

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Chimica e dei Materiali

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Chimica e dei Processi Sostenibili**

Tesi di Laurea Magistrale

Valutazione dei rischi presenti sulla linea MINI EXCAVATORS



Relatori

prof. Micaela Demichela
ing. Francesco Piccoli
firme dei relatori

Candidato

Samuele Fiammetta
firma del candidato

Ottobre 2019

Indice

1. Introduzione	1
2. CASE Industrial	3
2.1 Stabilimento di San Mauro	3
2.2 MINI EXCAVATORS	6
2.3 Descrizione della linea di lavoro: produzione MINI EXCAVATORS	7
3. Documento di valutazione dei rischi e World Class Manufacturing	23
3.1 DVR e decreto legislativo 81/08	23
3.2 World Class Manufacturing	24
3.2.1 Le origini del WCM	24
3.2.2 Cultura e Mission del WCM	25
3.2.3 Il pilastro tecnico Safety	30
3.3 Relazione tra d.Lgs 81/08 e WCM	31
4. Valutazione dei rischi presenti in linea MINI EXCAVATORS	33
4.1 Matrice dei rischi	33
4.2 Tool di lavoro	35
5. Risk Assessment	41
5.1 Valutazione nelle postazioni di lavoro linea MINI EXCAVATORS (“before”)	41
5.2 Contromisure tecniche possibili	44
5.3 Valutazione nelle postazioni di lavoro linea MINI EXCAVATORS (“after”)	45
5.4 Applicazione della metodologia a un caso specifico	47
5.5 Implementazione su applicativo	53
6. Conclusioni	55
6.1 Osservazioni sul lavoro di tesi svolto	55
6.2 Benefici del lavoro di tesi svolto	55
6.3 Limitazioni del lavoro di tesi svolto	56
6.4 Sviluppi futuri	56
6.5 Applicazione nell’industria di processo	57
7. Bibliografia & Sitografia	61
7.1 Bibliografia	61
7.2 Sitografia	62
8. Ringraziamenti	63

1. Introduzione

La seguente tesi è stata svolta e realizzata durante l'attività di tirocinio extracurricolare e successivamente di tesi in azienda presso lo stabilimento CASE Industrial di San Mauro Torinese (TO); lavoro che è stato svolto con il supporto dell'RSPP (Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione), pillar leader del pilastro tecnico WCM Safety.

Fiat Chrysler Automobiles (FCA) prende in considerazione nel 2005 gli stabilimenti di Melfi e Tychy rispettivamente in Italia e in Polonia come aziende pilota per l'applicazione del WCM che è per definizione: “una metodologia di produzione strutturata, rigorosa e integrata che coinvolge l'organizzazione nel suo complesso, dalla sicurezza all'ambiente, dalla manutenzione alla logistica e alla qualità. Obiettivo primario del sistema WCM è migliorare continuamente tutte le performance produttive al fine di garantire la qualità del prodotto e soddisfare le attese del cliente”.

Poiché i primi risultati arrivarono rapidamente nel 2007 il WCM fu esteso a tutti gli stabilimenti del Gruppo e quindi anche a CNH Industrial; proprio grazie a questo ogni plant, attraverso la relazione tra i diversi stabilimenti, riesce a ottenere il massimo rendimento in termini di efficacia ed efficienza sui diversi pilastri tecnici e manageriali.

Nel 2011 il plant di San Mauro, azienda produttrice di macchine movimento terra, ha aggiunto il mini escavatore (MINI EXCAVATORS) nel proprio portafoglio prodotti, il quale risulta, a oggi, il principale prodotto rappresentando circa metà delle vendite totali dello stabilimento. Essendo una macchina relativamente nuova, è necessario raffinare le analisi relative al rischio degli operatori presenti sulla linea, all'interno del loro ciclo di lavoro, poiché tale analisi è assente o non ottimizzata.

Questa tesi nasce con il fine di proporre un miglioramento continuo e arrivare a ottenere lo standard WCM "zero rischi e zero infortuni" sulla linea di produzione attraverso la risk assessment, e successiva applicazione delle contromisure atte, appunto, a ridurre il rischio e conseguenzialmente a godere anche di benefici economici.

In particolare lo scopo è quello di valutare, attraverso specifiche procedure, i possibili rischi presenti sull'intera linea di montaggio MINI EXCAVATORS, individuare delle contromisure tecniche o manageriali opportune e applicarle in modo da ridurre il danno o la probabilità di accadimento dell'evento esaminato.

La presente tesi è strutturata nel modo seguente: nel primo capitolo verrà descritto il Plant CASE Industrial di San Mauro Torinese soffermandosi sulle diverse linee di produzione presenti e, con particolare attenzione, sulla linea MINI EXCAVATORS analizzandone quindi anche tutte le varie postazioni di lavoro.

Nel secondo capitolo sarà analizzato sommariamente il documento di valutazione dei rischi (DVR) secondo il decreto legislativo 81 del 2008 (d.Lgs 81/08) che è il “testo unico trattante la salute e la sicurezza sul lavoro”.

Verrà poi analizzata la metodologia del World Class Manufacturing (WCM), partendo, brevemente, dalla sua nascita fino all'esposizione dei fondamenti su cui essa si basa. Successivamente, sarà approfondito il pilastro tecnico “Safety”.

Il terzo capitolo, prettamente teorico, ha lo scopo di illustrare i concetti di probabilità, danno e rischio e come questi parametri, legati tra loro, permettono di utilizzare un tool di lavoro

specifico per l'esecuzione della risk assessment, analisi obiettivo di questo lavoro di tesi, che lega 70 rischi specifici, a cui i lavoratori possono essere esposti, alla matrice dei rischi.

Il quarto capitolo rappresenta il cuore della tesi. Sarà presentato il "before", cioè l'analisi della situazione attuale del ciclo di lavoro eseguito sulle singole postazioni della linea; in seguito, si considereranno le contromisure tecniche possibili proposte, cioè le azioni robuste che, se applicate, andrebbero a ridurre il livello di rischio durante l'analisi "after".

In coda verrà presentato un applicativo, cioè un software su cui è possibile implementare i dati raccolti; questo avrà il vantaggio che i possibili rischi potranno essere condivisi tra i plant del gruppo come misura preventiva.

Infine, nell'ultimo capitolo, verranno esposti i benefici derivanti dal lavoro di tesi, le limitazioni che si sono presentate e i possibili sviluppi futuri che potrebbero portare benefici, in termini di sicurezza ai lavoratori presenti sulla linea, all'interno del plant.

2. CNH Industrial

Nel presente capitolo verrà descritto lo stabilimento di San Mauro facente parte dell'azienda CNH Industrial, poiché rappresenta il plant presso il quale è stata svolta l'attività di tirocinio extracurricolare e lavoro di tesi.

2.1 Stabilimento di San Mauro

Il plant, situato in strada Settimo 323 a San Mauro Torinese (TO), nasce nel 1986 e produce escavatori, cioè macchine appartenenti alla categoria "movimento terra", piccoli e grandi, sia gommati sia cingolati. La differenza principale tra gli escavatori è ovviamente il peso, quelli piccoli hanno una massa compresa tra le 1.7 e le 3.7 tonnellate invece i grandi dalle 12 alle 48 tonnellate [7].

Gli escavatori, come indicato nella UNI EN ISO 6165:2006, sono macchine destinate a eseguire principalmente operazioni di carico, trasporto, scavo, compattamento, spargimento di terra e altri materiali.

In base al tipo di mobilità e alla capacità di carico l'escavatore può essere:

- gommato: dotato di ruote pneumatiche; ha una buona velocità di spostamento, quindi una buona mobilità, ma una ridotta capacità di carico
- cingolato: dotato di cingoli; ha una capacità di carico molto elevata, ma una limitata mobilità.

Anche la nomenclatura di questi varia in funzione delle loro caratteristiche; si riportano nella tabella successiva i nomi delle macrocategorie (Gold, 1997).

Tabella 2.1: Suddivisione escavatori

HEAVY		MINI EXCAVATORS (MHEX)
Escavatori grandi		
CHEX	WHEX	Escavatori piccoli cingolati (gomma)
Cingolati (acciaio)	Gommati	

L'azienda ha un'area totale di 202.000 m², di cui solo 6.000 m² sono uffici e servizi vari, 56.000 m² costituiscono l'officina, 66.000 m² costituiscono i fabbricati coperti e i restanti 74.000 m² costituiscono le zone esterne.

Lo stabilimento è suddiviso in fabbricati denominati in ordine progressivo attraverso le lettere dell'alfabeto, dalla A alla N, come segue:

- fabbricato A: carpenteria
- fabbricato B: montaggio
- fabbricato C: uffici
- fabbricato D: collaudo
- fabbricato E: depositi
- fabbricato F: trattamento acque
- fabbricato G: portineria
- fabbricato H: pompe antincendio

- fabbricato I: locale compressore
- fabbricato L: locale cilindri
- fabbricato M: cabina gas metano
- fabbricato N: deposito bombole.

È possibile vedere la distribuzione dei vari fabbricati sull'intera area nella figura seguente:

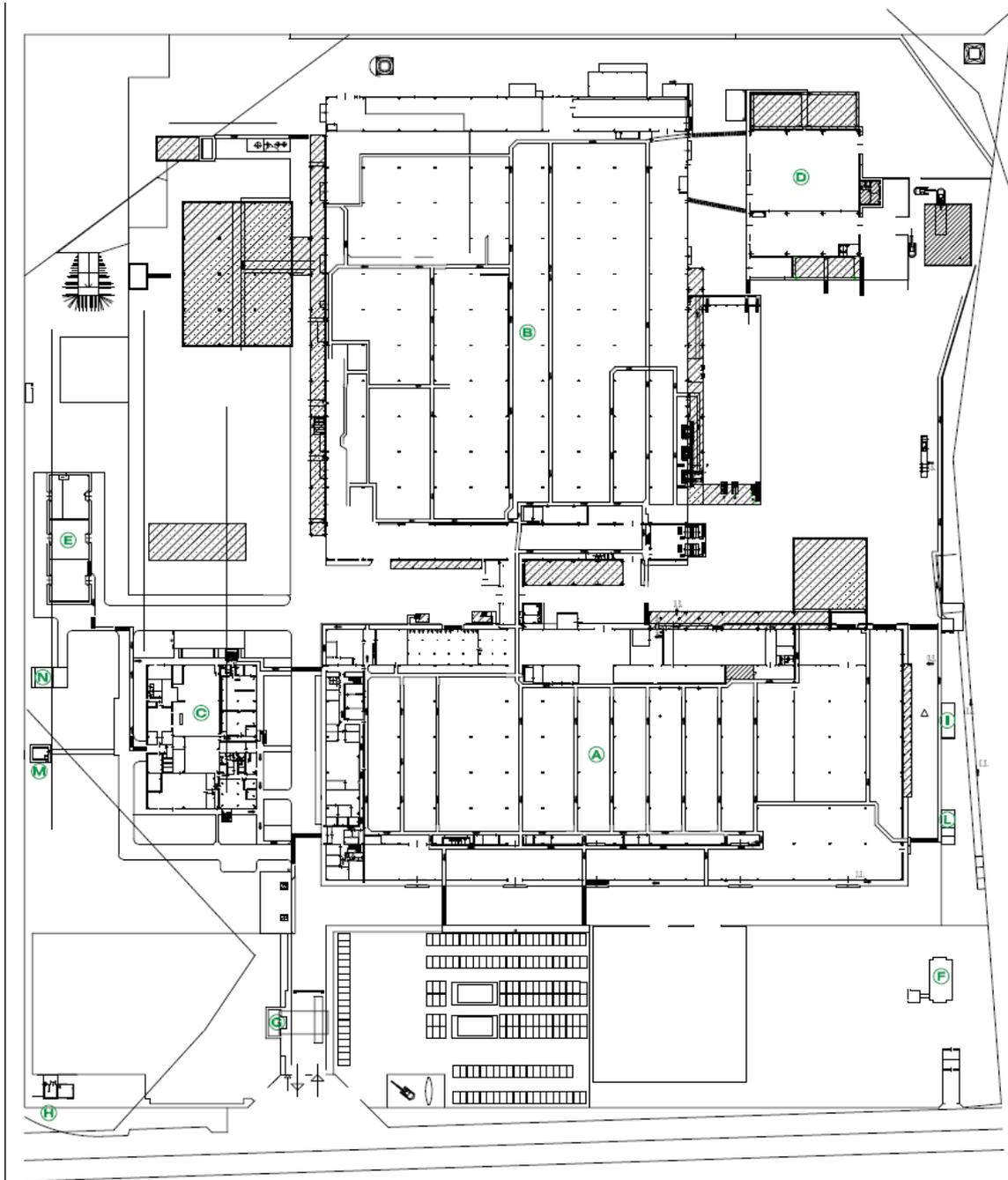


Figura 2.1: Layout stabilimento con evidenziati i fabbricati [1]

A loro volta questi sono divisi in aree che vanno a identificare con maggiore precisione le varie lavorazioni o attività svolte all'interno di ogni singolo fabbricato. Ciò è possibile vederlo meglio nella planimetria riportata nella figura seguente:



Figura 2.2: Planimetria aree di stabilimento [1]

Il lavoro di tesi si concentra sul fabbricato B e in particolare sull'area D (montaggio MINI EXCAVATORS) contornata dalla linea rossa.

2.2 MINI EXCAVATORS

Il lavoro di tesi è stato fatto su due modelli di mini escavatori: quello da 1.7 tonnellate e quello da 3.7 tonnellate, rispettivamente il più piccolo e il più grande, in quanto le così differenti dimensioni portano ad avere parti della macchina e i relativi supporti (bulky) completamente diversi tra loro e quindi con rischi anche dissimili.

La valutazione finale, riferita alla linea di produzione del mezzo, riporta però solo il caso peggiorativo tra i due.

Per comprendere le diverse postazioni presenti in linea si descrivono di seguito i principali elementi che costituiscono l'escavatore (figura 2.3) [3]:

- carro: è la struttura inferiore della macchina, dove sono posti gli organi che permettono il movimento dell'escavatore sul terreno e la pala.
- torretta: è invece la struttura superiore. Essa è collegata al telaio tramite la ralla che permette la rotazione di 360° infiniti rispetto alla base. Nella parte posteriore è agganciata la zavorra che consente di avere il giusto contrappeso per equilibrare lo sforzo esercitato dal braccio durante le fasi di lavoro. Inoltre, qui è installato anche il motore e la postazione di guida con tutti i comandi.
- braccio: questo è supportato dalla torretta ed è formato da due parti distinte. L'excavator boom, cioè il braccio di sollevamento e l'excavator arm, cioè il braccio di scavo, movimentato da pistoni idraulici. All'estremità dell'arm è montato l'utensile lavoratore come ad esempio la benna (montata da terzi).



Figura 2.3: Elementi principali costitutivi di un escavatore [4]

2.3 Descrizione della linea di lavoro: produzione MINI EXCAVATORS

La linea di montaggio, com'è riportato in figura 2.4, è divisa in 16 postazioni, se ci aggiungiamo anche i 12 sottogruppi arriviamo a un totale di 28 postazioni analizzate [1].

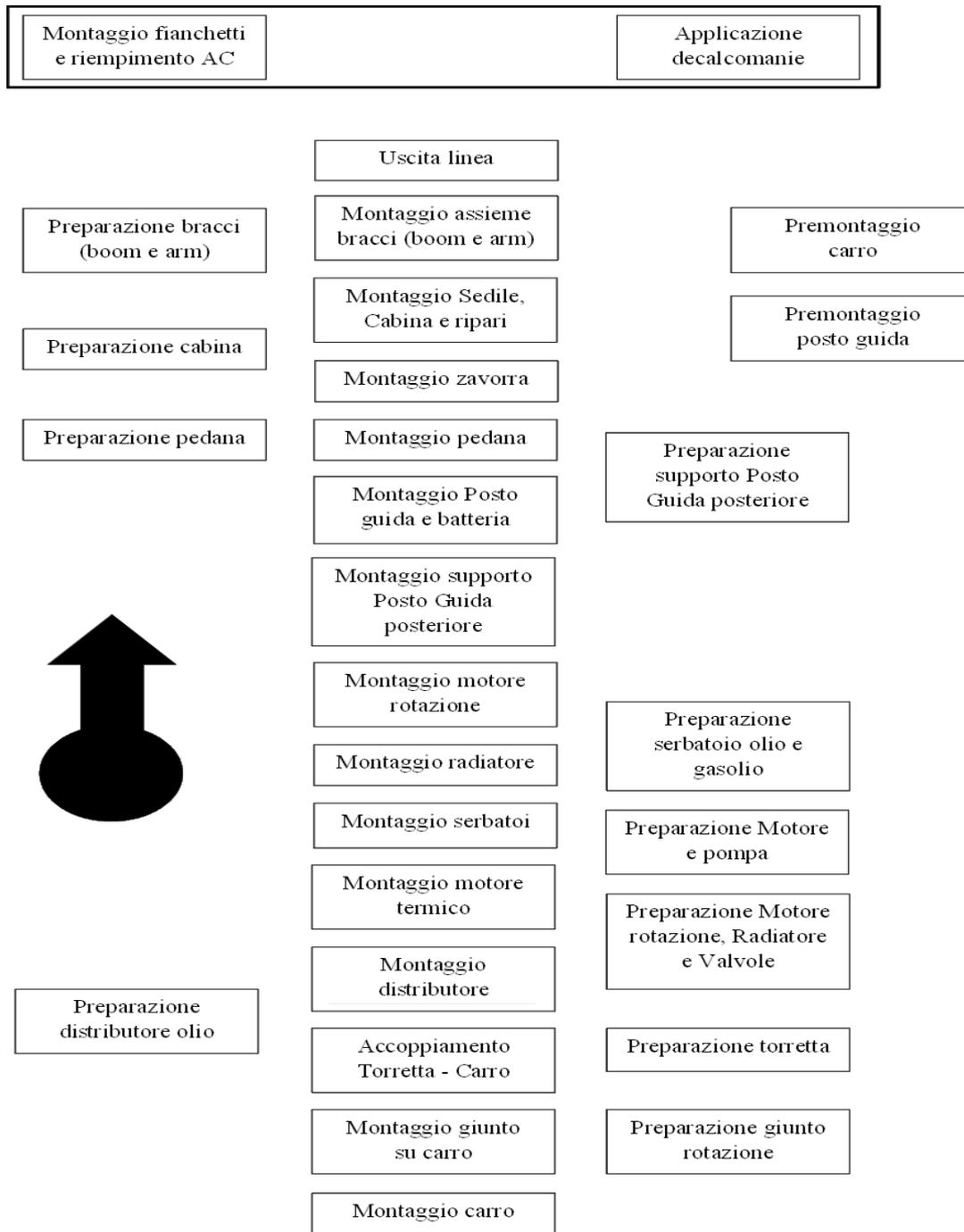


Figura 2.4: schema a blocchi linea MINI EXCAVATORS

In realtà le postazioni hanno una nomenclatura differente dalla semplice numerazione progressiva. Questo è stato fatto per identificare univocamente le date postazioni della linea e dei sottogruppi e distinguerle dalle altre postazioni, anche di processi differenti. Riporto prima le diverse postazioni della linea e poi dei sottogruppi con, tra parentesi, rispettivamente la nomenclatura reale della postazione e la nomenclatura data dall'ente safety.

- postazione 1: *montaggio carro*; come si vede nella figura seguente il carro è appoggiato, tramite carroponete (CP) a “testa in giù” rispetto alla posizione naturale, su una base comandabile in altezza al fine di agevolare gli operatori durante la lavorazione. In questa postazione, principalmente, sono fissati i motori di trasmissione, i rulli e montati i cingoli, dopo di che il carro è ribaltato e messo su un supporto (bulky) dotato di ruote che sarà spinto fino alla postazione 5.

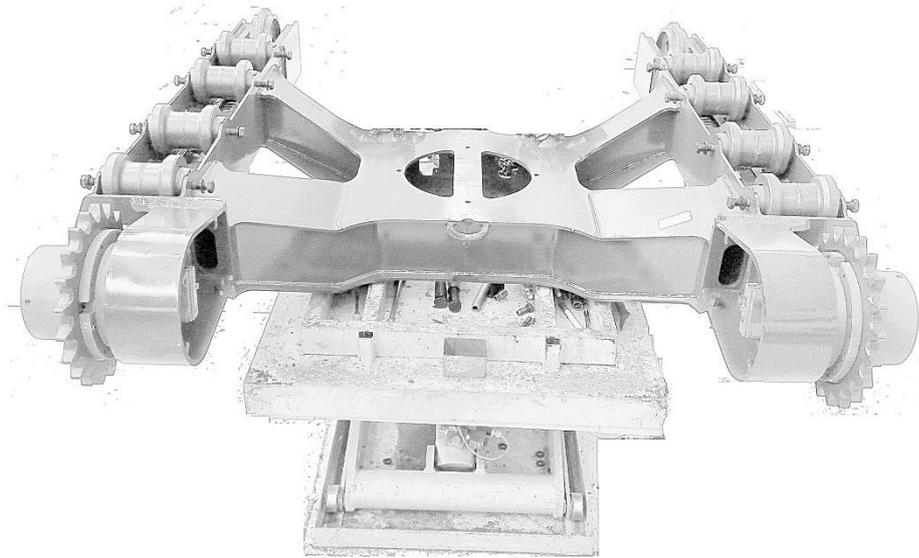


Figura 2.5: montaggio carro

- postazione 2: *montaggio giunto su carro*; viene montato il giunto cioè un dispositivo capace di rendere solidali tra loro due estremità (carro e torretta) in modo da assicurare la trasmissione del movimento. In questa postazione vengono montate anche le coperture dei motori di trasmissione, la pala anteriore e la ralla. In figura è mostrata la macchina con la pala e il giunto già fissati.

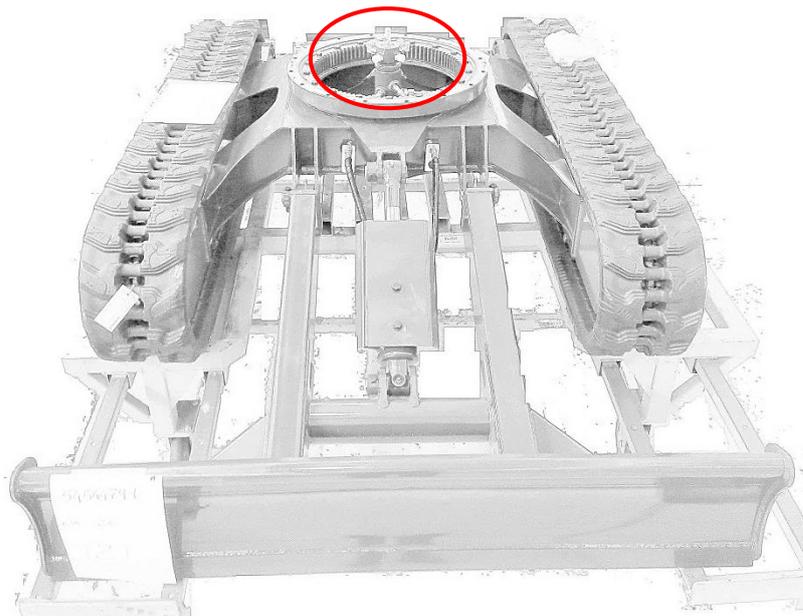


Figura 2.6: montaggio giunto su carro

- postazione 3: *accoppiamento torretta – carro*; il carro è spinto su una base anch'essa comandabile in altezza e poi tramite carroponte la torretta viene accoppiata a esso come si vede nella figura seguente.

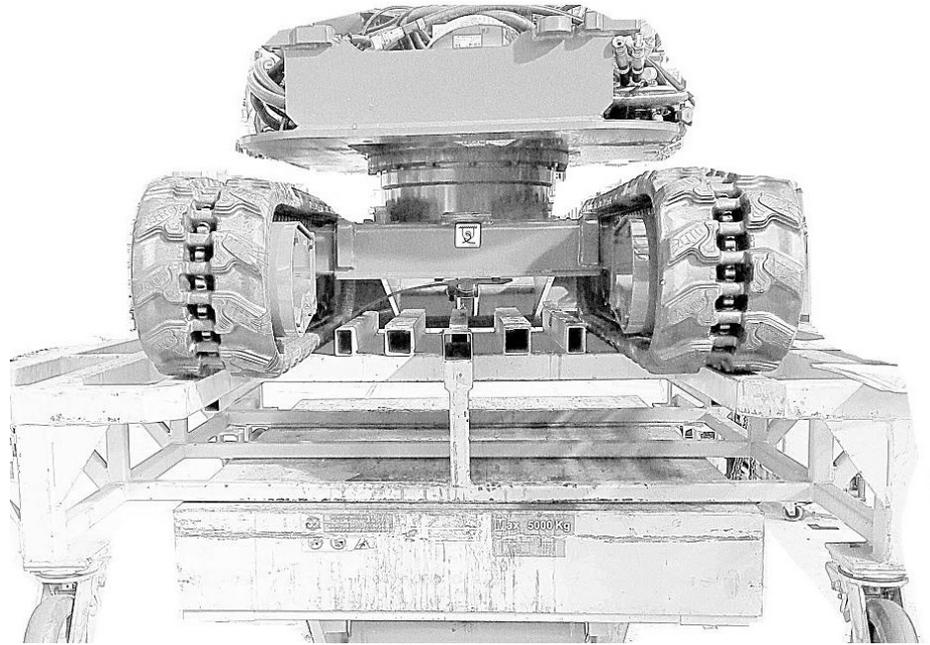


Figura 2.7: accoppiamento torretta - carro

- postazione 4: *preparazione torretta*; questa è ulteriormente divisa in tre postazioni (A, B e C messe una di seguito all'altra) che precedono cronologicamente la 3. In A la torretta viene equipaggiata dell'impianto elettrico principale, in B si procede alla stampigliatura della matricola e al montaggio di una valvola e infine in C si monta il cilindro di brandeggio e il relativo snodo anteriore cui, in 15, sarà attaccato il braccio.
- postazione 5: *montaggio distributore*; la macchina viene posizionata su una base gialla chiamata skeed che avanzerà autonomamente per tutta la linea a passo "pellegrino", nome che deriva dal movimento della catenaria; qui vengono fatti passare tutti i flessibili (flex) fissati al distributore ed esso viene montato sulla torretta. Questo è il cuore della macchina e serve a mandare l'olio nel giusto posto su tutta la macchina. Si vede nella figura presente nella pagina seguente il distributore già posto.

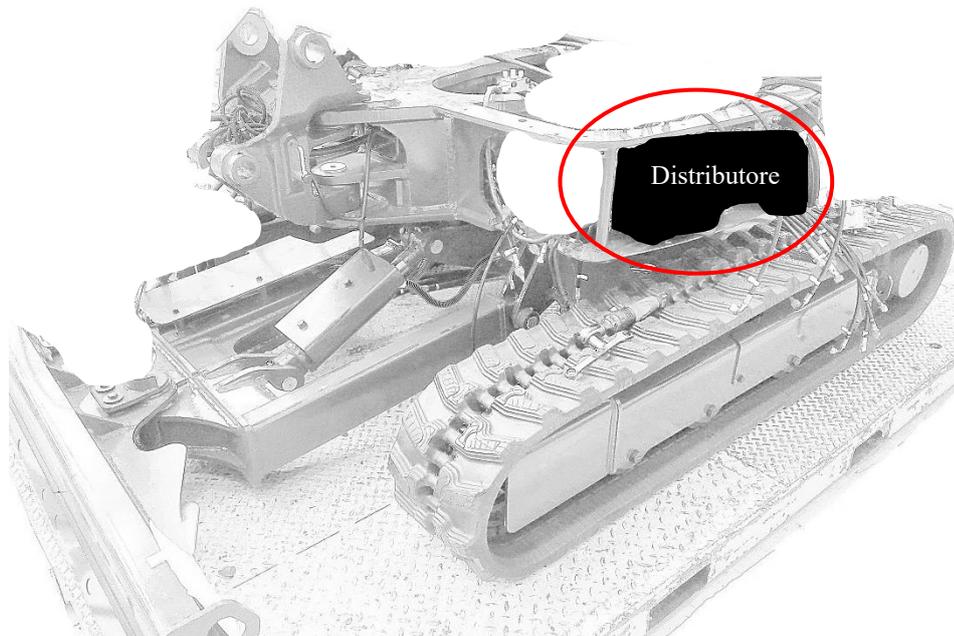


Figura 2.8: montaggio distributore

- postazione 6: *montaggio motore termico*; come si vede in figura questo è un classico motore diesel con una cilindrata massima pari a 1642 cm^3 che serve a far arrivare l'olio al distributore. È poi grazie all'olio in pressione che si riesce a movimentare la macchina.

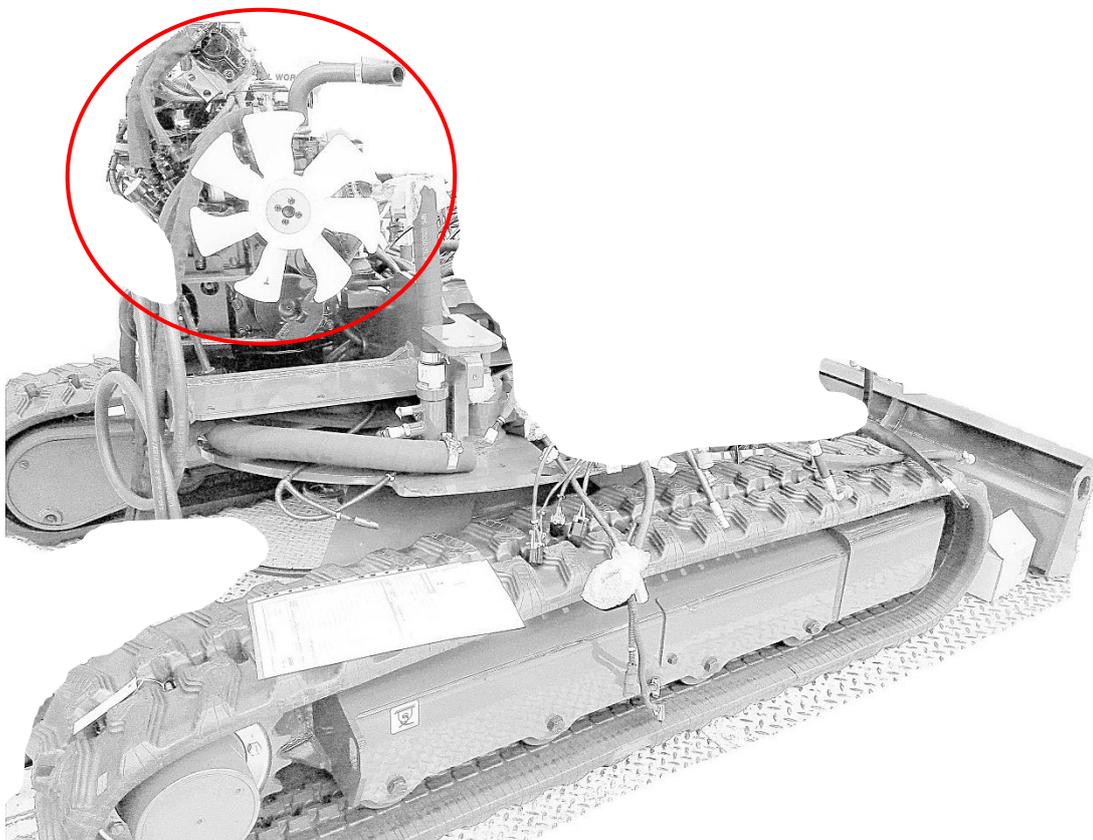


Figura 2.9: montaggio motore termico

- postazione 7: *montaggio serbatoi*; questi, come si vede nella figura successiva sono comunemente montati in coppia. Si ha il serbatoio del gasolio e quello dell'olio. La capacità di questi serbatoi, come per tutti gli altri componenti, varia in funzione della dimensione della macchina trattata.

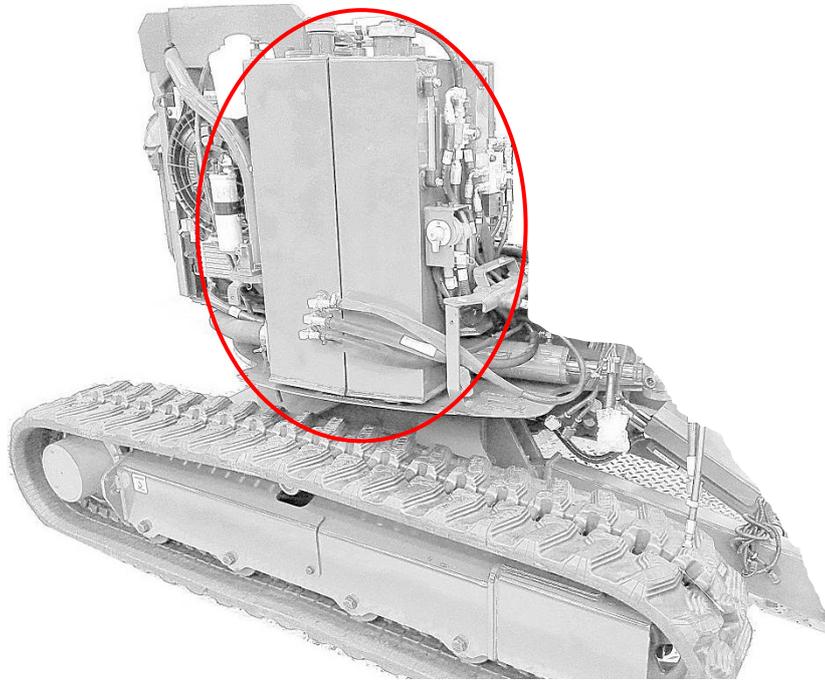


Figura 2.10: montaggio serbatoi

- postazione 8: *montaggio radiatore*; in questa postazione viene montato il radiatore utile per il raffreddamento del motore termico. Questo è posizionato nella parte posteriore della torretta tra il motore e i serbatoi. È possibile visualizzarlo nella figura qui di seguito.

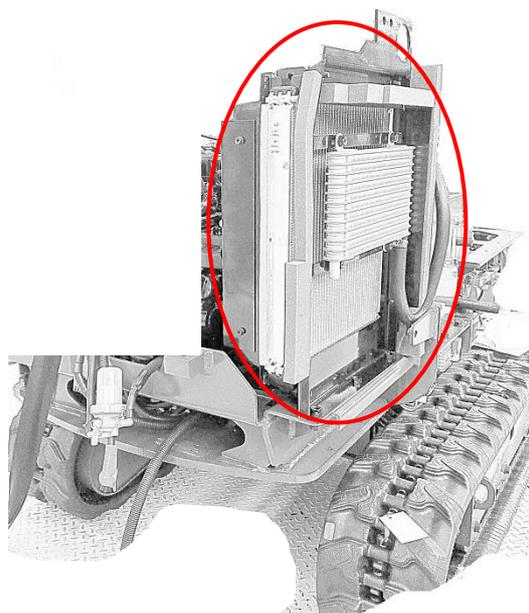


Figura 2.11: montaggio radiatore

- postazione 9: *montaggio motore di rotazione*; questo secondo motore, insieme ai relativi flessibili, è montato nella parte centrale della torretta, di fianco al distributore. Questo consente alla macchina di compiere delle rotazioni muovendo solo il corpo superiore lasciando fermo il carro. Per visionarlo montato sulla macchina si rimanda alla figura 2.12.
- postazione 10: *montaggio supporto posto guida posteriore*; in figura è possibile vedere il radiatore e il motore termico protetti da questo supporto, a cui è attaccato anche il filtro della marmitta. Questo funge anche da attacco per il posto guida.

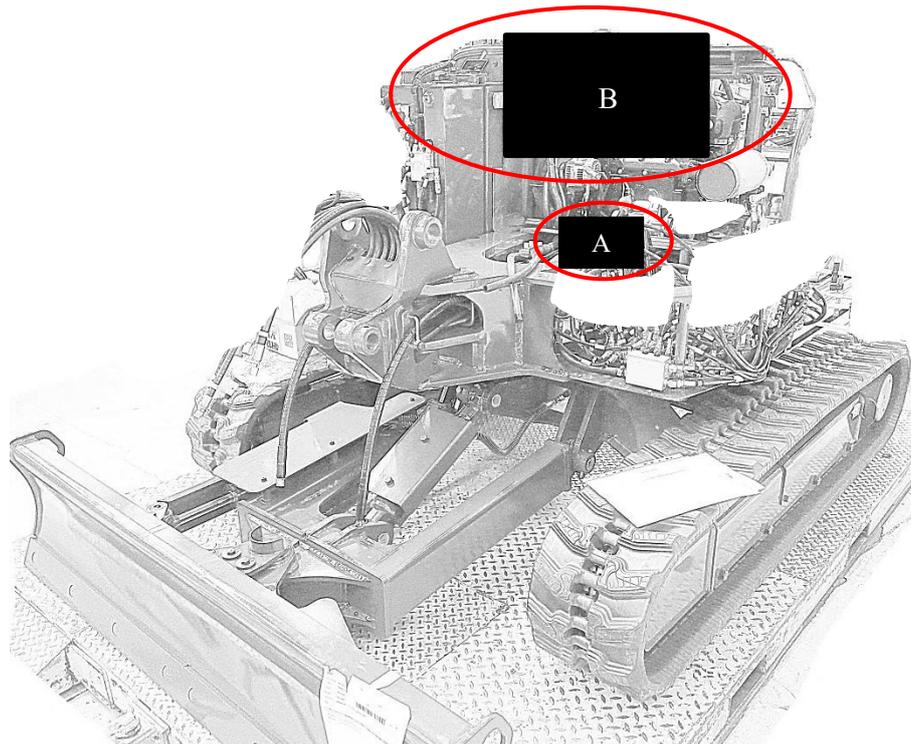


Figura 2.12: montaggio motore di rotazione (A) e supporto posto guida posteriore (B)

- postazione 11: *montaggio posto guida e batteria*; in questa postazione è montata la batteria che ha una capacità di 80 Ampere per ora (Ah) e un secondo operatore provvede al montaggio del posto di guida visionabile nella figura presente nella pagina successiva. Questo viene portato in posizione tramite carroponte e poi, una volta posizionati tutti i flessibili dei comandi, viene unito con dei bulloni. Il posto guida rappresenta la vera e propria plancia di comando da cui è possibile comandare ogni parte della macchina.

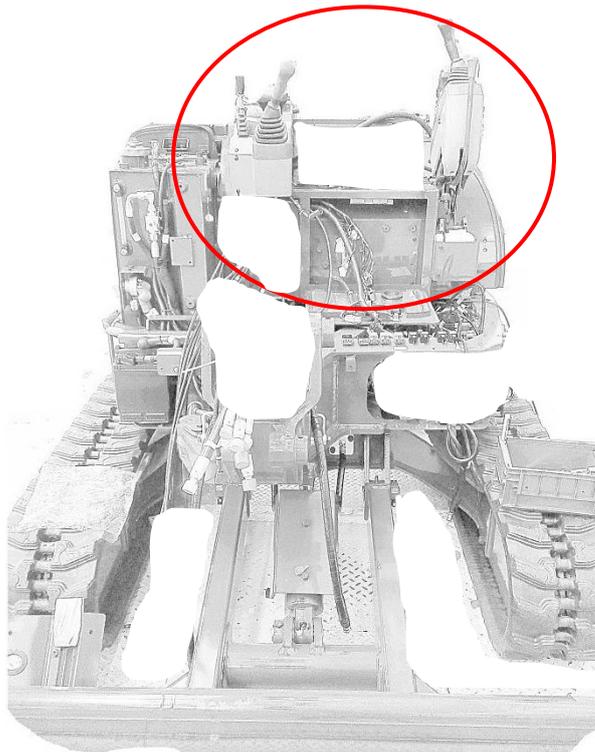


Figura 2.13: montaggio posto guida e batteria

- postazione 12: *montaggio pedana*; questa corrisponde, a grandi linee, all'acceleratore e al freno di una normale autovettura con la differenza che l'avanzamento dell'escavatore può essere comandato sia con i piedi sia con le mani. La pedana, inoltre, può comandare anche solo un cingolo per volta assicurando così un piccolo angolo di sterzo. Nella figura successiva è possibile vedere le aste e i pedali della pedana ricoperti dalla plastica di cortesia che sarà poi rimossa dal cliente.

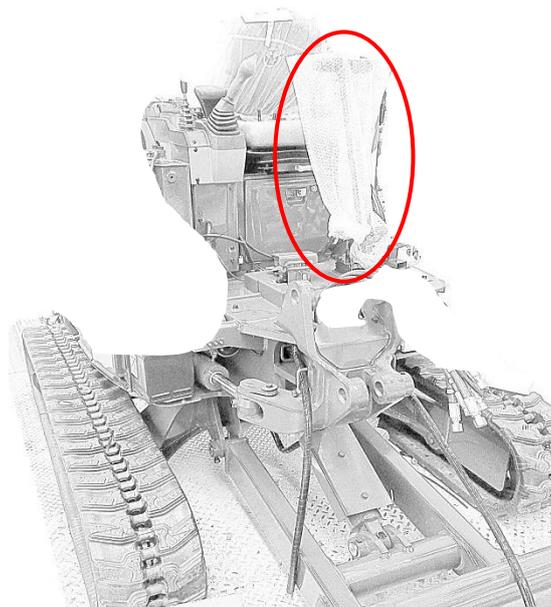


Figura 2.14: montaggio pedana

- postazione 13: *montaggio zavorra*; per controbilanciare i pesi sollevati dall'utensile lavoratore attaccato al braccio, si utilizza una zavorra attaccata alla parte posteriore della torretta. Questa può essere singola o può esserci anche una zavorra addizionale, com'è possibile vedere nella figura seguente, per le macchine più grandi.

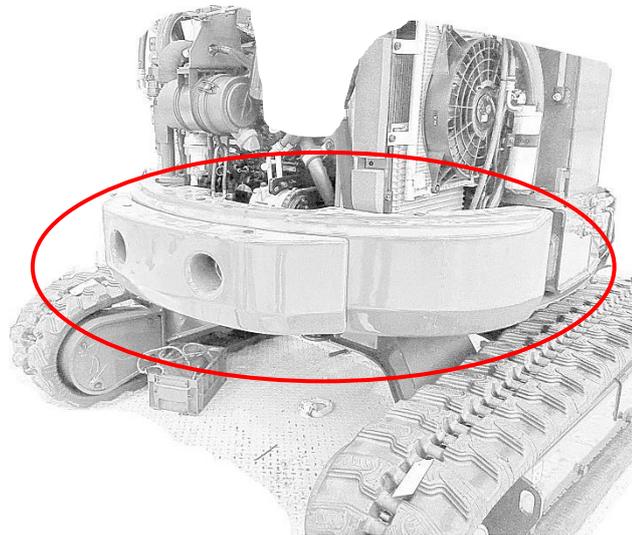


Figura 2.15: montaggio zavorra

- postazione 14: *montaggio sedile, cabina e ripari*; come si vede dalla figura, questa è la postazione in cui la macchina viene completata a livello della torretta. Qui è posizionato e fissato il sedile sul posto guida, viene montata la cabina che può essere chiusa o aperta in funzione del tipo di macchina e degli optional che si vogliono aggiungere (ad esempio l'aria condizionata viene installata, ovviamente, su macchine con la cabina chiusa). Infine, sono montati i ripari che vanno a rifinire la struttura interna.

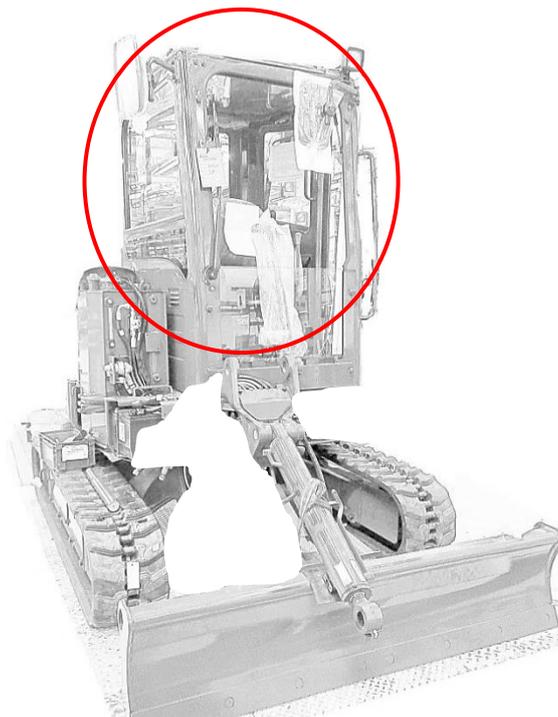


Figura 2.16: montaggio sedile, cabina e ripari

- postazione 15: *montaggio braccio*; questo viene issato tramite carroponete e posizionato sullo snodo. Una volta che è stato agganciato a esso e al pistone idraulico si passa al fissaggio dei vari flessibili. In questa postazione vengono poi fatti tutti i riempimenti necessari quali: diesel, olio, olio motore, paraflù (liquido refrigerante) e liquido lavavetri. Nella figura successiva è possibile vedere il braccio montato alla macchina.

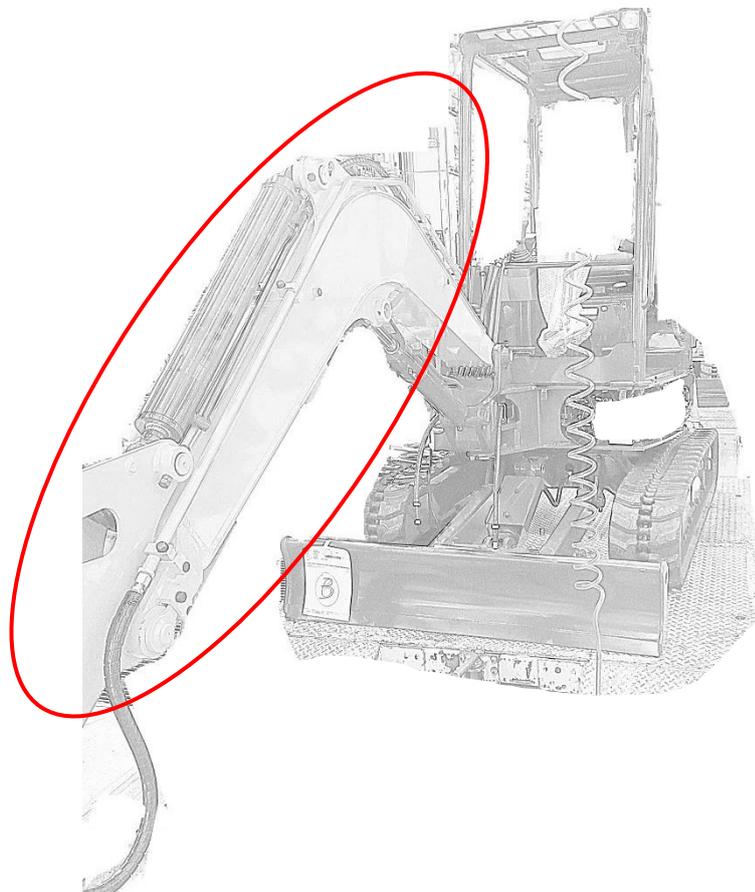


Figura 2.17: montaggio braccio

- postazione 16: *uscita linea*; una volta che la macchina arriva in quest'ultima postazione un operatore fa la prima accensione e verifica che tutto funzioni correttamente. In caso di guasto si apporta sulla macchina un foglio di avvertimento ed essa è mandata a un operatore specializzato che provvederà a sistemarla. Infine, la macchina viene fatta scendere dallo skeed e movimentata fino a una zona di stazionamento provvisorio.
- postazione 17: *preparazione giunto di rotazione*; questa fase che precede cronologicamente la 2 vede l'operatore intento al montaggio dei raccordi, per i flessibili, al giunto di rotazione. Come si può vedere nella figura seguente la postazione ha una dimensione contenuta e l'operatore può lavorare comodamente seduto.

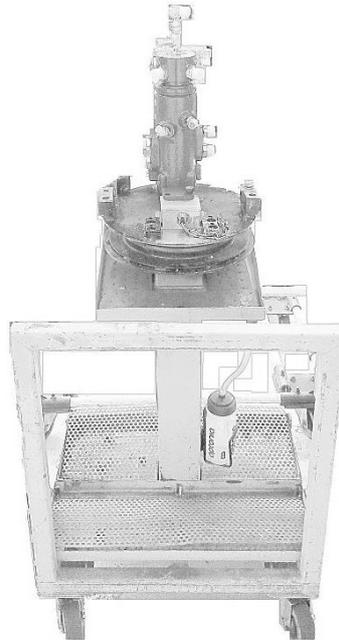


Figura 2.18: preparazione giunto di rotazione

- postazione 18: *preparazione motore di rotazione, radiatore e valvole*; queste nella pratica sono tre postazioni completamente differenti. La prima (A) vede la preparazione del motore di rotazione cioè del motore che consente alla macchina di ruotare su se stessa. La seconda (B) vede la preparazione del radiatore, con il montaggio della ventola di raffreddamento e degli eventuali flessibili a esso collegati. Infine, la terza postazione (C) vede la preparazione, attraverso il montaggio di raccordi e flessibili, delle varie valvole utilizzate su tutta la macchina. Nelle figure successive possono essere viste le tre postazioni descritte.

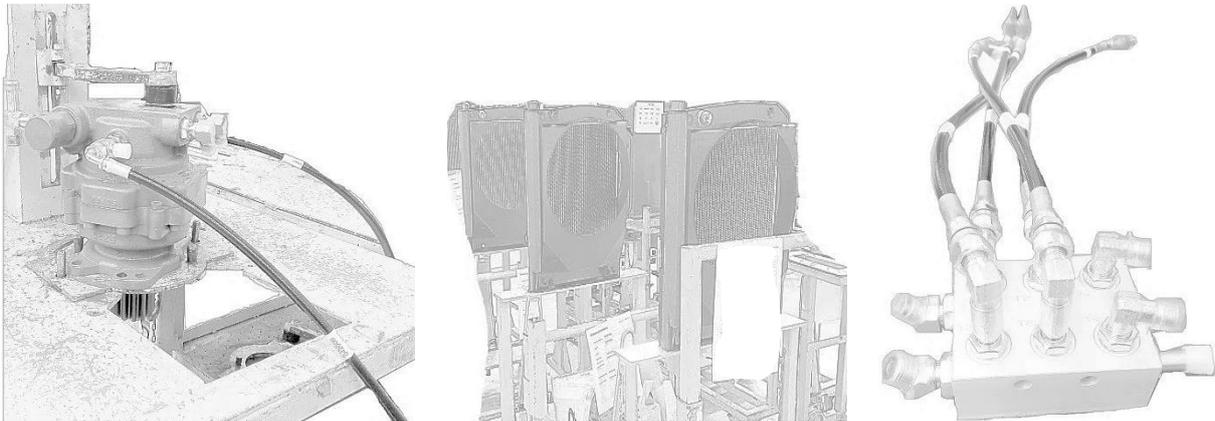


Figura 2.19, 2.20 e 2.21: a partire da sinistra preparazione motore di rotazione, radiatore e valvole

- postazione 19: *preparazione motore e pompa*; qui viene assemblata la pompa al motore termico e sono messi tutti i raccordi necessari. Nella figura successiva viene mostrato il motore diesel nel suo complessivo montato sul bulky. Il motore preparato sarà poi montato successivamente in 6.

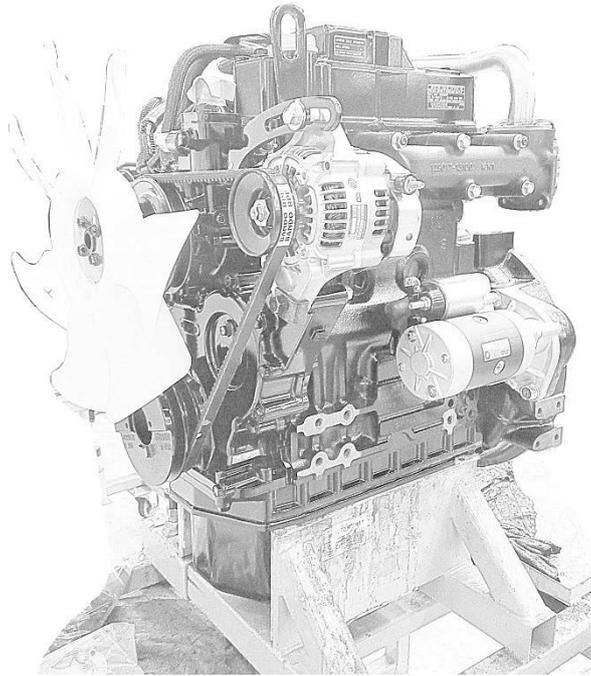


Figura 2.22: preparazione motore termico e pompa

- postazione 20: *preparazione serbatoio olio e gasolio*; in questa postazione sono preparati i due serbatoi attaccandoci i livelli visivi, avvitandoci i tappi e montando staffe e flessibili. Nella figura seguente è possibile vederli già pronti per l'installazione.

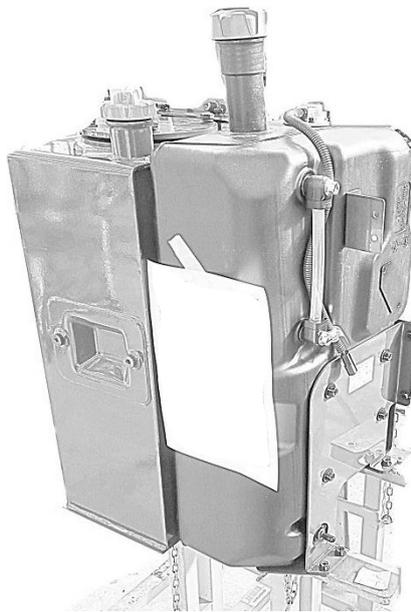


Figura 2.23: preparazione serbatoio olio e gasolio

- postazione 21: *preparazione distributore olio*; questa è forse la postazione più importante di tutta la linea in quanto il distributore come già detto è il particolare che invia olio idraulico a ogni particolare. Anche questa è divisa in due parti, la prima vede l'operatore intento al montaggio dei raccordi e la seconda al montaggio dei flessibili. Nella figura seguente è possibile vedere le varie fasi di preparazione del distributore.

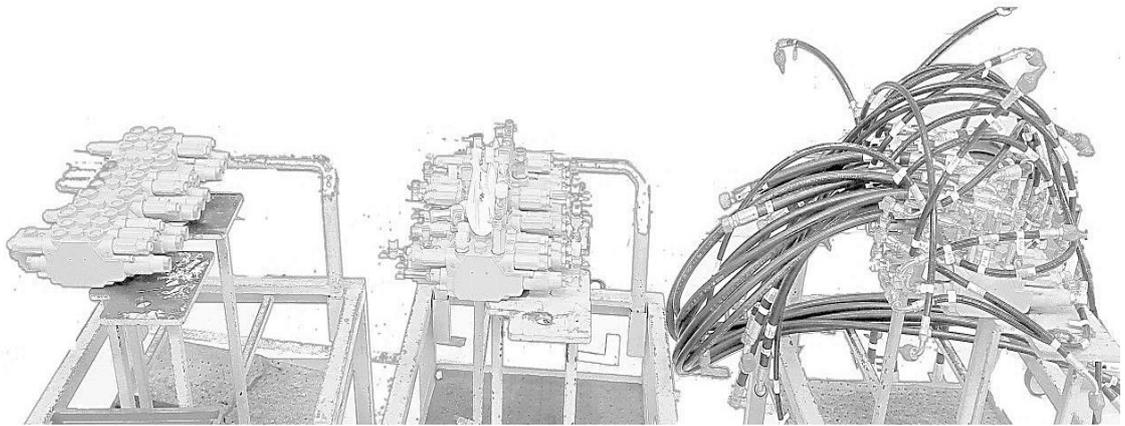


Figura 2.24: preparazione distributore olio nelle varie fasi di montaggio

- postazione 22: *preparazione supporto posto guida posteriore*; qui viene premontato il supporto posteriore visibile nella figura seguente, dove il posto guida si aggancia. Questo funge anche da protezione per motore e radiatore, inoltre, a esso è fissato anche il filtro della marmitta.

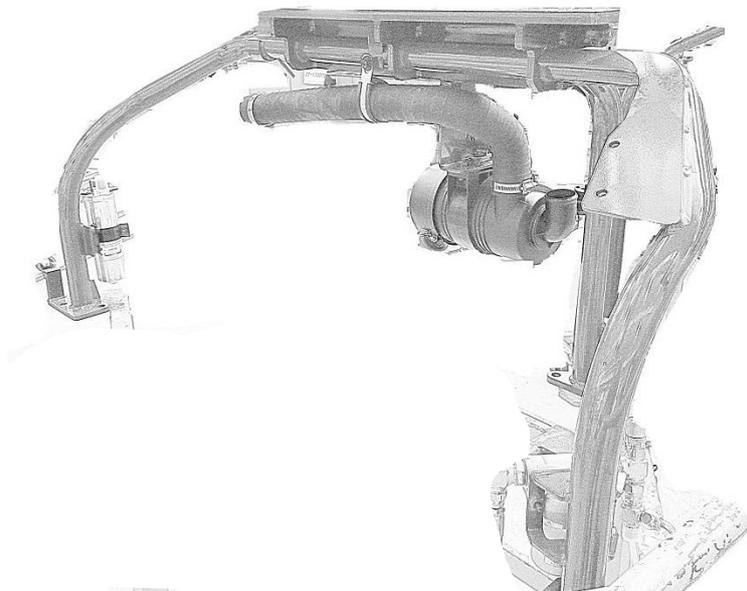


Figura 2.25: preparazione supporto posto guida posteriore

- postazione 23: *preparazione pedana*; in suddetta postazione si avvitano i flessibili alla pedana vista in figura 2.14 che servirà per la movimentazione dell'escavatore.
- postazione 24: *preparazione cabina*; questa precede la postazione 14, qui si monta la radio (se richiesta) e gli specchietti retrovisori. Si completa il tutto con i vetri (se la cabina è chiusa) e il lampeggiante. Questa è sistemata su un bulky come si vede in figura. Per fissarla alla macchina essa sarà prelevata tramite apposito attrezzo di sollevamento con il carroponte e portata in posizione.

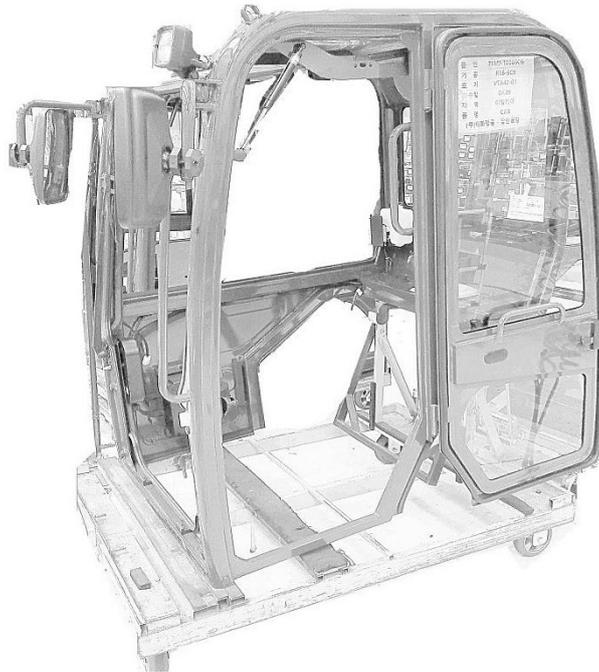


Figura 2.26: preparazione cabina

- postazione 25: *preparazione bracci*; questa postazione è divisa in tre parti. Una che assembla l'arm, una che assembla il boom e una che unisce le due parti (visibili nella figura seguente) per ottenere il braccio finale. Qui sono montate le valvole necessarie, il pistone con le varie coperture (se richieste) e la luce di servizio.

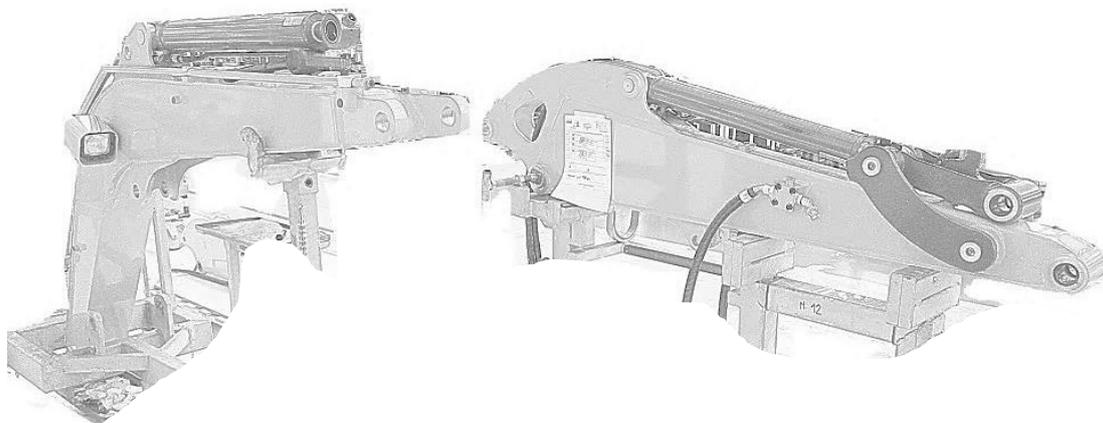


Figura 2.27: preparazione bracci

- postazione 26: *preparazione posto guida*; questa precede la postazione 11 ed è anch'essa divisa in due postazioni differenti. La prima prevede l'avvitamento dei flessibili ai joystick e la seconda prevede la vera e propria preparazione del posto guida. Quindi si vanno a inserire i poggia-gomiti, l'accendisigari, i vari interruttori per le luci e le manopole. In figura è possibile vedere il posto guida completo.

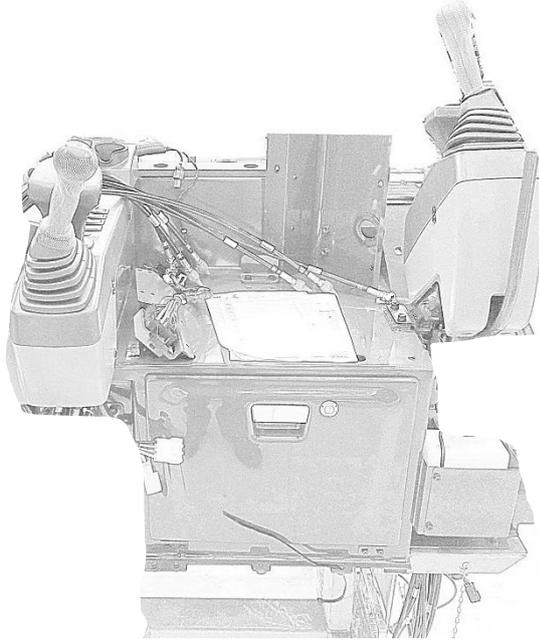


Figura 2.28: preparazione posto guida

- postazione 27: *preparazione carro*; questa cronologicamente è la prima postazione, anche prima di 1. Questa vede, con il carro posizionato sottosopra, l'imboccolamento dei rulli a mano e il posizionamento su bulky di alcune parti di esso (per le macchine più piccole) come si vede nella figura successiva.

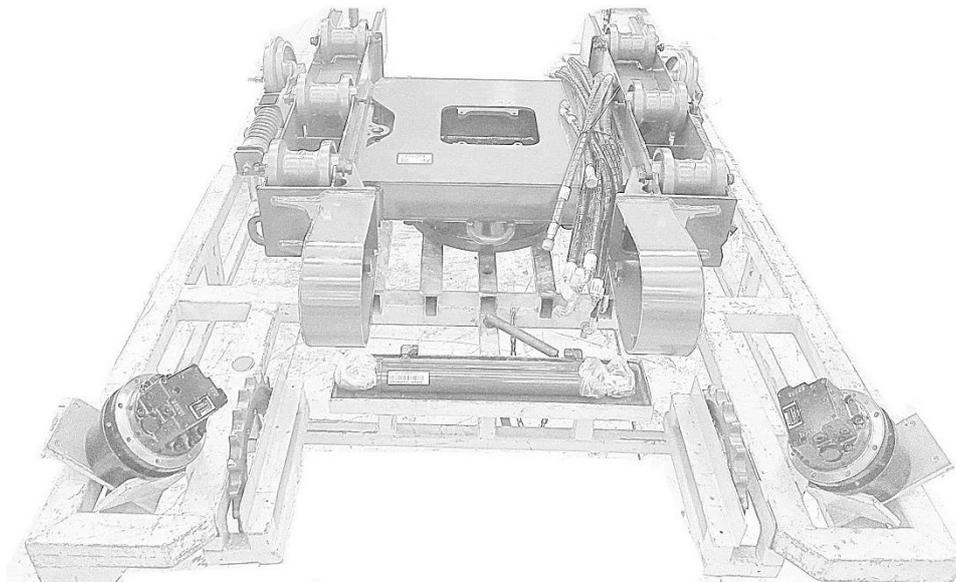


Figura 2.29: preparazione carro

- postazione 28: *montaggio fianchetti, riempimento dell'aria condizionata e applicazione decalcomanie e adesivi*; questa è l'ultima postazione di rifinitura dell'escavatore. Sono montati i fianchetti, quindi le protezioni laterali che vanno a ricoprire il motore, il distributore e tutte le componenti meccaniche ed elettriche interne. Poi è caricata, se presente, l'aria condizionata (AC) e infine vengono applicati tutti gli adesivi di avvertimento e il logo "CASE" riportato in figura 2.31. Nella figura seguente si vede un esempio di escavatore finito e pronto per il collaudo funzionale.



Figura 2.30: escavatore finito e pronto per il collaudo funzionale [15]



Figura 2.31: logo CASE [7]

In ogni postazione è possibile trovare un numero di addetti che va da uno a quattro e in totale sulla linea sono circa sessanta. Ogni operatore, inoltre, esegue il ciclo di lavoro in un tempo massimo di circa 30 minuti.

3. Documento di valutazione dei rischi e World Class Manufacturing

In questo capitolo sarà brevemente analizzato il DVR, il decreto legislativo 81/08 e il WCM. Verrà posto l'accento sulle figure interessate a tali documenti e come essi possono essere un valido strumento di aiuto per la prevenzione e l'attenuazione dei rischi presenti in un'azienda.

3.1 DVR e decreto legislativo 81/08

Alla base del decreto 81 c'era la legge 626 del 1994 che fu introdotta per recepire tutte le normative europee per quanto riguardava la salute e la sicurezza dei lavoratori. Proprio grazie a essa venne introdotta la figura dell'RSPP e dell'RLS, inoltre anche il datore di lavoro diventa responsabile per il miglioramento della sicurezza sul luogo di lavoro ed è obbligato a redigere il documento di valutazione dei rischi (DVR). Il 30 Aprile del 2008 arrivò poi sulla gazzetta ufficiale il decreto legislativo 81 ovvero il "Testo unico per la sicurezza del lavoro" che è un documento complesso e corposo, costituito infatti da più di mille pagine, che tratta la tutela dei lavoratori e la loro sicurezza sul luogo di lavoro (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, 2019).

Questo è un provvedimento normativo che è stato rilasciato al fine di riassumere e riordinare all'interno di un unico testo, un po' come già faceva la legge 626 a livello europeo, tutte le norme in materia, appunto, di salute e sicurezza.

Tale documento sancisce in che modo l'azienda debba prendere i dovuti accorgimenti e i più opportuni provvedimenti per la prevenzione dei rischi. Enuncia, anche, come questi debbano essere valutati e le migliorie che bisogna adottare per perfezionare le condizioni all'interno dell'organo aziendale. Il DVR dev'essere periodicamente aggiornato e deve riportare oltre che all'organigramma aziendale, anche l'avvenuta valutazione dei rischi presenti all'interno dell'azienda e attesta che sono state fatte delle proposte per un piano di miglioramento.

In CASE Industrial sono stati valutati 40 rischi che saranno elencati nel capitolo successivo.

Tale documento è firmato dalle seguenti figure che il decreto descrive in questi termini [5]:

- datore di lavoro (DdL): il d.Lgs 81/08 lo rileva come la persona incaricata a individuare tutti i probabili fattori di rischio presenti nella propria azienda. Ha, inoltre, l'obbligo di tutelare i lavoratori; i suoi doveri sono riportati nel decreto all'articolo 18;
- RSPP: è la figura strettamente nominata dal datore di lavoro (art. 17) e che deve possedere capacità e requisiti adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro, affinché possa assumersi e dimostrare di avere quelle responsabilità che gli permettono di organizzarsi e gestire tutto il sistema appartenente alla prevenzione e alla protezione dei rischi;
- medico competente (MC): tale figura gioca un ruolo fondamentale affinché il servizio stesso risulti efficace e funzionale. L'MC interviene direttamente nell'attuazione del servizio di prevenzione, al fianco del datore di lavoro e dell'RSPP. Se infatti una volta il Medico Competente si limitava alla valutazione fisico sanitaria del lavoratore, ora è invece coinvolto fin dall'inizio del processo di prevenzione interno aziendale valutando in prima persona i cicli di lavoro di ogni operatore. Elabora in collaborazione con il datore di lavoro il DVR, lo rivede periodicamente apportando suggerimenti e migliorie, effettua un sopralluogo sugli ambienti di lavoro

e partecipa in maniera proattiva alla riunione periodica sulla sicurezza indetta ai sensi dell'articolo 35 del d.Lgs 81/08 una volta all'anno.

Le figure ulteriormente interessate da tale documento sono [5]:

- rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS): è la persona eletta o designata per rappresentare i lavoratori per quanto concerne gli aspetti della salute e della sicurezza durante il lavoro. Le novità introdotte dal d.Lgs 81/08, rispetto alla legge 626, hanno permesso di stabilire che all'interno di tutte le aziende si deve garantire la presenza di un RLS, al quale va garantita dal datore di lavoro, la formazione necessaria per gestire i rapporti con i lavoratori per questioni che riguardano la salute e sicurezza sul lavoro. Il rappresentante è eletto dai lavoratori, con diverse modalità, a seconda del numero di dipendenti occupati nell'azienda e da quanto previsto nella contrattazione collettiva. Nel caso specifico, dato che l'azienda presenta più di 200 lavoratori, gli RLS necessari sono tre;
- lavoratore: è il protagonista principale del DVR. Il d.Lgs 81/08 all'articolo 2 definisce il lavoratore come: persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione, esclusi gli addetti ai servizi domestici e familiari. È a loro che è rivolto suddetto documento in quanto è necessario per garantirgli lo svolgimento dell'attività lavorativa in un completo stato di sicurezza.

3.2 *World Class Manufacturing*

In questa sezione verrà spiegata la metodologia World Class Manufacturing (WCM), partendo dalla sua nascita per poi passare successivamente alla cultura e alla mission di questo sistema di gestione. Nell'ultimo paragrafo verrà fatto un approfondimento sul pilastro tecnico Safety.

3.2.1 *Le origini del WCM*

Nell'epoca attuale, e in particolar modo dopo la rivoluzione industriale, a livello produttivo, non è più possibile competere solo sull'efficienza e sul prodotto in se ma bisogna considerare anche le preferenze del cliente ed essere flessibili ai cambiamenti per soddisfare qualunque richiesta: questa è l'industria 4.0.

Verso la fine degli anni '80 si sono consolidate diverse teorie per il raggiungimento dell'eccellenza manifatturiera; tra queste, ancora in uso tutt'oggi, troviamo (Sin Hoon Hum, 1991):

- value-added manufacturing: "ciò che non dà valore aggiunto al prodotto o al cliente non dev'essere fatto";
- continuous improvement manufacturing: "migliorare continuamente l'attività di produzione";
- Just in Time (JIT)/Total Quality control: "instaurare un processo di controllo che conduca all'automazione completa del sistema di produzione".

Tutte queste teorie confluirono poi nel World Class Manufacturing, tale termine fu coniato nel 1986 da Richard J. Schonberger per identificare appunto: "un modello che si basa su un miglioramento rapido e continuo nella qualità, nei costi e nella flessibilità che permette alle aziende di competere a livello globale" (Schonberger, 1986).

Nel 2005 il concetto di WCM arrivò in Italia e fu la Fiat Group Automobiles (oggi FCA, Fiat Chrysler Automobiles), a implementare presso i suoi stabilimenti il programma WCM con l'aiuto del professor Hajime Yamashina, cioè chi nel XX secolo introdusse tale metodologia nelle aziende giapponesi (Cipriani, 2015).

FCA definisce il concetto di World Class Manufacturing come segue (FCA, 2005): “il WCM è una metodologia di produzione strutturata, rigorosa e integrata che coinvolge l'organizzazione nel suo complesso, dalla sicurezza all'ambiente, dalla manutenzione alla logistica e alla qualità. Obiettivo primario del sistema WCM è migliorare continuamente tutte le performance produttive al fine di garantire la qualità del prodotto e soddisfare le attese del cliente”.

3.2.2 Cultura e Mission del WCM

Il WCM, a differenza di tutte le altre metodologie, divide gli aspetti tecnici e manageriali che permettono all'azienda di arrivare a ottenere lo "Zero Ottimale", target del WCM. Tra gli obiettivi principali troviamo [2]:

- Zero incidenti
- Zero difetti
- Zero ritardi
- Zero stoccaggi
- Zero rotture
- Zero sostituzioni
- Zero sprechi.

Questi aspetti tecnici e manageriali vanno a costituire il cosiddetto tempio del WCM che è possibile vedere nella figura seguente, le cui colonne sono rappresentate da pilastri tecnici e le basi da pilastri manageriali (Palucha, 2012).

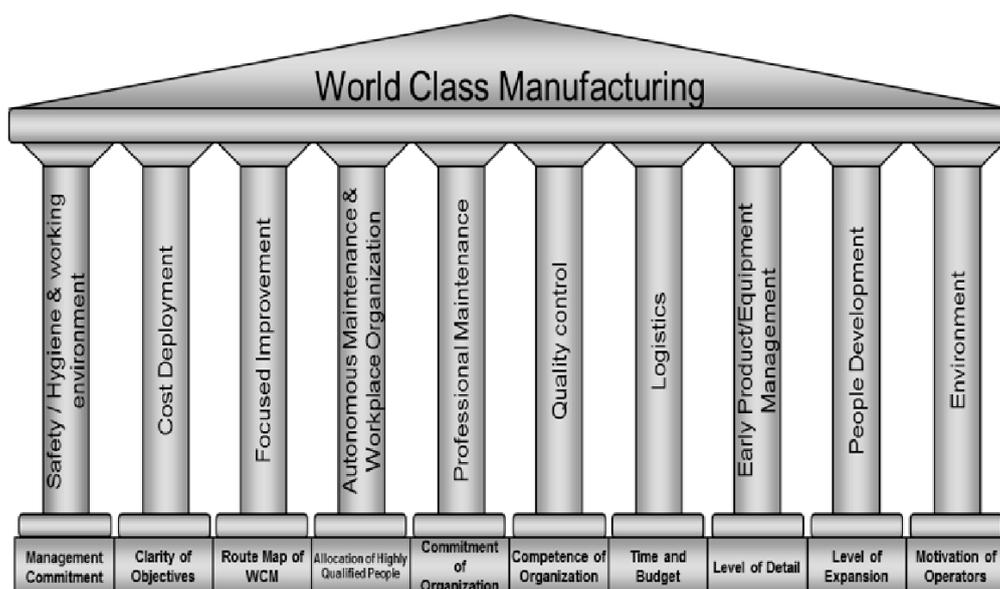


Figura 3.1: tempio del WCM (Ketter, 2007)

Tra i pilastri tecnici troviamo:

- Safety, Hygiene & working environment
- Cost Deployment
- Focused Improvement
- Autonomous Maintenance & Workplace Organization
- Professional Maintenance
- Quality control
- Logistics
- Early Product/Equipment Management
- People Development
- Environment.

Invece tra i pilastri manageriali troviamo rispettivamente alle colonne:

- Management Commitment
- Clarity of Objective
- Route Map of WCM
- Allocation of Highly Qualified People
- Commitment of Organization
- Competence of Organization
- Time and Budget
- Level of Detail
- Level of Expansion
- Motivation of Operators.

Questi seguono un percorso strutturato in step per il raggiungimento dell'eccellenza organizzativa che sono sette [1]:

1. Analisi della sicurezza (analisi delle cause)
2. Contromisure possibili (in tutte le aree simili)
3. Tentativo di standardizzazione per la sicurezza (RISK ASSESSMENT)
4. Verifica per incrementare lo standard di sicurezza (TWTP: the way to teach people)
5. Attività eseguite autonomamente in sicurezza (contromisure predittive)
6. Autonomia degli standard di sicurezza
7. Completa implementazione e safety management

I primi cinque steps sono le possibili contromisure manageriali, invece le ultime due sono le misure che devono essere prese dal team di lavoro.

Questi steps possono essere raggruppati in tre fasi:

- Reattiva (1 e 2): viene individuato il problema e di conseguenza messe in pratica le azioni correttive per ridurre gli effetti negativi.
- Preventiva (3, 4 e 5): si studiano i processi e i relativi problemi per identificare le cause e rimuoverle, in modo da poter potenziare il processo; nel quinto step inizia l'autonomia dell'attività eseguita in sicurezza.
- Proattiva (6 e 7): è studiato il processo e le sue possibili problematiche, in modo da riuscire a prevenirle, e migliorare il processo e gli standard di lavoro.

Per ogni "azione" si valutano in generale due parametri che vanno a costituire le "due dimensioni" utili per capire quanto lavoro è già stato fatto sullo stabilimento in esame per arrivare al target "Zero Ottimale" e per capire quanto è stato analizzato, in ogni area in funzione dei vari steps sopracitati. Tali parametri sono rispettivamente "espansione" e "profondità". Nelle figure successive è possibile vedere i livelli di profondità e l'espansione sulle varie aree (Rai Technology university, 2004).



Figura 3.2: livello di profondità



Figura 3.3: livello di espansione

Per quanto riguarda l'espansione o estensione si parte sempre da una Model Area (MA), cioè l'operazione o la stazione che rappresenta la maggiore perdita del processo produttivo e che occorre subito "aggredire" attraverso delle contromisure che portino a un abbattimento del rischio, dal punto di vista della sicurezza, ma più in generale delle perdite. I progetti di miglioramento che si realizzano nella Model Area si trasmettono successivamente alle altre aree, mentre sull'area modello si lavora con progetti via via sempre più complessi. Quando si sarà andati abbastanza in profondità nella MA bisognerà fare una giusta espansione e il risultato finale porta ad avere la MA con i livelli più bassi di perdite (Yamashina, 1995).

In coda al capitolo si vuole accennare al fatto che il WCM è un sistema che permette non solo di ridurre le perdite ma consente anche di avere un confronto con gli altri stabilimenti. Per verificare il raggiungimento dei vari livelli di performance degli stabilimenti e per valutare l'implementazione del WCM verso gli standard World Class esiste un programma di audit. Essi possono essere sia interni che esterni e permettono in ogni caso di capire se i target prefissati sono stati raggiunti o no.

La differenza principale tra i due audit è che quello interno serve principalmente come autovalutazione ed è svolto dai rispettivi responsabili dei pilastri; quello esterno, invece, viene fatto ogni sei mesi o una volta l'anno ed è delegato dalla "World Class Manufacturing Association". Durante gli audit esterni, è analizzato l'operato di tutti i pilastri, sia tecnici sia manageriali e, alla fine, viene assegnato a ciascuno di essi un punteggio che va da 0 a 5. In particolare, viene assegnato (CNH, 2015):

- Punteggio 0: nessuna attività svolta
- Punteggio 1: approccio reattivo
- Punteggio 2: approccio preventivo nelle aree modello
- Punteggio 3: approccio preventivo con espansione in tutte le aree più importanti del plant
- Punteggio 4: approccio proattivo nelle aree modello
- Punteggio 5: approccio proattivo con espansione in tutte le aree più importanti del plant

La somma dei punteggi ottenuti in ciascun pilastro dà il Methodology Implementation Index (MII), il cui valore va da un minimo di 0 a un massimo di 100. La World Class Manufacturing Association ha fissato dei traguardi, e i plant che li raggiungono vengono premiati con una medaglia:

- con un punteggio inferiore ai 50 punti non si ottengono medaglie, ciò significa che l'impianto è ancora troppo "acerbo" e deve lavorare ancora per raggiungere gli standard minimi prefissati dal WCM
- tra i 50 e i 59 punti si ottiene la: Bronze Medal, in tutto il mondo sono presenti 29 stabilimenti che hanno raggiunto questo livello e tra questi anche il plant di San Mauro;
- tra i 60 e i 69 punti si ottiene la: Silver Medal, 16 stabilimenti hanno raggiunto questo livello;
- tra i 70 e i 84 punti si ottiene la: Gold Medal, raggiunto solo da 2 stabilimenti nel mondo, entrambi situati in Spagna;

- con un punteggio di 85 punti o superiore si ottiene la: World Class. Questo livello non è stato ancora raggiunto da nessun plant; si suppone che l'azienda a questo punto sia in grado di trasferire le best practices e il Know-how e, nello stesso tempo, di sviluppare le persone, la cultura del miglioramento continuo e di non avere infortuni (FCA Italy, 2016).

Nella figura seguente è possibile vedere il punteggio dei diversi stabilimenti presenti nel mondo (CNH, 2019).

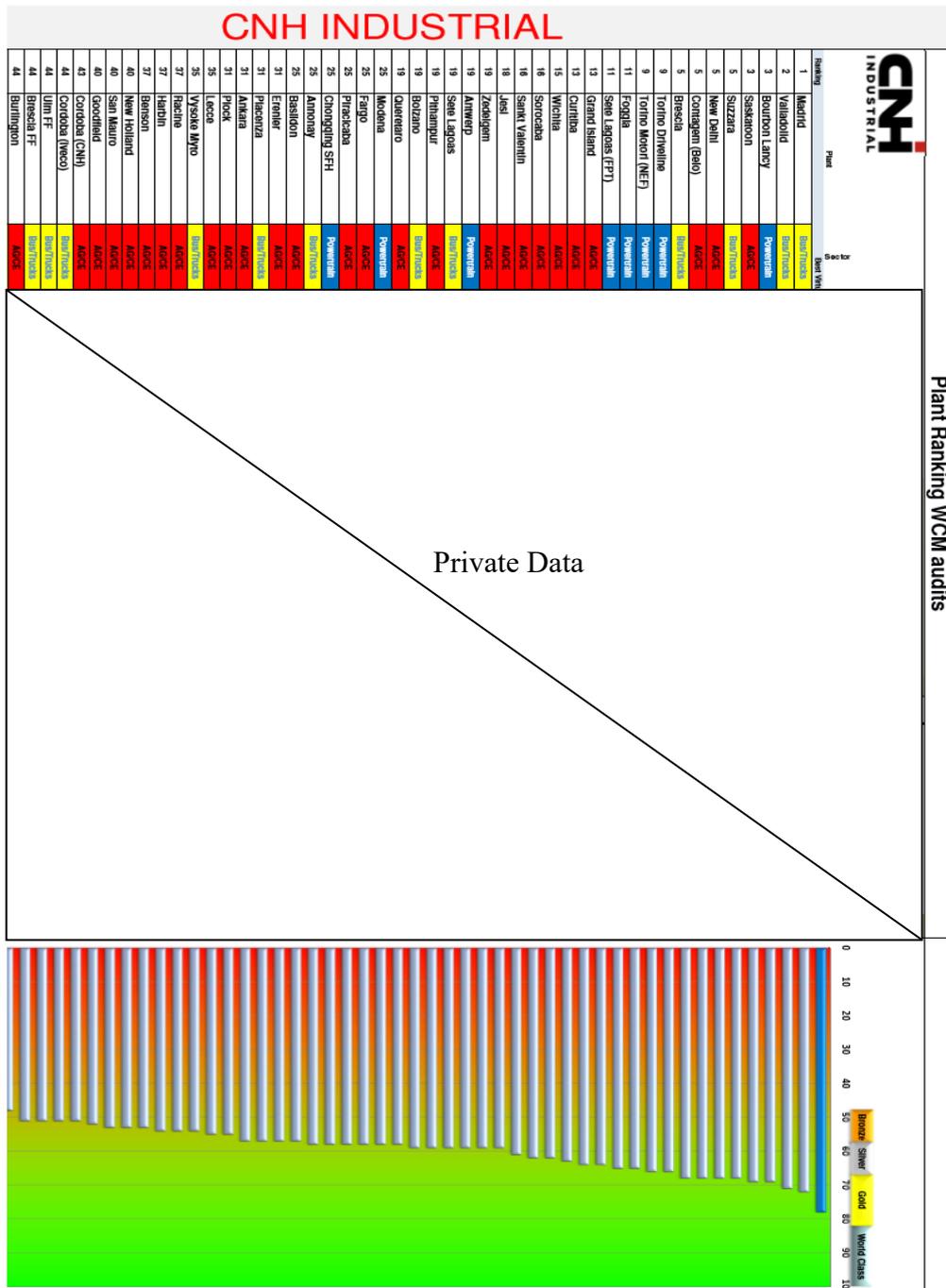


Figura 3.4: plant ranking WCM audit [14]

Il plant di San Mauro si trova al 40° posto con 53 punti (bronzo).

3.2.3 Il pilastro tecnico Safety

"Il pilastro tecnico Safety si propone il miglioramento continuo dell'ambiente di lavoro e l'eliminazione delle condizioni che potrebbero generare incidenti e infortuni; essi si verificano in presenza di situazioni rischiose e di comportamenti pericolosi" (Ketter, 2007).

Questo è il primo pilastro tecnico nel tempio del WCM perché permette al plant di migliorare le sue prestazioni anche in tutti gli altri pilastri; anch'esso si basa sulla logica del miglioramento continuo con l'obiettivo di avere "zero infortuni".

L'azienda ha come riferimento ciò che dice l'OHSAS cioè il sistema internazionale che si occupa di salute e di sicurezza ma anche di ciò che dice la normativa Italiana e, in questo caso, ci si basa sul d.Lgs 81/08 discusso in precedenza. Gli obiettivi preposti possono essere raggiunti diffondendo la cultura della sicurezza attraverso delle pillole, studi e corsi a tutti i vari livelli organizzativi (CNH, 2009).

Per quantificare gli eventi accaduti durante un normale ciclo di lavoro secondo la loro gravità, ci si avvale della piramide di Heinrich riportata nella figura seguente. Questa raggruppa gli eventi anomali in sette livelli di gravità crescente e in teoria di numerosità decrescente.

I livelli in ordine di gravità decrescente sono:

1. Fatality (F): incidenti fatali;
2. Severe Lost Time Accident (Sever LTA): incidenti con danni permanenti o con prognosi > 30 giorni;
3. Lost Time Accident (LTA): incidenti con prognosi \leq 30 giorni;
4. First Aid (FA): medicazioni;
5. Near misses (NM): incidenti che non hanno causato alcuna lesione ma che avrebbero potenzialmente potuto;
6. Unsafe Conditions (UC): condizioni di non sicurezza;
7. Unsafe Acts (UA): azioni potenzialmente pericolose.

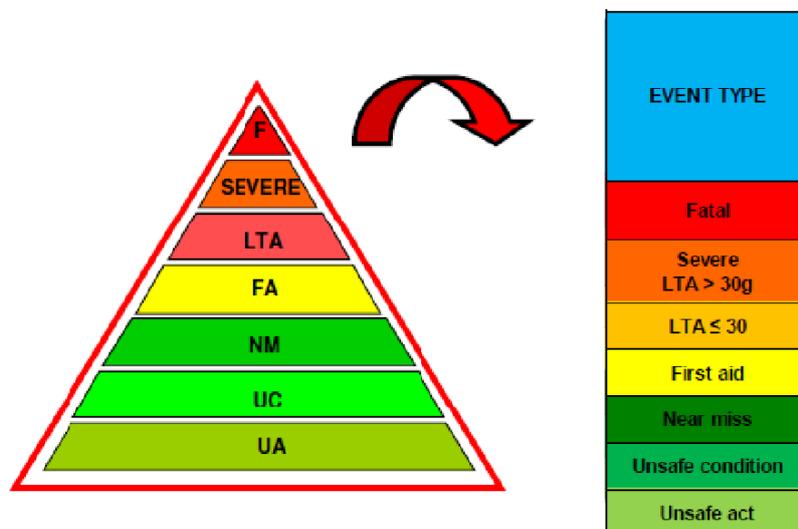


Figura 3.5: piramide di Heinrich

Per ottenere la numerosità decrescente citata prima bisogna eseguire delle analisi accurate non solo degli incidenti più gravi ma anche di quelli che si trovano nella parte bassa della piramide.

Infatti, una volta identificate le UC e le UA, mantenendo quindi un approccio reattivo e proattivo, è possibile incidere fortemente sulla parte alta riducendo al minimo gli incidenti LTA e maggiori.

Per fare ciò non basta individuare solamente le azioni/condizioni insicure ma bisogna stimolare il più possibile i lavoratori, oltre a rispettare le norme vigenti anche riguardo all'uso dei DPI (dispositivi di protezione individuale) dati in dotazione dal datore di lavoro, anche a partecipare attivamente alla segnalazione dei problemi e dei rischi potenziali oltre che alla proposta di possibili contromisure (FIAT Industrial, 2007).

3.3 Relazione tra d.Lgs 81/08 e WCM

La relazione tra il decreto legislativo 81 del 2008 e il WCM è molto forte perché entrambi hanno obiettivi comuni, tra cui quello di ridurre il rischio a cui i lavoratori sono potenzialmente esposti per consentire all'operatore di lavorare in condizioni ottimali, ma alla base hanno fondamenta completamente differenti.

Il d.Lgs 81/08 è un complesso di norme imposte dallo stato Italiano che tutte le aziende presenti sul territorio devono assorbire, applicare e rispettare.

Questo, oltre a voler individuare i fattori e le sorgenti di rischio (40 punti riassunti al successivo capitolo 4, paragrafo 4.2, tabella 4.4), farle tendere al minimo e imporre il controllo continuo, tratta anche l'uso delle attrezzature di lavoro, i luoghi di lavoro, le disposizioni generali, le sanzioni e definisce le principali figure di riferimento (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, 2019).

Il WCM è invece un sistema di gestione interno caratteristico di aziende manifatturiere. Questo, oltre a voler individuare e ridurre il rischio, punta al controllo e alla riduzione dei costi di produzione e ad altri parametri, per arrivare allo standard "zero ottimale". Permette di integrare la sicurezza e la salute nei processi produttivi. In particolare il pilastro tecnico Safety si basa sul d.Lgs 81/08 e lo amplia (70 sorgenti di rischio riassunti in tabella 4.4) per avere un quadro generale più vasto. Inoltre, consente di individuare le azioni e le condizioni rischiose e fare azioni reattive, preventive e proattive (figura 3.2) e espansione sul plant (figura 3.3) (CNH, 2009).

4. Valutazione dei rischi presenti in linea MINI EXCAVATORS

In questo capitolo saranno analizzate le tecniche, le metodologie e gli strumenti utilizzati per valutare correttamente i rischi presenti su tutta la linea di produzione dei mini escavatori.

4.1 Matrice dei rischi

La valutazione dei rischi, su tutte le postazioni analizzate, è stata eseguita sfruttando la "matrice dei rischi", che lega la probabilità che l'evento accada alla gravità delle conseguenze.

Prima di vedere come questi due parametri sono legati tra loro, è necessario capire bene quali sono le definizioni corrette di probabilità e gravità e quali sono i diversi criteri che ci permettono di definire un certo livello di magnitudo o gravità rispetto a un altro.

La probabilità indica la possibilità che l'evento accada in funzione anche di quante volte è già accaduto nel passato (Grassani, 2002).

È possibile riassumere i vari livelli di probabilità con la seguente tabella:

Tabella 4.1: valori di probabilità [5]

1	Improbabile	Il suo verificarsi richiederebbe la concomitanza di più eventi poco probabili Non si sono mai verificati fatti analoghi Il suo verificarsi susciterebbe incredulità
2	Poco probabile	Il suo verificarsi richiederebbe circostanze non comuni e di poca probabilità Si sono verificati pochi fatti analoghi Il suo verificarsi susciterebbe modesta sorpresa
3	Probabile	Si sono verificati altri fatti analoghi Il suo verificarsi susciterebbe modesta sorpresa
4	Molto probabile	Si sono verificati altri fatti analoghi Il suo verificarsi è praticamente dato per scontato

Il danno invece è qualunque conseguenza negativa derivante dal verificarsi dell'evento che può essere una lesione fisica o danno alla salute e che si verificano al concretizzarsi del pericolo (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, 2019).

Anche in questo caso è possibile vedere come i criteri di danno siano legati ai vari livelli attraverso la tabella successiva:

Tabella 4.2: valori di danno [5]

1	Lieve (prima medicazione)	Danno lieve
2	Medio (>1 giorno e <3 giorni)	Incidente che non provoca ferite e/o malattie Ferite/malattie di modesta entità (abrasioni, piccoli tagli)
3	Grave (>3 giorni e <30 giorni)	Ferite/malattie gravi (fratture, amputazioni, debilitazioni gravi)
4	Molto grave	Incidente/malattia mortale Incidente mortale multiplo

All'articolo 2, lettera s del decreto legislativo 81/08 si legge che: “il rischio è la probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni d’impiego o di esposizione a un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione; inoltre, implica l'esistenza di una sorgente di pericolo e delle possibilità che essa si trasformi in un danno” (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, 2019).

Questo è calcolato tramite la seguente relazione (Perry, 1997):

$$R = P \cdot G \quad (4.1)$$

Dato che il rischio è dato dal prodotto di due parametri allora per tenerne conto in forma grafica si può utilizzare una matrice colorimetrica bidimensionale che è possibile vedere in figura.

Risk Level	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4
P = 1	1	2	3	4
P = 2	2	4	6	8
P = 3	3	6	9	12
P = 4	4	8	12	16

Figura 4.1: matrice dei rischi [1]

La matrice è identificata da 4 colori diversi associati ognuno a un determinato livello di rischio e a delle contromisure che devono essere attuate come riportato nella tabella 4.3.

Tabella 4.3: livello di rischio e contromisure [5]

Rischio veramente alto	Non accettabile	Questo dev'essere fortemente attaccato, è necessario attuare contromisure immediate al fine di ridurre il livello di rischio almeno a un livello tollerabile
Alto rischio	Migliorabile	Questo non è accettabile ed è necessario attuare contromisure rapide per ridurre il livello di rischio almeno a un livello tollerabile
Medio rischio	Tollerabile	C'è bisogno di valutare delle possibili contromisure per ridurre il livello di rischio ad accettabile, inoltre è richiesto un approccio di miglioramento continuo
Basso rischio	Accettabile	C'è bisogno di un monitoraggio continuo per garantire tale condizione di sicurezza

La matrice appena descritta sarà la base di partenza per la valutazione del rischio (risk assessment), discussa nel paragrafo seguente, nelle diverse aree di lavoro.

4.2 Tool di lavoro

Il tool di lavoro utilizzato per la risk assessment nelle postazioni di produzione del mezzo non è nient'altro che un file Excel che correla, in maniera molto semplice e visuale, i diversi rischi alla quale i lavoratori possono essere potenzialmente esposti durante i vari steps del ciclo di lavoro dell'operatore. Questo è un file che raccoglie un quantitativo d'informazioni molto elevato per cui, data l'impossibilità di mostrare un complessivo di questo, di seguito saranno riportate solo delle parti rappresentative del tool usato durante il lavoro.

I rischi, inseriti all'interno della scheda lungo le colonne, sono un ampliamento dei pericoli e delle condizioni che troviamo sul DVR aziendale che devono essere valutate per effettuare una corretta valutazione dei rischi relativi alla sicurezza e alla salute dei lavoratori. I 40 rischi normati dal d.Lgs 81/08 vengono allora ampliati a 70; si riporta di seguito una tabella riassuntiva di questi (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, 2019).

Tabella 4.4: livello di rischio e contromisure [1]

N°	Descrizione rischi DVR (n° tot: 40)	Rischi presenti nel Tool (n° tot: 70)
1	Luoghi di lavoro	Caduta dall'alto della persona
		Caduta dall'alto di oggetti o particelle
		Caduta in piano
		Caduta in profondità
		Inciampo
		Scivolamento
2	Fabbricati	Rischi connessi alle strutture dei fabbricati
3	Microclima	Microclima: caldo/freddo
		Insufficiente illuminazione dell'operazione
4	Viabilità	Urto del carrello contro veicoli in movimento o strutture fisse
		Investimento di pedoni con carrello
5	Mezzi di trasporto	Ribaltamento da veicolo
		Ribaltamento di elementi non fissati
6	Macchine	Rischio abrasione con macchine o parti fisse
		Proiezione fluidi, sostanze, polveri
		Proiezione materiali
		Taglio/cesoiamento
		Urto contro macchine e parti fisse
		<i>continua</i>

		Impigliamento o afferramento
		Trascinamento o di intrappolamento
		Ustione da proiezione di particelle fuse
		Ustione da contatto con superfici calde
		Schiacciamento
7	Apparecchi di sollevamento	Caduta di oggetti movimentati con ausili meccanici
8	Apparecchi a pressione	Rischi da attrezzature in pressione
9	Utensili	Perforazione o puntura
		Taglio – abrasione
10	Impianti di distribuzione (no impianti elettrici)	Impianti di distribuzione
11	Elettricità	Contatto con elementi in tensione (contatto diretto)
		Contatto con elementi che entrano in tensione in caso di guasto (contatto indiretto)
		Contatto con cariche elettrostatiche
		Avvicinamento a elementi ad alta tensione
12	Ergonomia del posto di lavoro	Movimentazione manuale dei carichi
		Movimentazione ripetuta arti superiori
		Spinta e traino
		Postura non corretta
13	Videoterminali	Rischi legati all'uso di VDT
14	Agenti chimici	Ustione da contatto con fiamme libere
		Lesioni/irritazione/ustione della pelle e degli occhi con sostanze
		Lesioni/irritazioni/ustione degli occhi con sostanze aggressive
		Inalazione/ingestione di sostanze nocive/tossiche/letali
		Esplosione
		Ustione da contatto parti fredde/cade
15	Agenti cancerogeni e mutageni	Cancerogeni e mutageni
16	Amianto	Amianto
17	Agenti biologici	Agenti biologici – presenza di colombi
<i>continua</i>		

18	Rumore	Rumore diffuso
19	Vibrazioni	Vibrazioni
20	Campi elettromagnetici	Campi elettromagnetici diffusi
21	Radiazioni ottiche artificiali	Radiazioni ottiche artificiali riflesse
22	Radiazioni ionizzanti	Radiazioni ionizzanti
23	Atmosfere esplosive	Atmosfere esplosive
24	Incendio e altre emergenze	Incendio e altre emergenze: vento con rottura vetri/danneggiamento tetti/caduta alberi, pioggia/infiltrazioni, inondazione dal Chisola, neve, fulmini, terremoti
25	Incidenti rilevanti	Incidenti rilevanti
26	Cantieri temporanei e mobili	Cantieri temporanei e mobili
27	Contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione	Contratti d'appalto
28	Lavori in quota	Lavori in altezza
29	Stress lavoro correlato	Stress lavoro correlato
30	Fumo passivo	Fumo passivo
31	Lavoro notturno	Lavoro notturno
32	Consumo di bevande alcoliche e problemi alcol correlati	Consumo di bevande alcoliche
33	Assunzione di sostanze stupefacenti e psicotrope e problemi di tossicodipendenza	Assunzione di sostanze stupefacenti
34	Differenze di genere, età e provenienza da altri paesi	Differenze di genere, età e provenienza
35	Lavoratrici gestanti, puerpere o in periodo di allattamento	Lavoratrici gestanti
36	Lavoratori diversamente abili	Lavoratori disabili
37	Lavoratori minori	Lavoratori minori
38	Visitatori	Visitatori
39	Altri rischi	Altri agenti fisici
40	Tipologia contrattuale	Specifica tipologia contrattuale

Lungo le righe, invece, è presente la suddivisione, nelle operazioni unitarie di base, divise in "before" e "after", del ciclo di lavoro compiuto del singolo operatore nella postazione di lavoro. È importante arrivare a ottenere le attività di base poiché in questo modo la valutazione sarà la più accurata possibile e sarà possibile identificare il rischio puntualmente.

Nella figura seguente è possibile vedere una sezione del tool di lavoro.

Job/ Mansione	Any referment to legal risk assessment (only if need)	Task number/ Numero attività	Task Description / Descrizione attività	Activity Status	Hazards Pericoli										
					1) Workplace / Luoghi di lavoro			2) Building			3) Environmental conditions				
					A	B	C	D	E	F	2A	3A	3B		
		1		Before											
		2		Before After											
		3		Before After											
		4		Before After											
		5		Before After											

LEGENDA			
PROBABILITY	DESCRIPTION	SEVERITY	DESCRIPTION
P = 1	Very Low Occur: Three are not previous cases	G=1	Slight: potential result first aid
P = 2	Lower Probability to Occur: Exist in past previous cases very rare	G=2	Medium: potential result: injury 1 day & 53 days
P = 3	Probably to Occur: Exist in past previous cases	G=3	Serious: potential result: injury >3 days & 53 days
P = 4	Highly Probably to Occur: Previous cases are frequent	G=4	Very serious: potential result: injury >50 days, or Fatal

Risk Level	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4
P = 1	1	2	3	4
P = 2	2	4	6	8
P = 3	3	6	9	12
P = 4	4	8	12	16

Figura 4.2: tool di lavoro [6]

Per eseguire la valutazione allora s'interseca ogni operazione (riga) con ogni possibile rischio (colonna), s'inseriscono i valori di probabilità e danno identificati secondo i criteri della matrice del rischio e, per ogni attività di base, in automatico, secondo la relazione 4.1, il tool restituirà il valore di rischio identificato anche con la colorazione opportuna com'è possibile vedere nella figura seguente.

Job/ Mansione		Any referment to legal risk assessment (only if need)	Task number Numero attività	Task Description / Descrizione attività	Hazards Pericoli		1) Workplace / Luoghi di lavoro											
					Activity Status	Risks	IA	IB	IC	ID	IE	IF						
					Before	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	
					After	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	
1 Task 1 - Prelevare e deporre carrello bulky in zona prenotaggio/prefileno in/ra					Before	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	
					After	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	
2 Task 2 - Ribaltare carro					Before	0	0	2	2	4	0	0	0	0	2	2	4	2
					After	0	0	2	2	4	0	0	0	2	2	4	2	
3 Task 3 - Montare tendirogoli					Before	0	0	2	2	4	0	0	0	0	4	2	8	2
					After	0	0	2	2	4	0	0	0	4	2	8	2	
4 Task 4 - Montare rulli inferiori					Before	0	0	2	2	4	0	0	0	0	4	2	8	2
					After	0	0	2	2	4	0	0	0	4	2	8	2	
5 Task 5 - Montare motori/trasmissione					Before	0	0	2	2	4	0	0	0	0	4	2	8	2
					After	0	0	2	2	4	0	0	0	4	2	8	2	

LEGENDA			
PROBABILITY	DESCRIPTION	SEVERITY	DESCRIPTION
P = 1	Very Low Probability to Occur. There are not previous cases	G = 1	Slight: potential result first aid
P = 2	Lower Probability to Occur. Exist in the past previous cases very rare	G = 2	Medium: potential injury >1 day & <3 days
P = 3	Probable to Occur: Exist in the past previous cases	G = 3	Serious: potential result injury >3 days & < 30 days
P = 4	Highly Probable to Occur. Previous cases are frequent	G = 4	Very serious: potential result injury >30 days, or Fatal

Risk Level	G = 1	G = 2	G = 3	G = 4
P = 1	1	2	3	4
P = 2	2	4	6	8
P = 3	3	6	9	12
P = 4	4	8	12	16

Figura 4.3: esempio di tool completato con valori di probabilità, danno e rischio

Una volta che tutta la tabella sarà stata completata compariranno automaticamente ulteriori valori che identificheranno parametri generali di tutto il processo, in particolare si avrà, identificando le colonne con la lettera “i” e le righe con la lettera “j”:

- identificazione del massimo rischio per tutto il ciclo di lavoro, quindi per ogni colonna, dato da:

$$MC = \text{MAX}(i) \quad (4.2)$$

- massimo livello di rischio per singola attività, quindi per ogni riga, dato da:

$$MA = \text{MAX}(j) \quad (4.3)$$

- valore di rischio totale per singola attività, anche questo per ogni riga ed è dato da:

$$TA = \sum_{j=0}^{j_{max}} R_j \quad (4.4)$$

Come già accennato precedentemente ogni operazione base è ulteriormente divisa in "before" e "after" che, con la contromisura tecnica, vanno a identificare le tre sezioni principali della risk assessment (CNH, 2009). Il "before" è l'analisi della situazione attuale del ciclo di lavoro; invece, le possibili contromisure tecniche, sono azioni robuste che, se adottate, andrebbero a ridurre il livello di rischio durante l'analisi “after”, analisi eseguita quindi con l'attuazione delle contromisure che porta a un miglioramento in termini di sicurezza nei cicli di lavoro degli operatori.

In funzione di queste condizioni si arriva a identificare un altro parametro:

- percentuale di miglioramento (%), questo indica, appunto, il miglioramento che si è ottenuto durante l'analisi “after” con l'applicazione delle contromisure rispetto all'analisi “before”. È identificata dalla seguente relazione:

$$M\% = \frac{(R_b - R_a)}{R_b} \cdot 100 \quad (4.5)$$

Nel file Excel completo si hanno, in realtà, più fogli; infatti oltre al tool è presente un secondo foglio che riassume le principali problematiche tralasciando i rischi accettabili (verdi) e un terzo foglio che è, invece, quello dov'è possibile consultare i vari criteri adottati (matrice dei rischi, livelli e contromisure).

5. Risk Assessment

In questo capitolo saranno analizzati i rischi più gravi ai quali gli operatori possono essere esposti e si proporranno alcune soluzioni tecniche con l'obiettivo di ridurre la percentuale di rischio. È evidente come tale "Risk Assessment", data la sua ampia trasversalità, possa essere applicata, non solo ad aziende di tipo manifatturiero come questa, ma anche a impianti di processo.

5.1 Valutazione nelle postazioni di lavoro linea MINI EXCAVATORS ("before")

Il "before" è lo step preventivo che mira ad analizzare tutti i possibili rischi all'interno del ciclo di lavoro dell'operatore (CNH, 2009). Le postazioni descritte nel secondo capitolo, paragrafo 2.3, sono state tutte valutate durante l'attività di tesi e di tirocinio ma dati i numerosi rischi si riportano in questo lavoro solo i rischi maggiori e che devono essere contrastati nell'immediato.

È emerso che i rischi ai quali gli operatori sono esposti sono diversi, ed essi, sfruttando il concetto di fascia colorimetrica, possono essere ripartiti come riportato nella seguente tabella:

Tabella 5.1: ripartizione dei rischi presenti in linea MINI EXCAVATORS

Rischi totali %		Miglioramento %	Rischi rossi %		Rischi arancio %		Rischi gialli %		Rischi verdi %	
Before	After	-	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
100,00	100,00	0,00%	0,93	0,00	23,63	0,00	17,08	0,00	58,36	0,00

Com'era logico aspettarsi la maggior parte dei rischi sono verdi (accettabili) e tendenzialmente questi sarebbero dovuti diminuire all'aumentare del prodotto gravità per probabilità secondo la relazione 4.1. In realtà esso non accade in quanto ci sono delle postazioni che presentano relativamente pochi rischi ma elevati. Le postazioni che presentano i rischi che ricadono nella fascia rossa (non accettabili), sulla quale bisogna quindi intervenire tempestivamente sono le seguenti:

- 4
- 11
- 2
- 3.

In particolare suddette postazioni presentano i seguenti rischi. La postazione 4, che è quella in cui si prepara la torretta, presenta un rischio elevato nella sezione B; si ha: $R = 4 \cdot 3 = 12$.

L'azione routinaria (R) è la seguente: l'operatore, durante il suo ciclo di lavoro, dovrebbe montare due valvole all'interno della torretta ma ne viene montata solamente una e la seconda è appoggiata all'interno del corpo. Questo viene fatto perché nelle postazioni successive, e in particolare durante il montaggio del distributore, questa valvola, dato che è d'intralcio, andrebbe smontata e poi rimontata.

Ciò viene fatto quindi per risparmiare un passaggio e velocizzare l'operazione di montaggio. Il problema principale è che la torretta non ha un fondo pieno e durante l'accoppiamento, quando essa è sollevata con il carro ponte, la valvola potrebbe cadere, urtando l'operatore e/o rompendosi.

La 11 è la postazione in cui si monta il posto guida e la batteria; essa ha il seguente livello di rischio: $R = 4 \cdot 3 = 12$.

Anche questa è un'azione routinaria; il problema è il posizionamento dei flessibili, per la postazione guida, sul carro ponte in tiro.

Le postazioni di guida variano in funzione della macchina che si sta assemblando, nel caso dell'1.7 t o della 3.7 t le dimensioni e le configurazioni sono estremamente differenti. Il problema si ha con la macchina da 1.7 t: il bulky su cui è alloggiato il posto guida non è adatto e l'operatore non ha lo spazio necessario per far passare dei flessibili. Per compiere l'operazione allora aggancia il particolare al CP, lo solleva e solo allora fa passare i flex con il rischio di urto/taglio con le lamiere della postazione di guida ma soprattutto con il rischio che, durante l'operazione, il CP o l'attrezzo di sollevamento ceda causando schiacciamento, urto o taglio all'operatore.

Tale rischio può essere causato anche dall'operatore stesso a causa di una non corretta manovra di aggancio dell'attrezzo di sollevamento alla macchina, andando così ad aumentare la probabilità di accadimento.

La 2 invece, è una tra le postazioni iniziali, dov'è montato il giunto sul carro; in realtà oltre a fare quest'operazione viene anche montata la lama con il relativo pistone idraulico. Il rischio elevato si presenta proprio durante il montaggio di questo pistone, infatti, esso è agganciato al carro attraverso un perno. Dato però che tra il perno e le staffe del carro ci possono essere alcuni millimetri di gioco, sono inseriti dei distanziali per rendere tutto il movimento il più solidale possibile. L'inserimento dei distanziali e il mantenimento di questi all'interno della loro sede viene fatto manualmente. Tale operazione routinaria è particolarmente rischiosa ($R = 4 \cdot 3 = 12$) in quanto il carro è appoggiato su un bulky mobile e dato che questi vengono ripetutamente spostati c'è il rischio di taglio/cesoiamento delle dita durante l'operazione.

In 3 si ripete il rischio già presentato per la postazione 4, in questo caso infatti la torretta viene accoppiata al carro, dopodiché si solleva il complessivo con il carro ponte per il posizionamento della macchina sullo skeed. In questo caso si ha di nuovo la possibilità che la valvola cada; ciò va ulteriormente a influire negativamente sulla probabilità di accadimento dell'evento in esame.

Oltre ai rischi non accettabili (rossi) la quasi totalità delle postazioni presenta anche rischi arancioni e gialli, quindi rispettivamente migliorabili e tollerabili. Tra quelli arancioni i principali, con $R = 6$ o $R = 9$, riguardano l'ergonomia dell'operatore (numero 12 del DVR, tabella 4.4) e la configurazione dei bulky/dolly, cioè i supporti e la strumentazione usata durante il lavoro (numero 6 del DVR, tabella 4.4).

Invece, tra i rischi gialli con $R = 3$ o $R = 4$, i principali riguardano operazioni svolte dall'operatore che non vanno a pesare in maniera eccessiva sulla persona (danno basso) ma che possono essere svolte in maniera ripetuta nel tempo (alta probabilità di accadimento). Oltre a questo possiamo anche avere, ad esempio, la caduta di strumentazione da luoghi in cui essa viene temporaneamente appoggiata per velocizzare talune operazioni. Essa è molto spesso costituita da chiavi dinamometriche o fisse o da altra strumentazione di dimensione ridotta. Se si valuta allora la caduta di questa, che avviene molto spesso da luoghi con un'altezza esigua (ad esempio cingoli della macchina o skeed), è possibile vedere che questa provocherà danni relativamente bassi, ma siccome l'operazione si ripete sovente essa avrà un'alta probabilità di accadimento.

Riporto, nella tabella di pagina successiva, il riassunto di tutte le tipologie di rischio divise non solo per fascia colorimetrica ma anche per postazione.

Tabella 5.2: ripartizione percentuale dei rischi divisi per singola postazione

n°	Rischi totali %	Rischi rossi %	Rischi arancio %	Rischi gialli %	Rischi verdi %
	<i>Before</i>	<i>Before</i>	<i>Before</i>	<i>Before</i>	<i>Before</i>
1	3,99	0,00	27,32	35,12	37,56
2	8,55	0,00	15,03	25,51	59,45
3	8,47	2,76	36,78	13,33	47,13
4	2,59	0,00	18,05	60,15	21,80
5	2,26	0,00	20,69	16,38	62,93
6	3,72	0,00	35,60	16,75	47,64
7	2,30	0,00	27,12	11,02	61,86
8	1,79	0,00	19,57	9,78	70,65
9	2,61	0,00	13,43	8,96	77,61
10	4,03	5,80	8,70	21,26	64,25
11	1,17	0,00	10,00	25,00	65,00
12	0,90	0,00	0,00	26,09	73,91
13	4,54	0,00	14,16	17,17	68,67
14	6,00	0,00	25,97	3,57	70,45
15	1,15	0,00	40,68	0,00	59,32
16	5,10	0,00	35,11	8,40	56,49
17	4,60	0,00	20,34	13,56	66,10
18	2,18	0,00	0,00	8,93	91,07
19	3,19	0,00	40,24	7,32	52,44
20	6,08	0,00	36,54	13,46	50,00
21	3,99	0,00	2,93	3,90	93,17
22	4,29	0,00	16,36	34,09	49,55
23	5,77	4,05	33,11	28,38	34,46
24	2,12	11,01	24,77	21,10	43,12
25	0,47	0,00	0,00	0,00	100,00
26	4,11	0,00	28,91	18,96	52,13
27	1,54	0,00	30,38	0,00	69,62
28	2,49	0,00	10,94	0,00	89,06
TOTALE	100	0,93	23,63	17,08	58,36

Dalla tabella si evince che solo poche postazioni presentano rischio nullo arancione o giallo. Questo sta a significare che l'operazione di montaggio è intrinsecamente rischiosa; il tutto è influenzato anche dalle procedure che non sono ancora standardizzate per cui alcune operazioni rimangono al buonsenso dell'operatore.

5.2 Contromisure tecniche possibili

In funzione dell'analisi before sono state suggerite delle soluzioni tecniche per abbassare il livello di rischio (CNH, 2009).

Sono state proposte soluzioni per quasi tutti i problemi riscontrati, dal livello di rischio giallo a quello rosso; data però la vastità dell'analisi si riportano in questo lavoro solo le contromisure che è possibile adottare per ridurre i rischi non accettabili ad un livello almeno tollerabile (Grassani, 2002).

Il problema riscontrato in 4, comune anche alla postazione 3, come riportato nel paragrafo 5.1, è un problema di errato sequenziamento dei dolly che arrivano in linea. Infatti, in postazione 18 C, vengono preparate le valvole e riposte in appositi contenitori che poi sono trasportati da un operatore sino alla corretta postazione. Il fatto di non lasciare la valvola all'interno della torretta, durante l'accoppiamento e durante i vari spostamenti, è risolvibile andando ad analizzare la causa radice.

Alla base infatti, come detto, c'è un errato sequenziamento dei dolly, o meglio, delle valvole inserite all'interno di questi. Basterebbe portare una valvola in meno in postazione 18 C e farla arrivare in postazione 5 oppure, addirittura, in postazione 21 tramite l'AGV (Automated Guided Vehicle), cioè un carrello automatizzato che trasporta dolly in gran parte delle postazioni della linea, risparmiando così un ulteriore trasporto da parte dell'operatore [11].

In 11 invece, il problema principale è il bulky che non è adatto alla tipologia di postazione guida. Si riporta nella figura seguente la postazione guida e un flex schematizzato in modo da comprendere a fondo il problema.

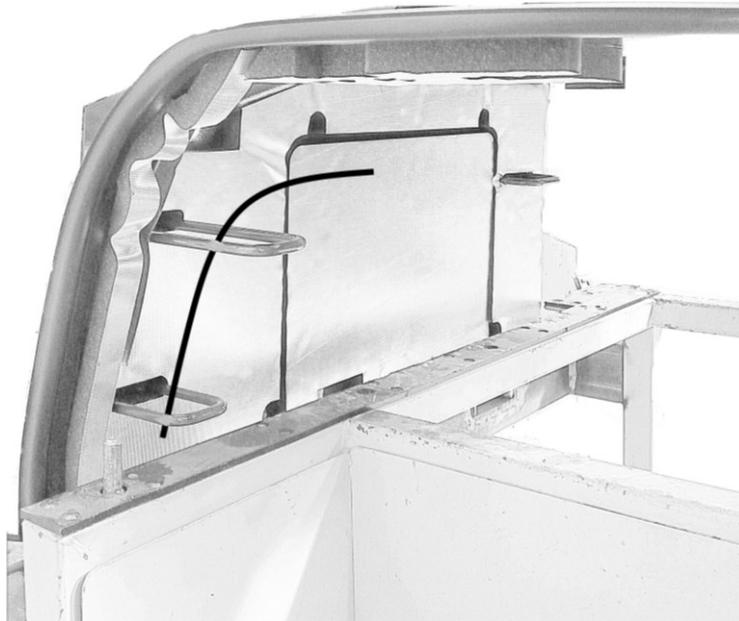


Figura 5.1: schematizzazione passaggio flex su postazione guida

Nella realtà la postazione guida è appoggiata su un bulky basso e l'operatore lavora in posizione non ergonomica, inoltre sono presenti delle staffe che vanno a intralciare il passaggio dei flessibili all'interno degli alloggiamenti.

Basterebbe implementare un bulky corretto per le 1.7 t in modo da evitare tutto ciò, in figura 5.1 è rappresentato un modello di bulky che permette agli operatori di lavorare in comodità e in sicurezza. Il carroponete deve servire solo alla movimentazione del particolare e non come ausilio al montaggio.

Infine in 2 si vede che il problema principale è la mancanza di strumentazione adatta. Si riporta in figura seguente il particolare con la stilizzazione dello strumento che potrebbe ridurre il rischio potenziale.

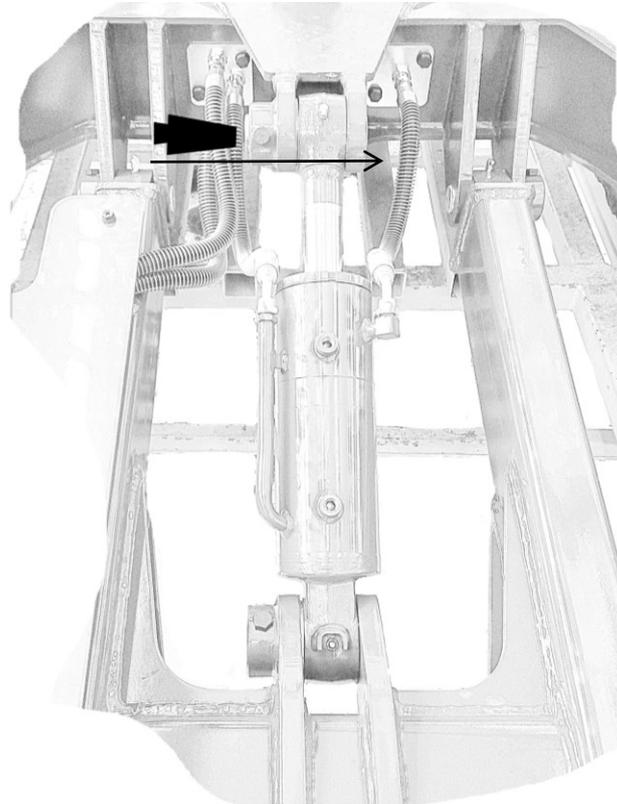


Figura 5.2: schematizzazione montaggio pistone per lama con strumentazione adatta

Invece che mantenere il cilindro e i distanziali in posizione usando le dita si potrebbe adottare la seguente contromisura tecnica: usare uno strumento troncoconico, in modo che si possa adattare a tutte le macchine e ai fori di diversa grandezza, che, quando inserito nella direzione indicata dalla freccia, vada a mantenere il tutto in sede.

In questo caso, anche se il bulky dovesse muoversi in maniera non controllata, il tutto continuerebbe a rimanere solidale senza rischiare di farsi male.

5.3 Valutazione nelle postazioni di lavoro linea MINI EXCAVATORS (“after”)

Durante il lavoro di tesi, sia data la mole di lavoro sia dati i tempi aziendali con cui le contromisure vengono assorbite, è stato impossibile effettuare nuovamente la valutazione dei rischi e osservare il miglioramento percentuale.

Nonostante questo, avendo ipotizzato la quasi totalità delle contromisure tecniche per i rischi rilevati, è stato possibile stimare il grado di miglioramento. Per eseguire queste stime sono state necessarie delle ipotesi:

- i rischi non accettabili (rossi), dato che devono essere fortemente attaccati, si è ipotizzato di rimuoverli con una percentuale di successo del 100% andando a gravare sui rischi tollerabili (gialli) per il 50% perché questi sono abbassati per lo più fino a questa fascia colorimetrica, invece gravano sui rischi migliorabili (arancioni) e accettabili (verdi) per il 25%

- i rischi migliorabili (arancioni) invece, dato che devono comunque essere attaccati ma non quanto i precedenti, si è ipotizzato di rimuoverli con una percentuale di successo del 70%; questo è stato distribuito in egual misura sui rischi tollerabili (gialli) e accettabili (verdi)
- i rischi tollerabili (gialli) sono stati attaccati con una percentuale di successo del 50% e il restante 50% si è riversato sui rischi accettabili (verdi)
- i rischi accettabili (verdi) invece sono stati attaccati solamente per il 20%.

Alla fine si sono ottenute le seguenti relazioni empiriche per i rischi in esame, dove “ $R_b = rischio\ before$ ”, “ $R_a = rischio\ after$ ” e ad apice viene riportato quale tipo di rischio si sta considerando (NA = non accettabile, M = migliorabile, T = tollerabile e A = accettabile):

- non accettabili (rossi): $R_a^{NA} = (1 - 1) \cdot R_b^{NA}$ (5.1)

- migliorabili (arancioni): $R_a^M = (1 - 0,7) \cdot R_b^M + 0,25 \cdot R_b^{NA}$ (5.2)

- tollerabili (gialli): $R_a^T = (1 - 0,5) \cdot R_b^T + 0,5 \cdot R_b^{NA} + 0,35 \cdot R_b^M$ (5.3)

- accettabili (verdi): $R_a^A = (1 - 0,2) \cdot R_b^A + 0,5 \cdot R_b^{NA} + 0,35 \cdot R_b^M + 0,5 \cdot R_b^T$ (5.4)

Si ottiene così un miglioramento percentuale di circa il 12% su tutta la linea MINI EXCAVATORS.

Il tutto è riassunto nella tabella seguente:

Tabella 5.3: ripartizione dei rischi (before e after) per postazione e percentuale di miglioramento

n°	Rischi totali %		Miglioramento %	Rischi rossi %		Rischi arancio %		Rischi gialli %		Rischi verdi %	
	Before	After		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	3,99	3,69	7,51%	0,00	0	27,32	8,86	35,12	29,32	37,56	61,81
2	8,55	7,53	11,89%	0,00	0	15,03	5,12	25,51	20,45	59,45	74,43
3	8,47	7,67	9,43%	2,76	0	36,78	12,94	13,33	23,10	47,13	63,96
4	2,59	2,48	4,36%	0,00	0	18,05	5,66	60,15	38,05	21,80	56,29
5	2,26	1,98	12,59%	0,00	0	20,69	7,10	16,38	17,65	62,93	75,25
6	3,72	3,37	9,53%	0,00	0	35,60	11,81	16,75	23,03	47,64	65,16
7	2,30	2,01	12,37%	0,00	0	27,12	9,28	11,02	17,12	61,86	73,60
8	1,79	1,54	14,13%	0,00	0	19,57	6,84	9,78	13,67	70,65	79,49
9	2,61	2,20	15,52%	0,00	0	13,43	4,77	8,96	10,87	77,61	84,36
10	4,03	3,51	12,85%	5,80	0	8,70	4,66	21,26	19,01	64,25	76,33
11	1,17	1,02	13,00%	0,00	0	10,00	3,45	25,00	18,39	65,00	78,16
12	0,90	0,76	14,78%	0,00	0	0,00	0,00	26,09	15,31	73,91	84,69
13	4,54	3,92	13,73%	0,00	0	14,16	4,93	17,17	15,70	68,67	79,38
14	6,00	5,15	14,09%	0,00	0	25,97	9,07	3,57	12,66	70,45	78,27
15	1,15	1,01	11,86%	0,00	0	40,68	13,85	0,00	16,15	59,32	70,00
16	5,10	4,53	11,30%	0,00	0	35,11	11,88	8,40	18,59	56,49	69,54
17	4,60	3,99	13,22%	0,00	0	20,34	7,03	13,56	16,02	66,10	76,95
18	2,18	1,78	18,21%	0,00	0	0,00	0,00	8,93	5,46	91,07	94,54
19	3,19	2,86	10,49%	0,00	0	40,24	13,49	7,32	19,82	52,44	66,69
20	6,08	5,47	10,00%	0,00	0	36,54	12,18	13,46	21,69	50,00	66,13
21	3,99	3,25	18,63%	0,00	0	2,93	1,08	3,90	3,66	93,17	95,26
22	4,29	3,86	9,91%	0,00	0	16,36	5,45	34,09	25,28	49,55	69,27
23	5,77	5,37	6,89%	4,05	0	33,11	11,76	28,38	29,86	34,46	58,38
24	2,12	1,94	8,62%	11,01	0	24,77	11,14	21,10	27,06	43,12	61,80
25	0,47	0,37	20,00%	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
26	4,11	3,68	10,43%	0,00	0	28,91	9,68	18,96	21,88	52,13	68,44
27	1,54	1,32	13,92%	0,00	0	30,38	10,59	0,00	12,35	69,62	77,06
28	2,49	2,05	17,81%	0,00	0	10,94	3,99	0,00	4,66	89,06	91,35
TOTALE	100	88	11,67%	0,93	0	23,63	8,29	17,08	19,56	58,36	72,15

5.4 Applicazione della metodologia a un caso specifico

Il caso che è preso in esame riguarda la postazione 19, cioè la preparazione del motore termico e della pompa. In particolare si considera il ciclo di lavoro dell'operatore P06.

Esso deve compiere le seguenti azioni riassunte nella tabella successiva:

Tabella 5.4: ciclo di lavoro completo dell'operatore P06

P06	19	Premontaggio motore termico e pompa	Montare n.4 raccordi per riscaldatore
			Montare tubo gasolio su separatore
			Compilare autocontrollo
			Montare raccordi su pompa
			Montare flex su pompa
			Montare tubo rigido aspirazione olio
			Compilare autocontrollo
			Registrare tracciabilità componenti
			Compilare autocontrollo

Ai fini della valutazione dei rischi a cui l'operatore è potenzialmente esposto in realtà si accorpano delle operazioni, in accordo con il responsabile e comunque solo dopo aver visionato il ciclo per verificare che le azioni siano compatibili, e poi si tengono conto, a esempio, se sono ripetute, aumentando il fattore di probabilità di accadimento (P). Allora la tabella 5.4 si riduce alla seguente lista di operazioni riassunte nella seguente tabella:

Tabella 5.5: ciclo di lavoro ridotto dell'operatore P06

P06	19	Premontaggio motore termico e pompa	Montare n.4 raccordi per riscaldatore
			Montare raccordi e flex su pompa
			Montare tubo rigido aspirazione olio
			Compilare autocontrollo

A questo punto ci si reca in prima persona sulla linea di montaggio dopo aver avvisato il capo reparto, il team leader e l'RSPP; dopo aver parlato con l'addetto e avergli spiegato il lavoro che si andrà a fare, si osserva il ciclo di lavoro dell'operatore. È sempre importante riferire al lavoratore ciò che si sta facendo anche perché è l'addetto, in questo caso, lo specialista che sa riferire tutti i problemi presenti in postazione e i potenziali rischi a cui incorre durante il proprio ciclo di lavoro.

Ora bisogna compilare il *tool di lavoro* spiegato al capitolo 4, paragrafo 4.2, andando a individuare se sono presenti o meno i 70 rischi elencati in tabella 4.4; oltre a questi bisogna, inoltre, annotare gli altri eventuali rischi.

Ovviamente molti rischi sono nulli perché, solitamente, la probabilità di accadimento è nulla. Ad esempio per il ciclo di lavoro dell'operatore P06 elencato in tabella 5.5 si hanno i seguenti rischi nulli con le seguenti motivazioni:

- Caduta dall'alto della persona: la postazione non prevede l'uso di scale o impianti per lavoro in altezza

- Caduta in piano: l'addetto ha lo spazio necessario di manovra e non c'è nessun elemento d'intralcio
- Caduta in profondità: la postazione non prevede l'uso di scale per il lavoro dal basso e comunque non sono presenti zone ribassate
- Inciampo: l'addetto ha lo spazio necessario di manovra e non c'è nessun elemento d'intralcio
- Rischi connessi alle strutture dei fabbricati: si considera che la struttura sia stata progettata correttamente e sia controllata periodicamente
- Microclima caldo/freddo: la postazione di lavoro si trova all'interno del capannone
- Insufficiente illuminazione: la postazione è illuminata con lampade al neon
- Urto del carrello contro veicoli in movimento: la postazione non prevede l'utilizzo di carrelli
- Investimento di pedoni con carrello: la postazione non prevede l'utilizzo di carrelli e anche se questo fosse manovrato da terzi non ci sarebbero probabilità d'investimento in quanto la postazione si trova in una posizione interna al corridoio di marcia
- Ribaltamento da veicolo: la postazione non prevede l'utilizzo di carrelli
- Ribaltamento di elementi non fissati: tutti i componenti vengono fissati alle baie di carico/scarico e inoltre questi sono relativamente pesanti per cui rimangono in posizione senza muoversi
- Proiezione fluidi, sostanze, polveri: in postazione non sono usati fluidi, sostanze o polveri
- Proiezione materiali: in postazione non vengono fatte operazioni che potrebbero proiettare materiali
- Impigliamento o afferramento: in postazione non sono usate macchine ma c'è solo attività manuale
- Trascinamento o di intrappolamento: in postazione non sono usate macchine ma c'è solo attività manuale
- Ustione da proiezione di particelle fuse: in postazione non vengono fatte operazioni che potrebbero proiettare particelle fuse
- Ustione da contatto con superfici calde: in postazione non si usano cannelli o attrezzature che potrebbero riscaldare le superfici
- Schiacciamento: tutti i componenti vengono fissati alle baie di carico/scarico e inoltre questi sono relativamente pesanti per cui rimangono in posizione senza muoversi
- Caduta di oggetti movimentati con ausili: tutti gli oggetti presenti in postazione sono movimentati manualmente
- Rischi di attrezzature in pressione: in postazione non si prevede l'uso di attrezzature in pressione
- Perforazione o Puntura: in postazione non si prevede l'utilizzo di oggetti acuminati
- Taglio – Abrasione: in postazione non si prevede l'utilizzo di oggetti taglienti o con superficie abrasiva
- Impianti di distribuzione: la postazione non prevede l'uso di metano (CH₄), propano (C₃H₈), acetilene (C₂H₂) o altro, per cui non si hanno rischi legati a tali impianti
- Contatto con elementi in tensione (contatto diretto): la postazione non prevede l'uso di elementi in tensione
- Contatto con elementi che entrano in tensione in caso di guasto: la postazione non prevede l'uso di elementi in tensione
- Contatto con cariche elettrostatiche: la postazione non prevede l'uso di elementi elettrici o che possano generare cariche elettrostatiche

- Avvicinamento a elementi ad alta tensione: nei pressi della postazione non sono presenti elementi ad alta tensione
- Spinta e traino: l'operatore non esegue operazioni di spinta o traino
- Postura non corretta: l'addetto lavora sempre in una posizione consone e comunque sempre nella propria "comfort zone"
- Rischi legati all'uso di VDT (videoterminali): la postazione non prevede l'uso di VDT
- Ustione da contatto con fiamme libere: la postazione non prevede l'uso di fiamme
- Lesioni/irritazioni/ustione degli occhi con sostanze: la postazione non prevede l'uso di sostanze liquide o che comunque potrebbero generare schizzi potenzialmente pericolosi per chi occhi
- Inalazione/ingestione di sostanze: la postazione non prevede l'uso di sostanze che potrebbero generare schizzi o che generano fumi
- Esplosione: la postazione non prevede l'utilizzo di sostanze infiammabili o esplosive
- Ustione da contatto parti fredde/calde: in postazione non si usano cannelli o attrezzature che potrebbero riscaldare le superfici o provocare ustioni da contatto
- Cancerogeni/mutageni: in postazione non si prevede l'uso di sostanze cancerogene o mutagene
- Amianto: la postazione è priva d'amianto
- Agenti biologici – presenza di colombi: la postazione è interna al capannone per cui la presenza di colombi è pressoché nulla, inoltre non si prevede l'uso di agenti biologici
- Vibrazioni: in postazione non si usano attrezzature che provocano vibrazioni
- Campi elettromagnetici diffusi: in postazione non si usano attrezzature che provocano campi elettromagnetici, e nelle vicinanze non ci sono postazioni che le producono (campi elettromagnetici diffusi)
- Radiazioni ottiche artificiali riflesse: in postazione non si usano attrezzature che provocano radiazioni ottiche artificiali, e nelle vicinanze non ci sono postazioni che le producono (radiazioni ottiche artificiali riflesse)
- Radiazioni ionizzanti: in postazione non si usano attrezzature che le producono
- Atmosfere esplosive: in postazione non si usano combustibili che inducono ad avere tali atmosfere
- Incendio e altre emergenze (vento con rottura vetri/danneggiamento tetti/caduta alberi, pioggia/infiltrazioni, inondazione dal Chisola, neve, fulmini, terremoti): la postazione è completamente riparata e all'interno, inoltre non si usano sostanze infiammabili
- Incidenti rilevanti: la postazione è completamente riparata e all'interno, inoltre non si usano sostanze infiammabili
- Cantieri temporanei e mobili: al momento della valutazione non sono presenti cantieri
- Contratti di appalto: l'addetto dell'operazione è assunto con regolare contratto
- Lavori in altezza: la postazione non prevede l'uso di scale o impianti per lavoro in altezza
- Fumo passivo: all'interno della struttura è severamente vietato fumare
- Lavoro notturno: durante il turno notturno la linea di montaggio MINI EXCAVATORS è completamente ferma
- Consumo di bevande alcoliche: durante il turno di lavoro è severamente vietato il consumo di bevande alcoliche e superalcoliche
- Assunzione sostanze stupefacenti: durante il turno di lavoro è severamente vietata l'assunzione di sostanze stupefacenti
- Lavoratrici gestanti: le lavoratrici gestanti/puerpere non vengono messe sulla linea di montaggio per non appesantire ulteriormente la loro condizione

- Lavoratori disabili: non sono presenti lavoratori disabili durante la valutazione
- Lavoratori minori: il lavoro dei minori è severamente vietato
- Visitatori: è severamente vietato fare lavorare un visitatore, l'addetto dev'essere munito di assicurazione medica e deve superare l'accertamento medico/sanitario
- Altri agenti fisici: sulla postazione non incombono altri agenti fisici durante la valutazione.

Considerando che i valori di probabilità e danno variano in funzione di quanto riportato nelle rispettive tabelle 4.1 e 4.2, i valori reali assegnati sono comunque soggettivi, cioè possono variare leggermente in funzione del valutatore.

Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti rischi non nulli, dati dai seguenti valori di probabilità e danno; il tutto è riassunto nelle seguenti tabelle.

Tabella 5.6: probabilità, danno e rischio per ciclo di lavoro di P06, primo step

Montare raccordi per riscaldatore	Caduta dall'alto di oggetti o particelle			Scivolamento			Rischio abrasione contro macchine o parti fisse			Urto contro macchine e parti fisse			Movimentazione manuale dei carichi			Movimentazione ripetuta arti superiori			Lesioni/irritazioni/ustione della pelle e degli occhi			Rumore diffuso			Stress lavoro correlato			Differenza genere, età, provenienza			Specificità tipologia contrattuale				
	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R					
	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 5.7: probabilità, danno e rischio per ciclo di lavoro di P06, secondo step

Montare raccordi e flex su pompa	Caduta dall'alto di oggetti o particelle			Scivolamento			Rischio abrasione contro macchine o parti fisse			Taglio/cesoioamento			Movimentazione ripetuta arti superiori			Lesioni/irritazioni/ustione della pelle e degli occhi			Rumore diffuso			Differenza genere, età, provenienza			Specificità tipologia contrattuale				
	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R		
	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 5.8: probabilità, danno e rischio per ciclo di lavoro di P06, terzo step

Montare tubo rigido aspirazione olio	Caduta dall'alto di oggetti o particelle			Scivolamento			Rischio abrasione contro macchine o parti fisse			Proiezione fluidi, sostanze, polveri			Taglio/cesoimento			Movimentazione ripetuta arti superiori			Lesioni/irritazioni/ustione della pelle e degli occhi			Rumore diffuso			Differenza genere, età, provenienza			Specificità tipologia contrattuale				
	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R	P	G	R		
	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 5.9: probabilità, danno e rischio per ciclo di lavoro di P06, quarto e ultimo step

Compilare autocontrollo	Rumore diffuso			Stress lavoro correlato			Specificità tipologia contrattuale		
	P	G	R	P	G	R	P	G	R
	1	1	1	2	1	2	1	1	1

Oltre ai rischi appena elencati si evidenziano questi riportati nella tabella seguente:

Tabella 5.10: rischi aggiuntivi al ciclo di lavoro dell'addetto P06

Osservazioni		Routine / Not Routine
1	Tubo dell'aria compresso sul viso degli operatori	R
2	Dolly non idonei	R
3	La pompa non può essere attaccata all'eventuale carroponte	R
4	Raccordo per riscaldatore troppo piccolo (consumo di nastro al teflon e rischio che non si monti correttamente)	R

Dato che i rischi legati alla postazione in esame sono quasi tutti “verdi” non si propongono contromisure tecniche, ciò lo si fa per l'unico rischio “giallo” presente.

In questo caso il problema è la proiezione di fluidi, sostanze, polveri e nel caso specifico la proiezione di fascette del motore che non sono montate nel migliore dei modi a causa dell'inadatta strumentazione. La contromisura tecnica che bisogna adottare è semplicemente la previsione delle giuste pinze.

Invece per quanto riguarda i rischi aggiuntivi le contromisure tecniche da adottare sono le seguenti:

1. rivedere posizione postazione;
2. modificare dolly;
3. arriva in posizione sbagliata dalle baie e non si può montare l'attrezzo di sollevamento per l'aggancio al carroponete;
4. cambio del raccordo.

In funzione delle contromisure tecniche effettuate è possibile ridurre il livello di rischio da 4 a 1 secondo quanto riportato nella tabella seguente:

Tabella 5.11: riduzione dei rischi con applicazione delle contromisure tecniche

Montare tubo rigido aspirazione olio	Proiezione fluidi, sostanze, polveri		
Before	P	G	R
	2	2	4
After	P	G	R
	1	1	1

Ciò porta a un miglioramento percentuale del *10.49 %*.

5.5 Implementazione su applicativo

Il lavoro svolto durante questi mesi è stato fatto utilizzando, come detto più volte, un tool di lavoro molto efficace, visuale e di semplice utilizzo. Nonostante ciò attualmente esistono anche delle applicazioni software attraverso le quali è possibile svolgere il medesimo lavoro con la differenza che queste consentono di avere il lavoro:

- costantemente “online”
- consultabile dai vari plant.

Quest'ultimo punto è la vera forza dell'applicativo, infatti, grazie a questo, tutti i plant lavorano nell'ottica del miglioramento continuo riuscendo a intervenire con determinate contromisure tecniche che, magari, sono già state testate in altri stabilimenti.

Inoltre, si riesce anche a monitorare costantemente l'avanzamento dei lavori attraverso il ciclo PDCA o di Deming, che è uno strumento utile ad affrontare in maniera rigorosa e sistematica qualsiasi attività [12].

Il termine PDCA deriva dalle iniziali delle quattro fasi:

- P = PLAN = pianificare l'operazione
- D = DO = eseguire l'operazione secondo la fase P
- C = CHECK = controllare e monitorare i risultati ottenuti a valle della fase D
- A = ACT = attuare e standardizzare le procedure attuate durante le fasi PDC, in seguito ripetere un nuovo ciclo (continuo miglioramento).

Nella figura di seguito si riportano le fasi schematizzate all'interno della ruota di Deming:

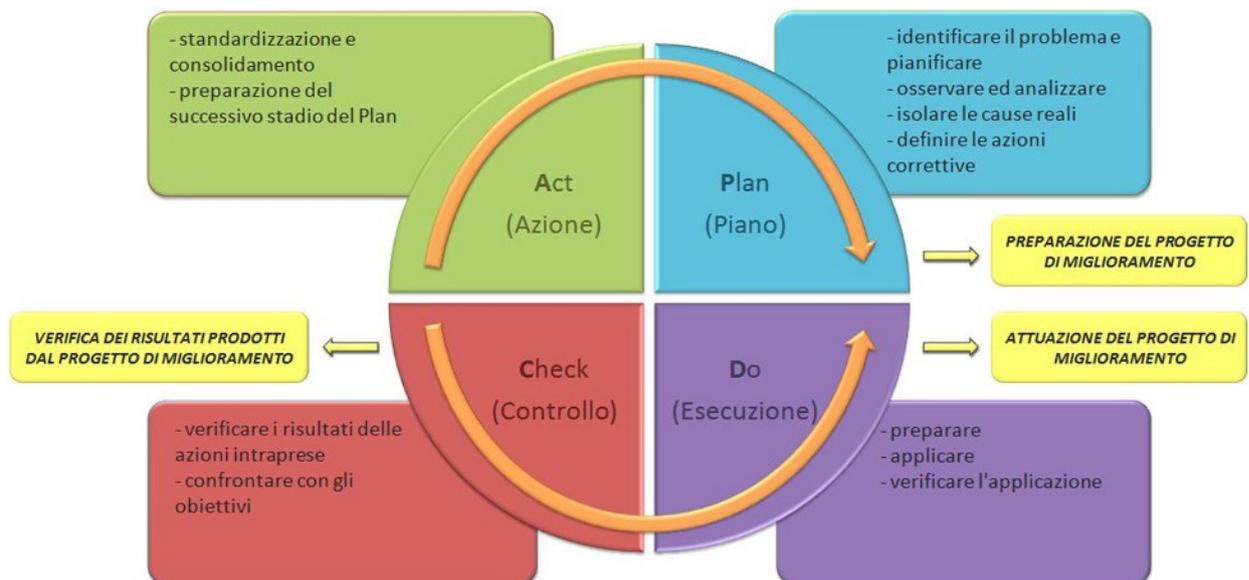


Figura 5.3: ruota di Deming [12]

Durante il lavoro di tesi questa implementazione non è stata possibile farla in quanto l'applicativo è attualmente in fase beta.

6. Conclusioni

6.1 Osservazioni sul lavoro di tesi svolto

Il lavoro di tesi e tirocinio svolto presso lo stabilimento CASE Industrial di San Mauro Torinese ha riguardato la valutazione dei rischi presenti sulla linea di produzione MINI EXCAVATORS e di come l'applicazione del sistema di gestione WCM possa portare potenzialmente allo standard "zero rischi" e "zero infortuni".

Durante i mesi passati nel plant di San Mauro, grazie alla collaborazione del personale della linea, dei Capi Reparto e dell'RSPP, è stato possibile osservare e analizzare l'intero processo produttivo del mini escavatore e raccogliere tutti i dati necessari per la risk assessment.

Dopo aver appreso i principi di funzionamento della macchina e la divisione delle aree dello stabilimento, ci si è concentrati sulla linea mini e in particolare su tutti i cicli di lavoro dell'operatore lavorante all'interno della propria postazione.

Mancanza di standardizzazione delle procedure, dolly e bulky non idonei e mancanza di apposita attrezzatura rappresentano le principali problematiche emerse durante le visite fatte in fabbrica.

Si è proceduto allora alla stesura, per i modelli da 1.7 t e da 3.7 t, della valutazione dei rischi presenti sulla linea di produzione (before) tramite il tool di lavoro; infine, sono state proposte delle contromisure tecniche volte ad abbassare il rischio e per avere conseguenzialmente un miglioramento percentuale nell'analisi after.

Risulta allora necessario il coinvolgimento delle persone che lavorano in diverse aree aziendali, dai "metodi" per definire un piano e una metodologia corretta di lavoro, alla "logistica" per coordinare efficacemente il tutto.

6.2 Benefici del lavoro di tesi svolto

La valutazione dei rischi presenti sulla linea produttiva MINI EXCAVATORS, ha consentito al team del pilastro tecnico Safety del plant di San Mauro, di venire a conoscenza delle informazioni necessarie per ridurre efficacemente i rischi presenti all'interno del processo produttivo del mini escavatore.

Recarsi fisicamente sulla linea ha consentito di parlare direttamente con gli operatori, oltre che con i team leader e con il capo reparto, per conoscere le problematiche che gravano sul processo di produzione e per arrivare, in maniera congiunta, ad avere delle soluzioni sia funzionali che efficienti.

Tale lavoro, portato a termine anche con l'aiuto di persone esterne al team del pilastro tecnico Safety, ha consentito di arrivare ad avere soluzioni non banali, realistiche e che rispettassero, oltre che gli standard del World Class Manufacturing anche le giuste tempistiche a livello di ciclo di lavoro dell'operatore.

Infatti, le contromisure non devono né rallentare il processo di produzione appesantendolo (bisogna evitare il più possibile gli scarti di tempo, $[\Delta+]$) né tantomeno pesare sull'operatore. Per valutare tutte le variabili del caso è stato necessario il confronto con diversi enti aziendali e specialisti esterni.

6.3 Limitazioni del lavoro di tesi svolto

Il lavoro oggetto di questa tesi, vuole intendersi come uno studio preliminare sul processo produttivo, da un punto di vista della salute e sicurezza, del mini escavatore.

Infatti, questo racchiude limiti di carattere tecnico funzione dei tempi (turnover delle anomalie con le migliori attuabili) e delle priorità aziendali (i vari piani di lavoro, di tutti i pilastri tecnici, sono schedulati in maniera piuttosto serrata e apporre delle variazioni improvvisate a questi è sempre complesso) ma soprattutto di carattere pratico, derivanti dalla difficoltà di coinvolgimento del personale dello stabilimento nelle proposte di miglioramento.

Com'è stato già detto, il tool della "Risk Assessment" che è stato usato e che è stato presentato nel capitolo 4, paragrafo 4.2, è uno strumento estremamente valido che permette di individuare criticità, al fine di ottenere un quadro complessivo dei rischi presenti sulla postazione di lavoro. Se però questo non viene implementato sull'applicativo, non è consultato e non si pianifica nel tempo l'attuazione delle contromisure, allora questo strumento perde tutte le sue potenzialità.

Infatti, il presente lavoro non rappresenta una mera soluzione pronta all'uso; esso dimostra il potenziale dell'applicazione del tool, in termini di risultati attesi, ma non necessariamente di facile conseguimento. Il raggiungimento dello stato ideale rappresentato sarà condizionato dall'impegno che il leader del team Safety metterà nel consolidare le contromisure, nel coordinare i membri del team e nel coinvolgere tutto il personale.

6.4 Sviluppi futuri

Il primo suggerimento che si può dare, visti i benefici in termine di riduzione dei rischi, che potrebbero derivare dall'applicazione delle contromisure tecniche e di perfezionamento sviluppate in questo lavoro di tesi, consiste nell'implementazione delle proposte di miglioramento formulate, in modo tale da poter quantomeno avvicinarsi allo standard WCM "zero rischi" e "zero infortuni" e poter limitare le azioni controproducenti attualmente individuate sulla linea MINI EXCAVATORS.

Una volta pianificato il progetto di miglioramento proposto e verificati i vantaggi che ne derivano, si potrebbe considerare di utilizzare tali soluzioni come punto di partenza per avviare anche altri progetti di perfezionamento in tutto il plant e, in primo luogo, dove la valutazione dei rischi, tramite questo tool, ancora non è stata fatta.

Ciò potrebbe aiutare lo stabilimento di San Mauro ad avere un processo di produzione del mini escavatore sempre meno rischioso e sempre più efficiente.

Per garantire il completo successo dell'applicazione delle contromisure sarà necessario coinvolgere, come detto, i capi reparto, i team leader e tutti gli operatori nei processi di cambiamento.

L'ultimo suggerimento che si può dare è quello di implementare il tool sull'applicativo nel più breve tempo possibile perché ciò rappresenta un modo per migliorare le proprie performance studiando anche il lavoro altrui.

6.5 Applicazione nell'industria di processo

È evidente come la "Risk Assessment", gli approcci e le metodologie discusse precedentemente, data la loro ampia trasversalità, possano essere applicate, non solo ad aziende di tipo manifatturiero come questa, ma anche a industrie di processo. Infatti, anch'esse si basano, per quanto riguarda la salute e la sicurezza dei lavoratori sul posto di lavoro, sul decreto legislativo 81 del 2008 per cui la traslazione degli strumenti di lavoro visti e pressoché immediata.

Ci sono ovviamente delle differenze legate principalmente alla tipologia di processo considerato, infatti in aziende manifatturiere prevarrà la componente prettamente fisica e manuale legata al montaggio dei componenti, invece, in industrie di processo, ad esempio chimiche, prevarrà la valutazione dei componenti chimici.

Le valutazioni, infatti, si differenziano soprattutto per quanto riguarda l'esposizione ad agenti chimico/biologici. CASE Industrial si basa su dei software come:

- Share SDS = per aggiungere o condividere con gli altri stabilimenti le Schede Di Sicurezza [1]
- ISSE = per aggiungere eventi incidentali, near miss, UA (unsafety act), UC (unsafety conditions) e le sostanze che possono causare tali eventi; qui possono aggiungere sia i dipendenti che i preposti e funziona sia per "salute e sicurezza" che per "ambiente" [1]
- A.R.Chi.Me.D.E. = Analisi di Rischio Chimico Mediante Dati di Esposizione [13].

Questi restituiscono dei parametri che indicano il grado di pericolosità della sostanza e incrociando tali risultati con le schede di sicurezza (SDS) si è in grado di definire il danno che una sostanza può provocare e la probabilità che essa causi il danno, quindi il rischio secondo la relazione 4.1.

È possibile però, soprattutto per industrie di processo, eseguire delle valutazioni più accurate per quanto riguarda il rischio chimico; questo può essere sempre valutato tramite la relazione 4.1 con la differenza che i rischi e le esposizioni possono essere di diversa natura.

Si può avere il rischio di inalazione della sostanza, di contatto cutaneo o d'ingestione, rispettivamente: R_{inal} , R_{cute} e R_{ingest} [1].

Tali livelli di rischio sono identificati da dei valori e, a seconda del range in cui ci si trova, il rischio è irrilevante o meno. Nella tabella seguente vengono riportati i vari livelli di rischio:

Tabella 6.1: range dei livelli di rischio

$0.1 \leq R < 15$	Irrilevante
$15 \leq R < 21$	
$21 \leq R < 40$	
$40 \leq R < 80$	Non Irrilevante
$R \geq 80$	

Per quanto riguarda le tre possibili cause di rischio è possibile considerare:

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} \quad \text{con } 0.1 \leq R_{inal} \leq 100 \quad (6.1)$$

$$R_{cute} = P \cdot E_{cute} \quad \text{con } 1 \leq R_{cute} \leq 100 \quad (6.2)$$

$$R_{ingest} = P \cdot E_{ingest} \quad \text{con } 1 \leq R_{ingest} \leq 100 \quad (6.3)$$

Per l'inalazione inoltre, è possibile ancora valutare una relazione in modo da approfondire tale parametro:

$$E_{inal} = I \cdot d \quad (6.4)$$

Dove:

- I = intensità dell'esposizione che dipende da:
 - Proprietà del prodotto
 - Quantità usata
 - Modalità d'uso
 - Tipo di controllo
 - Tempo d'esposizione
- d = distanza che varia come riportato nella tabella seguente:

Tabella 6.2: range di distanza [m]

$x < 1$
$1 \leq x < 3$
$3 \leq x < 5$
$5 \leq x < 10$
$x \geq 10$

Se la relazione 6.4 raggiunge determinati valori allora la “ E_{inal} ” può essere considerata elevata o meno, ciò secondo quanto riassunto nella tabella seguente:

Tabella 6.3: valori di E_{inal}

1	Basso
3	Medio
7	Alto
10	Molto alto

Infine è possibile valutare un fattore di rischio cumulativo, in modo da non averne tre differenti:

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2 + R_{ingest}^2} \quad (6.5)$$

Di solito semplificata perché molto spesso: $R_{ingest} \approx 0$ (trascurabile), allora si ottiene la relazione 6.6:

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} \quad (6.6)$$

*Non sempre cambiare equivale a migliorare,
ma per migliorare bisogna cambiare.*

Winston Churchill

7. Bibliografia & Sitografia

Tutti il materiale riportato di seguito è stato visionato fino al 19/09/2019.

7.1 Bibliografia

Cipriani A., Erlicher L., Neirotti P., Pero L. e Campagna L., (2015), L'evoluzione dei sistemi di produzione e dell'organizzazione del lavoro nelle fabbriche: l'applicazione del World Class Manufacturing in FIAT, Politecnico di Milano, MI, 15 Febbraio 2015.

CNH Industrial Italia S.P.A, (2009), Book of Knowledge - WCM SAFETY, documentazione interna aziendale.

CNH Industrial Italia S.P.A, (2019), WCM Plant Audit Ranking, documentazione interna aziendale.

CNH Industrial Italia S.P.A, (2015), WCM Scoring System, documentazione interna aziendale.

Ketter S. e Massone L., (2007), I pilastri tecnici del WCM, FCA Group, documentazione interna aziendale.

Gold V., Mcnaught M. e Wilkinson A., (1997), IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2 ed., Oxford, Blackwell Scientific Publications.

Grassani E., (2002), La dinamica del rischio. Analisi integrale della sicurezza nei luoghi di lavoro, Editoriale Delfino, Milano.

Palucha K., (2012) "World Class Manufacturing model in production management", International Scientific Journal, Vol.58 No. 2, pp 227-234.

Perry R. H. e Green D. W., (1997), Perry's Chemical Engineers' Handbook, Section 26.

Rai Technology University, (2004), Principles of World Class Manufacturing, disponibile su: "http://164.100.133.129:81/econtent/Uploads/PRINCIPLES_OF_WORLD_CLASS_MANUFACTURING.pdf".

Schonberger R. J., (1986), "World Class Manufacturing, the lesson of simplicity applied", Macmillan, USA.

Sin Hoon Hum, (1991) "Industrial Progress and the Strategic Significance of JIT and TQC for Developing Countries", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 11 No. 5, pp.39-46.

Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, (2019), D.lgs 9 aprile 2008, n. 81, testo coordinato con il D.lgs 3 agosto 2009, n. 106.

Yamashina H., (1995), "Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 27-38.

7.2 Sitografia

- [1] Intranet "CNH industrial"; <https://user.cnhindustrial.com/>
- [2] <https://mynext.it/2016/06/cosa-vuol-dire-supportare-metodologie-wcm/>
- [3] <http://rahmadhidayat009.blogspot.it/p/component.html/>
- [4] <https://assets.cnhindustrial.com/casece/emea/assets/pdf/products/it/brochures/excavators/mini-excavators/c-series-mini-excavators-cx26c-cx37c-brochure-it.pdf/>
- [5] <https://www.normativa-sicurezza-sul-lavoro.it/>
- [6] <https://www.fcagroup.com/>
- [7] <https://www.caseih.com/emea/it-it/prodotti/harvesting/>
- [8] <http://www.newhollandconstruction-enews.com/it/>
- [9] <http://www.iveco-astra.com/it/rd/>
- [10] <http://www.fptindustrial.com/global/en/engines/power-generation/g-drive/>
- [11] <https://www.agvsistemi.it/about-us-page-2/>
- [12] <https://www.iwolm.com/blog/il-metodo-pdca-o-ruota-di-deming/>
- [13] <https://www.progetto-sicurezza-lavoro.it/>
- [14] <https://www.cnhindustrial.com/>
- [15] <https://www.heavyequipmentguide.ca/product/4318/cx37c/>

8. Ringraziamenti

Giunto, finalmente, al termine della mia carriera accademica è arrivato il momento di ringraziare tutti coloro che hanno partecipato e che mi hanno sostenuto durante questo lungo e tortuoso cammino. Ritengo che i ringraziamenti di questa tesi non debbano riguardare solo coloro che mi sono stati vicini in questi ultimi mesi; vorrei poter nominare tutti quelli che hanno giocato un ruolo importante, ma ricordarli tutti è praticamente impossibile.

Naturalmente, il primo va all'ingegnere Francesco Piccoli che mi ha seguito e appoggiato fin dal primo giorno in azienda e che è stato disponibile ogniqualvolta abbia avuto bisogno della sua professionalità; un grazie va anche a tutto il plant CASE Industrial di San Mauro Torinese. Un sentito ringraziamento va, inoltre, alla professoressa Micaela Demichela, che è stata sempre presente nel dare i migliori consigli, necessari per portare a compimento questo progetto.

Voglio poi ringraziare i miei genitori, Mario e Silvia. Hanno sempre creduto in me e mi hanno seguito passo passo negli anni. Questa tesi è dedicata a loro.

Un ulteriore doveroso ringraziamento va a mio padre che mi ha insegnato a trattare sempre gli altri con umiltà, mi ha insegnato a valutare sempre tutto con spirito critico e mi ha trasmesso la sua passione per il lavoro manuale, di qualsiasi genere. Grazie.

Ringrazio poi mia sorella Sharon, non posso dimenticare la comprensione e l'appoggio che mi ha riservato, soprattutto da quando ha capito i problemi che uno studente universitario deve affrontare.

Voglio poi ringraziare mia moglie Rossella. So che stava aspettando da tempo questo momento; credo che l'attesa sia stata premiata da quello che per lei sarà visto sicuramente come uno dei più bei regali che potessi darle.

Ringrazio tutti gli amici e parenti vicini e lontani che durante questi anni mi hanno fatto divertire e dimenticare, anche solo per un attimo, di essere iscritto a ingegneria.

Ringrazio poi, ovviamente non in ordine d'importanza, Dio perché mi aiuta a superare tutte le difficoltà che la vita mi pone davanti. Difficoltà che spesso esulano dal campo puramente universitario.

L'ultimo ringraziamento è quello più immodesto e lo rivolgo a me stesso; perché questo percorso non so se mi ha reso una persona migliore ma sicuramente una persona diversa.

A tutti voi, GRAZIE!

