dei dati acquisiti, ciò permette di tradurre le informazioni acquisendo nuove conoscenze sulle condizioni operative del magazzino e, attraverso idonee azioni correttive e preventive, intraprendere azioni di ottimizzazione;
- Semplificare il lavoro degli utenti che usufruiscono della dashboard, fornendo uno strumento con cui dialogare in maniera immediata e di facile comprensione, grazie alla capacità di sintetizzare la grande quantità di dati che produce il sistema;
- L'utilizzo di un software gratuito e open-source come R rappresenta una soluzione semplice e soprattutto economica da implementare.

Tale strumento può inoltre costituire un punto di partenza per future integrazioni nello stesso quali ad esempio l'introduzione di un sistema di machine learning (es. per definire in maniera adattiva le soglie) oppure come strumento per fare analisi predittiva.