POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria di Gestione e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Anno accademico 2021/2022

Tesi di Laurea Magistrale

Gestione del magazzino in un ambiente Engineering to Order: possibili soluzioni

Relatore

Anna Corinna Cagliano

Co- relatore aziendale

Alfonso Terrazzino

Laureanda

Benedetta Gatto

Alla mia famiglia,
per tutte le volte che mi hanno teso la mano quando credevo di cadere.

Indice

INTRODUZIONE 7
CAPITOLO 1- Contestualizzazione teorica del progetto intrapreso 11
1.1 L'ambiente Engineering to Order 11
1.2 Le sfide in un ambiente ETO 12
1.3 Cosa si cerca di risolvere 13
CAPITOLO 2 – La storia di Hitachi Energy S.p.A , l'organizzazione ed i prodotti realizzati 16
2.1 Breve storia di Hitachi Energy 16
2.2 L'organizzazione aziendale 17
2.2.1 Le business units 18
2.3 I prodotti HV realizzati a Lodi 24
2.4 Test di accettazione 31
CAPITOLO 3 – La scelta di delocalizzazione e le successive strategie adottate 34
3.2 La scelta strategica della Business Unit 36
3.2.1. Criticità nel trasferire l'intero PASS in India 37
3.2.2 La scelta intrapresa 39
3.3 Rischi derivanti dalla scelta strategica 43
CAPITOLO 4 – Le fasi operative della delocalizzazione in India 46
4.1 Standardizzazione del prodotto 47
4.2 Metodo di creazione delle PBOM 51
4.3 Analisi statistica sui componenti 57
4.4 Processo di aggiornamento continuo dei Transfer Price 62
4.5 Implementazione del processo di Sales & Operation con l'India 66
4.6 Il nuovo sistema logistico 69
CAPITOLO 5- Previsioni del piano e risultati ottenuti 71
5.1 Il piano industriale 71
5.2 Risultati ottenuti 74
5.3 Conclusioni e limiti 79

Legenda:

-BU: Business Unit

-FF: Feeder Factory

-BOM: Bill of Material

-ETO: Engineering to order

-OTD: On time delivery

-FM: Factory Module

-CI: Continuous improvement

-SCM: Supply chain management

-SQ: Support quality

-SLD: Single Line Diagram

-LT: Lead Time

INTRODUZIONE

Il lavoro svolto nasce in un contesto produttivo il cui prodotto è altamente customizzato. Sono, infatti, infinite le variabili che permettono di definire un particolare prodotto finale e dipendono interamente dalle specifiche del cliente. L'azienda nella quale è stato svolto il lavoro di tesi è Hitachi Energy S.p.A, in particolare nel sito produttivo di Lodi. I prodotti interessati sono dei particolari prodotti ad alto voltaggio, richiesti tipicamente da un' Engineering, Procurement & Construction (EPC) company. Il contesto, quindi, in cui l'azienda opera è quello dell'Engineering to Order.

Partendo da questo ampio concetto si scende nel particolare con l'implementazione di un complesso sistema che ha permesso la riduzione del costo del lavoro tramite il trasferimento della manodopera in India, ma con la possibilità di mantenere competitivi i tempi di consegna partendo dal tempo dell'ordine. Le soluzioni adottate sono innovative per un ambiente del genere, cioè un ambiente che prevede un prodotto finale completamente customizzato. L'idea proposta va oltre le tipiche regole di gestione delle scorte e si inoltra verso un approccio di gestione del magazzino innovativo.

L'obiettivo principale è quello di delocalizzare la produzione di un intero prodotto dall' Italia all'India senza aumentare i tempi. La soluzione, però, risulta critica da un punto di vista tecnico. Si è quindi sviluppato un nuovo metodo grazie al quale sono stati raggiunti obiettivi che in un ambiente ETO sono continuamente una sfida. Tra questi obiettivi, il più importante ai fini dello scopo della tesi è quello di avere una completa disponibilità di un magazzino che è composto da componenti altamente variabili in quantità e tipologia. Nel corso del lavoro sono stati raggiunti altri numerosi obiettivi che hanno creato *savings* ulteriori grazie alla standardizzazione implementata, step iniziale dello studio intrapreso.

Dopo una panoramica sulle caratteristiche generali e le sfide che un'azienda operante in un ambiente ETO deve affrontare, il lavoro si svolge sulla base di una proposta di delocalizzazione arrivata dalla Business Unit dei prodotti ad alto voltaggio di cui si

darà una descrizione dettagliata nel capitolo 2. La proposta è stata analizzata e successivamente declinata per via della complessità tecnologica del prodotto portando ad una soluzione alternativa discussa nel capitolo 3. Ciò comporta una rivisitazione delle scelte intraprese ad alto livello. E' importante, infatti, che tali scelte vengano ponderate anche ai livelli più bassi dell'organizzazione perché è proprio chi lavora con mano il prodotto o chi lo ingegnerizza che può comprendere i benefici e i disagi che ne derivano dallo spostamento di un intero prodotto in un altro sito non europeo.

In seguito all'analisi avuta sui pro e i contro dell'intera produzione in India, si è convenuto che fosse molto più redditizio spostare solo una parte del prodotto, cioè quella che in qualche modo poteva essere meno customizzata. Il lavoro di standardizzazione con infinite variabili non è stato facile, ci sono voluti mesi ed ancora ora si lavora sulla standardizzazione di moduli complessi. Senza questa però, tutto il lavoro successivo e gli obiettivi raggiunti, non avrebbero avuto modo di esistere.

Il lavoro operativo di dettaglio è spiegato nel capitolo 4, dalla standardizzazione alla pianificazione del magazzino in Savli, il sito produttivo in India. Dopo questo preliminare lavoro è stato importante anche l'aspetto relativo ai costi, in quanto trattandosi di prodotti nuovi ed ideati appositamente da Ricerca e Sviluppo, era necessario instaurare un metodo di condivisione dei costi che permettesse all'Italia di effettuare quanto prima gli ordini in India. Il processo di condivisione tra il team italiano e quello indiano è tutt'ora in corso e nel tempo, grazie agli automatismi implementati, si cercherà di far diventare l'allineamento sempre più snello. Il focus principale del lavoro, però, è quello della creazione di un metodo che riduce il magazzino e rispetta un livello di servizio del 99% in un ambiente ETO.

Il modello implementato ha permesso in circa un anno di operatività di raggiungere degli alti livelli di flessibilità, fondamentale in un ambiente ETO, portando come obiettivo principale un risparmio di costi mantenendo alta la competitività in termini di Lead Time. La qualità è sempre stata un elemento di forza in Italia, in quanto il cliente voleva essere quanto più possibile vicino al prodotto in fase di testing, per

questo motivo lasciare l'assemblaggio finale e il test in Italia ha permesso di mantenere la qualità alta.

Il lavoro svolto conduce ad un processo particolarmente lungo e complesso perché prevede lo spostamento della costruzione di una grande parte di prodotto dall'altra parte del mondo. Vi sono molti attori in gioco, motivo per cui molti aspetti vanno migliorati e implementati con il tempo.

CAPITOLO 1- Contestualizzazione teorica del progetto intrapreso

Il seguente capitolo affronta le tematiche passate in un contesto Engineering to Order cercando di definire le sfide che un ambiente del genere deve affrontare e quali possono essere i possibili campi su cui intervenire.

1.1 L'ambiente Engineering to Order

Come anticipato nell' introduzione, l'azienda opera in un contesto altamente complesso, basato sull'Engineering to Order. Le aziende che operano in questo ambiente generano una complessità che richiede approcci manageriali specifici per gestire tutti i processi, dal design e dall'ingegneria alla produzione e alla consegna (Rahim and Baksh 2003).

Questo comporta che oltre ad una pianificazione della produzione, ci sia anche una pianificazione di ingegneria, di conseguenza i tempi per la disponibilità del prodotto da quando il cliente esprime il desiderio di volerlo, sono maggiori rispetto ad un ambiente dove per lo meno ci può essere un magazzino di semilavorati e quindi un ambiente assembly to order. Risulta quindi critico in una produzione di prodotti Engineering To Order avere un sistema ERP robusto e flessibile in grado di gestire tutta questa complessità.

Il sistema Enterprise Resource Planning (ERP) è un software commerciale venduto in pacchetti che promette un'integrazione "senza cuciture" di tutti i flussi informativi esistenti in azienda: finanza, contabilità, risorse umane, gestione degli approvvigionamenti, produzione, gestione della clientela (Davenport 1998).

La ragione principale della difficoltà nella gestione del sistema ERP sta nel fatto che parte dei materiali ingegnerizzati spesso hanno un lungo lead time di approvvigionamento. Dal momento che il prodotto è altamente customizzato, non si può avere un magazzino pieno di tutte le possibili variabili, quindi nella gestione di una commessa bisogna tenere conto di questi materiali che, se non pianificati correttamente, potrebbero impattare sulla data di consegna finale.

Da un punto di vista gestionale, Amaro, Hendry e Kingsman (1999) e Spring e Darlymple (2000) sostengono che sono disponibili poche alternative per la gestione

della produzione nelle aziende ETO. Lo stesso concetto è sostenuto da Hicks (2000) in cui afferma che in molte delle ricerche pubblicate su operations e supply chain, si è trascurato l'aspetto dell'ETO.

1.2 Le sfide in un ambiente ETO

Rahim e Baksh (2003) che hanno analizzato le differenze tra un'ambiente ETO ed un ambiente Make to Stock, affermano che la letteratura è troppo focalizzata sul MTS piuttosto che su ETO che richiede degli studi ad-hoc per lo sviluppo di strategie in questo ambiente. Una delle più recenti pubblicazioni è quella di Gosling e Naim (2009) in cui si definiscono le caratteristiche fondamentali della gestione della catena di fornitura in un ambiente ETO. Hicks et al. (2000) precedentemente avevano delineato l'ETO sotto un problema di manifattura strategica per l'area di operations e di supply chain, mentre i ricercatori che si sono occupati di gestione dei progetti si sono stabilizzati più sulla solidità della catena di fornitura (Briscoe e Danty, 2005). La base letteraria, quindi, di un ambiente ETO è piuttosto frammentata.

La ragione principale della poca letteratura a riguardo di questo specifico aspetto dell'ETO è la rilevante quantità di differenze tra un ambiente ETO rispetto ad un ambiente Make to Stock che rendono il processo ancora più complesso. Le differenze impattano quasi tutte le funzioni aziendali, dal Marketing & Sales alla fase di testing finale.

La funzione di M&S rispetto ad una qualunque azienda che opera in un contesto Make to stock, ha necessità di conoscere a fondo il prodotto. Ciò è dovuto al fatto che per conoscere i tempi di consegna ed aiutare il cliente nella scelta del prodotto migliore, il venditore ha bisogno di interfacciarsi con gli ingegneri, i fornitori e i produttori per conoscerne bene tutte le fasi che portano alla creazione del prodotto che vuole vendere.

Una fase fondamentale in un ambiente dove il prodotto è altamente costruito su misura del cliente è la pianificazione.
La pianificazione della produzione è il processo con cui si definisce ed impegna l'ammontare delle risorse (manodopera, macchinari, attrezzature, materiali) di cui

l'azienda avrà bisogno per le sue attività produttive future, e l'allocazione di queste risorse per ottenere il prodotto desiderato, nelle quantità al tempo previsto, ed al minor costo totale possibile (Pinedo, 2009). Anche la funzione di pianificazione cambia poiché il piano di ingegneria deve adattarsi ad un piano di produzione e viceversa. Lavorano entrambi con una capacità finita, quindi sono vincolati a degli slots che devono essere adeguatamente pianificati. In una logica MTS questo non succede; il piano di ingegneria non esiste e la produzione viaggia e viene pianificata solo in accordo alle proprie capacità.

In un'ottica di magazzino, a causa dell'ingegnerizzazione, alcuni prodotti spesso richiedono componenti dedicati non usabili per altri prodotti. Per ovviare a questo problema, spesso in fase di ingegnerizzazione si utilizza il metodo del pre-lancio di materiali, ovvero in uno stadio avanzato di progettazione si effettuano degli ordini di acquisto di componenti che hanno lungo lead time. Ciò deve quindi essere accompagnato da una buona pianificazione degli acquisti, che devono essere particolarmente accurati, come accurata deve essere questa prima fase di progettazione per evitare acquisti di materiali inopportuni.

1.3 Cosa si cerca di risolvere

L'obiettivo in un ambiente ETO è cercare di risolvere queste sfide di incertezza continua dovute alla variabilità della domanda. Cercare di essere il più reattivi possibili per essere competitivi sul mercato non instaurando un processo lineare ma adattando all'interno delle innovazioni e delle strategie che permettano di essere flessibili anche in un ambiente in cui ciò risulta difficile.

L'idea è quella di evitare di avere rotture di stock. Tramite la diminuzione di componenti mancanti il magazzino diminuisce poiché un blocco di produzione comporta molte perdite. Un' ulteriore conseguenza causata dalle rotture di stock è dovuta al fatto che queste vengono generalmente risolte nel breve termine con il rilascio di ordini urgenti che si aggiungono alla normale produzione sollevando, inoltre, un clima di stress e mancanza di controllo che potrebbero indurre un ulteriore stock out.

Nelle tipologie di aziende ETO che realizzano prodotti di gran lunga ingombranti, cioè con un ampio volume, come quella oggetto caso di studio, il fermo di produzione si ripercuote ancora di più sul magazzino, come spiega la legge di Little (Little, 1961). Little afferma, infatti, che il work in progress nei sistemi manifatturieri è dato dal prodotto tra il tasso di produzione ed il tempo di attraversamento nel sistema.
La minimizzazione del WIP passa, quindi, attraverso la minimizzazione del tempo di attraversamento che si ottiene attraverso lo spostamento del carico massimo del sistema a monte e attraverso la riduzione del carico massimo del sistema e risulta chiaro che nell'avere una rottura di stock in produzione, il WIP aumenta notevolmente.

L'obiettivo, quindi, è avere piena visibilità della catena di fornitura allineando tutti e riuscendo quindi ad eliminare del tutto gli stock out. Attuare strategie di riduzione dei costi in un ambiente ETO.

CAPITOLO 2 – La storia di Hitachi Energy S.p.A , l'organizzazione ed i prodotti realizzati

Il presente capitolo ha lo scopo di fornire al lettore le informazioni necessarie a comprendere il contesto aziendale in cui è stato svolto il lavoro di tesi. Verrà descritta, quindi, la storia aziendale e la sua conseguente organizzazione ad oggi. Seguirà un breve excursus sui prodotti realizzati e le tipologie di test a cui questi prodotti sono sottoposti, necessari al fine di comprendere i successivi capitoli.

2.1 Breve storia di Hitachi Energy

La storia risale alla fine del 1800 quando La Compagnie Generale d'Electricitè decide di costruire un'azienda tramite la quale produrre in Italia apparecchiature Delle di Lyon-Villeurbanne che stavano ottenendo un buon risultato sul mercato. La scelta si riversa sulle officine Adda, a Lodi. Intorno agli anni '50 del 1900 la Compagnie Generale d'Electricitè (CGE – Delle) si fonde nell' Alsthom per dare vita a uno dei primi grandi poli dell'elettrotecnica europea, la Delle- Alsthom.

L'introduzione dell'esafluoruro di zolfo segna il passaggio delle Officine Adda da manifattura a industri dedicata all'elettromeccanica moderna. Nel 1981 però la società francese Delle-Alsthom decide di abbandonare l'Italia e mettere in vendita le officine Adda alle Ercole Marelli, azienda specializzata in motori e apparecchi elettrici. Tuttavia, dopo un anno dall'acquisizione la Ercole Marelli viene avviata alla liquidazione.

Tra il 1983 e il 1988 Officine Adda vive un periodo di particolare fervore, mosso dalla presenza dell'Ingegnere Luigi Dossena, capo del gruppo Donafin, giunto alla guida dell'azienda e dalla scelta di avviare un percorso di ricerca e sviluppo autonomo, svincolato dalle licenze fino a quel momento dovute al gruppo Dell-Alsthom.

E' il 1986 quando comincia a prendere forma all'interno dei laboratori delle Officine Adda il primo trasformatore di misura stand-alone isolato in SF6 e caratterizzato da un innovativo sistema di distribuzione della tensione.

Nel 1988 nasce ABB dalla fusione di due importanti realtà industriali europee: la svedese ASEA e la svizzera Brown Boveri. Nella neo-ABB vengono incorporate le officine Adda. L'arrivo di ABB nella sede lodigiana rappresenta un'occasione di rilancio dell'azienda che subisce un nuovo layout di fabbrica.

Nel 1996 vede la luce il COMPASS, COMpact Prefabricated Air-insulated SubStation. Un paradigma progettuale frutto di un percorso che nel corso dei precedenti venti anni aveva lentamente promosso l'integrazione e la miniaturizzazione dei componenti a favore della multifunzionalità e della prefabbricazione. Dopo numerosi ulteriori successi, nel 2020 Hitachi e il business delle reti elettriche di ABB si sono uniti in una joint venture per creare un nuovo leader globale nelle tecnologie pionieristiche e digitali.

Nel 2021 Hitachi ha acquisito tutte le quote di ABB diventando Hitachi Energy S.p.A.

2.2 L'organizzazione aziendale

Hitachi Energy è stata in grado di diventare leader globale delle tecnologie energetiche, di conseguenza la vicinanza al cliente ed un'ampia rete globale si sono rivelate una strategia vincente per il successo del business aziendale. Le soluzioni adottate dall'azienda aiutano a soddisfare la crescente domanda di elettricità in modo economico, affidabile, sostenibile e moderno. I clienti si affidano alle soluzioni proposte per pianificare, costruire, operare, ottimizzare e mantenere la loro infrastruttura energetica, aumentando al contempo la flessibilità e la resilienza complessive. I prodotti successivamente descritti nel paragrafo 2.3, quindi, consentono l'integrazione, la trasmissione e la diffusione sicura, affidabile ed efficiente dell'energia di massa e distribuita, generata da fonti convenzionali e rinnovabili.

Hitachi Energy ha organizzato le operazioni intorno a quattro Business Unit globali con uffici locali e centri di ricerca in 90 paesi. Questa struttura altamente interconnessa permette ai 38.000 esperti di essere vicini ai clienti, favorendo una forte consapevolezza e conoscenza delle condizioni operative del mercato locale. Ciò ha

permesso di collegare gli ultimi sviluppi e soluzioni pionieristiche, la competenza e i punti di riferimento delle Business Unit globali.

Partendo dai vertici, l'azienda ha deciso di strutturare il suo team esecutivo comprendendo tre aspetti diversi:

- I mercati: sono le diverse regioni geografiche ognuna delle quali è gestita da un manager dedicato;
- Le business unit: sono le macrocategorie di business e verranno chiarite successivamente nel presente paragrafo;
- Le funzioni: sono le varie funzioni operative viste da un punto di vista globale.

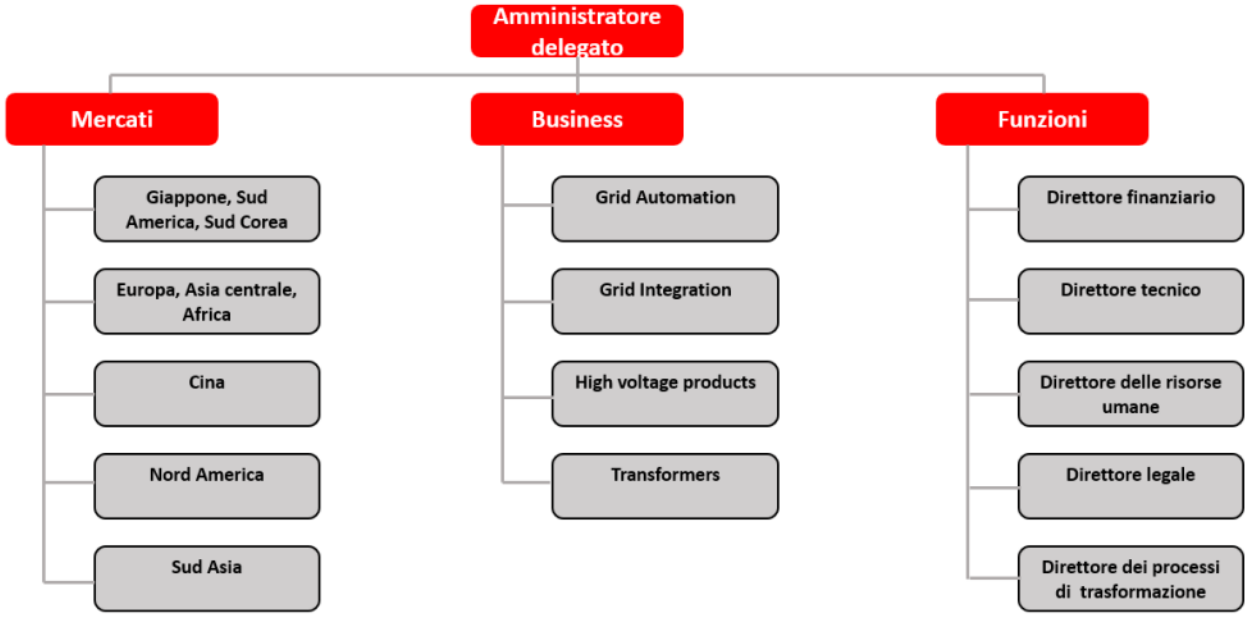


Figura 1: Struttura dell'executive team (Hitachi Energy S.p.A, 2022)

Dal momento che i mercati e le funzioni sono ritenute di facile comprensione, si vuole dare maggior attenzione alle business units, portando il lettore a familiarizzare con i prodotti realizzati ed il business aziendale.

2.2.1 Le business units

PGGA - Power Grids Grid Automation

Il portafoglio di prodotti di questo ramo aziendale comprende tre tipologie di soluzioni:

- Automazione e comunicazione

  Si tratta di soluzioni che digitalizzano le reti di alimentazione e automazione al fine di migliorarne la sicurezza e l'efficienza operativa.

- Soluzioni per la trasmissione della rete elettrica

  L'obiettivo di questi prodotti è quello di dare al prodotto già in possesso del cliente maggiore resilienza e affidabilità. Inoltre si garantisce una riduzione dei costi energetici ed emissioni di CO_2, massimizzando l'integrazione delle energie rinnovabili.

- Soluzioni per software aziendali

  Lo scopo è aiutare le aziende nel settore energetico, minerario e dei trasporti a prosperare nell'era del digitale. Le soluzioni permettono di trasformare i dati in informazioni, migliorando le operazioni quotidiane, la manutenzione e le decisioni strategiche a lungo termine.

PGGA - Power Grids High Voltage

Hitachi Energy è leader nella tecnologia ad alta tensione e offre una vasta gamma di prodotti ad alta tensione fino a 1.200 kilovolt (kV). Contribuisce a migliorare la sicurezza, l'affidabilità e l'efficienza delle reti elettriche, riducendo al minimo l'impatto ambientale.
La parte di prodotti ad alto voltaggio si divide a sua volta in 4 settori caratterizzati dalla tipologia di prodotto realizzato che verranno approfonditi successivamente nel paragrafo 2.3 dedicato.

- Circuit Breaker
- Switchgear

- Prodotti per la qualità di potenza
- Service

PGTR: Power Grids Transformer

I trasformatori sono componenti indispensabili dei centralini e dei quadri elettrici, sia per alimentare componenti che funzionano a tensioni diverse da quella di rete sia per garantire la separazione tra l'alimentazione principale e le ausiliarie. Questa business unit si occupa di fornire diverse tipologie a seconda della necessità.

PGGI - Power Grids Grid Integration

Si tratta dell'unità che gestisce il business vero e proprio. Funziona da EPC (Engineering, Procurement, Construction) ed utilizza le restanti business units come fornitori.

Pianifica, costruisce e gestisce i sistemi di rete critici del cliente, che collegano l'energia dai generatori agli utenti finali nell'industria, trasporto e infrastrutture.

Sono soluzioni di sistema progettate e consegnate per fornire il più alto valore del ciclo di vita dei prodotti, con il rischio più basso.

Come illustrato in Figura 2, PGGI inizia la propria attività attuando un piano strategico per i bisogni del cliente, di conseguenza si approvvigiona del necessario tramite i prodotti interni costruiti dalle restanti business, quindi:

- PGHV per quanto riguarda tutti i prodotti ad alto voltaggio necessari alla trasmissione dell'energia;
- PGGA per automatizzare i prodotti e le infrastrutture
- PGTR per i trasformatori.

Successivamente all'approvvigionamento, esattamente come un'EPC, PGGI procede con l'installazione di tutto l'impianto di cui necessita il cliente.

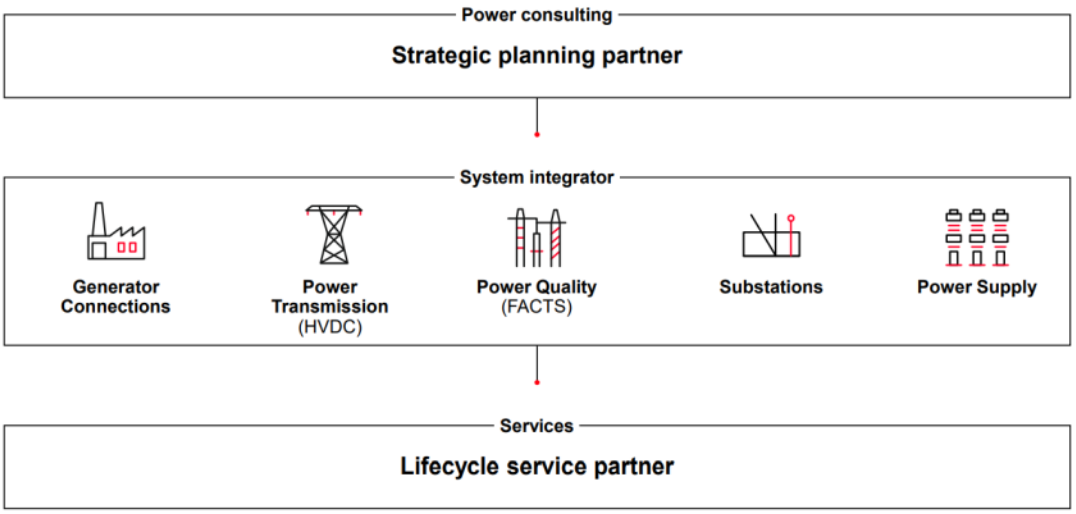


Figura 2: Modello di azione di PGGI (Hitachi Energy S.p.A , 2021)

Ognuna di queste BU si articola in diversi HUB che differiscono in base al Paese in cui operano. Nel caso in esame, l'HUB di interesse è HUB Europe, organizzato come in Figura 3.

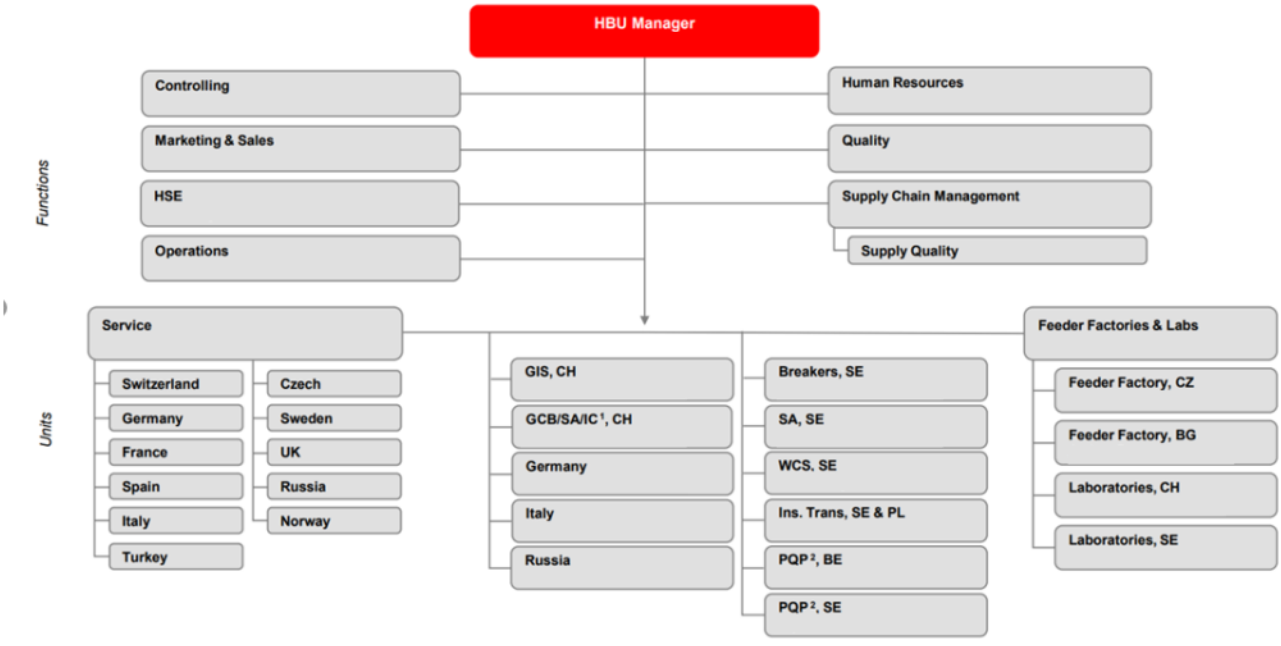


Figura 3: Organizzazione dell'HUB Europe (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

Per ogni HUB ci sono delle sedi che sono puramente organizzative ed amministrative e delle sedi in cui oltre alle funzioni di amministrazione, avviene la realizzazione dei

prodotti appartenenti alla propria business unit. queste ultime sedi sono chiamate Production Unit.

Le PU possono essere affiancate, inoltre, da impianti dal quale si riforniscono per determinati prodotti; delle aziende che sono nate come fornitori e che poi sono diventate parte integrante della supply chain aziendale; le Feeder Factory.

Attualmente la Feeder Factory dell'azienda di Lodi, da cui parte l'oggetto caso di studio, si trova a Savli, in India. Il motivo di questa scelta verrà chiarito nel capitolo 3.

Verrà ora approfondita l'organizzazione relativa alla business unit di alto voltaggio a livello mondiale. La BU PGHV all'interno dell'HUB Europe è, invece, quella in cui nasce il caso studio in esame, cioè la produzione di prodotti ad alto voltaggio nel contesto europeo.

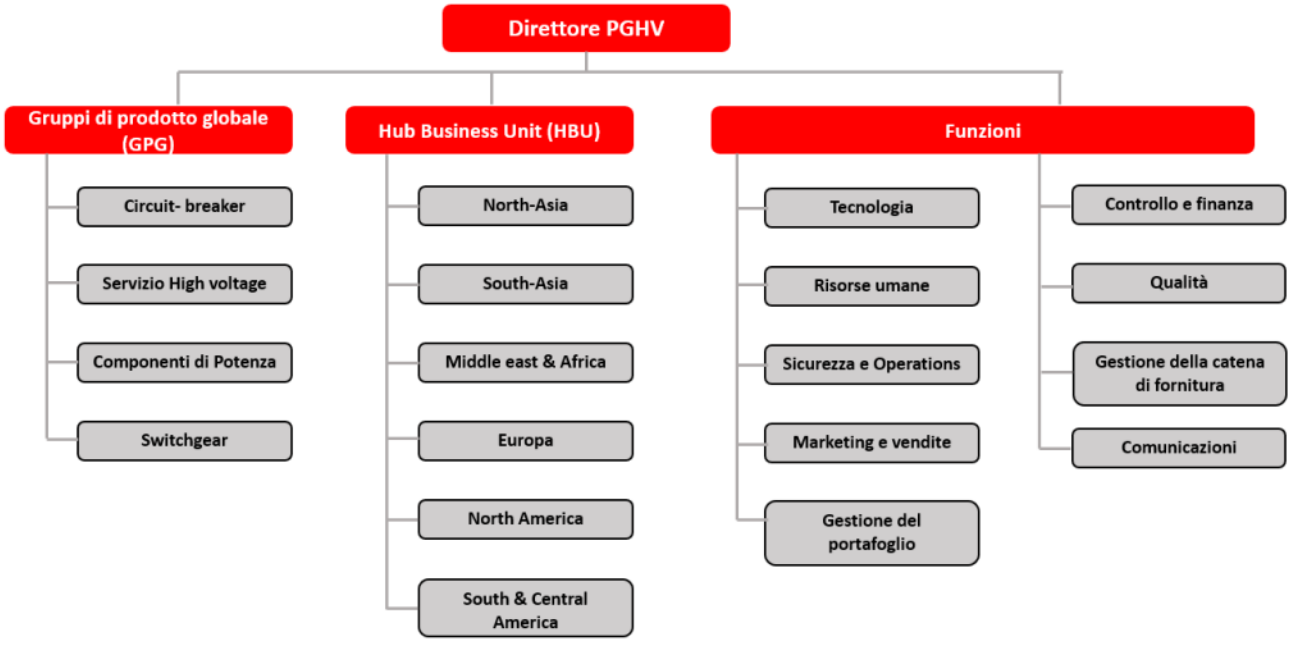


Figura 4: Organigramma della business unit di HIGH Voltage (Hitachi Energy S.p.A, 2022)

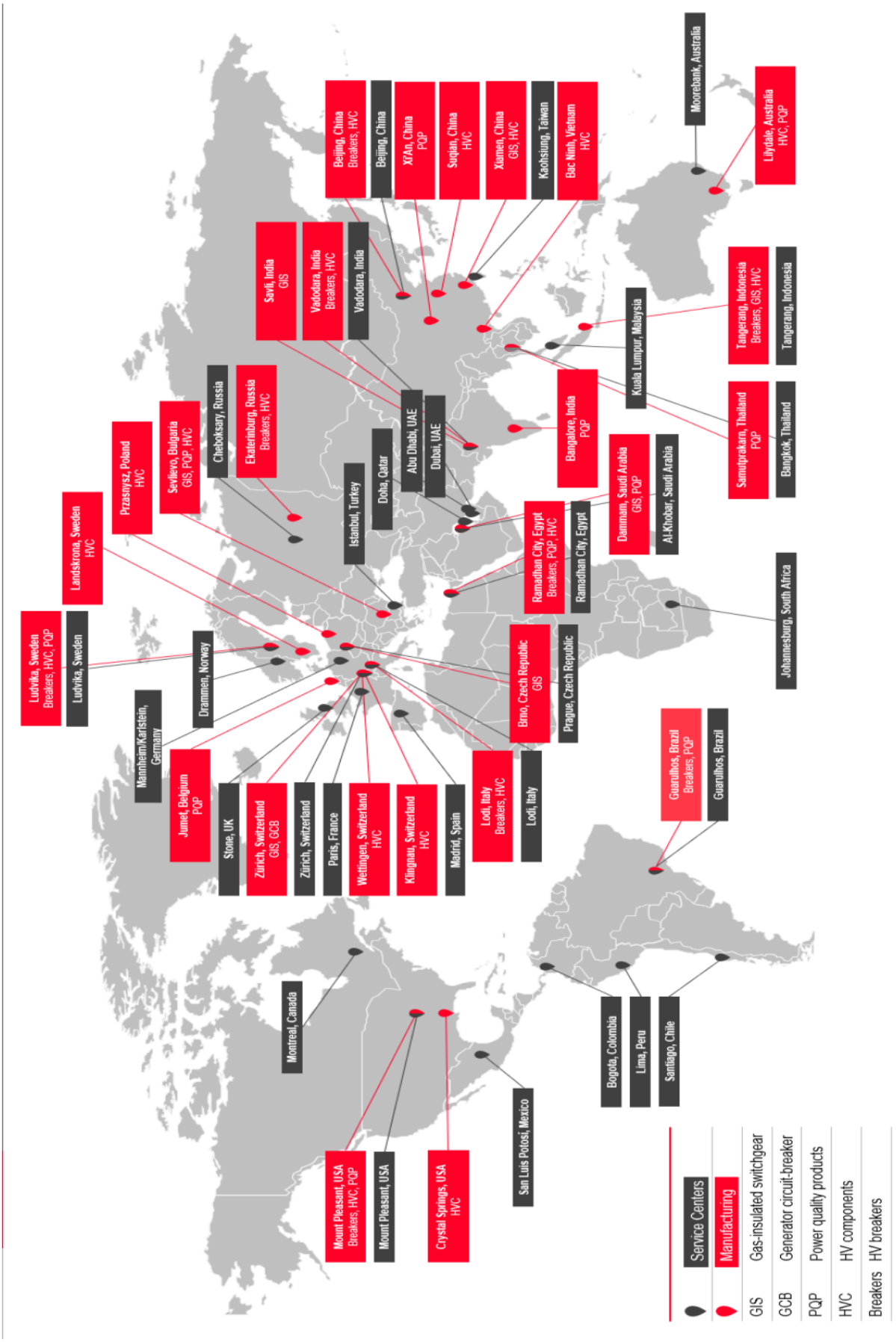


Figura 5: Distribuzione mondiale dei centri di produzione e servizi di PGHV (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

2.3 I prodotti HV realizzati a Lodi

Di seguito viene fornito un approfondimento sui principali prodotti ad alto voltaggio prodotti della PU di Lodi, utile a capire la strategia futura intrapresa dall'azienda.

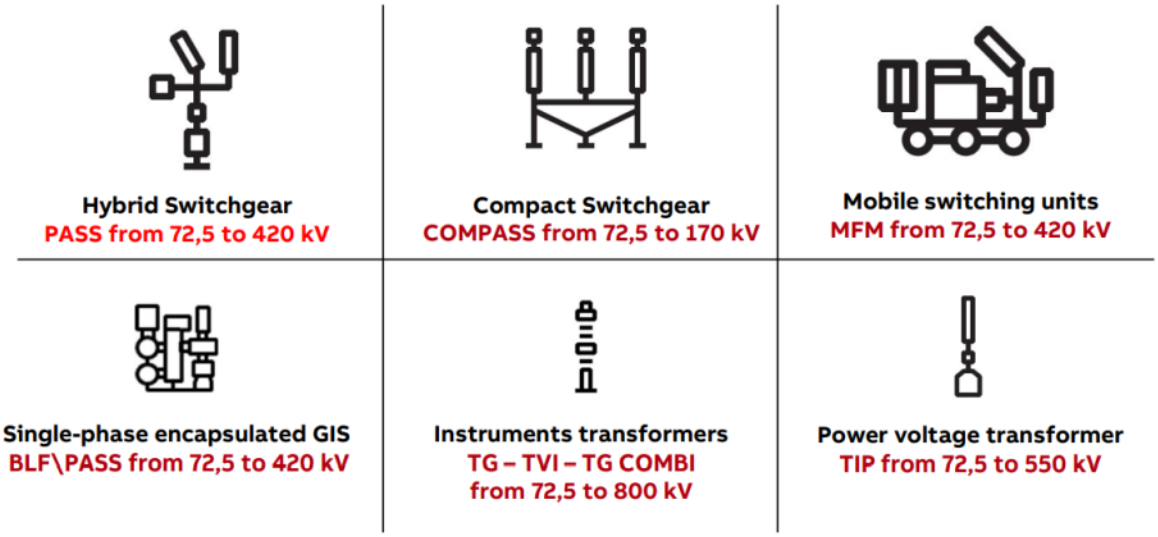


Figura 6: Portafoglio dei prodotti ad alto voltaggio (Hitachi Energy S.p.A, 2022)

Gas Insulated Switchgear (GIS) - apparecchiature di comando isolate in gas

Il GIS è un quadro elettrico compatto incapsulato in metallo che consiste di componenti ad alta tensione come interruttori e sezionatori, che può essere azionato in modo sicuro in spazi ristretti. Viene utilizzato dove lo spazio è limitato, ad esempio negli edifici cittadini, sui tetti, sulle piattaforme offshore, negli impianti industriali e nelle centrali idroelettriche. L'azienda produce una gamma completa di prodotti per tutti i valori nominali e le applicazioni da 72,5 kV a 1200 kV che soddisfano i requisiti attuali e futuri dei moderni quadri elettrici.

Le applicazioni del GIS sono la trasmissione di potenza, l'integrazione di unità di generazione di energia rinnovabile alla rete elettrica esistente e le ferrovie.

Figura 7: Gas-insulated switchgear ELK-14 fino a 300 kV (Hitachi Energy S.p.A, 2018)

Multifunctional Modules (MFM) per 72.5 - 420 kV

I moduli multifunzionali (MFM) sono in grado di combinare varie funzioni in una singola applicazione del prodotto, come ad esempio:

- Quadro elettrico ad alta tensione
- Trasformatore di potenza
- Quadri di media tensione
- Controllo e protezione

Le applicazioni sono:

- Integrazione di energia rinnovabile alla rete
- Applicazioni di sottostazioni rapide o temporanee
- Alimentazione elettrica
- Generazione di energia elettrica

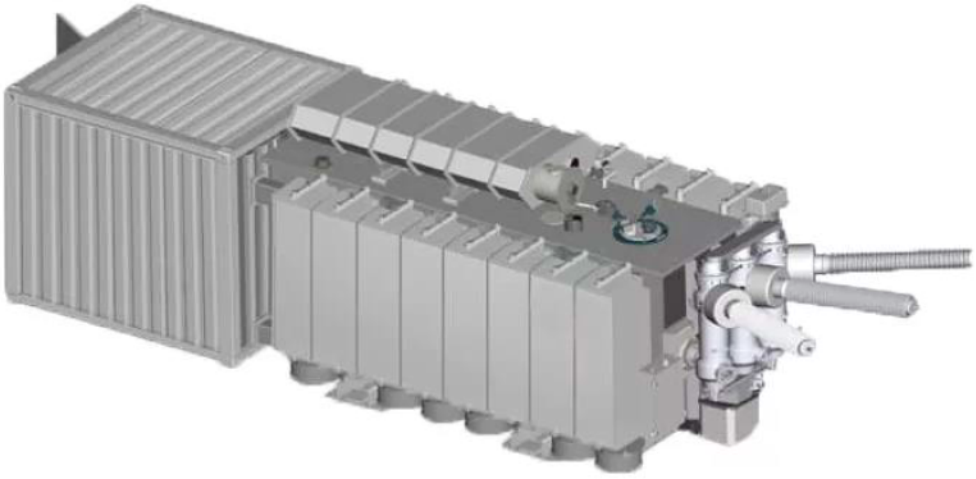


Figura 8: Modello 3D di un multifunctional modules (Hitachi Energy S.p.A, 2018)

Hybrid Switchgear

È quello su cui si porrà maggiore attenzione e quindi si descriverà nel dettaglio al fine di capire i passi futuri intrapresi dall'azienda sulla gestione di questo prodotto.

L'interruttore Plug And Switch System (PASS) è un prodotto ibrido compatto, completamente assemblato e testato ad alta tensione in fabbrica. Per chiarire la funzione del PASS in una sottostazione di trasmissione elettrica ad alto voltaggio è utile confrontare due sottostazioni con e senza PASS.

Nella Figura 9 si può notare che il collegamento da un'unità all'altra di trasmissione avviene tramite i tre moduli tipici di cui necessita una sottostazione ad alto voltaggio:

- Interruttore di scollegamento (modulo arancione)
- Interruttore di sicurezza (modulo grigio)
- Trasformatore (modulo verde)

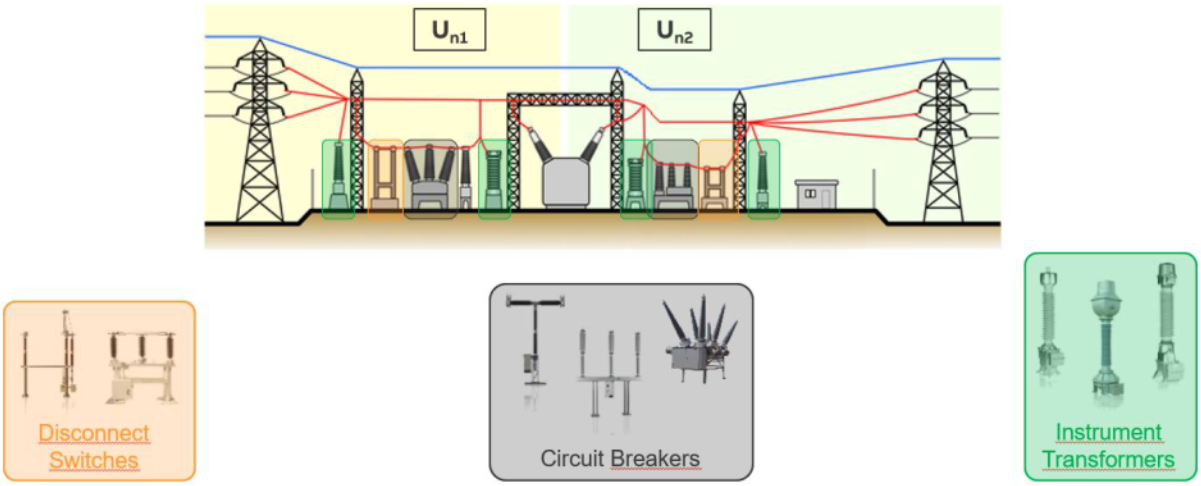


Figura 9: Moduli necessari in una sottostazione di alto voltaggio (Hitachi Energy S.p.A, 2019)

Nella Figura 10, invece, l'uso di questi moduli separati è combinato solo in un unico prodotto. Ciò agevola quindi l'installazione, la manutenzione e permette un risparmio di spazi e costi.

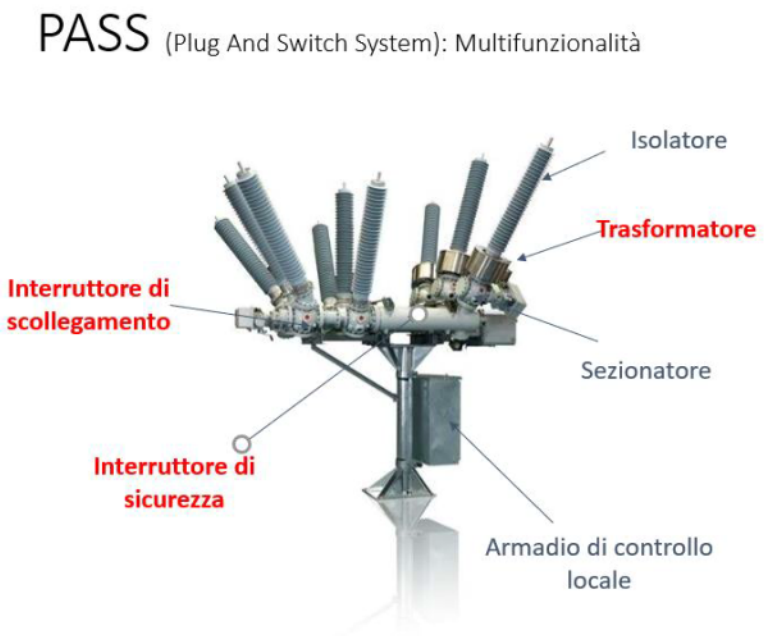


Figura 10: Multifunzionalità di un PASS (Hitachi Energy S.p.A, 2019)

La famiglia di prodotti PASS copre tensioni da 72,5 a 420 kV con capacità di corrente di interruzione da 31,5kA a 63 kA. Esistono diverse tipologie di PASS dipendenti dalle

caratteristiche tecniche desiderate dal cliente e dalle condizioni ambientali in cui deve essere installato (Figura 11).

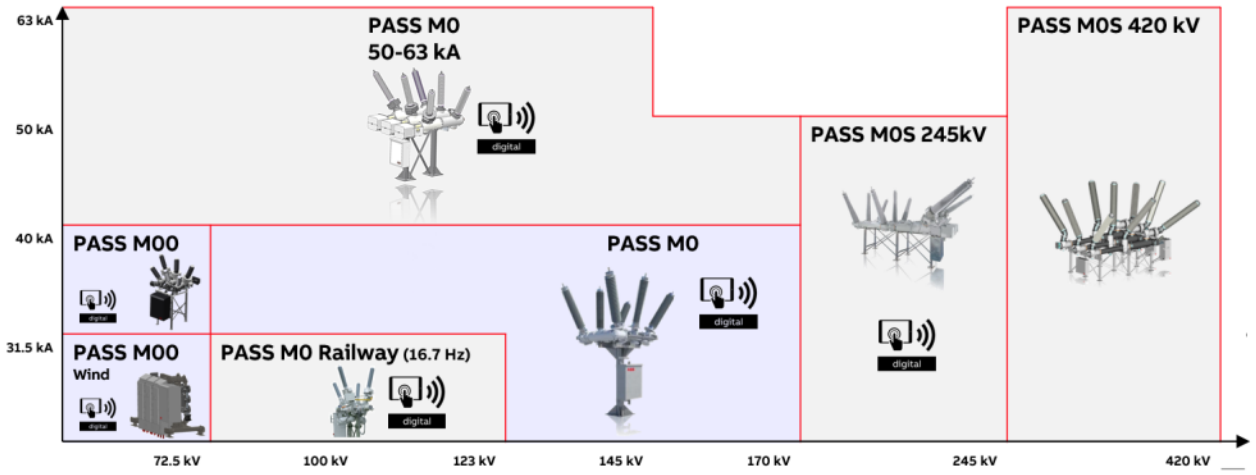


Figura 11: Portafoglio di prodotti PASS (Hitachi Energy S.p.A, 2017)

Al fine di rendere più agevole la lettura, finalizzata a comprendere il caso studio, ci si limiterà ad approfondire nel dettaglio due particolari prodotti.

Il PASS M0S ed il PASS M00 sono, infatti, i candidati ad essere trasferiti in India per la manodopera.

H*ybrid Switchgear PASS M0S - 420 Kv*

Il design ibrido fa uso delle tradizionali sbarre isolate in aria per il collegamento con le altre apparecchiature della sottostazione, mentre racchiude le seguenti funzioni della baia, uno qualsiasi dei vari compartimenti o sezioni utilizzati per uno scopo speciale, in un alloggiamento monofase isolato in gas:

- Interruttore di circuito
- Sezionatore combinato e interruttori di messa a terra
- Trasformatori di tensione e sensori di tensione
- Trasformatori di corrente
- Opzione di azionamento del motore
- Opzione interruttore di messa a terra veloce
- Opzione cavi a spina

Le applicazioni sono:

- Integrazione di energia rinnovabile alla rete
- Connessioni minerarie remote
- Sottostazioni mobili o montate su pattini
- Estensioni di sottostazione o sostituzioni di baie

Figura 12: Modello 3D di un PASS M0S da 450 KV (Hitachi Energy S.p.A, 2019)

Hybrid Switchgear PASS M00 - 72.5 to 100 Kv

Come il Pass M0S, anche questo fa uso delle sbarre isolatrici per il collegamento con le altre apparecchiature elettriche ma, diversamente dal PASS M0S, racchiude le seguenti funzioni della baia in un alloggiamento isolato in gas monofase:

- Interruttore automatico
- Sezionatore combinato e interruttori di messa a terra
- Trasformatori di tensione e sensori di tensione
- Trasformatori di corrente
- Opzione di azionamento del motore
- Opzione interruttore di messa a terra veloce
- Opzione cavi a spina

Le applicazioni sono:

- Integrazione di energia rinnovabile alla rete
- Connessioni minerarie remote
- Sottostazioni mobili o montate su pattini
- Estensioni di sottostazione o sostituzioni di baie

Figura 13: Immagine di un PASS M00 (Hitachi Energy S.p.A, 2019)

Il capitolo 3 esplicherà le dinamiche che hanno portato la Business Unit PGHV a delocalizzare il prodotto nella Feeder Factory a Savli, in India. Una volta effettuato ciò, la Production Unit di Lodi si è trovata davanti a due scelte strategiche che avrebbero impattato su tutta l'organizzazione aziendale. Verranno quindi descritte le possibili scelte e verrà giustificato il perché di una soluzione rispetto ad un'altra.

2.4 Test di accettazione

Di seguito un breve approfondimento sui test di accettazione che fanno parte del core business aziendale e sono utili per spiegare le scelte successivamente descritte nel capitolo 3.

Come chiarito nel Paragrafo 2.3, il prodotto realizzato consiste di tutte le funzionalità necessarie per fornire energia elettrica in qualunque impianto venga installato. Questa continuità di fornitura deve essere regolamentata per legge al fine di garantire la prevenzione da eventuali guasti o malfunzionamenti che potrebbero causare, nei casi più gravi, un blackout che metterebbe a rischio intere vite umane. Risulta quindi necessario, prima che il prodotto venga installato, che vengano effettuati i test adatti a garantirne l'affidabilità

Tutte le norme a cui si farà riferimento sono emesse dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) che è la principale organizzazione globale che prepara e pubblica standard internazionali per tutte le tecnologie elettriche, elettroniche e correlate.

Nel caso in esame la norma che regola il controllo dei PASS è la IEC 62271. L'obiettivo di questa norma è di rispondere all'uso sempre più diffuso di questi PASS che svolgono le funzioni di un certo numero di dispositivi separati e dei loro dispositivi di controllo.

Sono possibili numerose disposizioni e questa norma fornisce una guida sulle tipologie di test che possono essere previsti.

Esistono due tipologie di test, routine test ed i test di tipo.

I routine test sono eseguiti al completamento della produzione e prima della consegna al cliente. Infatti, lo scopo di fornitura è dato dal prodotto realizzato e dal routine test report dove sono elencati i risultati principali dei routine test.

L'elenco delle principali routine test (differenza tra test meccanici e test dielettrici eseguiti necessariamente nei laboratori ad alta tensione) sono:

- Verifica corrispondenza all'ordine
- Verifica dimensioni principali
- Controllo visivo

- Prove di funzionamento meccanico sull'interruttore
- Prove di funzionamento meccanico sui sezionatori
- Rilievo tempi di manovra
- Rilievo velocità e assorbimenti di manovra
- Verifica contatti ausiliari
- Verifica funzionalità interblocchi
- Prova di tensione a frequenza industriale sui circuiti principali
- Misura scariche parziali
- Prova di tensione a frequenza industriale sui circuiti ausiliari e di comando
- Misura resistenza circuito principale
- Prova di ermeticità
- Misura di umidità
- Verifica dei rivestimenti protettivi

Il cliente a richiesta può assistere all'esecuzione del routine test, in quel caso il processo prende il nome di Factory Acceptance Test (FAT) ed è previsto da contratto.

I type test, che nella maggior parte dei casi sono distruttivi, sono eseguiti una sola volta per certificare il prodotto, quindi in fase di R&D.

I type test sono:

- Test dielettrici
- Test di tensione di interferenza radio
- Misura della resistenza sul circuito elettrico
- Test sull'incremento di temperatura
- Test della corrente di resistenza a breve termine e di picco
- Test meccanici e ambientali

Oltre ai test sui prodotti esistono i Factory homologation test, ovvero dei test interni che vengono effettuati sui componenti prodotti dalla FF per verificarne la bontà dal punto di vista qualitativo e la corrispondenza al design. Questi tipi di test vengono

eseguiti una sola volta e servono per certificare la fabbrica e omologarla alla produzione dei componenti.

Lodi ha deciso di utilizzare le norme internazionali IEC per definire la tipologia e le metodologie di test ed in particolare, ha scelto anche di eseguire questi test in presenza di un ispettore certificato esterno. In questo modo i test report sono certificati da un cliente accreditato esterno, certificazione richiesta da molti clienti.

CAPITOLO 3 – La scelta di delocalizzazione e le successive strategie adottate

Il presente capitolo definisce le esigenze a livello strategico di effettuare una dislocazione della manifattura nelle Low Cost Country. Questo bisogno si scontra con diverse problematiche dal punto di vista operativo, poiché la delocalizzazione di un prodotto complesso, come descritto nel capitolo 2, portava a soluzioni inefficienti, cioè che avrebbero causato un incremento di costi. Di seguito si descrivono le scelte intraprese al fine di effettuare una strategia di delocalizzazione che fosse efficiente a tal punto da considerare produttivo l'investimento effettuato.

3.1 La strategia di Low Cost Country Sourcing

Il Low-Cost Country Sourcing (LCCS) è una strategia di approvvigionamento in cui molte aziende di dimensioni notevoli si sono impegnate proattivamente negli ultimi decenni, fornendo modi per procurarsi materiali e servizi con costi di produzione e manodopera più bassi, al fine di ridurre le spese operative e aumentare la produttività. [1]
La maggior parte di queste Low Cost Country (LCC) ha sviluppato catene di fornitura solide e stabili che le rendono candidate molto forti per l'espansione del mercato. [2]

Molte aziende, come quella oggetto di studio nella presente tesi, hanno deciso di delocalizzare proprio una parte della produzione nelle LCC piuttosto che limitarsi all'approvvigionamento dei soli componenti. Le ragioni di questa scelta verranno discusse successivamente nel paragrafo 3.2 ma è utile anticipare che il motivo principale di una scelta così radicale risiede nel basso costo di manodopera di queste LCC. E' immediato, quindi, pensare che lo sforzo nel fare sourcing in questi Paesi e lo sforzo nel produrre interamente dei sotto assiemi, come la scelta intrapresa da Hitachi Energy, risulta molto differente. La difficoltà risiede soprattutto nel

trasferimento del sapere dai produttori italiani a quelli indiani, accompagnata da una necessaria organizzazione aziendale abbastanza matura da essere pronta a soddisfare la domanda che, in seguito alla delocalizzazione di parte del sito produttivo, sarebbe arrivata direttamente dallo stabilimento di Lodi.

Guardando alla rete di fornitura dell'azienda, il paese principale attore della filiera logistica risultava la Cina, dunque la scelta più razionale sarebbe stata quella di trasferire l'intera costruzione del PASS in questo paese asiatico. Unico punto sfavorevole risultava il fatto che l'investimento avrebbe portato i suoi frutti solo per pochi anni poiché il costo del lavoro continuerà ad aumentare con il miglioramento dei salari minimi e del benessere sociale [3].
Alla luce di tutto ciò risultano chiare le motivazioni per cui la Business Line ha comunicato circa un anno fa all'azienda che la maggior parte della produzione si sarebbe spostata in India, principale fornitore dopo la Cina.
L'India aveva una rete di fornitura abbastanza organizzata e coesa, di conseguenza non potendo trasferire la produzione in Cina a causa dell'aumentato costo del lavoro, l'azienda ha realizzato di doverlo fare in India per un'ovvia scelta di vicinanza ai fornitori. A parte il prezzo, altre ragioni per impegnarsi in una produzione low cost accanto ai principali fornitori, possono includere una migliore capacità di produzione in tempi più rapidi, dovuta ad un aumento di flessibilità in caso di rilavorazioni, migliori servizi ai clienti e benefici logistici derivanti da un'ottimizzazione dei trasporti che verrà spiegata successivamente nel Capitolo 4.

Tuttavia, la LCCS richiede una profonda competenza locale, un'analisi di mercato, una forte conoscenza della categoria e comprensione della cultura locale. Tutti requisiti fondamentali, dunque, che per essere soddisfatti hanno bisogno di tempi lunghi di realizzazione. Infatti, Hitachi Energy già quindici anni fa considerava l'India un mercato interessante, soprattutto per la crescita che avrebbe avuto negli anni futuri. Con questo interesse di base, quindi, l'azienda ha iniziato a delocalizzare dapprima i fornitori e successivamente a creare degli impianti produttivi che permettessero di soddisfare il mercato locale indiano. Dopo quindici anni di presenza sul territorio come Production Unit, una volta che l'azienda aveva ottenuto un buon livello di maturità, si

è scelto di dividere la Production Unit (PU) in due sezioni: una parte avrebbe continuato a produrre per il mercato locale ed un'altra sarebbe diventata una feeder factory in grado di soddisfare il mercato globale.

Questo esperimento, ovvero creare dapprima una robusta catena di fornitura e successivamente avviare impianti produttivi, risultava già compiuto in Cina anni prima. Tuttavia, per le motivazioni discusse prima, con lungimiranza il processo è stato riprodotto anche in India.

3.2 La scelta strategica della Business Unit

In un ambiente ETO come questo, dove il prodotto è "*tailor made*" e quindi costruito su misura del cliente, quest'ultimo ha l'esigenza di partecipare alle fasi più delicate del progetto commissionato, ovvero quella di assemblaggio finale e quella di testing.
L'importanza della fase di assemblaggio finale è dovuta al fatto che il cliente ha fiducia e si affida ad Hitachi Energy soprattutto per l'ampia conoscenza che ha nei confronti della fabbrica italiana. A tal proposito desidera che quest'ultima veda e controlli il prodotto dall'interno, cioè ancora prima di essere assemblato, per avere una sicurezza che ciò che viene fornito e non sia stato costruito in Italia, sia conforme e non comporti irregolarità. A questo si aggiunge il bisogno del cliente che la PU italiana curi tutte le fasi "*tailor made*", ovvero le fasi di customizzazione. Allo stesso modo, la fase di testing in cui il cliente vuole assistere personalmente ai routine ed ai type test, illustrati nel capitolo 2.
D'altro canto, la business line si rende conto che la produzione sarebbe costata meno in termini di manodopera se realizzata nelle low cost country rispetto in Italia dove il costo di manodopera paragonato ad India o Cina è cinque volte maggiore. Inoltre, se anche le altre production unit, non solo quella italiana, avessero delocalizzato i loro prodotti in India, per la feeder factory in India ci sarebbe stata una forte economia di scala grazie ai grandi volumi prodotti.

Dopo aver descritto a grandi linee le scelte strategiche derivate dai vertici aziendali, è

necessario spiegare l'elemento di criticità che emerge a seguito di queste scelte; sono tali criticità ad aver permesso di trovare soluzioni valide e, di conseguenza, rendere interessante il caso studio in oggetto.

3.2.1. Criticità nel trasferire l'intero PASS in India

La decisione iniziale della BU prevedeva la delocalizzazione dell'intero modulo costituente il PASS. Questa decisione, però, risultava poco vantaggiosa sotto diversi punti di vista.

Data la complessità del prodotto, la costruzione dell'intero PASS in India avrebbe coinvolto anche la parte di Ingegneria, che è il know how del business di Lodi. Risulta ovvio come il trasferimento di una parte così importante in India avrebbe avuto ripercussioni importanti sulla qualità del prodotto richiesto dal cliente, per lo meno per i primi tempi in cui bisognava effettuare il trasferimento del know how agli ingegneri indiani. In aggiunta, i maggiori clienti italiani, quali Enel Distribuzione e Terna, non avrebbero mai accettato l'idea di trasferire il core tecnologico del PASS in Inda, prodotto ideato e da sempre realizzato a Lodi. Intraprendere questa scelta di delocalizzazione completa avrebbe portato il cliente davanti all'obbligo di dover comunicare con una nuova organizzazione, scardinando quel rapporto saldamento costruito tra il cliente e l'azienda.

Come detto nel paragrafo 3.4, la vicinanza del cliente alle fasi finali risultava fondamentale data la necessità di verificare personalmente la qualità del prodotto .

Inoltre, le grandi utilities, principali clienti dell'azienda, hanno la responsabilità di gestire la continuità del funzionamento del prodotto e per garantire ciò hanno necessità di conoscerne il processo produttivo e omologare tali prodotti. La richiesta di tali clienti, infatti, prevede anche che, nel caso in cui si realizzi una delocalizzazione totale, ci sia un'omologazione completa, cioè un processo di qualifica della fabbrica che garantisce che i fornitori non si possano cambiare a meno di un'approvazione formale del cliente, il quale può anche decidere per contratto di opporsi al cambiamento oppure di richiedere test aggiuntivi a spese dell'azienda produttrice, come quelli descritti nel

Capitolo 2. Di conseguenza l'India avrebbe potuto utilizzare fornitori locali solo a valle di un'approvazione del cliente ed un processo di audit e di ispezioni che avrebbero richiesto ulteriori costi notevoli. A valle degli audit l'India avrebbe ottenuto, dopo un lungo processo, l'omologazione della fabbrica. D'altro canto, c'è da considerare che, secondo la visione aziendale, le feeder factory e le Production Unit sono viste come organizzazioni indipendenti, motivo per cui le FF possono iniziare l'attività solo avendo la BOM del prodotto, cioè un elenco definito di prodotti già da costruire; esigenza che si giustifica facilmente se si pensa che la FF produce per il mercato globale.

Un'ulteriore criticità sarebbe stata in termini di lead time tra la data d'ordine del cliente e la data di consegna, che risulta fondamentale in un ambiente competitivo. Tale LT, infatti, si sarebbe allungato di almeno tre mesi. Questo perché l'India non ha una rete di fornitura locale avanzata e molti dei prodotti ad alto impatto economico arrivano direttamente dalla Cina, causando per la FF un lead time di approvvigionamento di circa sei mesi. Come la maggior parte dei progetti ingegnerizzati su commessa, al momento dell'ordine si crea un loop in cui la funzione di ingegneria lavora sull'ordine ed il cliente approva quello su cui ingegneria ha lavorato. Alla fine di questo giro di emissione disegni e successive approvazioni, si definiscono le specifiche cliente, il SLD e il layout. Maggiori dettagli saranno forniti nel successivo Capitolo 4. Questo continuo scambio di informazioni comporta circa tre mesi di tempo. Si tratta di una fase delicata per il completamento della commessa, in quanto è dalla conclusione di questa attività che viene definito e ingegnerizzato il prodotto da costruire. Se l'attività di ingegneria fosse stata sbagliata o in qualche modo si avessero avuto dubbi sulla progettazione del prodotto da realizzare, approvvigionarsi dei giusti materiali e modificare le attività già schedulate della commessa avrebbero portato ad un allungamento del lead time di oltre sei mesi, non più competitivo.

Il rilascio definitivo della BOM, dei disegni e degli schemi costruttivi sono una milestone importante del processo e, per la Production Unit di Lodi, uno dei colli di bottiglia. Tramite il processo che verrà anticipato nel paragrafo successivo e dettagliato nel capitolo 4, si è stati in grado di rimuovere il collo di bottiglia dalla funzione di ingegneria e anticipare la fase di acquisto dei materiali critici e ad alto lead time. La

conseguenza più importante di queste azioni è stata quella di alleggerire il carico della funzione di ingegneria e di conseguenza aumentare il throughput di questa attività.
Si lavora in un ambiente ETO, quindi non si possono avere delle tendenze sul consumo del prodotto finito, poiché, lavorando su progettazione, l'entrata di un ordine di vendita è puramente casuale e non segue una logica ben precisa. La conseguenza è che non si possono usare i tipici algoritmi di forecast che permettono di fare delle previsioni sugli ordini futuri, poiché requisito necessario per l'applicazione di questi metodi è proprio la presenza di un trend. A tal riguardo, è utile precisare che la fase di forecast aziendale risulta molto complessa e delicata; dal momento in cui si prevede un'opportunità al momento in cui questa si ufficializza con l'entrata dell'ordine, passano diversi mesi. Questa lunga attesa porta ad avere poca accuratezza nel forecast, proprio perché è impossibile prevedere l'esatto ordine che si avrà a distanza di mesi. Ne deriva che il totale affidamento sui forecast per l'approvvigionamento del materiale risulta rischioso.
Inoltre, data la specificità del prodotto, il numero di varianti risulta elevatissimo, e sarebbe stato davvero difficile, date le distanze dai punti di approvvigionamento alla fabbrica, rispettare o non allungare notevolmente i tempi di consegna.
Un'ulteriore criticità deriva dal fatto che in questo modo si avrebbe avuto molta meno flessibilità; per qualsiasi modifica, ristrutturazione o solo stock out improvviso, si sarebbe dovuto aspettare una quantità di mesi che avrebbero impattato sull'OTD.

3.2.2 La scelta intrapresa

Considerando, quindi, i tempi di approvvigionamento dell'India, i loro tempi di costruzione, la spedizione per l'Italia e la fase di testing, bisognava trovare un'altra soluzione per beneficiare della manodopera low cost, ma allo stesso tempo non incrementare in maniera esponenziale il lead time. Come spiegato nel paragrafo 3.2.1, l'idea iniziale di costruire l'intero PASS in India sarebbe stata troppo rischiosa e priva di benefici, per tale motivo si è pensato di delocalizzare solo una parte del prodotto, in particolare i 3 sotto assemblati che costituiscono il polo e non il polo già installato (Figura 14). Tuttavia, anche questa parte risultava complessa e piena di varianti che

aggravavano le performance aziendali; in particolare, vi era un aumento del lead time e di conseguenza un peggioramento dell'OTD. C'era il bisogno di trovare una soluzione che permettesse di mantenere competitivo il trade off tempi-costi-qualità.

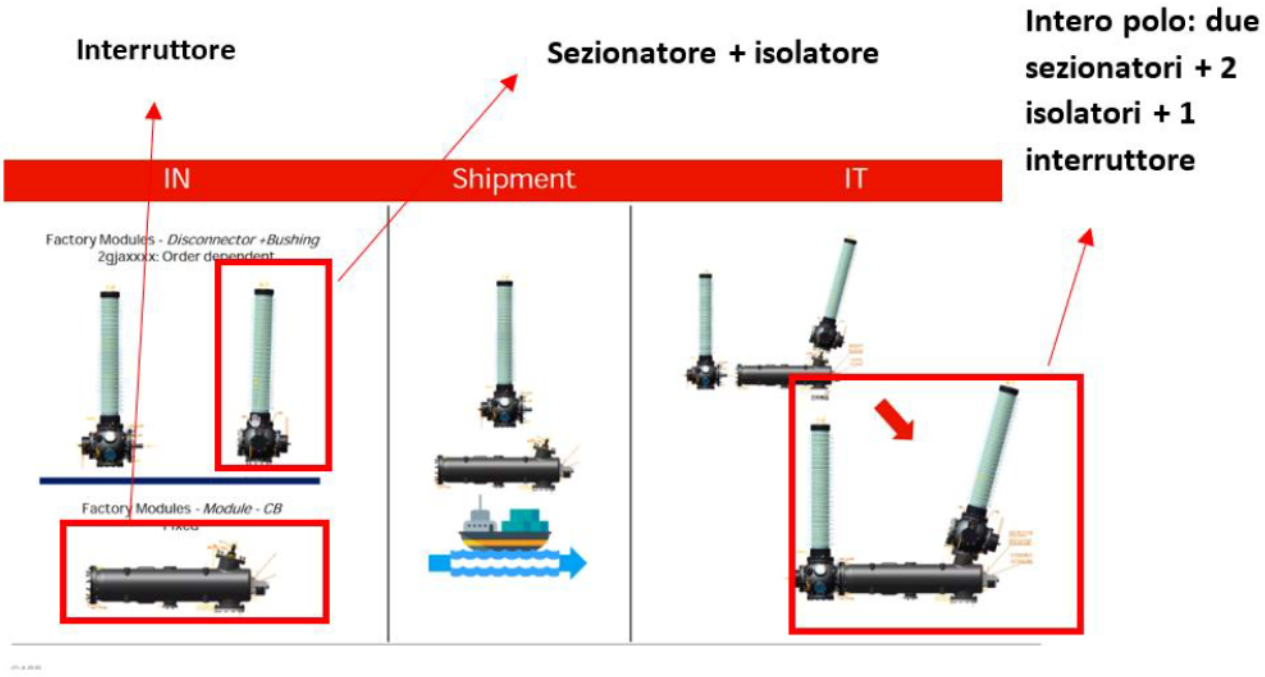


Figura 14: Parte del prodotto la cui costruzione è stata affidata all'India (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

La soluzione è stata quella di standardizzare il prodotto per quanto possibile, ovvero creare dei moduli tramite modellazione 3D, che fino ad ora erano sempre stati ingegnerizzati ad ogni commessa (Figura 15). Questi moduli, le cui configurazioni sono comunque ampie, sono chiamati *Factory Modules* e la loro logica di sviluppo verrà approfondita nel capitolo 4 (Figura 16). Ciò ha permesso di avviare la produzione di una parte del prodotto finito ancora prima di avere l'ingegnerizzazione completa dell'intero prodotto da realizzare.

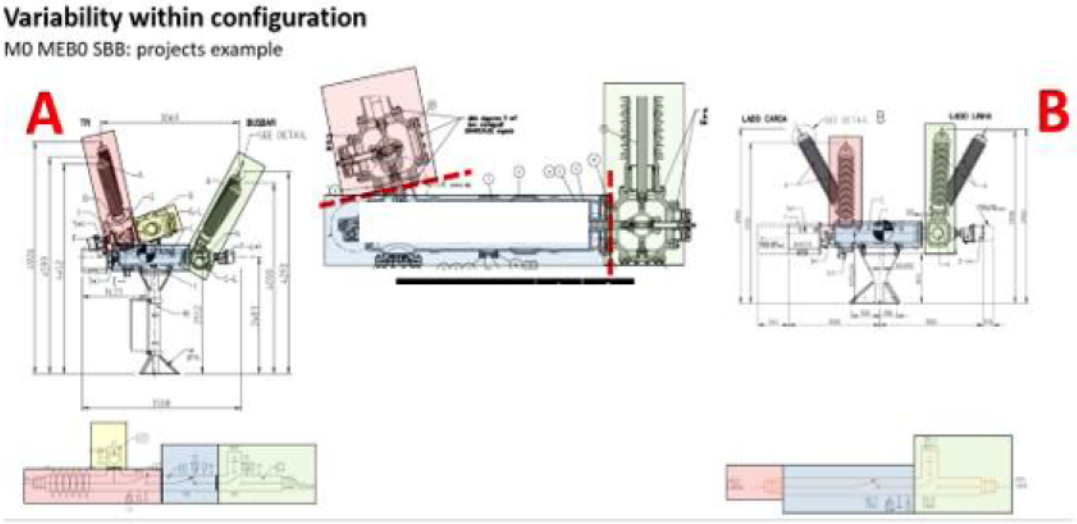


Figura 15: Scomposizione di un PASS da standardizzare (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

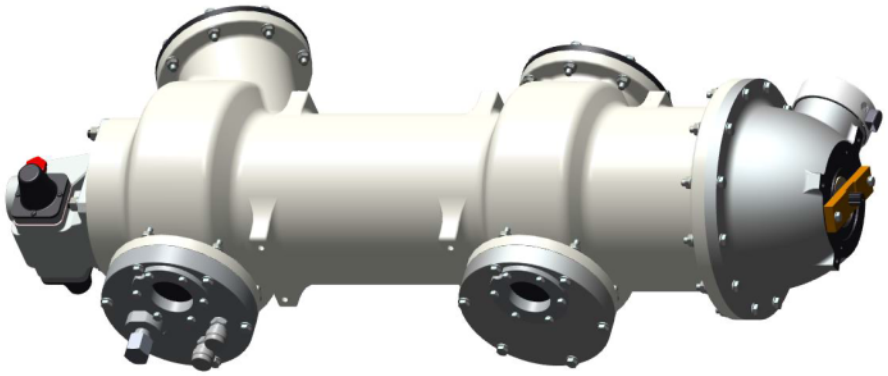


Figura 16: Modello 3D creato tramite configuratore (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

A tal fine era necessario per l'India avere i materiali già a disposizione al momento dell'ordine, dato il lungo lead time di approvvigionamento. Si ricorda che i componenti a lungo lead time, che rappresentano la parte customizzata del prodotto, richiedono sei mesi per arrivare a destinazione dal momento dell'ordine. Quindi da una parte il magazzino doveva essere sempre pronto a soddisfare qualsiasi richiesta in entrata, d'altro canto data la complessità del prodotto in sé e le infinite varianti, avere un magazzino che coprisse qualsiasi tipo di prodotto ordinato avrebbe richiesto miliardi di Euro. Attraverso la standardizzazione, il numero di varianti si sarebbe ridotto drasticamente e ciò avrebbe permesso la creazione delle planning BOM, cioè

particolari distinte base che permettessero allo stabilimento Indiano l'approvvigionarsi non del prodotto finito, ma bensì di una serie di componenti in modo tale da avere in magazzino i pezzi già pronti per produrre qualsiasi tipo di prodotto. La costruzione dettagliata delle PBOM verrà spiegata nel capitolo 4 con maggior dettaglio. La ragione principale di questo capitolo, invece, è spiegare il vantaggio che questa particolare strategia di approvvigionamento ha portato in un ambiente in cui la gestione dell'ordine e la consegna puntuale sono parametri fondamentali che garantiscono la continuità del business.

Anche le dinamiche relative all'omologazione della fabbrica, attraverso il trasferimento di una sola parte di prodotto, si sarebbero semplificate. Nel caso dei sotto assiemi e non di poli completi, infatti, i clienti avrebbero accettato l'utilizzo delle FF senza eseguire un audit completo alla fabbrica indiana. Nel caso in cui l'intero PASS fosse stato assemblato in India, si sarebbe dovuto recare il cliente in India per l'omologazione della fabbrica. Inoltre, dopo un processo di omologazione, se approvato, anche i type test avrebbero dovuto avere successo. Per ogni famiglia di prodotto ci sono circa 2M € per tutti i type test. Circa 10M € per omologare tutti i prodotti.

Risulta ovvio come questo avrebbe portare ad un ulteriore onere. In particolare, Terna ha preteso che la base fornitori non cambiasse, il processo produttivo fosse uguale a quello dello stabilimento di Lodi e che venissero eseguiti ulteriori type test, come descritto nel Capitolo 2 al momento dell'omologazione della fabbrica a Savli.

Lo sviluppo dei factory modules avrebbe portato anche un ulteriore vantaggio nel trasporto India- Italia, poiché le configurazioni separate (Figura 17) rispetto all'intero prodotto (Figura 17) avrebbero permesso di adattarsi meglio al packaging risparmiando spazio e quindi denaro. Questo risparmio si è stimato essere di circa il 10% - 15 % sul costo totale del prodotto, a seconda del prodotto.

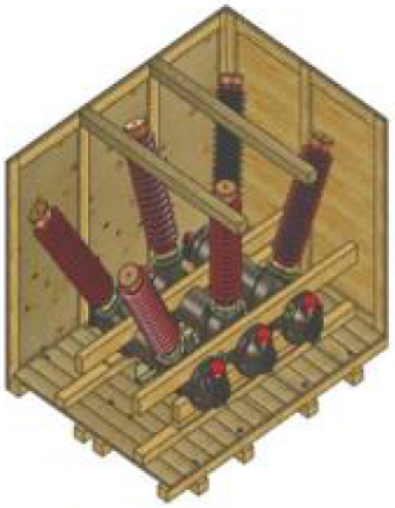


Figura 17: Opzione di trasferimento dei tre poli costituenti il modulo. (Nefab, 2021)

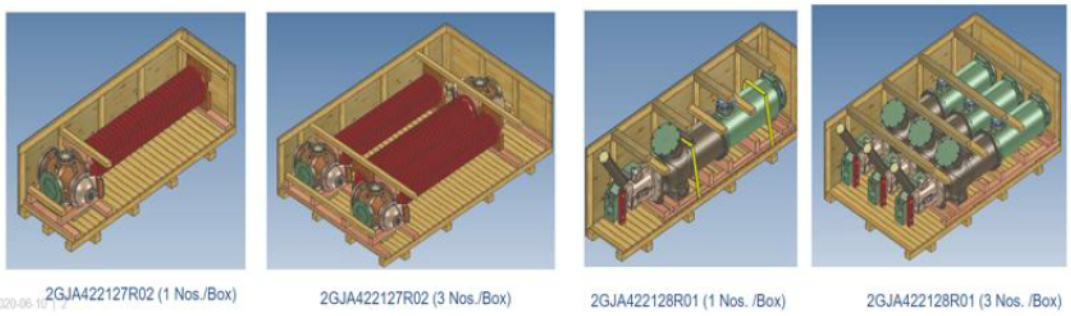


Figura 18: Opzione di trasferimento dei sotto assiemi non ancora assemblati (Nefab, 2021)

3.3 Rischi derivanti dalla scelta strategica

E' innanzitutto necessario sottolineare che l'idea di delocalizzare una parte dell'intero prodotto, lo sviluppo di specifici sotto assiemi standardizzati e la creazione di PBOM richiedono un cambiamento significativo nel modello di business e quindi non risultano privi di rischi.

Sulla base di esperienze di manager di progetti passati si è tenuto conto di possibili rischi che il progetto prevedeva. Alcuni rischi sono stati, invece, individuati in fase di sviluppo e sono:

- una possibile riduzione della qualità del prodotto costruito in India. Avendo un team di operatori, la cui conoscenza del prodotto risulta relativamente bassa , la manodopera era di gran lunga più inesperta rispetto a quella italiana e ciò avrebbe comportato una bassa qualità di prodotto.
- un maggiore lead time dal fornitore alla fabbrica in India
- più alti costi di approvvigionamento dovuti a maggiori costi di trasporto e di fornitura per le parti con fornitori non localizzati in India.
- percezione di una qualità più bassa da parte del cliente a causa dell'inesperienza della manodopera
- rischio di perdita di quote di mercato a causa dell'aumento dei prezzi in fase di ramp up. Dal momento che il rischio di mercato è quel rischio prodotto da imprevisti che impattano sul valore delle attività, in una fase iniziale di progetto i prezzi delle merci potrebbero essere soggetti a fluttuazioni, portando incertezza, appunto, sul valore dell'attività.

Le azioni per mitigare questi rischi sono state individuate tramite frequenti riunioni e brainstorming da parte di tutto il team. Alcune azioni individuate in fase di sviluppo del progetto, sono state scartate perché non consistenti con il piano d'azione individuato, altre invece si sono rivelate più robuste e sono:

- Avere un continuo allineamento di informazioni tra SCM e SQ dei team italiani ed indiani, con processi di Continuos Improvement e follow up che permettano di far emergere eventuali criticità.
- Impostare un sistema di omologazione interna molto robusto supportato da type test severi. Trattasi di test molto più impattanti sulla qualità del prodotto, in grado di far emergere anche i minimi difetti.
- Introduzione del process capability control (misura del cpk). Ovvero introdurre un sistema scientifico che misuri la qualità del processo strutturato. Tale processo verrà dettagliato nel capitolo 4.

- Piano di controllo della qualità integrato tra il plant indiano ed il plant italiano. Si tratta di un sistema di controllo in uscita in India ed uno in ingresso a Lodi su base statistica (vedere punto precedente).
- Introduzione di un processo di Sales & Operations integrato tra i due plant. In particolare, l'obiettivo è quello di avere un continuo allineamento tra le funzioni di Sales & Operation italiane e quelle indiane.

La maggior parte delle azioni, ovviamente, sono classificate come tattiche ovvero con un alto orizzonte temporale poiché si tratta di instaurare veri e propri processi che comportan un cambiamento nel modo di lavorare delle persone.

CAPITOLO 4 – Le fasi operative della delocalizzazione in India

A valle delle esigenze nate dalla BU e descritte nel capitolo 3, l'obiettivo finale del progetto Athena era quello di incrementare la redditività di circa il 7%. La Business Line, tramite uno studio non reso noto alla Production Unit ha dichiarato il raggiungimento di questo risultato in seguito di due particolari azioni: la riduzione del personale di circa 30 unità e la riduzione del costo dei sotto assemblati a pieno costo di circa il 10%.

Quindi, la Production Unit di Lodi doveva attivarsi per spostare una parte della produzione in India senza che questo avesse impatti sul LT.
A tal fine sono state compiute delle azioni da parte di tutta la squadra. L'autrice, in particolar modo, ha creato il processo di creazione delle PBOM, effettuato le analisi statistiche, ideato il processo di allineamento e la struttura delle classi, infine ha dato supporto all'implementazione del processo finale.

I passi seguiti e che verranno spiegati in questo capitolo sono:

- Standardizzazione di una parte del prodotto, ovvero la creazione dei Factory Modules.
- Costruzione delle Planning BOM.
- Analisi statistica sui componenti al fine di definire le quantità di ogni Planning BOM da tenere a scorta.
- Individuazione dei codici traccianti e implementazione di un processo per il calcolo e l'aggiornamento dei Transfer Price.
- Implementazione di un processo di S&OP Italia-India.
- Introduzione di un nuovo sistema logistico: implementazione di un canti lever che permette di deconteinizzare il prodotto direttamente in magazzino.

4.1 Standardizzazione del prodotto

La variabilità del prodotto deriva dal fatto che il PASS ha molteplici opzioni di configurazione che dipendono totalmente dai requisiti del cliente. Partendo da queste specifiche del cliente, infatti, le varianti dei differenti prodotti sono infinite, portando a definire circa 10^3 possibili configurazioni che possono essere richieste dal cliente (Figura 19)

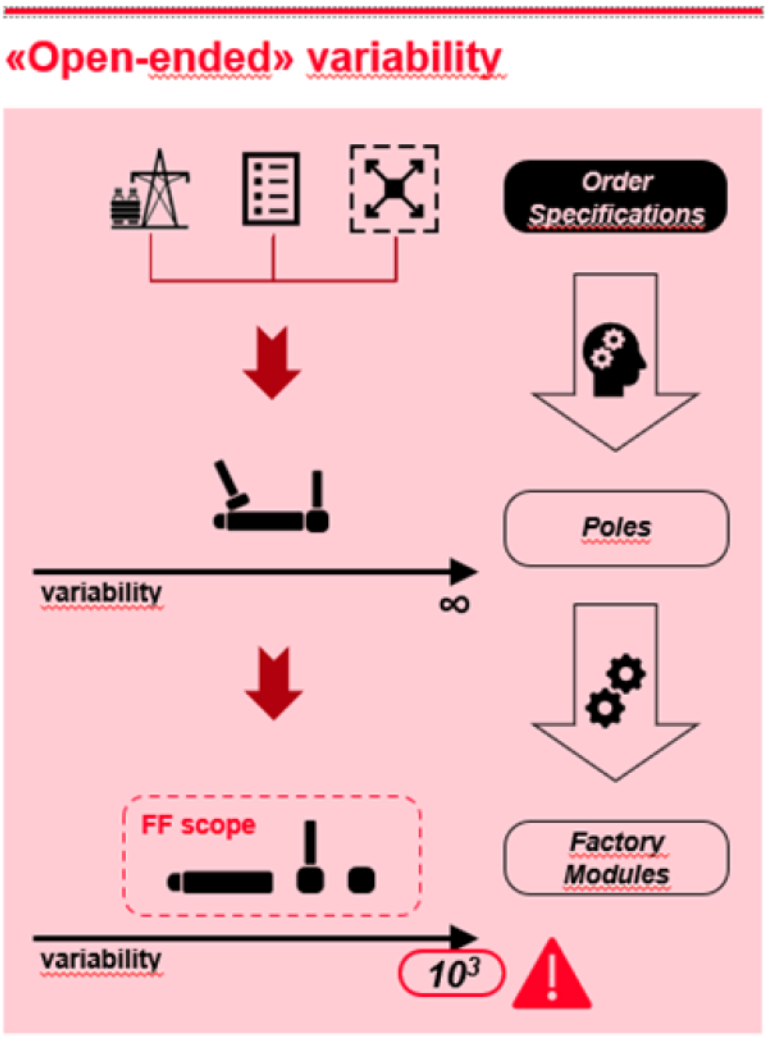


Figura 19: L'elevata variabilità del prodotto (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2020)

Dal momento che modellizzare tutte le varianti risulta un lavoro piuttosto oneroso, si deve trovare un trade-off tra standardizzazione e semplificazione del lavoro. Il trade off nasce dal fatto che solo un numero limitato di moduli permettono di ottenere il 70%

della domanda di mercato, i restanti derivano tutti da progetti altamente customizzati, che si è quindi deciso di non standardizzare (Figura 20).

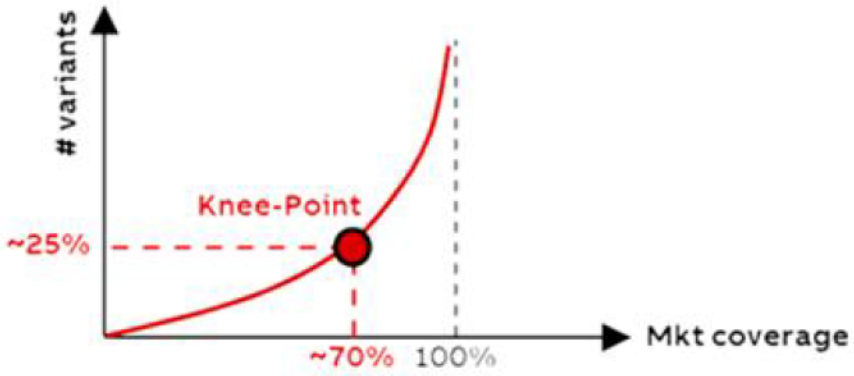


Figura 20: Trade-off che definisce il livello di standardizzazione (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2020)

Il processo di standardizzazione risulta complesso da spiegare in dettaglio in un elaborato del genere, dove il focus principale è dato al processo e non al prodotto. Tuttavia si proverà a dare una panoramica di quello che è stato il lavoro di base che ha permesso l'implementazione degli step successivi.
La logica che segue la variabilità del prodotto è descritta in Figura 21. Nella prima colonna è presente il componente che si sta analizzando mentre nella seconda colonna quali sono le possibili configurazioni che il componente in prima colonna può avere. Nella terza colonna si ha il codice del documento di riferimento in cui sono descritti dettagliatamente le configurazioni sul componente interessato ed infine nell'ultima colonna le figure che permettono di comprendere quale componente si sta configurando. Ovviamente il procedimento è simile per ulteriori centinaia di componenti e la scelta dei vari componenti darà vita ad uno specifico FM.

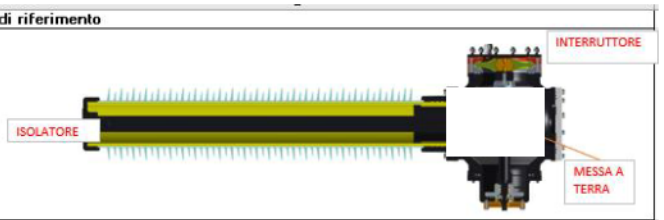
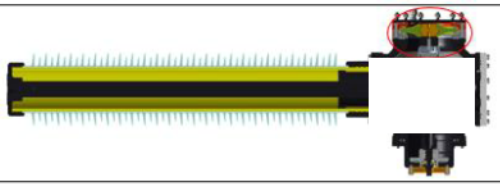
ID variabile	Descrizione	Documento di riferimento	Figura di riferimento
DS_B	Sezionatore sul lato A type_1: isolatore a terra type_2: interruttore a terra type_3: no terra	2GHV016246	
SEZIONATORE	No, 2kV e 10kV	2GHV022978	
FLANGIA_2 DISC	Flangia 2 tipologie di disco Chiuso No Aperto	2GHV014757	
FLANGE_4 DISC	Flangia 4 tipologie di disco Chiuso No Aperto	2GHV014757	

Figura 21. Logica di standardizzazione (Hitachi Energ Italy S.p.A, 2020)

I risultati ottenuti dalla standardizzazione sono mostrati in Tabella 1: La varietà dei prodotti configurati. (Hitachi Energy S.p.A, 2020). Si può notare che nonostante il numero di varianti sia alto (1274 varianti), il numero di componenti rimane molto basso (circa 430 componenti). Da questo lavoro nasce il processo di ridimensionamento del magazzino che permette di ottenere un alto livello di servizio e di conseguenza un alto OTD. Il processo è descritto nel paragrafo 4.2.

Prodotto	Factory Module		N. Varianti	N. componenti
PASS M00	Kit 3 poli		60	~50
	Interruttore con camera rotante		10	~30
PASS M0	Sezionatore		228	~60
	Sezionatore + isolatore		270	~75
	Interruttore		20	~30
PASS M0S	Sezionatore		522	~60
	Sezionatore + isolatore		156	~75
	Interruttore		8	~50

Tabella 1: La varietà dei prodotti configurati. (Hitachi Energy S.p.A, 2020)

Questa standardizzazione e riduzione dei componenti è stata possibile anche grazie al fatto che le minuterie sono state unificate. Il problema principale era che non c'era un ufficio di standardizzazione, di conseguenza la costruzione di ogni singolo progetto era a discrezione della risorsa che lo ingegnerizzava, decidendo egli stesso le viti, le guarnizioni e le altre minuterie. Ciò ha portato negli anni ad avere prodotti simili ma con BOM differenti. Il processo di standardizzazione ha incorporato al suo interno anche questo aspetto, portando un risparmio di magazzino spiegato nel paragrafo 4.6. Ovviamente a rendere possibile l'operazione è stato fondamentale il supporto di una piattaforma integrata che metteva in condivisione i vari progetti realizzati nel tempo. La piattaforma utilizzata è *Windchill PLM* con integrato il software *Creo* (Figura 22).

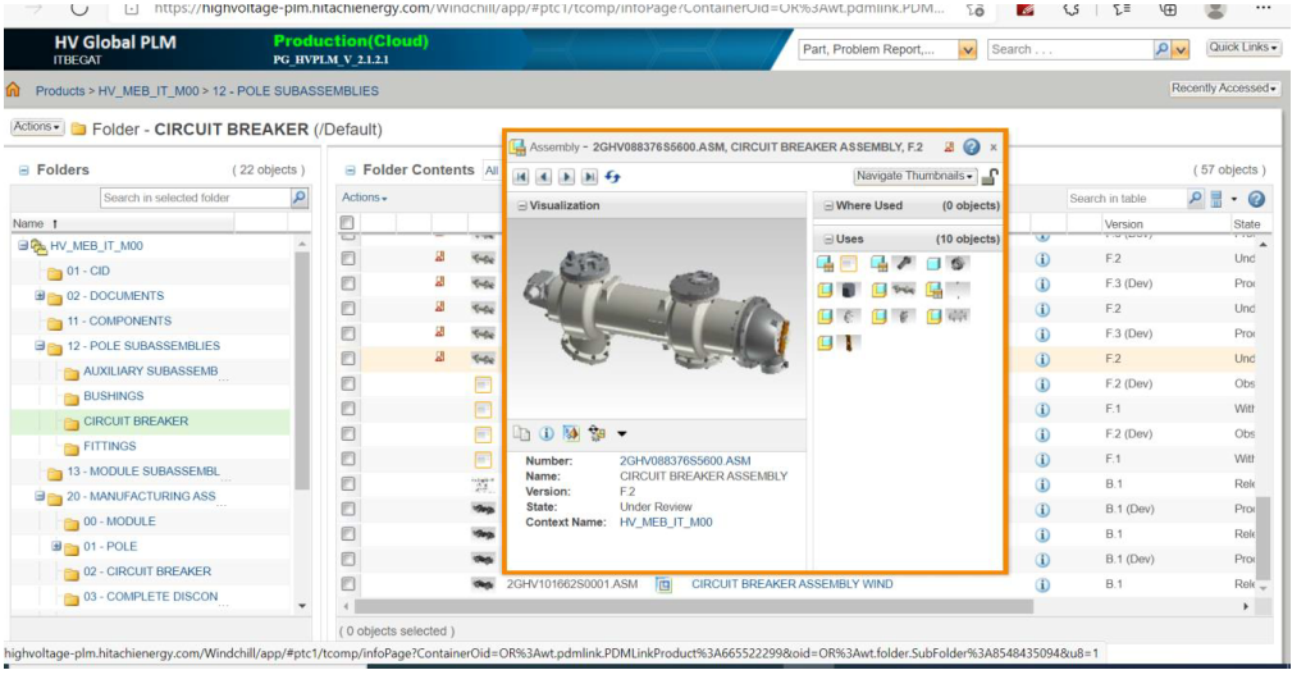


Figura 22: Piattaforma di condivisione per i progetti R&D (Hitachi Energy S.p.A, 2022)

Figura 23: Immagine 3D di un FM completo (Hitachi Energy S.p.A, 2022)

4.2 Metodo di creazione delle PBOM

Come spiegato nel paragrafo 4.1 , ogni FM è un sotto assieme che ha la sua BOM. Dal momento che la numerosità di questi FMs è elevata ed il numero di consumi molto variabile, è necessario trovare un metodo che permetta all'India di avere tutti questi componenti che completano qualsiasi tipo di FM richiesto. Dato, infatti, il lungo LT dai fornitori cinesi alla fabbrica in India, non si può aspettare un loro approvvigionamento per produrre. Allo stesso modo avere tutti i pezzi in magazzino per poter costruire qualsiasi tipo di FM comporta un costo elevatissimo che annulla i

benefici della delocalizzazione in India.
L'idea, quindi, è quella di costruire delle cosiddette Planning BOM, cioè delle BOM che tengono conto delle quantità dei componenti usati nei FMs e prendere come quantità di riferimento il minimo. In particolare, trovare quella configurazione minima di pezzi che riesca a coprire qualsiasi tipo di FMs, tenendo conto che, ovviamente, i FMs hanno i componenti comuni.
La successiva spiegazione della creazione dei FMs renderà più chiara la loro utilità.

1. Il primo step è quello di estrarre tutte le distinte base dei FMs ed esploderle, cioè visualizzarle fino ai componenti finali. L'operazione è effettuata con una transazione del sistema SAP.
   L'output è un file Excel come in Figura 24.

LIV.	DIV.	POS.	COMPONENTE	DESCRIZIONE	QTA	UM	AS	S	FORNITOR	DES.FORN	VAL	PR.ACQU	UT.PR.ACQ	TC	VAL	ULT.PR.AC	ULT.PR.AC	VAL	Codice MC	Lotto mini	Punto di ri	Stock di si	Lead time GI
			2GHV076858S1001	FACTORY MODULE MO 180 DS + BS																			
	1 SLD		1 2GHV076858A1001		1	NU												EUR	ZZZ	0	0	0	0
	2 SLD		1 2GHV205508A3034		1	NU												EUR	ZZZ	0	0	0	0
3	SLD		1 2GHV016249M9411		1	NU												EUR	ZZZ	0	0	0	0
..4	SLD		1 2GHV010294A0001		1	NU						60	60	EUR	60	60	EUR		20B	1000	0	0	120
..4	SLD		2 609637/6		1	NU						0,04		EUR	0,04	0,04	EUR		2HB	0	0	0	12
..4	SLD		3 SA278/0625		1	NU						0,04	0,04	EUR	0,04	0,04	EUR		2HB	0	0	0	12
..4	SLD		4 2GHV031018P0001		1	NU						0,62	0,62	EUR	0,84	0,84	EUR		2EA	0	0	0	42
..4	SLD		5 2GHV251217A0001		1	NU		50									EUR		ZZZ	0	0	0	0
..5	SLD		1 2GHV026644P0001		1	NU						17,33	17,33	EUR	17,33	17,33	EUR		20B	100	0	0	42
..5	SLD		2 UA420839P01		2	NU								EUR	0,3	0,6	EUR		2HA	200	0	0	20
..5	SLD		3 2GHV002761P0012		1	NU						3,5	3,5	EUR	3,5	3,5	EUR		2HG	300	0	50	30
..5	SLD		4 S14/47		1	NU						0,24	0,24	EUR	0,23	0,23	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		5 S667/2444743		1	NU								EUR	0,18	0,18	EUR		2HA	400	0	0	20
..5	SLD		6 S667/2444749		1	NU								EUR	0,25	0,25	EUR		2HA	200	0	0	20
..5	SLD		7 2GHV015683P0001		1	NU						60,38	60,38	EUR	60,38	60,38	EUR		2AU	0	0	0	84
..5	SLD		8 609637/8		6	NU								EUR	0,04	0,24	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		9 SA27/0816		6	NU								EUR	0,04	0,24	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		11 2GHV039513A0001		1	NU						7,15	7,15	EUR	7,15	7,15	EUR		3FH	0	0	0	42
..5	SLD		13 84751/02		1	NU								EUR	0,52	0,52	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		14 S14/55		1	NU								EUR	0,16	0,16	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		15 S667/2444748		1	NU						0,23	0,23	EUR	0,23	0,23	EUR		2HA	500	0	0	20
..5	SLD		16 2GIA407492P02		2	NU						0,05	0,1	EUR	0,05	0,1	EUR		2HA	0	62,417	62,416	20
..4	SLD		6 2GHV014467A0002		1	NU											EUR		ZZZ	0	0	0	0
..5	SLD		1 2GHV011716P0001		1	NU						12,43	12,43	EUR	12,43	12,43	EUR		2DA	0	0	0	42
..5	SLD		2 UA420615P04		4	NU								EUR	0,23	0,92	EUR		2HB	0	0	0	12
..5	SLD		3 2GHV030980P0001		2	NU						0,59	1,18	EUR	0,59	1,18	EUR		2EA	0	0	0	42
..5	SLD		4 UA418362P17		2	NU								EUR	11,42	22,84	EUR		2HH	0	0	0	20
..5	SLD		5 2GHV010294A0001		1	NU						60	60	EUR	60	60	EUR		20B	1000	0	0	120

Figura 24: Esplosione multilivello di una BOM di un FM (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021).

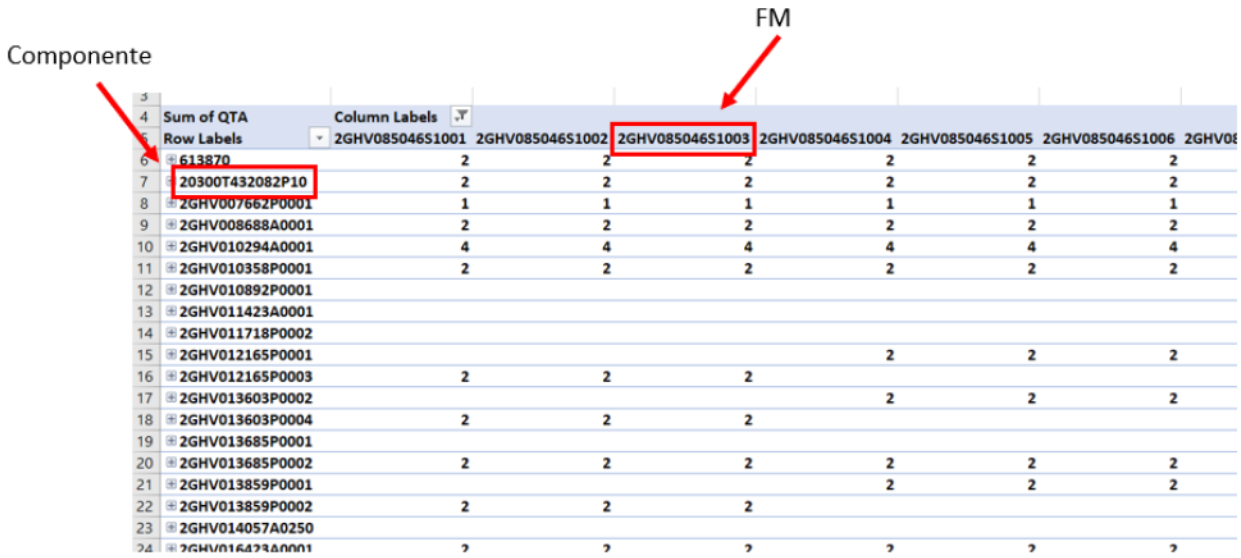
2. Il file è elaborato al fine di assegnare ad ogni riga che evidenzia un componente, il suo padre, ovvero il FM in cui è usato. Il nuovo file è mostrato in Figura 25 con l'aggiunta della colonna *Padre*.

Figura 25: Assegnazione esplicita del componente al FM (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021)

3. A questo punto è possibile creare una tabella pivot strutturata nel modo seguente:

- Righe: componenti;
- Colonne: padre;
- Valori: somma delle quantità;
- Filtri: fornitori senza campo "blank", cioè la selezione di tutti i componenti finali, cioè che non fossero dei sotto assemblati.

Il risultato è la generazione di una tabella in cui ogni componente è collegato alla lista dei FMs attraverso il numero di occorrenze di quel componente in quel FM. È utile notare che in ogni FM i componenti possono essere ripetuti, per questa ragione le quantità nella pivot sono sommate (Figura 26).



Sum of QTA	Column Labels						
Row Labels	2GHV085046S1001	2GHV085046S1002	2GHV085046S1003	2GHV085046S1004	2GHV085046S1005	2GHV085046S1006	2GHV08
613870	2	2	2	2	2	2	
20300T432082P10	2	2	2	2	2	2	
2GHV007662P0001	1	1	1	1	1	1	
2GHV008688A0001	2	2	2	2	2	2	
2GHV010294A0001	4	4	4	4	4	4	
2GHV010358P0001	2	2	2	2	2	2	
2GHV010892P0001							
2GHV011423A0001							
2GHV011718P0002							
2GHV012165P0001				2	2	2	
2GHV012165P0003	2	2	2				
2GHV013603P0002				2	2	2	
2GHV013603P0004	2	2	2				
2GHV013685P0001							
2GHV013685P0002	2	2	2	2	2	2	
2GHV013859P0001				2	2	2	
2GHV013859P0002	2	2	2				
2GHV014057A0250							
2GHV016423A0001	2	2	2	2	2	2	

Figura 26: Matrice generata dalla tabella pivot (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021)

4. Il passo successivo è l'estrazione della matrice appena creata dalla tabella pivot, in modo da creare un nuovo foglio excel per manipolare ulteriormente tale matrice.

5. L'ultimo step eseguito è quello di considerare per ogni riga il valore massimo, cioè la ricorrenza maggiore di ogni componente in tutti i FMs. (Figura 27).

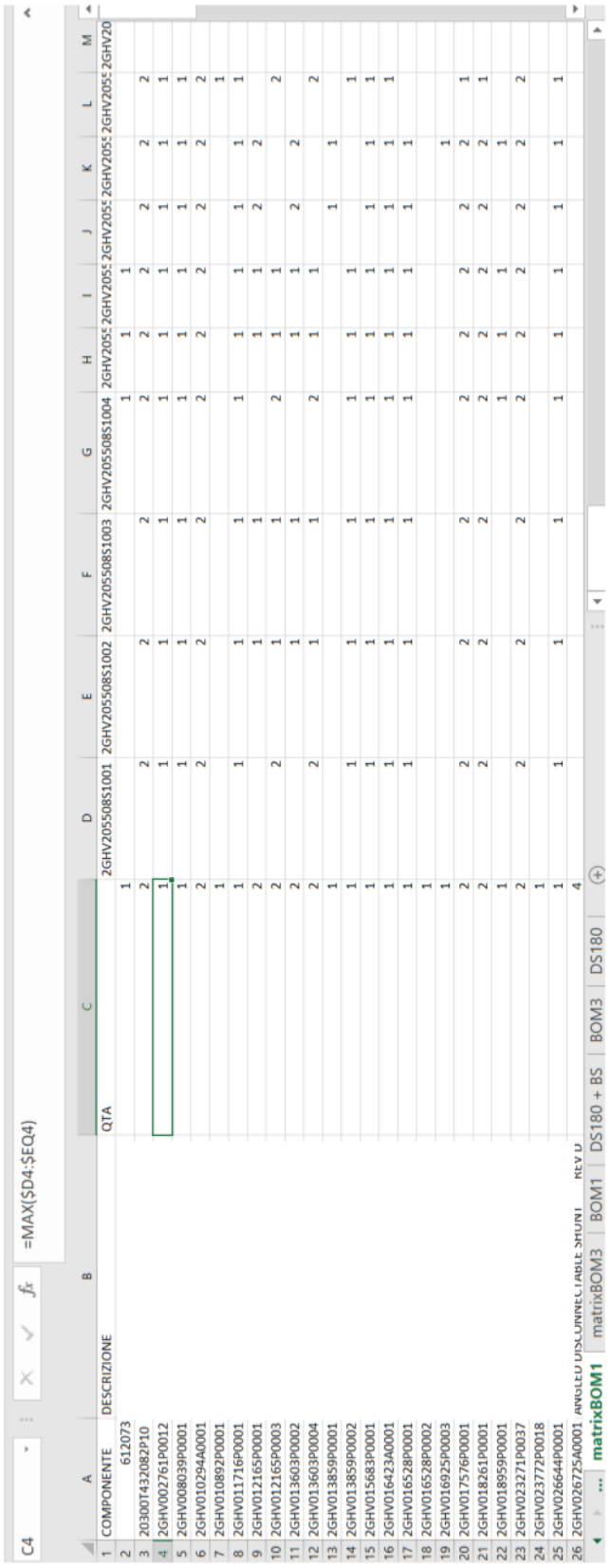


Figura 27: Creazione finale della PBOM (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021)

Tramite l'implementazione di questi step, si crea la PBOM per ogni tipologia di prodotto.

Definiti quindi i componenti che l'India deve avere sempre in scorta, c'è da capire quante di queste PBOM deve avere sempre disponibili dal momento che una PBOM basta per costruire un singolo FM. E' necessario quindi un forecast dei FM.
Le quantità sono definite sulla base di un criterio statistico, se pur approssimato, dato l'ambiente ETO. Le modalità di sviluppo dell'analisi statistica sono definite nel paragrafo 4.3.

4.3 Analisi statistica sui componenti

Il metodo che verrà presentato ora è un processo di pianificazione delle scorte. Una buona pianificazione delle scorte e di conseguenza l'assenza di stock out permettono di tenere basso il magazzino dal momento che la principale causa di blocco della produzione sono proprio i materiali mancanti. Si può quindi dire che il lavoro si concentra più sull'uscita che sull'entrata; non c'è stata una concentrazione sul magazzino in entrata ma piuttosto sull' output, cioè evitare interruzioni di lavorazione.

Dal momento che i moduli sono costruiti su commessa ed i FMs sono una nuova invenzione, non esiste un trend su cui basarsi e fare delle previsioni sul consumo. L'idea, quindi, è quella di identificare per ogni PBOM un componente tracciante, cioè significativo di quella PBOM e quindi di quella tipologia di prodotto. L'analisi passata è quindi fatta sul componente direttamente e non sul prodotto finito e come base di dati si usa il consumo in due anni di attività.
Su questi dati si effettua un test di normalità tramite il software MINITAB. Se l'ipotesi di normalità, con un livello di confidenza del 95% può ritenersi superata, diventano significativi i valori di μ e σ (Figura 28).

Per essere ancora più chiari su quello che è l'esperimento, si tenga presente che ogni componente può essere usato in infinite varianti del prodotto finito. Per tale motivo ha validità effettuare un'analisi direttamente sui componenti finali della BOM di ogni FM e non sui prodotti finiti. Si ribadisce, inoltre, che solo alcuni di questi componenti e cioè i significativi di ogni PBOM sono sottoposti ad analisi.
Può sembrare senza ombra di dubbio un procedimento piuttosto grezzo che, però, in assenza di questo ci sarebbero stati costanti stock out nel magazzino di Savli, portando ad un conseguente allungamento dell'OTD, sia di Savli che di Lodi poichè questa ultima avrebbe dovuto aspettare l'arrivo del FM per assemblare il prodotto finito.

Un altro aspetto che si ha cura di rimarcare è che l'analisi statistica basata sui componenti è un'analisi che ha validità solo nella prima fase di inizializzazione. Negli anni il processo tenderà ad affinarsi proprio perché ci sarà direttamente uno storico del FMs ed i singoli componenti non saranno più presi in considerazione.
E'proprio questo approccio di standardizzazione in un ambiente ETO che permette l'analisi a priori per arrivare ad un numero, seppur approssimato, di FMs.
Il processo, come spiegato nel paragrafo 4.5 sarà nel tempo affinato e l'allineamento risulta fondamentale ai fini della "raffinazione" del forecast che deriva da queste analisi.

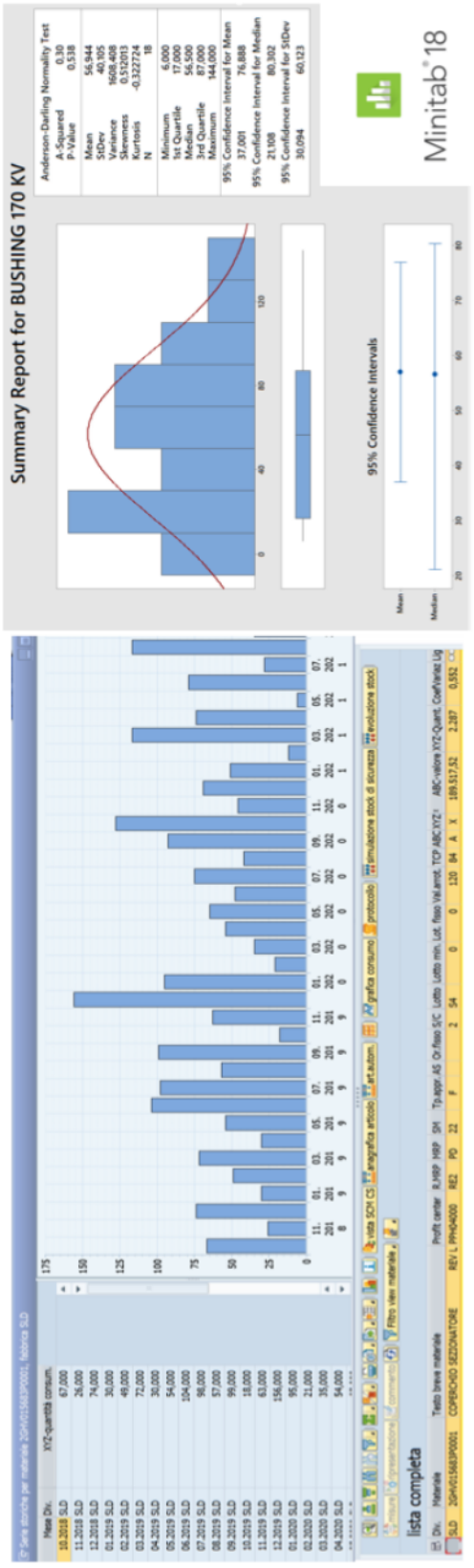


Figura 28: Esempio di test di normalità (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021)

Al fine di avere un magazzino in grado di rispettare un alto livello di servizio, si usa come quantità da tenere in scorta a Savli una quantità pari a $\mu+3\sigma$ per ogni PBOM.

Il processo descritto è effettuato per ogni tipologia di prodotto e strutturato adeguatamente in base alle particolarità degli stessi. Oltre alle PBOM principali, infatti, ne sono state create alcune come kit, ovvero come aggiunte alle principali. Quindi, ad esempio, per i FMs con l'isolatore le PBOM da tenere a magazzino sono quella principale pe costruire i sezionatori come quello in Figura 29 in aggiunta al kit per costruire gli isolatori. Si nota infatti che in Figura 30 un FM è formato dal sezionatore più l'isolatore.

Figura 29: M0 MEB0 FM senza isolatore (Hitachi Energy Italy, 2021)

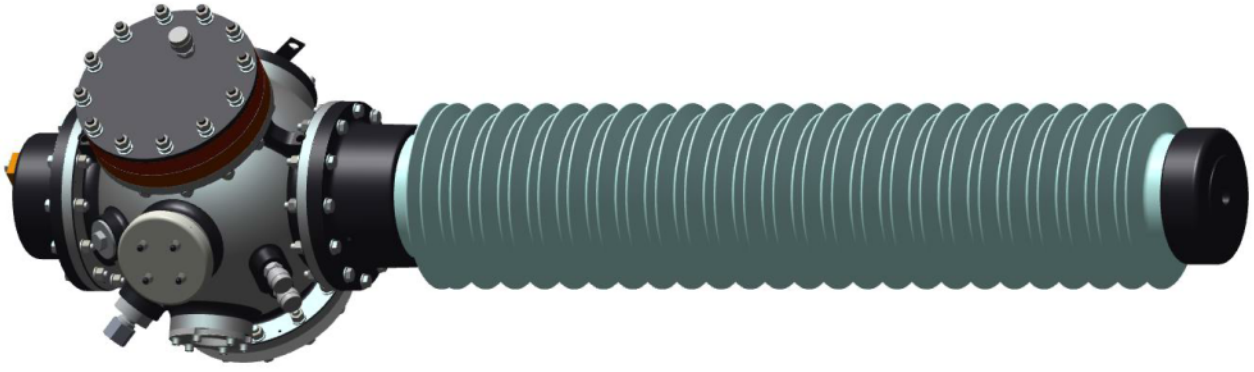


Figura 30: M0 MEB0 FM con isolatore (Hitachi Energy Italy, 2021)

L'analisi statistica su questi kit è effettuata, ovviamente, sull'isolatore stesso; componente significativa di quei FMs.

I risultati dei processi spiegati nei paragrafi 4.2 e 4.3 sono descritti nelle Tabella 2, Tabella 3 e 4 in cui si definisce un costo mensile di magazzino dei soli materiali per coprire qualsiasi tipologia di FM delle tre famiglie di prodotto: M0S, M00, M0 MEB0.

PBOM	Descrizione	Costo		
2GJA422635R12	[illegible]	2997 €/ unità	15 Unità / mese	44.955 €
2GJA422635R02	[illegible]	1444 €/ unità	30 Unità / mese	43.320 €
2GJA422635R11	[illegible]	3233 € / unità	15 Unità / mese	48.495 €
2GJA422635R03	[illegible]	3190 €/ unità	15 Unità / mese	47.850 €
				184.620 €

Tabella 2: Valutazione del magazzino mensile di M0S FMs.

PBOM	Descrizione	Costo		
2GJA422592R01	[illegible]	7815 €/ unità	12 Unità / mese	93.780 €
2GJA422592R03	[illegible]	1383 €/ unità	12 Unità / mese	16.596 €
2GJA422592R04	[illegible]	26 € / unità	12 Unità / mese	312 €
2GJA422592R06	[illegible]	20870 €/unità	3 Unità / mese	62.610 €
2GJA422592R07	[illegible]	2454 €/unità	9 Unità / mese	22.086 €
				195.384 €

Tabella 3: Valutazione del magazzino mensile di M0S FMs.

CODICE	DESCRIZIONE	COSTO					
2GJA423147R01	[illegible]	2.499	€/ unità	81	unità/mese	202.419	€/mese
2GJA423147R02		2.384	€/ unità	81	unità/mese	193.104	€/mese
2GJA423147R03		605	€/ unità	81	unità/mese	49.005	€/mese
2GJA423147R04		808	€/ unità	81	unità/mese	65.448	€/mese
		586	€/ unità	90	unità/mese	52.740	€/mese
					TOT	509.976	€/mese

Tabella 4: Valutazione del magazzino mensile di M0 MEB0 FMs

In futuro l'analisi sarà più attendibile in quanto non sarà più effettuata sui componenti bensì sui singoli FMs.
Il metodo di calcolo delle PBOM e di analisi statistica è stato validato dai consulenti di *Efficio Consulting* a valle di un audit aziendale.

4.4 Processo di aggiornamento continuo dei Transfer Price

Un ulteriore aspetto critico che risultava dal processo era la gestione dei prezzi dei tanti FM creati dal momento che il metodo di calcolo del prezzo che Lodi paga all'India è abbastanza oneroso per un singolo FM, farlo per tutti e tenerli costantemente monitorati risultava impegnativo. La soluzione è stata quella di individuare una serie di FMs che fossero il riferimento di una determinata classe. In questo modo si riuscivano a tenere monitorati solo gli articoli di riferimento e si è creato un listino prezzi che dipende solo da questi.
Ovviamente i prezzi cambiano costantemente ogni 6 mesi, quindi bisognava trovare anche un processo tale per cui il cambiamento venisse verificato sia da Lodi che da Savli e fosse in grado di cambiare in automatico i listini prezzi.

Individuazione codici di riferimento tramite il sistema delle classi
L'individuazione delle classi è stata effettuata tramite un metodo basato sulla somma di costo del materiale, costo di trasporto e costi di servizio.
Dopo avere calcolato questo costo con i dati italiani (in fase iniziale i dati del database di Savli non erano ancora a disposizione) i passi sono stati:

1. Ordinamento degli articoli in ordine crescente del costo
2. Calcolo della media di un gruppo di articoli presi "ad occhio", ovvero di articoli che avessero più o meno lo stesso prezzo
3. Calcolo dello scostamento tra il singolo prezzo e la media calcolata del gruppo
4. Se lo scostamento fosse stato maggiore di una certa soglia dalla media, si sarebbero ricalcolati le classi, altrimenti si procedeva fino all'esaurimento dei FMs. La soglia è decisa super partes.
5. Scelta di un articolo di riferimento per ogni classe. Sarà quello che verrà monitorato e sarà il trainante di tutta la classe.

Un esempio di creazione delle classi e individuazione dei codici di riferimento è illustrato in Figura 31.

Article No	Description	Material cost_Basic	Freight/Logistics	Customs	Packing case cost distribution/unit	TOT			
2GHV155796S4001		790	70	64	70	994			
2GHV205508S4006		794	70	65	70	1000			
2GHV205508S4007		794	70	65	70	1000		MAX DEV (min-max)	1,1%
2GHV205508S4008		794	70	65	70	1000	-0,52%	number of classes	43
2GHV205508S4003		819	73	67	70	1029			
2GHV205508S4004		819	73	67	70	1029			
2GHV205508S4005		819	73	67	70	1029			
2GHV155796S4005		814	72	66	88	1040			
2GHV155796S4006		814	72	66	88	1040			
2GHV155796S4007		814	72	66	88	1040	-1,03%		
2GHV155796S4002		875	77	71	70	1094			
2GHV205508S4002		926	81	75	70	1153			
2GHV205508S4014		926	81	75	70	1153			
2GHV205508S4001		951	84	77	70	1183			
2GHV205508S4013		951	84	77	70	1183			
2GHV155796S4004		946	83	77	88	1194			
2GHV155796S4003		962	86	78	70	1196			
2GHV155796S3008		976	86	79	70	1211			

Figura 31: Risultato del processo di individuazione delle classi (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

Creazione dei listini

Individuati i codici di riferimento, la creazione dei listini è stata immediata tramite un meccanismo di *vlookup* (funzione di Excel). Una volta che l'India cambia il prezzo di un codice di riferimento, in automatico si aggiorna anche il listino ed i codici interessati.

Nella Figura 32 si può notare un frammento di un listino prezzi, che viene aggiornato solo se si cambiano i codici nella tabella rosa di destra.

tutti gli articoli

codice tracciante	articolo	desscrizione	TP	TP DAP	TP DAP (EUR)	vecchioTP DAP	vecchio TP DAP %	prezzo codice tracciante	prezzo codice tracciante %
2GHV097920S2034	2GHV097920S2036		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1013		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1014		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1015		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1016		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1017		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S1018		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2019		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2020		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2021		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2022		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2023		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2024		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2026		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2028		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2030		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	2GHV097920S2032		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2034	**2GHV097920S2034**		$ 3.875,00				0,0%	$ 4.653	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1019		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1020		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1021		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1022		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1025		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1028		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1031		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%
2GHV097920S2035	2GHV097920S1032		$ 3.993,00				0,0%	$ 4.771	0,0%

VALORI IN USD

codici tracciati

codice tracciante	descrizione	TP	TP DAP
2GHV097920S2034		$ 3.875,00	
2GHV097920S2035		$ 3.993,00	
2GHV097920S2018		$ 4.091,00	
2GHV097920S2010		$ 4.215,00	
2GHV097920S2009		$ 4.334,00	
2GHV108928S0036		$ 6.377,00	
2GHV108928S0019		$ 5.525,00	
2GHV108928S0013		$ 6.147,00	
2GHV108928S0033		$ 6.377,00	
2GHV108928S0017		$ 6.090,00	
2GHV108928S0015		$ 6.594,00	
2GHV108928S0006		$ 6.718,00	
2GHV108928S0005		$ 6.798,00	

Figura 32: Listino prezzi del prodotto M0S

Il risultato di questo processo è la gestione di solo il 17% dei codici totali dei FMs (Figura 33)

Tipo di prodotto	Numero di articoli	Numero di codici traccianti	Ratio
M0S_CB	9	3	
M0S_DS90	72	5	
M0S_DS90+B	36	9	
M0S_DS180	189	21	
M0S_DS180+B	44	7	
SubTot	350	45	13%
MEB0_DS180/90	225	43	
MEB0_DS180/90+B	270	41	
SubTot	495	84	17%
M00_3 POLES	60	17	
M00_CB	10	6	
SubTot	70	23	33%
TOT	**915**	**152**	**17%**

Figura 33: Risultati numerici della riduzione degli articoli da monitorare (Hitachi Energy S.p.A, 2021)

Processo di allineamento continuo

Riuscire a gestire tutti questi aggiornamenti e coordinarsi al fine di inserire nel sistema SAP i prezzi corretti per effettuare l'acquisto non era semplice. Per tale motivo si è dovuto implementare un processo con revisioni scadenzate che aiutasse il coordinamento tra le funzioni italiane e quelle indiane.

Una versione semplificata del processo generale è rappresentata in Figura 34.

Il processo risulta così semplice anche per via del fatto che si è cercato di renderlo il più automatico e snello possibile grazie ai passi descritti precedentemente.

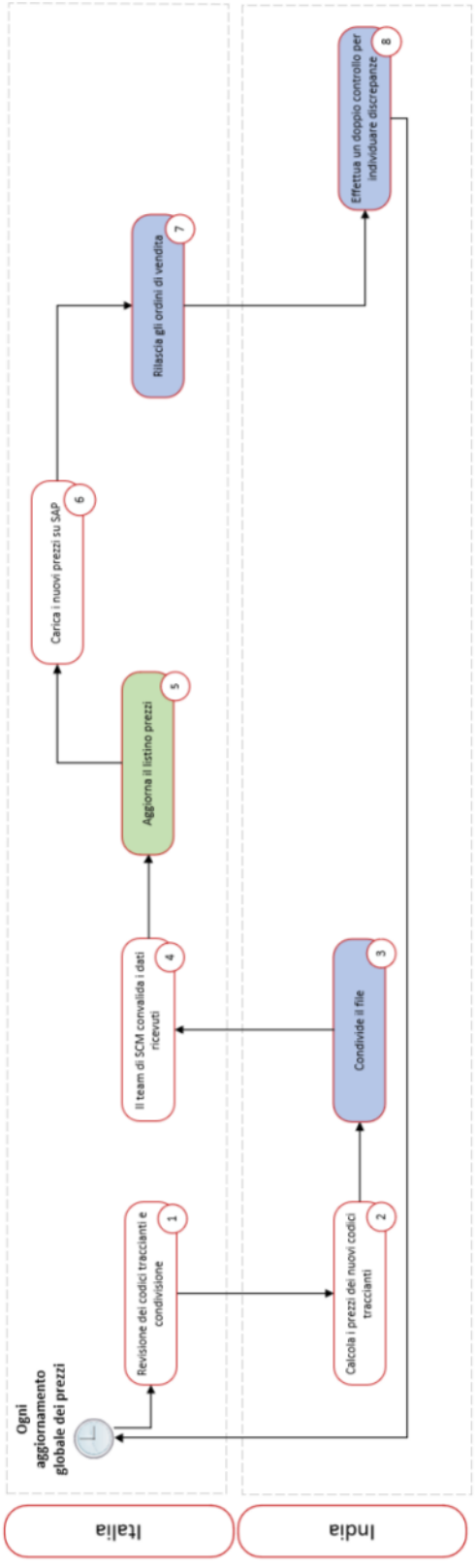


Figura 34: Semplice rappresentazione del processo di aggiornamento dei prezzi

4.5 Implementazione del processo di Sales & Operation con l'India

Come già detto nel paragrafo 4.3, l'analisi è solo il punto di partenza per arrivare ad avere delle informazioni quanto più possibili attendibili.
Per riuscire a dare un'idea completa del grande processo che è stato implementato, è utile ribadire che alla base di tutto c'è la standardizzazione di parti di un prodotto fino ad ora completamente customizzato.
Realizzato ciò e di conseguenza le BOM per ogni FM, si sono create le Planning BOM. Per avere una stima di quante di queste PBOM era utile tenere a magazzino, si è deciso di effettuare un test di ipotesi di normalità sui componenti principali di ogni PBOM e mantenere un livello di magazzino pari a $\mu + 3\sigma$.

Arrivati a questo punto era necessario instaurare un processo di Sales & Operations tra Italia ed India. In particolare, Lodi doveva costantemente tenere aggiornato Savli su cosa produrre, cioè di quale particolare FM avviare la produzione. E 'ovvio che passare da un'analisi il cui output è il $\mu + 3\sigma$ da tenere magazzino ad una diretta comunicazione del FM da produrre, non era l'approccio giusto. Ciò, infatti, avrebbe messo in serie difficoltà Savli che doveva avere il tempo di approvvigionarsi dei componenti a basso LT, che gestivano diversamente dall'approccio statistico. E' necessario, infatti, precisare che era utile gestire solo i componenti a lungo LT presenti nelle PBOM era utile con l'approccio 3sigma. Per quanto riguarda il resto del magazzino, la politica di riordino diventava una scelta arbitraria del team di Savli.
La soluzione per avere un aggiornamento dei prodotti ordinati è stata l'implementazione di un processo strutturato che permettesse di comunicare sei mesi prima le PBOM da tenere in magazzino basate sull'analisi statistica (rough forecast). Questo era importante non solo per una questione di reperimento del materiale ma anche per un'organizzazione di risorse. Quattro mesi prima di avviare la produzione veniva dato un forecast più dettagliato che avrebbe impattato sulla quantità delle PBOM ed un mese prima della produzione si sarebbe mandata la Production BOM di quel particolare FM da costruire.

Si ritiene fondamentale marcare la differenza tra Planning BOM e Production BOM. La prima deriva dalla costruzione descritta nel paragrafo 4.1 e serve per gestire al meglio la disponibilità in magazzino. La seconda, invece, è proprio la distinta base del FM ed ogni pezzo presente nella Production BOM è anche nella Planning BOM ma non viceversa.

Ogni settimana si teneva un meeting di aggiornamento sullo stato degli ordini, il cui file di discussione è mostrato in Figura 35.

	Rough Forecast					Detailed Forecast					Production BOM					
Product	Month	Date	Actual Date	Planning BOM	Description	Qty.	Month	Date	Actual Date	Planning BOM	Description	Qty.	Month	Date	Actual Date	BOM	Description	Qty.	No of Poles/PM
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422592R01		14	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R01		7	Mar-21	10-Mar-21				1	3
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422592R02		3	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R02			Mar-21	10-Mar-21				1	3
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422592R03		4	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R03		2	Mar-21	10-Mar-21					
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422592R04		6	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R04			Mar-21	10-Mar-21					
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422592R05		14	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R05		2	Mar-21	10-Mar-21					
M00	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422593R07		4	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422592R07		4	Mar-21	10-Mar-21					
M0s	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422635R12		15	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422635R12		10	Mar-21	10-Mar-21				6	6
M0s	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422635R02		30	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422635R02		22	Mar-21	10-Mar-21					
M0s	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422635R11		15	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422635R11		11	Mar-21	10-Mar-21				6	6
M0s	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422635R03		15	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422635R03		13	Mar-21	10-Mar-21				6	6
M0s	Nov-20	10-Nov-20		2GIA422635R04		15	Feb-21	10-Feb-21		2GIA422635R04		4	Mar-21	10-Mar-21					

Figura 35: Esempio di file di un forecast (Hitachi Energy Italy S.p.A, 2021)

4.6 L'implementazione di un nuovo magazzino

La standardizzazione ha portato ad un ridimensionamento del magazzino interno per due principali motivi; con i sotto assemblati prodotti in India non bisognava più avere i pezzi disponibili per produrre anche quella parte di prodotto. Inoltre, come spiegato nel paragrafo 4.1, la minuteria che è stata standardizzata, ha reso obsoleti parecchi materiali che sono stati rottamati, portando un risparmio di circa 1.8 M€, rappresentava circa il 6% l'anno di capitale immobilizzato.

Se si osserva la Figura 35 si può notare che circa il 20% del magazzino è stato liberato grazie al progetto Athena.

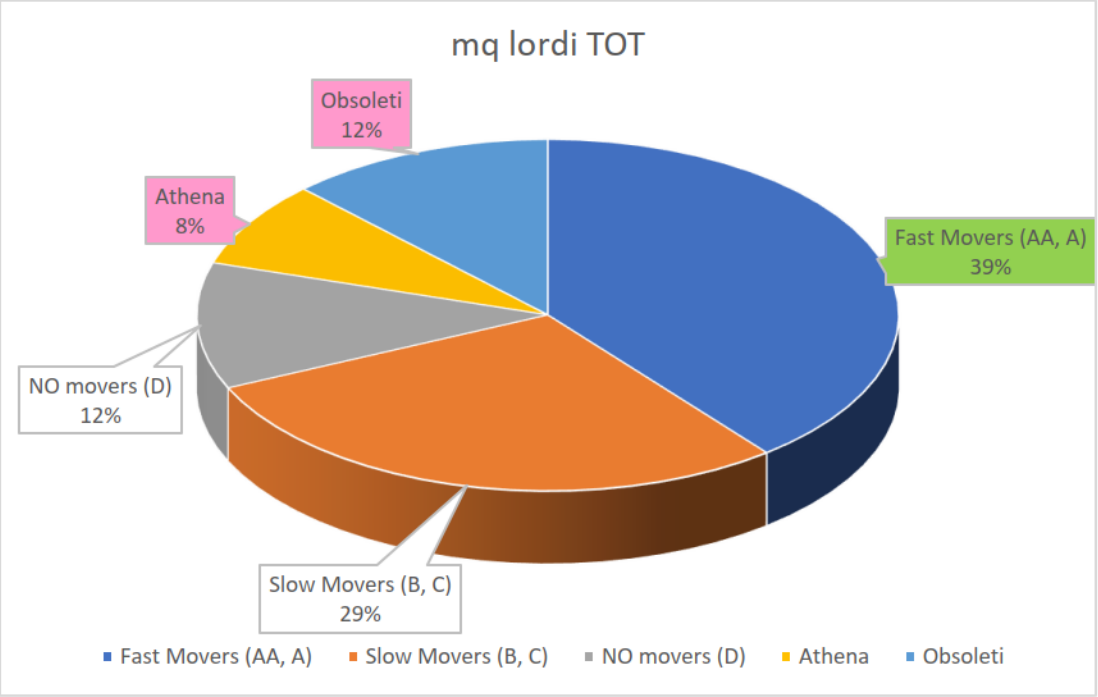


Figura 36: Divisione del magazzino totale dopo il progetto Athena (Hitachi Energy Italy, S.p.A)

La liberazione dello spazio all'interno del magazzino ha permesso di installare un sistema cantilever strutturato come descritto in Figura 37 . Le caratteristiche del magazzino sono derivate da una proposta effettuata tramite una società esterna che si occupa di logistica. Tra le varie opportunità si è scelto la più conveniente, descritta qui di seguito.

CANTILEVER

Quantità	Descrizione
16	Colonna da mm 1700x7450 H Q= 7.200 kg.
24	Colonna da mm 2200x7450 H Q= 4.500 kg.
128	Mensola L= 2200 mm Q= 900 kg.
120	Mensola L= 1700 mm Q= 900 kg.
111	Crociera verticale mm 1142x1250
22	Crociera verticale mm 1143x1250
11	Crociera verticale mm 1143x1250
11	Crociera verticale mm 1251x1250
248	Bolzone
160	Viti m16x30
3200	Viti m 12x60
1190	ML Profilo omega 60x60x40x Rompitratta
160	Fissaggi Mensole
48	Tasselli x controventature
3	Cartello di portata
1	Relazione di calcolo

Figura 37: Dettagli della nuova struttura da inserire in magazzino (Jungheinrich Italiana S.r.l, 2021)

Tale sistema logistico consente di svuotare il container direttamente in magazzino, senza far sostare le strutture nell'area esterna, come fatto precedentemente. La conseguenza di tutto ciò è stato un risparmio del packaging; non si aveva più bisogno dei trattamenti necessari per resistere agli agenti atmosferici, bastava un semplice cartone e decine di migliaia di euro in meno. Un'ultima osservazione che deriva da questo nuovo sistema è che in questo modo la modalità di prelievo cambiava. Prima, infatti, i moduli venivano accatastati e di conseguenza poteva essere usata solo una logica LIFO mentre con il nuovo sistema cantilever la logica che predomina è quella FIFO.

CAPITOLO 5- Previsioni del piano aziendale e i risultati ottenuti

Descritta l'operatività del piano previsto dalla BU, si vuole dare una panoramica più dettagliata di questo piano industriale ed i risultati raggiunti grazie all'implementazione del modello. Infine, sarà eseguito un approfondimento sui limiti del modello e sui problemi che questo non è in grado di risolvere.

5.1 Il piano industriale

Al fine di rilanciare rapidamente l'unità produttiva di Lodi e di reagire alla contrazione di volumi e all'erosione dei prezzi della linea dei moduli Ibridi PASS, la Business Line globale, in condivisione con il Management locale, ha preso alcune decisioni strategico-gestionali anticipate nel capitolo 3.

L'azienda ha quindi emanato un piano industriale di rilancio che prevede:

- La richiesta di raggiungere un risultato di redditività oltre il 10% per l'unità di Lodi a partire dal 2020, con un abbassamento della struttura costi che preveda anche una ristrutturazione aziendale e una diminuzione della forza lavoro.
- La riduzione di una parte delle attività di assemblaggio eseguite presso lo stabilimento di Lodi sui moduli Ibridi PASS, trasferendo l'attività di montaggio dei sottoassiemi dei poli dall'unità produttiva di Lodi alla Global Feeder Factory di Savli in India. L'idea era quella di non determinare impatti sui volumi di business ma una re-distribuzione di attività verso fabbriche "Feeder" specializzate nella produzione efficiente di sottoassiemi ed ottimizzate al fine di fornire componenti alle varie unità produttive facenti parte della Business Line High Voltage Products (PGHV).

Il piano prevedeva i seguenti ambiti di intervento attivo:

Trasferimento della produzione di sottoassiemi

La produzione dei seguenti sotto assiemi (Factory Modules) verrà trasferita alla Feeder Factory ABB PGHV di Savli in India:

- Polo completo Pass M00 72/100 kV
- Sezionatore completo Pass M0 145/170 kV
- Sezionatore completo Pass M0S 245kV · Interruttore completo Pass M0 145/170 kV
- Interruttore completo Pass M0S 245kV

Consolidamento della qualità di processo e di prodotto

L'affidabilità dei prodotti dell'unità di Lodi, caratterizzati da un elevato contenuto di complessità tecnica, e l'alto livello di qualità atteso dal mercato, restavano prioritari al fine di ottenere e mantenere una continuità di risultati economici positivi dell'unità. Per questo motivo il processo di riorganizzazione sarebbe stato accompagnato da un robusto piano di investimenti sulle linee produttive di Lodi e da un focus continuo sullo sviluppo e l'implementazione delle metodologie Lean Six Sigma [1], al fine di monitorare la stabilità dei processi della fabbrica, dei fornitori nonché delle global focus feeder factories PGHV. Ciò aveva allo scopo di intercettare al più presto eventuali problemi lungo l'intera catena del valore, migliorando la qualità verso il cliente

[1] La metodologia Lean Six Sigma combina principi e strumenti di Six Sigma e della Lean Production allo scopo di eliminare sprechi, ottimizzando l'utilizzo delle risorse, dei cicli produttivi, e assicurando allo stesso tempo elevata qualità nella produzione e nella gestione dei processi [4].

Riorganizzazione aziendale

La necessità di intervenire sul precedente modello di business, riallocando la produzione di alcuni sottoassiemi con la finalità di recuperare competitività sui mercati, rendeva indispensabile un processo di ristrutturazione aziendale con ridimensionamento coerente che impatta anche sul personale impiegatizio, al fine di efficientare l'intera organizzazione. Il numero di esuberi della unità era pari a 30 dipendenti: 2 Dirigenti, 2 Quadri, 12 Impiegati, 14 Operai. E'ovvio che, per favorire questa riduzione, l'azienda ha investito nell'incentivare tali figure ad abbandonare il posto di lavoro.

Investimenti

La Business Line globale considerava indispensabile accompagnare la ristrutturazione aziendale con un robusto piano di investimenti, al fine di rafforzare ulteriormente la posizione sul mercato dei prodotti sviluppati e venduti dall'unità di Lodi, sia in termini qualitativi che di innovazione tecnologica. Per questo motivo è stato assegnato alla stessa un Budget di investimenti per progetti di Ricerca e Sviluppo e per l'ottimizzazione dei processi produttivi pari a circa 7,5 milioni di euro per l'anno 2020.

Investimento continuo su progetti di R&D

Veniva confermato il ruolo centrale del Technology Center di Lodi all'interno della Global Business Line PGHV attraverso il coinvolgimento, in tutti i più rilevanti progetti di ricerca e sviluppo per i prodotti delle diverse Global Product Group (Breakers & Modules, ecc.) e per tutta la fase di esecuzione del modello di sviluppo R&D, dalla progettazione alla sperimentazione su prototipi, a quella delle simulazioni su modelli. Il team R&D di Lodi rimaneva fondamentale per lo sviluppo dei moduli ibridi.

5.2 Risultati ottenuti

La delocalizzazione

Il risultato a cui la BL tende è quello di una delocalizzazione totale di tutti i sottoassiemi. Ovviamente per raggiungere questo risultato ci vogliono diversi anni e le difficoltà nel fare questo risiedono in due motivi principali. Da una parte l'azienda ha una clientela fissa, tale per cui la richiesta è sempre esigente e non è facile convincerli del fatto che il prodotto subirà nuove trasformazioni produttive, pur mantenendo le stesse performance e lo stesso utilizzo del prodotto da lui ordinato. Questo porta a delle deroghe speciali per diversi clienti che non permettono la delocalizzazione in India. D'altro canto, per le altre tipologie di prodotto il processo da parte di R&D è lungo, vanno standardizzati altri componenti rispettando tutte le efficienze che il prodotto tradizionale è in grado di dare. Per risolvere quest'ultimo limite la soluzione migliore è il tempo, trattandosi di processi molto delicati. Per ovviare alle richieste esigenti dei clienti, la fiducia e l'accompagnamento dei clienti all'interno dei processi di trasformazione sarà fondamentale per far accettare il cambio.

Tuttavia, nonostante questi limiti, una prima analisi effettuata a metà del 2021 ha dimostrato buoni risultati di delocalizzazione. Nelle Figure 37,38 e 39 i dati in verde sono i prodotti delocalizzati, i dati in arancio sono i prodotti ordinati ma costruiti interamente in Italia:

Pass M00: come si può notare dalla Figura 38 l'andamento è totalmente variabile, ma sulla base dei prodotti ordinati (intera colonna), la percentuale di prodotti delocalizzati già in questa prima fase di ramp up è alta.

Pass M0S: per questa tipologia di prodotto la domanda è intermittente, tuttavia la percentuale di delocalizzazione in questo caso ha un successo maggiore (Figura 39).

Pass MEB0: questo PASS rappresenta circa il 70% del fatturato in termini di ordinato ed anche la sua delocalizzazione nel tempo mostra un trend crescente (Figura 40).

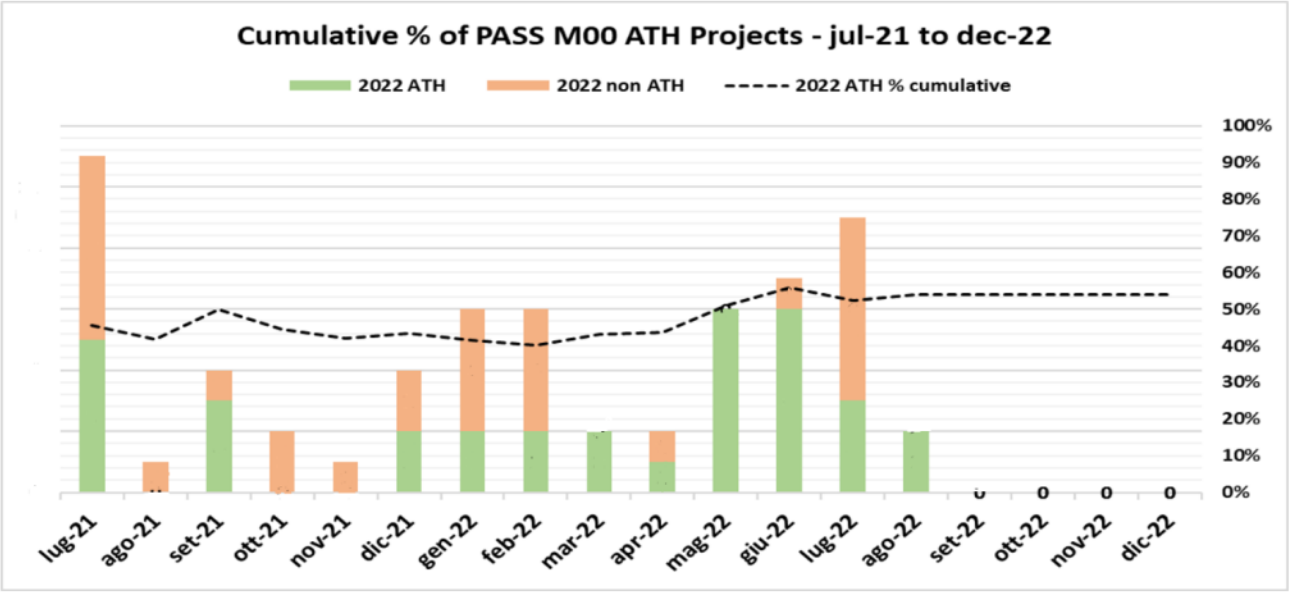


Figura 38: Andamento della delocalizzazione del PASS M00 (Hitachi Energy Italy S.p.A,2021)

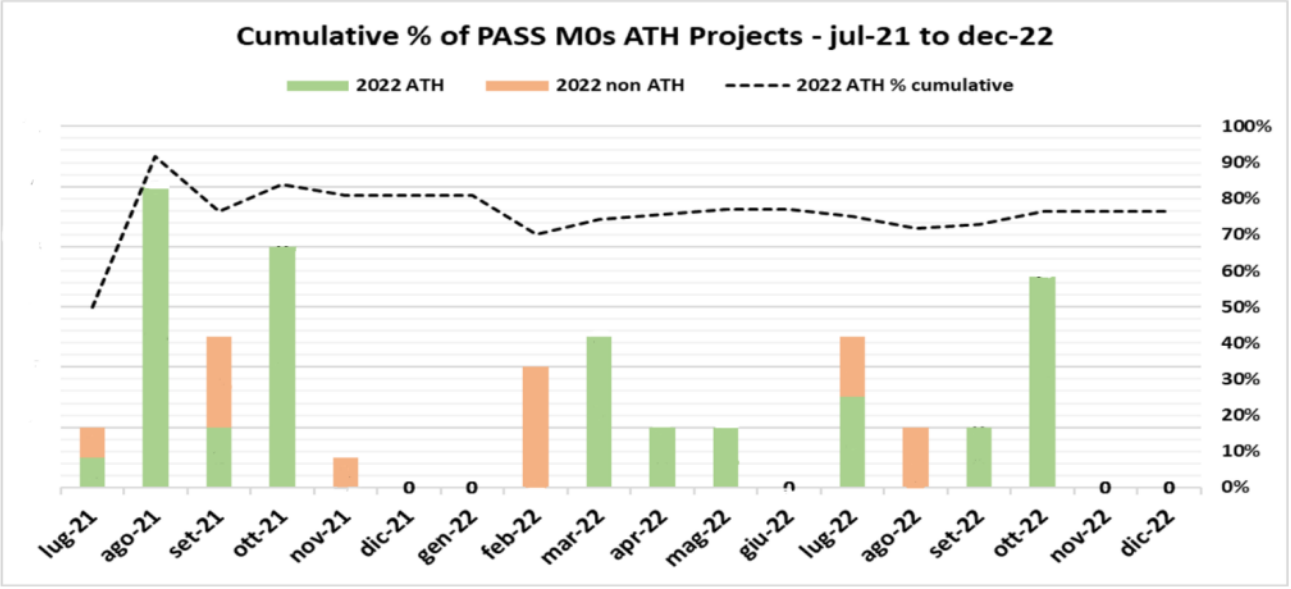


Figura 39: Andamento della delocalizzazione del PASS M0s (Hitachi Energy Italy S.p.A,2021)

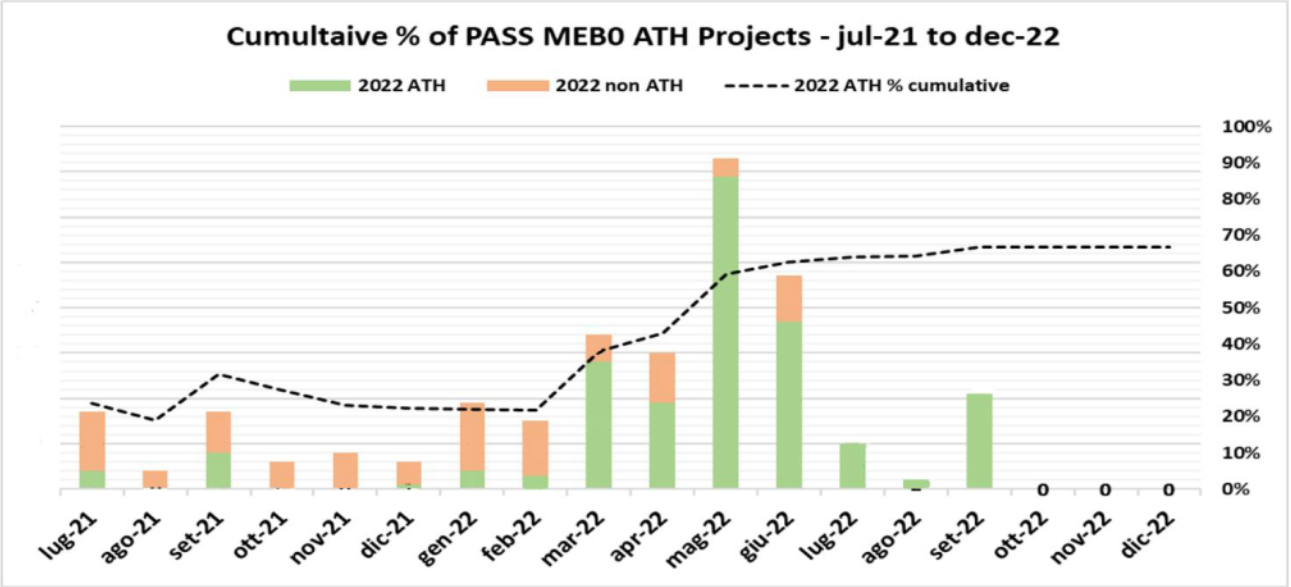


Figura 40: Andamento della delocalizzazione del PASS MEB0 (Hitachi Energy Italy S.p.A,2021)

I magazzini

Come descritto nel capitolo 4, la standardizzazione ha portato benefici anche nel magazzino tramite due punti di vista:

- il primo già descritto nello scorso capitolo è relativo all'1,8M€ di materiale obsoleto
- il secondo è dovuto al fatto che la liberazione del magazzino tramite questi materiali obsoleti e tramite la delocalizzazione in India ha permesso di riportare nei magazzini interni una merce di magazzino pari a circa 165k€ come descritto in Figura 41. In questa figura si può notare infatti il costo che Hitachi Energy S.p.A pagava per usufruire di magazzini esterni. Internalizzando questi costi sono diventanti un risparmio.

	Costo	Riduzione	% Riduzione	Costo ridotto/costo evitato
AS IS 2020	2.171.995 €	-	-	-
Costo del magazzino esterno	2.048.662 €	-123.333 €	-5,7%	Costo ridotto
Aggiustamento considerando inflazione	2.009.307 €	-39.355 €	-1,9%	Costo evitato

Figura 41: Circa l'8% di risparmio di magazzini esterni (Hitachi Energy Italy S.p.A,2021)

Il packaging

Il risparmio relativo al packaging era stato già accennato nel capitolo 4 tramite la deconteinerizzazione direttamente in magazzino. Il packaging, infatti, grazie al magazzino canti lever diventava a tutti gli effetti un cartone permettendo di risparmiare circa 70k€ l'anno su tutti i prodotti.

Riduzione dell'investimento in scorta

La creazione delle PBOM e l'analisi statistica effettuata avrebbero dovuto portare un grosso benificio in termini di investimento in scorte. Per vedere il successo di tale operazione è stato fatto un confronto tra il momento in cui è iniziata la delocalizzazione (settembre 2020) ed il momento in cui in India la produzione può considerarsi quasi satura. L'analisi sul magazzino in Italia, chiaramente, è stata fatta solo su quei componenti che erano all'interno dello scopo di fornitura del progetto Athena.

A settembre 2020, per questi prodotti risultava un magazzino pari a 4,8M$. A dicembre 2022 a Savli il magazzino era pari a circa 4M$. Si potrebbe dire che il risparmio è pari a circa 1M$ ma in realtà i dati confrontati in questo modo sono fuorvianti. Questo perché, per fare un'analisi corretta è necessario correggere tali numeri con la rotazione di magazzino. Si ricorda, infatti, che come descritto nel capitolo 2, molti fornitori dell'India attualmente sono ancora in Italia, di conseguenza il loro lead time di approvvigionamento è circa il doppio di quello italiano che, al contrario, ha una robusta

rete di fornitura vicina. I dati quindi potrebbero essere confrontati solo se si applicasse un indice di rotazione doppio in Italia rispetto a Savli. In questo modo il risparmio risulta ancora maggiore e sarà tale nel momento in cui l'India avrà creato anch'essa una rete di fornitura locale in grado di abbattere il suo lead time di approvvigionamento.

Riduzione del carico del collo di bottiglia

Nell'unità operativa di Lodi il collo di bottiglia principale risulta tutt'ora la funzione di ingegneria a causa del prodotto molto complesso e quindi di difficile ingegnerizzazione. L'uso del configuratore ha permesso di risparmiare tempo poiché tramite le opzioni già preimpostate di configurazione non era necessario creare un layout da zero del sottoassieme. In fase finale di configurazione l'output, infatti, è il layout in 3D del FM e la costruzione della BOM da inviare direttamente in India.

E' stata fatta una stima grazie alla funzione di R&D circa il carico di lavoro che l'uso del configuratore avrebbe ridotto in fase di progettazione. I risultati ottenuti sono un risparmio di 4h di lavoro su 16h per la costruzione totale di un layout e una creazione BOM del prodotto completo. Circa il 25% di riduzione sul collo di bottiglia.

La stima, inoltre, è stata effettuata con la funzione di R&D e non con la funzione di ingegneria; ciò presuppone che gli ingegneri abbiano maggiore dimestichezza nell'effettuare l'attività e, quindi, un'ulteriore riduzione del carico del di lavoro.

5.3 Conclusioni e limiti

Le sfide poste all'inizio del lavoro di tesi hanno condotto lo sviluppo di una serie di strategie che fino ad ora, in un ambiente ETO, non erano mai state implementate. I due punti fondamentali che hanno permesso il risparmio di costi mantenendo invariato il lead time di consegna finale del prodotto e la qualità dello stesso sono stati la standardizzazione ed un processo integrato di Sales&Operations grazie all'analisi statistica ed all'invenzione delle PBOM. Senza il primo punto non si sarebbe però potuto effettuare il secondo, viceversa senza la costruzione delle PBOM la gestione del magazzino non sarebbe stata costi efficiente considerata l'alta variabilità intrinseca del prodotto. Ad oggi, infatti, l'On Time Delivery della Feeder Factory è del 100%.
Il lavoro, tuttavia, oltre ai problemi sulla delocalizzazione descritti all'inizio del paragrafo 5.2, pone davanti ulteriori vincoli. Il processo particolarmente lungo e complesso prevede molti attori in gioco, motivo per cui molti aspetti vanno migliorati e implementati con il tempo. Anche da un punto di vista di incentivi vi sono diverse criticità che il modello non è ancora in grado di risolvere. L'idea è quella di riuscire a trovare nel tempo delle soluzioni che sulla base del modello attuale permettano agli attori a valle e a monte di trovare un incontro comune.

Bibliografia

Amaro, G., L. Hendry, and B. Kingsman. 1999. *"Competitive Advantage, Customization and a New Taxonomy for Non-make-to-stock Companies."* International Journal of Operations & Production Management.

Briscoe, G., Dainty, A., 2005. *Construction supply chain integration: an elusive goal?* Supply Chain Management. International Journal of Production Economics

C. Hicks, T. McGovern, C.F. Earl
Supply chain management: a strategic issue in engineer to order manufacturing
International Journal of Production Economics.

Davenport, T.H. (1998) *Putting the Enterprise into the Enterprise System*, Harvard Business Review.

Gosling, J., Naim, M.M., 2009. *Engineer-to-order supply chain management: a literature review and research agenda*. International Journal of Production Economics.

Hicks, C., Mcgovern, T., Earl, C.F., 2000. Supply chain management *A strategic issue in engineer to order manufacturing*. International Journal of Production Economics.

Little, J. D. C. (1961). "*A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$*". Operations Research.

Rahim, R. A., and S. N. Baksh. 2003. "*The Need for a New Product Development Framework for Engineer-to-order Products.*" European Journal of Management.

Pinedo Michael L., *Planning And Scheduling In Manufacturing And Services*, Springer, 2009

Sitografia

[1] "Problems and Challenges of Global Sourcing". J Ö N K Ö P I N G I N T E R N A T I O N A L B U S I N E S S S C H O O L. Master thesis within BUSINESS ADMINISTRATION.

[2] https://www.spendedge.com/service/low-cost-country-sourcing-best-cost-country-sourcing

[3] China Minimum Monthly Wages - 2021 Data - 2022 Forecast - 2006-2020 Historical - Chart (tradingeconomics.com)

[4] Metodologia Lean Six Sigma: definizione, benefici, certificazione - Considi