



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**

**Ottimizzazione della gestione e standardizzazione di procedure,
disegni e codifiche in ottica Lean 4.0 in Daureka srl**

SINTESI

RELATORI

Prof. Marco Frosolini
*Dipartimento di Ingegneria
civile e industriale*

IL CANDIDATO

Andrea Morante
a.morante1@studenti.unipi.it

Sommario

Questa tesi è frutto del lavoro svolto all'interno di Daureka srl, con sede a Bientina (PI), nella quale vengono progettati, sviluppati, prodotti e commercializzati sistemi innovativi di fissaggio. Questo periodo è stato utilizzato per studiare e ottimizzare il processo interno al fine di preparare l'azienda ad un nuovo modo di lavorare secondo il paradigma dell'Industria 4.0. Le tematiche trattate durante il progetto sono state in particolare la riprogettazione del portale di gestione avanzata della produzione, ovvero *Manufacturing Execution System* (MES), e la costruzione di macchinari di assemblaggio semiautomatici. Al fine di poter sviluppare un portale MES sono state raccolte le numerose informazioni derivanti dai disegni, procedure, materiali e codifiche per essere fruibili da un punto di vista informatico per il sistema e pratico per gli operatori. Tale lavoro ha posto le giuste fondamenta per le prossime implementazioni ed integrazioni pratiche, tipiche di un portale MES.

Durante la revisione delle procedure operative, è stata riscontrata la necessità automatizzare l'assemblaggio di un particolare prodotto, in quanto l'attuale procedura di montaggio era troppo dispendiosa e logorante a livello fisico per l'operatore. A tal scopo è stato effettuato uno studio di fattibilità tecnica, lo sviluppo della macchina in sicurezza ed avviata la procedura per la marchiatura CE della stessa.

Abstract

This thesis is the result of work carried out within Daureka srl, based in Bientina (PI), where innovative fastening systems for furniture, furnishing accessories and carpentry are designed, developed, produced and marketed. This period has been used to study and optimise the internal process in order to prepare the company for a new way of working according to the Industry 4.0 paradigm. The topics covered during the project have been in particular the design of the advanced production management portal or Manufacturing Execution System (MES) and the construction of semi-automatic assembly machinery.

In order to be able to develop an MES portal, the extensive information from drawings, procedures and coding has been collected and revised according to Lean office principles so that it could be functional from an IT point of view for the system and practical for the operators. Such work will enable the right foundations to be laid for the next practical implementations and additions, typical of an MES portal.

During the review of procedures, the need for mechanical automation of a particular product has been identified, as the current assembly procedure was too time-consuming and physically demanding for the operator. For this purpose, a technical feasibility study has been carried out, the safety development of the machine and the procedure for CE marking has been initiated.

1 Introduzione

1.1 Azienda

La Daureka srl è un'azienda che ingegnerizza, produce e commercializza sistemi innovativi di fissaggio, per il settore dell'arredo nautico e civile. La sua vision è quella di innovarsi continuamente e autoprodurre tutto ciò di cui ha bisogno. È grazie a questa attitudine che il seguente progetto di tesi ha preso piede. Negli ultimi due anni l'azienda ha registrato un notevole aumento della domanda, per tale motivo ha deciso di industrializzarsi gradualmente al fine di poter sempre soddisfare le esigenze dei clienti. Inizia, grazie ad uno studio esterno, la progettazione di un portale MES customizzato secondo le sue esigenze. Il progetto però riceve una battuta d'arresto a causa di forti resistenze interne e dalla mancanza delle codifiche degli articoli che ne impedivano l'utilizzo.

1.1.1 Prodotti

Al fine di comprendere nel dettaglio le varie problematiche riscontrate all'interno dell'azienda, è necessario capire come sono composti e codificati i due principali prodotti.

Fitlock

Il Fitlock è un sistema di aggancio composto da due elementi, il maschio e la femmina. L'aggancio maschio è costituito da un disco con al centro l'elemento di aggancio chiamato in gergo "fiore". La femmina presenta una sede di aggancio con una sezione complementare a quella del fiore, permettendo così di far accoppiare in modo solidale i due elementi. In Figura 1-1 è possibile vedere i due elementi e la sezione del loro montaggio.



Figura 1-1 A sinistra l'aggancio maschio ed suo esploso. Sulla destra l'aggancio femmina ed una sezione dei due elementi montati e accoppiati.

A livello commerciale il Fitlock è venduto sia per singoli prodotti che completo (maschio + femmina). Tuttavia, essendo l'aggancio femmina compatibile con diversi modelli, l'articolo dell'aggancio completo non esisteva realmente a magazzino ma si "componeva" in fase di preparazione del collo. Quindi questo articolo risultava essere solo un kit fittizio ad uso puramente commerciale per semplificare la procedura di acquisto al cliente. Questo rendeva la gestione interna complicata, dato che la giacenza dell'articolo completo restava sempre a zero.

Tecnologie di prodotto

Tutti gli elementi del sistema Fitlock ad eccezione della molla, il perno e il dado, sono realizzati in plastica con il processo di *injection molding*. Tale processo consente la realizzazione di oggetti plastici mediante stampi. Per ottimizzare la produttività di uno stampo, generalmente lo si riempie con il maggior numero di impronte possibili, a volte anche di oggetti diversi. Questo ha determinato problemi di codifica in quanto il fornitore codificava gli elementi "per stampo"

mentre la Daureka codificava gli elementi singoli. Questo ha portato alla difficoltà di non riuscire a catalogare gli articoli all'interno del portale, né a gestire ordini o la produzione.

Fitfloor

Il Fitfloor è un grigliato antivibrante per pavimenti. È composto da profili di alluminio, inserti in gomma, incroci e piedini. L'elemento che lo contraddistingue dalla concorrenza, è l'inserto in gomma denominato *dumper*. Questo oggetto si inserisce all'interno del profilo di alluminio, permettendo così il montaggio dei piedini grazie alla boccola presente sul dumper (vedere Figura 1-2).



Figura 1-2 A sinistra il sistema Fitfloor montato, sulla destra un vista dal basso dove sono presenti il dumper assemblato ed il piedino regolabile.

All'interno della proposta commerciale del Fitfloor è presente un articolo composto dal profilo di alluminio con già preassemblati 9 dumper. Questo prodotto è molto richiesto dai clienti vista la sua velocità di installazione. Ad ogni modo, la procedura operativa di montaggio dei dumper in sede, era ancora effettuata manualmente e si stava rendendo troppo dispendiosa e logorante a livello fisico per l'operatore.

2 Processo AS-IS

I processi studiati e ritenuti i più influenti per la messa in opera del portale MES, sono stati: il processo di ricerca e sviluppo, quello di gestione degli ordini ed infine gestione della produzione. Il primo, come si vedrà, si è dimostrato essere la prima causa della mal gestione del know-how aziendale, gli altri due invece, soffrivano della carenza di strumenti e metodologie atte al supporto del processo stesso. Nei seguenti paragrafi verranno esposti brevemente i processi, evidenziando i dettagli più critici e si dimostrerà come siano interconnessi e dipendenti tra di loro.

2.1 Ricerca e sviluppo

Il processo di ricerca e sviluppo iniziava con la raccolta delle esigenze dei clienti e parti interessate. Queste venivano tradotte in requisiti funzionali e prestazionali di prodotto. Fatto ciò si procedeva con la progettazione del prodotto, la sua prototipazione e l'esecuzione di test con i diversi strumenti a disposizione. Infine l'attività di validazione sanciva la forma, gli elementi, i materiali e le prestazioni del prodotto finito. Purtroppo all'interno dell'azienda spesso non si riusciva a seguire questo iter procedurale, con il risultato di non avere l'ultima revisione del disegno aggiornata o la documentazione di progetto. Per quanto riguardava le fasi di prototipazione, queste erano gestite esternamente prolungando i tempi progettuali e mettendo anche a rischio il segreto industriale. Infine anche il testing e le verifiche erano eseguite in modo poco professionale rendendo i risultati non del tutto attendibili ma soprattutto non veniva tenuta traccia delle evidenze con le relative documentazioni.

2.2 Gestione ordini da clienti

Il processo di ordine da cliente era già abbastanza strutturato grazie anche al supporto offerto dal portale. Prima di effettuare la spedizione della merce, si generava il documento di trasporto (DDT) relativo a quell'ordine. Tale procedura scaricava a sistema i prodotti selezionati in modo da svincolare la procedura a carico del magazziniere. Tuttavia, come esposto nell'introduzione, i codici Kit proposti commercialmente erano solo fittizi, non essendoci una giacenza reale di essi a magazzino. Quindi in caso di ordine di codici kit, come ad esempio l'aggancio Fitlock completo, l'istanza di DDT si sarebbe bloccata in quanto avrebbe letto giacenza zero. Per ovviare a ciò, il responsabile vendita caricava quantità casuali di questi codici prima della generazione del DDT in modo da non mandare in blocco il sistema. Per tale motivo le giacenze registrate sul portale erano falsate, rendendo totalmente inaffidabili i dati di giacenze presenti a portale.

2.3 Gestione della produzione

Il processo di gestione della produzione iniziava dalla presa in carico della conferma d'ordine. Questa veniva analizzata e, in base allo stato di ordini precedenti e del magazzino, si decideva come coprire l'ordine, se totalmente con giacenza o avviando una piccola produzione. In entrambi i casi il processo si concludeva una volta preparato il collo pronto per la spedizione. L'azienda, non adoperando il portale per la gestione di magazzino, provvedeva al check delle giacenze direttamente di persona, controllando sia la presenza dei prodotti finiti che, in caso si dovesse avviare una produzione, anche alle materie prime. Ciò aveva reso il processo molto stressante per il responsabile di produzione, il quale aveva il compito di monitorare continuamente gli spostamenti di magazzino, oltretutto con la responsabilità di tener sott'occhio gli articoli con giacenza congelata (destinata per altri ordini). Inoltre non era stabilita una procedura del carico a magazzino dei prodotti finiti post-produzione con il relativo scarico dei componenti inclusi in esso. Questo passaggio sarebbe dovuto essere determinante al fine di poter monitorare correttamente le giacenze, che come visto nel capitolo precedente, erano caricate sporadicamente dal responsabile vendite per poter permettere di generare il DDT.

2.4 Gestione ordini a fortiori

All'interno del portale era già presente il modulo di ordine a fornitori, denominato "richiesta d'acquisto" (RDA). Come affermato nell'introduzione, non vi era una codifica chiara e puntuale di tutti gli articoli movimentati nell'azienda, specie per le materie prime provenienti da processi produttivi a stampo. Questo ha portato nel tempo a non ricorrere al portale per la generazione delle RDA, infatti gli ordini avvenivano quasi esclusivamente via telefono o mail, utilizzando come codifica esclusivamente quella del fornitore. A supporto del processo di ordine vi erano dei cataloghi realizzati internamente riportanti la foto dell'oggetto e di fianco il codice, senza alcun riferimento di natura tecnica come quote, materiale o finitura.

3 Processo TO-BE

A seguito di diverse riunioni con la direzione aziendale e i responsabili coinvolti nei processi rilevanti, si è deciso di risolvere le problematiche evidenziate e cercare anche di migliorare le attuali procedure in ottica di una crescita aziendale futura. A tal scopo, sono stati coinvolti anche

i fornitori più strategici che hanno dimostrato la loro disponibilità nel condividere le informazioni e nell'adeguarsi al sistema lavorativo proposto.

3.1.1 Ricerca e sviluppo

Il processo di ricerca e sviluppo doveva essere strutturato in maniera formale poiché non si riusciva a garantire la consistenza dei suoi output, in particolare i disegni finali di prodotto e la documentazione a supporto del progetto.

3.1.2 Moduli Area tecnica e R&D

Al fine di garantire la corretta archiviazione dei disegni e fornire adeguati strumenti per agevolare l'utente finale, sono stati progettati sul portale aziendale due moduli: Area tecnica e R&D (*Research and Development*). Entrambi sono ancora in fase di programmazione ma sono già stati definiti i requisiti e l'interfaccia grafica.

L'**area tecnica** è una copia sincronizzata del Magazzino > Articoli, in cui sono presenti tutti gli articoli, siano essi componenti o prodotti finiti. All'interno di area tecnica, a differenza di *articoli*, le informazioni contenute in esso come descrizione, peso, codice ecc. sono in sola lettura. La differenza consiste nel fatto che, all'interno dell'area tecnica sono caricati i file 3D in formato step degli oggetti, così da non sovraccaricare la pagina dedicata all'uso quotidiano del magazzino. In questo modo, durante il processo di sviluppo, è possibile reperire elementi già presenti, senza però andare a fare operazioni involontarie sul magazzino (vedere Figura 3-1).

Il modulo **R&D** permette la gestione del progetto in maniera continua e sistematica. All'interno del portale è possibile creare un nuovo progetto così da sancire la data di inizio, il nome dell'oggetto e il creatore. A seguire, all'interno della pagina di progetto è possibile inserire l'immagine del prodotto, scaricare i 4 moduli di progetto richiesti dalla norma ISO9001:2015, ricaricarli compilati ed infine caricare gli sviluppi del disegno 3D. In questo modo è possibile gestire in maniera tracciata le revisioni di disegno, nonché rendere il disegno condivisibile ad altri utenti per fare uno sviluppo in team di progetto (vedere Figura 3-1).

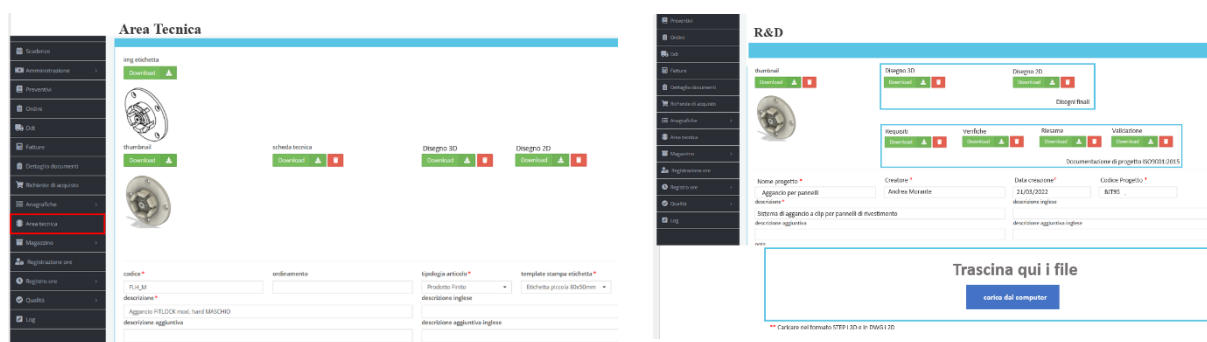


Figura 3-1 sopra sono riportate le interfacce grafiche dei due moduli, sulla sinistra Area Tecnica dove è possibile fare il download dei 3D dei prodotti già in commercio, sulla destra R&D la quale presenta una dropzone per il caricamento degli sviluppi 3D e l'upload per i documenti di progetto richiesti dalla norma ISO9001:2015

3.1.3 Test e verifiche di progetto

Le verifiche progettuali venivano effettuate con strumentazioni non professionali, così anche le poche evidenze derivanti dai test si faticavano a raccogliere o reperire. Anche i prototipi commissionati all'esterno non facilitavano la gestione del know-how aziendale.

Al fine di poter abbracciare quelle che sono le nuove tecnologie offerte dal mercato si è deciso di acquistare il software di disegno CAD 3D *Fusion360*, più indicato alla progettazione meccanica, il quale offre molte funzionalità tra cui una interfaccia di *stress analysis*. In questo modo le

verifiche progettuali possono strutturarsi già all'interno del software, potendo così applicare le dovute correzioni già dal modello 3D.

Grazie alla confidenza presa con il software e all'esigenza di dover preservare le innovazioni, è stato deciso di acquistare una stampante 3D a resina in modo da poter stampare i prototipi all'interno dell'azienda. Grazie alla stampante si sono riusciti ad ottenere i modelli degli ultimi progetti in poche ore e con una qualità di stampa uguale a quella che si raggiungerebbe con uno stampaggio plastico.

3.2 Gestione ordini da clienti

Il seguente processo era l'unico che seguiva già uno schema ben preciso e corretto se non fosse per il problema riscontrato con i kit. A tal scopo è stata implementata una **funzione di esplosione dei codici kit** senza giacenza. La funzione permette al cliente di visualizzare il codice in formato KIT nei documenti di conferma d'ordine, in fattura e sul DDT, mentre l'operazione di scarico automatico dal DDT, avviene per i sottoprodotti dell'articolo kit. La funzione viene applicata solo in caso di giacenza zero dell'articolo kit in modo da non precludere la gestione standard di un codice kit. Questa modifica si è resa necessaria per poter gestire in modo completo il flusso di materiali all'interno del magazzino così da riflettere i movimenti fisici degli articoli.

3.3 Gestione della produzione

Gli interventi in materia di gestione della produzione sono stati i più massivi riguardo al progetto di tesi. Oltre a fornire una soluzione relativa al problema delle codifiche, hanno proposto nuovi strumenti capaci di ottimizzare il flusso e la gestione delle informazioni, che se implementati in modo corretto, rendono le procedure molto più efficienti.

3.3.1 Gestione informazioni documentate

A monte di tutti gli interventi effettuati, si è provveduto alla creazione di un **percorso di cartelle** all'interno del database aziendale di modo che le risorse coinvolte potessero accedervi. Le cartelle al primo livello sono distinte per processi, mentre al secondo livello sono divise per prodotti in produzione, al terzo per gamme di prodotto, poi per prodotti ed infine all'ultimo livello si trovano le cartelle di archiviazione delle informazioni o documenti di prodotto. Nella Figura 3-2 è rappresentato un percorso tipo. Grazie a questa disposizione è stato possibile velocizzare e sistematizzare tutti gli interventi riguardo il processo.

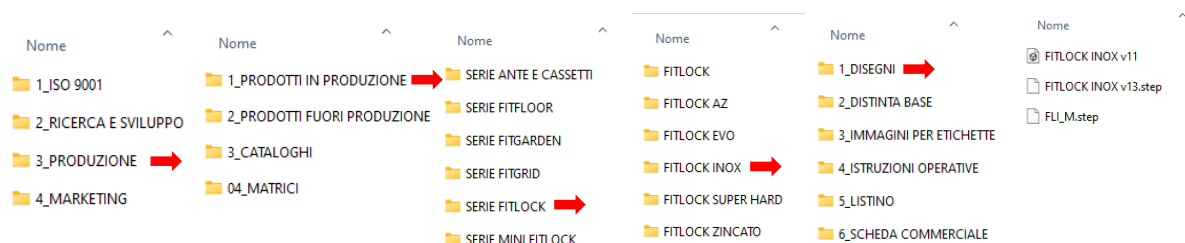


Figura 3-2 sopra è riportato un percorso cartelle per il reperimento dei diversi file di prodotto. Grazie alla suddivisione è possibile riuscire ad abilitare gli utenti a seconda del ruolo che ricoprono.

Un lavoro simile è stato svolto sul programma di disegno *Fusion360*, in modo che si potessero reperire i disegni più facilmente e si potesse rendere più veloce il processo di impaginazione, come si vedrà in seguito.

3.3.2 Catalogazione prodotti e componenti

Allo scopo di poter catalogare e successivamente ricodificare gli articoli sono stati raccolti in doppia copia tutti i prodotti finiti. La prima copia veniva allegata alla scheda tecnica commerciale, la seconda invece, veniva smontata per ricreare una sorta di esploso del prodotto. Grazie al supporto del responsabile di produzione, si sono andati a **reperire tutti i codici fornitore** dei singoli componenti. Lo stesso lavoro è stato eseguito con i disegni 3D, questi sono stati raccolti dalle diverse cartelle del database aziendale e suddivisi nelle cartelle cloud di *Fusion 360*. In questo modo si è potuto gestire i disegni in un ambiente di lavoro unico e pulito. A questo punto, con l'aiuto di un calibro si sono **aggiornati tutti i disegni** nei minimi dettagli secondo quello che era l'oggetto reale. In questo modo i disegni sarebbero stati utili anche per altre applicazioni, come si vedrà in seguito. In Figura 3-3 è riportato il file Excel riguardo ad una prima catalogazione dei codici fornitore.

PRODOTTO	NOME COMPONENTE	DESCRIZIONE	IMMAGINE	CODICE DAUREKA	CODICE	DESCRIZIONE	MATERIE
FLS_M	BICCHIERE				YCTH662MNT05 YCTH651MFV02	BICCHIERE ALLOGGIO MOLLA FL - BICCHIERE ALLOGGIO MOLLA FL - POM NAT	POM 25%FV NAT
FLS_M	FIORE				YCTH682MFL02 YCTH523MLL15	FIORE FITLOCK 2022 SOFT FIORE 2019 SOFT	POM 24 GRIGIO

Figura 3-3 File provvisorio di raccolta e catalogazione di tutti gli articoli divisi per codice fornitore.

3.3.3 Codifica articoli

Prima del progetto di tesi non era presente una codifica ben strutturata delle materie prime ma si utilizzava spesso la stessa codifica del fornitore. Al fine di svincolarsi dal codice fornitore e rendere il codice interno parlante, si è deciso di **gestire gli articoli a portale in doppia codifica**. All'interno del modulo *articoli* infatti è stata introdotta la possibilità di associare ad un articolo più di un fornitore con il suo relativo codice. In questo modo è stato possibile sia gestire più fornitori che svincolarci dall'utilizzare la loro codifica. A questo punto si è reso necessario trovare un **criterio per ricodificare gli articoli** in modo che il codice fosse breve e richiamasse al fornitore. Per far ciò sono stati catalogati, grazie all'aiuto dei file di disegno, tutti i componenti divisi per fornitore in modo da avere un quadro completo circa la loro varietà. A questo punto si sono rinominati gli articoli usando un codice del formato "ABC00", dove ABC rappresenta l'acronimo del fornitore e 00 è un numero progressivo per differenziare gli articoli. Una volta validata la nuova codifica, questa è stata aggiornata sugli articoli nel portale ed è stato correttamente associato il codice fornitore. In Figura 3-4 è visibile la gestione degli articoli in **doppia codifica**.

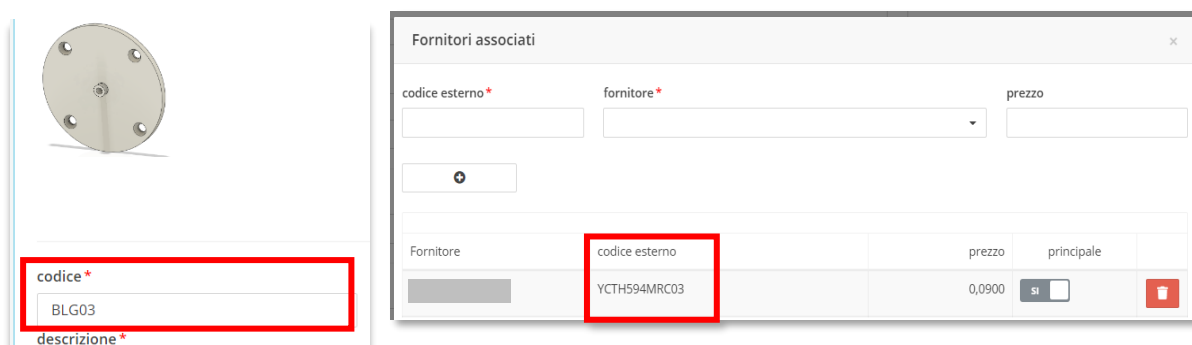


Figura 3-4 sulla sinistra la codifica interna, sulla destra la codifica del fornitore.

3.3.4 Revisione disegni e cataloghi fornitore

Grazie alla collaborazione dei fornitori, sono stati raccolti i materiali e le relative schede tecniche. Queste attività ed il lavoro volto sulle codifiche hanno permesso di aggiornare i disegni, **applicando i materiali** agli oggetti (vuol dire donare ad un modello 3D l'aspetto, la densità ed altri parametri fisici di un materiale) e **rinominando i componenti**. Grazie a questa operazione i disegni erano sufficientemente ricchi di informazioni per poterli sfruttare in modo efficiente, come ad esempio i cataloghi dei fornitori. Come spiegato nell'introduzione, molti degli articoli Daureka essendo custom non avevano cataloghi commerciali. Per far ciò sono stati creati, all'interno di *Fusion360*, dei template di impaginazione parametrici. Impaginando i singoli componenti all'interno del template, si sono potuti ricavare delle schede degli oggetti a mo' di cataloghi fornitore, così da poter essere di supporto in fase di RDA. (vedere Figura 3-5)

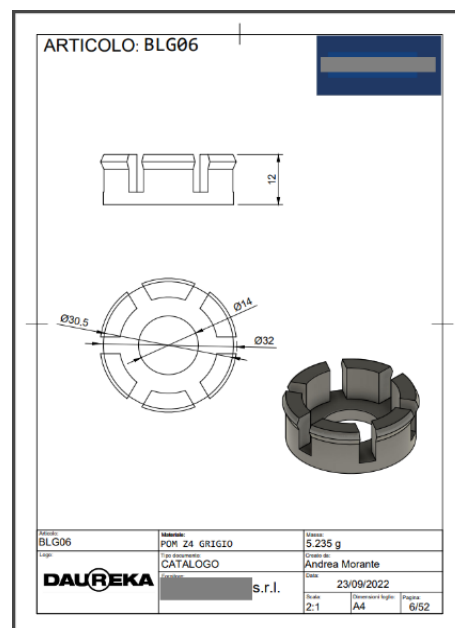


Figura 3-5 esempio di pagina catalogo per un fornitore di articoli custom

3.3.5 Distinte base

Per poter monitorare in modo completo la produzione, il portale necessitava della procedura che in una sola operazione caricasse i prodotti finiti post assemblaggio e scaricasse le materie prime. Per far avvenire queste operazioni in automatico è stato necessario **importare le distinte base** di prodotto all'interno del portale. Anche in questo caso sono venuti in aiuto i disegni. Sono stati effettuati gli esplosi dei prodotti tramite le apposite funzioni di animazione, dopodiché, una volta creato un apposito template per la messa in tavola di quest'ultimi, sono stati impaginati ed è stata inserita una **tabella intelligente**. La tabella intelligente serve a leggere i componenti all'interno della tavola e farne la lista. Dato che i componenti avevano già i nomi degli articoli corretti, la tabella era già nel formato di distinta base. È stato quindi esportato il PDF della messa in tavola come supporto grafico per i montatori ed il file CSV della tabella per poter essere fruibile a livello informatico.

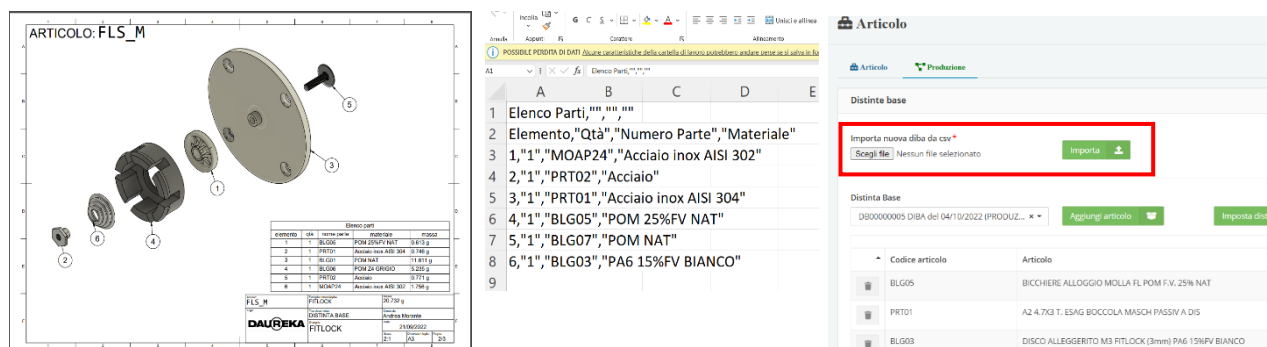


Figura 3-6 Il primo è il documento PDF della messa in tavola dell'esploso con la tabella di elenco parti, il secondo è il CSV della tabella elenco parti (distinta base) . Infine si può vedere la pagina per importare la distinta base all'interno del prodotto.

A questo punto è stata programmata una nuova funzione sul portale aziendale che ha permesso di caricare il file CVS della distinta base, in modo da associare al prodotto finito i componenti

(materie prime). In Figura 3-6 è mostrata la sezione della pagina articolo in cui si carica la distinta base in formato CSV ed in automatico associa, con le dovute quantità, i componenti.

3.3.6 Etichette di prodotto e carico da produzione

Con lo scopo di dare un'identità ai prodotti e di velocizzare la procedura di carico da produzione, sono state realizzate delle etichette prodotto (vedere Figura 3-7). Anche in questo caso è stata programmata una funzione ad hoc sul portale la quale genera le etichette leggendo i campi all'interno della pagina articolo. Prima della stampa dell'etichetta è possibile selezionare il formato di stampa e la quantità prodotto da inserire su di essa. Infatti l'etichetta è predisposta di apposito QR code, il quale contiene il codice articolo e la quantità.



Figura 3-7 Esempio etichetta di prodotto con le informazioni di base e il QR code per il carico da produzione

Infine è stata programmata la funzione di **carico da produzione** che, come menzionato nel paragrafo precedente, provvede a caricare i prodotti finiti al termine della produzione e a scaricare in automatico i componenti presenti in esso. Per velocizzare l'operazione agli utenti, è stato creato un bottone di scorciatoia sulla home del portale: entrando in esso e scansionando il QR code presente sull'etichetta, il sistema precompila i campi "articolo" e "quantità", così l'utente dovrà soltanto premere il tasto "carica".

3.4 Gestione ordini verso fornitori

Con le nuove modifiche effettuate, è stato possibile generare le richieste di acquisto ai fornitori direttamente dal portale, in quanto si avevano tutti gli articoli caricati e con associato il relativo codice fornitore. Inoltre anche il supporto dei cataloghi cartacei ha permesso di rendere il processo più sicuro per l'operatore in quando ha sempre un riferimento materiale. Grazie al buon esito dell'utilizzo del portale, è stato deciso di condividere l'accesso anche ai fornitori ritenuti più strategici, di modo che potessero visualizzare gli ordini e potessero stampare le etichette giuste direttamente da lì.

4 Automazione industriale

Durante la fase di analisi del contesto aziendale sono state revisionate anche le procedure operative di montaggio. Tra queste spiccava la procedura di assemblaggio dei dumper all'interno del profilo di alluminio Fitfloor. L'assemblaggio impiegava circa 6 minuti, inoltre era anche molto stancante fisicamente per l'operatore che doveva concedersi numerose pause. A tal proposito, e con lo scopo di voler industrializzare digitalmente l'azienda, è stato deciso di costruire un macchinario semiautomatico capace di sopperire alla classica procedura manuale.

4.1 Analisi fattibilità meccanica

A seguito di una breve analisi dei requisiti prestazionali e di sicurezza della macchina, è emerso che quest'ultima avrebbe dovuto assemblare una barra intera (con 9 dumper) in circa un minuto senza rendersi pericolosa per l'operatore. A tal scopo è stato eseguito un piccolo test al fine di

calcolare le forze in gioco nel sistema. Tramite un dinamometro si è misurata la massima forza di spinta necessaria all'inserimento, quindi grazie a diversi calcoli effettuati a seconda delle caratteristiche della trasmissione, si sono calcolati la potenza del motore e il rapporto di riduzione necessari.

4.2 Progettazione macchina

La macchina progettata, come visibile in Figura 4-1, è costituita da un binario con presenti delle palette in grado di "spingere" le gomme solo nel ciclo di andata e retrarsi automaticamente in quello di ritorno. Il binario è capace di muoversi grazie ad una trasmissione a catena alimentata da un motore trifase. L'assemblaggio parte dal posizionamento manuale dei dumper su di un profilo collineare a quello da assemblare, una volta premuto lo start, la macchina fa scorrere il binario che inserisce i dumper automaticamente e infine torna indietro nella posizione iniziale.

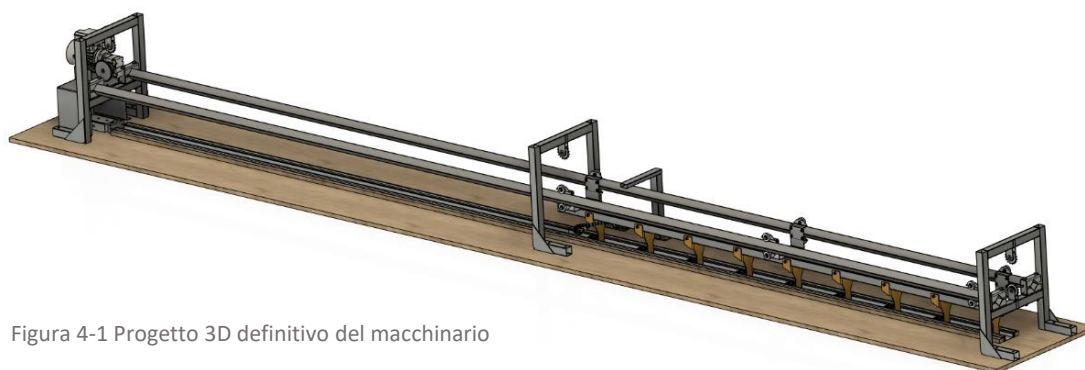


Figura 4-1 Progetto 3D definitivo del macchinario

4.3 Programmazione

Per programmare il ciclo macchina in modo sicuro e permetterne così la certificazione CE della stessa, è stato utilizzato un **PLC Siemens LOGO! 8.3**. Questo particolare PLC ha la caratteristica di essere collegato ad un modulo wi-fi capace di comunicare in futuro con il portale MES, requisito fondamentale per l'industria 4.0. L'altro hardware programmato è stato l'**inverter** del motore, questo ha consentito di pilotare il motore nella sequenza start/stop e marcia avanti-indietro con i diversi rallentamenti di velocità. Sia il PLC che l'inverter sono stati programmati tramite software dedicati, rispettivamente *Logo!Soft Comfort* e *SoMove2.9* (vedere Figura 4-2).

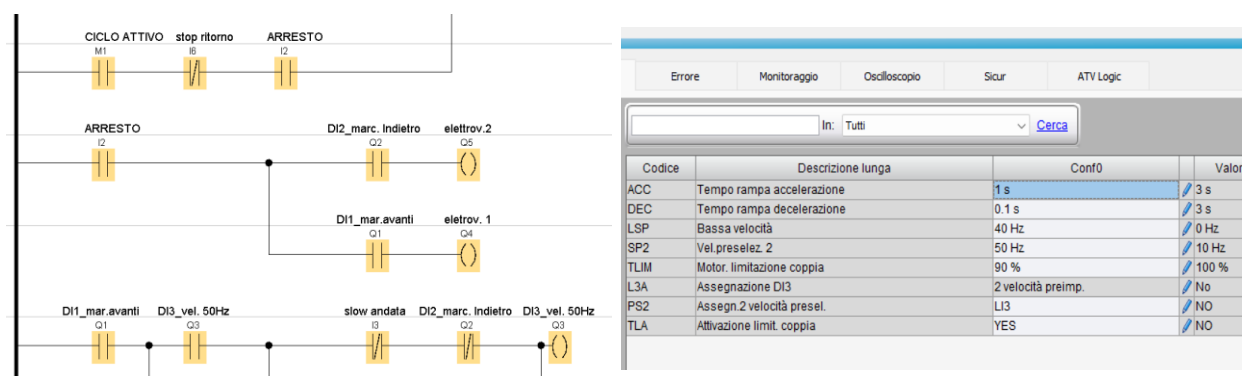


Figura 4-2 sulla sinistra è mostrato un pezzo del programma del PLC, sulla destra l'elenco dei parametri modificati per il funzionamento dell'inverter motore.

4.4 Gestione marchiatura CE

Constata la bontà di esecuzione della macchina, si è avviata la procedura per la sua certificazione al fine di regolarizzare l'utilizzo della stessa in azienda. E' stata coinvolta un'azienda di automazione industriale la quale sta procedendo alla raccolta delle informazioni di base, come ciclo macchina, hardware utilizzati, schema elettrico e disegni 3D. A seguito dell'analisi documentale e della perizia tecnica verranno prodotti e rilasciati dall'azienda consulente: il documento di **analisi dei rischi** in conformità alla norma EN 12100, la **conformità elettrica** quadro bordo macchina in secondo alla norma EN 61439-1, documento **analisi logiche di sicurezza** secondo la UNI EN ISO 13849-1 infine il **manuale di uso e manutenzione** realizzato secondo i requisiti della direttiva 06/42/CE (Direttiva Macchine). L'insieme di tutti i documenti permetterà di poter essere rilasciare la **dichiarazione di conformità**.

5 Conclusioni

Grazie alla revisione dei processi, l'azienda sta riuscendo ad operare secondo i paradigmi della *Lean manufacturing*, eliminando gli sprechi e sfruttando al massimo le risorse e gli strumenti a sua disposizione.

Con gli interventi effettuati in merito al processo di ricerca e sviluppo, l'azienda sta acquisendo grande consapevolezza delle potenzialità di una buona gestione del know-how aziendale. In particolare sono stati sviluppati nuovi strumenti capaci di archiviare e mantenere lo stato dei disegni ed a standardizzare le procedure dei test di verifica. Grazie al processo di stampa 3D interna e di *stress analysis*, si riescono a velocizzare i tempi per la prototipazione e verifiche di progetto, nonché a salvaguardare il segreto industriale.

Le nuove codifiche degli articoli, hanno permesso ai **processi di ordini da clienti e verso fornitori** di poter essere elaborati attraverso il portale aziendale. Inoltre, le modifiche effettuate sul portale per l'importazione delle distinte base degli articoli, ha consentito il carico a magazzino dei prodotti finiti con lo scarico automatico dei componenti. In questo modo si è potuto chiudere il ciclo della gestione materiali all'interno del magazzino. Tutto questo ha permesso di velocizzare le diverse istanze di processo e monitorare tutti i flussi sia materiali che monetari. Il contesto in cui si è operato per poter catalogare e codificare gli articoli, ha fornito un modo di lavorare all'interno dell'azienda, capace di sfruttare al meglio le informazioni già presenti, specie quelle derivanti dal file di disegno. Questo *modus operandi* sta diventando uno standard interno all'azienda, tanto che alcune delle procedure adottate saranno messe nel sistema di gestione per la qualità. Il prossimo passo, sarà quello di monitorare lo stato di avanzamento della produzione e la gestione multi magazzino.

Infine il tentativo di automatizzare le procedure di montaggio ha avuto riscontri positivi: la produttività è potenzialmente quintuplicata e l'operatore riuscirà a dedicare più tempo al controllo qualità e ad altre attività propedeutiche di magazzino. L'esperienza di ingegnerizzazione e produzione della macchina all'interno dell'azienda, ha permesso di acquisire nuove conoscenze e competenze che sarà possibile sfruttare per progetti di automazione futuri.