

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccanica

**Metodi e strumenti per lo Human Centered
Manufacturing in ambito macchine agricole.**

**Methods and tools for Human Centered Manufacturing
in the agricultural machinery sector.**

Tesi di laurea di:
Alessio Morgoni

Relatore: Chiar.mo
Prof. Ing. Michele Germani

Correlatore: Chiar.ma
Ing. Marianna Ciccarelli

Anno accademico 2019/2020

*Ringrazio tutta la mia famiglia per aver creduto in me
e dato la possibilità di intraprendere questo percorso*

nonostante le difficoltà;

Gloria per avermi supportato e sopportato;

Mona e Dimì e Seni grandissimi compagni di studi

ed amici con cui ho condiviso gioie e dolori;

Tutti i miei più cari amici di una vita;

Il prof. Germani per la cortesia;

Ringrazio Marianna per la grande disponibilità

e per i suoi consigli;

SOMMARIO

1. Introduzione.....	6
2. Lo stato dell'arte	8
2.1 I software di simulazione del processo produttivo	14
2.2 Metodi e strumenti per la valutazione dell'ergonomia fisica...	18
2.2.1 MURI.....	20
2.2.2 RULA	23
3. Descrizione del caso studio	30
3.1 Studio della postazione di montaggio del serbatoio	32
4. Simulazione del processo di assemblaggio	35
4.1 Simulazione del montaggio con il paranco	36
4.2 Simulazione del montaggio con LCA	41
4.3 Analisi dei risultati	44
4.3.1 MURI.....	44
4.3.2 RULA	47
5. Conclusioni	55
6. Bibliografia & Sitografia	56

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Ergonomia.....	8
Figura 2. Modello umano in Delmia ed in Tecnomatix.....	15
Figura 3. Caratteristiche di un modello digitale in Tecnomatix.....	16
Figura 4. Movimenti standard MURI	22
Figura 5. Template MURI	23
Figura 6. Livello di rischio nell'analisi RULA.....	24
Figura 7. Posizioni del braccio analisi RULA.....	25
Figura 8. Posizioni avambraccio RULA	26
Figura 9. Posizioni polso analisi RULA.....	27
Figura 10. Posizione del collo nell'analisi RULA.....	27
Figura 11. Posizione tronco analisi RULA.....	28
Figura 12. Template RULA	29
Figura 13. Macchine agricole New Holland	30
Figura 14. Serbatoio New Holland	31
Figura 15. Low Cost Automation	31
Figura 16. Aggancio serbatoio	33
Figura 17. Appoggio su staffe	33
Figura 18. Serraggio Utility	34
Figura 19. Rappresentazione schermata Tecnomatix per paranco.....	36
Figura 20. Bloccaggio serbatoio con paranco.....	37
Figura 21. Disporsi a sx trattore.....	37
Figura 22. Sistemare serbatoio su staffe	38
Figura 23. Sistemazione definitiva	38
Figura 24. Prelievo seggiolino attrezzato.....	39
Figura 25. Fissare parte posteriore.....	39
Figura 26. Fissare parte anteriore.....	40
Figura 27. Deposito zona di riposo paranco	40
Figura 28. Prelievo LCA	41
Figura 29. Prelievo serbatoio con LCA.....	42
Figura 30. Disporsi nella parte sinistra del trattore.....	42
Figura 31. Sganciare LCA dal serbatoio	43
Figura 32. Disporre LCA nella zona di riposo	43
Figura 33. Template svolto MURI paranco	45
Figura 34. Template svolto MURI LCA	45
Figura 35. Risultati MURI	46
Figura 36. Esempio analisi RULA.....	51
Figura 37. Risultati analisi RULA	52
Figura 38. Risultati analisi RULA left	53
Figura 39. Risultati analisi RULA right.....	54

1. Introduzione

Il contatto tra venditore e compratore avviene nel mercato il quale definisce la domanda e l'offerta.

Ci troviamo in un'epoca in cui l'attenzione di chi vende è focalizzata sul consumatore, che viene monitorato ed analizzato costantemente dal venditore al fine di creare e soddisfare tutti i suoi bisogni.

Tra l'offerta proposta viene preferito l'elemento con il valore aggiunto rispetto alla concorrenza, quel particolare che fa la differenza, ed ovviamente il migliore nel rapporto qualità/prezzo.

Molto importante quindi è concentrare la ricerca sul processo produttivo per aumentare la qualità e l'efficienza ponendo al centro dello sviluppo il lavoro dell'uomo che va considerato come il tassello principale di crescita aziendale.

L'uomo è colui che conduce la manifattura del prodotto, è la presenza fisica nel reparto produttivo e fa parte dei responsabili sulla riuscita del prodotto finito.

Va difeso, aiutato e controllato attraverso dei feedback costanti nel tempo, i quali aiutano a capire il suo giudizio e il suo rapporto con il luogo di lavoro.

Per aumentare l'efficienza e la qualità prefissati precedentemente, è doveroso rendere il più rosea possibile la condizione di lavoro per l'operatore, a partire dalla fase di progetto, layout e installazione del processo produttivo.

Diviene fondamentale quindi un buono studio preliminare per aumentare e migliorare la personalizzazione del prodotto per soddisfare i bisogni del cliente e il lavoro dell'operatore.

Ovviamente rendere flessibile il sito produttivo per i temi prefissati implica un aumento della difficoltà di studio e di progetto.

A tal proposito esistono scienze che studiano e si interessano di migliorare la qualità lavorativa e la tecnologia attraverso dei software i quali riproducono i task di lavoro all'interno della linea di produzione per individuare, studiare e minimizzare i punti critici dell'operatore cioè tutti quei movimenti ripetuti più dispendiosi e dannosi per il suo fisico e per migliorare il prodotto finale.

Questi studi sono fondamentali e pieni di benefici soprattutto se fatti in una realtà virtuale perché in essa è facile sostituire un'operazione o eliminare un errore commesso, mentre nella realtà ogni errore fatto ha un costo necessariamente maggiore.

Nelle grandi aziende si sta cercando di attuare questi approfondimenti proprio perché si percepisce le loro potenzialità, questo studio è avvenuto in collaborazione con C.N.H. Industrial con l'obiettivo di ottimizzare il montaggio di un serbatoio nella linea di assemblaggio del trattore e migliorare la condizione fisica dell'uomo.

2. Lo stato dell'arte

Lo studio attraverso dei software da parte dei progettisti, come spesso accade negli ultimi anni, è una traslazione verso la simulazione in una realtà virtuale di qualcosa che sta accadendo realmente.

Si studia e si migliora partendo sempre da una preliminare analisi della realtà dell'uomo attraverso studi e teorie specifiche che partono proprio dall'osservazione dello stesso.

L'ergonomia, secondo la IEA (International Ergonomics Association), è quella scienza che si occupa dello studio dell'interazione tra l'uomo e le tecnologie.

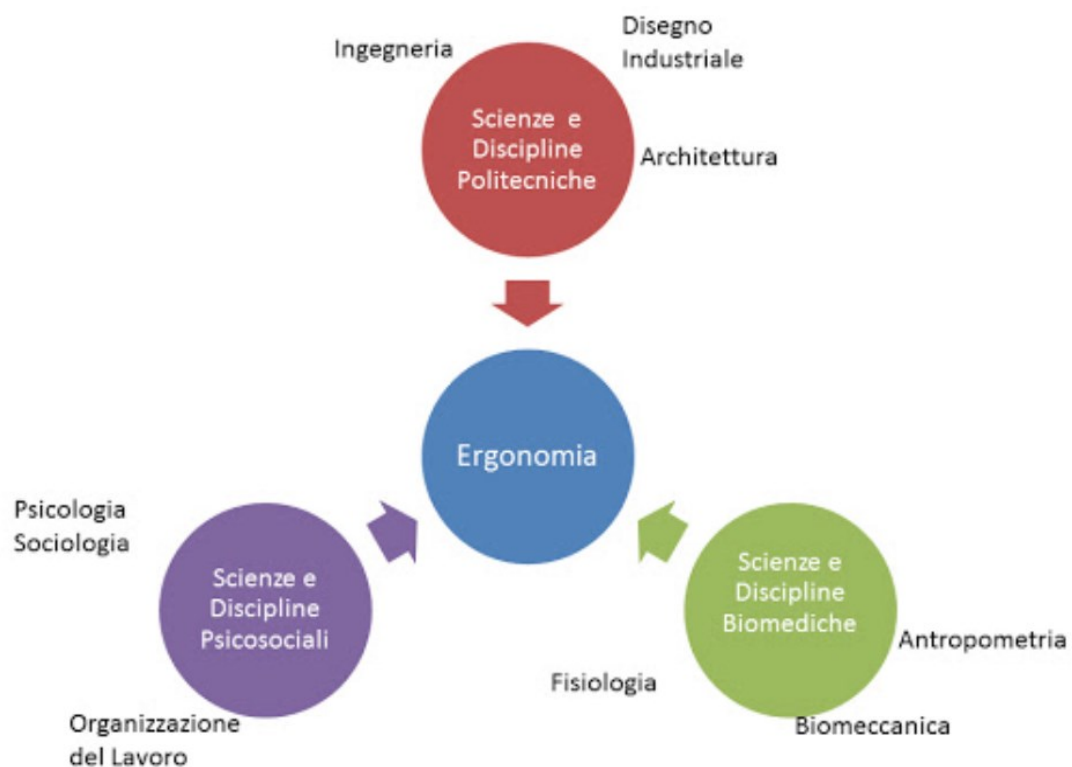


Figura 1. Ergonomia

Ha come obiettivo quello di analizzare gli effetti della tecnologia produttiva a livello di salute e di prestazione, progettare le situazioni lavorative adeguate alle esigenze dell'attività ed alle capacità potenziali dell'operatore, per evitare il logoramento fisico e mentale e quindi aumentare il "buon umore" lavorativo e migliorare la produzione.

I campi di studio di questa teoria sono il corpo umano in fase lavorativa, i fattori ambientali quindi tutti quei fattori esterni al lavoratore, ed il fattore psicologico. Molte aziende manifatturiere si stanno interessando all'ergonomia e ai fattori umani nelle fasi di progettazione dei loro prodotti e processi, concentrandosi su come gli esseri umani si comportano fisicamente e psicologicamente in relazione a particolari ambienti, prodotti o servizi.

Tale disciplina è chiamata "ergonomia di fabbricazione" e si riferisce all'applicazione di principi ergonomici e all'analisi dei fattori umani nella progettazione delle attività di fabbricazione, per garantire ai lavoratori il benessere e le prestazioni previste del processo.

Gli approcci di progettazione tradizionali si basano sull'osservazione dei singoli lavoratori che svolgono il proprio lavoro, sul rilevamento di posture innaturali (ad es. flessione, torsione, estensione eccessiva, rotazione).

Recentemente, simulazioni integrate al computer basate su prototipi virtuali e modelli umani digitali "DHM" (digital human modeling) possono essere utilizzate

per valutare l'ergonomia di produzione su manichini virtuali che operano in ambienti di lavoro digitali.

Tali simulazioni consentono di validare e offrire alternative di progettazione e ottimizzare la workstation prima della creazione, aprono la strada ad un nuovo approccio di progettazione del sistema di produzione. Le analisi ergonomiche infatti, sui luoghi di lavoro, si basano tradizionalmente sull'osservazione dei lavoratori quando la linea di produzione è già in funzione, quindi richiedono molto tempo e non sono preventivi.

Oggi esistono tecnologie emergenti che supportano la simulazione centrata sull'uomo e la validazione ergonomica preventiva sul posto di lavoro. Questi strumenti forniscono una rappresentazione rapida e virtuale degli esseri umani in un ambiente di lavoro simulato e possono essere utilizzati per identificare i problemi ergonomici e prevenire il rischio del disturbo muscolo scheletrico "MSD" (musculoskeletal disorder). Tuttavia tali simulazioni hanno alcuni limiti di affidabilità, robustezza e completezza della simulazione. In effetti, la maggior parte degli strumenti utilizza scene statiche di singole posture di lavoro e analizza solo gli aspetti fisici senza considerare gli aspetti cognitivi e il carico di lavoro mentale.

La scarsa attenzione ai fattori umani porta a posizioni innaturali e azioni pericolose eseguite dai lavoratori durante il loro lavoro, con conseguenti

prestazioni inferiori, tempi di produzione più elevati, maggiore assenza dal lavoro e un aumento generale dei disturbi muscolo scheletrici legati al lavoro “WRMSD” (work-related musculoskeletal disorders) con un grande impatto economico su aziende e società [1].

In effetti, fornire un posto di lavoro privo di rischi ergonomici può comportare numerosi vantaggi: minori tassi di infortuni in caso di riduzione degli incidenti WRMSD, aumento della produttività rendendo i lavori più facili, più confortevoli e alla portata dei lavoratori con un miglioramento della qualità del prodotto e la riduzione degli errori.

La progettazione centrata sull'uomo sta diventando cruciale nella progettazione di sistemi di produzione a causa di due fattori principali: la crescente complessità dei sistemi da gestire e mantenere e la crescente età dei lavoratori come conseguenza dell'invecchiamento della popolazione globale. Ampiamente conosciuta è l'età media della popolazione mondiale che sta crescendo, come una tendenza globale e continua, colpendo anche le persone che lavorano in contesti produttivi.

Numerosi studi affermano che nel 2050 circa la metà dei lavoratori avrà più di 50 anni nei paesi sviluppati e che la presenza di lavoratori più anziani nella produzione e nei ruoli operativi avrà un impatto negativo sulla crescita economica e sull'efficienza produttiva.

Gli studi sull'invecchiamento dei lavoratori hanno dimostrato che le capacità funzionali principalmente fisiche, mostrano dopo i 30 anni, una tendenza al declino la quale può diventare critica dopo i successivi 15-20 anni, in modo che dai 45 ai 64 anni vi sia una significativa riduzione delle loro capacità, sia fisiche che cognitive.

Tale perdita è del 20-25% circa rispetto alla piena capacità considerata a 30 anni, essa colpisce sia i lavoratori coinvolti in lavori fisicamente impegnativi sia le posizioni mentalmente impegnative [2].

Le imprese all'avanguardia che cercano di sviluppare la loro tecnologia, infatti, hanno un ruolo fondamentale in questo contesto poiché prestano sempre più attenzione sia alle condizioni dei loro lavoratori sia all'impatto ambientale dei loro prodotti e processi.

Realizzare un processo sostenibile significa affrontare contemporaneamente le tre dimensioni della sostenibilità (ovvero pianeta, profitto e persone). In questo contesto, aspetti tradizionali quali riduzione dei costi, aumento della produttività, efficienza delle risorse e alta qualità non sono più sufficienti. Devono essere integrati con nuovi elementi sociali come le condizioni dell'ambiente di lavoro, soddisfazione, lavoratori in sicurezza, fisica ed ergonomica.

Inoltre, vale la pena considerare che al giorno d'oggi ci si sposta verso la nuova era manifatturiera dell'Industria 4.0, occupandosi della digitalizzazione dei dati e della creazione di conoscenze che verranno utilizzate dai sistemi di produzione intelligenti.

2.1 I software di simulazione del processo produttivo

Negli ultimi anni si è assistito ad un enorme sviluppo e utilizzo della tecnologia informatica la quale rappresenta l'unica risposta al successo in un ambiente di mercato altamente globalizzato e turbolento.

Il suo sviluppo consente di modificare da zero i metodi di lavoro di ingegneria e questa tendenza nella digitalizzazione ha un effetto sull'ergonomia.

Come risultato di queste tendenze ci sono strumenti software che includono modelli complessi di esseri umani e moderni metodi ergonomici.

Probabilmente i vantaggi ergonomici più significativi della modellazione digitale sono la capacità di verificare l'idoneità dei luoghi di lavoro o dei prodotti durante il loro sviluppo, la possibilità di eseguire una scansione del 90% di tutti gli errori, fattore fondamentale che si riflette sui risparmi finanziari.

Questo approccio è detto proattivo ed è attualmente il vincente perché favorisce un risparmio di energia, materiali e altre risorse e nel contesto dello sviluppo sostenibile diventa l'unico modo giusto.

Risolvere i problemi nelle prime fasi di progetto è molto più semplice ed economico rispetto alle fasi successive durante la produzione creando un rallentamento della produttività con conseguente aumento dei costi.

Fondamentale è la parte di progettazione in realtà virtuale la quale simulando il futuro processo nel dettaglio permette una valutazione della sua efficacia e della possibile presenza di errori facilmente rimuovibili.

Nel corso degli anni i migliori software che permettono questi studi sono Delmia e Tecnomatix della Siemens. Ognuno di essi permettono la creazione in 3D di un modello umano.

Dal 1960, quando iniziarono i primi tentativi di costruzione della visualizzazione tridimensionale dei modelli, sono stati fatti grandi progressi. I loro diversi umani digitali di uso comune sono rispettivamente Delmia Human Model per il software Delmia e Jack per Tecnomatix, essi hanno delle differenze ma sono comunque adatti alla pianificazione della produzione.

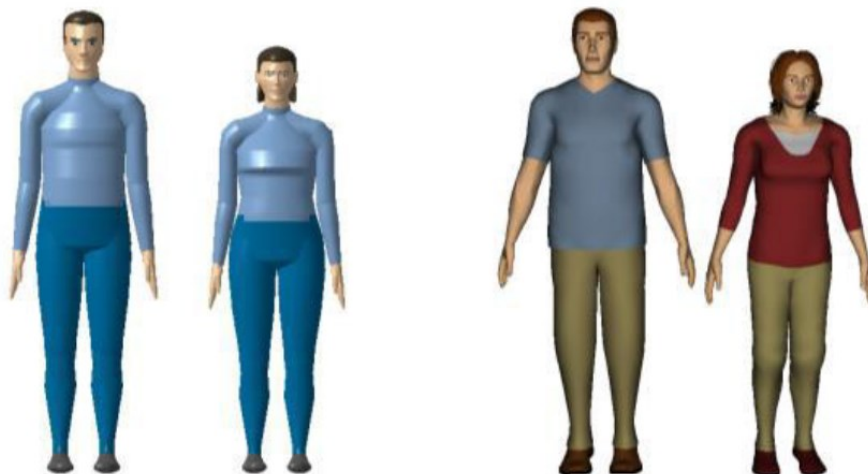


Figura 2. Modello umano in Delmia ed in Tecnomatix.

I modelli umani digitali selezionati sono completamente personalizzabili, quindi i risultati degli studi effettuati sono molto realistici.

The screenshot displays the 'Create Human' interface with the following settings:

- Gender: Male Female
- Database: ANSUR
- Height: Exact 1750,0 mm
- Weight: Exact 79,0 kg
- Shoe sole height: 25,4 mm
- Age: 25 years

Body measurements (mm)

- Chest circumference: 1000,2
- Waist circumference: 850,0
- Hip circumference: 991,4
- Hip breadth: 343,7
- Hand: Length 193,4, Breadth 90,5, Depth 31,7
- Foot: 269,3, 100,8
- Sitting height: 912,0
- Elbow to wrist: 269,0
- Biacromial breadth: 397,1
- Bideltoid breadth: 494,5
- Knee height: 557,2

Colors

Skin: [Orange]	Hair: [Dark Brown]	Eyes: [Dark Brown]	Fingernails: [Orange]
Shirt: [Blue]	Pants: [Yellow]	Boot Leather: [Dark Red]	Boot Soles: [Black]

Apply to this figure: [Dropdown]

Buttons: Reset, Create, Close

Figura 3. Caratteristiche di un modello digitale in Tecnomatix

Quando parliamo di personalizzazione di un modello umano digitale, intendiamo impostare il suo genere, nazionalità, misure del corpo specifiche, in modo che il nostro prototipo corrisponda il più possibile ai lavoratori impiegati nella produzione.

Nella realtà virtuale si ha la possibilità di riprodurre il proprio umano personalizzato grazie al database, esso può interagire con l'ambiente esterno, si può spostare ed eseguire le operazioni modificando anche la sua posizione, si possono analizzare le sue performance attraverso le analisi ergonomiche ed avviare la simulazione in realtà virtuale riproducendo tutto nel dettaglio [3].

2.2 Metodi e strumenti per la valutazione dell'ergonomia fisica

Le analisi ergonomiche analizzano in modo accurato il lavoro dell'operatore e deducono come essi eseguono un determinato compito, analizzano il rischio di infortuni, la forza necessaria, la portata, le impugnature, la fatica, i tempi delle operazioni, la sequenza di lavoro, l'ottimizzazione del posizionamento degli strumenti e delle macchine nel luogo di lavoro, verifica dell'assemblaggio delle parti e molti altri fattori.

L'obiettivo è un luogo di lavoro che riflette le capacità e le esigenze del lavoratore e porta ad una produzione e un assemblaggio più efficiente, più produttivo, più sicuro e con meno incidenti.

Le analisi ergonomiche sono definite e regolamentate dalle norme ISO 11226 ed ISO 11228, la prima si occupa della valutazione delle posture nella fase lavorativa mentre la seconda si occupa delle relative attività di trasporto e movimentazione manuale di carichi.

Alcune analisi e metodi di valutazione sono:

- OCRA: Un indice sintetico di esposizione a movimenti ripetuti degli arti superiori. Esprime il rapporto tra il numero giornaliero di azioni effettivamente svolte con gli arti superiori in compiti ciclici ed il

corrispondente numero di azioni raccomandate e stima anche il rischio di sovraccarico biomeccanico degli arti superiori.

- RULA: Uno strumento di valutazione ergonomico che utilizza un processo sistematico per valutare DMS posturale delle estremità superiori e i rischi associati alle mansioni lavorative, tenendo presente la postura adottata la forza/carico e la ripetizione dell'operazione.
- SNOOK CIRIELLO: Sono delle tabelle che forniscono i valori limite di riferimento del peso per le azioni di trasporto o della forza esercitata nella fase iniziale e di mantenimento dell'azione (traino e spinta), in base a frequenza, altezza da terra, metri di trasporto e per sesso.
- NIOSH: Indice di sollevamento semplice che permette di valutare il rischio da sovraccarico biomeccanico del rachide nel caso di singole attività lavorative.

- MURI: Analisi tipica del WCM World Class Manufacturing, viene eseguita per individuare le operazioni che comportano posture, movimenti, posizioni ergonomicamente difficili e/o innaturali per gli operatori, con l'obiettivo di trovare dei movimenti standard che permettono all'operatore di minimizzare la fatica percepita, di incrementare la produttività e di ridurre anche la possibilità di errore umano.

Successivamente andremo a valutare e spiegare dettagliatamente le analisi MURI e RULA ed il perché di esse.

2.2.1 MURI

L'analisi MURI viene fatta su ciascuna postazione di lavoro e va ad analizzare la minima operazione elementare eseguita dall'operatore, deve essere svolta anche se si ha un cambio di layout di impianto o una sostituzione della macchina da lavoro.

L'obiettivo è quello di individuare quei movimenti o posizioni affaticanti o innaturali e di standardizzarle con altre operazioni al fine di diminuire il carico di lavoro che grava sull'uomo e aumentare la produttività.

Si è deciso di adottare un'analisi MURI perché è parte integrante del Word Class Manufacturing cioè un percorso verso il miglioramento continuo con lo scopo di minimizzare tutti i tipi di perdite e sprechi, attraverso l'applicazione di metodologie standard. Essendo il WCM implementato anche in C.N.H. Industrial si è adottato il MURI.

Ci sono alcuni movimenti che vengono analizzati per i quali viene compilato un'apposita scheda, questi sono:

- Angolo di flessione della vita
- Angolo di rotazione della vita
- Altezza del working arm
- Angolo di flessione e di stretching del ginocchio
- Angolo di rotazione del polso
- Modalità vengono presi dei materiali o degli oggetti
- Working range
- Walk
- Trasporto

Flexion angle of the waist			Rotation angle of the waist			Height of the working arm		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
More than 30°	15°- 30°	0°- 15°	More than 45°	15°- 45°	0°- 15°	Higher than shoulder	At the height of the shoulder	At the height of the waist
Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1
Flexion and stretching of the knee			Rotation angle of the wrist			Pick up parts and materials		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
More than 60°	30°- 60°	0°- 30°	More than 180°	90°- 180°	0°- 90°	Difficult in handle. It is necessary to pay attention	It is possible to pick up the object stretching the arm	It is easy to pick up, without changing ones' place
Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1
Working range			Walk			Transport		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
More than 90°	45°- 90°	0°- 45°	More than 10 steps	5 - 9 steps	0 - 4 steps	More than 5 Kg	3 - less than 5 Kg	0 - less than 3 Kg
Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1

Figura 4. Movimenti standard MURI

Fondamentale per la riuscita di questa analisi è l'osservazione o una registrazione video o direttamente in reparto dei vari tasks. Successivamente occorre completare un modulo standard con dei punteggi che vanno da 1 (movimento corretto) a 3 (movimento scorretto).

Si sommano tutti i punteggi dei movimenti per ogni singolo task e si evidenzia quello con un punteggio maggiore di 12 che indica il task più faticoso e quindi da ottimizzare.

Importante è individuare quelle attività che comportano un maggior carico posturale ed intervenire per ridurre gli effetti collaterali e migliorare la postazione di lavoro.

La sua applicazione inizia con l'osservazione delle operazioni durante il ciclo di attività più significative sia sotto il profilo della durata e sia sotto il profilo del carico posturale.

Questo metodo divide il corpo nel gruppo A includendo gli arti superiori (braccio, avambraccio e polso), ed il gruppo B che comprende le gambe tronco e collo.

Tutti questi parametri in base al loro utilizzo ed alla loro posizione durante il lavoro generano un punteggio nell'analisi RULA, anche grazie ad apposite tabelle di transcodifica, esso corrisponde ad un valore di rischio che può variare da un minimo di 1 ad un massimo di 7.

In base al valore di rischio sono definiti 4 livelli di azione spiegati come in tabella.

Score	Level of MSD Risk
1-2	negligible risk, no action required
3-4	low risk, change may be needed
5-6	medium risk, further investigation, change soon
6+	very high risk, implement change now

Figura 6. Livello di rischio nell'analisi RULA

Le indicazioni fornite dai vari livelli indicano il livello di rischio derivante dalla particolare attività lavorativa, quindi in base ai punteggi si comprende quali aspetti contribuiscono maggiormente al rischio. Di seguito andremo ad analizzare tutti i vari punteggi per ogni singola parte del corpo:

- Punteggio del braccio: per misurare il punteggio relativo a questa parte si devono misurare gli angoli che il braccio forma con il tronco rispetto all'asse verticale del lavoratore come in figura.

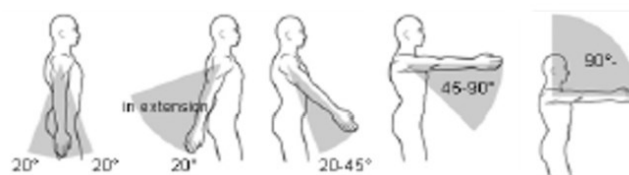


Figura 7. Posizioni del braccio analisi RULA

Ci sono però anche altri elementi posturali che influenzano il punteggio del braccio come il poggiare il braccio su un piano, rotazione o abduzione del braccio o il sollevamento delle spalle.

- Punteggio dell'avambraccio: il punteggio da assegnare all'avambraccio va catalogato in più possibili soluzioni in base all'angolo che l'avambraccio forma con il braccio stesso.

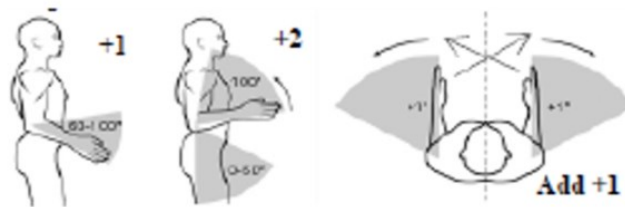


Figura 8. Posizioni avambraccio RULA

Il suo punteggio può anche variare per altri fattori quali l'incrocio dell'avambraccio rispetto alla mediana del corpo oppure movimenti che lo spostano verso l'esterno.

- Punteggio del polso: l'ultimo elemento da valutare nel gruppo A è il movimento relativo al polso. In questo caso sono fissati diversi punteggi in relazione alla flessione del polso, in particolare sono fissate tre tipi di posture come mostrato in figura.



Figura 9. Posizioni polso analisi RULA

Un altro elemento da valutare nel calcolo dell'indice RULA è quello relativo alla rotazione del polso che può essere presente oppure assente, quindi non ha importanza il grado della sua rotazione.

- Punteggio del collo: anche in questo caso si prevede alla valutazione dell'angolo di inclinazione sul piano sagittale del corpo, individuabili quattro livelli di inclinazione come figura.

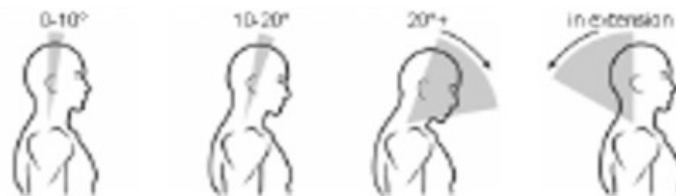


Figura 10. Posizione del collo nell'analisi RULA

Altre posture di aggravio sul collo è quando esso si trova ruotato o inclinato.

- Punteggio del tronco: per questa valutazione si provvede a valutare l'angolo di inclinazione dello stesso sul piano sagittale del corpo. Sono stati individuati 4 livelli di inclinazioni principali, ma ci sono altri elementi di aggravio del punteggio come posture con tronco ruotato o inclinato.



Figura 11. Posizione tronco analisi RULA

- Valutazione della forza: un elemento che caratterizza fortemente un indice RULA è quello relativo alla forza applicata che dovrà essere diviso tra quello del gruppo A e quello del gruppo B perché fanno riferimento a parti del corpo sottoposti ad un differente carico di lavorazione. L'utilizzo della muscolatura durante un'attività può essere statica, ripetitiva o discontinua, per le prime due corrisponde un punteggio maggiore.

Di seguito il template del RULA.

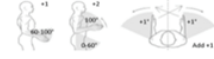
A. Arm and Wrist Analysis

Step 1. Locate Upper Arm Position



Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2. Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: +1

Step 3. Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4. Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5. Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6. Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held-10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7. Add Force/Load Score

If load < 2 kg (intermittent): +0
 If load 2 to 10 kg (intermittent): +1
 If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
 If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Step 8. Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain
 Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Upper Arm Score	
Left	Right
2	2

Lower Arm Score	
Left	Right
2	3

Wrist Score	
Left	Right
2	2

Wrist Twist Score	
Left	Right
3	2

Force / Load Score	
Left	Right
2	2

Muscle Use Score	
Left	Right
2	3

Force / Load Score	
Left	Right
3	2

Wrist & Arm Score	
Left	Right
7	7

Table A		Wrist Score							
		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
1	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
2	3	3	4	4	4	4	5	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
3	2	3	4	4	4	4	5	5	5
3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
4	2	4	4	4	4	4	5	5	5
4	3	4	4	4	5	5	6	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	6
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9	9
6	2	8	8	8	8	9	9	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist / Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7	

Scoring: (final score from Table C)
 1-2 Acceptable posture
 3-4 Further investigation, change may be needed
 5-6 Further investigation, change soon
 7 Investigate and implement change

RULA Score	
Left	Right
7	7

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9. Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10. Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11. Legs:

If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Table B		Trunk Posture Score											
		1		2		3		4		5		6	
Neck Posture	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
1	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	2	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8
5	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Step 12. Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13. Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held-10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14. Add Force/Load Score
 If load < 2 kg (intermittent): +0
 If load 2 to 10 kg (intermittent): +1
 If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
 If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Step 15. Find Column in Table C
 Add values from steps 12-14 to obtain
 Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck Score	
Left	Right
3	3

Trunk Score	
Left	Right
2	2

Leg Score	
Left	Right
3	3

Posture Score B	
Left	Right
2	2

Muscle Use Score	
Left	Right
3	3

Force / Load Score	
Left	Right
2	2

Neck, Trunk and Leg Score	
Left	Right
7	7

Figura 12. Template RULA

3. Descrizione del caso studio

Questo studio si è svolto in collaborazione con l'azienda C.N.H. Industrial, un gruppo industriale multinazionale che progetta, produce e commercializza macchine per il movimento della terra, costruzioni ed agricole. Nel settore dell'agricoltura è attiva con i marchi Case IH, New Holland Agriculture e Steyr.

La tesi fa riferimento al plant New Holland di Jesi in cui si occupano del montaggio di trattori di piccola-media taglia.



Figura 13. Macchine agricole New Holland

Il progetto nato in azienda per necessità di migliorare le condizioni lavorative per una determinata mansione nella linea di assemblaggio, si tratta di una delle

operazioni più scomode per l'operatore cioè quella del montaggio del serbatoio. Bisogna necessariamente precisare che si hanno tre modelli assemblati nella linea presa in considerazione.

Essi sono quindi tre differenti serbatoi sia dal punto di vista della geometria che della dimensione.

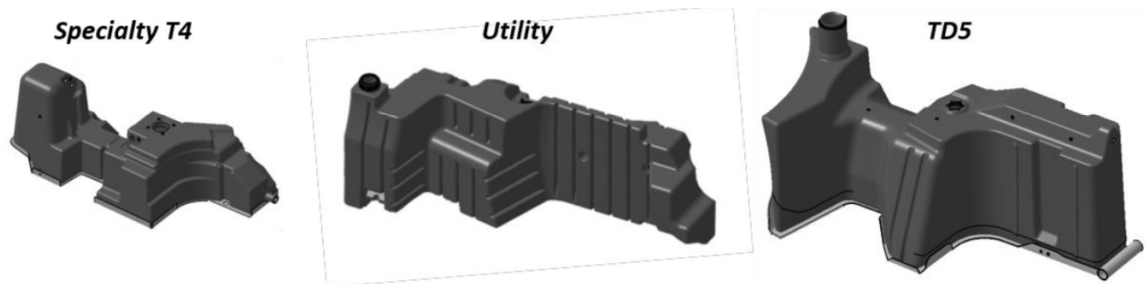


Figura 14. Serbatoio New Holland

Come anticipato prima con un precedente progetto si è cercato di ottimizzare e rendere più produttivo e meno faticoso il montaggio progettando un prototipo virtuale di una particolare attrezzatura definita Low Cost Automation (LCA).



Figura 15. Low Cost Automation

Non essendo stata verificata la sua reale potenzialità, si è cercato quindi di verificare se effettivamente conviene o meno inserire LCA all'interno del processo di montaggio. La dimostrazione per i motivi elencati all'inizio è stata svolta in realtà virtuale ma prima si è effettuato un'osservazione ed uno studio di simulazione dell'attuale processo di assemblaggio.

3.1 Studio della postazione di montaggio del serbatoio

E' fondamentale conoscere ed analizzare le operazioni di montaggio che attualmente vengono adottate in azienda per le macchine perché sono dei trattori di piccola-media taglia ma diversi tra loro. Presentano infatti delle differenze sia nella parte di assemblaggio nella linea A2 sia delle differenze sostanziali di forma peso e volume dei serbatoi in oggetto.

Nel caso in studio si è analizzato il montaggio per la macchina Utility. Andiamo ora ad analizzare i singoli processo di montaggio

- ❖ Il serbatoio arriva lungo la linea in una tradotta vicino la centrale linea di montaggio. L'operatore deve prendere dalla rastrelliera il gancio corretto ed agganciare il serbatoio con il paranco.

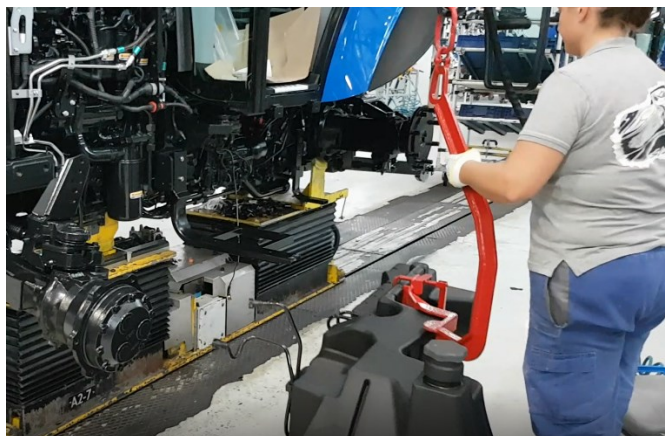


Figura 16. Aggancio serbatoio

Si sposta poi nel lato sinistro del trattore posizionandolo in macchina negli appositi accoppiamenti in piastre e staffe precedentemente montate.



Figura 17. Appoggio su staffe

L'operatore si siede nel seggiolino attrezzato per i centraggi necessari e serraggi. In questo caso il serbatoio si trova a 60 cm da terra.



Figura 18. Serraggio Utility

Una volta aver ben definito il quadro generale di processo e le principali caratteristiche di montaggio del serbatoio avendo il disegno 3D del LCA pensato per standardizzare tutti e tre i processi si è ritenuto doveroso fare le simulazioni software con un confronto finale per validare appunto il prototipo prima quindi della realizzazione del prodotto reale e il suo inserimento nella linea A2.

4. Simulazione del processo di assemblaggio

Lo studio è stato realizzato con il software della SIEMENS chiamato Tecnomatix. Esso è un programma che si occupa della gestione dei processi di produzione per lo sviluppo collaborativo e l'ottimizzazione.

Ci si immerge in una realtà virtuale dove si può riprodurre qualsiasi realtà produttiva. Il modello umano presenta caratteristiche umane reali e viene gestito, non solo nella simulazione ergonomica, ma anche nello studio del processo di produzione e tra le fasi operative.

Sulla base dei suoi limiti di deambulazione, trasporto, sollevamento e articolazione vengono analizzate le prestazioni ergonomiche, come la postura, dispendio energetico, il movimento articolare, e molto altro deve essere analizzato da diverse caratteristiche ergonomiche e migliorato in base agli obiettivi da raggiungere.

4.1 Simulazione del montaggio con il paranco

In questa prima simulazione si è riprodotto il montaggio del serbatoio con il paranco.

Gli elementi che sono stati necessari per la realizzazione della simulazione sono stati innanzitutto il serbatoio riprodotto su Solid Edge, il pavimento, un trattore con Solid Edge, una linea di montaggio per il trattore, un piccolo convogliatore su cui sistemare il serbatoio, il paranco, il seggiolino di appoggio a rotelle modificato su Solid Edge con l'aggiunta di porta utensili come bulloni e avvitatore ed ovviamente l'operatore virtuale.

Di seguito la visualizzazione della realtà virtuale con l'aggiunta di tutti i componenti.

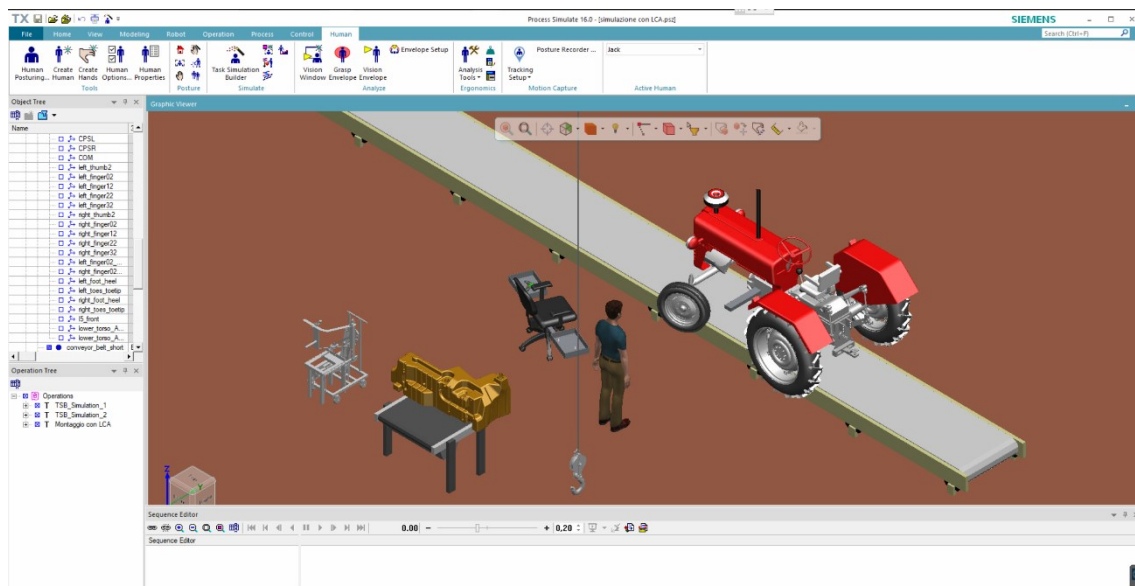


Figura 19. Rappresentazione schermata Tecnomatix per paranco

Questa simulazione è composta da numerosi task che corrispondono esattamente ai movimenti, almeno i posturali, dell'operatore reale.

Di seguito si spiegherà ogni singolo task che compone la workstation di questa linea utilizzando il paranco.

- Bloccare il serbatoio con il paranco chiudendo le sicurezze

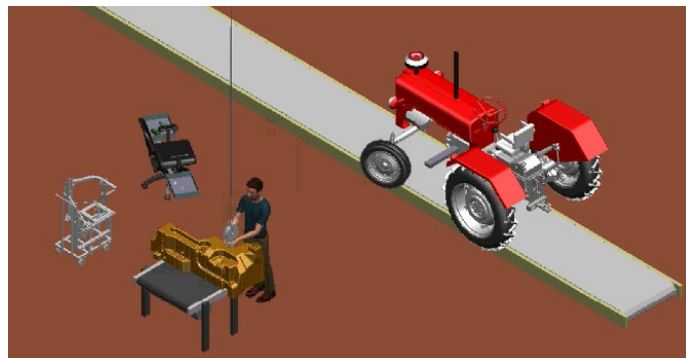


Figura 20. Bloccaggio serbatoio con paranco

- Sollevare il serbatoio e disporsi al lato sinistro del trattore

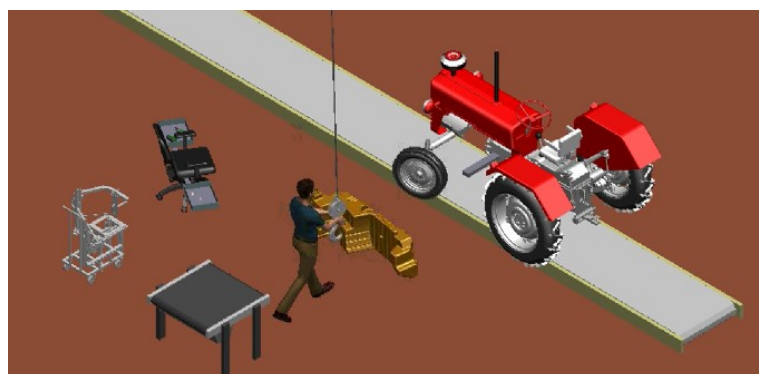


Figura 21. Disporsi a sx trattore

- Sistemare il serbatoio sulle staffe



Figura 22. Sistemare serbatoio su staffe

- Sistemazione dei tubi di mandata e ritorno e sistemazione definitiva

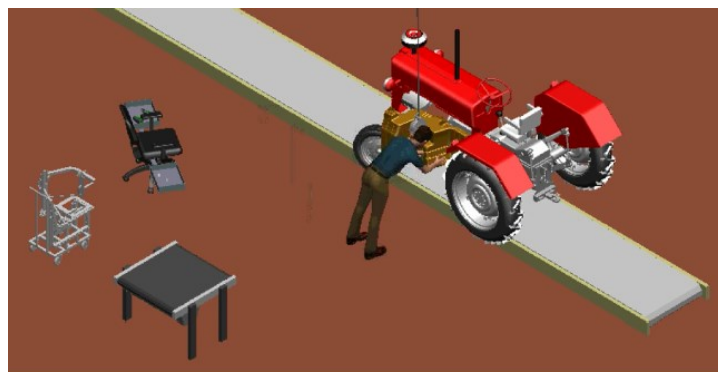


Figura 23. Sistemazione definitiva

- Prelievo del seggiolino attrezzato



Figura 24. Prelievo seggiolino attrezzato

- Fissare con bullone e avvitatore la parte posteriore del serbatoio



Figura 25. Fissare parte posteriore

- Fissare con viti e bullone la parte anteriore



Figura 26. Fissare parte anteriore

- Sgancio del paranco e deposito nella zona di riposo

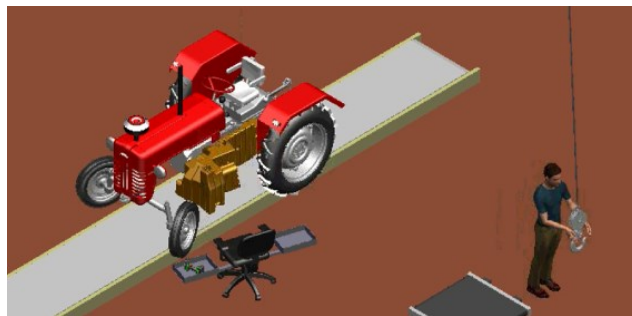


Figura 27. Deposito zona di riposo paranco

Per la creazione della simulazione è stato indispensabile lo studio approfondito delle funzioni e tutte le skills di Tecnomatix.

4.2 Simulazione del montaggio con LCA

Completata la prima, si è riprodotta la simulazione del montaggio non più con il paranco ma con LCA.

Per la creazione di questo secondo processo sono stati utili innanzitutto il trattore su cui montare il serbatoio modificato su Solid Edge con la creazione di una mensola per facilitare l'operazione, una linea di montaggio per il trattore, un piccolo convogliatore su cui appoggiare il serbatoio, il CAD del LCA, il seggiolino attrezzato con l'avvitatore e i bulloni per il serraggio disegnato su Solid Edge e l'operatore virtuale.

Di seguito si illustrerà ogni task che caratterizza LCA trascurando le operazioni comuni nelle due simulazioni.

➤ Prelievo LCA

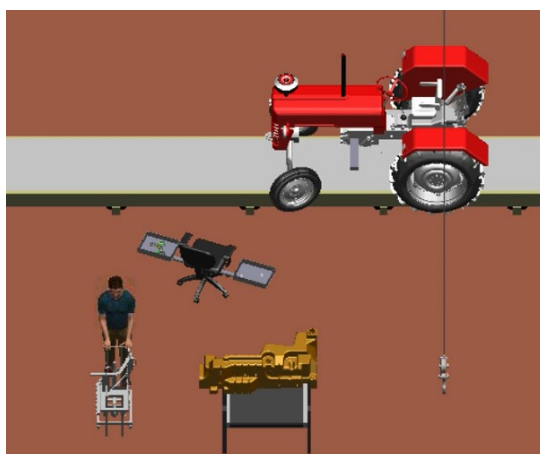


Figura 28. Prelievo LCA

- Prelievo serbatoio con LCA

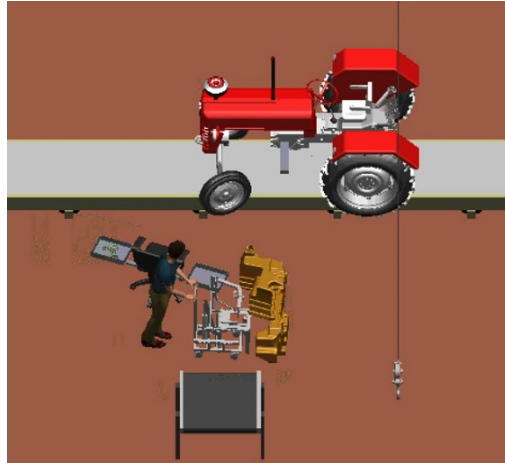


Figura 29. Prelievo serbatoio con LCA

- Disporsi lato sinistro trattore con LCA

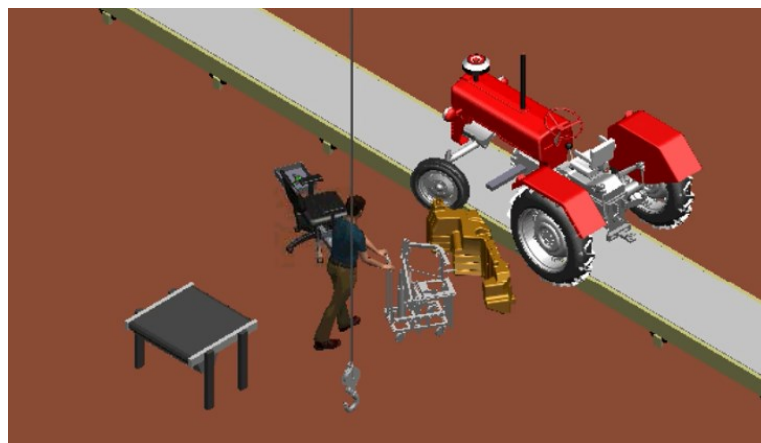


Figura 30. Disporsi nella parte sinistra del trattore

- Sganciare LCA dal serbatoio



Figura 31. Sganciare LCA dal serbatoio

- Portare LCA in posizione di riposo

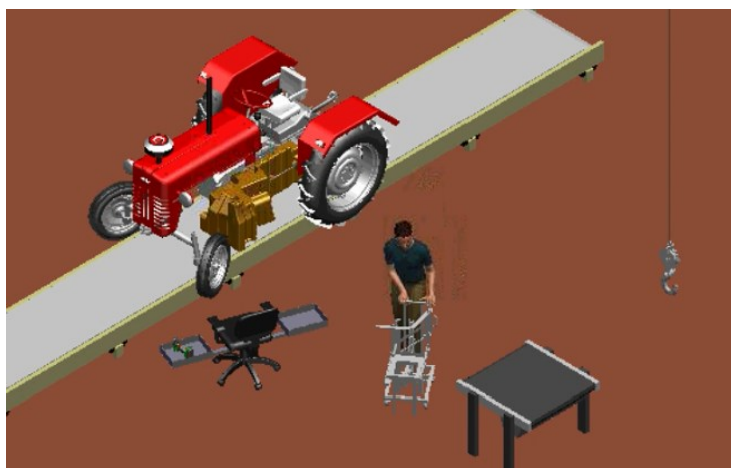


Figura 32. Disporre LCA nella zona di riposo

4.3 Analisi dei risultati

Realizzare le simulazioni non implica che LCA sia migliorativo per il processo, ma quindi bisogna svolgere le analisi ergonomiche citate in precedenza per dimostrare quindi l'effettivo beneficio del prototipo 3D. Per questo ora si andranno a svolgere le analisi MURI e l'analisi RULA su entrambi le simulazioni, andando poi per ultimo a commentare i risultati.

4.3.1 *MURI*

Per l'analisi Muri si è andato a completare il template mostrato in precedenza con i valori da inserire per ogni operazione standard caratteristica dell'analisi in questione.

Questi punteggi possono andare da 1 a 3 in ordine crescente di difficoltà per l'operatore.

Di seguito il risultato della tabella di calcolo per la simulazione con il paranco

Di seguito i risultati di questa analisi, in particolare vengono calcolati il numero di rossi di gialli e di verdi prima dell'inserimento dell'LCA in realtà virtuale e dopo l'inserimento per poter appunto capire se si sono raggiunti i target prefissati.

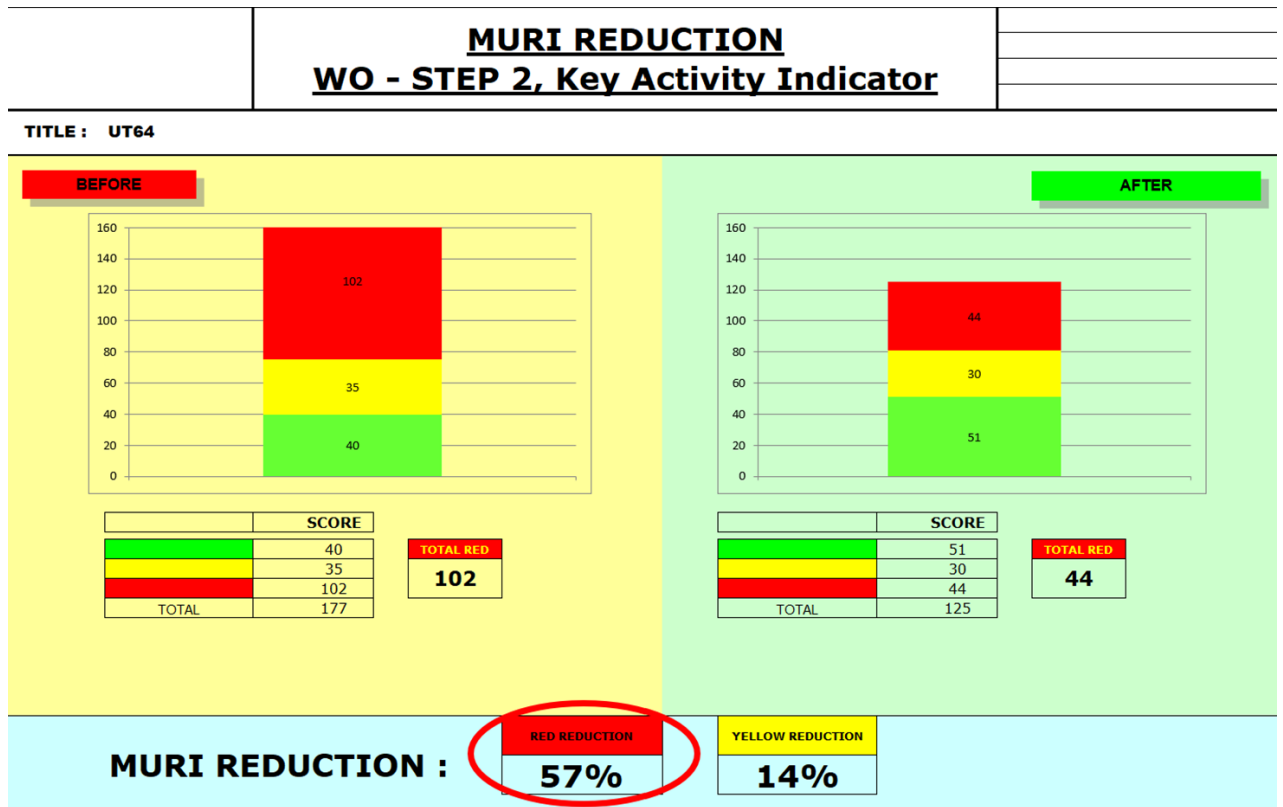


Figura 35. Risultati MURI

Come si evince dalla figura le attività difficoltose e faticose per l'operatore sono state ridotte del 57%. Le operazioni rimaste invariate sono quelle operazioni caratterizzate da vincoli tecnologici e caratteristiche del processo produttivo, come ad esempio avvitare il bullone in posizioni scomode per l'uomo.

Da sottolineare che le operazioni che prima utilizzavano il paranco sono state tutte completamente eliminate dal LCA e ciò premia sicuramente in campo ergonomico dimostrato tuttavia dai risultati ottenibili dall'analisi MURI.

4.3.2 *RULA*

L'analisi è stata fatta con l'ausilio del software utilizzato Tecnomatix. Per ogni posizione e per ogni frame è possibile calcolare il punteggio RULA, quindi si è deciso che per ogni operazione nelle simulazioni si determina quel frame in cui si ha una postura dannosa e si calcola il punteggio. L'analisi è stata fatta considerando la peggiore delle ipotesi per una riuscita migliore e un risultato più veritiero e reale possibile.

Di seguito si illustra un esempio del report RULA creato con il software, prendendo come campione l'operazione di prelievo dell'LCA.



A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm		Score
Step 1: Locate Upper Arm Position		
-20 to 20	less than -20	
20 to 45	45 to 90	
more than 90		
1	2	2
2	3	4
Upper Arm Angle		10
Step 1a: Adjust...		
If shoulder is raised +1		
If upper arm is abducted +1		
If arm is supported or person is leaning -1		
Final Upper Arm Score:		1
Step 2: Locate Lower Arm Position		
60 to 100	more than 100 or less than 60	
1	2	
Lower Arm Angle		30
Step 2a: Adjust...		
If arm is working across midline of body or out to side of body +1		
Final Lower Arm Score:		2
Step 3: Locate Wrist Position		
0	-15 to 15	
more than 15	less than -15	
1	2	3
2	3	3
Wrist Angle		-30
Step 3a: Adjust...		
If wrist is bent away from midline +1		
Final Wrist Score:		4
Step 4: Wrist Twist		
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range	

1	2	
Wrist Twist Angle	-77	
Wrist Twist Score:		2
Step 5: Locate Posture score from Table A - right:		3
Step 6: Add Muscle Use Score		*
	If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1 If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1	
Muscle Use Score:		0
Step 7: Add Force Use Score		*
	If load less than 2Kg +0 If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1 If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2 If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3	
Carried Weight:	0	
Force Use Score:		0
Step 8: Final Wrist and Arm code:		=
Use to find the row on Table C - right:		3
Final RULA result for Right arm - from Table C:		3

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm		Score
Step 1: Locate Upper Arm Position		
UpperArm Angle	20	
Step 1a: Adjust...		
	If shoulder is raised +1 If upper arm is abducted +1 If arm is supported or person is leaning -1	
Final Upper Arm Score:		1
Step 2: Locate Lower Arm Position		
LowerArm Angle	33	
Step 2a: Adjust...		
	If arm is working across midline of body or out to side of body +1	
Final Lower Arm Score:		2
Step 3: Locate Wrist Position		
Wrist Angle	-42	
Step 3a: Adjust...		
	If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1	
Final Wrist Score:		4
Step 4: Wrist Twist		

1	2	
Wrist Twist Angle	-73	
Wrist Twist Score:		2
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:		
		3
Step 6: Add Muscle Use Score		
	If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1 If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1	+
Muscle Use Score:		0
Step 7: Add Force Use Score		
	If load less than 2Kg +0 If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1 If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2 If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3	+
Carried Weight:	0	
Force Use Score:		0
Step 8: Final Wrist and Arm code:		
		=
Use to find the row on Table C - left:		3
Final RULA result for Left arm - from Table C:		3

B. Neck, Trunk and Leg Analysis				Score
Step 9: Locate Neck Position				
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension	
1	2	3	4	
NeckPitch				-1
Step 9b: Adjust...				
				If neck is twisted +1 If neck is side bending +1
Final Neck Score:				1
Step 10: Locate Trunk Position				
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10	
1	2	3	4	
BodyPitch				3
Step 10b: Adjust...				
				Model is seated - trunk well supported: -1 Model is seated - trunk not well supported: -2 If trunk is twisted +1 If trunk is side-bending +1
Final Trunk Score:				1
Step 11: Legs				
				If legs and feet are supported and balanced +1 If not +2
Final Legs Score:				1
Step 12: Look up Posture score from Table B:				
				1
Step 13: Add Muscle Use Score				
				If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1 If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1
Muscle Use Score:				0
Step 14: Add Force Use Score				
				If load less than 2Kg +0 If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1 If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2 If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3

Carried Weight:

Force Use Score:

Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:

Use to find the column on Table C - right:

TABLE A - Right

Upper Arm	Lower Arm	Wrist							
		1		2		3		4	
		Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	3	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

TABLE A - Left

Upper Arm	Lower Arm	Wrist							
		1		2		3		4	
		Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

TABLE B

Neck	Trunk											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

TABLE C Right

Final A Score	Final B Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

TABLE C Left

Final A Score	Final B Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 36. Esempio analisi RULA

Il risultato ottenuto per ogni operazione sia per la parte sinistra che per la parte destra del corpo si è riassunto in un foglio di calcolo per rendere più visibili i risultati.

N°	Tasks		Table C left		Table C right	
	Paranco	LCA	Paranco	LCA	Paranco	LCA
1	Portarsi a rastelliera e prendere il paranco	Prelievo LCA	4	3	3	3
2	Sollevarlo il serbatoio con paranco	Prelievo serbatoio con LCA	4	2	4	2
3	Disporsi al lato sx del trattore	Portarsi con LCA nella parte sx del trattore	4	4	4	4
4	Sistemazione serbatoio su staffe	Sistemazione serbatoio su staffe	3	3	3	3
5	Sistemazione passaggio tubi anteriore	Sistemazione passaggio tubi anteriore	4	4	4	4
6	Sistemazione passaggio tubi posteriore	Sistemazione passaggio tubi posteriore	4	4	4	4
7	Prelievo seggiolino attrezzato e disporsi a serbatoio	Prelievo seggiolino attrezzato e disporsi a serbatoio	3	3	4	3
8	Prelievo da seggiolino avvitatore e bullone	Prelievo da seggiolino avvitatore e bullone	6	6	5	5
9	Serraggio completo parte posteriore	Serraggio completo parte posteriore	7	7	6	6
10	Portarsi parte anteriore con seggiolino	Portarsi parte anteriore con seggiolino	4	4	4	4
11	Prelievo avvitatore e bullone da seggiolino	Prelievo avvitatore e bullone da seggiolino	6	6	5	5
12	Serraggio completo parte anteriore	Serraggio completo parte anteriore	7	7	6	6
13	Sgancio paranco dal serbatoio	Sgancio LCA dal serbatoio	4	2	3	3
14	Deposito paranco in apposita rastelliera	Deposito LCA in zona di riposo	7	3	6	3

Figura 37. Risultati analisi RULA

Di seguito a questo foglio vengono calcolati i valori delle posture che comportano un punteggio con alto rischio o con medio rischio che definiscono le posture peggiori in base appunto al grado di rischio per calcolare quant'è l'effettivo miglioramento sia per la parte sinistra che per la parte destra.

Di seguito i risultati ottenuti per la parte sinistra del corpo.



Figura 38. Risultati analisi RULA left

Come si evince dalla figura le posture scorrette per l'operatore sono state ridotte del 33% per quelle con più rischio mentre sono state ridotte dell'11% quelle con un basso rischio.

Da sottolineare che le operazioni che prima utilizzavano il paranco sono state tutte completamente eliminate dal LCA e ciò premia sicuramente in campo ergonomico dimostrato tuttavia dai risultati ottenibili anche dall'analisi RULA.

Di seguito i risultati ottenuti per la parte destra del corpo.

RIGHT PART



Figura 39. Risultati analisi RULA right

Come si evince dalla figura le posture scorrette con medio rischio per l'operatore sono state ridotte del 20%.

Da sottolineare che le operazioni che prima utilizzavano il paranco sono state tutte completamente eliminate dal LCA e ciò premia sicuramente in campo ergonomico dimostrato tuttavia dai risultati ottenibili anche dall'analisi RULA.

5. Conclusioni

L'elaborato svolto in collaborazione con C.N.H. Industrial, una realtà complessa per la varietà dei prodotti commercializzati, ha l'obiettivo di ottimizzare l'operazione e migliorare la condizione di lavoro dell'operatore garantendogli la massima sicurezza nel luogo di lavoro minimizzando dove possibile lo sforzo. Il centro del tema è la linea di trattori dello stabilimento di Jesi della New Holland relativo al processo di montaggio del serbatoio.

Il progetto è stato portato avanti utilizzando software di simulazione in realtà virtuale come Tecnomatix ma anche software per la prototipazione 3D come Solid Edge. La fase di lavoro è stata svolta in collaborazione con il responsabile universitario, presenza fondamentale per uno scambio di opinioni nelle varie scelte del processo e per i suoi consigli.

Riassumendo si è ottenuto una diminuzione delle operazioni più faticose dell'operatore inserendo nel processo il Low Cost Automation, questo è dimostrato dal fatto che per l'analisi MURI abbiamo una diminuzione del 57% e per l'analisi RULA abbiamo una diminuzione del 33% delle cosiddette "zone rosse". Il risultato che si può trarre da questo progetto di tesi riguarda la positività e il potenziale miglioramento con l'utilizzo del LCA e quindi lo studio è da incentivo all'azienda per aggiornare il prototipo ed inserirlo nella linea di assemblaggio.

6. Bibliografia & Sitografia

[1] Margherita Peruzzini, Marcello Pellicciari, Michele Gadaleta “A comparative study on computer-integrated set-ups to design humancentred manufacturing systems”, Marzo 2018.

[2] Margherita Peruzzini, Marcello Pellicciari “A framework to design a human-centred adaptive manufacturing system for aging workers”, Febbraio 2017.

[3] Patrik Polášek, Marek Bureš, Michal Šimon “Comparison of digital tools for ergonomics in practice”, 2015.

