

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Meccanica

**Tesi di Laurea Magistrale: Analisi di uno studio
di preindustrializzazione, conversione di un
veicolo commerciale alla versione elettrificata.**



Relatrice:
Prof. Eleonora Atzeni

Candidato:
Mosca Alberto

Anno accademico 2019/2020

Sommario

1	Ringraziamenti	6
2	Sommario	7
3	Metodi studio pre-design produttivo	8
3.1	Approvazione dello stile	8
3.2	Obbiettivi di costo, di performance e qualità del veicolo e dei componenti.....	9
3.3	rilasciato BOM dettagliato	10
3.4	Aggiornamento della FMEA di prodotto	11
3.5	Validazione del concept da parte del cliente	12
3.6	Strategia dell'Advanced Manufacturing e Process Engineering	12
3.7	Tutti gli studi di progetto sono completi e disponibili, tutti i controlli di processo sono in uso e con loro la procedura ECR.	12
3.8	Assemblaggio: Validazione, prove, start-up.....	13
4	Advanced Manufacturing Engineering	14
4.1	Fattibilità e Pre-project	15
4.1.1	Fattibilità	15
4.1.2	Pre-project	15
4.2	Definizione del livello tecnologico della produzione	15
4.3	Stesura di lay-out preliminare.....	15
4.3.1	Produttività	16
4.3.2	Flessibilità.....	16
4.3.3	Layout- Flessibilità vs. Produttività	19
4.4	Macro ciclo	31
4.5	Sequenza	32
4.6	Attrezzatura.....	33
4.6.1	Scelta avvitatori.....	34
4.7	Definizione dei tempi ciclo	37
4.7.1	Ciclogrammi	37
4.8	Valutazione delle diverse alternative in termini di layout e processo.....	39
4.9	Valutazione d'investimento e del costo del lavoro (costo vs. budget)	39
4.9.1	Costi.....	39
4.9.2	Investimenti/ROI	40
5	Process Engineering	41
5.1	Stesura dettagliata del timing plan con ruoli e responsabilità per lo sviluppo del process engineering(Development)	41
5.2	Conferma dei Long Lead Time Tooling.....	41

5.3	Ricerca risorse per lo sviluppo e per supporto tecnico.....	41
5.4	Visual BOM(quadri di montaggio).....	42
5.5	Progettazione dettagliata linea e stazioni di lavoro.....	42
5.6	Studi di Fattibilità e simulazioni di assemblaggio.....	42
5.6.1	Schede Issue.....	42
5.7	Compilazione cartellini di lavoro.....	44
5.8	Studi di ergonomia.....	46
5.8.1	Metodologia.....	46
5.9	Stesura delle FMEA di processo.....	49
5.10	Compilazione WCM e organizzazione delle postazioni di lavoro.....	50
5.10.1	SMP.....	50
5.10.2	SOP.....	51
5.10.3	Schede di manutenzione pianificata.....	51
5.10.4	Calendario CIL-R.....	51
5.10.5	Machine Ledger.....	52
6	Studio.....	53
6.1	Introduzione al caso.....	53
6.2	Propulsione e tecnologia veicolo elettrico.....	55
6.2.1	Il cambio.....	55
6.2.2	La frenatura.....	56
6.2.3	Powertrain.....	57
6.2.4	Tubo urto palo.....	66
6.2.5	Cavi HV e LV.....	67
6.2.6	Presa carica.....	68
6.2.7	Pinza freno elettrica Brembo.....	69
6.2.8	OBU.....	71
6.2.9	Tubi Raffreddamento/Riscaldamento.....	71
6.3	Analisi generale fasi produzione veicolo.....	75
6.3.1	BIW(Body In White).....	75
6.3.2	Assemblaggio.....	77
6.4	Definizione livello tecnologico produzione.....	81
6.5	Layout preliminare.....	83
6.6	Macro ciclo.....	87
6.6.1	Takt time.....	87
6.6.2	Stazioni lavorative.....	88
6.7	Sequenza e attrezzatura.....	94

6.7.1	Sequenza	94
6.7.2	Riepilogo Attrezzatura e impianti	106
6.8	Definizione ciclogrammi	108
6.8.1	Analisi generale tempi	108
6.8.2	Stazione 30.....	109
6.9	Valutazioni layout e analisi simulazione	114
6.9.1	Analisi generale.....	114
6.9.2	Analisi stazione 30.....	117
6.10	Studi di Process.....	117
6.10.1	Visual BOM.....	118
6.10.2	Verifiche di fattibilità	120
7	Conclusioni.....	127
8	Bibliografia	128
9	Sitografia	129

1 Ringraziamenti

Ringrazio tutta la mia famiglia per aver sempre creduto in me. In particolare mia mamma Laura per avermi sempre spronato, mio papà Claudio per non avermi mai fatto mancare nulla e mia sorella Francesca che mi ha incitato puntare sempre in alto.

Ringrazio la mia seconda famiglia Davide, Francesca, Pierluigi, Pietro e Silvia per aver sempre sopportato i miei disastri, per le infinite risate e i bei momenti condivisi.

Infine ci terrei a ringraziare C.A.A.R sede del mio stage e del successivo percorso di tirocinio e tesi, per avermi messo a disposizione i mezzi per completare lo studio. I colleghi Alessio, Gabriele, Giovanni e Marco per i numerosi consigli e per aver reso piacevoli le giornate di lavoro.

2 Sommario

Durante la mia permanenza in azienda sono stato allocato nell'ufficio di Advanced Manufacturing Engineering. In questo si vanno a realizzare tutte quelle attività di pre-design del processo produttivo, necessarie per i successivi studi di progettazione vera e propria delle attrezzature e delle stazioni lavorative.

In seguito, si dà un quadro completo di queste attività e delle modalità d'approccio dell'azienda stessa, andando a soffermarsi su quelle principalmente coinvolte nella commessa di studio della tesi.

Quest'ultima tutt'ora è attiva in azienda e comprende gli studi che vanno dalla strategia del manufacturing a studi completi di fattibilità di montaggio, tutto ciò per il processo di conversione di un veicolo commerciale a combustione interna in elettrico, che verrà dettagliato in seguito.

Nel caso studio in'esame si riporta un'analisi delle attività da me seguite indicando le modalità di esecuzione e la logica con cui si è operato, queste non comprenderanno la totalità degli studi necessari data la mole della commessa ma mostreranno comunque la sequenza di operazioni e le modalità operative dietro questa tipologia di studio.

3 Metodi studio pre-design produttivo

Nel capitolo verranno presentate e commentate le fasi generali di uno studio di pre-design produttivo, in seguito poi verranno dettagliate quelle che maggiormente interessano lo studio in esame.

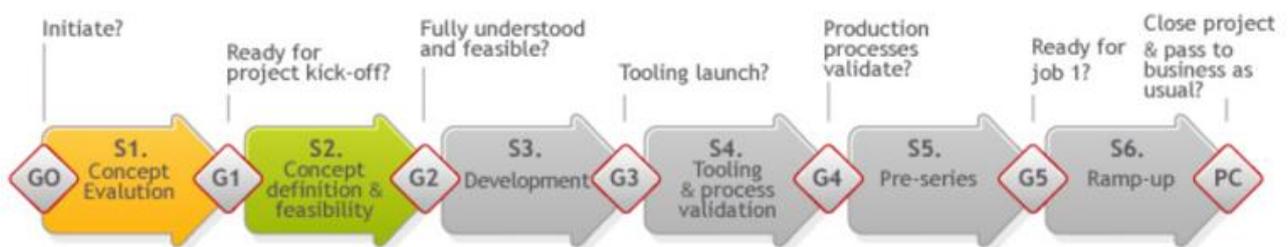


Figura 1 - Fase S2 "Pre-Design"

Fasi del pre-design produttivo:

- 1) Approvazione dello stile;
- 2) Obiettivi di costo, di performance e qualità del veicolo e dei componenti;
- 3) Rilasciato BOM dettagliato;
- 4) Aggiornamento della FMEA di prodotto;
- 5) Validazione del concept da parte del cliente;
- 6) Strategia dell 'Advanced Manufacturing e Process engineering;
- 7) Tutti gli studi di progetto sono completi e disponibili, tutti i controlli di processo sono in uso e con loro la procedura ECR;
- 8)Assemblaggio: Validazione, prove, start-up.

3.1 Approvazione dello stile

Questa fase è una delle ultime fasi del processo di Product design.

Fase in cui ci si occupa del processo creativo del prodotto a partire dalle richieste del cliente, con studi di analisi di mercato per designare un prodotto in linea con il target aziendale e le esigenze di eventuali clienti. In seguito, vi è la fase di creazione vera e propria del prodotto con ausilio di software CAD 2D e 3D, con successiva scelta di materiali e tecnologia di produzione con continue modifiche e aggiornamenti del progetto a seconda dei feedback ricevuti. Al termine di questo processo c'è l'approvazione dello stile e l'avvio del processo di ingegnerizzazione del prodotto.

3.2 Obiettivi di costo, di performance e qualità del veicolo e dei componenti

In questa fase si devono definire gli obiettivi del nostro progetto.

Per seguire l'andamento del progetto è utile definire quali standard devono seguire le metriche di progetto (costi, tempi, risorse, qualità, rischi e modifiche all'ambito di progetto).

Queste metriche vengono ricondotte ad alcuni indicatori specifici, standard o definiti in base alle caratteristiche del progetto.

L'utilizzo di questi è utile per tenere traccia dell'andamento delle variabili di progetto in modo tale da correggere il tiro quando escono dai parametri stabiliti.

La definizione degli indicatori e dei criteri di misurazione spetta al project manager insieme al team di progetto.

Le valutazioni di questi indicatori consentono di:

- Individuare le problematiche tempestivamente;
- Focalizzare le forze del team sulle problematiche rilevanti;

La gestione delle metriche di progetto è un processo che si articola in:

- definizione degli obiettivi di progetto e dei criteri per misurarne il raggiungimento;
- creazione di un insieme bilanciato di metriche ed indicatori;
- definizione delle soglie critiche per ciascun indicatore;
- analisi dello stato avanzamento lavori;
- valutazione finale del progetto sulla base delle metriche adottate.

Indispensabili sono gli indicatori per valutare le spese di progetto e per il calcolo dell'Earned Value. Sulla base dei valori riscontrati possono essere avviate azioni correttive o miglioramenti ai processi per renderli più efficienti ed efficaci.

Molti indicatori vengono usati per mantenere adeguato lo standard e qualitativo e per verificarne il durante il ciclo di vita del progetto.

L'utilizzo di questi diventa sempre più importante al crescere dell'estensione del progetto, progetti estesi permettono misurazioni e raccolta dati. In questo caso vista la durata notevole del progetto risulta fondamentale la verifica del mantenimento dei trend che si erano prospettati.

In ogni progetto comunque gli indicatori che vanno sempre definiti sono quelli relativi a investimenti, forza lavoro, qualità e tempistiche.

Le metriche risultano fondamentali non solo per misurare i trend ma anche per ciò che concerne l'organizzazione e il management del progetto.

Documento estremamente utile di largo utilizzo in azienda è il timing plan, qui sotto ne è riportato un estratto riguardante il progetto citato.

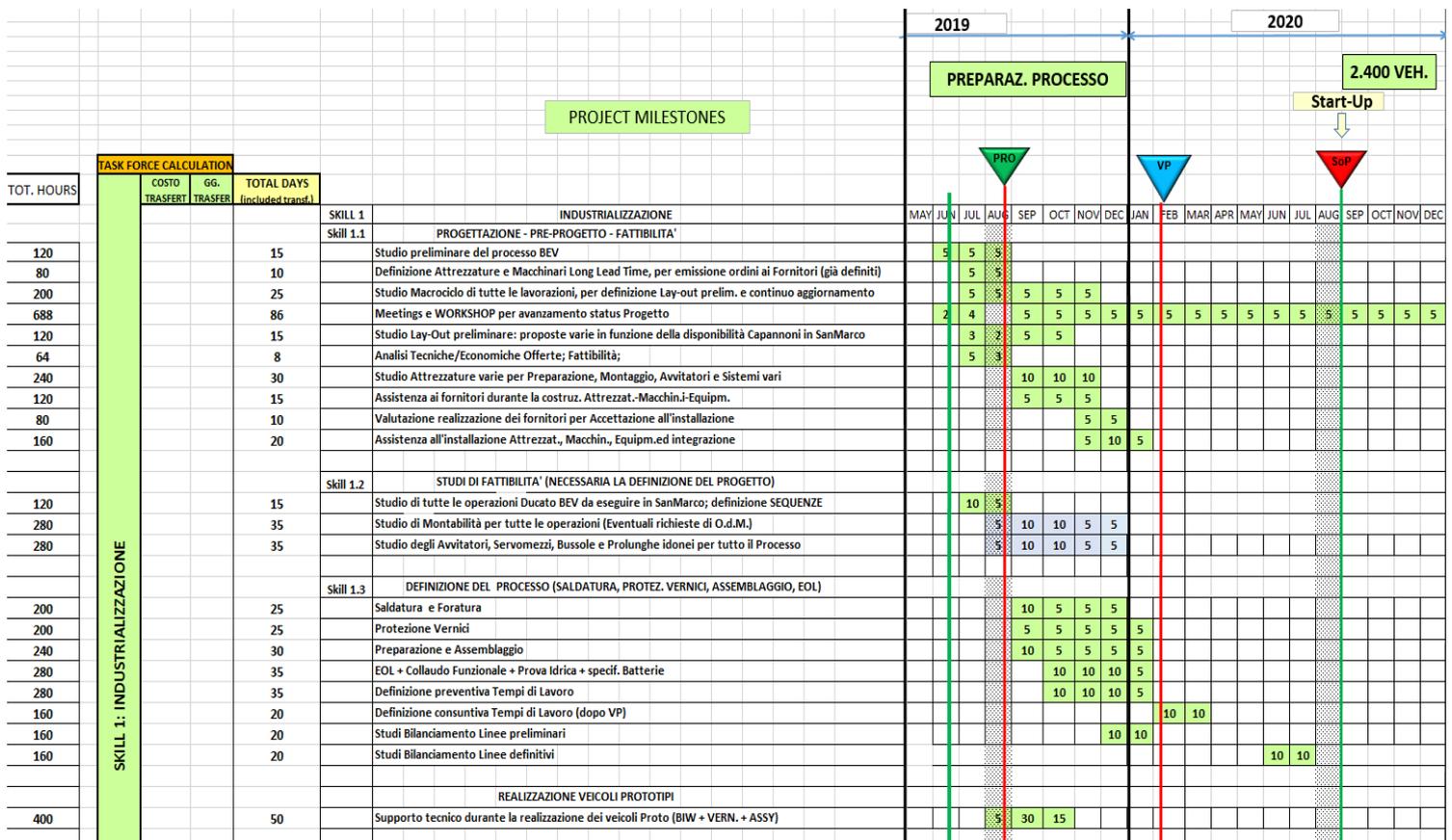


Figura 2- Timing Plan

A sinistra si hanno le ore che si intende dedicare ad ogni fase del progetto, a seguire un'idea generale dei giorni che saranno occupati da quella attività e tra queste due gli eventuali giorni di trasferta per seguire le fasi di prototipazione o di ispezione in loco delle future aree di produzione. Nella parte centrale vengono riportate in un'ideale sequenza temporale le attività da svolgere, queste nella maggior parte si sviluppano simultaneamente come si può notare nel tabulato a destra, che permette rapidamente di individuare il punto in cui il progetto si trova permettendo eventuali correzioni.

3.3 rilasciato BOM dettagliato

Una distinta base (in inglese Bill of Materials - BOM) è l'elenco di tutti i componenti, sottoassiemi, semilavorati e materie prime necessari per realizzare un prodotto.

Una distinta base è organizzata gerarchicamente, e si rappresenta come un albero, con la forma simile ad un albero genealogico, con in testa il prodotto finito, ed a scendere nei vari livelli si trovano i sottoassiemi, i semilavorati e le materie prime. Per convenzione la cima dell'albero, ovvero il prodotto finito, si trova a livello zero. I suoi componenti diretti sono a livello uno, e così via.

Una distinta base definisce quindi un prodotto così com'è progettato, come è costruito o come è mantenuto, rappresentando diverse viste della struttura del prodotto. Di conseguenza, in funzione del metodo utilizzato per definirla o dello scopo per cui è stata pensata, sono diversi i tipi di

distinte base disponibili e quindi l'insieme di attributi associati alle singole voci; la scelta è da effettuare di volta in volta in funzione dall'ambito a cui è destinata.

Qui sotto è riportato un esploso raffigurante le componenti principali del veicolo, interessante è l'analisi delle componenti salienti che caratterizzano un veicolo elettrico.

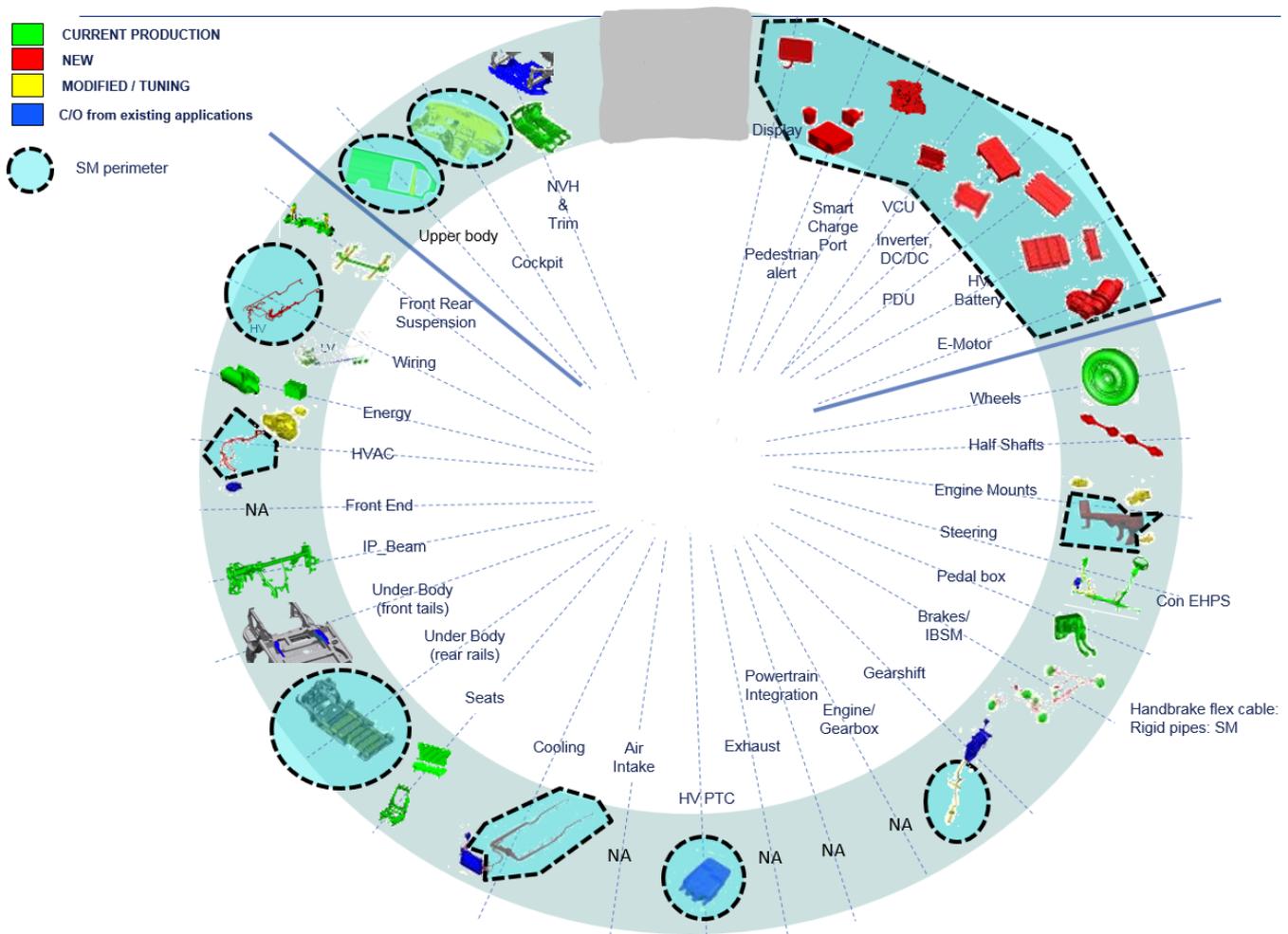


Figura 3- Bom del veicolo

3.4 Aggiornamento della FMEA di prodotto

La FMEA (Analisi dei modi e degli effetti dei guasti, dall'inglese Failure Mode and Effect Analysis) è un sistema per analizzare dettagliatamente quali sono le modalità di guasti di un prodotto o sistema e quali cause generino. Generalmente si tratta di un'analisi preventiva su base teorica che non è validata da prove sul campo, quindi necessita dell'adeguate esperienza per essere stilata. Inizialmente si deve suddividere il nostro sistema/prodotto in sottogruppi fino ad arrivare alle sue parti elementari. Ora analizzando ogni "sottosistema/sottoprodotto", occorre elencare tutti i possibili modi di guasto, e per ciascuno:

- indicare le possibili cause;
- indicare i possibili effetti;
- indicare come si può prevenire il guasto;

Nel caso di FMEA di processo, prevengono o rilevano carenze produttive che possono sfociare nello stesso modo di guasto.

Per tutte le combinazioni modo di guasto-causa si devono valutare tre fattori:

- P = probabilità di accadimento;
- G = gravità dell'effetto;
- R = possibilità di rilevamento da parte dei controlli;

Per ognuno i valori variano da 1 a 10, in cui per P e G, 1 rappresenta la condizione di minimo rischio e 10 quella di massimo rischio, per la voce "R" minore è il punteggio maggiore è la possibilità di rilevamento del modo di guasto. I punteggi vanno assegnati seguendo tabelle specifiche(ad esempio quelle stilate da AIAG, VDA ecc..), inoltre questi fattori variano non linearmente per permettere il corretto bilanciamento tra i vari fattori.

Questo permette di individuare le criticità di progetto andando a calcolare RPN e ad evidenziare quelle sopra una certa soglia:

$$RPN = P \times G \times R$$

La FMEA può essere poi ripetuta a seguito delle azioni migliorative, per verificare se i valori di RPN sono diminuiti.

3.5 Validazione del concept da parte del cliente

Nel caso in cui si lavori per un cliente esterno (ovvietà nel mondo della consulenza), si deve a questo stato di avanzamento del progetto avere un riscontro positivo del cliente sulle attività svolte finora e sul concept previsto per le attività future. Questo è indispensabile per essere certi di avere una solida base futura su cui lavorare.

3.6 Strategia dell'Advanced Manufacturing e Process Engineering

Su questa fase e le sue attività si è incentrato maggiormente lo studio (principalmente sul primo citato). Alcune di queste vanno anche a sconfinare con attività precedenti in quanto si copre un campo ampio dell'ingegnerizzazione dove sono comprese moltissime attività.

Per questi motivi si rimanda l'analisi successivamente in un capitolo dedicato e in maniera più accurata. I due campi sono strettamente interconnessi tra loro, comune a livello temporale è la contemporaneità di differenti attività.

3.7 Tutti gli studi di progetto sono completi e disponibili, tutti i controlli di processo sono in uso e con loro la procedura ECR.

Un'ECR (engineering change request) è un modulo utilizzato per descrivere un suggerimento di miglioramento o un problema con il prodotto/processo. Il modulo avvia il processo di modifica e promuove discussioni all'interno del team per determinare l'impatto di questo cambiamento e le migliori soluzioni possibili.

L'ECR è consegnato e rivisto tra le principali parti interessate, questo è il predecessore dell'ECO (engineering change order), che descrive i dettagli del cambiamento (una volta effettuato) e specifica perché sono stati implementati.

Lo standard di questo modulo è fondamentale per i dipendenti per capire e suggerire cambiamenti e fornisce un metodo per documentare problemi, risposte, proporre soluzioni e definire le conseguenze quando certe problematiche vengono rimandate. L'ECR mostra le origini di un problema, le discussioni delle opzioni e le riflessioni dietro le scelte fatte.

3.8 Assemblaggio: Validazione, prove, start-up

Questa fase rappresenta tutte le operazioni che vanno eseguite per l'avviamento della produzione, dopo aver ottenuto la validazione del progetto. Dall'installazione della linea alla produzione dei primi veicoli pre-serie, qui in seguito si vanno ad elencare tutte le macro-operazioni:

- Validazione dei macchinari e attrezzatura;
- Validazione del processo produttivo;
- Supporto della rampa produttiva;
- Conferma pratica dei tempi ciclo;
- Training dei team leader (operativi);
- Assistenza durante lo Start-Up;
- Collezione dati sulla qualità del prodotto e sul processo;
- Miglioramenti sul processo;

4 Advanced Manufacturing Engineering

Branca di studi che comprende la base su cui andranno poi a svilupparsi studi di progettazione attrezzi e linea.

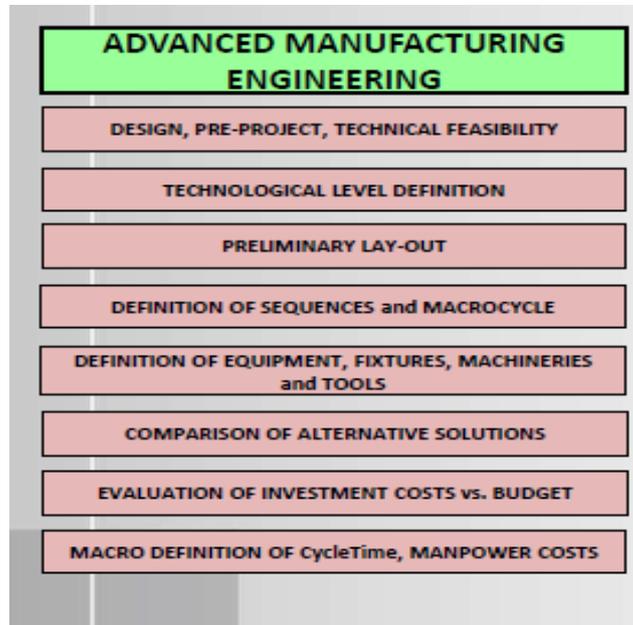


Figura 4- Fasi Manufacturing Engineering

Qui in seguito vengono riportate le principali attività dell'Advanced Manufacturing:

- Il prodotto deve essere completamente definito in modo da partire con gli studi di pre-progettazione. Tutti gli studi di fattibilità del progetto devono essere completi (da non confondere con fattibilità del processo);
- Definizione del livello tecnologico della produzione;
- Stesura di lay-out preliminare in modo da poter individuare in massima i diversi reparti e zone di lavoro;
- Definizione dei documenti di sequenza e macrociclo;
- Definizione dell'attrezzatura necessaria;
- Definizione dei tempi ciclo;
- Valutazione delle diverse alternative in termini di layout e processo;
- Valutazione d'investimento e del costo del lavoro (costo vs. budget);

4.1 Fattibilità e Pre-project

4.1.1 Fattibilità

Uno studio di fattibilità deve definire la validità di una nuova iniziativa, indicando una linea e piano da seguire e stimando l'investimento e le risorse necessarie. Lo studio deve evidenziare quali sono rischi del progetto cercando di delineare le sue forze e le sue debolezze, stimando eventualmente il tasso di rischio.

Con lo studio s'intraprende un percorso di analisi del progetto che ne valuta la bontà ed eventualmente in caso positivo una dettagliata analisi per confermare ciò che è stato inizialmente osservato.

Non esiste un modello standard per studi di questa tipologia (pre-fattibilità). Pertanto, gli studi possono svilupparsi in differenti modalità e con differenti gradi di approfondimento, in relazione al tasso di rischio e al capitale da investire.

Lo studio identifica le opzioni che hanno profili di rischio moderato ed una redditività superiore ad impieghi alternativi di capitale e di risorse organizzative.

Lo studio di fattibilità deve contenere una descrizione esaustiva dei seguenti elementi:

- mercato di riferimento;
- proiezioni economiche e finanziarie;
- strutturazione finanziaria;
- permessi ed autorizzazioni;
- situazione attuale;
- caratteristiche del progetto (infrastrutture, impianti, bilanci di materia, energia e flussi, fattori di produzione, ecc.);
- obiettivi del progetto;
- strutturazione contrattuale;
- quadro normativo;

4.1.2 Pre-project

Fase prettamente di studio per inquadrare il processo produttivo.

Quali sono le lavorazioni da effettuare? come e in che sequenza verrà assemblato il veicolo? come verrà movimentato all'interno dello stabilimento?

Queste sono le domande da porsi in questa fase, andando a individuare possibili soluzioni che verranno sviluppate in seguito. Fondamentale rimane l'individuazione di tutte le tappe fondamentali e critiche del processo.

4.2 Definizione del livello tecnologico della produzione

Prettamente si tratta di una decisione del cliente a fronte di quello che necessita la produzione e in funzione soprattutto della qualità del prodotto che si vuole ottenere.

4.3 Stesura di lay-out preliminare

Attività alla quale mi sono dedicato per largo tempo in azienda e che quindi necessita di adeguata introduzione. In questa fase si tratta perlopiù di cercare individuazione generale delle zone lavorative, la divisione delle stazioni di lavoro e la scelta dei sistemi di trasporto. Per analizzare a fondo lo studio di un layout è necessario introdurre due concetti fondamentali, la produttività e la flessibilità.

4.3.1 Produttività

Il significato di "produttività" è molto vasto, in relazione al suo scopo e al suo contenuto operativo. Intuitivamente in funzione della produttività si può dire : una maggiore produttività comporta un calo dei costi di produzione, di conseguenza si ha un abbattimento del costo del singolo prodotto, mantenendo una posizione competitiva nel campo di riferimento.

Un'altra conseguenza diretta di una maggiore produttività è che, se si produce di più crescono i salari dei lavoratori e crollano le ore lavoro.

La produttività può essere definita in molti modi:

- la riduzione dello spreco di risorse quali il lavoro, i macchinari, i materiali, l'energia, lo spazio, il tempo, il capitale, ecc.
- l'attività umana necessaria per produrre sempre di più con minori risorse, in modo che i prodotti possano essere acquistati a prezzi abbordabili da un gran numero di persone.

La produttività in definitiva mira ad utilizzo intelligente delle risorse a propria disposizione, con lo scopo di produrre sempre di più a un costo più basso, tendenza che va in conflitto con quelle che sono le caratteristiche della flessibilità.

La produttività è direttamente connessa all'efficienza e quindi volta ad uno studio continuo per ottimizzare gli spazi produttivi, le condizioni di lavoro e le sequenze delle varie attività in modo che il lavoro venga reso più intuitivo e fluido.

Tendenzialmente si va a confondere i concetti di produttività e produzione. La produzione è un'attività il quale scopo è di convertire materie prime in prodotti finiti in modo tale che quest'ultimi abbiano acquisito un valore maggiore.

La produzione di un qualsiasi bene si limita semplicemente alle quantità di merce prodotta senza andare ad analizzare le modalità con le quali la si ottiene e i consumi di materie prime.

La produzione cresce aumentando le ore di lavoro, assumendo più lavoratori o acquistando più macchinari ma ciò non comporta necessariamente una crescita della produttività. La produttività, è una vera e propria misura della performance di un'azienda nel suo complesso. A livello matematico la produttività si calcola come:

$$Produttività = \frac{Qnt. Prodotto finito}{Qnt. Materie prime}$$

4.3.2 Flessibilità

Il discorso su questa caratteristica verterà principalmente su tre parti:

- La definizione
- La classificazione ovvero il dimensionamento della prestazione
- La misurazione

4.3.2.1 Le definizioni di flessibilità dei sistemi produttivi

Le definizioni di flessibilità produttiva sono varie e molteplici ma soprattutto è un fattore difficilmente misurabile, sotto viene riportato un tabulato riepilogativo sulle definizioni letterali del termine o a seconda del contesto aziendale in cui ci troviamo.

		APPLICAZIONE DELLA DEFINIZIONE	
		ALTRE DISCIPLINE	CONTESTO AZIENDALE
ORIGINE DELLA DEFINIZIONE	ALTRE DISCIPLINE	<ul style="list-style-type: none"> • come caratteristica dell'interfaccia tra un sistema ed il suo ambiente • come grado di controllo omeostatico e efficienza dinamica • come capacità di adattam/cambiam. 	ampiezza degli stati raggiungibili e tempo per raggiungerli (a causa della variabilità della domanda e dell'incertezza)
	CONTESTO AZIENDALE	/	<ul style="list-style-type: none"> • bassi costi del cambiam. (<i>approccio economico</i>) • cambiamento "senza dis-organizzazione" (<i>approccio organizzativo</i>) • cambiamenti di volume, mix, prodotto e processo (<i>approccio operativo</i>) • cambiamenti di priorità competitive e business (<i>approccio strategico</i>)

Tabella 1- Definizioni di flessibilità

Andando in specifico ad analizzare le definizioni applicate al contesto aziendale si classificano varie tipologie di flessibilità:

- flessibilità di stato: è la capacità di funzionare nonostante il cambiamento delle condizioni operative;
- flessibilità di azione: è la capacità di variare lo stato d'esercizio del nostro sistema, con brevi transitori e a bassi costi;
- flessibilità di "range": va misurare la capacità di variazione in termini di range di volume e prodotto del nostro sistema valutando sia il tempo che il costo;
- flessibilità di risposta: la seconda è un aspetto dinamico, di cambiamento da uno stato ad un altro, ed è tipicamente misurata su un orizzonte temporale di breve periodo e in assenza di sensibili variazioni di costo.

La prestazione di flessibilità può essere analizzata come "range" di valori ovvero numero di stati raggiungibili:

- in assoluto;
- entro un certo limite di tempo;
- entro un certo limite di costo;
- entro un certo limite di tempo e di costo.

4.3.2.2 *Classificazione delle flessibilità dei sistemi produttivi*

Flessibilità elementari, in quanto misurate da indicatori indipendenti fra di loro; possono essere considerate flessibilità “elementari” le flessibilità:

- di mix : capacità di modifica, il quantitativo di mix di prodotti attualmente in produzione senza costi aumentare i costi;
- di volume : capacità di variazione dei volumi sistema produttivo in termini di spese e tempistiche;
- di espansione: capacità del sistema produttivo di espandere l’area dello stabile in termini di costo e tempo;
- di produzione : capacità in termine di varietà di prodotti attuale dello stabile(profondità di gamma);
- di prodotto : capacità di variare i volumi di produzione di un prodotto senza inficiare eccessivamente sui costi;
- di tecnologia ovvero di operazione : capacità di introdurre nuove lavorazioni//operazioni senza spese eccessive;

Le suddette flessibilità elementari sono classificate in relazione alle perturbazioni che portano a richiedere tali flessibilità, distinguendo le perturbazioni per tipo (quantitative oppure qualitative) e per entità (di “range”, piccole o grandi).

4.3.2.3 *La misurazione della flessibilità dei sistemi produttivi*

Nonostante il grande interesse verso la flessibilità di tutti coloro che mirano a un improving continuo del proprio sistema produttivo, la misurazione della flessibilità come già citato in precedenza rappresenta ancora un tema tutt’altro che sviluppato.

L’esistenza di differenti tipologie di flessibilità rende complicato l’ottenimento di un unico indicatore; questo si potrebbe ottenere tramite una somma di punteggi parziali del sistema rispetto alle varie flessibilità per arrivare ad ottenere un indicatore unico aggregato.

Si possono considerare due attributi discriminanti della flessibilità:

- L’oggetto della variazione indicato per ogni colonna;
- Le caratteristiche della variazione indicate su ogni riga, queste ultime si concretizzano definendo: Le condizioni di stato(o di partenza) ovvero l’attuale condizione del sistema rispetto all’oggetto in verifica; il tipo di transizione ovvero la durata in termini temporali del cambiamento del sistema;

L’utilizzo delle variabili condizioni di stato e tipo di transizione (reversibili e irreversibili) ci consente di pervenire alla classificazione delle flessibilità dei sistemi produttivi di tabella 2, se consideriamo tre tipi di “oggetti” che variano:

- Volumi;
- Prodotto;
- Processo;

Ne conseguono nove classi di flessibilità, all'interno delle quali si collocano le principali definizioni riscontrate.

		Oggetto de la varia- zione	VOLUME	PRODOTTO	PROCESSO
		Orizzonte temporale			
FLEX DINAMICA	Breve termine (transizioni reversibili)	Flessibilità ai volumi	Flessibilità al mix	Flessibilità ai cicli produttivi	
	Lungo termine (transizioni irreversibili)	Flessibilità all' espansione	Flessibilità ai prodotti	Flessibilità alla tecnologia	
FLEX STATICA	Oggi (condizioni di stato)	Capacità produttiva	Ampiezza e profondità di gamma	Ampiezza de lle fasi de l pr ocesso pr odu ttivo	

Tabella 2 - classificazione unitaria delle flessibilità dei sistemi produttivi

4.3.3 Layout- Flessibilità vs. Produttività

4.3.3.1 Definizione

Con il termine layout si va a indicare la disposizione in termini spaziali dei reparti e di tutte le componenti fisiche dell'azienda:

- Impianti;
- Attrezzature;
- Magazzini;

Infatti per il BIT(Bureau international du travail) con layout s'intende :“per layout di una fabbrica, di uno stabilimento, di un'area di lavoro si intende la dislocazione dei reparti o delle officine nell'ambito della fabbrica, e delle macchine, dei posti di lavoro e dei depositi nelle aree lavorative, inclusi, ove sia il caso, gli uffici ed i servizi aziendali relativi”.

Il layout rappresenta una problematica da cui non si può prescindere a livello aziendale. Sia in fase di progettazione che di sviluppo dell'impianto, il layout rappresenta il fattore principale al quale concedere maggior attenzione.

4.3.3.2 *Il Facility Layout Problem*

Il Facility Layout Problem (FLP) è definito come la ricerca del posizionamento, della forma e dell'orientamento dei reparti all'interno di un impianto.

Principalmente si possono individuare questi principali sprechi:

- gestione non corretta dei magazzini;
- sovrapproduzione;
- ritardi nella produzione;
- processi non necessari;
- difetti nella produzione;
- movimentazioni eccessive o non necessarie;

Molti degli sprechi individuati come le eccessive movimentazioni possono essere migliorati tramite una corretta progettazione del layout, comportando minori movimentazioni ottimizzando le disposizioni e gli spazi con conseguente risparmio economico (miglioramento del flusso produttivo).

Partire da una buona progettazione di base evita situazione di pesanti modifiche a causa d'inefficienze che comportano pesanti ritardi e ingenti costi monetari.

Il sistema produttivo è una componente critica in ciascun sistema manifatturiero e non; per tale ragione esso deve essere tenuto in considerazione quando si progetta un layout.

L'obiettivo di questi studi è incentrato sull'efficienza del sistema produttivo e miglioramento del suo flusso, sempre tenendo in considerazione alcuni vincoli:

- Requisiti di superficie dei reparti e dei livelli dell'edificio;
- Restrizioni alle posizioni dei reparti (i reparti non possono essere sovrapposti, devono essere disposti all'interno dell'edificio, alcuni devono essere fissati in una posizione altri non possono essere collocati in specifiche posizioni);

L'output di un facility layout problem è un block layout che definisce le aree occupate e le disposizioni dei vari reparti. Successivamente, compiendo un'ulteriore analisi, si ottiene il detailed layout, che specifica in dettaglio l'esatta posizione dei reparti, dei corridoi, dell'ubicazione dei punti di ingresso uscita (I/O), e il layout interno a ciascun reparto. Il detailed layout problem include problemi relativi all'organizzazione dei flussi, della disposizione dei macchinari e del disegno delle celle di produzione, nelle quali si assume che le macchine occupino eguali superfici di dimensioni standard.

4.3.3.3 *Obiettivi dello studio di un Layout*

In seguito vengono elencati a seconda delle complessive necessità di un'azienda i principali obiettivi dello studio di un layout:

- miglioramento e semplificazione del flusso produttivo;
- massimo efficientamento degli spostamenti/trasporti;
- sfruttamento massimo dell'area dello stabile;
- stazioni di lavoro in ergonomia che permettano un confortevole ambiente di lavoro;
- attenta valutazione degli investimenti;
- ottimizzazione del lavoro manuale;

4.3.3.3.1 Semplificazione del flusso produttivo

Obiettivo principale da perseguire nello studio è la semplificazione del processo produttivo, in quanto da esso dipendono fortemente il raggiungimento degli obiettivi prefissati del sistema produttivo. Di seguito si elencano le principali disposizioni da seguire per ottenerla:

- La scelta nel posizionamento d'impianti e attrezzature deve volgere al massimo grado di utilizzazione. Gli impianti ed il macchinario più costosi devono essere disposti in maniera tale da permettere l'utilizzazione in più turni. I sistemi di trasporto devono essere disposti in modo da poter coprire la più vasta area possibile;
- Un buon layout deve ridurre al minimo i ritardi di produzione e gli eccessi di scorte. Un opportuno bilanciamento delle linee di produzione e una loro disposizione intelligente è essenziale. È necessario sempre lo spazio dovuto tra i vari ingombri in modo tale da evitare ingorghi o code nel flusso produttivo o del materiale;
- Un buon layout deve considerare le esigenze di manutenzione del macchinario che deve essere disposto in modo da rendere le operazioni di manutenzione ordinaria quanto più spedite e semplici;
- Come già citato in precedenza un layout ottimamente studiato permette un miglioramento della produttività per raggiungere i target preposti;

4.3.3.3.2 massimo efficientamento degli spostamenti/trasporti

Con gli attuali miglioramenti tecnologici si assiste attualmente a una continua innovazione dei sistemi produttivi. L'idea attuale è quella di far converger il materiale dall'operatore e cercare di creare un flusso di trasporto il più lineare possibile.

In riferimento al settore automotive, nella linea di produzione il veicolo segue un percorso fino a giungere ad uno stato di semilavorato all'operatore, ora è sufficiente far giungere i componenti necessari per l'operazione nella stazione di riferimento perché l'operaio compia il suo compito, ciò riduce notevolmente le movimentazioni di materiale. Ma non avviene in tutte le realtà aziendali: vi sono molte situazioni dove i trasporti manuali sono i più economici, quindi il layout va curato attentamente poiché la riduzione della distanza di trasporto ha un effettivo significato economico.

4.3.3.3.3 sfruttamento massimo dell'area dello stabile.

Per un corretto uso dello spazio è necessario considerare non solo le esigenze delle aree di produzione e di immagazzinamento ma anche quelle destinate ai servizi e ai reparti ausiliari. La disorganizzazione dei magazzini, l'eccessiva ristrettezza delle aree produttive, l'esistenza di zone sottoutilizzate o addirittura inutilizzate, sono tutti indicatori di errata utilizzazione dello spazio. Il costo dello spazio, in questo senso, varia sensibilmente da stabilimento a stabilimento e può essere calcolato accuratamente, in termini di euro per metro quadrato.

4.3.3.3.4 stazioni di lavoro in ergonomia che permettano un confortevole ambiente di lavoro

Fattore critico che richiede particolare attenzione in fase di progetto, un ambiente di lavoro soddisfacente porta a un miglioramento generale del sistema produttivo. Una corretta postura di lavoro dell'operai, un posizionamento consono degli attrezzi, la corretta illuminazione della

postazione, una temperatura di lavoro adatta sono solo alcuni dei fattori da considerare in fase di studio. Fondamentali per il raggiungimento di quest'obiettivo è seguire le normative sull'ergonomia e sicurezza sul lavoro.

4.3.3.3.5 *attenta valutazione degli investimenti*

Gli investimenti di capitale vanno fatti in modi intelligente e dove comportano un effettivo miglioramento del processo produttivo. Non vanno acquistati macchinari se non saturati ad un livello accettabile nell'arco della produzione.

4.3.3.3.6 *ottimizzazione del lavoro manuale*

Una progettazione errata di layout può generare una perdita effettiva di ore lavorative, su base annua, molto elevata. Un buon layout non ne garantisce l'eliminazione, ma sicuramente riduce le perdite perché genera dei condizionamenti sia diretti che indiretti sul comportamento della manodopera:

- condizionamenti diretti: un layout inadeguato può causare gravi sperperi nel processo di produzione. Molte ore di lavoro possono andare perdute a causa di eccessive distanze tra il luogo di lavoro ed i punti di rifornimento di attrezzi e materiali. Ovviamente, un approfondito studio dei metodi ed un opportuno bilanciamento delle linee di produzione può contribuire in maniera sostanziale alla riduzione dei tempi improduttivi;
- condizionamenti indiretti: un'opportuna progettazione dello stabilimento può sensibilmente ridurre i costi di manutenzione. Molte operazioni possono essere rese più facili e spedite grazie ad un buon layout. Anche il lavoro d'ufficio può essere snellito sia per l'amministrazione che per la supervisione e il controllo. Teoricamente un supervisore deve essere sempre in stretto contatto con il suo reparto, quindi il suo ufficio si troverà nel reparto o nelle immediate vicinanze.

4.3.3.4 *Dati necessari allo studio*

Lo studio di un layout può essere suddiviso in tre fasi fondamentali: dopo un'attenta e completa raccolta dei dati, si passa alla ricerca delle possibili soluzioni giungendo, infine, alla scelta della soluzione migliore.

I dati necessari per svolgere uno studio sono:

- Mix di prodotti e loro volumi;
- Le lavorazioni e i cicli utilizzati;
- Volumi e dati caratteristici dei materiali da trasportare;
- Ingombro impianti e attrezzatura;
- La manodopera necessaria;
- Necessità dei servizi;
- Le esigenze dei reparti di manutenzione e dei magazzini;
- Variazioni future di produzione;

La raccolta dei dati si esegue normalmente avvalendosi di schemi predefiniti e tabelle da riempire. Strumento utile per configurare un processo è il diagramma origine-destinazione.

4.3.3.4.1 Il diagramma di origine-destinazione

Per definire una buona configurazione per processo, è necessario ridurre le distanze tra i reparti. In particolare si dovranno porre in prossimità i reparti con maggiore interscambio. Per valutare lo scambio di unità di carico tra i reparti, si costruisce il cosiddetto diagramma di origine-destinazione, anche nominato matrice delle intensità di traffico (fig. 5). Sulle righe sono riportati i flussi in uscita dalla macchina indicata nell'intestazione della riga stessa. Sulle colonne, invece, si trovano i flussi in ingresso alle stazioni indicate nell'intestazione di colonna. Sulla diagonale della matrice è indicata la somma delle righe e delle colonne. I valori della matrice tengono conto solo del traffico q_{ij} .

da \ a	MP	A	B	C	D	E	PF	Totale da
MP	106	50+24	32					106
A		248	50	24			50	124
B		50	212		24	32		106
C			24	96			24	48
D				24	112		32	56
E					32	64		32
PF							106	0
Totale a		124	106	48	56	32	106	

Figura 5 - Esempio matrice intensità di traffico

Un principio di disposizione per processo suggerisce di disporre i reparti che scambiano il maggior numero di unità di carico, nella zona centrale del layout (principio di centralità).

Analogamente, se tra due reparti di lavorazione esistesse un'intensità di traffico maggiore dovrebbero essere mantenuti vicini (principio di vicinanza). A questo punto, essendo noti i reparti e le intensità di traffico, è possibile effettuare una disposizione di massima su uno spazio libero, cercando di rispettare i principi di centralità e vicinanza.

4.3.3.4.2 I rapporti tra le attività

L'importanza del rapporto tra le attività varia a seconda della tipologia d'attività in alcuni casi dove le lavorazioni prevalenti sono di assemblaggio il flusso è fondamentale altre come la costruzione di grandi opere (navi) vi è un'importanza relativa del flusso, in quanto il materiale converge verso il prodotto.

4.3.3.5 Tipi di Layout

Vi sono quattro principali differenti tipologie differenti di layout:

- layout a punto fisso;
- layout per prodotto;

- layout per processo;
- layout per tecnologia di gruppo;

La scelta di una tipologia rispetto ad un'altra varia a seconda delle esigenze in termini di volume di produzione e di flessibilità, raramente i layout si trovano in forma pura ma sono combinazione di differenti tipologie.

Sotto vi è un grafico che individua i campi d'utilizzo di differente tipologia di layout a seconda della variazione di mix e di volume.

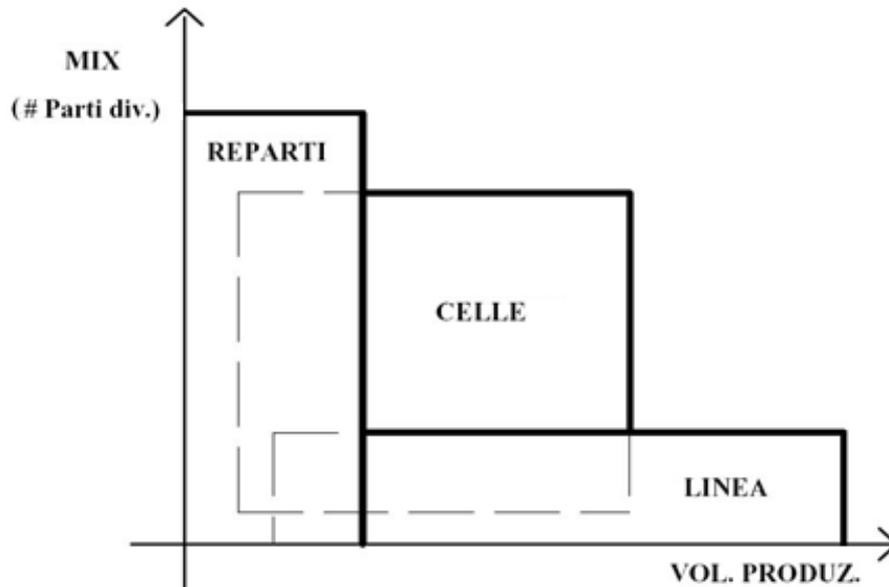


Figura 6- Layout Produttività vs. Flessibilità

4.3.3.5.1 Layout a punto fisso

In questa tipologia di layout il prodotto tendenzialmente è di grandi dimensioni e ad esso convergono gli operatori, le attrezzature e gli impianti.

Esempi di questo sono la costruzione di grandi opere in generale (aereo, navi ecc..)

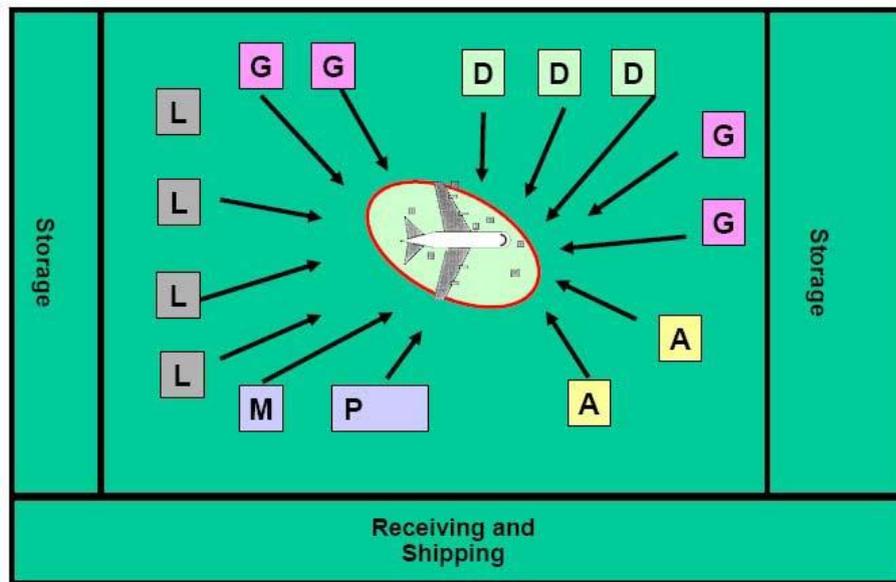


Figura 7- Esempio layout a punto fisso

I principali vantaggi nell'utilizzo di questo layout sono l'investimento minimo in strutture e trasporti interni e la valorizzazione dell'operaio, in quanto partecipando all'intero ciclo vita del prodotto e specializzandosi in varie lavorazioni ottiene molta gratificazione del lavoro.

I principali vantaggi sono:

- Ridotta movimentazione dei materiali;
- Elevato mix produzione;
- Rapida risposta alle variazioni di volume;
- Ridotti tempi di lavoro;
- Varietà della mansioni di lavoro;
- Responsabilizzazione dei lavoratori;

Invece gli svantaggi:

- Necessità di movimentare le attrezzature;
- Necessità di molti duplicati nell'attrezzatura;
- Necessità di personale qualificato;
- Basso sfruttamento delle aree di lavoro in termini di spazio;
- Basso saturazione dei macchinari;

4.3.3.5.2 Layout per prodotto

In un layout per prodotto (o layout a flusso) le macchine sono disposte in sequenza a seconda dell'ordine previsto nelle lavorazioni del prodotto, i materiali arrivano alle diverse stazioni dove sono installati/lavorati sul semilavorato in arrivo dalla stazione precedente, per arrivare infine al prodotto finito.

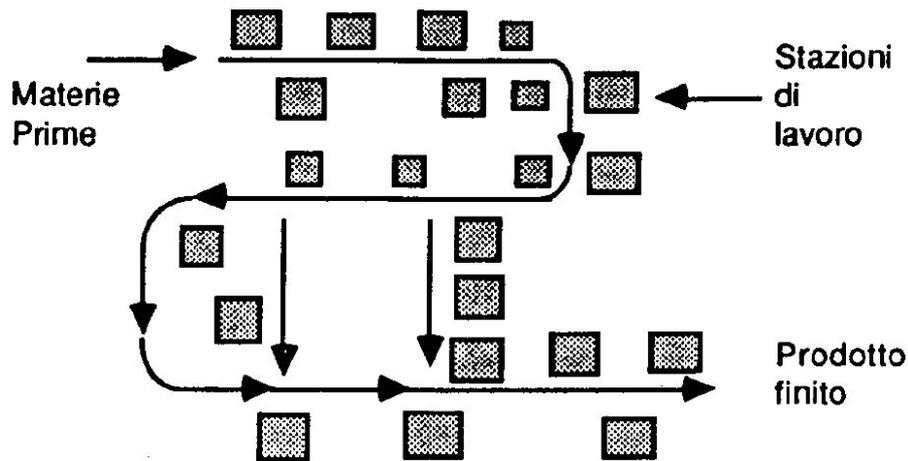


Figura 8- Esempio Layout per prodotto

Questo layout risulta vantaggioso laddove si hanno elevati volumi di produzione, ristretto range di prodotti e presenza di lavorazioni specializzate. Scarsamente utile laddove si richiede flessibilità del sistema produttivo, i vantaggi principali correlati all'adozione di tale tipologia di layout sono:

- Elevata efficienza dovuta alla semplicità del flusso produttivo;
- Bassi costi di movimentazione;
- Bassa giacenza media di materiali vista la natura del processo;
- La gestione e il controllo del processo risultano facilitati;
- Ottima gestione dello spazio disponibile;
- Non necessita di personale altamente qualificato;

Invece gli svantaggi correlati all'adozione di tale tipologia di layout sono:

- Bassa flessibilità;
- Colli di bottiglia;
- Blocco linea in caso di guasto;
- Grossi investimenti per macchinari non saturati;
- Monotonia del lavoro e bassa soddisfazione;

Se la produzione è incentrata su pochi prodotti la disposizione in linea risulta conveniente tenendo ben presente le eventuali problematiche che si potranno incontrare.

È necessario tener conto della necessità di avere operai qualificati per mantenere alto lo standard qualitativo, in modo da poter fermare la produzione nel momento in cui non si ha lo standard voluto, questo comporta un personale maggiormente qualificato.

Altro vantaggio è rappresentato dall'elasticità del sistema rispetto alle variazioni di domanda.

Inoltre il sistema si può adattare a seconda delle esigenze specifiche di spazio o della linea stessa, ad esempio se la linea risultasse troppo lunga si può optare per una disposizione a zig-zag od a serpentina. Nelle zone di collo di bottiglia si può optare per una paralizzazione dei macchinari.

A seconda di come le macchine vengono disposte, si può realizzare un layout in linea di tipo serie, parallelo oppure misto.

Disponendo le macchine in parallelo si riesce ad ovviare al problema prima citato, aumentando la velocità complessiva della stazione.

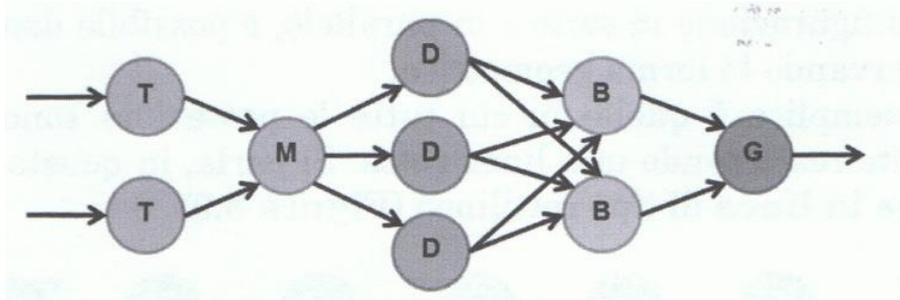


Figura 9- Parallellizzazione

Le operazioni troppo lunghe possono essere suddivise, facendole svolgere a macchine analoghe poste consecutivamente realizzando la parcellizzazione (suddivisione di un'attività tra più macchine poste in sequenza)

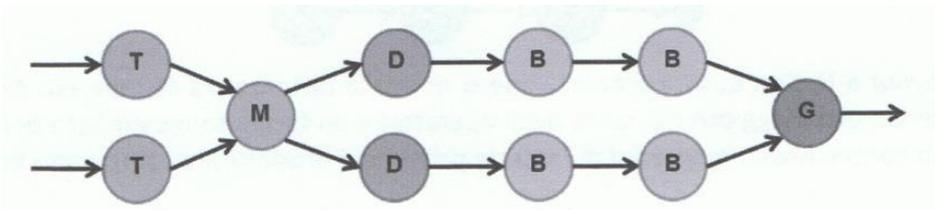


Figura 10- Parcellizzazione

La configurazione in linea mista è un mix tra la configurazione in linea in serie e quella in parallelo.

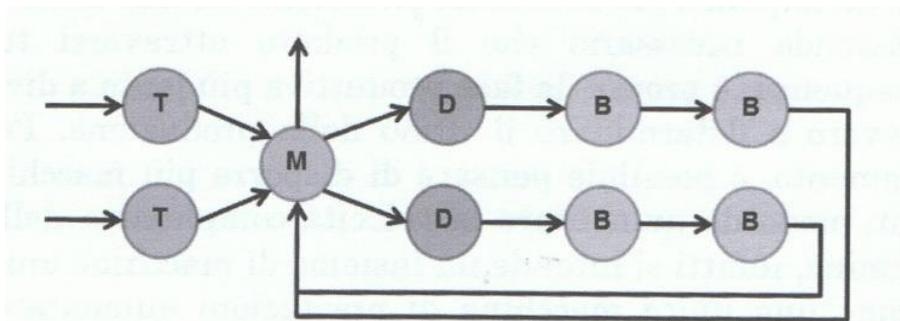


Figura 11- linea mista

In base alla forma geometrica della linea, si possono distinguere i seguenti tipi di layout:

- Configurazione in linea di tipo rettilineo.

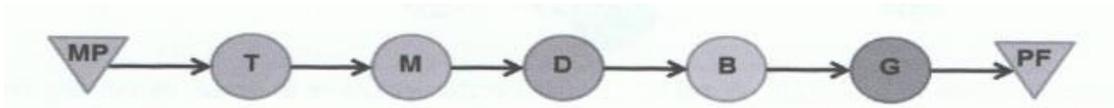


Figura 12- linea rettilinea

- Layout ad U, il quale riduce la distanza tra le diverse fasi della linea, permettendo una maggiore vicinanza degli operatori.

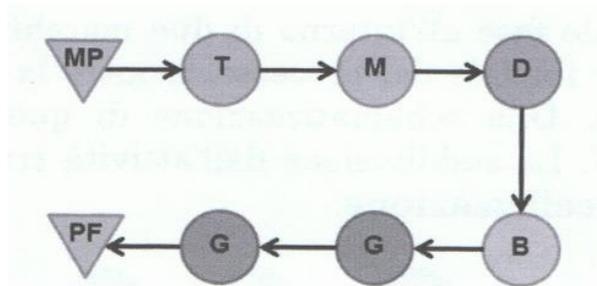


Figura 13- linea ad U

- Layout a zig-zag

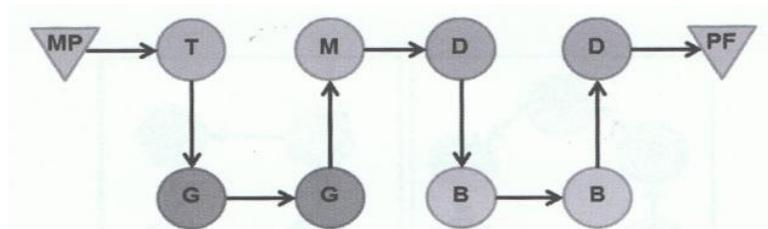


Figura 14- linea a zig-zag

4.3.3.5.3 Layout per processo

In un layout per processo (detto anche layout funzionale) tutte le operazioni che necessitano del medesimo macchinario o di macchinari simili sono raggruppate nello stesso reparto. Di rilevante importanza e complessità saranno i sistemi di trasporto data la natura non univoca del flusso.

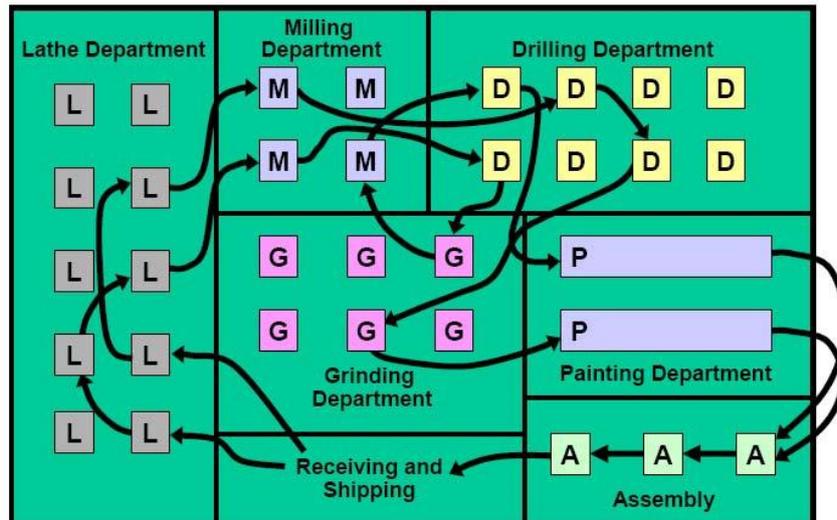


Figura 15- Esempio layout per processo

Questo layout è particolarmente adatto ai sistemi con bassi volumi e un elevato mix di produzione. I vantaggi sono:

- Flessibilità produzione;
- Massimo sfruttamento impianti e macchinari;
- Miglior qualità nelle operazioni di controllo e supervisione;
- Soddisfazione nell'operatore per la varietà di lavorazioni;
- Guasti macchina superabili senza particolari problematiche;
- Alta saturazione macchinari;

Gli svantaggi consistono in:

- Grossi spostamenti dei semilavorati da un reparto all'altro;
- Elevati costi per i trasporti interni;
- Necessità di slot per semilavorati;
- Bassa efficienza dei tempi lavoro;
- Necessità di operai specializzati;
- Necessità di levati controlli;
- Difficile programmazione della produzione;

4.3.3.5.4 Layout per tecnologia di gruppo

Nel layout per tecnologia di gruppo, un insieme di macchinari viene riunito nel medesimo reparto per lavorare prodotti che necessitano cicli di lavoro simili.

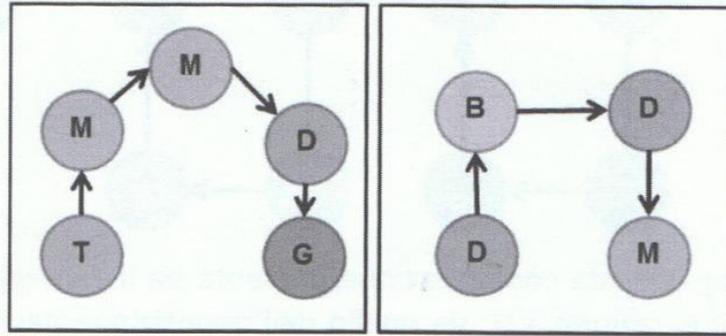


Figura 16- Esempio layout per tecnologia di gruppo

Questo layout rappresenta una via di mezzo tra il layout per prodotto e il layout per processo, i vantaggi di tale configurazione sono:

- Riduzione dei tempi rispetto al layout per processo;
- Riduzione dei costi di trasporto;
- Soddisfazione degli operai nello svolgere mansioni differenti;

Gli svantaggi sono:

- Sistema poco flessibile;
- Necessità operai specializzati;
- Ripetizione di operazioni;

4.3.3.6 Linee transfer

In alcune linee di produzione ad elevata capacità produttiva, sono installate delle apparecchiature, dette macchine transfer, deputate al trasporto automatico dei semilavorati tra le successive fasi di lavorazione. Queste macchine oltre a trasportare i pezzi, si occupano anche di caricarli all'interno dei centri di lavoro.

Se queste sono inserite in linee di produzione il sistema è considerato come unico a causa dell'elevata automazione che ne deriva e dalle molteplici connessioni tra sistema di trasporto e sistemi di lavorazione. In questi sistemi il mix produttivo non è elevato in quanto necessitano di un attento bilanciamento volto ad evitare code o colli di bottiglia.

4.3.3.7 Volume critico di produzione

Elemento fondamentale da tenere in considerazione durante lo studio di un layout è il volume critico di produzione, che rappresenta la quantità di prodotti da produrre affinché il costo per la produzione totale dei prodotti più l'investimento per l'installazione della linea sia uguale per il layout in linea e per reparti.

Se tracciamo un grafico con in asse i costi di produzione e in ascisse il quantitativo di prodotti da produrre, otterremo il grafico sotto riportato.

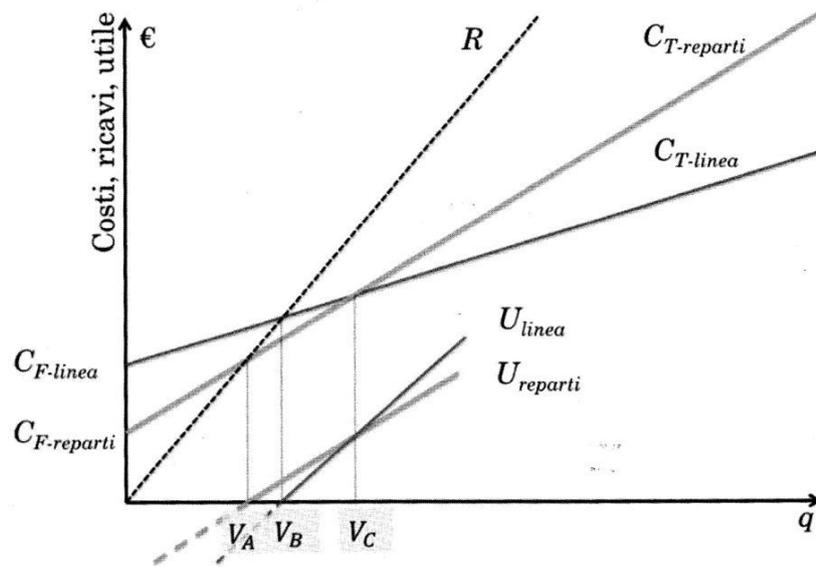


Figura 17- Diagramma costi di produzione - quantità

Si può notare l'investimento iniziale per configurazione in linea sia maggiore, ma si nota anche come sia minore la pendenza della retta della produzione in linea, in quanto una crescita della produttività comporta costi minori per essa. Ora si possono fare delle valutazioni sul grafico :

- Se i prodotti realizzati q sono minori di V_A ($q < V_A$), i ricavi non recuperano l'investimento e non è possibile avere un utile.
- Se $V_A < q < V_B$, solo il layout per reparti dà utili.
- Se $V_B < q < V_C$, tutti e due hanno utili, ma risultano maggiori per la configurazione in reparti.
- Se $q > V_C$, abbiamo superato il volume critico e d'ora in poi la soluzione in linea risulta la migliore.

In altre parole potremmo definire il volume critico di produzione come quella quantità V_C oltre la quale è conveniente passare da una disposizione per processo (per reparti) ad una disposizione per prodotto (in linea).

4.3.3.8 Espansione dell'impianto

Quando si realizza un nuovo impianto, esso si progetta per raggiungere una certa capacità produttiva. E' preferibile che l'impianto sia ben saturato e quindi non conviene che sia sovradimensionato causando un rallentamento dei ritmi produttivi. Una volta che si sia verificata l'effettiva consistenza della domanda di mercato per il prodotto, se questa è maggiore di quanto l'impianto può produrre, si procede con una espansione dell'impianto. Per questo motivo sin dalle prime fasi della progettazione, è bene che si prevedano delle opportune aree di ampliamento dell'impianto, in modo che l'adeguamento della capacità produttiva possa avvenire senza un eccessivo aggravio dei costi. L'ampliamento dovrà avvenire senza modificare l'impostazione originaria.

4.4 Macrociclo

Documento molto simile al precedente ma improntato più sulle tempistiche di produzione, la sequenza delle operazioni è meno dettagliata ma si cerca di dare delle tempistiche alle differenti

Macro-operazioni. Si cerca di individuare una prima suddivisione in differenti stazioni di lavoro a seconda di takt time di riferimento.

LINEA ASSEMBLAGGIO- CAPANNONE N° 3						
	T.C.	DESCRIZIONE OPERAZIONE	SEQ.	T.C.	DESCRIZIONE OPERAZIONE	SEQ. T.C.
			Spostamento veicolo a Stazione successiva (spinta a mano)	200	0,5	Spostamento veicolo a Stazione successiva (spinta a mano)
		Rimontaggio Ruota anteriore Sx	160	3		
0,5		Erogazione Olio Differenziale ; eseguire Riempimento	150	2	Sistemazione cablaggi (da Canaline supporto Batterie e altri TBD) per successive operazioni	130 5
		Prelevare Attrezzo Acciacatura Dado Mozzo (su Bandiera); eseguire acciacatura Dado Mozzo Sx e Dx; riporre	130	4		
		Eseguire fissaggio Dado Mozzo lato Sx; spostare Avvitatore ed eseguire fissaggio lato Dx; riporre avvitatore	120	4		
		Abbassare Piattaforma sollevamento Pallet Carrozzeria; riportare in zona cericamento Motore BEV	120	1	Abbassamento Pallet sollevam. Canalina; togliere da ingombro	120 1
		Ricollegare Tirante Sterzo a Knuckle (1 Dado lato Sx)	110	0,5	Montaggio CANALINA SX (con cavi potenza) Supporto Batterie. (7 Viti e Dadi) Interporre Supporto Tubaz. Raffredd.	110 6
		Ricollegare Braccio Oscillante a Knuckle (1 Dado lato Sx)	100	0,5	Caricare CANALINA SX Supp.Batterie su Pallet (soll. Pneum.). Inserire all'interno i Cavi di Potenza. Posizion. sottoscocca	100 2,5
		Collegare Semiassie Sx ; inserire lato Motore e lato Mozzo; imboccare n° 1 Dado Mozzo	90	1		
		Fissaggio 4 + 3 viti sospensione superiore Motore (con scaletta, parte anteriore veicolo, con cofano sollevato)	80	4	Abbassamento Pallet Carrozzeria; togliere carrello da ingombro	70 1
		Sollevare il Pallet con Kit Motore con sollevatore Pneumatico; posizionare sotto scocca; collegare Bielletta Traversa ant.	70	1	Preparare Staffa con Scambiatore di Calore (4 Dadi) e Montare su Staffa supporto PDB (4 Viti)	60 2
		Prelevare Paranco e Dispositivo sollevamento Kit Motore e Semiassi ; Posizionare su Pallet con ruote per	60	1,5	Collegare 2 Cavi tra Inverter e PDB e 3 Cavi HV Motore-Inverter	50 2
		Scollegare Tirante Sterzo da Knuckle (1 Dado lato Sx)	50	0,5	CARROZZAT. KIT ELETTR: montare Staffa Supporto PDB; Centralina PDB	40 3
1		Scollegare Braccio Oscillante da Knuckle (1 Dado lato Sx)	40	0,5	CARROZZAT. KIT ELETTR: montare Module Integrated Power Electron; Charger Onboard Battery; Inverter	30 4
10		Rimozione dado e Semiassie Sx provvisorio; deporre in contenitore per ritorno a Sevel	30	1,5	CARROZZ.KIT ELETTRIFIC.: con Pallet sollev. pneumat. montare "Cestello". Staffa supporto OBC/Inverter ecc.7 Viti	20 3
15		Smontare RUOTA anteriore Sx e coppa; a cura Op. Dx		0	Montaggio FCI Board Fast Charge preparato con staffa, sotto pavimento anter. Lato Dx con 4 Viti (TBD)	10 2
		Montaggio Tubi Idraulici Freni Posteriori BEV; fissare a canalina e collegare a raccordi anteriori e posteriori	10	4		
Tempo Ciclo Preventivo (Min')			29,5			32

Figura 18- estratto sequenza processo

4.5 Sequenza

Con sequenza si intende un documento in cui si suddivide il processo di produzione del veicolo, nelle varie operazioni ad un grado abbastanza dettagliato. L'obiettivo è quello di fornire un documento di supporto per tutte le attività successive per orientarsi nelle numerose operazioni che coinvolgono la produzione di un prodotto.

	<p>- SMONTAGGIO FUNE FRENO A MANO - Fune Anteriore su Leva freno a mano (già sganciata lato leva). - Sollevare veicolo con Ponte 2 colonne - Smontare la Fune Anteriore e relativi Fissaggi - Fresare le staffe saldate (ATTENZIONE a non forare il Longherone). Asportare trucioli con aria compressa. - Smontare staffa con leva e tirante di giro.</p> <p>-(SALDATURA STAFFE SOSTEGNO FUNE FRENO A MANO BEV SU CANALINE SOSTEGNO BATTERIE E NON SU LONGHERONI)</p>	<p>LINEA OVERHEAD CONVEYOR - FRESA per asportazione staffe saldate - PISTOLA ARIA COMPR. SOFF. TRUCIOLI</p>	<p>10.1 1800</p>
	<p>- SALDATURA STAFFA E RINFORZO URTO PALO DX e SX (al Banco) - INVIO CPL. RINFORZO A CATAFORES! (ciclo già conosciuto in SMI)</p> <p>- INCOLLAGGIO RINFORZI DX e SX URTO PALO A SCOCCA (NON SVERNICIARE ZONE DI CONTATTO) - SALDATURA 4 TRATTI MAG (SX e DX) - DISCATURA (SOLO ZONE DI SALDATURA)</p> <p>N.B.: I RINFORZI URTO PALO VANNO MONTATI PRIMA DELLA FORATURA LONGHERONI. - RIPRISTINO TRATTAMENTO ANTICORROSSIVO A STAL. 10.4</p>	<p>- BANCO ATTR. SLD. MAG STAFFA e RINF. - SALDATRICE MAG</p> <p>LINEA OVERHEAD CONVEYOR - SALDATRICE MAG - PISTOLA ESTRUS. BICOMPONENTE - DIMA POSIZIONAM. e TENUTA DX e SX</p>	<p>BANCO</p> <p>10.1 1800</p>

Figura 19- estratto delle sequenze di processo

Sopra si osserva un estratto del documento dove si possono individuare e analizzano nello specifico le varie operazioni andando ad indicare quelle che sono le attrezzature necessarie, evidenziando le problematiche riscontrate e indicando la stazione di riferimento nel layout. Nell'estrema sinistra è presente anche una vista 3D della zona interessata del veicolo in modo da rendere più chiara possibile l'operazione da effettuare. Questo documento è strettamente correlato a quella che è la fase di produzione dei primi prototipi.

4.6 Attrezzatura

In questa fase si inizia a compilare un elenco sommario degli attrezzi e dell'impiantistica necessarie per la produzione.

descrizione	Q.ty	NOTE	Unit	TOTAL
			Cost	Cost
/				
BODY + RITOCCHI VERNICE				
STRINGO	1	Movimentazione veicolo esterno ed interno stabilimento (uomo a bordo)		0
fresa	1	fresatura staffe saldate/tagliare parte eccedente supporto fondello carica carburante / molatura aree di saldatura		0
pistola aria compressa	1	soffiatura trucioli di fresatura/asporto trucioli post foratura longheroni		0
banco saldatura mag staffa e rinforzo(BANCO)	1	saldatura staffa e rinforzo urto palo dx. e sx.		0
saldatrice mag(BANCO)	1	saldatura staffa e rinforzo urto palo dx. e sx.		0
saldatrice mag	2	incollaggio rinforzi,saldatura 4 tratti e discatura/saldatura MAG canotti distanziali per Sostegno Batterie		0
pistola estrusione bicomponente	1	incollaggio rinforzi,saldatura 4 tratti e discatura		0
dima posizionamento e tenuta	1	incollaggio rinforzi,saldatura 4 tratti e discatura		0
set dime riferimento forature	1	foratura longheroni per saldatura distanziali sostegno batterie		0
MACCHINARIO PER FORATURA	1	foratura longheroni per saldatura distanziali sostegno batterie (Versioni 3, 5 Batterie consecutive; Versione 4+1 Batterie)		0

Figura 20 - estratto attrezzatura

In seguito si andranno ad analizzare i singoli attrezzi e verranno identificati a seconda delle esigenze di assemblaggio e in funzione del livello tecnologico inquadrato.

4.6.1 Scelta avvitatori

		Dimensione filettatura	T Nominale Nm (+ Angolo)	Classe Fiss.	Posizione	Braccio di Reazione	TIPO AVVITATORE (IPOTESI)	Specificità	Q.TA'ì	Di Cui, Elettronici
	- TUBI FRENO Specifico	Raccordo freni	16	B	Orizzontale (a mano)	NO	Specif. Freni	Specifico: Bocca aperta	1	
	- RUOTE - Specifico CON BARRA REAZIONE	M16 x 1,5 altern. M14x1,5	180 altern. 160	B*	Orizzontale (a mano)	Barra	Specif. Ruote	Specifico: Reaz.su Bullone adiacente	1	
	- TESTINA braccio oscillante sx.KNUCKLE dx. _REPORT	M12	115	?	Verticale	Braccio	Angolare Elettron.	Carrellato (Dx e Sx) con polso rotazione e cambio bussola	1	1
	- TIRANTE STERZO _REPORT	M14 x 1,5	80	B	Verticale	Braccio	Angolare Elettron.			
	- BARRA STABILIZZATRICE dx. e sx. _REPORT	M12	56	B	Orizzontale	Braccio	Angolare Elettron.			
	- STAFFE ATTACCO MOTORE dx. e sx. SU SCOCCA _REPORT	M12 x 1,25	98	A	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.	Portatile a mano Report (Altern. Chiave Dinam. Elettron.)	1	1
	- STAFFE SOSTEGNO LATO MOTORE sx. _REPORT	M14x 1,5 x 65	105	A	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.			
	- STAFFE SOSTEGNO LATO CAMBIO dx. _REPORT	M12 x 1,25 x 80	108	C?	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.			
	- STAFFA A DIFFERENZIALE _REPORT	M12 x 1,25	105	A	Orizzontale	Braccio	Angolare Elettron.	Carrellato (Dx e Sx) con polso rotazione e cambio bussola???	1	1
	- BIELLETTA A STAFFA _REPORT	?	290	A	Orizzontale	Braccio	Angolare Elettron.			
	- BIELLETTA A TRAVERSA _REPORT	?	290	A	Verticale	Braccio	Angolare Elettron.			
STAZ. 20	- SEMIASSE con STAFFA a MOTORE	M 10 x 60	40	A	Vario Mozzo(a mano)	?	?	?	0	
	- SEMIASSE A MOZZO DA STAFFA	?	?	?	Vario Mozzo(a mano)	?	?	?	0	
	- Ciclo Fissaggio Semiasse a Mozzo: (Norma FCA 2.00145/09)	M33	150 Nm + 35'	A	Orizzontale Dx e Sx	Braccio	Specifico Mozzi Elettr.	Specifico; Carrellato (Dx e Sx)	1	1
	- PINZA FRENI REPORT Coppia + Angolo	?	30 Nm + 45°	A	Orizzontale Dx e Sx	Braccio	Angolare Elettron.	Possibile sinergia	0	
	- CESTELLO KIT ELETRIFICAZIONE(DC/DC + OBC + INVERTER)	M8	23	?	Verticale	NO	Makita Angol.	Sostegno Ergonomico ?	1	
	- KIT ELETRIFICAZIONE(IPDB)	M8	23	?	Verticale	NO	Makita Angol.	Sostegno Ergonomico ?	0	
	- STAFFA SCAMBIATORE	M8	28 ?	?	Verticale	NO	Makita Angol.	Sostegno Ergonomico ?	0	
	- PRESA CARICA	tbd	?	?	Orizzontale	NO	Makita Pist.	?	1	
	- STAFFA E CHILLER	M6	9	B	Orizzontale	?	?	?	0	
	- CPL5 .CHILLER su vano motore	speciali tucker	6?	?	Orizzontale	?	?	?	0	
	- MONTAGGIO RUOTE ANT.	?	180	B	Orizzontale	Barra	Specifico ruote Ant.	Specifico	1	
	- PRESA CARICA	?	?	?	Orizzontale	?	Makita Pist.	?	0	
- STAFFA CENTRALINA BREMBO su staffa	tbd	?	?	Orizzontale	NO	Makita Pist.	?	0		
- STAFFA CENTRALINA BREMBO su scocca	tbd	?	?	Orizzontale	NO	Makita Pist.	?	0		

Figura 21- esempio di analisi più specifica

In particolare, nell'estratto sopra riportato si analizzano gli avvitatori in base al tipo di accoppiamento che devono fornire. La scelta dell'avvitatore dipende dalle caratteristiche di quest'ultimo e sopra sono riportate:

- Dimensione filettatura: Tipologia di vite o dado e diametro nominale;
- T nominale: Coppia di serraggio da applicare sull'accoppiamento;
- Classe di fissaggio: Indica la tolleranza con la quale deve essere applicata la coppia (Esempio +- 5 % per la classe A);
- Posizione: Indica com'è posizionata la vite o il dado nello spazio;
- Braccio di reazione: Tool da accoppiare all'avvitatore per compensare l'effetto sul braccio dell'operatore di alti valori di coppia;

Gli avvitatori generalmente si possono distinguere in tre grandi categorie: batteria, pneumatici, elettronici.

4.6.1.1 Avvitatori elettrici a batteria

Vantaggi:

- Non hanno tubo o cavo di alimentazione aria/elettrica;
- Facilmente gestibili anche all'interno di Scocca o Cabina;
- Idonei per Classe B;
- Costo non elevato;
- Per tutti questi motivi hanno quasi completamente sostituito gli pneumatici per gli utilizzi con coppie medio-basse.

Svantaggi:

- Capacità (Torque) limitata, adatti a chiusure fino a M6, M8. (e viti autofilettanti ecc., piccole in generale);
- Necessità carica Batterie (e batterie di scorta);

4.6.1.2 *Avvitatori pneumatici*

Vantaggi:

- Capacità di coppia praticamente illimitata;
- Idonei per Classe B nelle versioni a stacco dell'aria (Shut off o simili);

Svantaggi:

- Hanno necessità di Tubo alimentazione aria, che può dare ingombro sulle linee di montaggio;
- Rumorosità elevata per quelli a Massa battente o Impulsi;

4.6.1.3 *Avvitatori elettronici*

Vantaggi:

- Capacità di coppia praticamente illimitata;
- Idonei per Classe A e tutti i fissaggi di Sicurezza (Safety) e dove richiesto Report;
- Sono estremamente versatili e sicuri, possono essere programmati ed utilizzati su diversi fissaggi (Cambio Bussola); variazione di velocità che permette chiusura più accurata, monitoraggio angolo o Coppia ecc;
- Permettono il Report dei parametri di avvitatura per tutti i fissaggi eseguiti (legati al VIN mediante lettore Bar Code);

Svantaggi:

- Costo molto elevato;
- Hanno necessità di Cavo alimentazione, che può dare ingombro sulle linee di montaggio;

Per la scelta di questi avvitatori la tabella permette di avere un supporto valido per individuare la coppia di serraggio, salvo diverse indicazioni per serraggi specifici. Generalmente gli avvitatori elettrici a batteria si utilizzano per coppie di serraggio fino 12 Nm per quelli a pistola e fino ai 40-60 Nm per quelli angolari mentre gli elettronici e gli pneumatici ha capacità di serraggio pressoché illimitate.

Thread	Bolt grade							Thread	Bolt grade						
	3.6	4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9		4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	
M1.6	0.05	0.065	0.086	0.11	0.17	0.24	0.29	M14	48	58	80	128	181	217	
M2	0.10	0.13	0.17	0.22	0.35	0.49	0.58	M16	74	88	123	197	277	333	
M2.2	0.13	0.17	0.23	0.29	0.46	0.64	0.77	M18	103	121	172	275	386	463	
M2.5	0.20	0.26	0.35	0.44	0.70	0.98	1.20	M20	144	170	240	385	541	649	
M3	0.35	0.46	0.61	0.77	1.20	1.70	2.10	M22	194	230	324	518	728	874	
M3.5	0.55	0.73	0.97	1.20	1.90	2.70	3.30	M24	249	295	416	665	935	1120	
M4	0.81	1.10	1.40	1.80	2.90	4.00	4.90	M27	360	435	600	961	1350	1620	
M5	0.60	2.20	2.95	3.60	5.70	8.10	9.70	M30	492	590	819	1310	1840	2210	
M6	2.80	3.70	4.90	6.10	9.80	14.0	17.0	M36	855	1030	1420	2280	3210	3850	
M8		8.90	10.50	15.0	24.0	33.0	40.0	M42	1360		2270	3640	5110	6140	
M10		17.0	21.0	29.0	47.0	65.0	79.0	M45	1690		2820	4510	6340	7610	
M12		30.0	36.0	51.0	81.0	114.0	136.0	M48	2040		3400	5450	7660	9190	

Figura 22 - Tabella scelta coppia di serraggio

La tabella sottostante riporta le classi di serraggio, in sostanza la classe A è ottenibile solo tramite avvitatori elettronici mentre i restanti permettono serraggi fino alla classe B.

Classe A	SICUREZZA (con REPORT)	+ - 5 %
Classe B	CRITICI	+ - 10 %
Classe C	NORMALI	+ - 20 %
Classe D	NON IMPORTANTI	+ - 30 %

Figura 23 - Classi di serraggio

Questi rappresentano dei validi aiuti nella scelta delle coppie di serraggio dove non sono indicate dal produttore del veicolo, ma spesso non sono sufficienti in quanto per alcuni assemblati o particolari è necessario seguire normative rigide come ad esempio nel serraggio del mozzo ruote, un estratto è riportato qui sotto.

	2.00145/09	Pag. 4
		Modif. 7
<p>1</p> <p>MODALITÀ DI CHIUSURA</p> <p>1.1</p> <p>impiegare avvitatori idonei al rilevamento dei parametri di coppia e di angolo durante l'intera fase di chiusura (esclusi i tipi 230/244).</p> <p>NOTA : Nel caso di utilizzo di sistemi di chiusura pneumatici deve essere garantita la pressione costante di alimentazione.</p> <p>1.2</p> <p>Effettuare la chiusura del dado prescritto sull'Allegato specifico in due fasi successive:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accostare il dado e chiuderlo con una precoppia di $70 \pm 5\%$ Nm. - Ruotare successivamente il dado secondo l'angolo prescritto sull'Allegato specifico (non riguarda i tipi 230/244 perchè il controllo di coppia avviene in classe A). <p><u>Per vetture tipo 194:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Accostare il dado e chiuderlo con una precoppia di $150 \pm 20\%$ Nm. - Svitare di 45°. - Riavvitare a 250 ± 25 Nm. 		

Figura 24- estratto normativa serraggio mozzo ruote

4.7 Definizione dei tempi ciclo

Fase fondamentale per effettuare scelte in termini di Layout, numero di stazioni lavorative e quantità operai. Senza le definizioni di tempi ciclo realistici e quantomeno sensati è impossibile effettuare calcoli per il saturamento degli operai e l'eventuale redistribuzione (quando è possibile) delle operazioni nelle stazioni lavorative.

4.7.1 Ciclogrammi

Questi sono documenti fondamentali per la gestione delle tempistiche della produzione. Sostanzialmente si tratta di un elenco in dettaglio di tutte le operazioni in sequenza, a cui viene assegnata una tempistica. Tale tempistica in questa fase non è definitiva e viene valutata in base all'esperienza, seguendo tabulati oppure misurando i tempi durante la prototipazione.

lunghezza del movimento cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80		
settore di distanza		1	2	3		
Prendere e Piazzare		Codice	1	2	3	
			TMU			
≤ 1 kg	facile	circa	AA	20	35	50
		libero	AB	30	45	60
		stretto	AC	40	55	70
	difficile	circa	AD	20	45	60
		libero	AE	30	55	70
		stretto	AF	40	65	80
	manciata	circa	AG	40	65	80
	> 1 kg a ≤ 8 kg	circa	AH	25	45	55
		libero	AJ	40	65	75
stretto		AK	50	75	85	
> 8 kg a ≤ 22 kg	circa	AL	80	105	115	
	libero	AM	95	120	130	
	stretto	AN	120	145	160	
Piazzare		Codice	1	2	3	
			TMU			
	circa	PA	10	20	25	
	libero	PB	20	30	35	
	stretto	PC	30	40	45	

lunghezza del movimento cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80	
settore di distanza		1	2	3	
Maneggiare Mezzi Ausiliari		Codice	1	2	3
			TMU		
circa	HA	25	45	65	
libero	HB	40	60	75	
stretto	HC	50	70	85	
Azionare		Codice	1	2	3
semplice	BA	10	25	40	
composto	BB	30	45	60	
Cicli di Movimento		Codice	1	2	3
singolo movimento	ZA	5	15	20	
seguiti di movimenti	ZB	10	30	40	
riprendere+1 movimento	ZC	30	45	55	
Bloccare o sbloccare		ZD	20		
Movimenti del Corpo		Codice	TMU		
camminare/ m		KA	25		
piegarsi, abbassarsi, inginocchiarsi (incl. rialzarsi)		KB	60		
sedersi e rialzarsi		KC	110		
Controllo Visivo		VA	15		

Figura 25- Tabulati MTM

Sopra è riportato un tabulato stilato dalla MTM(Methods Time Measurements),applicando apposite formule su excel è possibile ricavare le tempistiche delle operazione individuata.

Seq. Nr.	Descrizione	Codice	TMU	quantità	SOMMA TMU	SOMMA sec	CUMUL. sec
1	camminamento verso contenitori	KA	25,00	2,00	50,00	2,70	2,70
2	prelevo centralina	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	4,59
3	camminamento verso veicolo	KA	25,00	2,00	50,00	2,70	7,29
4	prelevo avvitatore	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	9,18
5	posiziono centralina	PB2	30,00	1,00	30,00	1,62	10,80
6	1 fissaggio	HC2	70,00	1,00	70,00	3,78	14,58
7	deposito avvitatore	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	16,47
8	prelevo avvitatore	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	18,36
9	2 fissaggi	HC2	70,00	2,00	140,00	7,56	25,92
10	spostamenti	KA	25,00	1,00	25,00	1,35	27,27
	deposito avvitatore	KA	25,00	1,00	25,00	1,35	28,62
11	camminamento verso contenitore	KA	25,00	2,00	50,00	2,70	29,97
12	prelevo cps	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	31,86
13	camminamento verso veicolo	KA	25,00	2,00	50,00	2,70	34,56
14	prelevo avvitatore	AA2	35,00	1,00	35,00	1,89	36,45

Figura 26- Estratto ciclogramma

Nell'estratto, a sinistra vi è tutta la parte per ricavare le tempistiche inserendo il codice corretto e la quantità di operazioni, mentre a destra vi è la tempistica delle operazioni e infine la cumulativa di tutte le operazioni precedenti.

4.8 Valutazione delle diverse alternative in termini di layout e processo

Approfondimento degli studi di layout volto a definire un maggior livello di dettaglio, qui devono essere definite le modalità di produzione del veicolo, in modo tale da congelare la tipologia di processo e poter effettuare scelte più approfondite a livello di disposizione del materiale e degli attrezzi nella linea di produzione e in specifico nelle singole stazioni.

4.9 Valutazione d'investimento e del costo del lavoro (costo vs. budget)

4.9.1 Costi

I costi in termine aziendali si suole suddividerli in:

- costi di produzione;
- costi generali o di amministrazione;
- commerciali o di distribuzione: Sono i costi sostenuti dall'azienda per la distribuzione e l'immissione del prodotto sul mercato;
- finanziari: Sono quelli che nascono al momento della richiesta di denaro per supportare l'investimento;

Ci soffermiamo sui costi di produzione, in quanto son quelli che maggiormente interessano:

- Materiali;
- Costo del lavoro;
- Energia(corrente, metano, acqua);
- Guasti ai macchinari e manutenzione ordinari;
- Scarti e rilavorazioni per difetti di produzione;
- ammortamento relativo ai centri di produzione;
- Affitto stabile\i;

$$\text{Materiali: } \sum Q_i c_i$$

Q_i quantità del materiale utilizzato durante l'anno;
 c_i costo unitario del materiale i;

$$\text{Manodopera: } \sum O_y S_y$$

O_y numeratore di operatore anno di categoria y;
 S_y salario o stipendio annuo della categoria y;

$$\text{Energia elettrica: } P t$$

P energia elettrica assorbita, in kWh;

t tariffa unitaria media dell'energia elettrica (€/kWh);

$$\text{Combustibili: } \sum q_z p_z$$

q_z quantità combustibile z consumata in un anno;

p_z costo unitario del combustibile z ;

$$\text{Manutenzioni: } x\% l$$

$x\% l$ percentuale del capitale investito l , con la quale di solito si misura il costo di manutenzione;

I costi di produzione si suddividono in:

- costi diretti: Ai primi appartengono i costi direttamente imputabili al prodotto, alla lavorazione od alla commessa;
- Costi indiretti: Sono la manodopera indiretta; i materiali indiretti; gli ammortamenti o gli affitti degli impianti; macchinari o immobili non afferenti direttamente al processo produttivo; manutenzioni o riparazioni; costi generali, commerciali e finanziari. Questi non sono imputabili senza incertezza al prodotto pertanto questi vengono suddivisi secondo differenti criteri (ripartizione per reparti/ ripartizione per peso/ ripartizione in base alla manodopera diretta);

4.9.2 Investimenti/ROI

Il ROI(Return On Investment) misura il valore economico che una certa attività di business produrrà (i benefici) in relazione al capitale investito(il costo) durante un periodo di tempo ben definito. I risultati sono in forma percentuale, sia i benefici che i costi (se esistono) vengono applicati al valore di partenza. La formula di calcolo è molto semplice e funziona per qualsiasi settore:

$$ROI = \frac{\text{Benefici}}{\text{Costi}} \%$$

Il ROI è uno strumento molto valido e interessante per soppesare le decisioni d'investimento, in quanto si tratta di un modello applicabile a qualsiasi tipologia di acquisto e adattabile in base agli standard e ai requisiti specifici di un'azienda. Questo significa poter declinare e personalizzare l'analisi sulla base delle metriche ritenute fondamentali in un determinato contesto di business.

5 Process Engineering

Studi di controllo e verifica processo, unita a tutta la progettazione vera e propria di attrezzi, linea e stazioni di lavoro.

In seguito vengono riportate le principali attività del Process Engineering:

- Stesura dettagliata del timing plan con ruoli e responsabilità per lo sviluppo del Process engineering (Development);
- Conferma dei Long Lead Time Tooling;
- Ricerca risorse per lo sviluppo e per supporto tecnico;
- Visual Bom;
- Progettazione dettagliata linea e stazioni di lavoro;
- Studi di fattibilità e simulazioni di montaggio;
- Compilazione cartellini lavoro;
- Studi ergonomia;
- Stesura delle Fmea di processo;
- Compilazione WCM e organizzazione delle postazioni di lavoro ;

5.1 Stesura dettagliata del timing plan con ruoli e responsabilità per lo sviluppo del process engineering(Development)

Stesura del documento già citato in precedenza, con in aggiunta un documento per l'individuazione dei ruoli di competenza del personale nel progetto, ma per quel che riguarda lo sviluppo del processo che avverrà in seguito e riguarderà principalmente queste attività:

- Supporto durante l'installazione della linea produttiva e dei macchinari;
- Stesura definitiva Lay-Out;
- Visual Bom;
- Studi di ergonomia;
- FMEA di processo;
- Organizzazione postazioni di lavoro e WCM;

5.2 Conferma dei Long Lead Time Tooling

Conferma per la progettazione e sviluppo della stessa per tutti quei attrezzaggi necessari per particolari lavorazioni su componenti specifici, come forature/saldature robotizzate. Sempre in questa fase è necessaria la conferma per l'ordine di macchinari specifici o impianti particolari. In modo tale da contattare eventuali fornitori in tempistiche ragionevoli, per far si che siano pronti per la fase di pre-industrializzazione del prodotto.

5.3 Ricerca risorse per lo sviluppo e per supporto tecnico

Fase per eventuale individuazione di fondi o di figure esterne per lo sviluppo del processo. L'individuazione dei fondi è una fase che non interessa una realtà aziendale di consulenza ingegneristica, mentre può essere fondamentale l'affidamento a figure esterne per installazioni specifiche (ad esempio macchinari specifici di collaudo).

5.4 Visual BOM(quadri di montaggio)

Si tratta di un documento volto a facilitare la comprensione delle operazioni di assemblaggio di un gruppo meccanico, molte volte a livello di produzione non è facile comprendere i documenti prodotti sulle istruzioni delle attività lavorative, questo documento nasce appunto per semplificare il lavoro agli operai nella fase di avviamento della produzione.

Non vi è una linea guida assoluta per la compilazione, ma si cerca di rendere il più comprensibile possibile le varie operazioni da effettuare.

Qui sotto ad esempio, sono riportate le operazioni per l'assemblaggio del gruppo scatolato di protezione della batteria(saldatura a MAG e saldatura a punti).

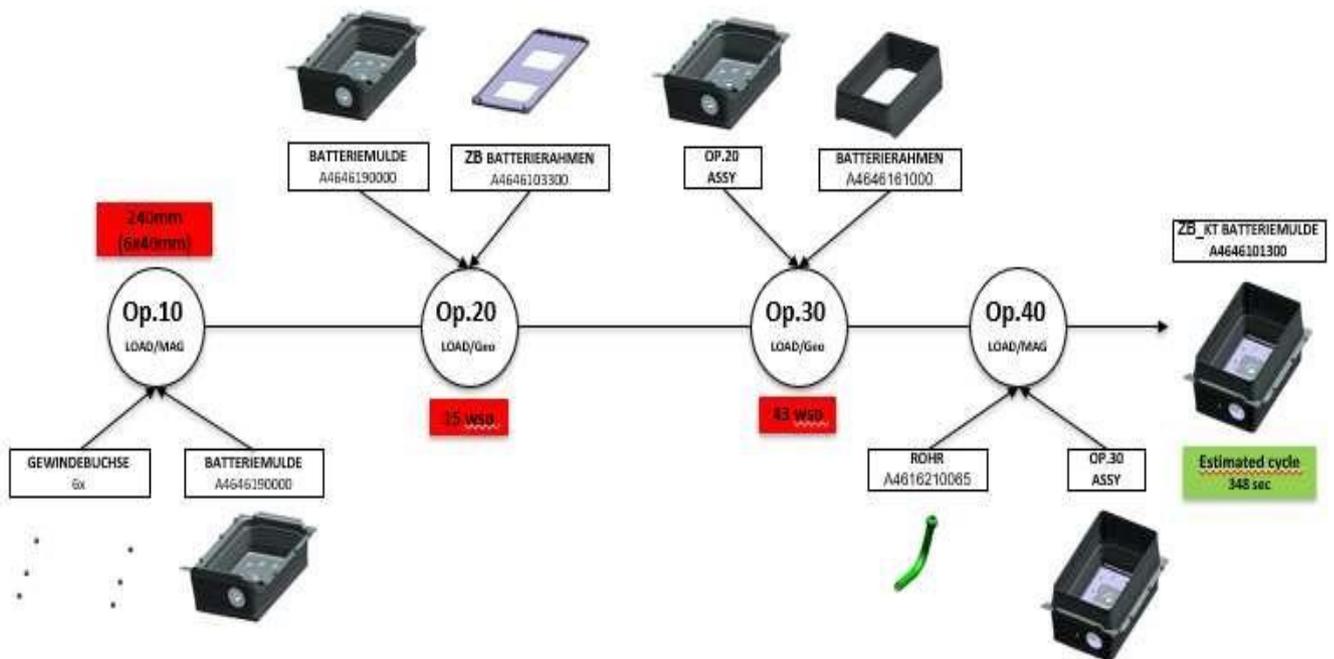


Figura 27- Esempio visual BOM

5.5 Progettazione dettagliata linea e stazioni di lavoro

Avviene qui lo sviluppo degli studi di layout effettuati in precedenza, con le informazioni acquisite è possibile definire una progettazione vera e propria della linea produttiva.

5.6 Studi di Fattibilità e simulazioni di assemblaggio

In questa fase in sostanza vi è il completamento di processi già definiti in precedenza quali la fattibilità e la FMEA e l'introduzione di nuovi concetti quali le schede issue.

5.6.1 Schede Issue

Le schede issue sono dei file relativi all'analisi di alcune fasi critiche del processo produttivo. Durante l'esecuzione delle verifiche si analizzano:

- Accoppiamenti (individuazione eventuali problemi di interferenza elemento);
- PFEP (Plan For Every Part – PFEP) ;
- Traiettoria di Montaggio (individuazione eventuali problemi di interferenza attrezzi);
- Accessibilità, Raggiungibilità, Visibilità fissaggi da operatore e da servo mezzo;
- Macro analisi ergonomica del processo (prelievo, trasporto, montaggio, esecuzione fissaggio);
- Possibilità Smontaggio;

Nel caso sottostante questa scheda è strutturata on questo modo: A sinistra abbiamo l'area del componente/prodotto interessata in modo da poterla individuare nelle matematiche, andando verso destra abbiamo in successione; la parte analizzata; la fase del processo; la gravità del problema (se presente); note; lo stato della scheda, che può essere chiuso o aperto.

CNH responsible		ISSUE ANALYSIS - STEP3			sheet reference		
API STAGE Y					IA_631_9959N212002_01		
					emission week		
					closing date		
					compiler		
					AF reference		
					AF_631_9959N212002_01		
AREA	PARTS VERIFIED	ISSUE DESCRIPTION	GRAVITY (3-6-20-50)	NOTE	STATUS	PIR (Y/N)	PIR number
638	9914K382002 STEERING PIPES CHASSIS	Il tubo fless CA00ACGH282/002-5/989431 interferisce tubo rigido CA00ABM78962/001-47858483 PIPE	6		OPEN	NO	
DMU release							

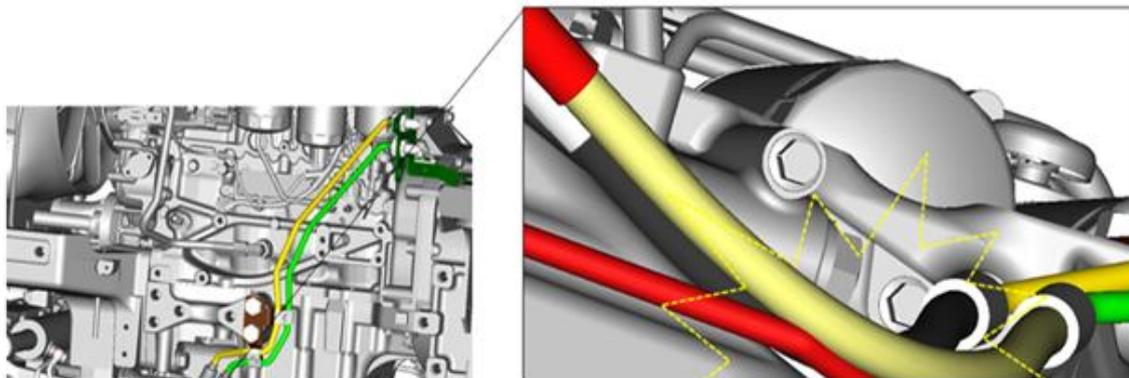


Figura 28- esempio ISSUE 1

Nella scheda sottostante invece è proposta una soluzione al problema. Nel nostro caso vi era un'interferenza tra le tubazioni, che è stata risolta tramite un collare che mantiene quest'ultime in posizione corretta.

CNH responsible		ISSUE ANALYSIS - STEP3				sheet reference	IA_430_9914N310402_01	
APL STAGE Y						emission week	10/21	
						closing date		
						compiler		
		AF reference	AF_430_9914N310402_01					
AREA	PARTS VERIFIED	PROPOSAL DESCRIPTION	SAVING TIME [min]	Nr. PART REDUCTIONS	Nr. FIXING COMPONENTS REDUCTIONS	Nr. FIXING REDUCTIONS	COST REDUCTION % or K€	INVESTMENT [K€]
638	99146380002 STEERING PIPES CHASSIS	Una possibile soluzione potrebbe essere l'applicazione di un doppio collare plastico in modo da separare i due elementi e mantenerli in posizione						
DMU release								



Figura 29- esempio ISSUE 2

5.7 Compilazione cartellini di lavoro

sanmarco <i>Mod. 1/-10/17</i>		CICLO DI LAVORO		REDATTO	ATTREZZATURE, UTENSILI E MATERIALI INDIRETTI	DISEGNO O NORMALE	Q.TA'	NORME E DOCUMENTI	MODIFICHE
				CAAR	PINZA PER COLLARI CAILLAU		1		1 2 3 4
MODELLO	DISEGNO	REPARTO	DATA REDAZIONE	LIQUIDO ESSICCANTE CLEAN EP 60					
DUCATO BEV		GA-LINEA ASSEMBLAGGIO	08/10/2019						
ELEMENTO	VERSIONE	PZ: TURNO/BILANCELLA	operaz	APPROVATO					
TUTTI I TIPI (T.T.)			1020						
CLIENTE	FASE DI REALIZZAZIONE: TITOLO OPERAZIONE		DATA APPROVAZIONE						
FCA	COLLEGAMENTO TUBI RAFFREDD. SU CHILLER								
FASE	DESCRIZIONE	DISEGNO	Q.TA'	ISTRUZIONE OPERATIVE					
10	Da interno Vano Motore, evidenziare TUBO da POMPA BATTERIE, già montato su Kit Motore; Inserire su CHILLER usando prodotto Essiccante; fissare con 1 Fascetta "Caillau" con apposita Pinza.	IMC-03071	1						
20	Da interno Vano Motore, evidenziare TUBO da SCAMBIATORE BATTERIE, già montato precedentemente; Inserire su CHILLER usando prodotto Essiccante; fissare con 1 Fascetta "Caillau" con apposita Pinza.	IMC-03071	1						
					<p>N.B.: Per facilitare l'inserimento di tubi in gomma, usare prodotto Essiccante tipo CLEAN EP-60</p>				

Figura 30- esempio cartellino operazione

Sopra viene riportato come si realizzano i cicli di lavoro (o meglio, i cartellini operazione), passo fondamentale per definire in maniera definitiva i tempi ciclo.

Nel primo foglio ci sono le note relative ai campi da riempire della intestatura che, si utilizza nel seguente modo:

- Modello: Che potrà essere comune e quindi l'operazione sarà valida per qualsiasi Versione che passa, oppure essere specifica per contenuti propri (ad esempio la versione passo

medio con 4 + 1 batterie, che avrà sicuramente alcune operazioni specifiche e aggiuntive rispetto al comune con 3 batterie);

- Reparto: Serve a identificare il tratto di processo;
- Numero operazione: è univoco;
- Fase di realizzazione: si utilizza come titolo operazione che è lo stesso utilizzato nel macrociclo che, ovviamente costantemente aggiornato e con opportuna colonna per riferimento al numero di operazione, sarebbe il riepilogo di tutte le operazioni;

Si veda come esempio, l'estratto sotto riportato del foglio "Collegamento con Macro ciclo" che è una estrapolazione di un macrociclo dove sono indicati alla voce "SOP" i numeri dei cartellini operazioni che dettagliano tutte le operazioni necessarie per quel processo di produzione.

OPERATION DESCRIPTION	SOP REFERENCE	POSITION	CT
INTERNAL MIRROR SUBASSY	737		
TRIM A PILLAR RH SUBASSY NH (WLP) - CIH	360-361		
S/A MONITOR ARM and PHOENIX DISPLAY (OPT)	420		3,95
S/A CLUSTER VIS 2 and PROGRAMMING (GPL 2.3)	770		3
BEZEL REAR SPEAKERS + GRILLS	320 - 680	INT	3
"C" PILLAR TRIM TRIVIO LH + RH	330	INT	1,6
"C" PILLAR TRIM RH + LH (with fasteners)	380 - 390	REAR	2
Harness Accomodation on "C" Pillars LH-RH		RH - LH	
N° 2 Brackets for Extinguisher, on LH Front Pillar (TBD)	390	REAR RH	1
DOORS ASSEMBLY LH-RH	1620		6
DISPLAY GARU ASSY ON CAB (HAWK PHOENIX)	565	INT	1,2
MOUNTING OF CLUSTER VIS 2 ON "A" PILLAR RH (specific CIH)	780	INT	5
TEST AND PROGRAMMING OF CLUSTER VIS 2 (specific CIH)		INT	
BEZEL RADIO (on Headliner)	410	INT	0,6
STEERING WHEEL + cap assy with emblem	730	INT	1,8

Figura 31- Esempio di collegamento tra "cartellino operazione" e macrociclo

5.8 Studi di ergonomia

Il decreto legislativo 17/2010 ha introdotto la “Nuova Direttiva Macchine” 2006/42/CE, all’interno di questo documento si elencano i principi basilari dell’ergonomia.

“Nelle condizioni d'uso previste devono essere ridotti al minimo possibile il disagio, la fatica e le tensioni psichiche e fisiche (stress) dell'operatore”, riassumendo:

- I carichi vanno valutati in base alle variabili fisiologiche dell’operatore (altezza,peso);
- L’operatore necessita dell’adeguato spazio per eseguire i movimenti necessari;
- L’operatore non deve adeguare il suo ritmo lavoro in base a un macchinario;
- Evitare lavorazioni che implicino lunghi periodi di elevata attenzione;
- Modificare l’interfaccia dei macchinari in funzione dell’operatore;

I principali fattori ergonomici da valutare sono:

- Postura;
- Forza;
- Movimentazione manuale dei carichi;
- Movimentazione ad elevata frequenza ;

5.8.1 Metodologia

Lo scopo di questa analisi è ridurre al minimo lo sforzo lavoro e lo stress derivante per l’operatore e laddove sono presenti situazioni non accettabili vanno individuate e mitigate, sotto è riportato un estratto delle norme con le indicazioni generali per una corretta ergonomia.

FATTORI DI RISCHIO	NORME PROGETTAZIONE	NORME VERIFICA
Posture	UNI EN 1005-4 ISO 14738	ISO EN 11226
Forze	UNI EN 1005-3	-
Movimentazione manuale di carichi	UNI EN 1005-2	ISO EN 11228-1 ISO EN 11228-2
Manipolazione di bassi carichi ad alta frequenza	UNI EN 1005-pr5	ISO EN 11228-3

Figura 32- Norme di riferimento

5.8.1.1 Posture

La postazione di lavoro deve essere progettata in base alle esigenze dell’operatore andando a rispettare tutte le direttive presenti nella norma di riferimento, l’operatore non deve adeguarsi

alle condizioni di lavoro ma è l'ambiente stesso che deve favorire lo svolgimento delle attività previste.

La norma in questione è la UNI EN 1005-4, applicabile a tutti i lavori senza valutazioni in base a sesso, peso, altezza ed età questo perché valuta gli angoli assunti dalle principali articolazioni, dalle posture e dalla ripetizione dei movimenti.

La norma per la ricerca dei rischi prevede:

- Individuazione della popolazione di riferimento;
- Simulare il compito da svolgere da parte dell'operatore sia graficamente che virtualmente;
- Valutare se si tratta di una postura statica o dinamica;
- Nel secondo caso valutare il numero di ripetizioni dell'operazione;
- Confrontare gli angoli coperti dalle varie articolazioni con i valori di riferimento norma.
- Riprogettare in caso di posture non accettabili o valori fuori norma;
- Le movimentazioni e le posture assunta dall'operatore devono essere tutte verificate e con un indice di rischio inferiore a quello indicato da norma, laddove permane un rischio questo va abbattuto fin dove è possibile e nel caso dovesse permanere del rischio residuo questo va indicato e segnalato all'interno di una successiva analisi rischi, integrato nell'apposita DVR;

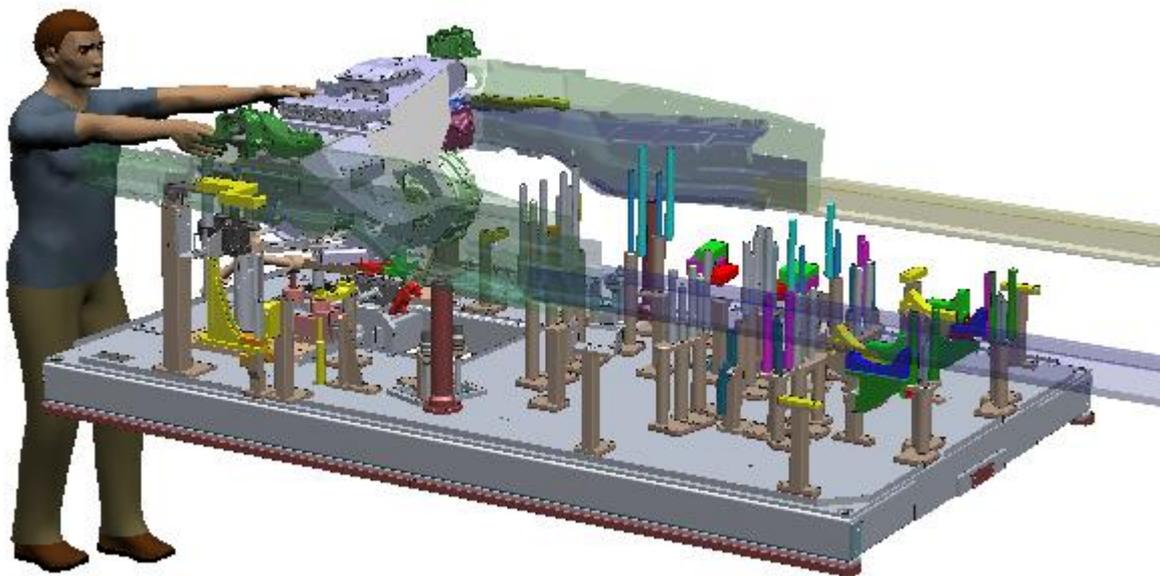


Figura 33- Esempio simulazione Carrozzatura Kit motore su Pallet

5.8.1.2 Forze

L'utilizzo della forza comporta un carico sull'apparato scheletrico che va valutato a seconda della tipologia di operazione e alle caratteristiche dell'operatore, la norma di riferimento per l'utilizzo della forza è la UNI EN 1005-3 che fornisce dei limiti accettabili per ridurre i rischi per la salute . La norma UNI EN 1005-3 si applica per valutare i compiti in cui si esercita una forza muscolare senza spostamento di carichi. Pertanto sono esclusi il sollevamento e il trasporto di carichi, le spinte e i traini per percorsi superiori a 2m.

La metodologia prevede 3 fasi:

- FASE A: determinazione della forza isometrica massima , per azioni specificate, in considerazione della popolazione di utilizzatori prevista.
- FASE B: determinazione della forza massima ridotta in funzione di velocità, frequenza e durata;
- FASE C: determinazione della tollerabilità del rischio.

Anche qui valgono le considerazioni fatte al punto precedente sulla valutazione dei rischi ed eventuali procedure.

5.8.1.3 Movimentazione manuale dei carichi

5.8.1.3.1 Sollevamento

Per la valutazione del rischio derivante dal sollevamento di carichi si fa riferimento all'indice di NIOSH , seguendo il metodo 3 del norma UNI EN 1005-2.

5.8.1.3.2 Definizioni e ipotesi di applicabilità

Il sollevamento è un'attività di spostamento verticale del carico senza l'aiuto di servomezzi. Sotto riportate le condizioni affinché il metodo sia applicabile.

APPLICABILE	NON APPLICABILE
Peso \geq 3 kg	Per pesi < 3kg il metodo è applicabile ma non è obbligatorio. La UNI EN1005-2 rimanda alla UNI EN 1005-5
Percorso < 2 m	Trasporto carico camminando oltre 2 m
Forze di azione verticali	Tiro e spinta
Turno lavorativo \leq 8 h	Turno lavorativo > 8 h
Postura eretta	Postura assisa o inginocchiata
Sollevamento graduale, senza brusche accelerazioni (velocità azione < 0,8 m/s)	Velocità azione > 0,8 m/s
Sollevamento solo manuale senza ausili esterni	Utilizzo di pala o carriola
Buona interfaccia tra i piedi e il pavimento (coefficiente di attrito piede-suolo > 0,4)	Superfici scivolose (coefficiente di attrito piede-suolo < 0,4)
Oggetti da sollevare non molto caldi, non molto freddi o contaminati	Oggetti troppo caldi, troppo freddi, contaminati
Oggetti stabili	Liquidi, oggetti con posizione baricentro instabile
Ambiente termico moderato (temperatura = 19+26°C; umidità = 33+50%)	Temperatura ambiente fuori range 19+26°C; umidità fuori range 33+50%
Spazi di lavoro comodi	Spazi di lavoro ristretti

Tabella 3- Tabella condizioni applicabilità metodo

5.8.1.4 Traino, spinta e trasporto

Il metodo di valutazione del rischio per le attività di traino, spinta e trasporto di oggetti consiste nel calcolo dell'indice numerico detto indice sintetico di rischio (I.S.R.).

Si considerano compiti di traino o spinta le azioni in cui l'operatore esercita una forza diretta frontalmente per almeno 2 m.

Si considerano compiti di trasporto di carichi le azioni in cui l'operatore cammina per più di 2m mantenendo sollevato un carico con peso \geq 3kg.

L'indice sintetico di rischio si ricava dal confronto dei dati sperimentali con i valori limite proposti sulle tabelle psicofisiche. La metodologia proposta ha l'obiettivo di proteggere il 90% della popolazione lavorativa adulta e sana, pertanto si basa sul confronto con i dati più conservativi delle tabelle

5.9 Stesura delle FMEA di processo

Qui valgono le considerazioni fatte al punto 3.4 riferite questa volta all'ambito di processo.

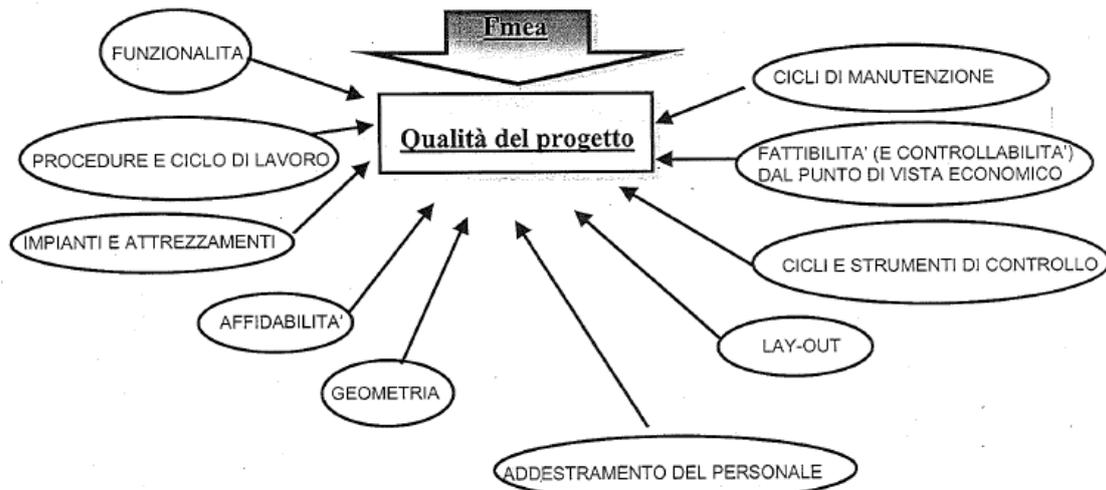


Figura 34- Ambiti di analisi della FMEA di processo

Lo scopo di questa analisi è quello di analizzare e gestire (cioè prevedere le attività di prevenzione e ispezione delle operazioni di lavoro "critiche") nel processo la realizzazione delle caratteristiche di prodotto.

L'analisi viene svolta mediante gruppi di lavoro in cui deve esserci la rappresentatività delle principali funzioni aziendali, di norma:

- Sperimentazione;
- Tecnologia;
- Fabbricazione;
- Montaggio;
- Qualità;
- Assistenza tecnica;
- Logistica;
- Acquisti;

5.10 Compilazione WCM e organizzazione delle postazioni di lavoro

WCM (World Class Manufacturing), la metodologia si sta diffondendo laddove si vuole controllare e ridurre i costi produttivi e manutentivi in maniera sistematica e con metodi riferibili ed oggettivabili.

Metodologia indispensabile per il raggiungimento dello standard ottimale per risolvere problematiche di tipo manutentivo, logistico, qualitativa, di sicurezza, organizzative, organizzative del posto di lavoro e di processo.

In seguito verranno elencate le principali tipologie di documenti che è necessario compilare per seguire questa metodologia.

5.10.1 SMP

Il procedimento di smontaggio e rimontaggio del componente/gruppo viene descritto dettagliatamente nelle schede SMP.

La scheda viene utilizzata per la sostituzione a guasto o a tempo del prodotto ed il procedimento è analizzato seguendo la sequenza più idonea tenendo in considerazione il tipo di manutentore necessario per la manutenzione, le tempistiche, le attrezzature necessarie, la sicurezza, il ciclo standard e i DPI (Dispositivi di protezione individuale) necessari.

IVECO		SMP			G1_1
Stabilimento di Suzzara	Unità Operativa	Gruppo Integrato MANUTENZIONE	IMPIANTO ESEMPIO	Compilato Da:	Data 08/02/2017
Argomento:	Verifica/Sostituzione Serbatoio (CABINET PNEUMATICO)				Pag.1/2
Tab.1 Immagine generale 		Stato Macchina Fermo e alimentata Gruppo professionale: Pneumatico Frequenza (Durata vita - MTBF): 30.000 Cicli Tempo di esecuzione 20 minuti		 Indicazioni generali di Sicurezza L'operazione deve essere effettuata con rispetto delle procedure di sicurezza per l'accesso alle aree tecniche degli impianti.	
 modello : / fornitore : / Q.tà: 2		Attrezzatura Elenco 1.- chiave meccanica (forchetta o combinata) 2.- nastro teflon 		Componenti o Ricambi Elenco 1 - Serbatoio	

Figura 35- Esempio SMP

5.10.2 SOP

SOP (Standard Operative Procedure), Il procedimento di ispezione e pulizia del componente/gruppo descritto dettagliatamente nelle schede SOP.

La scheda viene utilizzata in fase di manutenzione programmata del prodotto ed il procedimento è analizzato seguendo la sequenza più idonea tenendo in considerazione il tipo di manutentore necessario per la manutenzione, le tempistiche, le attrezzature necessarie, la sicurezza, il ciclo standard e i DPI necessari.

5.10.3 Schede di manutenzione pianificata

Indicativamente simile alle schede SMP e SOP ma con formato diverso. Lo standard viene utilizzato per tutte le attività programmate PM(Smontaggio/Rimontaggio) e AM (Ispezione, Pulizia, Lubrificazione, Calibrazione).

5.10.4 Calendario CIL-R

Tabella riassuntiva di coordinamento delle attività sul componente AM(Autonomous Maintenance) che indica la descrizione del componente e dati di fornitura, indicazione numero progressivo schede "SOP" di appartenenza con relativa descrizione attività, frequenza e durata dell'intervento,

Tabella suddivisa in giorni/anno con indicazione del periodo in cui bisogna effettuare una manutenzione programmata.

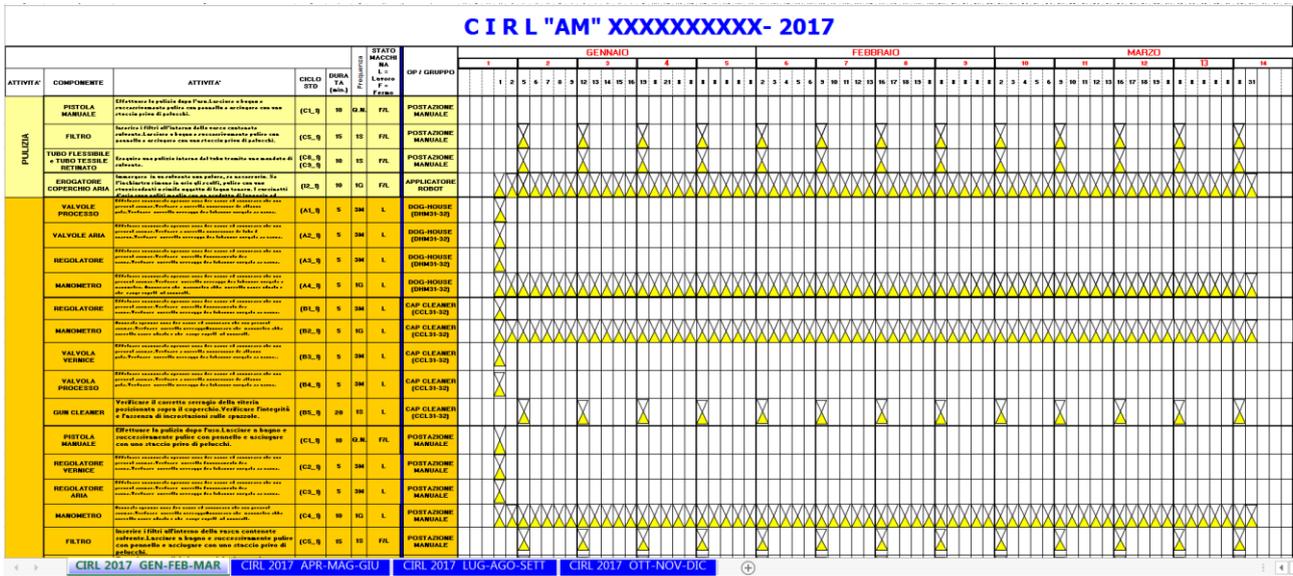


Figura 36 - Esempio calendario

5.10.5 Machine Ledger

Documento per la pianificazione della manutenzione volto a individuare:

- Posizione del componente all'interno del complessivo;
- Descrizione e dati di fornitura;
- Indicazione schede "SMP,SOP" di appartenenza con relativo codice ciclo, descrizione attività, frequenza e durata dell'intervento, tabella suddivisa in settimane/anno con indicazione del periodo in cui bisogna effettuare una manutenzione ordinaria In manutenzione straordinaria "A GUASTO" sarà necessario consultare le schede utili per rimettere in funzione il macchinario;
- Classificazione componente A-B-C;

6 Studio

6.1 Introduzione al caso

Sotto è presentata la pianta dello stabile in cui verrà assemblato il veicolo, L'azienda si trova in Val di Sangro in Abruzzo e occupa circa 34.661 m². In questa vengono svolte principalmente lavorazioni meccaniche per trasformare veicoli commerciali in furgonati /cassonati, l'area dello stabile dedicata al veicolo in questione sarà il lotto n°3 evidenziato nel rettangolo rosso e misura circa 2317 m² di cui 354 m² coperti solo da pensiline.

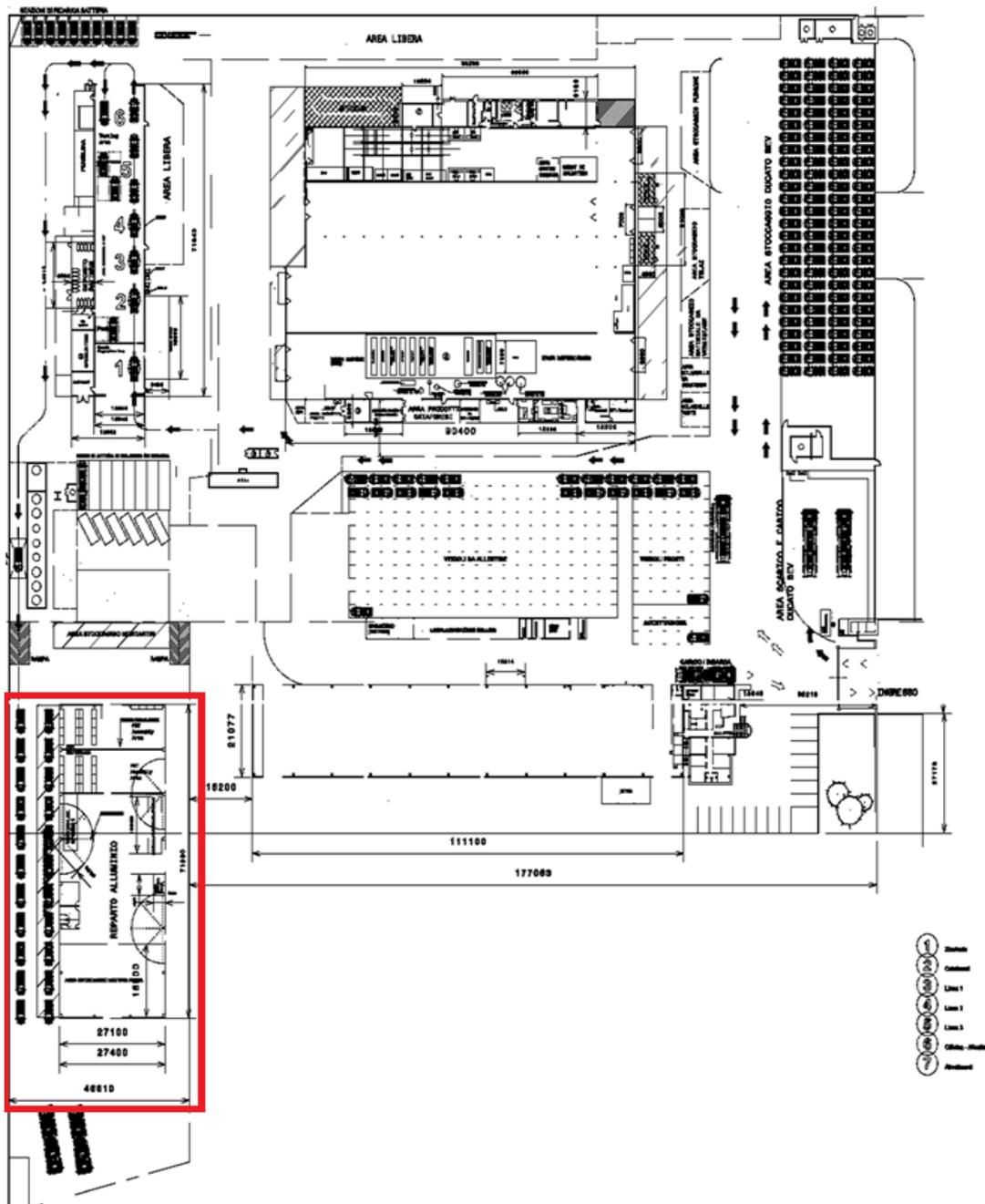


Figura 37 - pianta stabile

Sotto in dettaglio è riportato il lotto n°3, ruotato di 90° a destra rispetto la pianta.

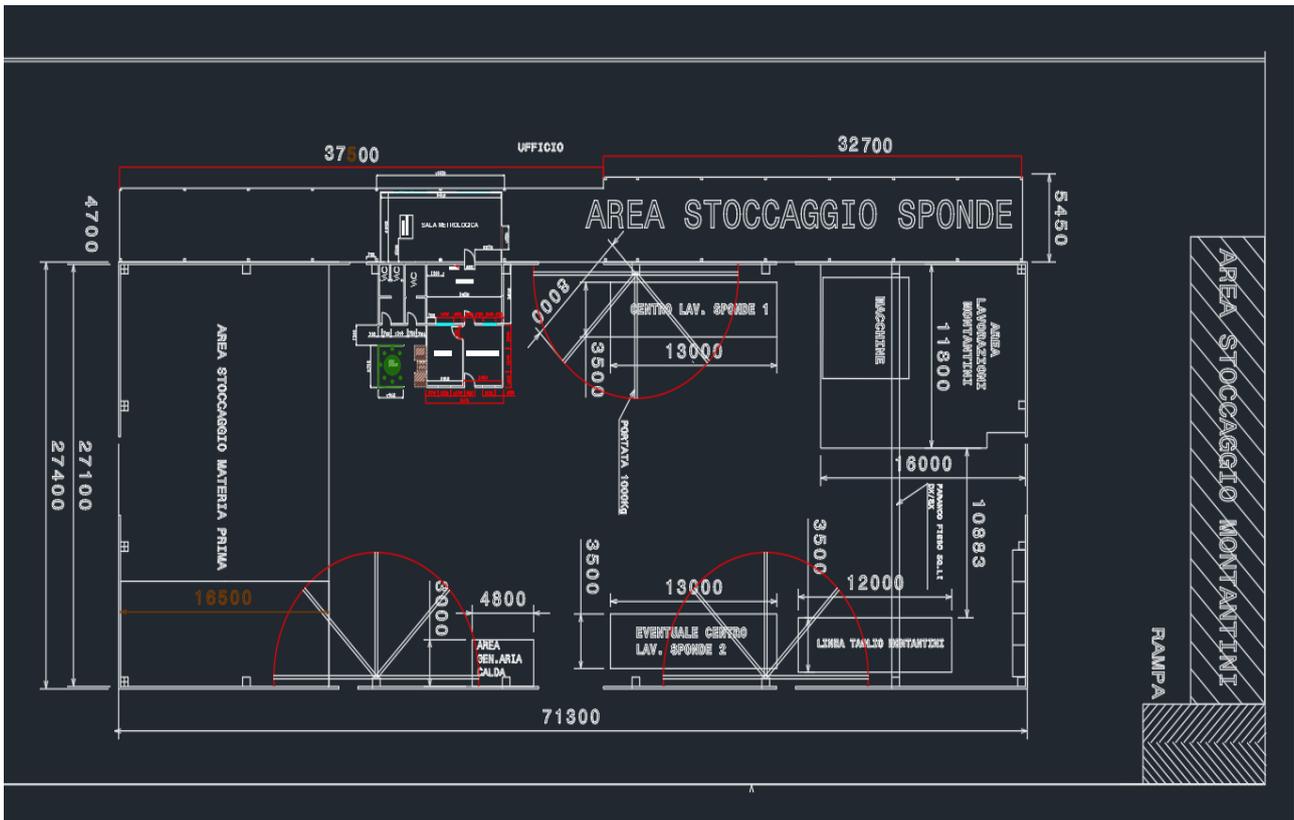


Figura 38 - Dettaglio pianta stabile n°3

Il veicolo commerciale in questione nasce dalla conversione della versione a combustione interna in quella elettrica. Questa conversione verrà effettuata al di fuori dello stabilimento in cui si produce il classico veicolo a causa dell'eccessivo saturamento di quest'ultimo ed è stata commissionata all'azienda citata in precedenza. Il prodotto lascerà la linea di produzione in una situazione di semi assemblato e non sarà possibile effettuare alcuna lavorazione extra per adattamento della nuova versione, per la ragione prima esposta, quindi tutte le lavorazioni di adattamento saranno da effettuare interamente nel nuovo stabile.

Il veicolo arriverà completo a livello di scocca e privo di molti componenti che caratterizzano il veicolo a combustione interna, per altri sarà da prevedere lo smontaggio in seguito. La motivazione della presenza di componenti non previsti sulla versione elettrica è da attribuire al ciclo di produzione del veicolo classico, modificare quest'ultimo per facilitare la produzione del veicolo elettrico comporterebbe modifiche con conseguenza gravose a livello economico e organizzativo, quindi alcuni veicoli abbandoneranno semplicemente la produzione a un certo avanzamento per essere trasferiti nello stabile per il completamento.

Allo stato attuale arriverà privo di queste componenti caratteristiche dei veicoli a C.I.:

- Impianto di scarico;
- Trasmissione;
- Motore;
- Sistema di aspirazione;
- Serbatoio ;

- Differenziale;

E privo di queste componenti presenti in qualsiasi veicolo:

- Semiassi;
- Liquidi e Oli vari;
- Tubi raffreddamento ;
- Tubi condizionatore e riscaldamento;
- Mensole sollevamento veicolo;
- Impianto elettrico;

In seguito, verranno rassegnate le caratteristiche principali di un veicolo elettrico e le componenti salienti che verranno montate sul veicolo.

6.2 Propulsione e tecnologia veicolo elettrico

Un veicolo elettrico alimentato a batteria è un sistema complesso con alcune caratteristiche che lo rendono unico rispetto ai veicoli classici. Alcuni componenti rimangono invariati rispetto al classico veicolo a C.I (carrozzeria, ruote, sterzo, impianto di illuminazione) altri pur essendo simili presentano caratteristiche uniche (cambio, sistema di frenatura) e altri infine sono presenti esclusivamente sui veicoli a trazione elettrica (batteria di trazione, caricabatteria, motore elettrico, elettronica di regolazione e controllo, sistema di recupero energia in frenatura se installato). Analizziamo di seguito brevemente come sono influenzati i componenti meccanici del sistema propulsivo, il cambio e il sistema di frenatura.

6.2.1 Il cambio

In un veicolo classico, il cambio è un elemento da cui non si può prescindere in quanto non avrebbe la coppia necessaria per mettersi in movimento adeguatamente. Il motore a combustione interna è in grado di fornire coppia utile solo entro certo range di numero di giri, in particolare a velocità nulla ha coppia praticamente nulla. Il cambio variando il rapporto di trasmissione permette di adeguare la coppia utile del motore alla velocità del veicolo.

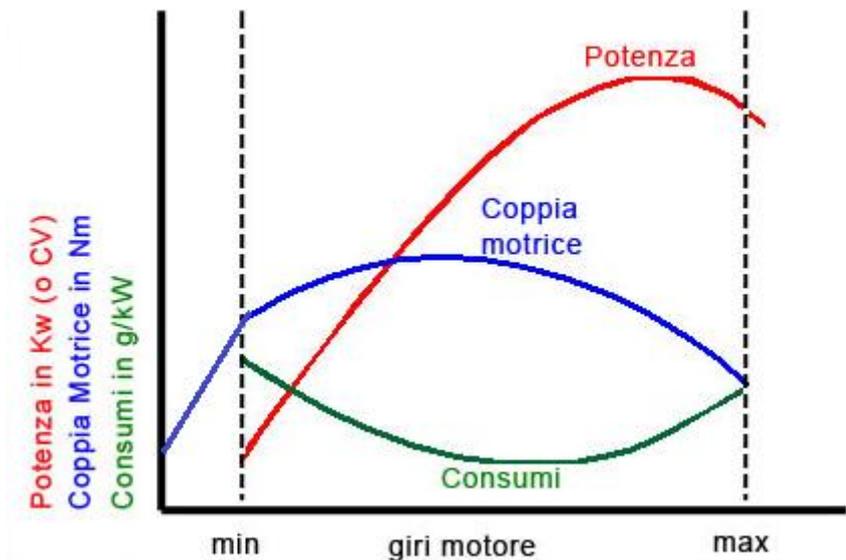


Figura 39- Curve caratteristiche motore a C.I

Un motore elettrico ha un'elevata coppia di avviamento pertanto l'uso di un cambio non è essenziale, diverso discorso è riservato ai veicoli sportivi .

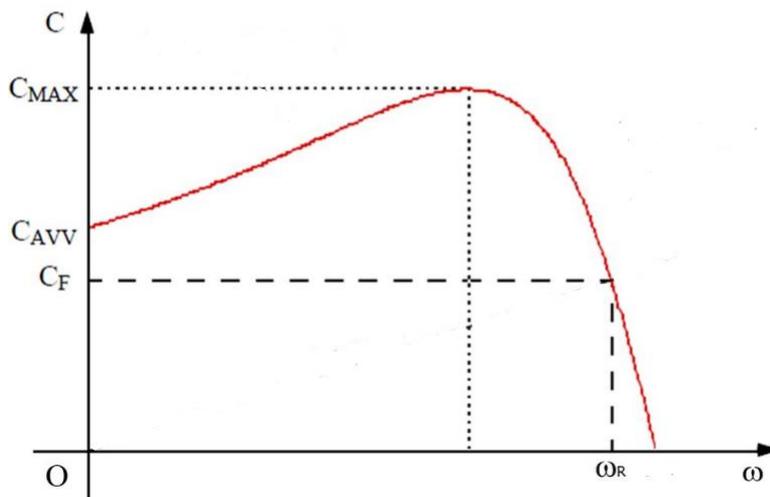


Figura 40- Curva motore sincro

6.2.2 La frenatura

In alcuni veicoli elettrici o ibridi per salvaguardare l'autonomia si sfrutta la possibilità dei motori elettrici di funzionare anche da "dinamo". Dunque, quando si lascia l'acceleratore il motore inverte il suo funzionamento trasformandosi in alternatore e trasforma tramite una coppia resistente l'energia cinetica che riceve dal movimento delle ruote in corrente da restituire alla batteria (previa conversione da AC in DC), questa resistenza determina anche un effetto frenante che aiuta il veicolo a rallentare. Dietro questo meccanismo sono in continua evoluzione le

tecnologie di controllo, in modo tale da ottimizzare questa caratteristica e sfruttarla al più possibile per aumentare l'autonomia del veicolo.

6.2.3 Powertrain

Qui in seguito andremo ad analizzare tutti i componenti salienti di una powertrain elettrica.

6.2.3.1 Motore

La propulsione per tutti i veicoli è affidata a un motore sincrono con le caratteristiche sotto riportate.

Code:	TR-09028-W400
Battery voltage:	400 vdc
Peak power:	90 kW
Rated power:	50 kW
Peak current:	440 A
Rated current:	195 A
Peak torque:	280 Nm
Rated torque:	135 Nm
Peak speed:	12.000 RPM
Rated speed:	3.500 RPM
Weight:	≤55 Kg
Cooling:	Liquid cooled
Efficiency:	≥95%
Environmental:	IP67

Figura 41 - Dati tecnici motore

6.2.3.1.1 Descrizione motore sincrono

Il motore sincrono è un tipo di motore elettrico in corrente alternata in cui il periodo di rotazione è sincronizzato con la frequenza della tensione di alimentazione, solitamente trifase.

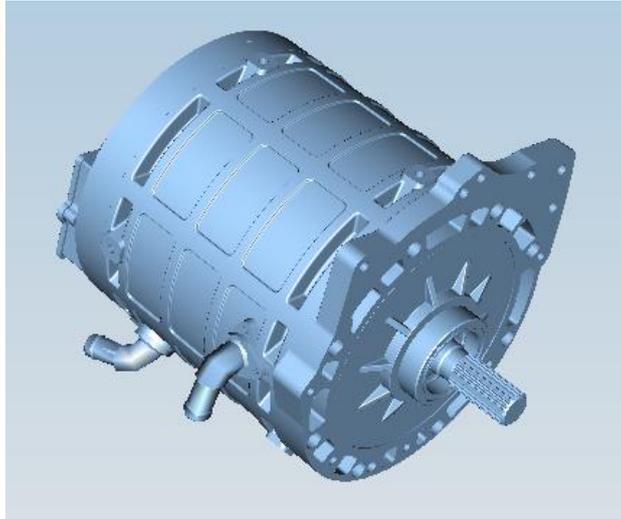


Figura 42- CAD 3D motore sincrono

È costituito da un rotore (solidale all'albero motore) su cui sono fissati diversi poli magnetici a polarità alternata, questi possono presentarsi in due differenti tipologie:

- Magneti permanenti;
- Elettromagneti alimentati da corrente;

E da uno statore in cui vi sono gli avvolgimenti alimentati dal circuito a corrente alternata. Lo statore crea un campo magnetico rotante, questo viene inseguito dal campo magnetico del rotore. La frequenza a cui ruota è : $f_r = \frac{f_v}{p}$ dove f_v è la frequenza elettrica e p è il numero di coppie poli presente nel motore.

L'avviamento del motore senza azionamenti o inverter non è possibile, in quanto per effetto dell'inerzia e dell'attrito il motore non riesce a inseguire la f di rotazione del campo magnetico, solitamente la frequenza elettrica è di 50 o 60 Hz. Negli ultimi anni l'utilizzo dell'elettronica ha reso più semplice l'avviamento; infatti consente di regolare sia la tensione (e quindi la corrente) di alimentazione che la frequenza. Così partendo da frequenza nulla e facendola crescere molto gradatamente si aziona con continuità una coppia in grado di accelerare il motore a partire da fermo.

6.2.3.2 Batteria

Nel veicolo verranno utilizzate batterie agli ioni di litio composte da 18650 celle cilindriche. Ogni pacco batteria è costituito da un case in alluminio e da un sistema di monitoraggio dell'azienda proprietaria che consente di monitorare, bilanciare le funzionalità, di disconnetterla in caso di pericolo e di controllarne la temperatura. Il sistema di raffreddamento è completamente integrato nel pacco batteria e a seconda della tipologia di veicolo possiamo avere più o meno pacchi (tutti montati nel pianale del veicolo):

- Veicoli passo corto: 3 pacchi batteria;
- Veicoli passo medio: 4 pacchi batteria o 5 con l'ultimo montato oltre l'assale posteriore;
- Veicoli passo lungo: 5 pacchi batteria tutti montati tra i due assali;

Le caratteristiche di questi pacchi batteria sono sotto riportate.

Code:	BPLI-400158	
Nominal voltage:	Vdc	389
Nominal capacity:	Ah	40,5
Nominal energy:	kWh	15,78
Weight (whole pack):	Kg	130
Dimensions:	L x W x H (cm)	430x 1.15 x 140
Standard charge:	C (RT)	0.5
Standard discharge:	C (RT)	1C
Max continuous discharge current:	A	61
Ingress protection rate:	IP	67
Communication:	-	1 x CAN2.0b
Charging temperature:	°C	0°≤T≤45°C
Discharging temperature:	°C	-20°≤T≤60°C (Derating at -20°C ≤T≤ 0°C)
Certification:	-	TUV; CE; UN 38.3, R100 compliant
Life cycle (25°C; 0,5c; -1c):	Cycles	1.500 cycles (with min. 80% of energy available)
DEPT OF DISCHARGE (dod):	%	90%

Figura 43- Dati tecnici pacchi batterie

6.2.3.2.1 Descrizione batterie al litio

Il funzionamento di questa batteria si basa su una reazione reversibile di scambio tra uno ione di litio e due elettrodi. L'elettrodo positivo è generalmente costituito da un ossido di metallo di transizione litiato, l'elettrodo negativo è generalmente in grafite. Questo scambio avviene all'interno di un elettrolita liquido composto generalmente da sale LiPF₆ (esafluorofosfato di litio) in soluzione all'interno di una miscela di carbonato di etilene e carbonato tetraidrofurano.

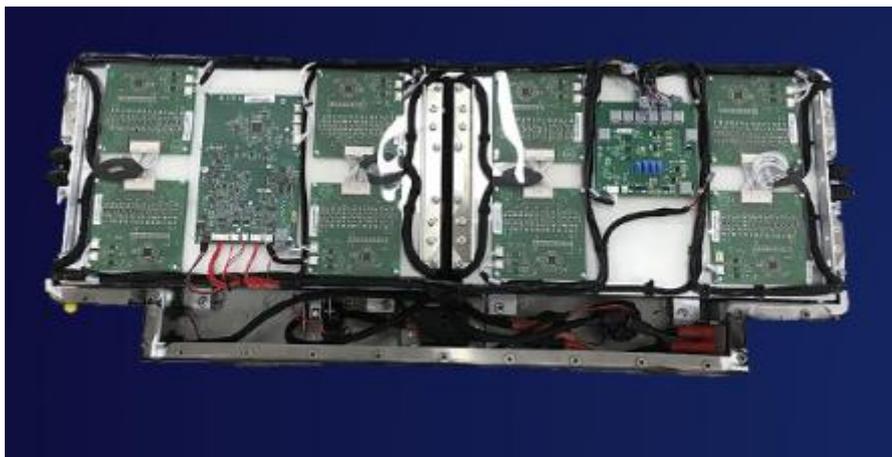


Figura 44- Modulo della batteria utilizzata nel veicolo

6.2.3.2.2 Vantaggi

- Grazie alle varie forme che si possono attribuire alle batterie queste possono occupare efficacemente molti spazi;

- Sono tra le più leggere batterie in commercio. Grazie all'elevata densità di carica degli ioni di litio;
- Le batterie Li-ion non soffrono dell'effetto memoria;
- Hanno un tasso di auto-scarica relativamente basso;

6.2.3.2.3 Svantaggi

- Le batterie al litio hanno una degradazione temporale fissa, indipendente dal grado di utilizzo. Questo degrado cresce esponenzialmente all'aumentare della temperatura e con cattivo stato di conservazione della carica;
- Non sono adatte agli utilizzatori che richiedono elevati picchi di potenza, in quanto mostrano un degrado brusco della durata batteria se sottoposte a questo tipo di utilizzo;
- Queste batterie non vanno mai scaricate sotto una certa percentuale di carica per evitare ;
- danni irreversibili, perciò al loro interno sono presenti dispositivi di sicurezza che spengono la batteria se va sotto un certo livello di carica;

6.2.3.2.4 Pericolosità della batteria Li-Ion

Una batteria Li-Ion arrivare ad esplodere se portata a temperature eccessive, in quanto al suo interno si sviluppa idrogeno, il quale aumenta la pressione dello scompartimento interno. Perciò queste tipologie di batterie necessitano diversi sistemi di sicurezza obbligatori al suo interno. Sostanzialmente si hanno due dispositivi di sicurezza un interruttore per evitare il raggiungimento di temperature eccessive e una valvola per sfiatare l'idrogeno nel caso in cui si raggiunga una pressione troppo elevata.

6.2.3.2.5 Eterno triangolo

Le batterie destinata all'utilizzo su veicoli elettrici, presentano differenti peculiarità a seconda del tipo del veicolo e del suo campo d'utilizzo. La scelta della batteria è un mix di innumerevoli caratteristiche ma le principali sono:

- Performance;
- Vita media;
- Costo;
- Impatto ambientale;

Se andiamo escludere le ultime due e ci concentriamo sulle rimanenti, queste vanno a coinvolgere a livello di progettazione una problematica, quella dell'eterno triangolo. Questa a causa della dipendenza reciproca delle caratteristiche di energia(durata batteria), potenza e vita media comporta che il miglioramento della singola caratteristica causa necessariamente un peggioramento delle altre due. Il progetto di una batteria per veicolo elettrico deve allora essere strettamente interconnesso al progetto del veicolo e, a seconda dei casi, esso implica un differente bilanciamento delle caratteristiche dettato dalle differenti esigenze.

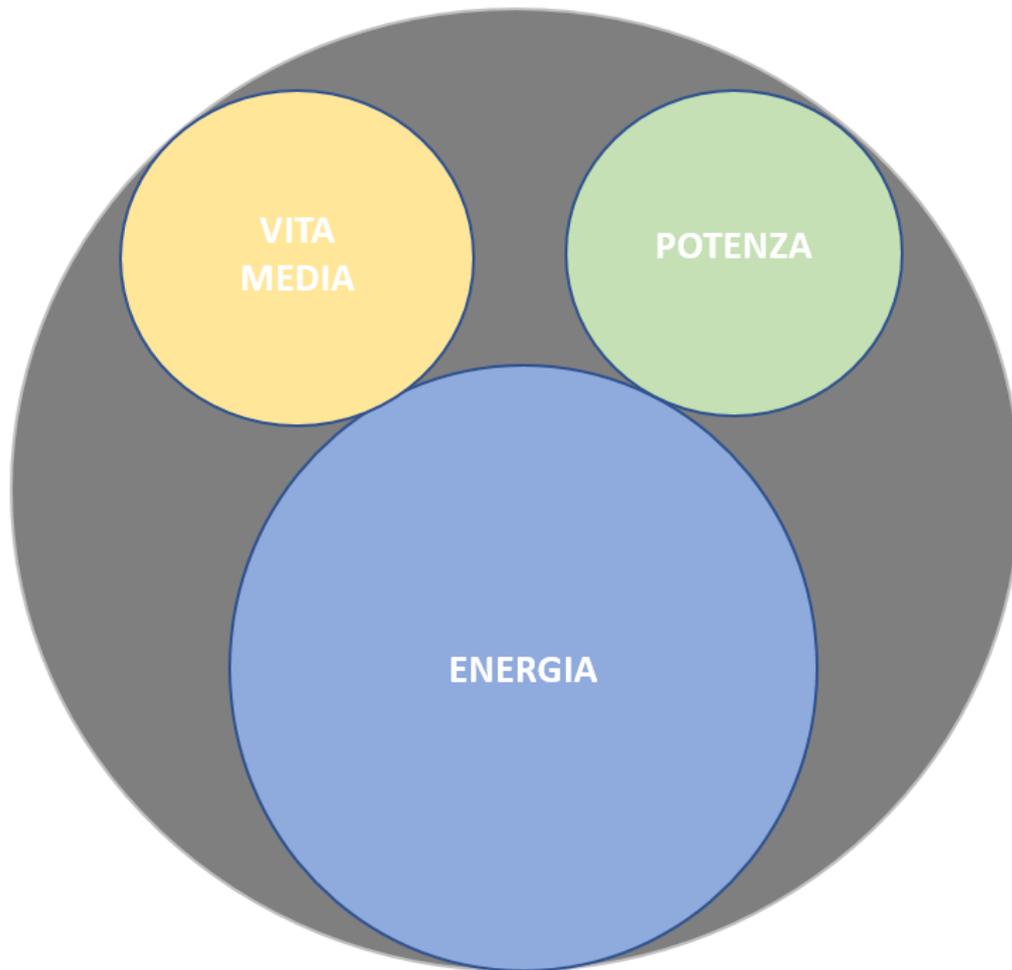


Figura 45 - Eterno triangolo

6.2.3.2.6 Sistemi di immagazzinamento alternativi di energia

I sistemi di accumulo energia dedicati ai veicoli elettrici sono sostanzialmente sviluppati per aumentare l'autonomia del veicolo e in molti casi per compensare il consumo di energia della batteria durante i picchi di potenza, fornendo una fonte energetica alternativa.

6.2.3.2.6.1 Volani

Un sistema di accumulo d'energia che sta sempre più affiancando le batterie, è il volano. Pur essendo presente da tempo solo ultimamente le sue caratteristiche sono stato utilizzate in combinazione alle batterie per accrescere l'autonomia del veicolo. Ciò è anche possibile soprattutto grazie agli sviluppi tecnologici in termini di materiali (materiali compositi), il volano assorbe energia durante la frenatura e può rilasciarla in accelerazione. Generalmente il volano cerca di accumulare energia ogniqualvolta l'energia fornita dal motore è superiore a quella necessaria al moto del veicolo. L'energia accumulata nel volano è proporzionale alla sua velocità di rotazione secondo la legge:

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Dove I è l'inerzia del volano e ω è la velocità di rotazione in radianti al secondo.

Quando invece il veicolo chiede potenza il volano aiuta il motore a consumare meno energia. Per rilasciare energia, parte dell'energia cinetica immagazzinata nel rotore è convertita in energia elettrica usando il motore in funzionamento inverso (come generatore), rallentando il volano. Un volano può avere due strutture:

- Il rotore può avere o la forma di un disco interfacciato all'albero per mezzo di un mozzo supportato da un sistema di cuscinetti meccanici;
- Il volano hubless è costituito da un cilindro cavo all'interno, dove sono incassati dei cuscinetti magnetici che sfruttano l'attrazione magnetica per interfacciarsi all'albero;

Quello hubless prestazionalmente parlando è il migliore, anche perché si ha la perfetta integrazione con l'albero motore grazie ai cuscinetti.

6.2.3.3 OBC

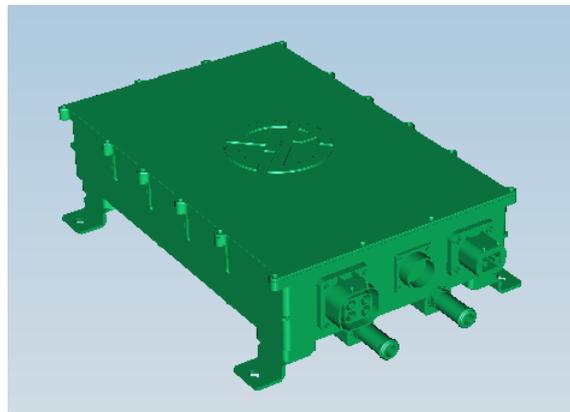


Figura 46- Cad 3D OBC

Tutti i veicoli elettrici hanno un dispositivo che converte l'energia elettrica a corrente alternata in quella a corrente continua necessaria per la carica delle batterie, questo accessorio è l'OBC (onboard vehicle charger). In sostanza è un dispositivo che salvaguarda le batterie alla corrente AC, in alcuni casi vi sono delle versioni "off board" del charger. Nel nostro caso in questo componente è incorporato anche un convertitore dc-dc che utilizza l'energia della trazione elettrica per alimentare la batteria di servizio.

Sotto vengono riportate i dati tecnici:

	Code:	OBC-066-W400-DC2K
	Ac input range :	90 - 265Vac
	Output voltage:	250 - 450 Vdc
OB BOARD CHARGER	Max Output Power:	6.600 W
	Max Output current:	20 A
	Can communication:	YES
	Input Voltage:	250 - 450 Vdc
	Input Current:	Max 15 Arms
DC/DC CONVERTER	Output Voltage:	13,8 Vdc
	Output Current:	143 A
	Peak Output Power:	2.400 W
	Output over voltage:	Stop the output when exceeds 1% of the max output voltage
	Over temperature protection:	Power down from 85° and shut off at 90°
	Power off protection:	Yes
	Coolant:	Liquid cooled (50% water, 50% Glycol)
	Environmental Rating:	IP67
	Working temperature:	-40°c to 65°c
	Efficiency:	≥ 95%
	Dimension:	330x250x125 mm

Figura 47- Dati tecnici OBC

6.2.3.4 Inverter

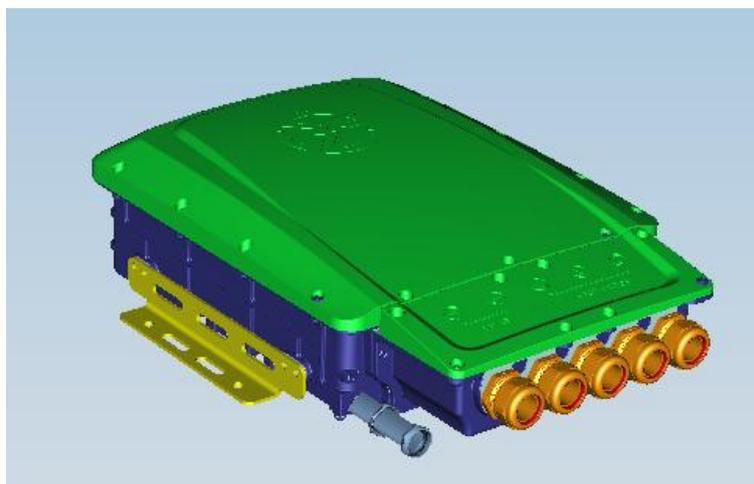


Figura 48- CAD 3D Inverter

L'inverter ha la funzione di convertire la corrente continua proveniente dalle batterie in AC per alimentare il motore e allo stesso tempo di compiere la funzione inversa per convertire l'energia di frenata (regenerative braking energie) prodotta dal motore in corrente continua per le batterie. Di variare la frequenza e la tensione per permettere le regolazioni di velocità e coppia sul motore. La versione utilizzata nel veicolo è a raffreddamento liquido e ha i seguenti dati di targa:

Code:	VMX-235-W400	VMX-350-W400
Rated Input Voltage:	336 Vdc	336 Vdc
Input Battery Voltage Range:	200 - 450 Vdc	200 - 450 Vdc/
Rated Power:	60 kW	90 kW/
Maximum Output Current:	350 A	525 A/
Maximum Output Current:	235 A	350 A/
Output Frequency Range:	0-300 Hz	0-300 Hz/
Control Accuracy:	1:1000 (encoder mode)	1:1000 (encoder m/ode)
Cooling:	Liquid cooled	Liquid cooled/
Efficiency:	≥98%	≥98%/
Environmental:	IP 67	IP 67/
Dimension:	475X390X160 mm	560X550X180 mm/

Figura 49 - Dati di targa Inverter

6.2.3.5 VCCU (Hi-Line DC/DC)

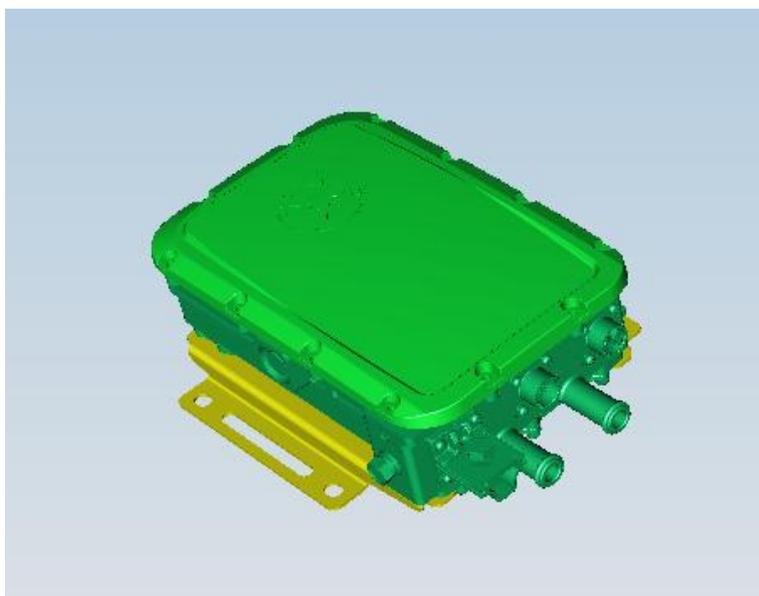


Figura 50 - CAD 3D Vccu

Questo è un accessorio che serve per utilizzare l'alto voltaggio delle batterie del veicolo convertendo la corrente in basso voltaggio per alimentare le potenze ausiliarie, queste variano da 2 a 6 Kw.

In seguito, sono riportati i dati di targa del componente:

Code:	HIL-2000-W400
Input Voltage:	250 - 450 Vdc
Input Current:	Max 15 Arms/
Output Voltage:	13,8 Vdc/
Output Current:	143 A/
Peak Output Power:	2.400 W/
Continuous Output Power:	2.000 W/
Mass:	≤ 5kg/
Coolant:	Liquid cooled /(50% water, 50% Glycol)
Thermal:	Max. Coolant Temperature: 95°C Max/
Efficiency:	≥ 95%/
Environmental Rating:	IP67/
Operative Ambient Temperature:	-45°C to 85 °C
Dimension:	270x220x75 mm/

Figura 51- CAD 3D Vccu

6.2.3.6 Hi-Line VCU

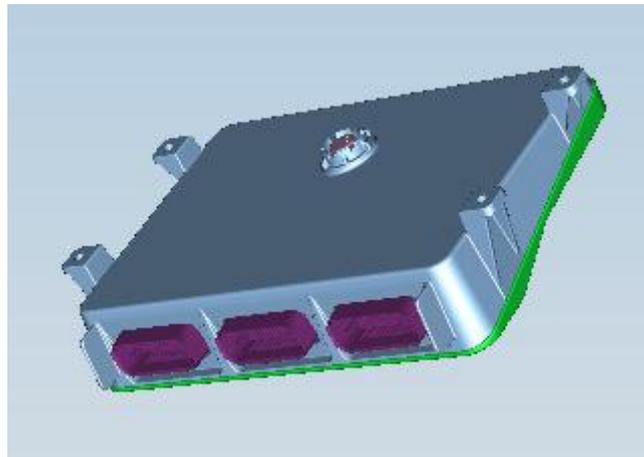


Figura 52- CAD 3D Hi-Line VCU

La VCU (vehicle control unit) è il controllore della powertrain, che monitora le funzionalità di tutti i componenti: Motore; OBC; Inverter; VCCU. Inoltre, si occupa di tutte le operazioni di interfaccia e le informazioni di diagnostica. Questi sono i dati tecnici dell'unità montata sul veicolo.

Code:	HIL-VC01-A100
Input voltage:	9Vdc \pm 32Vdc
Working temperature:	-40°C to 85°C
Storage temperature:	-40°C to 85°C
Humidity:	0% to 95%
Microprocessor:	TI TMS570LS1224, Automotive-Grade Microcontroller for Safety-Critical Applications (two cores running in lockstep)
Programming interface:	Internal JTAG connector for programming purpose
Serial interface:	RS232 protocol, debug purpose
CanBus:	4 channels, up to 1 Mbps
Kline output:	1 channel
Sensor voltage supply:	6 channels, (5V, 50 mA)
Analog inputs:	8 channels, true differential input, 0 \pm 5V capable
Analog outputs:	2 channels, 0 \pm 5V - 20 mA
Digital input/output:	26 channels, 1A sink output, 0 - K30 capable input with fault detection (open circuit, overload, overvoltage); 4 channels out of 26 have PWM capability
High speed Digital input:	2 channels, 0-K30 capable input with fault detection (open circuit, overload, overvoltage)
Power output:	12 channels, 5A source output each, 20 A total source current (steady state output current, 30 A for not more than 30 seconds), fault detection (open circuit, overload, overvoltage); 2 channels out of 12 have PWM capability
Fault emergency output:	dry contact, normally open, K30-100mA capable, closed in case of level 3 fault detected
Environmental Rating:	Protection Level: IP65, Vibration 5g, 10 \pm 500Hz, 3 axes, Storage ambient temperature range -40°C \pm +95°C Operating ambient temperature range -40°C \pm +55°C

Figura 53 - Dati tecnici VCU

6.2.3.7 PDB

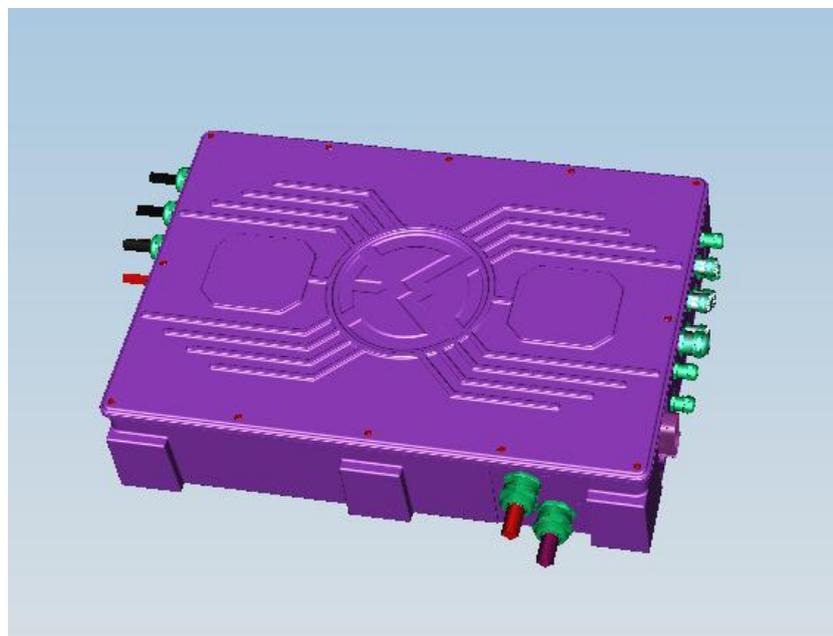


Figura 54 - CAD 3D PDB

Scatolato per connettere tutti i cablaggi provenienti dalle differenti componenti elettriche.

In seguito sarà esposta una sequenza di componenti esclusivi o parzialmente esclusivi del veicolo.

6.2.4 Tubo urto palo

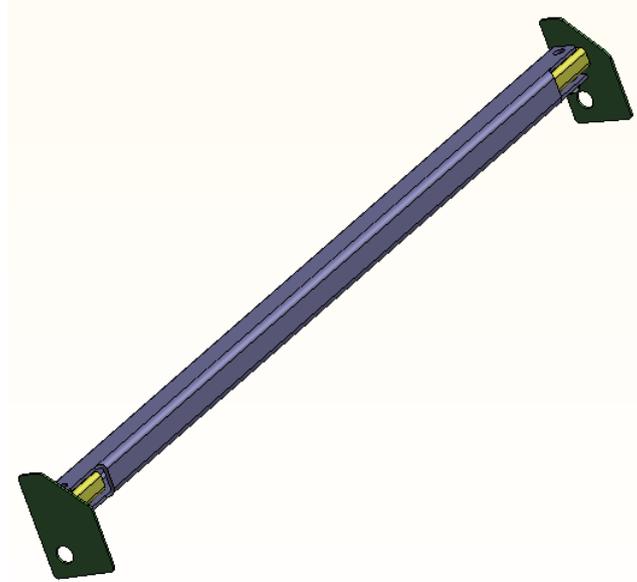


Figura 55-Cad 3D tubo urto palo

Componente da installare nella sottoscocca, la funzione è quella di mantenere inalterata la struttura dei longheroni in caso di urto, fondamentale perché tra questi verranno fissate le batterie tramite delle mensole.

Come raffigurato in figura pacco batteria(verde), mensole(rosso), longherone(blu)

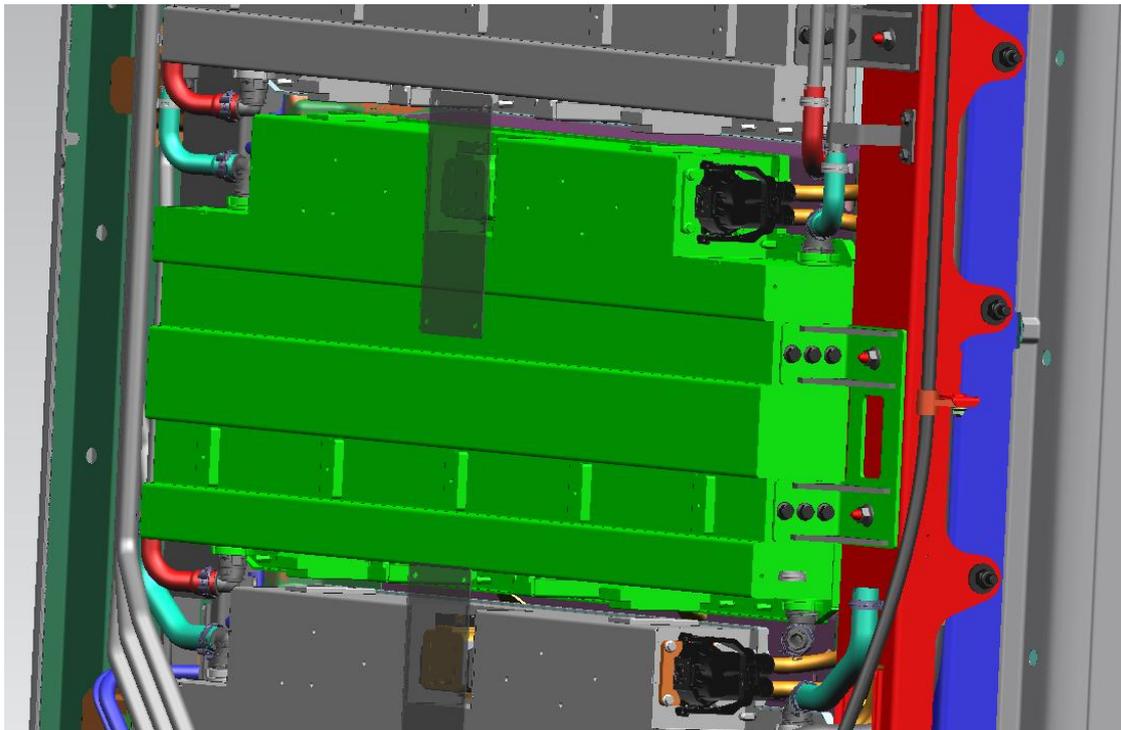


Figura 56- dettaglio sottoscocca pacchi batteria

6.2.5 Cavi HV e LV

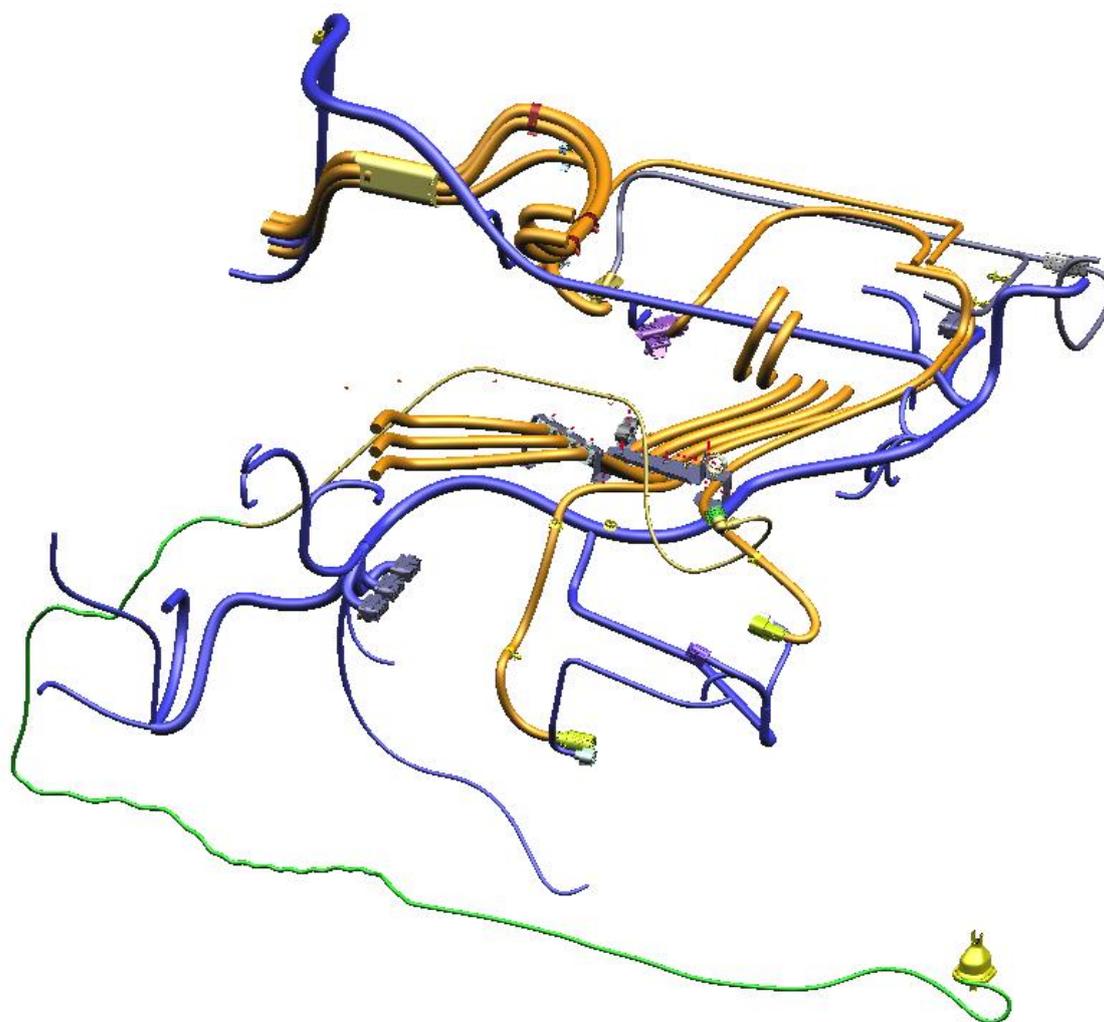


Figura 57- Cad 3D cavi LV e HV

Per quanto riguarda i cavi LV, questi sono presenti in qualsiasi tipologia di veicoli la novità riguarda i cavi HV necessari per l'alimentazione del motore e di vari componenti della powertrain. Questo comporta serie problematiche durante l'assemblaggio, in quanto vi sono molti più cablaggi e di differente tipologia rispetto a un veicolo tradizionale e necessita soluzioni innovative a livello industriale. Particolare attenzione andrà dedicata alla tipologia di connettore dei cavi, rapida o a collegamento manuale.

6.2.6 Presa carica

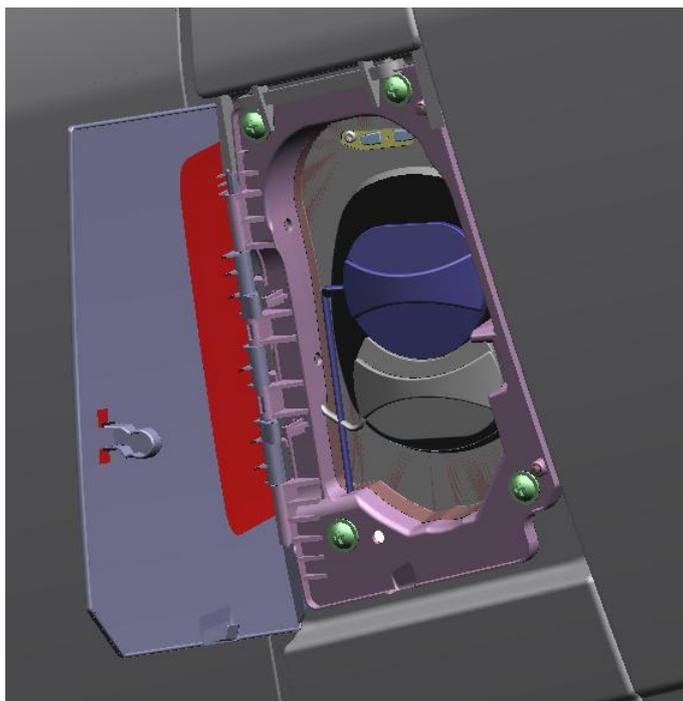


Figura 58- Presa carica

Presca carica ad alto voltaggio, posizionata al posto del bocchettone del serbatoio e presente in due differenti configurazioni:

- MANNEKES: Carica normale con connessione di un cavo HV.
- PHOENIX: Carica Fast con connessione di due cavi HV.

6.2.6.1 Centralina charge port

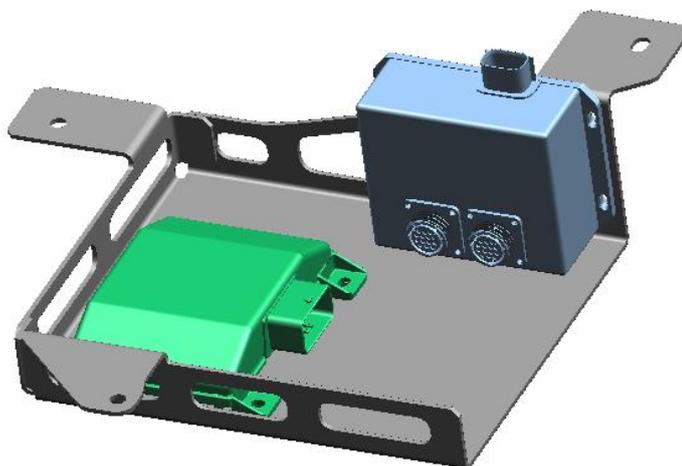


Figura 59 - Centralina charge port

Modulo per la gestione della presa carica del veicolo.

6.2.7 Pinza freno elettrica Brembo

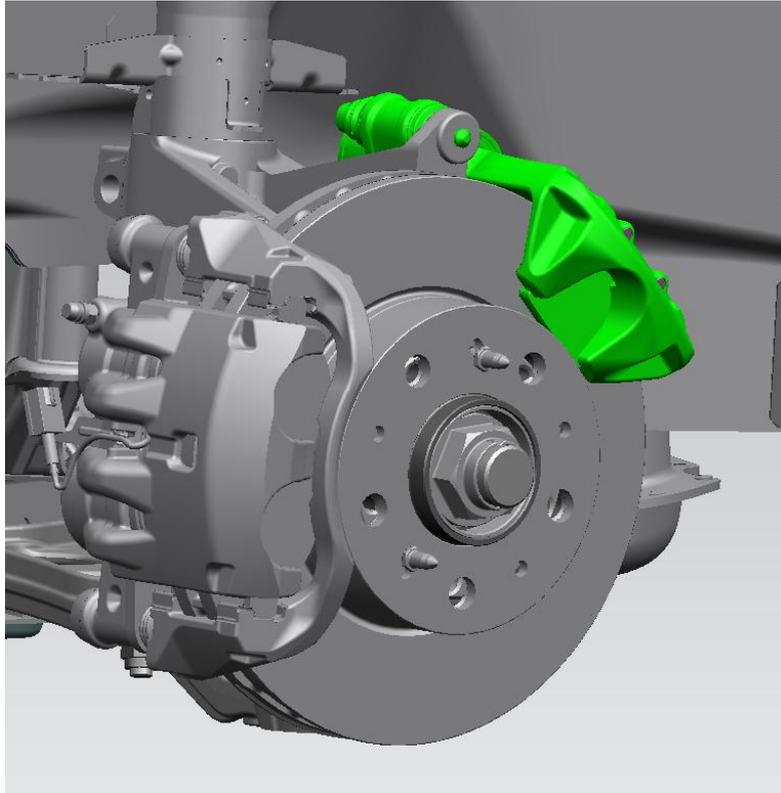


Figura 60- Pinza freno elettrica (Verde)

Si tratta di un sistema innovativo di frenata denominato BBW (Brake By Wire), si tratta di un freno elettromeccanico ad azionamento elettrico (esiste anche una versione ad attuatore pneumatico). La presenza di questo freno è dovuta alla presenza del freno a mano elettrico, sia per gestire il maggior carico in frenata del veicolo, si stima che il veicolo in configurazione a passo medio pesi circa 400 kg in più rispetto al veicolo classico. Questo sistema garantisce una risposta simile a un freno classico indipendentemente dal carico e ha una risposta dinamica molto più rapida, passando dai circa 300-500 ms di un impianto oleodinamico a circa 100 ms.

6.2.7.1 Centralina Brembo

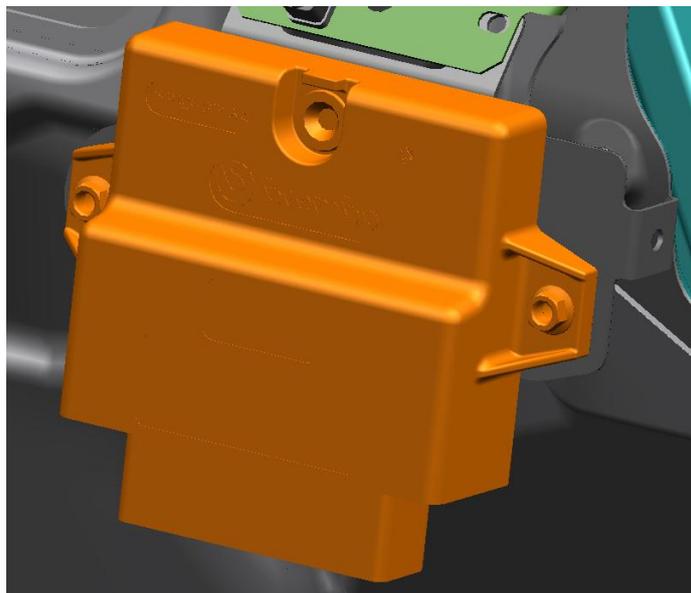


Figura 61- centralina Brembo

Centralina per il controllo della 2° pinza frenante elettrica.

In seguito sarà esposta una sequenza di componenti presenti nella maggior parte dei veicoli, ma presentano delle particolarità a causa della tipologia di veicolo.

6.2.8 OBU

La centralina OBU in unione all'interfaccia montata sul cruscotto e tramite servizio di localizzazione GPS gestisce numerose funzioni:

- Sicurezza del veicolo e degli autisti grazie a sistemi GPS.
- Controllo dei consumi e monitoraggio delle telemetrie di bordo.
- Monitoraggio dello stile di guida degli autisti con controllo delle velocità.
- Ricostruzione dell'impiego giornaliero dei mezzi, delle soste effettuate e dei km percorsi.

Accesso illimitato alla piattaforma di controllo web based per un numero illimitato di utenti. È possibile arricchire la soluzione di gestione flotta aziendale con lo sviluppo di funzioni customizzate di interesse del cliente (es. sistemi di riconoscimento autista, modulo per la prenotazione dei veicoli aziendali, tracciamento spedizioni).

6.2.9 Tubi Raffreddamento/Riscaldamento

Sotto è riportato schematizzato l'impianto di riscaldamento/raffreddamento, quest'ultimo si presenta con differenze abbastanza marcate rispetto a un impianto classico, soprattutto a causa della notevole quantità di tubazioni per il raffreddamento delle batterie. Questo comporta la progettazione di un differente scambiatore a causa di un numero maggiore di flussi per lo scambio di calore.

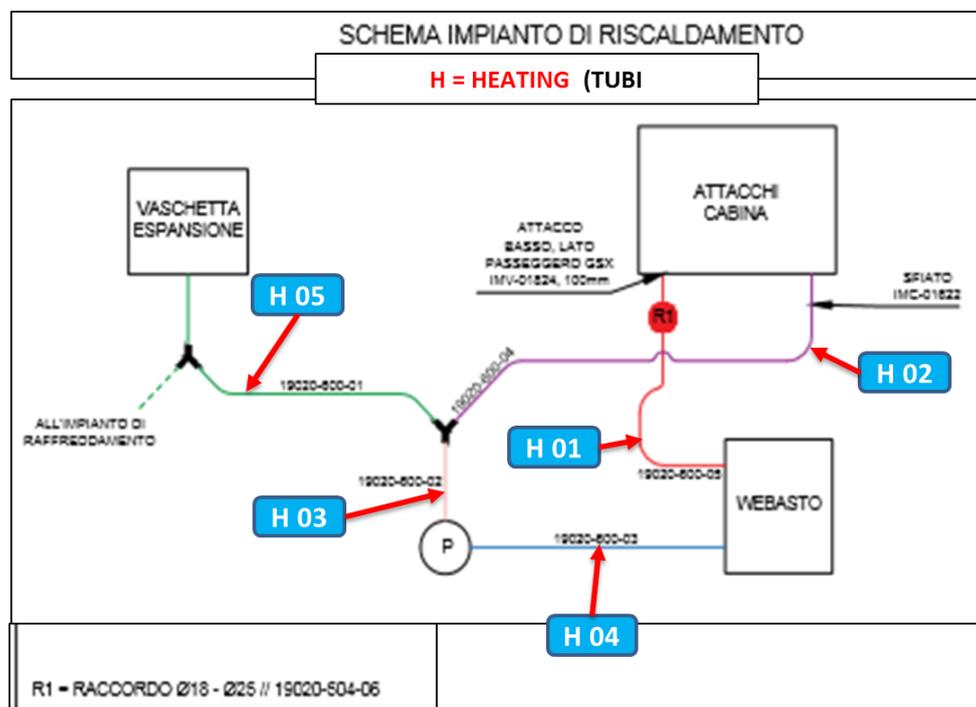


Figura 62-Schema impianto riscaldamento

C = COOLING (CPLS. TUBI RAFFREDDAMENTO) + **H = HEATING** (CPLS. TUBI RISCALDAMENTO)

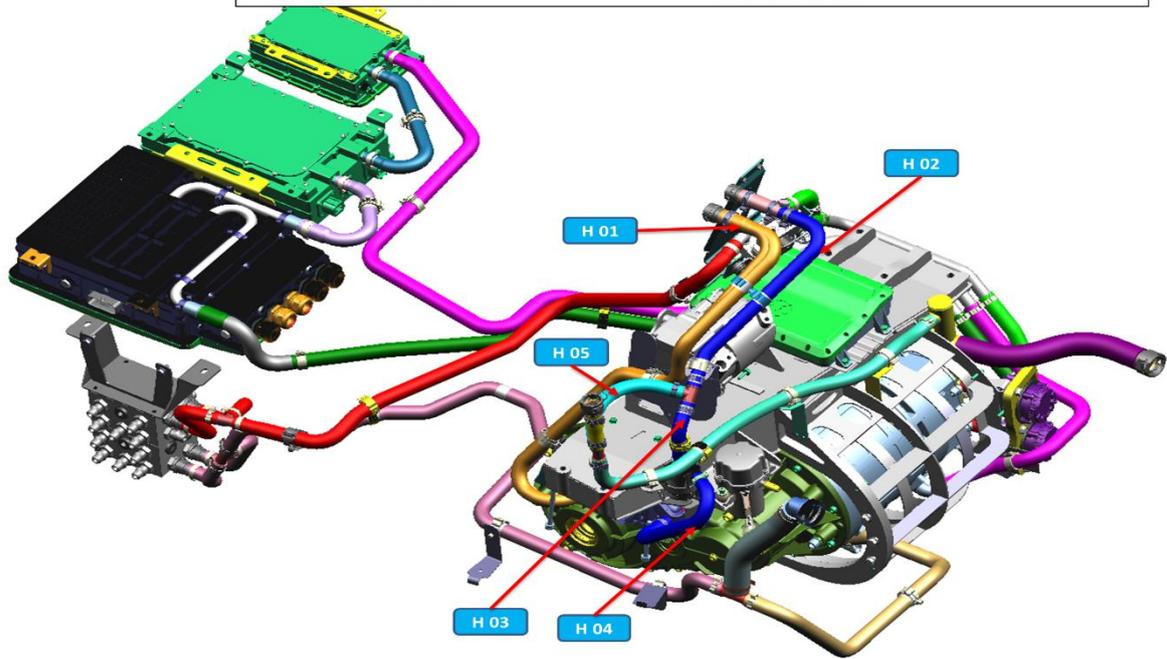


Figura 63- Cad 3D impianto riscaldamento

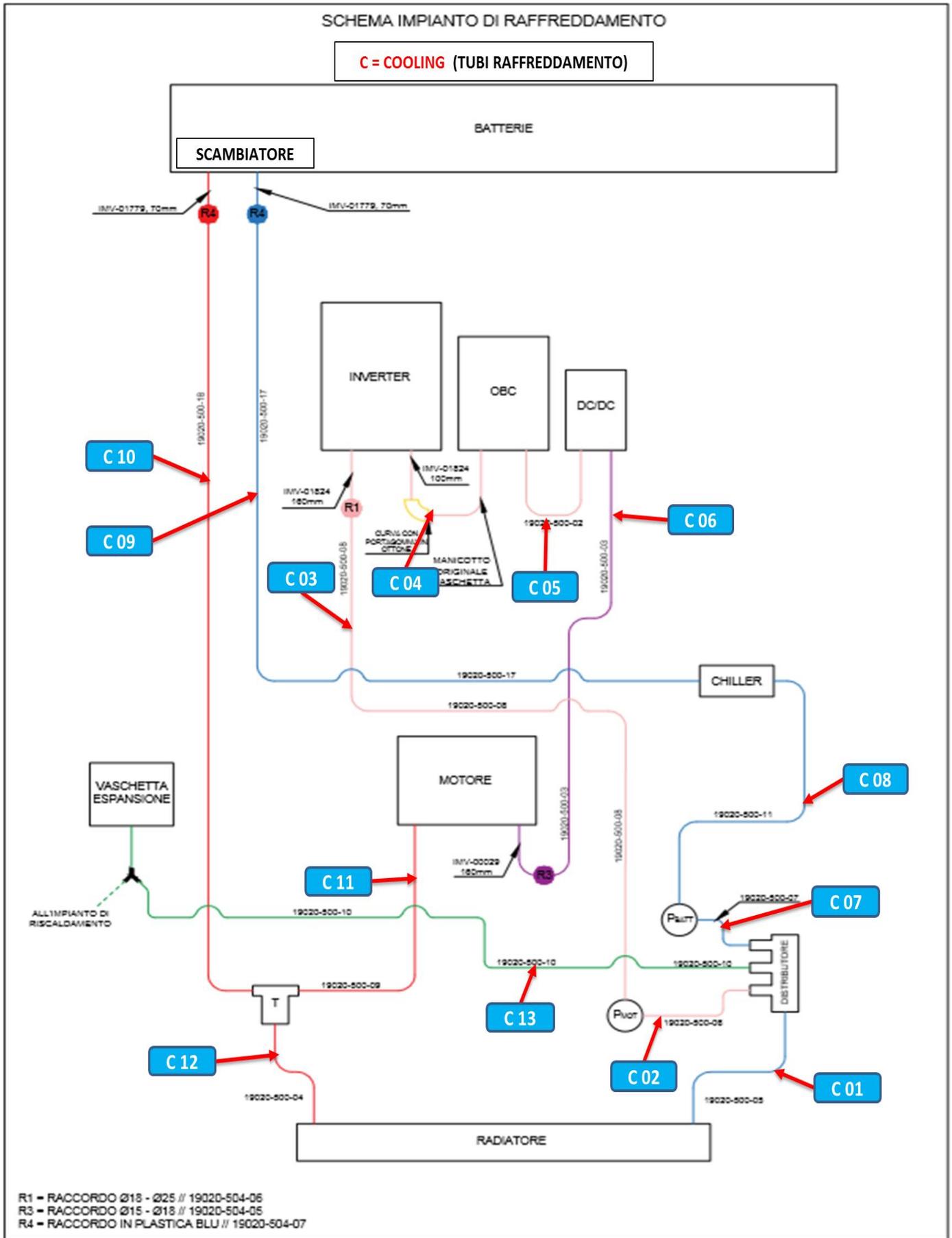


Figura 64- Schema impianto raffreddamento

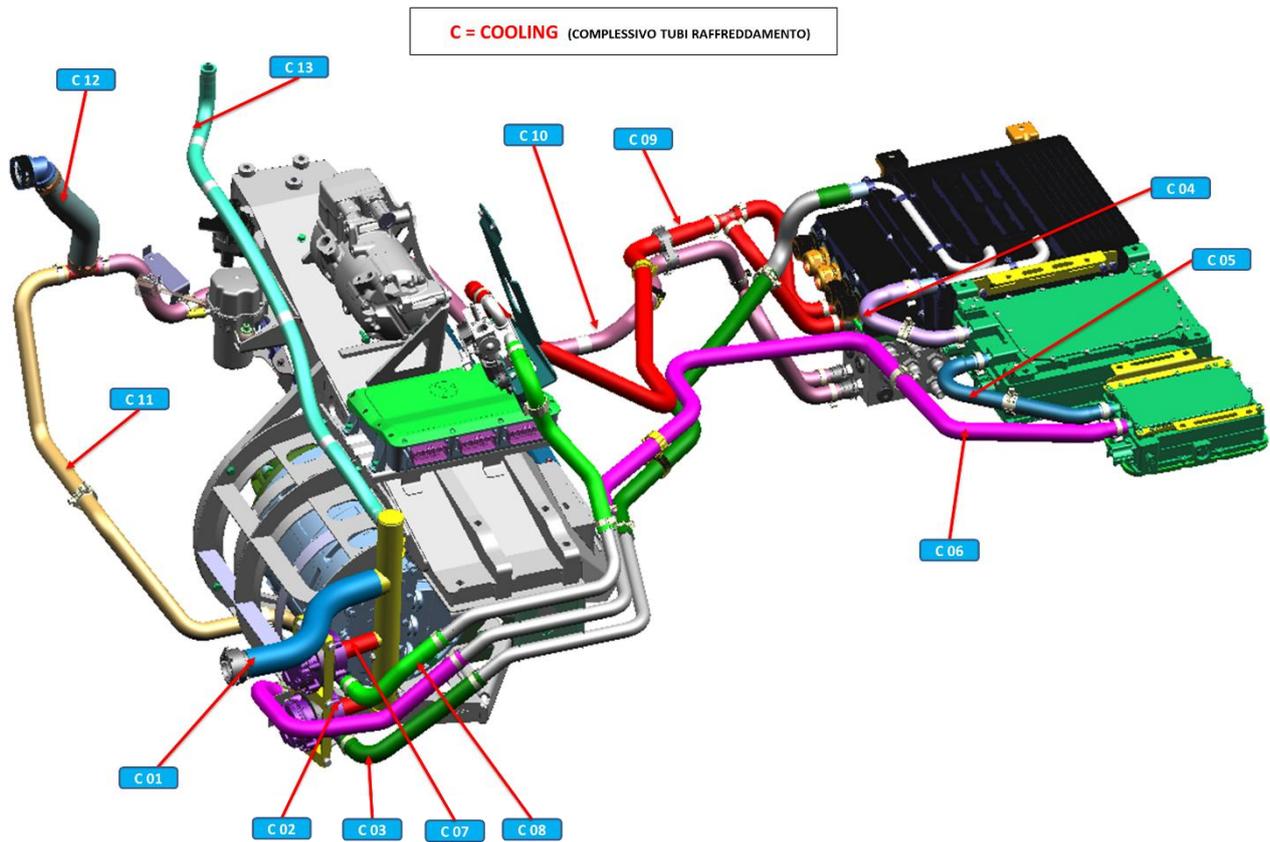


Figura 65- Cad 3D impianto raffreddamento

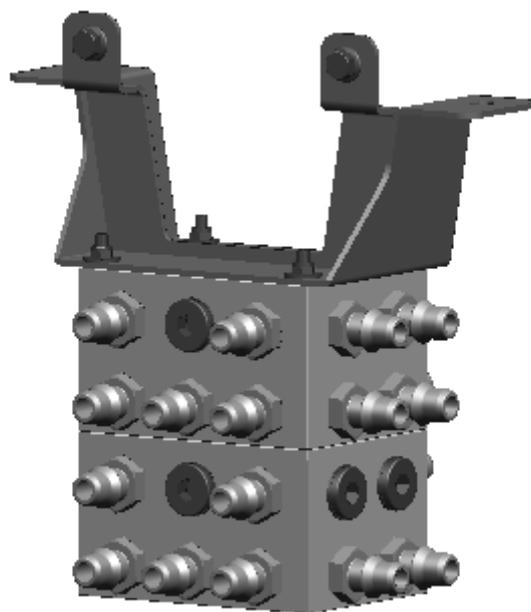


Figura 66- dettaglio scambiatore

Oltre ai componenti citati in precedenza ovviamente ci saranno da assemblare anche altri componenti o gruppi meno rilevanti.

6.3 Analisi generale fasi produzione veicolo

Ora è necessario elencare in primis le operazioni principali per la produzione del veicolo, andando ad individuare le problematiche introdotte. Sostanzialmente si possono riassumere in queste che divideremo in tra grandi macro gruppi BIW, assemblaggio e EOL(End Of Line), che in seguito andremo a dettagliare:

BIW

- Smontaggio kit freno a mano;
- Smontaggio tubi freno posteriore;
- Montaggio rinforzi tubo urto palo;
- Modifica e rimozione fondello carica carburante;
- Foratura longheroni per successiva installazione canaline fissaggio batterie;

ASSEMBLAGGIO

- Carrozzeria powertrain;
- Montaggio canaline;
- Montaggio presa carica;
- Montaggio Batterie;
- Collegamento impianto raffreddamento, riscaldamento, condizionamento;
- Collegamento impianto elettrico;
- Montaggio carter protezione batterie e motore;

EOL

- Erogazione liquidi impianti;
- Test impianto elettrico e Freni;
- Test convergenza e fari,
- Test sospensioni;
- Roller test;
- Test idrico;
- Six-Tau;
- Controllo finale;

6.3.1 BIW(Body In White)

Nell'automotive con questa fase si vanno individuare tutte le operazioni di assemblaggio usando tecniche di saldatura, rivettatura, taglio, fresatura prima che venga verniciato il veicolo e montata la powertrain.

Nel caso corrente il veicolo sarà già verniciato, pertanto saranno necessarie lavorazioni di ripristino delle protezioni della scocca e della verniciatura.

6.3.1.1 Smontaggio kit freno a mano

E' necessario smontare il freno a mano e il cablaggio anteriore, in quanto le componenti sottoscocca da installare impediscono il passaggio del cavo nella configurazione classica. Perciò è necessario sganciare la fune dal vano abitacolo e fresare tutte le staffe per la guida del cavo.

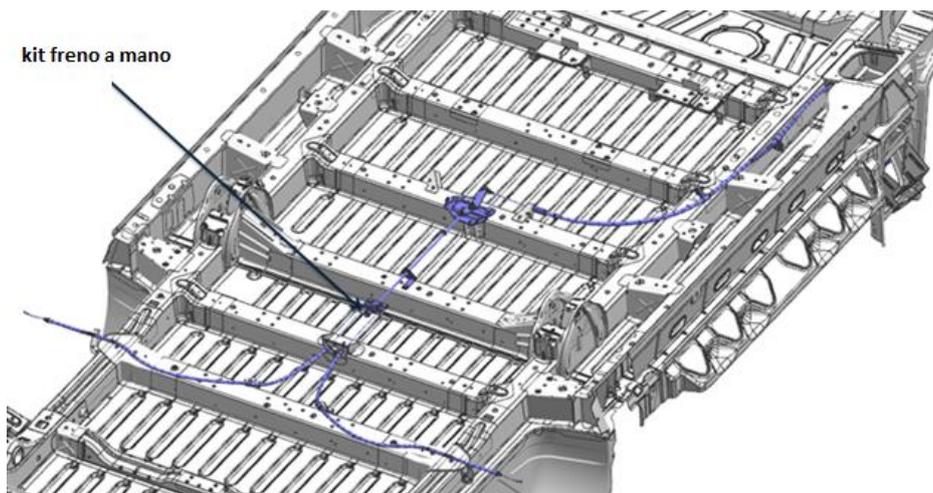


Figura 67- Dettaglio sottoscocca

6.3.1.2 Smontaggio tubi freno posteriore

Valgono le medesime considerazioni fatte al punto precedente, questi nuovi passaggi comporteranno la saldatura di vari tucker necessari per il fissaggio dei cavi al veicolo. La saldatura tucker manuale introduce delle problematiche di affidabilità sui perni che verranno fissati, ma rimane l'unica possibilità per evitare eccessive saldature o forature sulla chassis del veicolo.

6.3.1.3 Montaggio rinforzi tubo urto palo

Per l'installazione successiva del tubo urto palo è necessario prevedere dei rinforzi, che verranno incollati a dx. e sx. sui longheroni. Le sedi per l'accoppiamento del tubo saranno saldate a banco in precedenza.



Figura 68- Rinforzo

6.3.1.4 Modifica e rimozione fondello carburante

Rimuovere il fondello carica carburante ed effettuare lavorazioni di taglio con dima per modifica della scocca, necessarie per il passaggio del bocchettone di carica del veicolo.

6.3.1.5 Foratura longheroni per successiva installazione canaline fissaggio batterie e saldatura distanziali

Come illustrato in figura 70 le batterie saranno installate tramite delle canaline, queste verranno fissate ai longheroni tramite dei distanziali e dei perni perciò sono necessarie delle forature sui longheroni. Queste forature variano a seconda della versione ma necessitano in seguito di smerigliatura e soffiatura delle aree forate, in quanto successivamente verrà effettuata la saldatura mag perimetrale dei canotti distanziali.

Questa fase risulta cruciale in quanto è determinante per la riuscita del successivo fissaggio dei pacchi batterie.

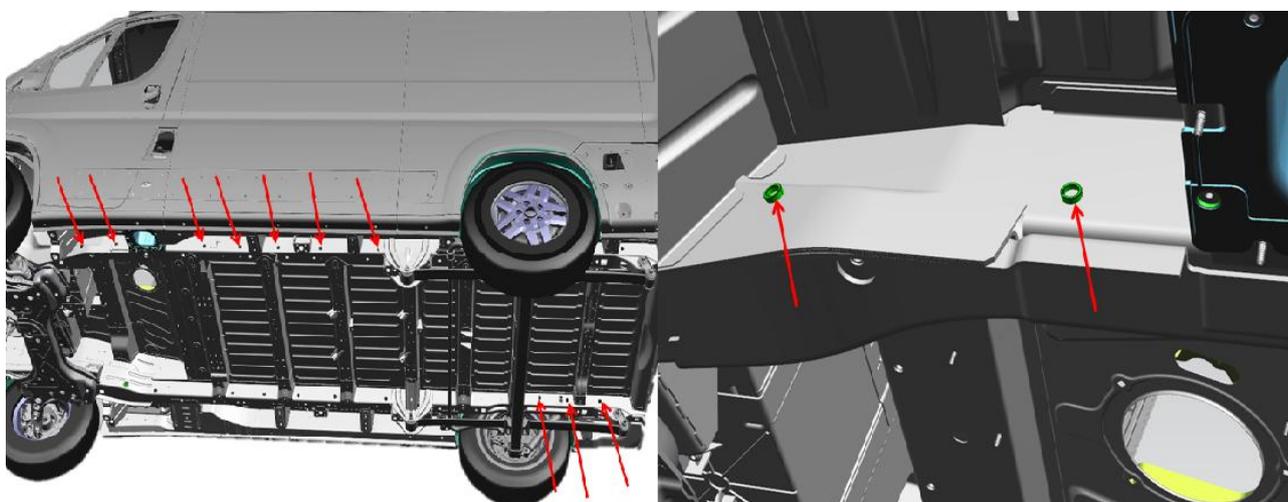


Figura 69 - A sx. Indicate le forature su longherone, dx. dettaglio distanziali

6.3.2 Assemblaggio

Fase in cui le lavorazioni su scocca sono terminate e ci si occupa sostanzialmente di assemblare gruppi al veicolo, qui sono raggruppate la maggior parte delle operazioni.

6.3.2.1 Carrozzeria powertrain

Dopo aver assemblato in un banco preparazione il “kit motore” avverrà carrozzatura tramite sollevatore idraulico e pallet riferimentato, questi permetterà di avere i corretti riferimenti per eseguire i fissaggi necessari. In seguito avverrà la medesima operazione per il “kit elettrico”. La composizione di questi kit varierà sicuramente a seconda delle problematiche che si presenteranno, in generale si può definire questa suddivisione.

Kit motore

- Motore, traversa e differenziale;
- Compressore;

- Centralina engine controle module;
- Pompa motore;
- Pompa batterie;
- Pompa Webasto;
- Pompa vuoto freni;
- Heater;

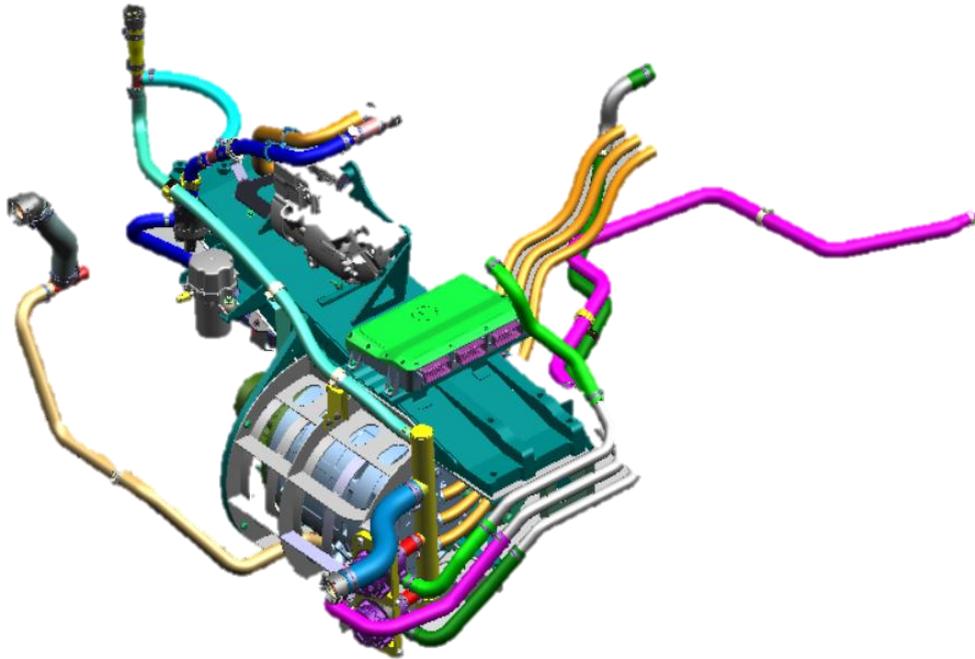


Figura 70 - Ipotesi kit motore

Kit elettrico

- Cestello supporto;
- Inverter;
- OBC;
- DC/DC;
- PDB;

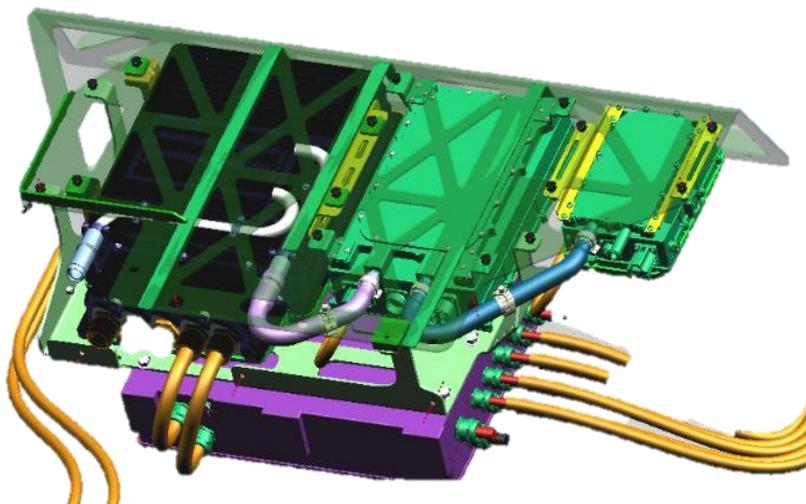


Figura 71- ipotesi kit elettrico

Problematica rilevante evidenziata in questa operazioni riguarda il cablaggio dei cavi elettrici e il fissaggio delle tubazioni varie, in specifico quali cavi e tubi preassemblare a banco e quali sono da fissare in seguito.

6.3.2.2 *Montaggio canaline*

Si segue la stessa logica utilizzata al 6.3.2.1, il montaggio di questo elemento risulta delicato in quanto su di esso si andranno a fissare i pacchi batterie. Inoltre le canaline fungono (come il nominativo indica) da guide per i cablaggi elettrici (sx.) e le tubazioni di raffreddamento (dx.) che giungeranno alle batterie.

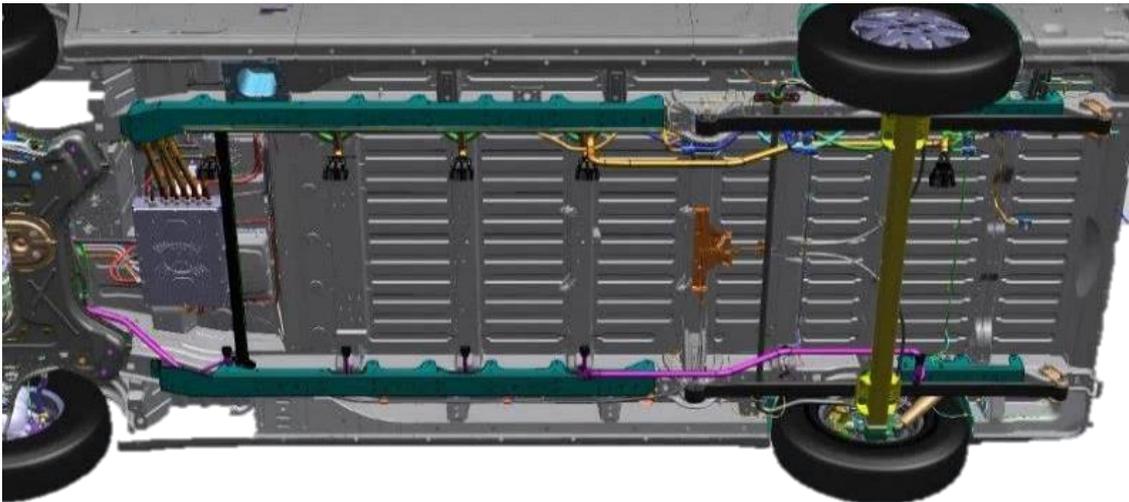


Figura 72- Dettaglio Canaline

6.3.2.3 *Montaggio presa carica*

Montaggio presa carica su fondello modificato in precedenza, si ipotizza che la presa sia completa di cablaggi per successivo collegamento al kit elettrico.

6.3.2.4 *Montaggio Batterie*

Montaggio da eseguire con sollevatore idraulico per ogni pacco, da individuare in maniera accurata i riferimenti per il montaggio di questo gruppo, in quanto facendo parte di una catena di accoppiamenti gli errori ripetuti potrebbero portare ad una difficoltà se non impossibilità di montaggio del componente.

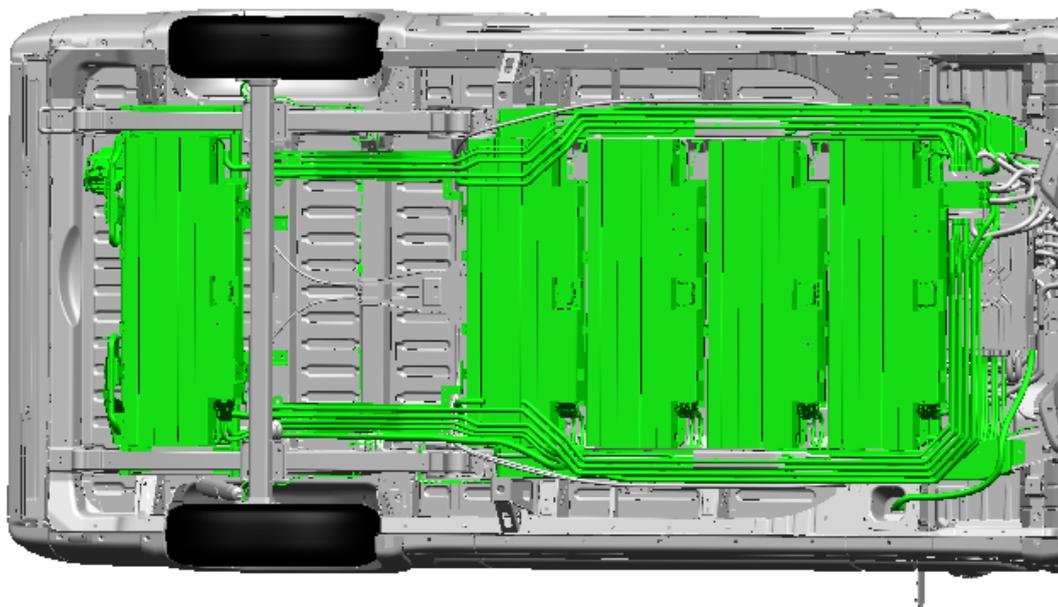


Figura 73 - Evidenziati pacchi batterie

6.3.2.5 Collegamento impianto raffreddamento, riscaldamento, condizionamento

Vi è la presenza di una grande quantità di tubazioni, occorre definire se è possibile una preparazione pre-montaggio dei tubi, come evidenziato al punto 6.2.9. ;

6.3.2.6 Collegamento impianto elettrico

Molti cablaggi presenti, oltre alle problematiche evidenziate per tubazioni al punto precedente sorgono problemi riguardanti la tipologia di connettori, il connettoraggio manuale dilaterebbe molto i tempi di montaggio.

6.3.2.7 Montaggio carter protezione batterie e motore

Montaggio dei carter per protezione di batterie e motore, il carter motore è una modifica del carter classico del veicolo. E' necessario il taglio in alcune parti del componente, qui bisogna definire a che punto effettuare questa operazione, in banco separato nell'assemblaggio o direttamente in una fase del BIW.

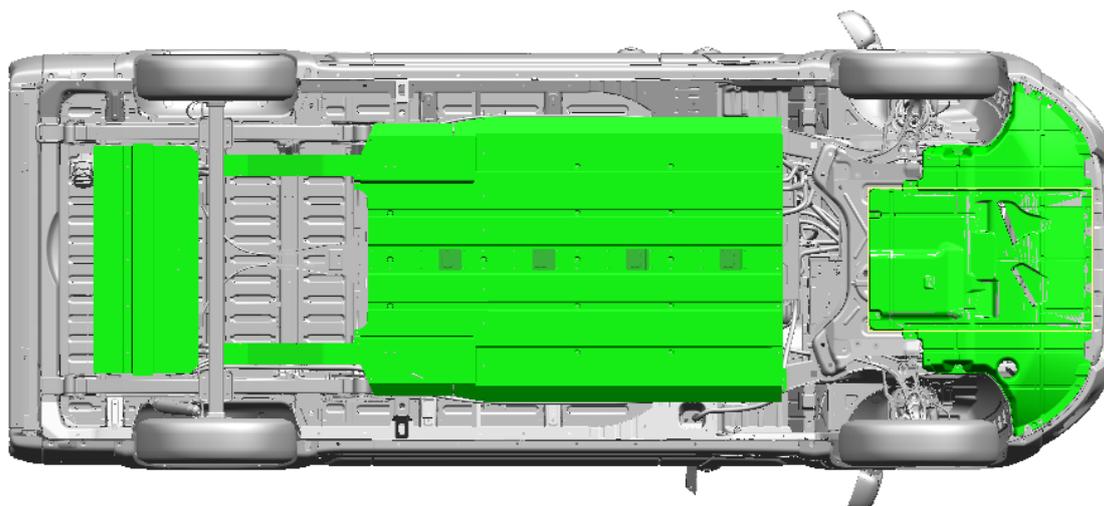


Figura 74- Dettaglio carter protezione

6.4 Definizione livello tecnologico produzione

Prettamente si tratta di una decisione del cliente a fronte di quello che necessita la produzione e in funzione soprattutto della qualità del prodotto che si vuole ottenere.

E' necessario fare delle premesse, in primis sulle quantità di veicoli previsti. Si prevede uno start della produzione entro Agosto 2020 con una previsione di 2450 veicolo entro il 2021. Tempistica restrittiva in quanto questa quantità di veicoli è necessaria per beneficiare da parte del cliente di sgravi economici forniti dall'Unione Europea.

Per gli anni successivi il cliente prevede un prospetto che riportiamo in basso, il prospetto è indicativo in quanto essendo un veicolo innovativo bisognerà valutare la risposta del mercato, quindi in futuro la produzione potrebbe variare in maniera marcata.

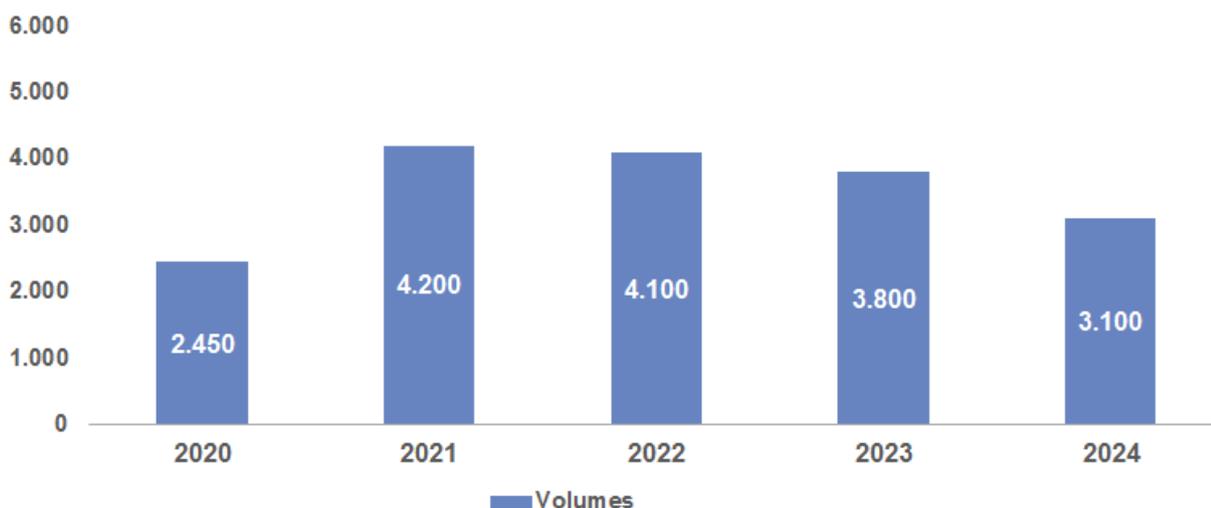


Figura 75- Volumi previsti

Gli standard di qualità produttiva sono elevati, per citare qualche esempio:

- Tutti i serraggi valutati critici dal cliente vanno verificati con avvitatore elettronici con report;

- La criticità delle forature sui longheroni comporterà sicuramente l'utilizzo di un sistema robotizzato, volto a garantire il posizionamento preciso dei futuri fissaggi;
- Tutte le lavorazioni con asportazione di materiale comportano un ciclo di ripristino anticorrosivo normato dal cliente;
- Tutti componenti o gruppi smontati per necessità vanno riassemblati con le modalità previste dal cliente e i medesimi cicli di serraggio;
- Vanno effettuati i medesimi test a fine linea previsti nelle produzioni del cliente;

Ultima premessa va fatta sul mix-produttivo, sono previste essenzialmente 2 macro versioni una per la guida sinistra e una per la guida destra, ogni macro versione è disponibile in configurazione a passo lungo o a passo medio e per entrambi i passi è possibile scegliere se montare 3 o 5 batterie.

Fatte queste premesse si possono trarre delle considerazioni iniziali.

- La produzione è bassa, quindi non è necessario un livello alto di automazione della linea produttiva;
- La possibile variazione delle quantità produttive necessita un sistema flessibile sui volumi che sappia rispondere alle variazioni della domanda;
- I test da effettuare a fine linea, le modalità di validazione di alcuni serraggi, il sistema di foratura e ciclo di ripristino anticorrosivo comportano un investimento considerevole;
- Tutte le lavorazioni meccaniche non hanno tempistiche ristrette perciò si possono prevedere attrezzi manuali, stesso discorso per l'assemblaggio in cui si potranno utilizzare avvitatori classici ad eccezione dei serraggi con report;
- Non è presente un'ampia gamma di versioni quindi non è necessario un sistema flessibile in termini di mix di produzione;

Su tutte le altre scelte che si faranno in seguito di peso notevole saranno le decisioni del cliente.

6.5 Layout preliminare

Come definito al punto 6.1 il veicolo verrà prodotto al cap.3 dello stabile in figura 76 , l'area sarà completamente sgombrata con dimensioni di 71,4 m X 32,8 m(di cui 4,7 m di tettoia).

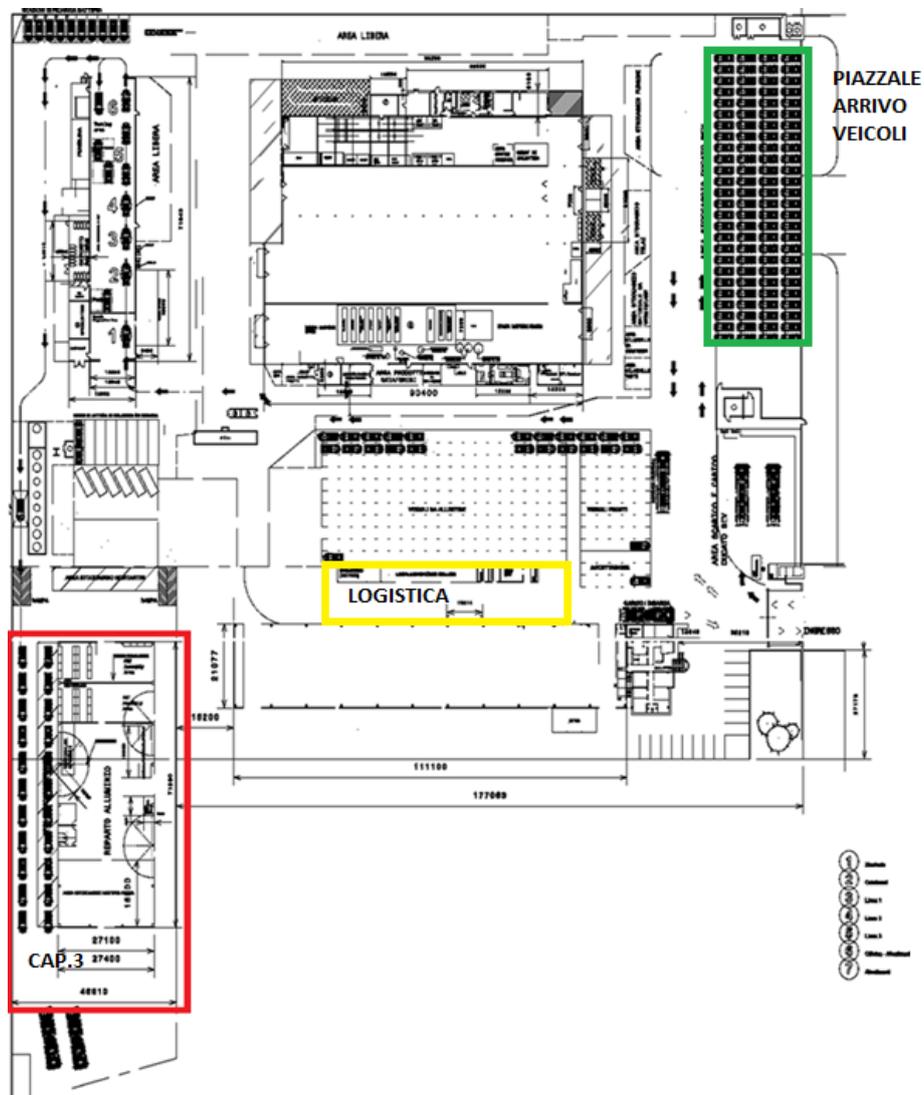


Figura 76- Individuazione generale aree

Come evidenziato in figura le altre due zone sono dedicate in giallo alla logistica e in verde il piazzale di arrivo veicoli. E' necessario premettere che lo studio riguarderà la produzione e non la logistica e i magazzini, con i punti definiti al 6.4 è possibile definire una prima schematizzazione preliminare del reparto e questa è riportata in basso.

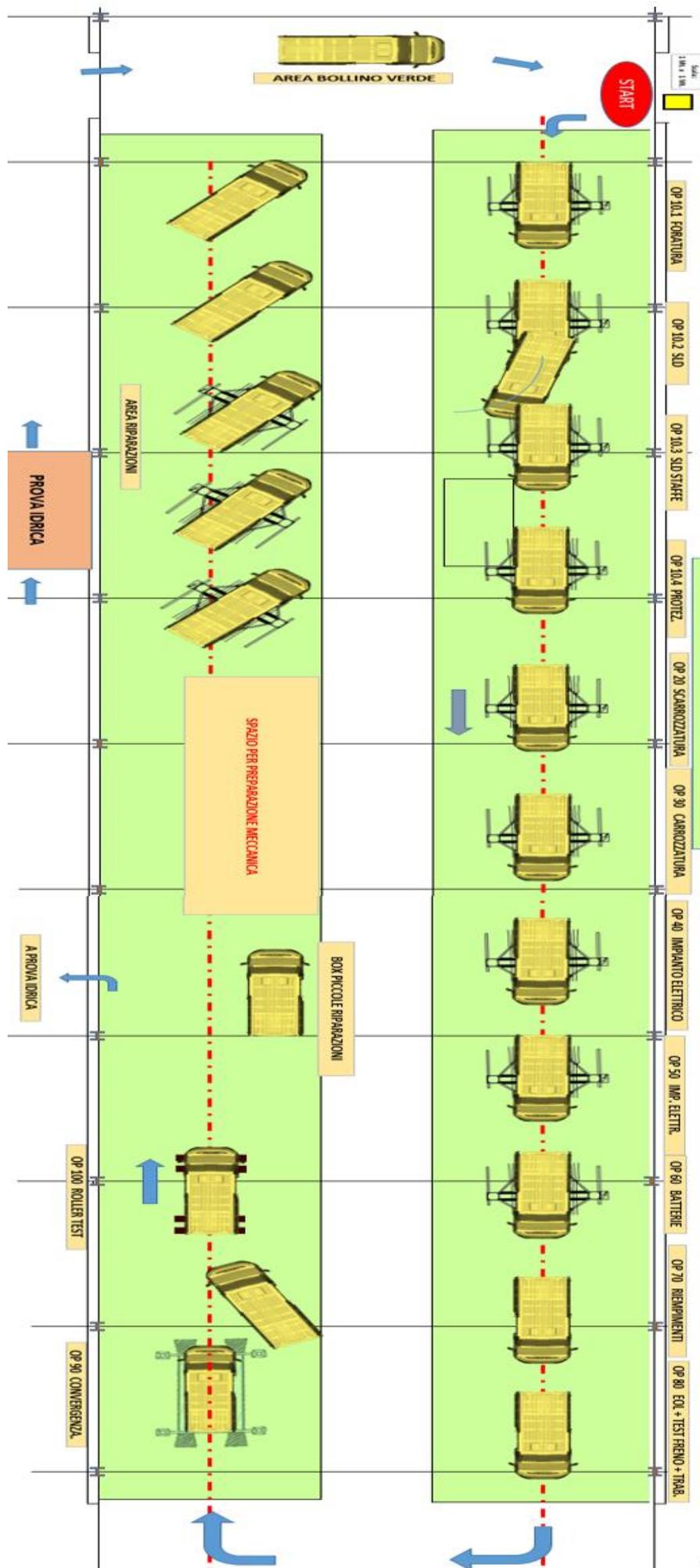


Figura 77- Layout preliminare

La soluzione presentata è in linea ad U per massimizzare lo sfruttamento della superficie, è stata effettuata una divisione in 15 stazioni lavorative più una zona per le riparazioni e una per le preparazioni. La suddivisione è così ripartita:

- 4 stazioni per il BIW denominate con 10;
- 6 stazioni per l'assemblaggio da 20 a 70;
- 5 stazioni per l'EOL da 80 a BOLLINO VERDE;

In questa prima bozza il veicolo da trasformare arriva nella parte in alto a destra del Cap.3 per proseguire verso il basso e affrontare una prima fase di BIW, in seguito sempre nella parte dx. viene effettuata la seconda fase di ASSEMBLAGGIO. Alla fine di questa fase il veicolo si trova nella bassa ed entra nell'EOL e si avvia a invertire la rotta. Per seguire il ciclo normale esce a sx. verso la prova idrica e infine nell'area bollino verde o prosegue dritto nel caso ci fossero da effettuare delle riparazioni.

Il numero di stazioni varierà durante lo studio, a primo impatto si noterà un numero alto di stazioni in relazione alla quantità di lavorazioni, ma questo è giustificato essenzialmente da queste motivazioni:

- I macchinari per test a fine linea sono definiti e non modificabili, questi richiedono stazioni dedicate e soprattutto tempistiche abbastanza larghe (dai 10 ai 20 minuti);
- Le stazioni per l'assemblaggio sono le più malleabili, in quanto lo spostamento di un'operazione da una stazione all'altra non comporta modifiche gravose trattandosi esclusivamente di operazioni manuali. Dall'altro lato conviene prevedere massimo 2 operai per stazioni per evitare situazioni di incompatibilità nella sequenza delle lavorazioni e di ergonomia precaria, questo porta ad un numero di stazioni più alto;
- Le lavorazioni del BIW sono quelle con le tempistiche più ampie e prevedono stazioni dedicate (ripristino trattamento anticorrosivo) o macchinari dedicati (sistema foratura longheroni automatizzato) per questo non è possibile prevedere meno stazioni di quelle indicate;

La linea di Assemblaggio e BIW nella soluzione presentata è realizzata con Ponti Solleventori 2 Colonne, questa soluzione è stata preferita dal cliente rispetto all'overhead con ganci webb per la possibilità dei ponti di variare l'altezza dei veicoli garantendo maggior flessibilità per le lavorazioni. La presenza di una zona riparazioni così ampia è dovuta essenzialmente alle difficoltà incontrate nelle operazioni durante l'assemblaggio dei veicoli prototipali (Settembre 2019), unita alla rapida salita produttiva prevista per fine anno 2020 che comporta una situazione non standard di avvio della linea, con immediatamente una produzione a regime con tutte le problematiche del caso. Inoltre nella zona per le preparazioni meccanica si assembleranno i kit motore ed elettrico e si effettueranno altre operazioni collaterali.

Sotto è riportata una soluzione alternativa che porta le lavorazioni BIW in un solo reparto, dove verranno effettuate in 3 box in paralleli ad esclusione del ripristino trattamento anticorrosivo, sempre per venire incontro all'esigenze del cliente preoccupato dalle difficoltà citate in precedenza, questo porterà il Cap.3 ad avere una configurazione in linea con una parallelizzazione all'inizio.

Al termine della lavorazione di BIW prima della 10.4 è previsto un piccolo polmone di due veicoli, per poter sopperire a eventuali ritardi.

Con questa soluzione, la lavorazione BIW garantisce maggiore flessibilità e sicurezza, con possibilità di recupero di eventuali ritardi, sia inserendo eventuali operai aggiuntivi, sia per il fatto

di avere un Buffer prima delle lavorazioni successive. In ciascun Box si eseguiranno tutte le operazioni richieste dal processo produttivo BIW.

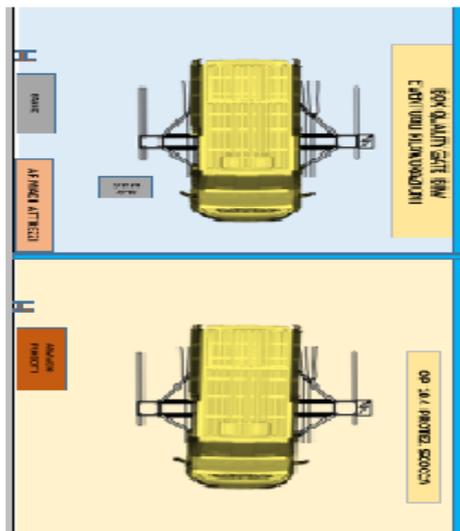
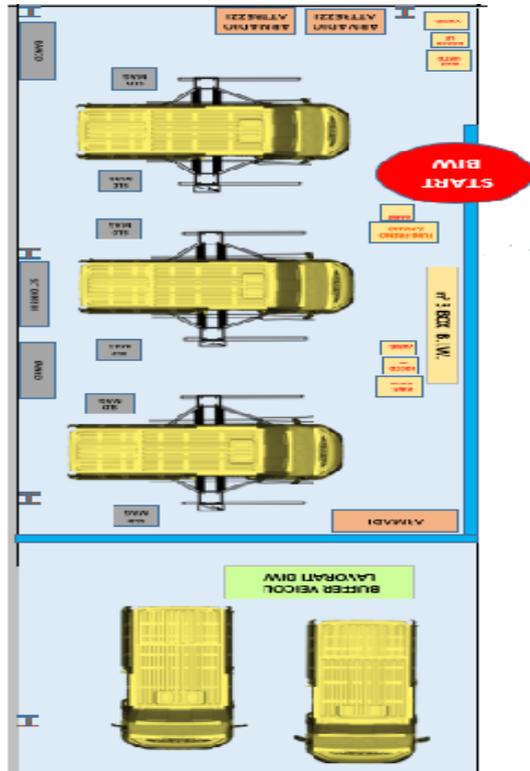


Figura 78- Latout in parallelo

Per quanto riguarda le lavorazioni di Assemblaggio, si ritiene che una soluzione tipo BIW non sia fattibile, per i seguenti motivi:

- Il numero, la tipologia ed il costo delle attrezzature non rendono fisicamente né economicamente possibile una soluzione di quel tipo;
- La quantità di lavorazioni da eseguire nell'Assemblaggio è talmente elevata, e le competenze richieste talmente differenti (Meccanici, Eletttricisti, Impiantisti...) che rendono impossibile una lavorazione completa in un unico Box. Questa soluzione sarebbe fattibile solo per produzione veicoli prototipali, non per la produzione;

6.6 Macrociclo

È necessario fare un'importante premessa: i documenti di sequenza, macrociclo e relativi alle attrezzature sono stati elaborati fin dall'inizio dello studio e arricchiti al progredire di questo. Indispensabili sono state le fasi di assemblaggio dei prototipi, nelle quali è stato possibile individuare tutte le operazioni da effettuare e le individuazioni delle problematiche varie. Per quanto riguarda i documenti di sequenza e relativi all'attrezzature un'analisi generale si dilungherebbe troppo, perciò si tratterà in dettaglio l'analisi di una stazione lavorativa in particolare, questa sarà la 30 in quanto tratta di una fase cruciale del processo, la carrozzatura del kit motore. Per quanto riguarda il macrociclo sarà possibile un'analisi più generale. In questa fase si presenterà il documento nella sua forma finale, dopo tutti gli aggiustamenti volti a favorire un flusso produttivo più efficiente e efficace.

6.6.1 Takt time

Prima di tutto è stato necessario calcolare il TAKT TIME della produzione, questo rappresenta il tempo riferimento per la produzione di un prodotto finito, nel nostro caso un veicolo. Ogni stazione lavorativa dovrà avere un tempo ciclo inferiore al takt time di riferimento, questo si calcola come:

$$TAKT\ TIME(s) = \frac{\text{Tempo disponibile per la produzione}}{\text{Numero di prodotti da produrre}}$$

Il tempo disponibile è stato calcolato in questo modo:

6.6.1.1 Produzione in avviamento

Sono stati verificati i giorni lavorativi disponibili, a seconda dell'impostazione di lavoro scelta si hanno:

- 460 minuti di lavoro al giorno se si lavora su un turno, 8 ore al giorno (480 minuti) meno 20 minuti di pausa (10 al mattino e 10 al pomeriggio);
- 840 minuti di lavoro al giorno se si lavora su due turni, 16 ore al giorno (960 minuti) meno 60 minuti di pausa per turno (30 per pausa pranzo/cena più due pause da 15);

A questo punto è possibile calcolare un takt time, in questo caso è stata aggiunta un'efficienza del 70 % a causa dell'avvio produttivo, ma soprattutto per la curva di produzione più alta all'avvio rispetto alla condizione di regime (come ci indicherà il takt time calcolato in seguito).

6.6.1.2 Produzione a regime

Qui le modalità di calcolo sono le medesime ma con dati differenti, l'efficienza si presenterà molto più alta perché appunto si tratta di una produzione di regime (90 %).

PRODUZIONE IN AVVIAMENTO (Agosto 2020 - Dicembre 2020)			PRODUZIONE A REGIME (2020)		
Veicoli previsti		2450	Veicoli previsti		4200
giorni lavorativi		89	giorni lavorativi		230
minuti lavorativi	1 turno	460	minuti lavorativi	1 turno	460
	2 turni	840		2 turni	840
TAKT TIME(s) (efficienza 70 %)	1 turno	701,8285714	TAKT TIME(s) (efficienza 90 %)	1 turno	1360,285714
	2 turni	1281,6		2 turni	2484

Tabella 4 - Valutazione TAKT TIME

In avviamento produttivo è necessario lavorare su almeno 2 turni ed eventualmente valutarne un terzo in caso di ritardi nella produzione. Per la situazione a regime si cercherà di lavorare su un turno ed eventualmente valutare 2 turni nel caso di crescita della produzione rispetto a quella prospettata.

6.6.2 Stazioni lavorative

In questa fase si è provveduto a dettagliare la suddivisione delle operazioni e ad assegnare ad ogni macro-operazione delle tempistiche di riferimento, in modo da verificare la fattibilità di una prima suddivisione in stazioni (differente rispetto quella individuata nel layout preliminare).

6.6.2.1 Analisi documento

Si è proceduto con una soluzione completamente in linea, sotto riportiamo un estratto del macrociclo.

LINEA LAVORAZIONI LATO SX	Descrizione operazione	Colonna numero operazione	Colonna tempi Macro-operazioni				
	Calce veicolo su Overhead Conveyor; cernaggio per gancio trasporto nel loti pavimento veicolo - "IN SICUREZZA"	100					
	Scollegamento Fune Freno a mano da Leva	90					
	Montaggio Cablaggio sotto pedana; rimontaggio pedana	80					
	Smontaggio Pedana per inserimento Cablaggio	70					
	Smontaggio Tim Montante "A" e invio a Staz. Preparazione per montaggio IRS	60					
	Smontaggio Tappeto Batteria; ripone in contenitore	50					
	Smontaggio Giglia Anteriore Sedile guida; ripone in contenitore	40	FORATURA Longheroni in AUTOMATICO con ROBOT. (T+7, 3+3, T+3 per lato Siv e Di veicolo, secondo Modello e n. Batterie)	40	Rimuovere Cover + Fondello Carica Carburante; Tagliare con Dima pane eccedente supporto; Raggiare (passaggio cast/HT)	40	
	Smontaggio Tim accessibilità vano Carica Batterie; ripone in contenitore	30	SOLO PER VEICOLI PANOFAMA con 4+1 BATTERIE. Smontaggio Riparo Freno ass. ; Depone in contenitore; e invio a St. smontaggio	30	Pulizia aree interne ed esterne longheroni lato Di e Siv	30	
	Smontaggio Tim accessibilità fune freno a mano; ripone in contenitore. Sganciare fune anteriore freno a mano	20	SOLO PER VEICOLI FM con 4+1 BATTERIE. Smontaggio Ruote Poster. ; Depone in contenitore e inviare a Staz. di smontaggio	20	Smeigliatura aree forare Lato Di e Siv	20	
	Protezioni laterali con guard'appe + protezione pedana	10	Smontaggio Kit esistente fune freno a mano; allentare dado regim. at.; smontare Fune ant.; smontare Staffa e Leva	10	Eliminare con mola staffe saldate per ancoraggio fune freno a mano (numero 3 o 4, secondo Modello)	10	
	Tempo Ciclo Preventivo (Min)	880,5	835,5	1057,5			
ATTREZZATURA, MACCHINARI			Carrozze Automatizzate FORATURA LONGHER. DI + SI		SALDATRICE FUSIONE, SALDATRICE MAG, BANDO PREPARAZ. STOFFE INTRO FALD		
STAZIONE	STAZIONE 01		STAZIONE 01.1		STAZIONE 01.1 bis		
Veicoli su Ruote Spotamento Manuale SEQUENZA VISIVA							
STAZIONE							
IMPIANTISTICA	LINEA OVERHEAD		LINEA OVERHEAD		LINEA OVERHEAD		

Figura 79 - Estratto 1 macrociclo

Innanzitutto, la colonna dei tempi delle macro operazioni risulta vuota in quanto a macrociclo quasi completamente definito sono stati già sviluppati i ciclogrammi e quindi le tempistiche sono già analizzate nel dettaglio nei documenti che saranno mostrati in seguito, quindi il tempo ciclo indicato nella riga in azzurro risulta già essere abbastanza definitivo. Questa colonna risulta essere molto utile nel corso dello studio per cercare di andare a bilanciare le tempistiche delle stazioni andando a spostare le operazioni da una stazione all'altra.

Nella sequenza visiva si cerca di rappresentare le operazioni effettuate in quella stazione, come si nota si è optato per una linea overhead per la movimentazione del veicolo e non più con ponti a colonne, questa scelta sarà motivata in seguito. Nella riga impiantistica si individuano le strutture necessarie in quella stazione mentre nell'attrezzatura una macro carrellata delle principali attrezzature necessarie.

Nella prima colonna in alto a sx. la dicitura linea lavorazioni lato sx. sta a indicare quali operazioni sono svolte dall'operaio specifico in caso di stazioni dove ne sono previsti 2.

	STAZIONE 05	STAZIONE 10,1	STAZIONE 10,1 bis
CAPACITA' PRODUTTIVA IN AVVIAMENTO	881	836	1058
	1282	1282	1282
	0,69	0,65	0,82
	1	1	1
CAPACITA' PRODUTTIVA a REGIME	1360	1360	1360
	0,65	0,61	0,78
	1	1	1

Figura 80- Estratto 2 Macro ciclo

Sopra è riportata l'altra parte di documento in cui si verifica il saturamento degli operai, strutturata in questa modalità:

- Nella prima riga è riportato il tempo ciclo della stazione (non riportato per l'analisi di regime perché è il medesimo);
- Nella seconda il takt time di riferimento;
- Nella terza la saturazione;
- Nella quarta l'arrotondamento per eccesso della saturazione (Necessito di numeri interi di operai);

La saturazione è definita come:

$$SATURAZIONE = \frac{\text{Tempo ciclo stazione}}{\text{Takt Time di riferimento}}$$

In quest'analisi può sembrare un'informazione poco utile data la bassa quantità di operai previsti ma durante l'organizzazione delle stazioni in linee di grandi dimensioni risulta molto utile in modo da orientarsi sulla redistribuzione delle operazioni o all'aumento degli operai.

6.6.2.2 Analisi generale

Ora è necessario fare un'analisi generale più dettagliata delle operazioni da effettuare e come sono state distribuite.

Si è individuata una suddivisione in 22 Stazioni, così ripartite:

- Stazioni 05, 10.1, 10.1 bis, 10.2, 10.3, 10.4, 10.4 bis di BIW;
- Stazioni 30,50,60,70,80,90, banco preparazioni di ASSEMBLAGGIO;
- Stazioni 100, 110, 120, 130, 150, TDF (non propriamente una stazione), 160 di EOL;
- Una zona per le riparazioni;

Ora andremo a dettagliare le operazioni per ogni stazione di lavoro:

6.6.2.2.1 Stazione 05

Veicolo viene trasportato in linea tramite stringo e vengono effettuate queste operazioni:

- Applicazione protezioni (Gualdappe);

- Smontaggio Trim vari per accesso a cavo freno a mano e vano batteria;
- Modifica cablaggi;
- Scollegamento fune freno a mano;
- Caricamento veicolo su linea overhead;

BIW

6.6.2.2.2 Stazione 10.1

- Smontaggio fune freno a mano ;
- Smontaggio ruote posteriori;
- Smontaggio riparo fonoassorbente;
- Foratura automatica longheroni;

6.6.2.2.3 Stazione 10.1 bis

- Smerigliatura aree forate in precedenza;
- Soffiatura trucioli ;
- Taglio fondello carica carburante,

6.6.2.2.4 Stazione 10.2

- Forature varie per staffe sollevamento veicolo e sgancio emergenza presa di ricarica;
- Smerigliatura aree forate;
- Preparazione staffe e rinforzi urto palo;
- Montaggio staffe e rinforzi urto palo;
- Saldatura tucker per sostegno tubi idraulici freni posteriori;

6.6.2.2.5 Stazione 10.3

- Saldatura MAG canotti distanziali longheroni;
- Smontaggio carter motore;

6.6.2.2.6 Stazioni 10.4 e 10.4 bis

- Ciclo di ripristino anticorrosivo;

ASSEMBLAGGIO

6.6.2.2.7 Stazione preparazione assemblaggio

- Preparazione kit motore elettrico;
- Montaggio tubi raffreddamento su kit motore;
- Montaggio tubi riscaldamento su kit motore;
- Montaggio cavi 12V ;
- Preparazione centralina e charge port;

- Preparazione staffa e chiller;
- Preparazione Kit elettrico;
- Montaggio tubi raffreddamento su kit elettrico;
- Fissare canalina sx. a kit;
- Stesura cavi HV nella canalina;
- Preparazione scambiatore;
- Preparazione buzzer anteriore e posteriore;
- Lavorazioni su carter motore;

6.6.2.2.8 Stazione 30

- Smontaggio intercooler;
- Montaggio tubi aria condizionata;
- Rimontaggio intercooler;
- Montaggio tubi idraulici freno posteriore ;
- Smontaggio ruote anteriori;
- Carrozzeria kit motore;
- Fissaggi motore a staffe superiori;
- Collegamento bielletta a traversa anteriore;
- Scollegamento wheel corner dx. e sx. ;
- Inserimento semiassi ;
- Ricollegamento wheel corner dx. e sx. ;
- Fissaggio semiassi a mozzi;
- Acciacatura dadi mozzi;
- Riempimento oli;
- Montaggio staffa cavi HV;
- Montaggio 2^ pinza elettrica;
- Rimontaggio ruote anteriore;

6.6.2.2.9 Stazione 50

- Montaggio centralina e connettore charge port;
- Montaggio cpls staffa e chiller;
- Montaggio tubi del vuoto ;
- Collegamento tubi clima su compressore;
- Collegamento tubi clima su chiller;
- Montaggio sensore per cronotachigrafo;
- Fissaggio presa carica;
- Carrozzeria kit elettrico;
- Fissaggio cestello kit elettrico;
- Fissaggio Canalina sx. sostegno batterie;
- Collegamento cavi HV;
- Collegamento tubi raffreddamento;
- Montaggio scambiatore;
- Montaggio tubazione di raffreddamento;
- Collegamento tubi riscaldamento;
- Montaggio staffa e centralina Brembo per 2^pinza;

6.6.2.2.10 Stazione 60

- Connessione cavi elettrici 12V;
- Montaggio canalina dx. ;
- Montaggio tubo urto palo;
- Montaggio kit freno a mano;
- Smontaggio assale posteriore (solo per versione a 5 batterie a Passo medio);
- Montaggio canaline dx. sx. 5^batteria (solo per versione a 5 batterie a Passo medio);
- Stesura impianto elettrico;
- Montaggio supporto tubazioni raffreddamento;

6.6.2.2.11 Stazione 70

- Montaggio pacchi batteria;
- Collegamento impianti elettrici HV a batterie;
- Collegamento impianti elettrici 12V a batterie;
- Montaggio tubi raffreddamento a batterie;
- Montaggio staffe sollevamento veicolo;

6.6.2.2.12 Stazione 80

- Montaggio assale posteriore (solo per versione a 5 batterie a Passo medio);
- VLO (delibera sottoscocca);
- Montaggio carter protezione batterie;
- Rimontaggio carter motore;
- Scarico veicolo da overhead;

EOL

6.6.2.2.13 Stazione 90

- Riempimento fluidi;
- Rimontaggio trim freno a mano;
- Preparazione e montaggio staffa e HMI;
- Montaggio sgancio emergenza presa carica;
- Montaggio centralina MOPAR;
- Rimontaggio trim stazione 05;
- Montaggio centralina OBU;

6.6.2.2.14 Stazione 100

- Test pedale freno;
- Registrazione freno a mano;
- Test elettronici ed elettrici del veicolo;
- VLO (delibera vano motore);

6.6.2.2.15 Stazione 110

- Scaletta assestamento sospensioni;

6.6.2.2.16 Stazione 120

- Registrazione convergenza ;
- Registrazione fari;

6.6.2.2.17 Stazione 130

- Roller test;
- Calibrazione dispositivo anticollisione;

6.6.2.2.18 Stazione 140

- Prova idrica;

6.6.2.2.19 TDF

- Test dinamico funzionale;

6.6.2.2.20 Stazione 150

- Controllo finale estetico;

6.6.2.2.21 Stazione 160

- Bollino verde (delibera definitiva montaggio);
- Carica batterie (30%);

6.7 Sequenza e attrezzatura

Ora come anticipato andremo ad analizzare il documento di sequenza e quelli relativi all'attrezzatura in specifico per le operazioni da effettuare alla stazione 30, in generale le operazioni sono riportate al punto 6.6.2.2.8. In questa stazione il veicolo sarà sollevato da terra e agganciato tramite gancio Webb alla linea overhead.

6.7.1 Sequenza

Il documento di sequenza è strutturato in questo modo, partendo da sx:

- Immagine dell'operazione di riferimento;
- Descrizione dell'operazione;
- Descrizione generale dell'attrezzatura/impiantistica necessaria;

- Numeri delle parti coinvolte nell'operazione;
- Stazione di riferimento;

6.7.1.1 Smontaggio intercooler

IMMAGINI	DESCRIZIONE OPERAZIONE - ELEMENTI MONTATI	ATTREZZATURA	PART NUMBER MATERIALE/NUMERI SU MATEMATICHE	STAZIONE
	<p style="text-align: center;">LINEA ASSEMBLAGGIO</p> <p>SMONTAGGIO INTERCOOLER, PER FISSAGGIO TUBI ARIA CONDIZIONATA SU CONDENSATORI.</p> <p>SGANCIARE 2 MOLLETTE PLASTICA ED ASPORTARE INTERCOOLER</p>	<p>LINEA OVERHEAD CONVEYOR</p> <p style="text-align: right;">OK</p>		30 1800

Figura 81- Smontaggio intercooler

Questa è la prima operazione della stazione e non necessita di alcuna attrezzatura, il componente va rimosso e depositato per essere successivamente rimontato. L'operazione è necessaria per permettere il fissaggio successivo dei tubi dell'aria condizionata.

6.7.1.2 Montaggio tubi aria condizionata

Qui avviene il montaggio delle tubazioni dell'aria condizionata, in preparazione del successivo fissaggio agli utilizzatori del kit motore una volta carrozzato.

Accoppieremo:

- Condensatore tramite un attacco a 3 vie a evaporatore e chiller;
- Compressore con condensatore e tramite un attacco a 3 vie a evaporatore e chiller ;

Eseguendo questi fissaggi:

- Eseguo due fissaggi con dadi M6 a 9 Nm classe C su evaporatore;
- Un fissaggio con dado M8 a 20 Nm classe B su chiller;
- Due fissaggi con vite M6 a 9 Nm classe C su condensatore;
- Fissaggio con vite M8 a 20 Nm classe B su compressore,

MONTAGGIO TUBI ARIA CONDIZIONATA

A) MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE-EVAPORATORE- CHILLER e VALVOLA CUT-OFF (già preparato da IET)
 Fissare nel Vano Motore lato Dx con 3 Mollette
 Collegare su Condensatore parte inferiore Dx Radiatore
 Collegare su Evaporatore da abitacolo
 Successivamente Collegare su Chiller (montato dopo)
COPPIE CHIUSURA:
 SU EVAPORATORE: 2 DADI M6 T= 9 Nm. Cl. C
 SU CHILLER : 1 DADO M8 T= 20 Nm. Cl. B
 SU CONDENSATORE: 1+1 VITI M6x20 T= 9 Nm. Cl. C

SU COMPRESSORE: 1+1
VITI M8x20 T= 20 Nm. Cl. B REPORT
 (Collegamento dopo montaggio Motore)

B) TUBO GOMMA DA EVAPORATORE a CHILLER e COMPRESSORE (T) (Montare in questa fase;
 Collegare ad Evaporatore
 Successivamente Collegare a Chiller (montato dopo)
 (Collegare a Compressore dopo carrozz. Motore)

C) TUBO GOMMA DA COMPRESSORE a CONDENSATORE
 Collegare su Condensatore;
 (Collegare su Compressore dopo Carrozz. Motore)

- ESEGUIRE I MONTAGGI DEI TUBI ED I FISSAGGI SU SCOCCA VANO MOTORE PRIMA DELLA CARROZZATURA KIT MOTORE

I COLLEGAMENTI SUGLI UTILIZZATORI SARANNO ESEGUITI DOPO LA CARROZZATURA MOTORE.

OK

VERSIONE CLIMATIZZATORE

A FA00ADN25916/001.0004-TUBO CLIMA EVAPORATORE-CHILLER-CONDENSATORE
B FA00ADN25916/001.0004-TUBO CLIMA EVAPORATORE-CHILLER-CONDENSATORE-geom
C FA00ADN25916/001.0006-VALVOLA CUT OFF
A FA00ADN23637/001.0004-TUBO CLIMA EVAPORATORE-CHILLER-COMPRESSORE
B FA00ADN24288/001.0003-TUBO CLIMA COMPRESSORE-CONDENSATORE

VERSIONE RISCALDATORE

A FA00ADN45435_001 STD_CLI_DUCATORBEV_VERS_RISC
B FA00ADN63347/001.0005-TUBO CLIMA EVAPORATORE-CHILLER
C FA00ADN64191/001.0004-STAFFA-GUARNIZIONE
D FA00ADN63989/001.0012-TUBO EVAPORATORE-CHILLER
E FA00ADN23637/001.0004-TUBO CLIMA EVAPORATORE-CHILLER
F FA00ADN24288/001.0003-TUBO CLIMA COMPRESSORE-CONDENSATORE
G FA00ADN25916/001.0006-VALVOLA CUT OFF

Figura 82 - Montaggio tubi

Per i fissaggi M6 si utilizzerà un avvitatore a pistola, per gli M8 un avvitatore angolare. Per queste lavorazioni sarà necessaria una pedana anteriore dato che il veicolo sarà sollevato a circa 1,8 m da terra e lavorazioni da effettuare saranno nel vano motore.

6.7.1.3 Rimontaggio intercooler

Agganciare 2 mollette di plastica e inserire intercooler.

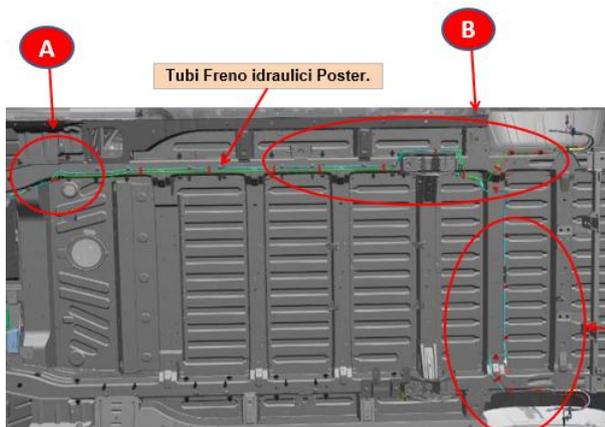
6.7.1.4 Montaggio tubi idraulici freno posteriore

Montaggio delle tubazioni dei freni posteriori, i tubi distesi lungo il longerone sinistro sono fissati a tucker saldati in precedenza.

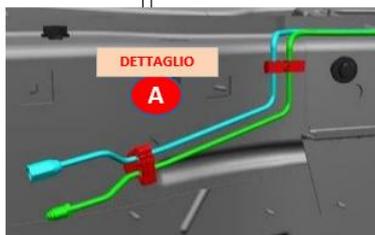
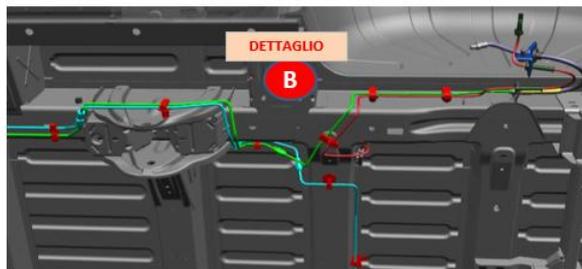
Vengono eseguiti due fissaggi (da rispettare la sequenza):

- Un fissaggio a 16 Nm classe B con i raccordi dei tubi delle ruote posteriori;
- Un fissaggio a 16 Nm classe B con i raccordi dei tubi delle ruote anteriori;

Queste vengono eseguite con chiave dinamometrica e inserto a forchetta.



Tubi idraulici Freni: **T = 16 Nm.** vedi Norme FCA; Avvitatore specifico a bocca aperta



MONTAGGIO TUBI IDRAULICI FRENO POSTERIORI BEV:

- Prelevare Tubi rigidi freni posteriori specifici BEV;
- Distendere tubi lungo Longherone Sx;
- Fissare Mollette su Tucker saldati a pavimento

- Collegare a raccordi da tubi posteriori.

T= 16 Nm Cl. B REPORT

- Collegare a raccordi per tubi a ruote Anteriori.

T= 16 Nm. Cl. B REPORT

(Togliere tubo collegamento Impianto da Sevel)

N.B. Eseguire prima i collegamenti alle ruote posteriori, per ridurre la perdita di liquido freni.

TBD : TUBO POSTERIORE DX. VIENE INDICATO SPECIFICO SU MATEMATICHE

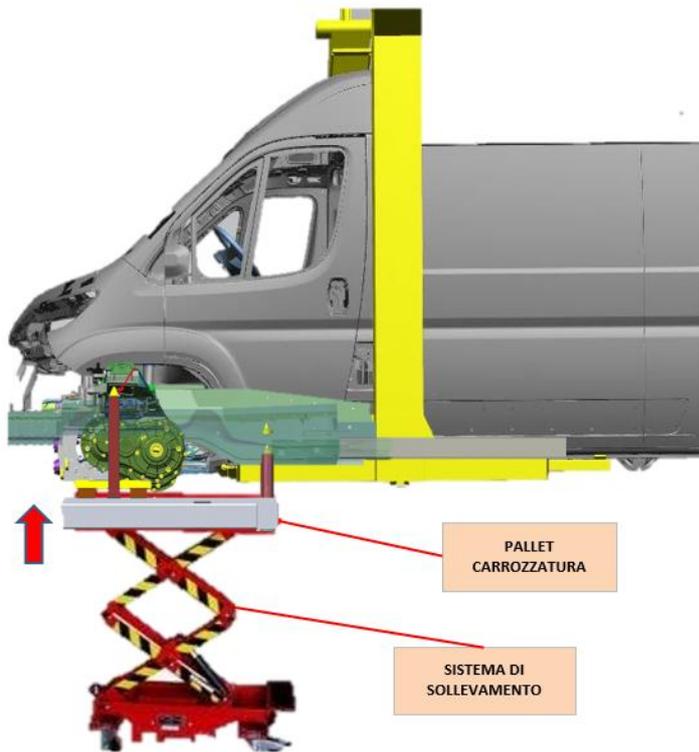
LINEA OVERHEAD CONVEYOR
- AVVITATORE SPECIFICO TUBI FRENO
(Bocca aperta)

Figura 83- Tubi idraulici freno posteriore

6.7.1.5 Smontaggio ruote anteriori

Smontaggio delle ruote anteriori per permettere la carrozzatura del kit motore. Sono presenti 5 viti M16 avvitate con una coppia di 180 Nm di classe B, perciò è necessario utilizzare un avvitatore specifico con reazione su bullone adiacente.

6.7.1.6 Carrozzatura kit motore



CARROZZATURA KIT MOTORE

- SPOSTARE PALLET SU TROLLEY, con Kit MOTORE BEV SOTTOSCOCCA.
- SOLLEVARE cpls. Pallet, centrare fori PRIMARI (QUADRI) di riferimento su Scocca; proseguire salita guidata fino a portare i gruppi Kit Motore/Differenziale in posizione sotto scocca.
- INSERIRE CAVO 12V sopra traversa, per successivi collegamenti parte posteriore veicolo.
- INSERIRE TUBI RAFFREDDAMENTO verso INVERTER e DC/DC (già montati su Motore), per successivi collegamenti a Kit Elettrico.

OK

LINEA OVERHEAD CONVEYOR
 - PALLET CARROZZATURA KIT MOTORE con Riferimentazione a Motore e Riferimentazione a fori Primari quadri su Scocca.
 - SOLLEVATORE IDRAULICO per SOLLEVAM. PALLET
 PARANCO SOLLEVAMENTO KIT MOTORE

Figura 84- Carrozzatura kit motore

In questa operazione si va a sollevare il kit motore con canalina sx. definito al punto 6.3.2.1. Il sollevamento avverrà in z tramite sollevatore idraulico e il kit motore verrà accoppiato con un pallet riferimentato, questo permetterà durante il sollevamento di andare a posizionare il kit motore nella posizione esatta. L'accoppiamento tra pallet e kit motore verrà effettuato tramite un paranco di sollevamento, il tutto verrà effettuato nella stazione di preparazione per poi essere spostato tramite carellino in linea sul sistema di sollevamento. Il pallet di riferimentazione sostanzialmente è una modifica di quello utilizzato per la medesima carrozzatura nel veicolo classico.

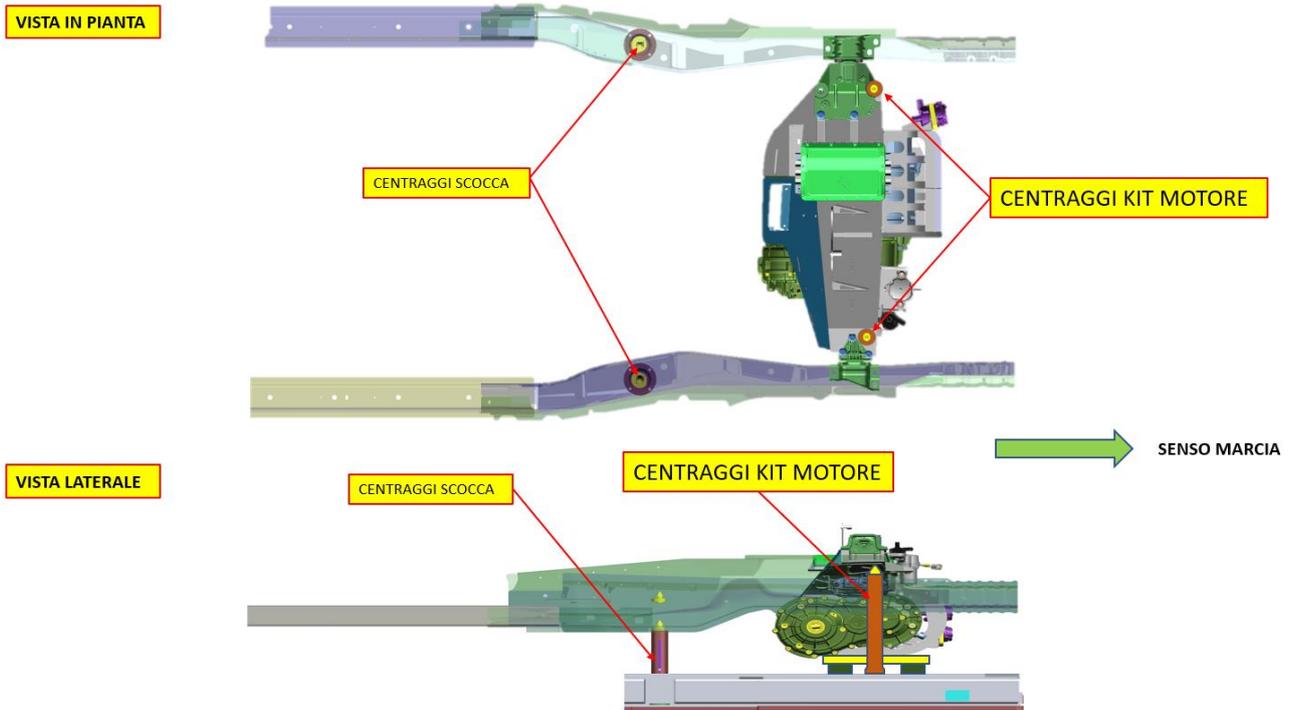


Figura 85- schematizzazione pallet riferimento kit motore

6.7.1.7 Fissaggi motore a staffe superiori su scocca

Primi fissaggi del kit motore al veicolo, l'operatore su scaletta andrà ed effettuare questi fissaggi:

- Tre dadi M12 con fissaggi da 95 Nm classe A per lato tra staffe e scocca;
- Quattro viti M14 con fissaggi da 105 Nm a destra (riferimenti come in foto) classe A tra staffa e scocca;
- Tre viti con fissaggi M12 a sinistra da 108 Nm classe C tra staffa e scocca;

Per tutte queste avvitature è necessario un report, quindi si è optato per avvitatore elettronico con barra di reazione e cambio bussola. La prima necessaria per non scaricare sull'operatore l'elevata coppia di serraggio la seconda a causa della differente dimensione delle viti/dadi. Al termine delle avvitature si abbassa il pallet e lo si porta alla stazione di preparazione.

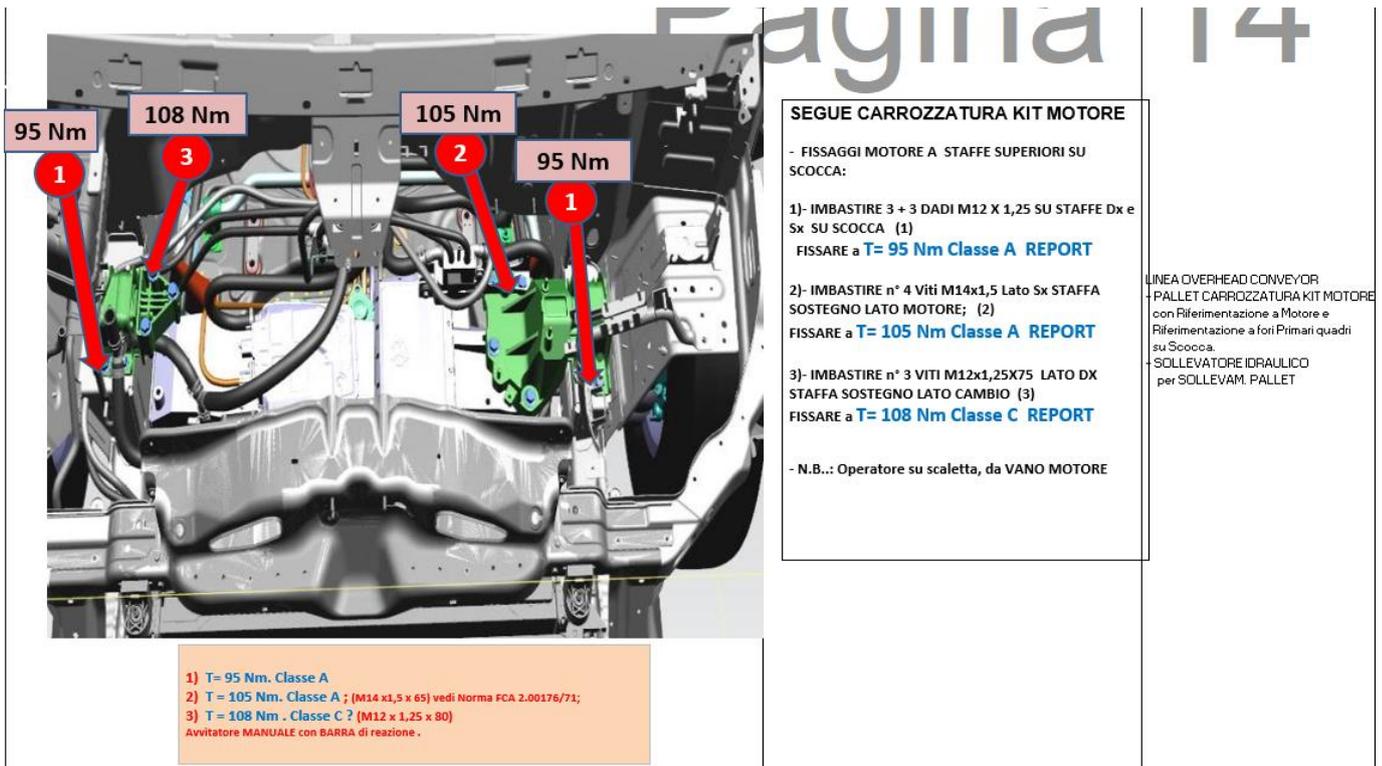


Figura 86- Fissaggi motore a staffe superiori su scocca

6.7.1.8 Collegamento bielletta a traversa anteriore

L'operatore va effettuare sottoscocca questi fissaggi:

- Tre viti e tre dadi tra staffa e differenziale con fissaggio a 105 Nm classe A;
- Fissaggio tra bielletta e staffa a 290 Nm classe A;
- Fissaggio tra bielletta e traversa a 290 Nm classe A;

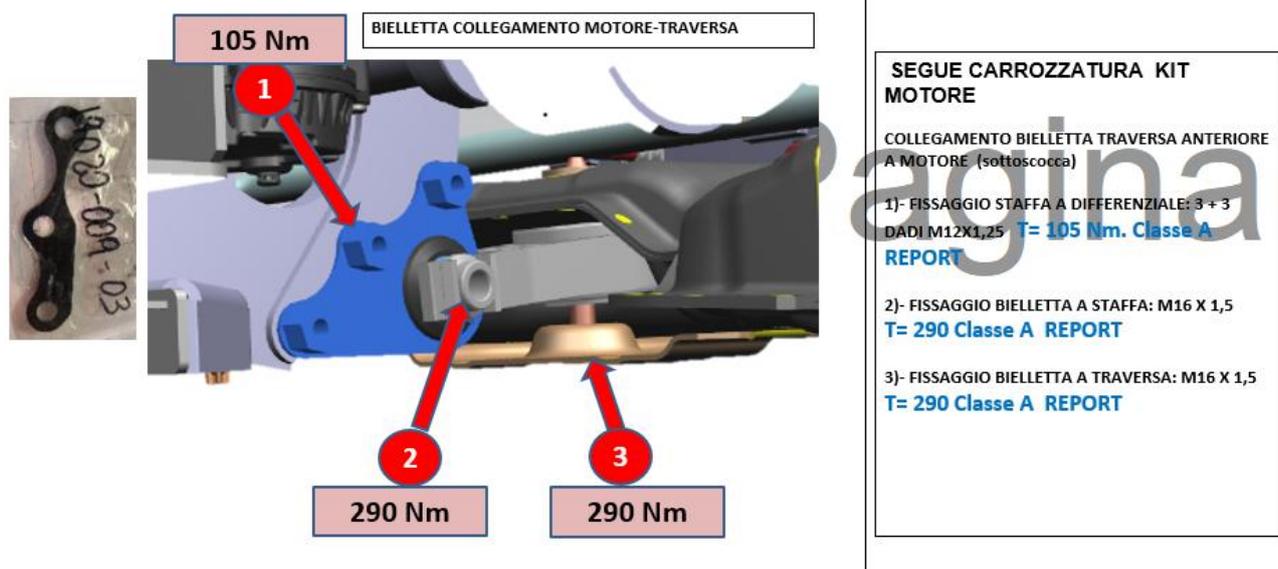


Figura 87- Collegamento traversa anteriore a motore

Anche qui si è optato per avvitatori elettronici per le ragioni esposte al punto precedente.

6.7.1.9 Scollegamento wheel corner

Smontaggio wheel corner per successivo inserimento dei semiassi specifici.

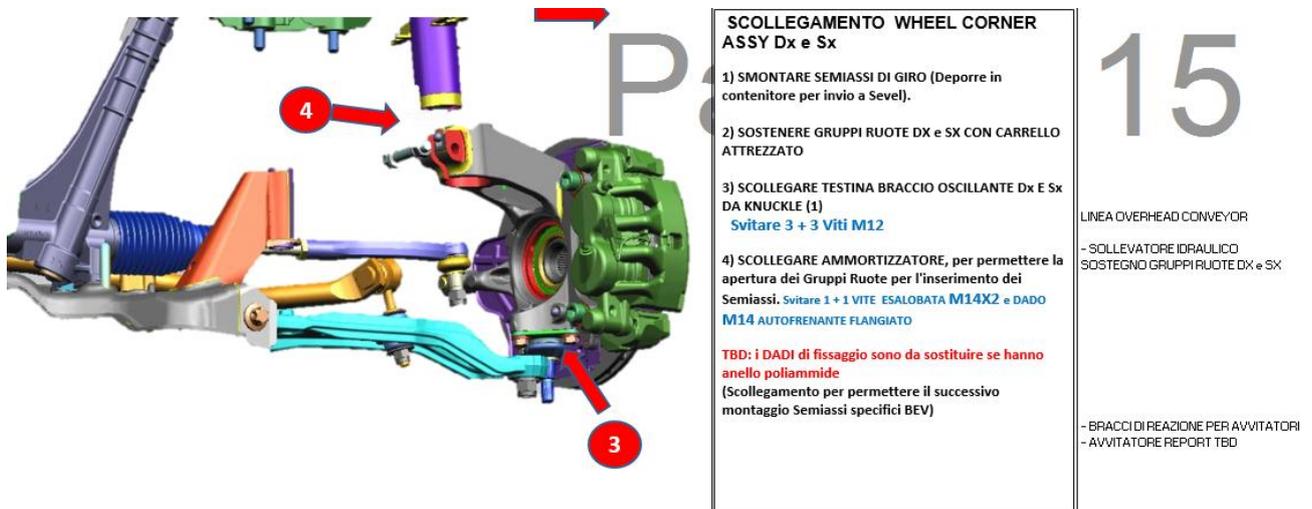


Figura 88- Smontaggio wheel corner

Occorre smontare i semiassi del veicolo classico, in seguito va posizionato un cestello con sollevamento idraulico per sostenere il gruppo ruote durante lo smontaggio. Verrà eseguito con questa sequenza:

- Scollegare testina braccio oscillante da knuckle svitando tre fissaggi per ogni gruppo ruota, M12 da 115 Nm classe A;
- Scollegare ammortizzatore svitando fissaggio di vite più dado per ogni gruppo ruota, M14 da 160 Nm classe A, questo per permettere l'apertura dei gruppi ruota. In questa fase si è prevista la progettazione successiva di un attrezzo per il contenimento del delta in rotazione sul piano YZ del gruppo ammortizzatore, questo per evitare in fase di smontaggio (e di successivo rimontaggio) di andare a danneggiare il gruppo ruotando eccessivamente;

Oltre all'attrezzo prima citato si andranno ad utilizzare avvitatori elettronici con cambio bussole e barra di reazione, per queste motivazioni:

- Questi fissaggi per normativa cliente necessitano di report;
- Necessitano di una barra di reazione per le alte coppie in gioco;

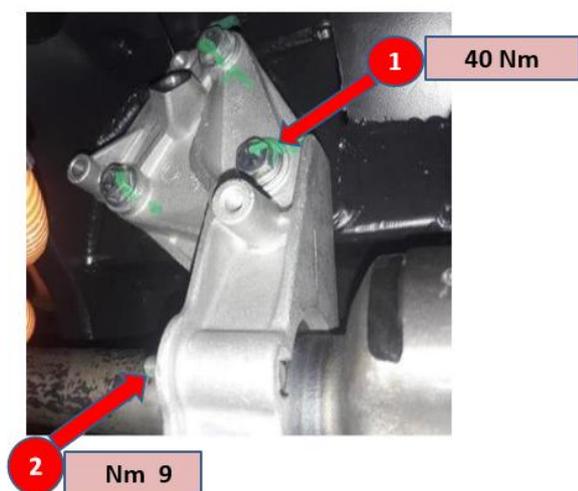


Figura 89- Esempio di utilizzo di avvitatore elettronico con barra di reazione

6.7.1.10 Inserimento semiassi

Inizialmente vengono inseriti i semiassi dx. e sx. nel differenziale e in seguito vengono eseguiti questi fissaggi:

- Fisso semiasse sx. con staffa supporto motore con 3 viti M10, con fissaggio da 40 Nm classe A;
- Fisso semiasse sx. con staffa supporto motore con 2 viti e dadi speciali antisfilamento, con fissaggio da 9 Nm classe C;



SEGUE CARROZZATURA KIT MOTORE

- INSERIMENTO SEMIASSE DX e SX NEL DIFFERENZIALE.

- Fissare SEMIASSE Sx con STAFFA a SUPPORTO MOTORE, con 3 VITI M10 lungh. 60 mm.

In attesa modifica con foro scarico supporto (Richiesto a IET)

T= 40 Nm Classe A REPORT

-Fissare 2 Dadi e Viti Antisfilamento Semiassi da Staffa: SPECIALI;

T= 9 Nm. Cl. C (NO Report)

-- Introdurre SEMIASSE in sede su Mozzo Ruote Dx e Sx.

- Imbastire 1 + 1 Dado speciale M33 fissaggio semiassi Dx e Sx

LINEA OVERHEAD CONVEYOR

- AVVITATORI con bracci di reazione (TBD)

Figura 90- inserimento semiassi

In seguito si introducono i semiassi nel mozzo e viene imbastito un dado speciale M33 per mozzo. Qui è necessario prevedere un avvitatore elettronico con cambio bussola, in quanto un fissaggio necessita di report.

6.7.1.11 Ricollegamento wheel corner

Qui vengono fissati tutti gli elementi smontati al punto 6.7.9 utilizzando la medesima attrezzatura. terminate queste operazioni il fissaggio del kit motore sarà completato. Il sottoscocca si presenterà come sotto illustrato.

6.7.1.12 Fissaggi semiassi a mozzi ruote

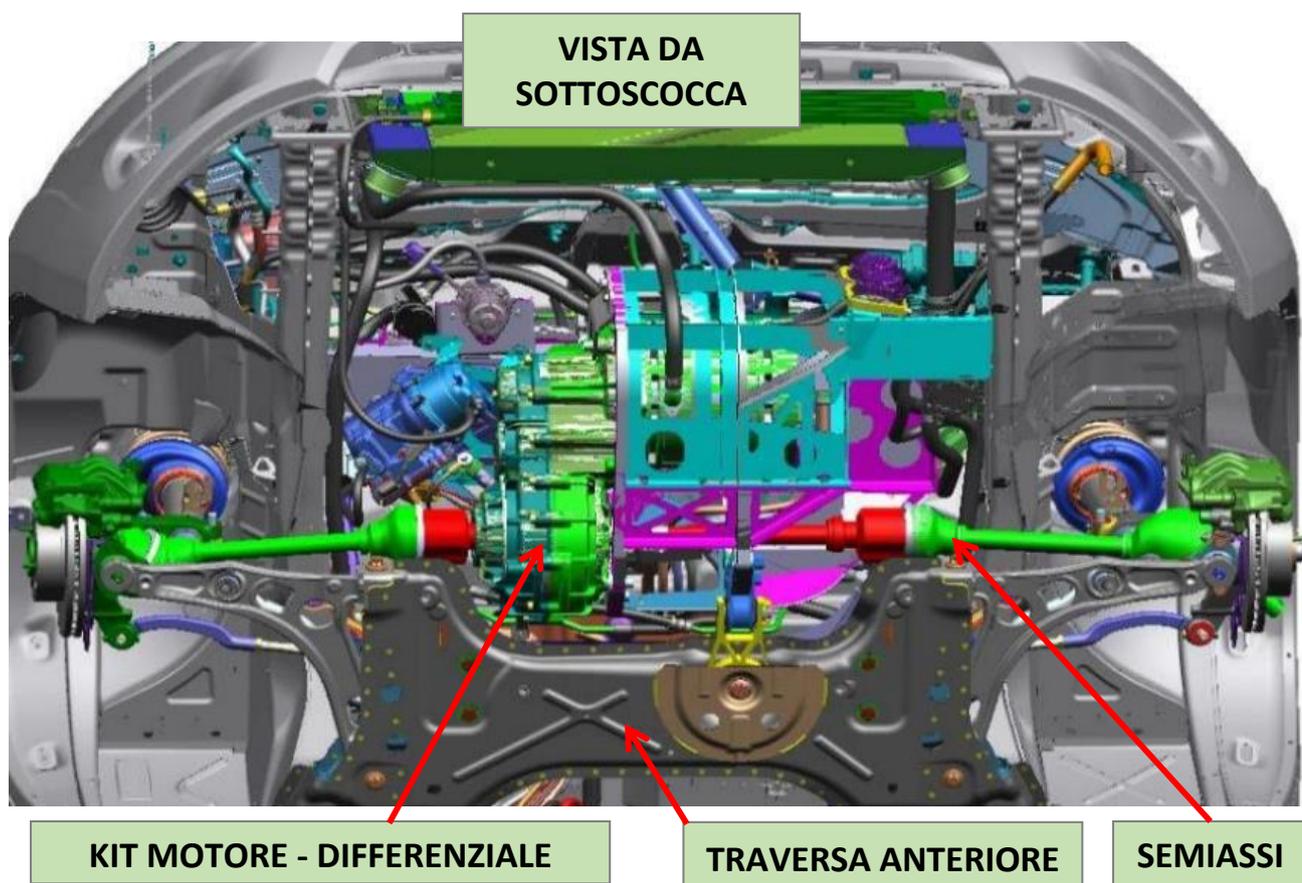


Figura 91 - Dettaglio sottoscocca

Esegui il fissaggio dei dadi imbastiti in precedenza tramite un avvitatore specifico con braccio di supporto seguendo il ciclo riportato da norma cliente, sostanzialmente si tratta:

- Pre-Fissaggio 150 Nm (+- 10%);
- Svitare 30° (+- 2°);
- Applicare pre-coppia 150 Nm (+- 10%);
- Imposizione angolo 35° (+- 2°);
- Monitorare Coppia Finale (350-600 Nm);
- Coppia Max di sicurezza 601 Nm (nel caso, blocco avvitatore);

Questo avvitatore eseguirà un report sull'esito dell'avvitatura.

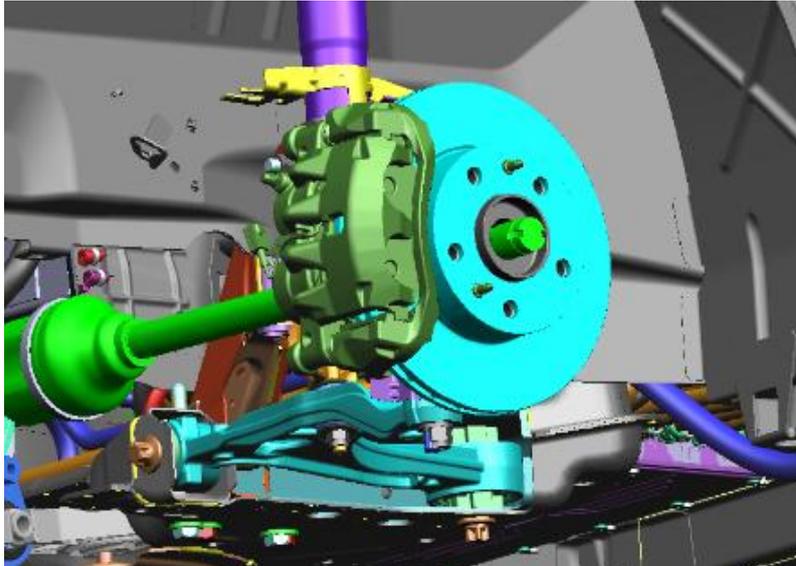


Figura 92- In verde dove verrà imbastito e fissato il dado

6.7.1.13 Acciacatura dadi mozzo ruote

Eseguo doppia acciacatura dadi mozzo ruote seguendo la norma cliente, riportata in seguito. Le due acciacature devono essere realizzate sul collarino del dado in posizione diametralmente opposta (a 180°) ed ottenute simultaneamente in una sola operazione con un apposito attrezzo automatico. Il carico necessario per l'esecuzione dell'acciacatura deve essere applicato in modo uniformemente progressivo durante l'operazione. Il collarino sarà acciaccato a "V" e l'acciacatura dovrà essere una "V" di 90° per i mozzi ruota anteriori. In seguito verrà prodotta un'etichetta di report sull'esito dell'acciacatura.



Figura 93- Attrezzo acciacatura automatica

6.7.1.14 Riempimento olio differenziale

Si esegue riempimento Olio Differenziale, con apposito Erogatore Volumetrico NKE.
Un cicalino indicherà l'esito OK/NOK dell'operazione. L'etichetta con i dati Report sarà emessa nella Stazione 90 di Riempimenti generali.

6.7.1.15 Montaggio staffa e fissaggio cavi HV

Si esegue il fissaggio di una staffa volta a vincolare i cavi HV che collegheranno il motore all'inverter. Sono da eseguire due fissaggi sulla staffa:

- Un fissaggio con vite M6 a 9 Nm di classe B;
- Un fissaggio con vite M8 a 20 Nm di classe B;

Dopo si fissano tre cavi HV sulle mollette presenti sulla staffa. Sono necessari due avvitatori elettrici, una a pistola per il primo fissaggio un'angolare per il secondo.

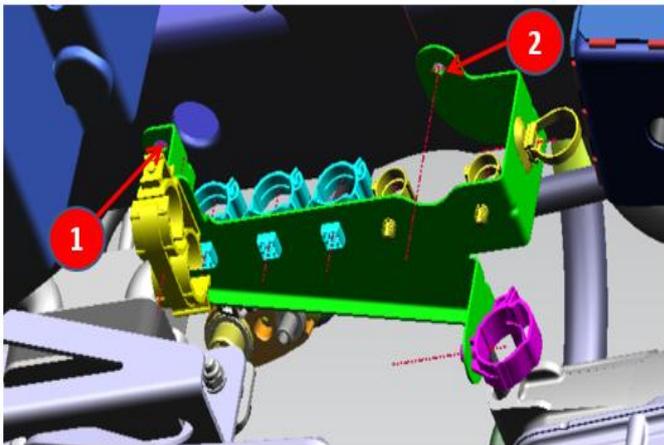


Figura 94- fissaggio staffa

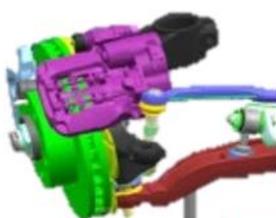
MONTAGGIO STAFFA FISSAGGIO CAVI HV e TUBI SOTTO TRAVERSA:

1) - FISSARE 1 VITE M6X20
T= 9 Nm. Cl. B

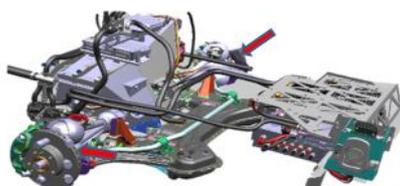
2)- FISSARE 1 VITE M8X20
T= 20 Nm. Cl. B

6.7.1.16 Montaggio 2^ pinza elettrica

Si esegue in primis l'accoppiamento tra la pinza e il disco, in seguito vengono effettuati due fissaggi per pinza (sinistra e destra). Sono fissaggi con viti torx M10 di classe A e necessitano di un ciclo specifico di avvitatura, prima una chiusura a 30 Nm e in seguito una rotazione di 45°. Perciò sarà necessario un avvitatore specifico che mi fornirà anche un report sull'esito del fissaggio.



T = 30 Nm + 45° (classe A) vedi Norme



MONTAGGIO 2^ PINZA FRENI ELETTRICA 5x e Dx

- 2 + 2 VITI Fissaggi **T= 30 Nm + 45°, Report**
- Stato di fornitura Cavo TBD

LINEA OVERHEAD CONVEYOR
- AVVITATORE REPORT Coppia + Angolo

Dadina 21

Figura 95- Montaggio 2^ pinza freni

6.7.2 Riepilogo Attrezzatura e impianti

Per quanto riguarda gli avvitatori ora è possibile definire l'attrezzatura necessaria per questa stazione. Sotto riportiamo il riepilogo per la stazione 30.

Codice per file Modelli		Normale da fissare	Dimensione filettatura	T Nominale Nm (+ Angolo)	Classe Fiss.	Report
10	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU EVAPORATORE	Viti(2)	M6	9	C	no
11	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU CHILLER	Viti(1)	M8	20	B	no
10	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU CONDENSATORE	Viti(1+1)	M6	9	C	no
11	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU COMPRESSORE	Viti(1+1)	M8	20	B	no
	- PINZA FRENI REPORT Coppia + Angolo	Vite (2+2)	M10	30 Nm + 45°	A	si
	- TUBI FRENO Specifico	Raccordo freni (4)	Raccordo freni	16	B	si
14	- SMONTAGGIO E RIMONTAGGIO RUOTE ANT.	Viti(5+5)	M16 x 1,5 altern. M14x1,5	180	B	si
1	- GRUPPO RUOTA DX. SX. AD AMMORTIZZATORE	Dado(1+1)	M14	160	A	si
1	- TESTINA braccio oscillante sx.KNUCKLE dx. _REPORT	Dado (3+3)	M12	115	A	si
2	- SEMIASSE con STAFFA a MOTORE	Viti(3+3)	M 10 x 60	40	A	si
2	- STAFFA A DIFFERENZIALE _REPORT	Dadi(3+3)	M12 x 1,25	105	A	si
2	- BIELLETTA A STAFFA _REPORT	Vite(1+1)	M16 X 1,5	290	A	si
2	- BIELLETTA A TRAVERSA _REPORT	Vite(1+1)	M16 X 1,5	290	A	si
10	- SEMIASSE A MOZZO DA STAFFA	Dado + Vite(2+2)	Dadi e viti spec.	9	C	no
3	- STAFFE ATTACCO MOTORE dx. e sx. SU SCOCCA _REPORT	Dadi (3+3)	M12 x 1,25	95	A	si
3	- STAFFE SOSTEGNO LATO MOTORE sx. _REPORT	Vite (4)	M14x 1,5 x 65	105	A	si
3	- STAFFE SOSTEGNO LATO CAMBIO dx. _REPORT	Vite (3)	M12 x 1,25 x 80	108	C	si
10	- FISSAGGIO CAVI HV E TUBI SOTTO TRAVERSA	Vite(1)	M6 X 20	9	B	no
11	- FISSAGGIO CAVI HV E TUBI SOTTO TRAVERSA	Vite(1)	M8 X 20	20	B	no
	- Ciclo Fissaggio Semiasse a Mozzo: (Norma FCA 2.00145/09)	Dado(1+1)	M33	150 Nm + 35°	A	si

Codice per file Modelli		Posizione	Braccio di Reazione	TIPO AVVITATORE (IPOTESI)	Specificità	Q.TA'i	Di Cui, Elettronici
10	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU EVAPORATORE	Varie	NO	Makita Pist.		1	
11	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU CHILLER	Varie	NO	Makita Angol.		1	
10	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU CONDENSATORE	Varie	NO	Makita Pist.		1	
11	- MONTAGGIO TUBO CONDENSATORE SU COMPRESSORE	Varie	NO	Makita Angol.		1	
	- PINZA FRENI REPORT Coppia + Angolo	Orizzontale Dx e Sx	Braccio	Angolare Elettron.	Possibile sinergia	1	1
	- TUBI FRENO Specifico	Orizzontale (a mano)	NO	Specif. Freni	Specifico; Bocca aperta	1	
14	- SMONTAGGIO E RIMONTAGGIO RUOTE ANT.	Orizzontale (a mano)	Barra	Specif. Ruote	Specifico; Reaz.su Bullone adiacente	1	
1	- GRUPPO RUOTA DX. SX. AD AMMORTIZZATORE	Orizzontale	Barra	Angolare Elettron.	Carrellato (Dx e Sx) con polso rotazione e cambio bussola	2	2
1	- TESTINA braccio oscillante sx.KNUCKLE dx. _REPORT	Verticale	Barra	Angolare Elettron.			
2	- SEMIASSE con STAFFA a MOTORE	Vario Mozzo(a mano)	Braccio	Angolare Elettron.			
2	- STAFFA A DIFFERENZIALE _REPORT	Orizzontale	Barra	Angolare Elettron.			
2	- BIELLETTA A STAFFA _REPORT	Orizzontale	Barra	Angolare Elettron.	Carrellato (Dx e Sx) con polso rotazione e cambio bussola	1	1
2	- BIELLETTA A TRAVERSA _REPORT	Verticale	Barra	Angolare Elettron.			
10	- SEMIASSE A MOZZO DA STAFFA	Vario Mozzo(a mano)	NO	Makita Pist.			
3	- STAFFE ATTACCO MOTORE dx. e sx. SU SCOCCA _REPORT	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.	Portatile a mano Report (Altern. Chiave Dinam. Elettron.)	1	1
3	- STAFFE SOSTEGNO LATO MOTORE sx. _REPORT	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.			
3	- STAFFE SOSTEGNO LATO CAMBIO dx. _REPORT	Vano Motore (a mano)	Barra	Angolare Elettron.			
10	- FISSAGGIO CAVI HV E TUBI SOTTO TRAVERSA	Verticale	NO	Makita Pist.		1	
11	- FISSAGGIO CAVI HV E TUBI SOTTO TRAVERSA	verticale	NO	Makita Angol.		1	
	- Ciclo Fissaggio Semiasse a Mozzo: (Norma FCA 2.00145/09)	Orizzontale Dx e Sx	Braccio	Specifico Mozzi Elettr.	Specifico; Carrellato (Dx e Sx)	1	1

Tabella 5- Panoramica avvitatori stazione 30

Prima si sono elencati tutti gli avvitatori necessari a seconda dell'operazioni da effettuare ma va considerato che molti di questi sono compatibili a più fissaggi, inoltre dato il costo degli avvitatori

elettronici conviene diminuirli in numero se non necessari, sotto si è cercato di ottimizzare gli avvitatori in questa ottica e complessivamente avremo:

- 4 avvitatori elettronici per i fissaggi classici;
- 1 avvitatore elettronico specifico per mozzi ruote;
- 1 avvitatore elettronico specifico per 2^pinza freni;
- 1 avvitatore specifico per ruote;
- 1 avvitatore specifico per raccordi freni;
- 1 avvitatore angolare;
- 1 avvitatore a pistola;

Inoltre saranno necessarie queste attrezzature (alcune citate prima):

- Pedana anteriore lavorazioni vano motore ;
- Cestello con sollevamento idraulico;
- Erogatore volumetrico NKE;
- Attrezzo per acciaccatura dadi mozzo ruote;
- Sollevatore idraulico per pallet motore;
- Dolly per attrezzatura;
- Contenitori per materiale;
- Banco;

6.8.2 Stazione 30

Non potendo effettuare l'analisi di tutte le stazioni, viene mostrata solamente quella per la stazione 30.

Sotto sono riportati i ciclogrammi per i due operatori, con a sinistra la sequenza delle operazioni a fianco tempo inizio operazioni a seguire durata operazioni e infine il tempo fine operazione.

Le barrette a fianco servono a rendere visivamente l'idea delle tempistiche di ogni operazione in modo da identificare le più critiche per la stazione in analisi.

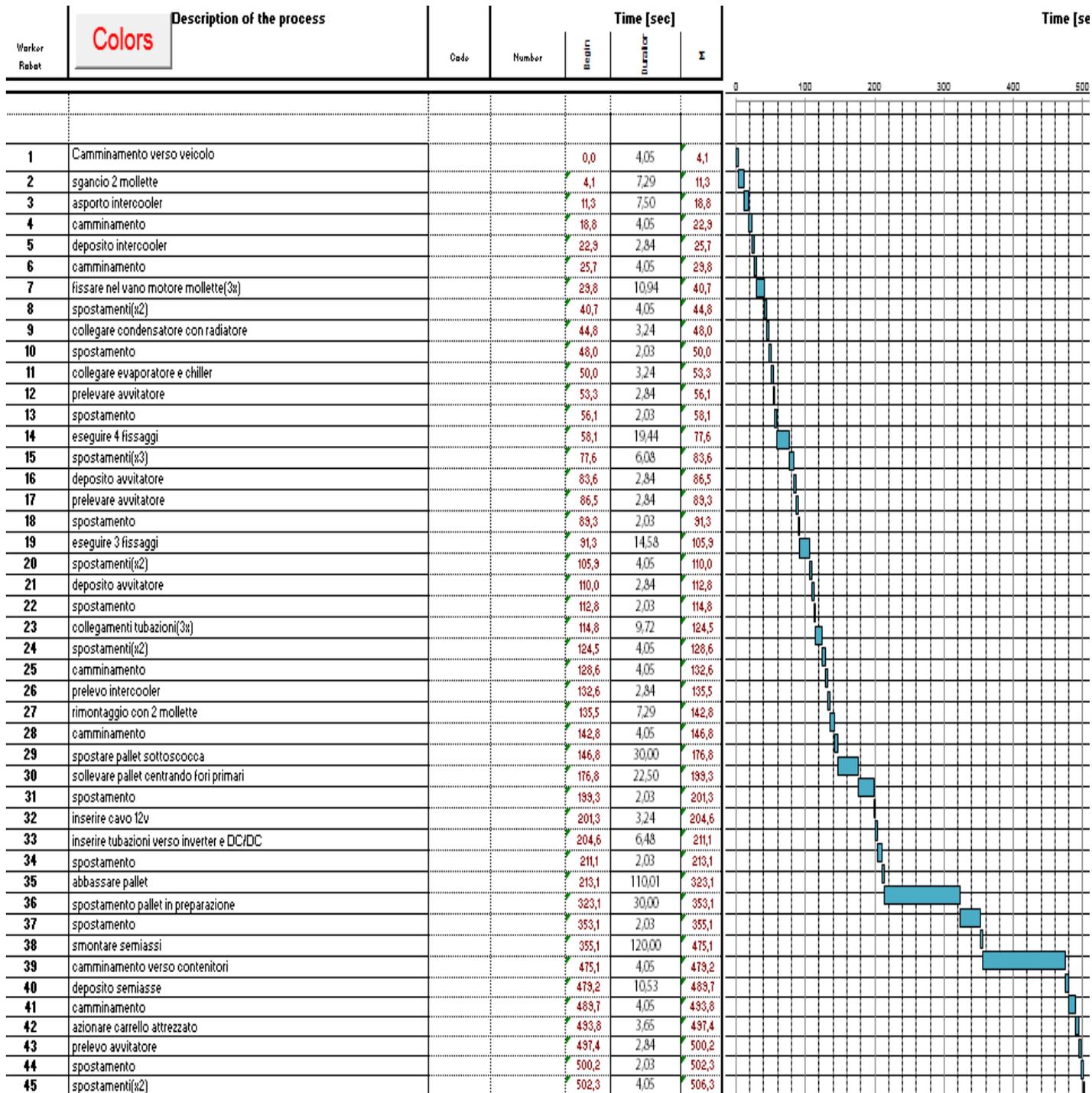


Figura 97- Ciclogramma operatore 1

45	spostamenti(x2)	502,3	4,05	506,3
46	svitare 3 x viti M12	506,3	17,01	523,3
47	scollegamento braccio scill.	523,3	6,00	529,3
48	cambio bussola	529,3	4,86	534,2
49	svitare 1 x M14	534,2	5,67	539,9
50	scollegamento gruppo amm.	539,9	6,00	545,9
51	deposito avvitatore	545,9	2,84	548,7
52	collegamento semiasse	548,7	60,00	608,7
53	prelevare avvitatore	608,7	2,84	611,5
54	spostamento(x2)	611,5	4,05	615,6
55	fissare 3 x M10	615,6	17,01	632,6
56	spostamento	632,6	2,03	634,6
57	prelevare avvitatore	634,6	2,84	637,4
58	spostamento	637,4	2,03	639,5
59	fissare 2 x viti speciali	639,5	11,34	650,8
60	deposito avvitatore	650,8	2,84	653,6
61	collegamento testina	653,6	6,00	659,6
62	spostamento	659,6	2,03	661,7
63	prelevare avvitatore	661,7	2,84	664,5
64	spostamento(x2)	664,5	4,05	668,6
65	fissare 3 x viti M12	668,6	17,01	685,6
66	spostamento	685,6	2,03	687,6
67	cambio bussola	687,6	4,86	692,4
68	collegamento gruppo amm.	692,4	6,00	698,4
69	fissare 1 x M14	698,4	5,67	704,1
70	deposito avvitatore	704,1	2,84	707,0
71	prelievo dadi M33	707,0	2,84	709,8
72	camminamento	709,8	2,03	711,8
73	imbastire	711,8	3,65	715,5
74	prelevo avvitatore mozzo ruote	715,5	2,84	718,3
75	ciclo fissaggio(6x)	718,3	29,16	747,5
76	spostamento	747,5	2,03	749,5
77	ciclo fissaggio(6x)	749,5	29,16	778,6
78	deposito attrezzo	778,6	2,84	781,5
79	spostamento	781,5	2,03	783,5
80	prelevare attrezzo acciacatura	783,5	2,84	786,3
81	spostamento	786,3	2,03	788,4
82	acciacatura	788,4	6,00	794,4
83	spostamento	794,4	2,03	796,4
84	acciacatura	796,4	6,00	802,4
85	deposito acciacatore	802,4	2,84	805,2
86	cammino verso contenitori	805,2	4,05	809,3
87	prelevo staffa	809,3	5,67	814,9
88	camminamento verso banco	814,9	4,05	819,0
89	prelevo avvitatore	819,0	2,84	821,8
90	fissaggio 1 vite	821,8	5,67	827,5
91	deposito avvitatore	827,5	2,84	830,3
92	prelevo avvitatore	830,3	2,84	833,2
93	fissaggio 1 vite	833,2	5,67	838,8
94	deposito avvitatore	838,8	2,84	841,7
95	spostamento	841,7	2,03	843,7
96	sistemare cavi hv su mollette(3x)	843,7	9,72	853,4
97	spostamento	853,4	2,03	855,4
98	spostamento ruota	855,4	7,50	862,9
99	posizionare cestello ruote(x2)	862,9	10,50	873,4
100	spostamento	873,4	2,03	875,5
101	prelevare attrezzo montaggio ruote	875,5	2,835	878,3
102	fissaggio	878,3	24,30	902,6
103	deposito attrezzo	902,6	2,835	905,4
104	spostamento	905,4	2,025	907,5
105	abbasso cestello	907,5	3,645	911,1
106	camminamento verso erogatore	911,1	4,05	915,2
107	deposito erogatore	915,2	7,5	922,7

Figura 98- Ciclogramma operatore 1

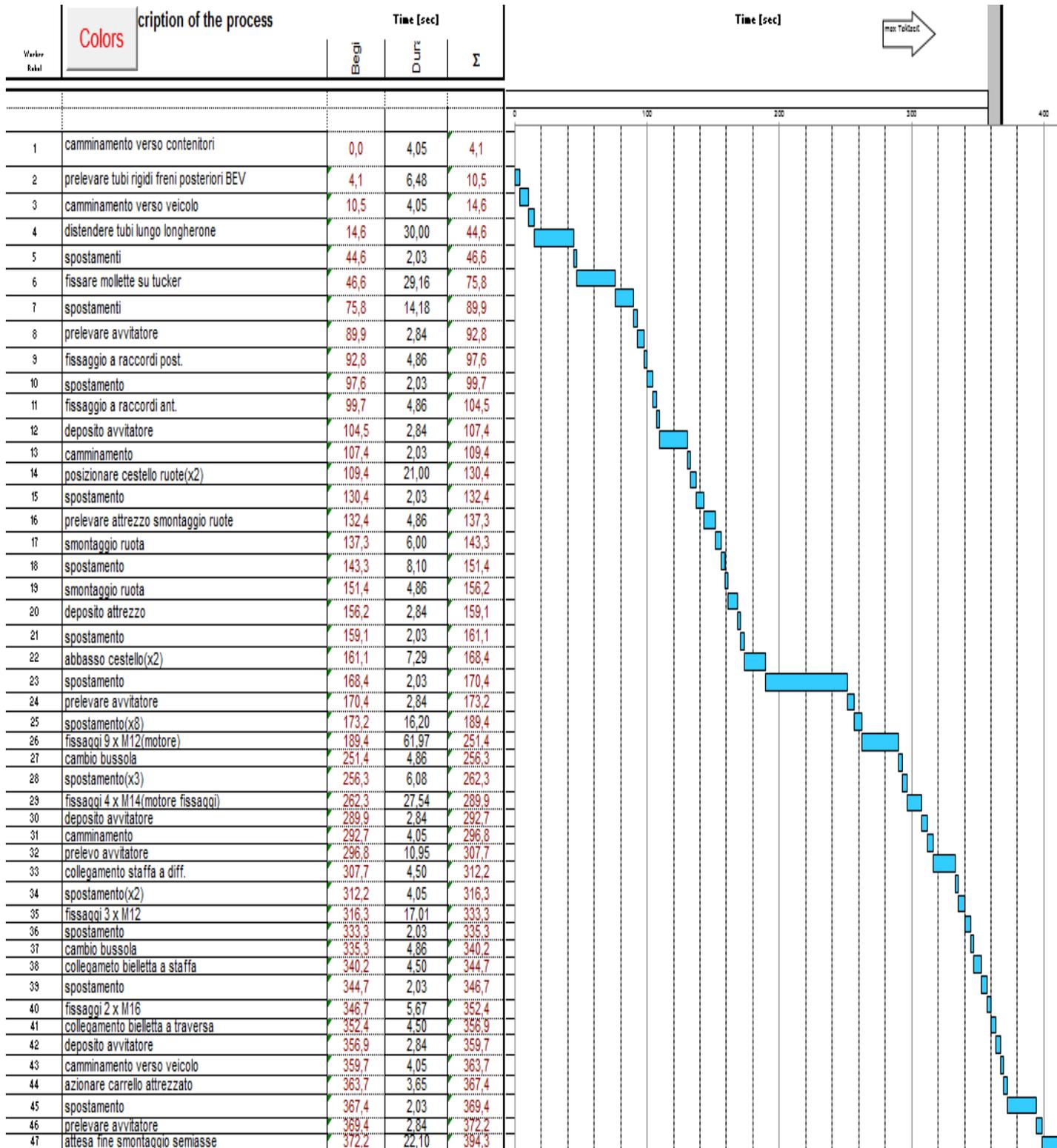


Figura 99- Ciclogramma operatore 2

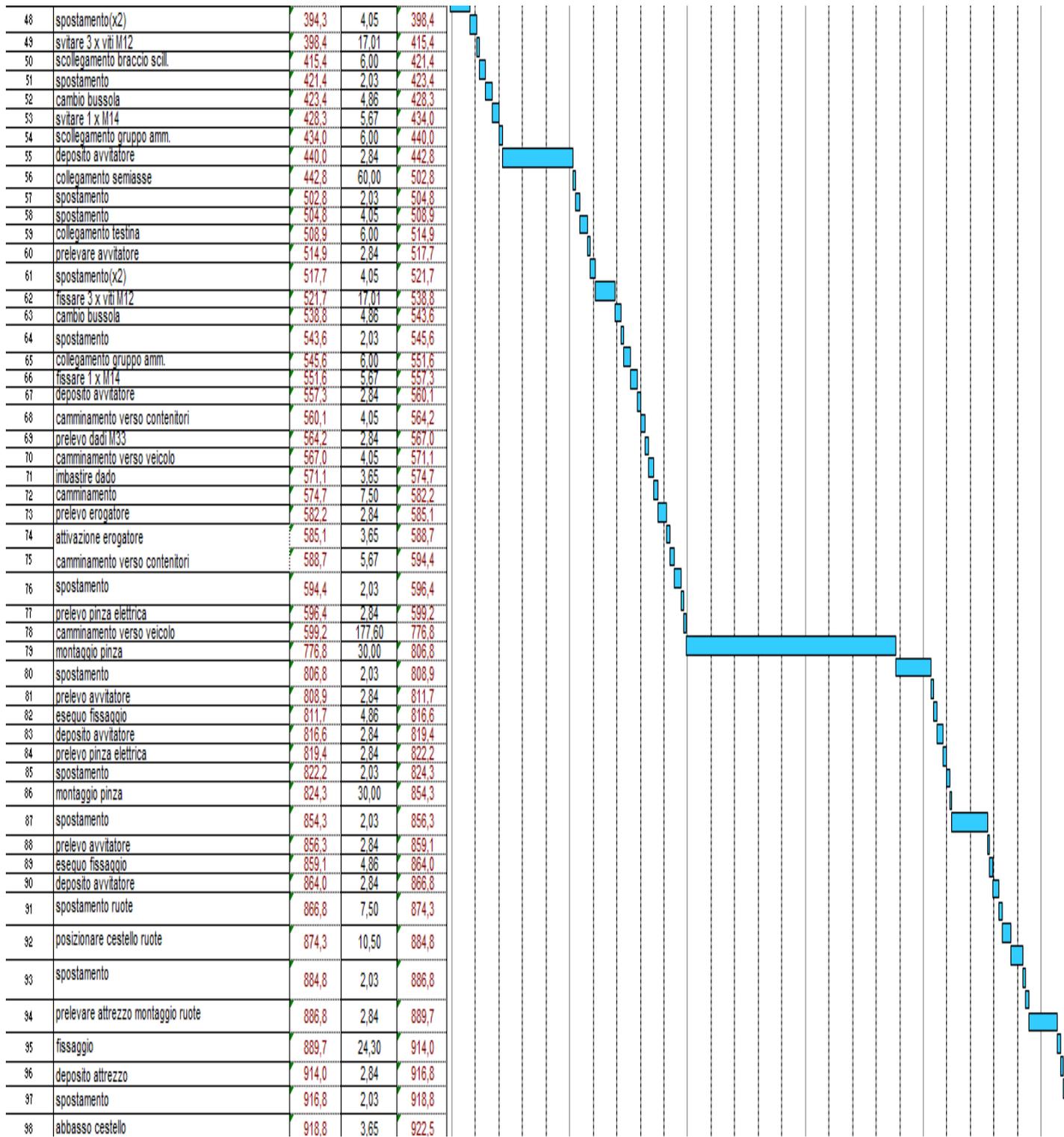


Figura 100 - Ciclogramma operatore 2

6.9 Valutazioni layout e analisi simulazione

Dopo gli studi citati in precedenza si è aggiunto un volume d'informazioni sulle necessità della linea produttiva tale da poter effettuare delle modifiche a un livello più approfondito di dettaglio, si analizzerà a livello generale l'impianto e in maniera più approfondita la stazione 30. In seguito tramite le informazioni raccolte si sarebbe dovuta eseguire una simulazione per l'analisi della linea tramite il software Siemens Plant Simulation, le tempistiche non hanno permesso il completamento di quest'ultima.

6.9.1 Analisi generale

Il layout si è strutturato in questo modo:

- In bianco: I muri e le strutture portanti dello stabile;
- In verde: I flussi di materiale e i corridoi;
- In azzurro: Le delimitazioni delle stazioni, le scaffalature e i materiali;
- In rosso: L'attrezzatura varia e i macchinari;
- In fucsia: Gli impianti e la linea overhead;
- In grigio: I veicoli;

Per il layout si è utilizzato il veicolo in versione passo lungo in modo da valutare la linea nella condizione di massimo ingombro.

Innanzitutto come già anticipato in precedenza si è optato per linea overhead con ganci Webb per le stazioni dalla 10 alla 80, a discapito della soluzione con box paralleli per il BIW e i ponti idraulici. Questo essenzialmente per le motivazioni che vengono riportate in seguito:

- Lavorazioni in condizioni di miglior ergonomia per gli operatori;
- Movimentazioni semplificate tra una stazione e l'altra;
- Costi ridotti per l'attrezzaggio rispetto ai box paralleli;
- Più spazio a terra vista l'assenza dei ponti e del loro ingombro;

Sotto è riportato il CAD del gancio Webb e a destra un'ipotesi di stazione di sollevamento per il caricamento su linea overhead, il sistema selezionato utilizza delle rotaie a basso attrito che sfruttando una lieve pendenza sul percorso della linea ne permette la movimentazione senza l'utilizzo di motrice.



Figura 101- schema ipotesi linea overhead

Le principali novità rispetto al layout preliminare si individuano:

- Nella crescita del numero delle stazioni per esigenze di lavorazione e redistribuzione del numero di operazioni per bilanciare il tempo ciclo di ogni stazione;
- Inserimento di un'area ad uso della logistica per favorire l'apporto di materiale alla stazione;
- Definizione in maggior dettaglio delle stazioni, in particolare si noterà una netta differenza nelle zone di preparazione e collaudo, grazie all'individuazione dei macchinari e dei controlli richiesti da cliente;
- I corridoi principali misurano minimo 4,5 m mentre quelli laterali misurano 3 m;
- Nuova disposizione dell'area riparazioni;
- Inserimento di trans pallet;

Sotto riportiamo il layout della linea allo stato attuale.

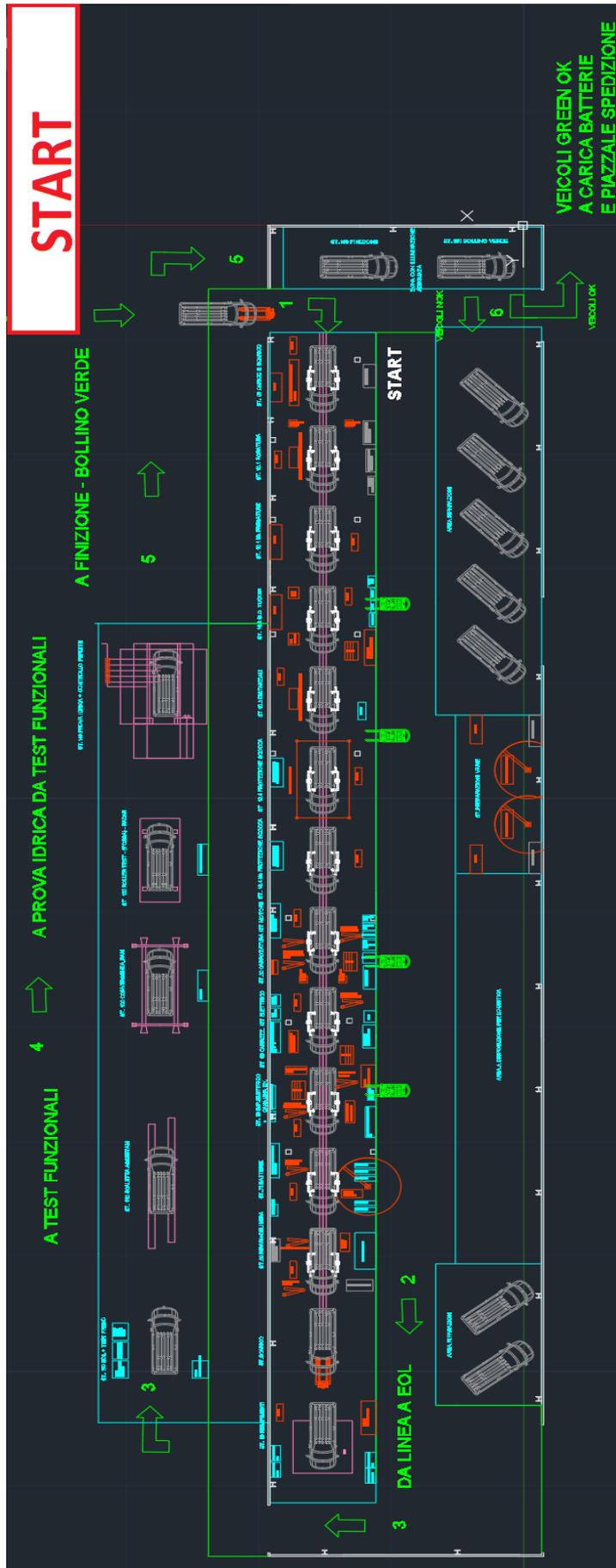


Figura 102- Layout

6.9.2 Analisi stazione 30

Sotto viene riportato un dettaglio della stazione 30, sono state aggiunte tutte le attrezzature, scaffali, banchi di lavoro e gli impianti evidenziati al punto 6.7.2. La gestione degli spazi in questa stazione risulta delicata in relazione al gran numero d'ingombri presenti.

In basso a destra viene presentato il pallet del kit motore in fase d'inserimento nella stazione, la posizione della scala è provvisoria in quanto deve essere nella parte frontale del veicolo durante le lavorazioni. Gli avvitatori sono schematizzati in questa modalità: Con il quadrato identifichiamo la colonna di supporto dell'avvitatore a cui è collegato il braccio e in seguito con un cerchio rappresentiamo lo snodo dell'altro braccio a cui è collegato l'avvitatore vero e proprio.

Frontalmente sono presenti i cestelli per il deposito ruote durante lo smontaggio e in alto a sinistra è presente l'erogatore olio e un banco di lavoro, in basso sono presenti scaffalature/ contenitori.

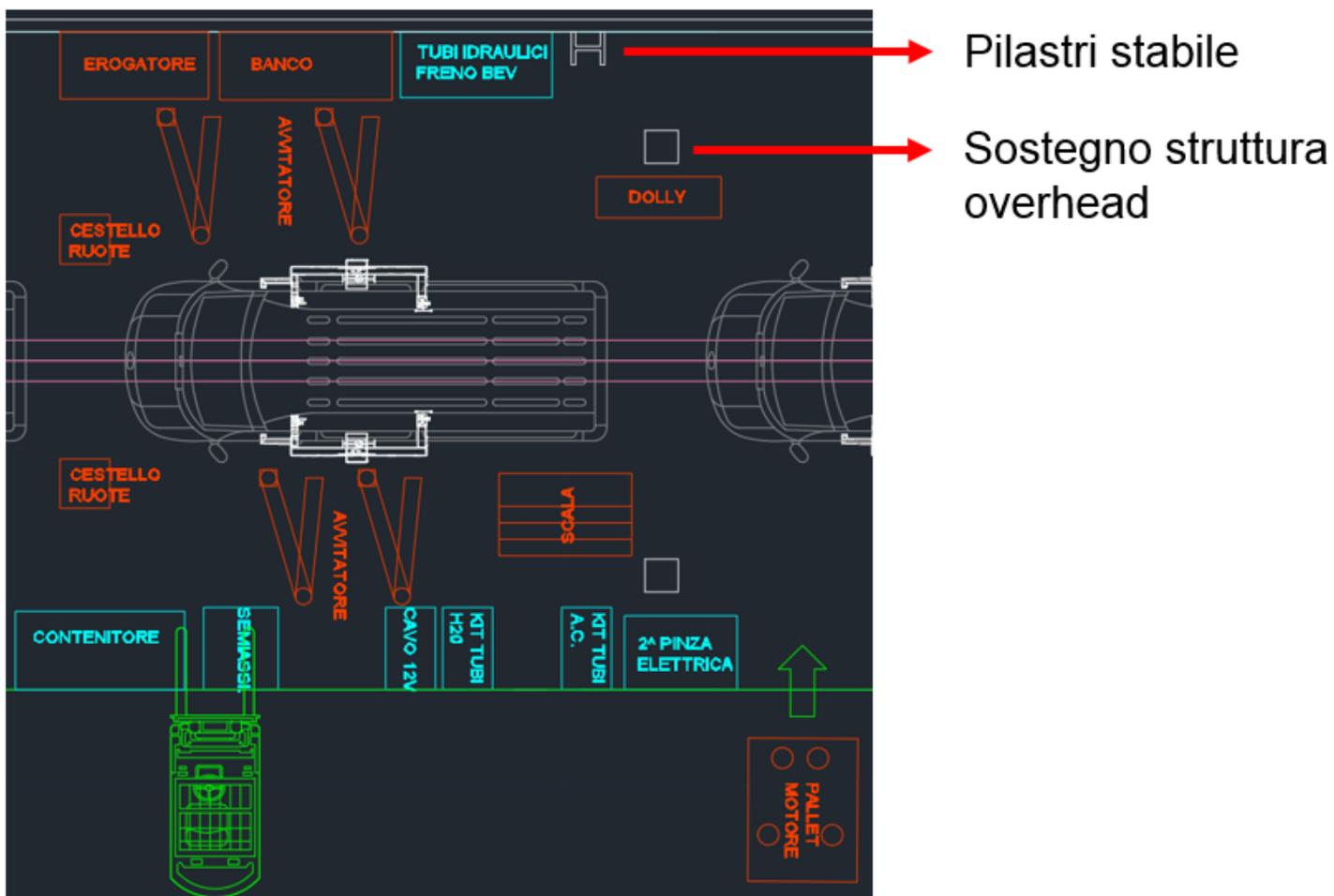


Figura 103 - Dettaglio stazione 30

6.10 Studi di Process

Verranno qui riportati due esempi, una visual BOM e uno studio di fattibilità. Questo per visualizzare le modalità operative anche nella branca di process engineering.

6.10.1 Visual BOM

In seguito verrà riportato un esempio di Visual Bom relativo al veicolo in esame, questa riguarderà la composizione del gruppo 5ª batteria e del suo carrozzamento.

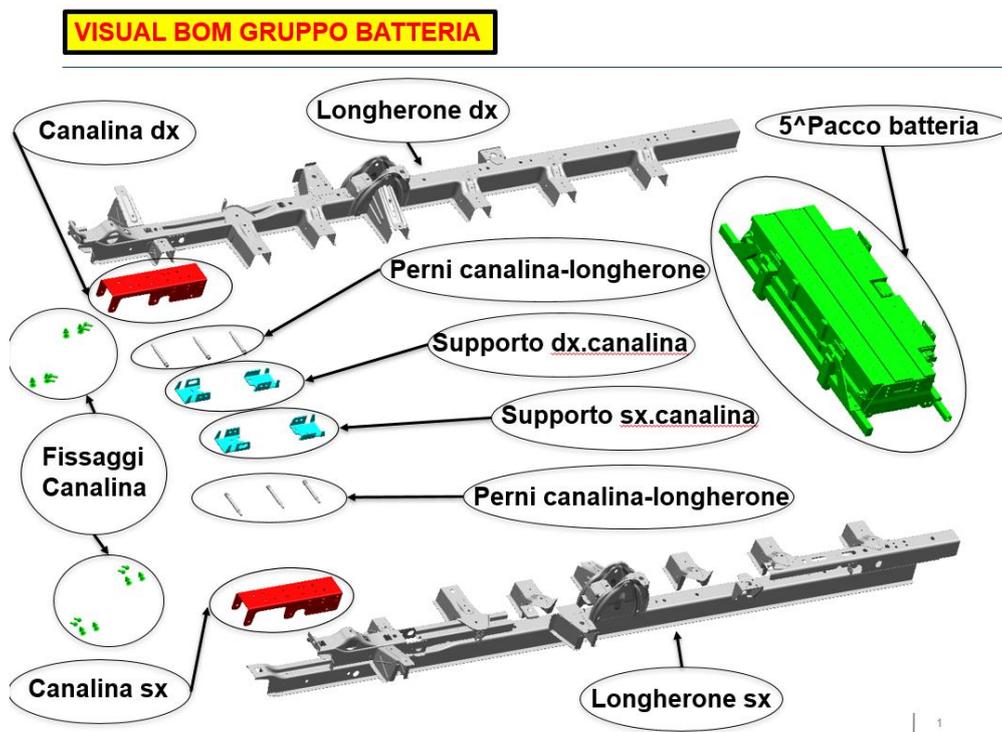


Figura 104- Elementi coinvolti nell'operazione

Sopra viene riportato un esploso dei componenti coinvolti nell'operazione.

Inizialmente si fissano le canaline evidenziate in giallo sui longheroni sottoscocca con dei fissaggi in Y.

1ª FASE, MONTAGGIO CANALINE

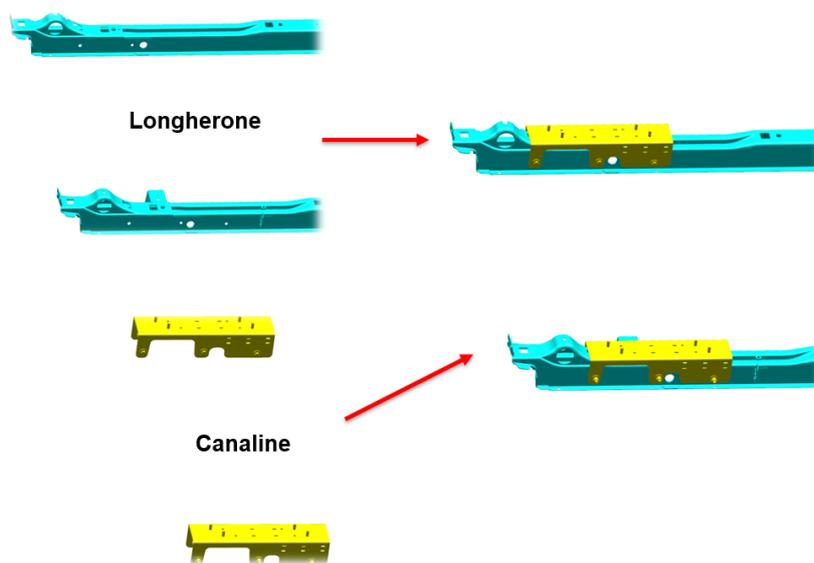
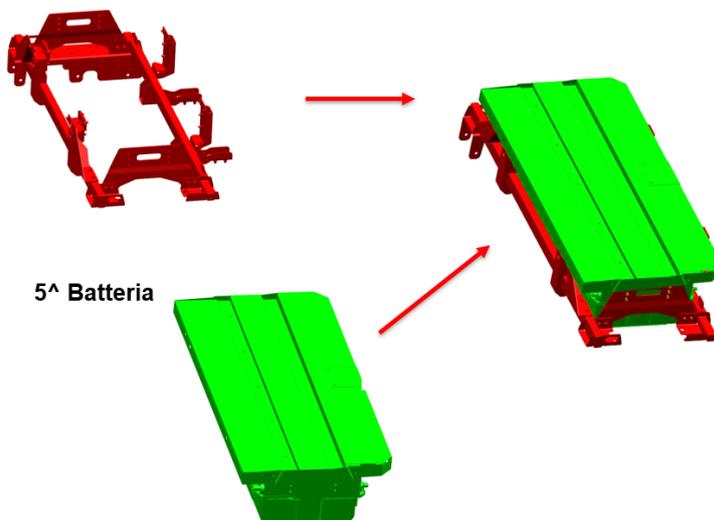


Figura 105- 1ª fase montaggio

Dopo avviene la composizione del gruppo che verrà carrozzato con pallet di riferimento e sollevatore idraulico.

2° FASE, MONTAGGIO BATTERIA SU SUPPORTO

Supporto



5ª Batteria

Figura 106- 2ª fase montaggio

Infine avviene il carrozzamento in Z del gruppo composto alle mensole prima evidenziato in giallo con dei serraggi in Z.

3° FASE, CARROZZAMENTO IN Z GRUPPO BATTERIA SU CANALINE

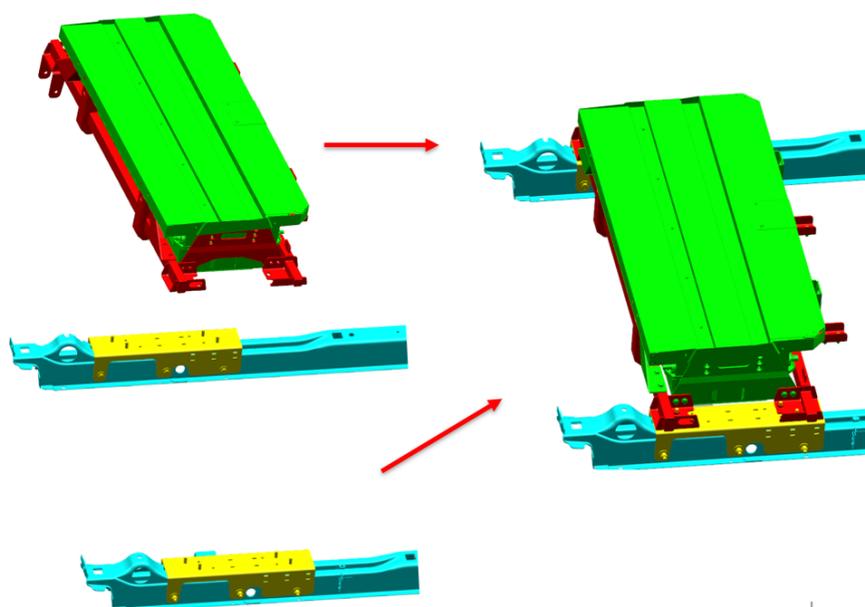


Figura 107- 3ª fase montaggio

Sotto per facilitare la comprensione vengono evidenziati i fissaggi chiave del carrozzamento e della sua preparazione.

5ª BATTERIA A MONTAGGIO COMPLETATO, DETTAGLI

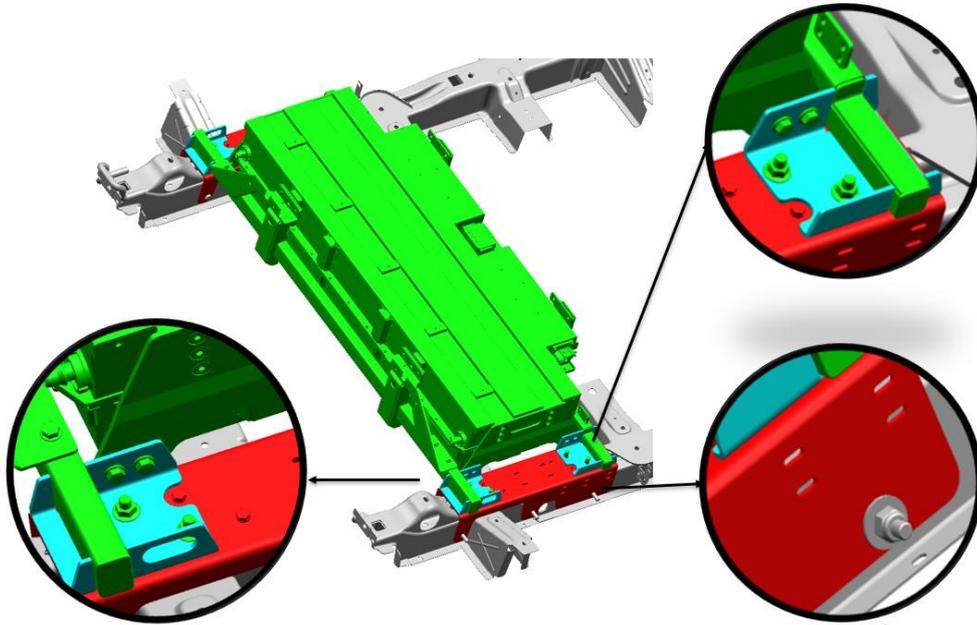


Figura 108- Dettaglio fissaggi

6.10.2 Verifiche di fattibilità

In seguito verrà riportato un esempio di documento verifica di fattibilità relativo al veicolo in esame, questa riguarderà il montaggio delle tubazioni freni specifiche.

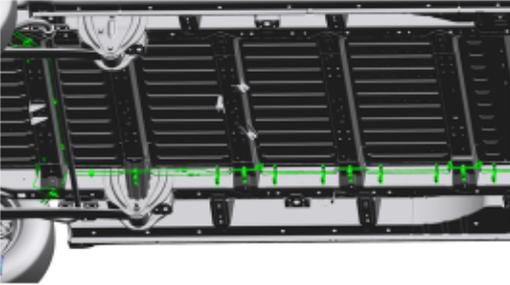
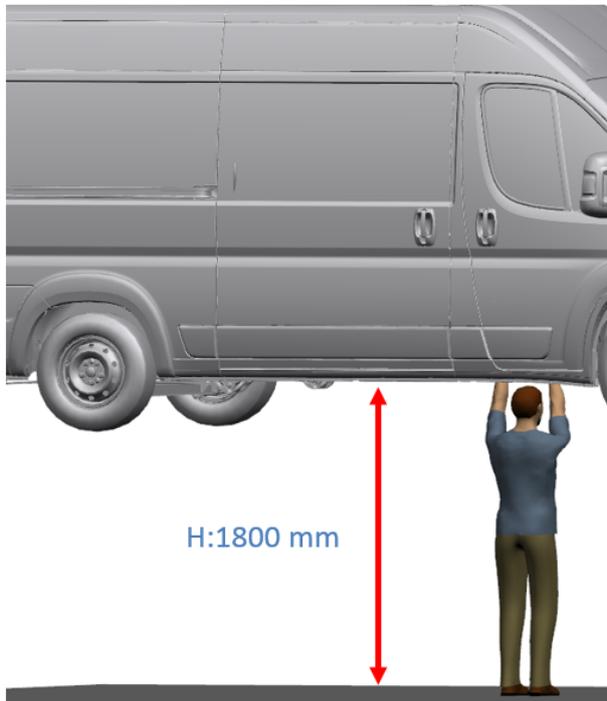
EMEA - MANUFACTURING ENGINEERING AME_PRODUCT				MODEL
PCODE	FOODE NAME		FISSAGGIO TUBAZIONI FRENI	
DATE	20/12/2019	PAGE	1/6	PLANT
ACTIVITY DESCRIPTION				STATUS
FISSAGGIO TUBAZIONI FRENI				(OK, NOK, NO CAD) OK
				REF.
				01
				STATUS
				-
UTE	ST. #	XX	ST. H	XX/mm
-			ROTATION	0°
KEY QUESTIONS		REMARKS		
MACROCIclo AVAILABLE		NO		
ERGO PRE-EVALUATION DONE		NO		
ERGO SPECIALIST ANALYSIS REQUESTED		NO		
DFA CHECK LIST DONE		NO		
SHARED WITH → AME_PROCESS		NO		
SHARED WITH → MEGA		NO		
SHARED WITH → WPI/PLANT		NO		
CAD RELEASE				
<input type="checkbox"/> FA00ADN61434_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN63354_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN64535_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN72187_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN75837_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN76053_001 <input type="checkbox"/> FA00ADN76143_002 <input type="checkbox"/> FA00ADN76267_002 <input type="checkbox"/> SCC_E6 <input type="checkbox"/> MASTER <input type="checkbox"/> FA00ADM46508_001				

Figura 109- Indrotuzione documento

In questa slide si identifica l'elemento/gruppo che verrà analizzato nel documento e quali operazioni verranno verificate. In alto vi è una compilazione classica con inserimento di data, autore del documento e altre informazioni. Più in basso va inserita un'immagine identificativa del componente e va compilato un questionario, a destra va inserito l'esito della verifica OK o KO e delle singole operazioni, segnalando il successo o l'insuccesso e l'apertura di eventuali schede anomalia. In basso va inserito la release del CAD utilizzato per la verifica.

EMEA - MANUFACTURING ENGINEERING AME PRODUCT					MODEL
FCODE	FCODE NAME FISSAGGIO TUBAZIONI FRENI				
DATE 20/12/2019	PAGE 2/6	COMPILER	PLANT -		

POSIZIONE LAVORO OPERATORE



ATTREZZATURA

Inserto a forchetta
3/8 M13



Mollette



Chiave dinamometrica



Figura 110- Posizione operatore e attrezzi

Qui è stato inserito un esempio di posizione lavoro dell'operatore e l'indicazione del posizionamento del veicolo rispetto al terreno, a destra l'attrezzatura utilizzata per simulare le operazioni:

- Un inserto a forchetta da 3/8" M13 per fissare i raccordi;
- Mollette per fissare i tubi freno montate su perni tucker;
- Chiave dinamometrica;



Figura 111- verifica prima operazione

Nell'immagine a destra viene identificato il posizionamento di ogni singola molletta nel sottoscocca, con a lato un dettaglio del singolo elemento. In questa slide si cerca di riportare un quadro generale dell'operazioni che andremo a verificare in seguito.



Figura 112- Verifica prima operazione

Qui vi è riportato un estratto della vera e propria simulazione dell'operazione. Posizionando un Jack (modello umano) e verificando mediante modellazione di quest'ultimo il raggiungimento di ogni singola molletta nel sottoscocca e conseguentemente della tubazione. Solitamente si riporta un'immagine a vista ampia accompagnata da un dettaglio del fissaggio vero e proprio, la faccina verde riportata in alto a destra indica il successo dell'operazione.

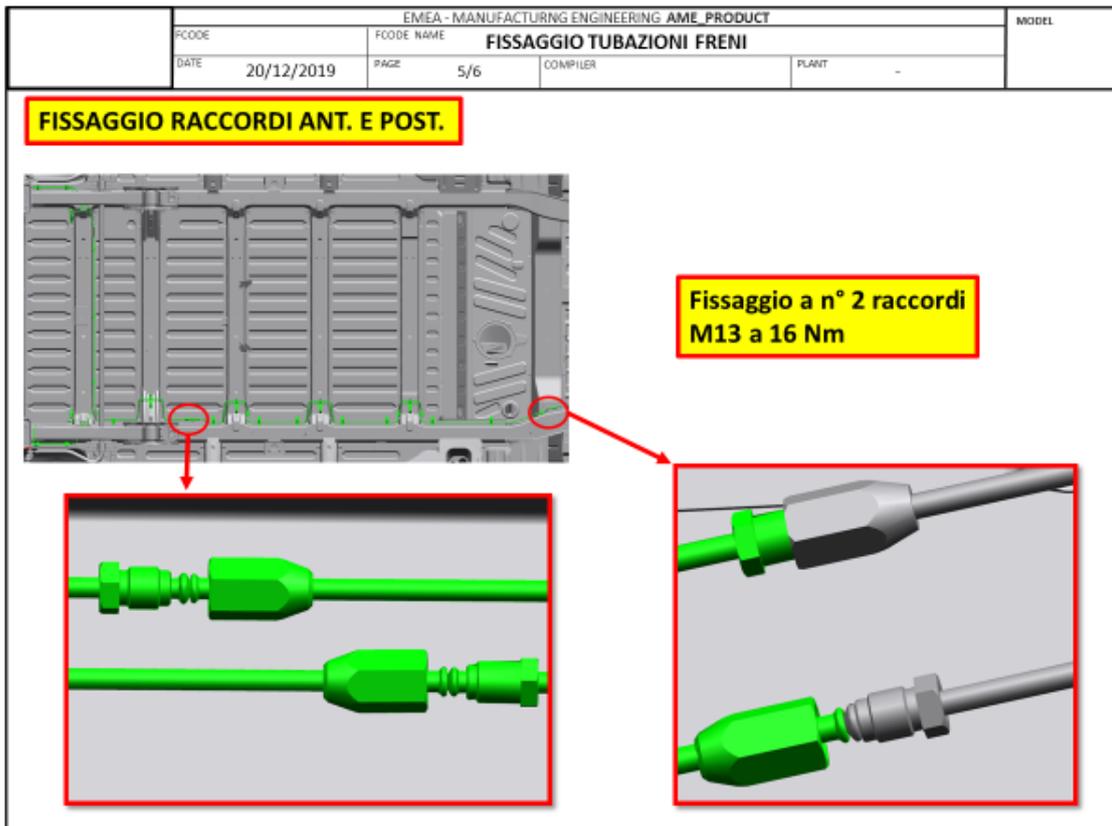


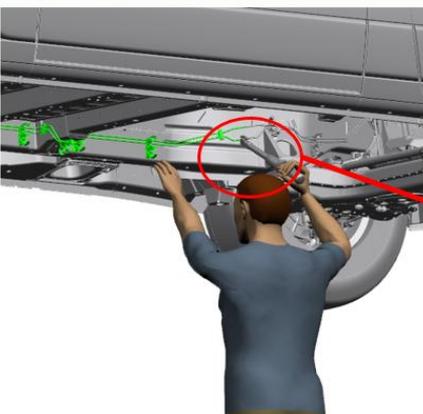
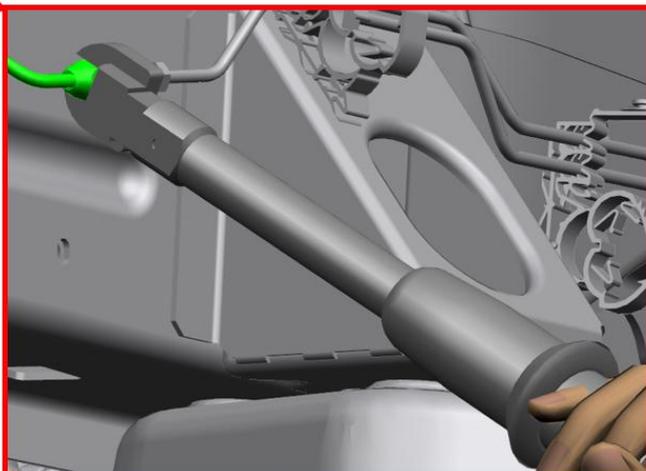
Figura 113- Verifica fissaggi raccordi

Nell'immagine a destra viene identificato il posizionamento di ogni raccordo, con a lato un dettaglio del singolo elemento. Saranno da verificare in seguito i fissaggi di 2 raccordi.

EMEA - MANUFACTURING ENGINEERING AME_PRODUCT				MODEL
FCODE	FCODE NAME FISSAGGIO TUBAZIONI FRENI			
DATE 20/12/2019	PAGE 6/6	COMPILER	PLANT	-

FISSAGGIO RACCORDI ANT. E POST.



Fissaggio raggiungibile

Figura 114- Verifica fissaggi raccordi

Qui viene simulato il fissaggio dei raccordi tramite avvitatore angolare con inserto a zampa, necessario per poter accedere al raccordo, il raccordo non richiede una coppia eccessiva ed è raggiungibile. Le criticità sono evidenziate dal posizionamento del jack, ergonomicamente non ideale, in seguito si propone un'eventuale soluzione al problema prevedendo un eventuale pedana. Nel complesso come evidenziato nella prima slide la simulazione dà un esito positivo che ne conferma la fattibilità.

7 Conclusioni

Gli studi analizzati mostrano parzialmente la complessità e la mole di attività da effettuare in uno studio di questo tipo, la successiva simulazione sul layout valuterà eventuali modifiche o inserimenti di buffer interstazioni. In seguito partiranno tutti gli studi progettazione linea e stazioni.

Le molteplici scelte effettuate in materia di attrezzatura e layout sono frutto di valutazioni basate principalmente sul rapporto benefici/costi che necessita ampie conoscenze e soprattutto esperienza pregressa. L'analisi generale delle tempistiche verifica la bontà delle scelte effettuate, queste però saranno confermate solo dai primi rilevamenti delle tempistiche sulle linee pre-serie.

8 Bibliografia

- Manufacturing Engineering; Kosky Philip, Balmer Robert, Keat William, Wise George Elsevier ; 2010
- Manufacturing Engineering; Savarese, Anthony B, Hauppauge; 2011
- Modellazione dei sistemi produttivi .Vol. 1.; Damiano Milanato, Roberto Pinto, Milanato Damiano ; Pinto, Roberto Bologna; 2006
- Nuova Direttiva Macchine” 2006/42/CE

9 Sitografia

- <http://www.setupimpresa.it/sp/it/articolo/come-ridesignare-un-layout-di-produzione.3sp->
- <https://www.delineodesign.it/servizi-industrial-design/>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Accumulatore_agli_ioni_di_litio
- <https://qualitiamo.com/articoli/produzione-e-produttivita.html>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Studio_di_fattibilit%C3%A0
- <https://scuolaelettrica.it/elettrotecnica/motori/motori2.php>
- <https://www.mitconsulting.it/la-metodologia-fmea-failure-mode-and-effects-analysis/>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Return_on_investment
- <https://www.certifico.com/marcatura-ce/documenti-direttiva-macchine/3934-interfaccia-uomo-macchina-requisiti-illustrazioni-e-rif-normativi>