



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccanica

**DEFINIZIONE E SIMULAZIONE DI UN METODO PER L'ALLOCAZIONE  
OPERATORE-PRODOTTO**

**DEFINITION AND SIMULATION OF A METHOD FOR OPERATOR-  
PRODUCT ALLOCATION**

Relatore:  
**Prof. Michele Germani**

Tesi di Laurea di:  
**Ciarrocchi Matteo**

Correlatore:  
**Dott. Alessandra Papetti**

A.A. 2022/2023

# SOMMARIO

<b>1 INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>2 CAPITOLO 1: L'ERGONOMIA COGNITIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>3 CAPITOLO 2: METODI TRADIZIONALI PER L'ALLOCAZIONE OPERATORE-PRODOTTO.....</b>	<b>19</b>
<b>4 CAPITOLO 3: ALLOCAZIONE OPERATORE-PRODOTTO NEL CASO STUDIO ArsTech.....</b>	<b>24</b>
4.1 Reparto laminazione dell'azienda ArsTech.....	24
4.2 Metodo per l'allocazione operatore-prodotto in ArsTech.....	26
4.3 Nuovo metodo per l'allocazione operatore-prodotto considerando lo stress dell'operatore.....	28
<b>5 CAPITOLO 4: SIMULAZIONE DEL NUOVO METODO DI ALLOCAZIONE OPERATORE-PRODOTTO.....</b>	<b>33</b>
5.1 Discussione dei risultati.....	48
<b>6 Conclusioni.....</b>	<b>50</b>
<b>6 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>52</b>



# 1 INTRODUZIONE

Nel panorama aziendale contemporaneo, l'ottimizzazione delle risorse umane è diventata cruciale per il successo e la sostenibilità delle imprese.

Un aspetto fondamentale del contesto aziendale è la pianificazione dell'iter produttivo e l'allocazione degli operatori, dove con il termine "operatori" si indicano i soggetti, ovvero i lavoratori che entrano a far parte di un ciclo di lavoro. In un processo produttivo è necessario prendere in considerazione le capacità dei singoli individui ed è altresì necessario prestare attenzione alle condizioni di lavoro dei dipendenti. In questo contesto, il metodo di allocazione degli operatori emerge come uno strumento chiave per garantire l'efficienza operativa e la soddisfazione dei lavoratori.

Questa tesi si propone di esaminare in profondità il metodo di allocazione degli operatori, esaminando specificamente come la variabile dello stress dell'operatore possa rappresentare un elemento importante e da tenere nella giusta considerazione nella pianificazione e nell'organizzazione del processo produttivo. Sarà condotta un'analisi comparativa tra due approcci: uno che tiene conto dello stress dell'operatore e un altro che non lo considera. L'obiettivo è valutare l'efficacia di entrambi gli approcci in termini di efficienza operativa, soddisfazione dei dipendenti e risultati aziendali complessivi.

Attraverso questa ricerca, cercheremo di rispondere a domande cruciali come: “Qual è l'impatto della variabile dello stress dell'operatore sull'allocazione ottimale delle risorse umane?”, “Come può essere misurato e quantificato lo stress in un contesto operativo? “, “Quali sono le implicazioni di lungo termine per le organizzazioni che scelgono di considerare o trascurare questa variabile?”.

Nel cercare di dare una risposta a queste domande, andremo ad analizzare con particolare attenzione, la gestione delle risorse umane moderne, contribuendo a fornire informazioni preziose per le organizzazioni che desiderano migliorare la loro efficienza operativa e garantire la salute e la soddisfazione dei propri dipendenti. In definitiva, questa tesi si propone di gettare luce su un aspetto cruciale della gestione aziendale contemporanea e di fornire una base solida per decisioni informate in merito all'allocazione degli operatori.

## **2 CAPITOLO 1: L'ERGONOMIA COGNITIVA.**

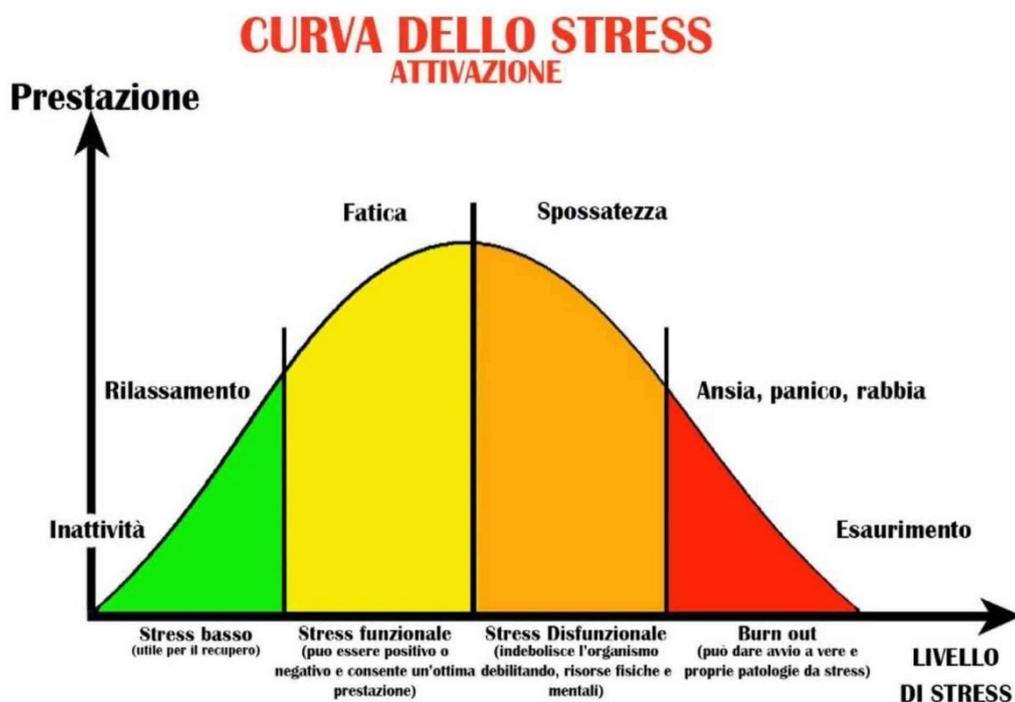
Una delle variabili più rilevanti da considerare in un processo produttivo ed in particolare nell'organizzazione di un ciclo di lavoro è lo stress dell'operatore, ovvero come lo stress va ad incidere sul soggetto che è chiamato a svolgere una certa attività.

Il termine stress deriva dall'antico francese "estrece", che significa "strettezza" "oppressione" dal latino stringere, più precisamente dal participio passato "strictus", ovvero "stretto, angusto, serrato", il termine rende bene l'idea della tensione a cui è sottoposto l'organismo di chi deve reagire a un evento pressante o minaccioso; tuttavia, questo termine può assumere una doppia valenza, l'una positiva e l'altra negativa.

Nel primo caso si fa riferimento al concetto di eustress<sup>1</sup>: un soggetto, definito come eustressato, è colui che si sente adeguatamente stimolato, possiede il controllo sulla situazione ambientale interna e riesce a far fronte alla problematica creatasi, nel secondo caso si parla di distress<sup>2</sup>: un individuo che, prende il nome di distressato, è colui che si trova di fronte a richieste provenienti dall'ambiente, che percepisce come superiori alle sue stesse capacità; quindi, si ha a che fare con un soggetto che, seppur impegnandosi, si trova di fronte ad un ambiente sfavorevole, che lo porta ad uno stato di crisi, che, a sua volta, non gli permette di affrontare in modo sano la situazione.

1 Eustress: "Stress con effetto positivo, provocato da stimoli intensi, ma costruttivi e interessanti" <https://www.garzantilinguistica.it/ricerca/?q=eustress>

2 Distress: "Stress negativo, che è causa di problemi psicologici e fisici"  
<https://www.garzantilinguistica.it/ricerca/?q=distress>



Fi

gura 1: curva dello stress

Questo lavoro cercherà di analizzare l'accezione negativa della parola "stress" nell'ambiente di lavoro.

La gestione efficace della salute e della sicurezza nel luogo di lavoro è un bene per i lavoratori, un bene per l'azienda e un bene per l'intera società.

Nell'Accordo quadro europeo del 2004, lo stress lavoro-correlato (Slc) viene definito come "una condizione che può essere accompagnata da disturbi o disfunzioni di natura fisica, psicologica o sociale ed è conseguenza del fatto che taluni individui non si sentono in grado di corrispondere alle richieste o alle aspettative riposte in loro". Lo Slc, pertanto, può interessare potenzialmente ogni

luogo di lavoro e ogni lavoratore in quanto causato da aspetti diversi strettamente connessi con l'organizzazione e l'ambiente di lavoro.

In Italia, il vigente quadro normativo, costituito dal d.lgs. 81/2008 e s.m.i., stabilisce l'obbligo per il datore di lavoro di valutare e gestire il rischio Slc al pari di tutti gli altri rischi per la salute e sicurezza, in recepimento dei contenuti dell'Accordo quadro europeo. A tal proposito nel novembre del 2010 la Commissione consultiva permanente per la salute e la sicurezza sul lavoro ha elaborato le indicazioni necessarie alla valutazione del rischio Slc individuando un percorso metodologico che rappresenta il livello minimo di attuazione di tale obbligo.

Nel 2011, il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale ha pubblicato una Metodologia per la valutazione e gestione del rischio Slc, aggiornata nel 2017, per supportare le aziende nella valutazione di tale rischio, ai sensi del d.lgs. 81/2008 e s.m.i. e sulla base di un percorso metodologico scientificamente fondato e strumenti di valutazione validi e affidabili.

È stata inoltre sviluppata una piattaforma online per supportare le aziende nell'utilizzo degli strumenti di valutazione e gestione.[1]

La salute mentale è un problema che, coinvolge oltre un miliardo di persone nel mondo. Ed emerge che il lavoro non necessariamente nobilita l'uomo, ma può essere fonte di grande stress, che è un elemento scatenante la malattia mentale. Prova ne

sia il fatto che il 15% dei lavoratori nel mondo soffre di disturbi psichici [2]

Non è un fatto che riguarda solo i singoli, ma l'intera comunità: perché è un problema sempre più diffuso e perché la salute mentale ha un costo. È la stessa Oms a stimare che da oggi al 2030 andranno perse 12 miliardi di giornate lavorative e un trilione di dollari all'anno a causa di depressione e ansia.

Se si guarda solo all'Italia il quadro, peraltro, non è migliore rispetto al resto del mondo. La recentissima ricerca "L'era del Disagio", realizzata da Inc Non Profit Lab, il laboratorio dedicato al Terzo Settore di INC - PR Agency Content First (in collaborazione con AstraRicerche e con il patrocinio di Rai Per la Sostenibilità-Esg) registra che il 60,1% degli italiani convive da anni con uno o più disturbi della sfera psicologica. Ne soffrono di più le donne (65%) e i giovani della Generazione Z (75%, con punte addirittura dell'81% nel caso delle donne).

Lo stress legato all'attività lavorativa, che si manifesta quando le richieste superano le proprie possibilità, rappresenta la seconda malattia professionale più diffusa nell'Unione Europea dopo i problemi posturali. In Europa ne è affetto un lavoratore su quattro e le donne sono le più colpite. E ancora di più sono colpiti i giovani. Secondo l'edizione 2023 dell'indagine di Cigna International Health su quasi 12mila lavoratori in tutto il mondo, il 91% di età compresa tra 18 e 24 anni dichiara di

essere stressato, rispetto a una media generale che si attesta all'84%.[3]

La 4ª indagine europea sulle condizioni di lavoro ha rilevato che il 22% dei lavoratori provenienti da 25 Stati membri e da due paesi aderenti all'UE ha riferito di aver subito stress sul luogo di lavoro. La prevalenza dello stress segnalata è notevolmente diversa tra i nuovi Stati membri e la vecchia UE-15. I risultati della 4ª indagine europea sulle condizioni di lavoro hanno mostrato che il 20% dei lavoratori dell'UE-15 e il 30% dei 10 nuovi Stati membri ritenevano che la loro salute fosse a rischio a causa dello stress sul lavoro. A livello nazionale, i più alti livelli di stress segnalati sono stati osservati in Grecia (55%), Slovenia (38%), Svezia (38%) e Lettonia (37%) [4].

Nel 2002 la Commissione europea ha riferito che il costo dello stress legato al lavoro nell'UE-15 ammontava a circa 20 000 milioni di euro all'anno. [5].

Gli studi stimano che il 50-60% di tutti i giorni lavorativi persi ha alcuni legami con lo stress legato al lavoro [6].

A livello nazionale, è stato riscontrato che lo stress ha costi significativi e reali per i datori di lavoro e per la società in generale. In Germania, il costo dei disturbi psicologici è stato stimato a 3.000 milioni di euro nel 2001[16]. Nei Paesi Bassi nel 1998, i disturbi mentali erano la principale causa di incapacità (32%) e il costo della malattia psicologica

era stimato a 2,26 milioni di euro all'anno (Koukoulaki, 2004).

Nel Regno Unito, si stima che 70 milioni di giorni lavorativi vengano persi ogni anno a causa di problemi di salute mentale e 10 milioni di questi sono il risultato di ansia, depressione e stress. Nel 2005/06 si stima che lo stress, la depressione e l'ansia siano costati alla Gran Bretagna oltre 530 milioni di sterline.[7]. Indubbiamente, le cause e gli effetti dello stress da lavoro riflettono la natura mutevole e le esigenze del lavoro e dell'ambiente di lavoro

Lo stress può avere un impatto significativo sia sulla performance ovvero sull'attività che il lavoratore deve svolgere sia e sulla salute del lavoratore medesimo, influenzando direttamente la produttività e il benessere. È pertanto evidente che la considerazione di questa variabile nell'allocazione degli operatori rappresenta un aspetto critico per le organizzazioni che cercano di massimizzare il rendimento operativo, mantenendo nel contempo un ambiente di lavoro sano e sostenibile.

La necessità di riservare attenzione al luogo di lavoro è stata recepita anche a livello legislativo: il Decreto Legislativo 81/08 specifica che la valutazione dei rischi che riguardano la sicurezza e la salute dei lavoratori, deve riguardare anche i rischi collegati allo stress lavoro-correlato.

Altri fattori da considerare nell'analisi dello SLC sono la dimensione dell'impresa, settore e ubicazione (paese); com'è prevedibile, le imprese più piccole

segnalano un numero inferiore di misure di gestione della SSL rispetto alle imprese più grandi (grafico sotto). Tuttavia, è importante notare che il numero di misure in relazione alle dimensioni dell'impresa si riduce a un ritmo molto più rapido al di sotto dei 100 dipendenti.

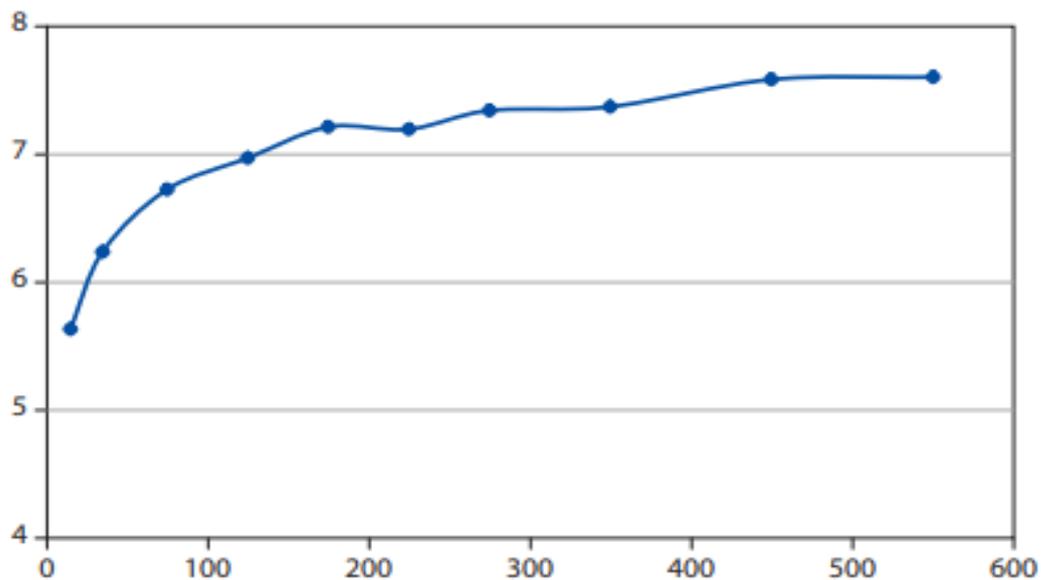


Figura 2: curva misure adottate di prevenzione-dipendenti azienda

Lo stress è una reazione fisiologica e psicologica naturale che si verifica quando un individuo percepisce una sfida, una minaccia o una pressione proveniente dall'ambiente esterno quindi anche nel contesto lavorativo. A questo punto cerchiamo di analizzare quali possono essere i fattori che vanno a creare stress; le situazioni stressanti possono derivare da una vasta gamma di fattori, tra cui:

- **Pressione dei tempi:** Scadenze stringenti e un carico di lavoro eccessivo possono mettere a dura prova la capacità di un lavoratore di gestire le proprie attività in modo efficiente.

- **Carico di lavoro elevato:** Lavorare costantemente al massimo delle proprie capacità senza opportunità di recupero può portare a un crescente senso di stress e affaticamento.
- **Relazioni interpersonali difficili:** Conflitti o tensioni con i colleghi o i superiori possono essere una fonte significativa di stress sul posto di lavoro.
- **Aspettative elevate:** Aspettative irrealistiche da parte dell'azienda o dei superiori possono far sentire i lavoratori costantemente sotto pressione per raggiungere obiettivi irraggiungibili.
- **Mancanza di controllo:** La percezione di non avere il controllo sulle proprie attività lavorative può aumentare lo stress.



Figura 3: incidenza di ciascun fattore di stress

L'ergonomia è la scienza che cerca di adattare il lavoro all'uomo, contrapponendosi alle modalità di lavoro in cui si cerca invece di adattare l'uomo alle macchine, essa ha lo scopo di migliorare le prestazioni del sistema e la soddisfazione ed il benessere dei lavoratori; si concentra sull'identificazione e la gestione dei fattori stressanti nell'ambiente lavorativo al fine di migliorare il benessere dei lavoratori e ottimizzare le prestazioni. Questa branca dell'ergonomia cerca di ridurre o eliminare le fonti di stress, non solo per migliorare il rendimento individuale, ma anche per creare condizioni di lavoro che siano sostenibili nel lungo termine.

L'ergonomia ha implicazioni dirette sull'allocazione degli operatori, cerca di ottimizzare gli spazi di lavoro, le attività, le posture, gli strumenti e l'organizzazione del lavoro (carico, ritmi, pause, ecc.) per renderle a misura d'uomo e garantire al lavoratore comfort e sicurezza. [8].

Considerare lo stress come variabile critica in questo processo decisionale può consentire alle organizzazioni di assegnare i compiti in modo più equo e razionale, evitando di sovraccaricare i dipendenti stressati e mantenendo un ambiente di lavoro più equilibrato.

Si esamineranno più approfonditamente i concetti chiave dell'ergonomia cognitiva, gli effetti sulle prestazioni e le implicazioni pratiche per l'allocazione degli operatori. Sarà essenziale comprendere come la variabile dello stress possa influenzare la pianificazione delle risorse umane e

come possa essere integrata in modo efficace nel processo decisionale per migliorare l'efficienza e il benessere complessivo dell'organizzazione.

In sintesi, l'ergonomia è un approccio fondamentale per creare ambienti di lavoro sani ed efficienti. Considerare e gestire lo stress dei lavoratori non solo migliora il loro benessere, ma può anche contribuire a una maggiore produttività e a una maggiore valorizzazione dei talenti all'interno dell'organizzazione.

L'ergonomia si concentra sulla progettazione di un ambiente di lavoro che riduca al minimo le fonti di stress e favorisca il benessere dei lavoratori cercando di creare un equilibrio tra la necessità di raggiungere obiettivi operativi ed economici e la necessità di preservare la salute mentale e fisica dei dipendenti.

Aspetti chiave dell'ergonomia cognitiva includono:

- **Identificazione delle fonti di stress:** Prima di poter affrontare il problema dello stress, è necessario identificare le fonti specifiche di stress nell'ambiente lavorativo. Ciò può comportare indagini, osservazioni e comunicazioni aperte con i dipendenti.
- **Progettazione di ambienti di lavoro ottimali:** è necessario prendere in considerazione l'organizzazione del lavoro, la disposizione delle attrezzature, l'ergonomia delle postazioni di lavoro e la gestione delle aspettative per creare un ambiente di lavoro che sia più favorevole al benessere e alla produttività.

- **Interventi per la riduzione dello stress:** Una volta individuate le fonti di stress, vengono sviluppati interventi mirati per ridurre l'impatto. Questi interventi possono includere la ridefinizione dei compiti, la gestione del carico di lavoro, programmi di gestione dello stress e la promozione di una cultura aziendale che valorizzi l'equilibrio tra lavoro e vita personale.
- **Monitoraggio e valutazione:** L'ergonomia dello stress richiede un monitoraggio costante per valutare l'efficacia degli interventi e apportare modifiche in caso di necessità. La valutazione può coinvolgere feedback dai dipendenti, dati sulle prestazioni e indicatori di salute.

Ulteriori aspetti chiave di questa disciplina sono:

- **Adattamento alle differenze individuali:** Un aspetto cruciale dell'ergonomia dello stress è l'attenzione alle differenze individuali tra i lavoratori. Ogni individuo reagisce in modo diverso allo stress, quindi è importante adottare un approccio personalizzato nella gestione delle fonti di stress. Ciò può implicare la personalizzazione delle assegnazioni di lavoro, delle tempistiche e delle modalità di gestione per adattarsi alle esigenze specifiche di ciascun dipendente.
- **Promozione del supporto sociale:** L'ergonomia dello stress riconosce l'importanza del supporto sociale all'interno dell'organizzazione. La creazione di una cultura aziendale che promuova la comunicazione aperta, l'empatia tra colleghi e l'assistenza

reciproca può aiutare i lavoratori a far fronte allo stress in modo più efficace.

- **Programmi di benessere:** Molte organizzazioni adottano programmi di benessere per affrontare lo stress sul lavoro. Questi programmi possono includere sessioni di formazione sulla gestione dello stress, consulenze psicologiche, servizi di assistenza ai dipendenti e offerte di attività fisiche o di rilassamento per promuovere il benessere generale.
- **Ruolo dei responsabili delle risorse umane:** I professionisti delle risorse umane svolgono un ruolo chiave nell'applicazione dell'ergonomia dello stress sul lavoro. Essi devono essere in grado di identificare le problematiche legate allo stress e di collaborare con i dipartimenti aziendali per sviluppare strategie di gestione dello stress efficaci.
- **Valutazione costante:** L'ergonomia dello stress richiede una valutazione costante dell'efficacia delle misure adottate. Ciò implica il monitoraggio dei livelli di stress dei dipendenti, il raccoglimento di feedback e la modifica delle strategie in base ai risultati ottenuti.

In conclusione, l'ergonomia cognitiva è un campo in costante evoluzione che mira a migliorare la salute, la soddisfazione e le prestazioni dei lavoratori. L'integrazione di queste pratiche nell'ambiente aziendale può portare a un maggiore benessere individuale, a una cultura organizzativa più positiva e a una maggiore competitività nel mercato del lavoro. L'attenzione alla gestione dello stress diventa sempre più cruciale nella società moderna,

dove la pressione e le aspettative sono sempre in aumento.

## **3 CAPITOLO 2: METODI TRADIZIONALI PER L'ALLOCAZIONE OPERATORE- PRODOTTO.**

La sopravvivenza, lo sviluppo ed il successo dell'impresa dipendono largamente dalle persone che all'interno dell'organizzazione progettano e dirigono le attività e attrezzature, decidono come e dove utilizzare le risorse, sono coloro che fanno funzionare i processi, il loro contributo è determinante nel produrre un buono o cattivo funzionamento dell'organizzazione:

“ogni aspetto dell'attività di una azienda è determinata dalla competenza, dalla motivazione e dall'efficienza generale della sua organizzazione umana” (Likert, *The Human Organization: Its Management and Value*).

Le risorse umane sono dunque un investimento strategico per le aziende: sono l'investimento più complesso, economicamente rilevante e di lunga durata che il management aziendale è chiamato a governare per assicurare i ritorni, con continuità nel tempo, in termini di risultati per gli utenti e di risposte positive alle corrette aspettative dei collaboratori

Nel contesto della gestione operativa aziendale, l'allocazione dell'operatore rappresenta un elemento cruciale per ottimizzare l'efficienza delle operazioni e massimizzare la produttività. Questo processo consiste nell'assegnare i lavoratori alle diverse

attività o postazioni di lavoro all'interno di un'organizzazione di produzione.

In questo capitolo, esploreremo in dettaglio come funziona l'allocazione dell'operatore in un contesto di produzione tradizionale, mettendo in evidenza le teorie e le pratiche che lo guidano.

Le teorie sottostanti all'allocazione dell'operatore in un contesto tradizionale includono: la teoria delle code e la teoria dell'equilibrio del carico. La prima è un ramo dell'analisi operativa che si concentra sulla gestione e l'ottimizzazione delle code di attesa. Nel contesto di produzione, questo significa considerare le code di operai in attesa di svolgere determinate attività o processi. L'obiettivo principale è minimizzare il tempo di attesa e massimizzare l'utilizzo delle risorse umane.

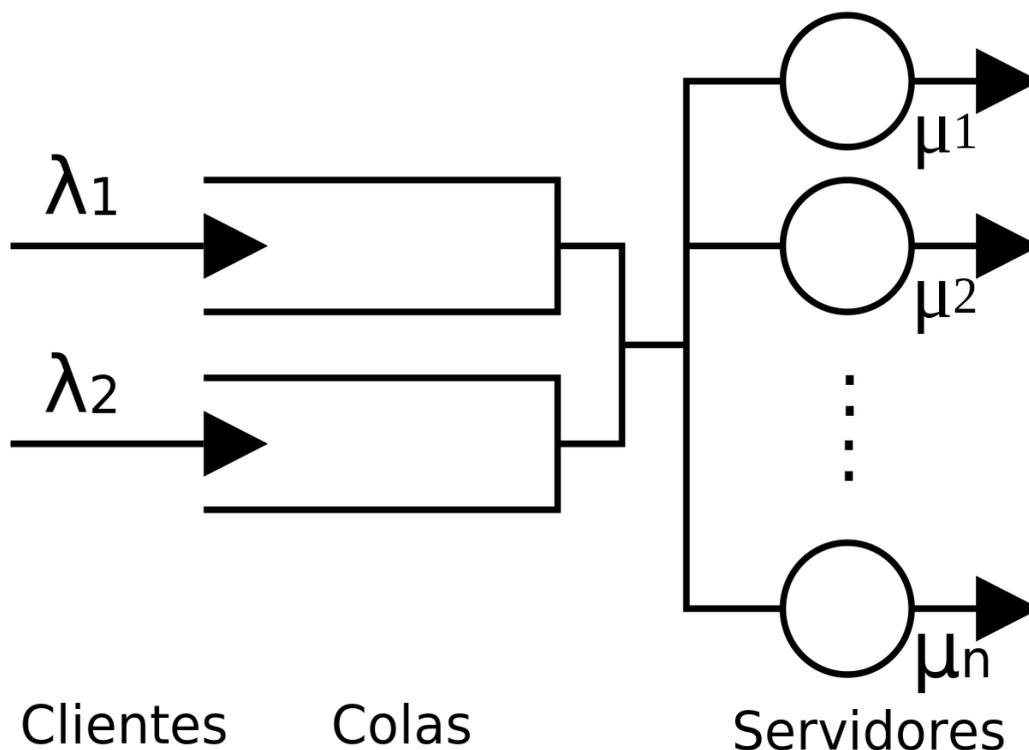


Figura 4: Schema di un sistema a coda

La teoria dell'equilibrio del carico si riferisce alla distribuzione ottimale del lavoro tra gli operatori. L'idea di base è garantire che ciascun operatore abbia un carico di lavoro equo, evitando sovraccarichi o sottoutilizzazioni. Questo approccio mira a massimizzare l'efficienza complessiva dell'organizzazione.

L'allocazione dell'operatore inizia con un'attenta analisi della domanda di produzione e delle risorse umane disponibili. È fondamentale comprendere quanto lavoro deve essere svolto, quando deve essere completato e quali competenze sono necessarie per portarlo a termine. Questa fase iniziale aiuta a stabilire una base solida per il processo di assegnazione.

Una volta compresa la domanda e le risorse disponibili, si procede all'assegnazione dei compiti o delle attività agli operatori. Questa fase è critica poiché determina come il lavoro verrà distribuito tra i membri del team. L'obiettivo principale è garantire che ciascun operatore sia assegnato a compiti che siano congruenti con le sue competenze e le sue capacità. Ciò non solo migliora l'efficienza ma riduce anche la probabilità di errori o ritardi.

L'allocazione dell'operatore non è un processo statico ma dinamico. È necessario monitorare costantemente il progresso delle operazioni e adattare l'allocazione in base alle variazioni nella domanda di produzione, alle emergenze o alle fluttuazioni delle risorse umane. Ad esempio, se si verifica un aumento improvviso della domanda, potrebbe essere necessario spostare risorse da un'area all'altra per soddisfare la richiesta.

L'obiettivo finale dell'allocazione dell'operatore è l'ottimizzazione continua. Questo significa cercare costantemente modi per migliorare l'efficienza e la produttività complessiva. Gli sforzi mirano a ridurre gli sprechi di tempo e risorse, massimizzare l'utilizzo delle risorse umane disponibili e migliorare la qualità del lavoro. L'ottimizzazione continua è un processo iterativo che coinvolge il monitoraggio delle prestazioni, la raccolta di feedback e l'implementazione di miglioramenti.

Nel processo di allocazione dell'operatore, molte variabili entrano in gioco. Alcune attività possono avere una priorità più alta rispetto ad altre, e la complessità delle mansioni può variare notevolmente, inoltre, la capacità di adattamento degli operatori e le loro caratteristiche fisiche e psicologiche influiscono sull'allocazione. La flessibilità e la capacità di adattamento sono particolarmente importanti in situazioni in cui è richiesta una risposta rapida alle variazioni della domanda di produzione.

Inoltre, gli strumenti e le tecnologie moderne possono assistere nell'allocazione dell'operatore. I sistemi di pianificazione della produzione, i software di gestione delle risorse umane e gli algoritmi di ottimizzazione possono rendere il processo più efficiente e preciso.

Un altro aspetto da non trascurare è l'importanza dell'addestramento e dello sviluppo degli operatori, investire nelle competenze e nella formazione continua può aumentare la versatilità degli operatori e migliorare la loro capacità di adattamento alle sfide in evoluzione

In conclusione, l'allocazione dell'operatore in un contesto di produzione tradizionale è un processo complesso che richiede una pianificazione accurata e una gestione attenta delle risorse umane. Una corretta allocazione contribuisce non solo a migliorare l'efficienza operativa ma anche a promuovere il benessere dei lavoratori, riducendo il rischio di sovraccarico o sottoutilizzo. Tuttavia, è importante notare che l'allocazione dell'operatore può essere influenzata da una serie di variabili, tra cui il livello di stress degli operatori, argomento che esamineremo nel capitolo successivo per valutare come tale variabile possa impattare sull'efficienza e sulla qualità delle operazioni aziendali.

# **4 CAPITOLO                    3:                    ALLOCAZIONE**

## **OPERATORE-PRODOTTO            NEL            CASO**

### **STUDIO ArsTech.**

#### **4.1 Reparto laminazione dell'azienda ArsTech**

Il lavoro in oggetto è stato elaborato prendendo in considerazione la modalità di lavoro adottata nel reparto laminazione dell'azienda "ArsTech", tra i cui prodotti principali ci sono **componenti in fibra di carbonio ad alte prestazioni** sia per il mercato automobilistico, sia per applicazioni racing che stradali. I prodotti, avendo caratteristiche molto spesso uniche e poco ripetibili, vengono realizzati secondo precise esigenze del cliente. Per tali motivi la produzione è strutturata in reparti, cinque adibiti alla lavorazione del prodotto e delle materie prime che lo compongono ed uno è adibito al controllo qualità.

Il reparto scelto come caso studio è quello in cui avviene la laminazione del prodotto. La laminazione a mano consiste nel depositare manualmente tessuti o nastri preimpregnati sullo stampo. La scelta è ricaduta sul reparto di laminazione in quanto il lavoro manuale è prevalente. Gli operatori devono mantenere sempre la massima concentrazione durante il lavoro perché ogni pezzo è diverso dall'altro e le lavorazioni effettuate sono spesso specifiche del prodotto. L'operatore è quindi sottoposto ad un carico mentale e cognitivo importante durante l'intero turno di lavoro. In alcune

postazioni si riscontrano anche rilevanti sforzi fisici dovuti alle grandi dimensioni del pezzo lavorato che costringono l'operatore a mantenere posture improprie e scomode in modo prolungato. I pezzi arrivano dopo essere stati lavorati nel reparto taglio e la corretta allocazione degli operatori è cruciale per garantire la qualità del prodotto e l'efficienza delle operazioni. In questo contesto, le caratteristiche dei pezzi da laminare, la complessità delle operazioni e il livello di esperienza degli operatori giocano un ruolo determinante nell'allocazione.

I pezzi vengono catalogati sulla base del loro livello di complessità di lavorazione e si suddividono in tre categorie: livello 1, livello 2 e livello 3, in ordine decrescente di complessità. I pezzi di livello 1 sono quelli più difficili da laminare, mentre quelli di livello 3 richiedono competenze più basiche. Anche a ciascun operaio è assegnato un livello di esperienza in una scala di tre livelli strutturata come la precedente, per cui la complessità del pezzo deve essere compatibile con il livello di esperienza dell'operatore.

Il team leader svolge un ruolo cruciale nell'allocazione degli operatori ai pezzi da lavorare, nonché a lui competono tutte le attività di formazione e di risoluzione delle problematiche delle risorse del proprio team. La sua esperienza e comprensione dei membri del team lo rendono in grado di prendere decisioni consapevoli sull'assegnazione delle risorse umane ai vari tipi di prodotto da lavorare. Il team leader può valutare le competenze individuali degli operatori e la complessità dei pezzi disponibili per determinare

quali assegnazioni massimizzino la produttività e la qualità.

Un approccio comune è assegnare gli operatori più esperti ai pezzi di livello 1, dove la complessità è maggiore e dove la loro esperienza può essere sfruttata al massimo. Gli operatori meno esperti possono essere assegnati ai pezzi di livello 3, permettendo loro di acquisire esperienza e competenze gradualmente; ad un operatore di livello 3 può essere assegnato anche un pezzo di complessità maggiore a condizione che sia affiancato da un collega più esperto, detto co-worker. Questo approccio consente di sfruttare al meglio le competenze degli operatori, garantendo che i pezzi più complessi siano lavorati da persone con una buona esperienza.

#### **4.2 Metodo per l'allocazione operatore-prodotto in ArsTech**

In questo contesto iniziale si sono sviluppati i seguenti diagrammi di flusso, che hanno lo scopo di meccanicizzare il lavoro del team leader (rendendolo quasi scientifico), e nei quali non è stata considerata la variabile dello stress:

Il 1° diagramma di flusso è stato sviluppato focalizzando l'attenzione sull'operatore; il team leader legge il primo prodotto della lista, ordinata per priorità temporale di consegna, controlla la difficoltà del pezzo e decide, sulla base degli operatori disponibili, chi è il più adatto per la lavorazione del pezzo. Se non ci sono operatori con le competenze necessarie per la lavorazione del

pezzo preso in considerazione, il team leader passa ad assegnare il secondo prodotto della lista.

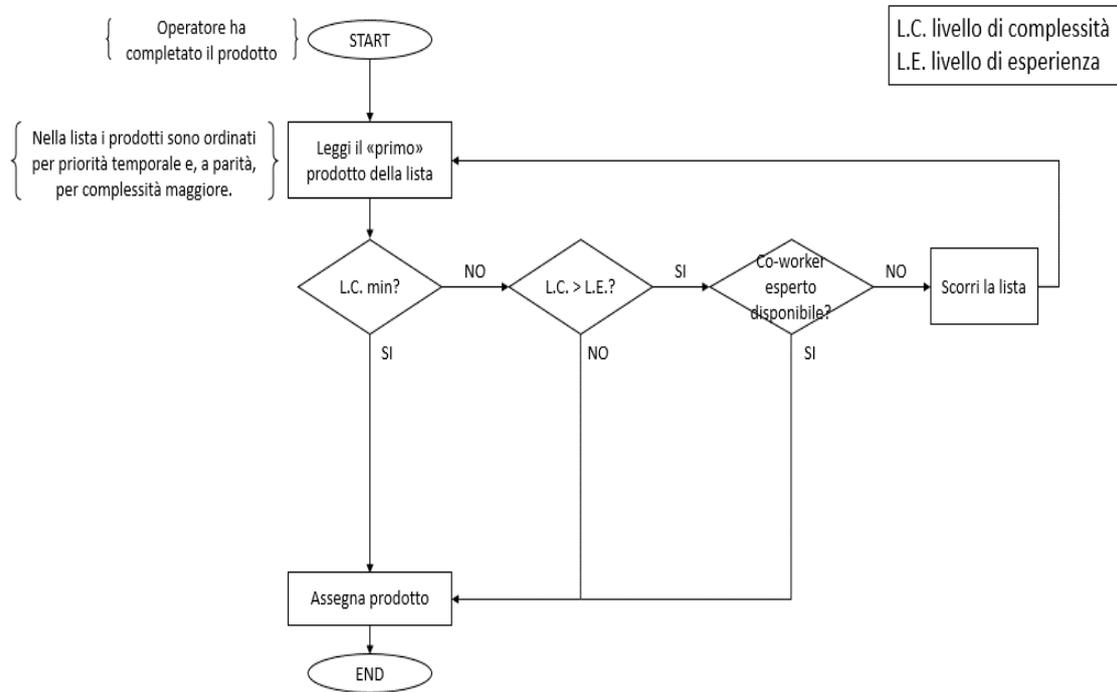


Figura 5: 1° diagramma di flusso

Il 2° diagramma di flusso pone la sua attenzione maggiormente sul prodotto; il pezzo arriva dal reparto laminazione e il team leader lo deve assegnare, legge la lista operatori e, trovato il primo libero, valuta se possiede le competenze per la lavorazione del pezzo. Se il lavoratore libero è adatto, glielo assegna; in caso contrario scorre la lista cercando il prossimo operatore libero, ripetendo il procedimento fino alla completa

assegnazione.

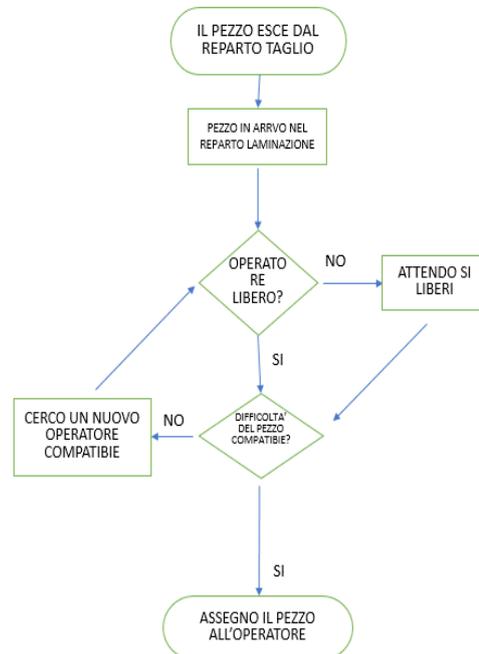


Figura 6: 2° diagramma di flusso

### 4.3 Nuovo metodo per l'allocazione operatore-prodotto considerando lo stress dell'operatore

L'introduzione della variabile dello stress nell'allocazione dell'operatore nel reparto di laminazione aggiunge un livello di complessità e una considerazione importante per il benessere dei lavoratori. Lo stress può essere monitorato in diversi modi (interviste, questionari, ...), quello scelto in questa trattazione sarà mediante un software che dopo aver prestabilito un valore limite, oltre il quale l'operatore si ritiene stressato, segnala quando e quanto il livello di stress di un operatore varia all'interno dell'orario lavorativo. Considerando lo

stress, l'allocazione deve bilanciare non solo le competenze, ma anche l'equilibrio emotivo. Gli operatori che già sperimentano elevati livelli di stress dovrebbero essere assegnati a pezzi che non aggiungano ulteriore pressione emotiva o, se ciò non è possibile, vengono mandati in pausa di un quarto d'ora per abbassare il livello di stress e non bloccare la macchina produttiva aziendale. Al contrario, gli operatori che gestiscono meglio lo stress possono essere assegnati a pezzi più complessi. Un'ulteriore strategia per gestire lo stress è implementare una rotazione periodica degli operatori tra pezzi di diversa complessità. Questo può aiutare a prevenire l'accumulo di stress e garantire che tutti gli operatori abbiano l'opportunità di lavorare su pezzi di diverso livello di difficoltà.

Il team leader assume un ruolo ancora più rilevante nella gestione dello stress degli operatori. Deve essere sensibile alle segnalazioni di stress e alle esigenze individuali dei membri del team. A tal proposito è stato sviluppato il diagramma di flusso, riportato di seguito, partendo dal primo dei due precedenti senza stress, in cui si vuole fornire al team leader un nuovo strumento per lo svolgimento del suo compito che, con l'aggiunta della nuova variabile, è diventato più complesso. Tra quelli elaborati, il diagramma che verrà portato avanti nella trattazione e su cui si baseranno le simulazioni del prossimo capitolo è il seguente poiché considera la variabile stress ponendo al centro l'operatore, colui sul quale la presente trattazione vuole mettere

in luce gli effetti delle strategie di mitigazione dello stress.

.

Il diagramma riporta schematicamente il lavoro svolto dal team leader, che, nell'assegnazione del lavoro, legge il primo prodotto della lista, nella quale sono ordinati per priorità temporale e per livello di difficoltà. Valuta la complessità della lavorazione e, dopo aver trovato un operatore adatto, si pone il quesito se sia o meno stressato. Se dall'analisi dei dati del software, responsabile dell'analisi dello stress, il lavoratore individuato non risulta stressato, procede ad assegnargli il prodotto; se invece risulta stressato, il team leader valuta esaminando la lista di produzione se sia possibile assegnargli un prodotto di difficoltà minore, se non ci sono prodotti che rispondono a quest'esigenza o se la lista è terminata, assegna al lavoratore stressato una pausa il cui scopo è diminuire lo stress, e solo successivamente gli assegna il prodotto da lavorare e si ripete l'algoritmo fino alla completa assegnazione di tutti i prodotti.



situazione degli operatori è stabile e soddisfacente per le esigenze operative dell'azienda.

Questo approccio sistematico alla gestione dello stress degli operatori nell'allocazione dei pezzi da laminare nel reparto di laminazione mira a garantire la massima efficienza operativa senza compromettere il benessere dei lavoratori. La considerazione dello stress come variabile chiave contribuisce a creare un ambiente di lavoro più sano e produttivo.

## **5 CAPITOLO 4: SIMULAZIONE DEL NUOVO METODO DI ALLOCAZIONE OPERATORE-PRODOTTO**

Dopo aver esaminato l'allocazione dell'operatore-prodotto nel reparto di laminazione considerando sia le competenze degli operatori che il livello di stress, il presente capitolo si focalizzerà sulla simulazione e l'analisi dei risultati ottenuti.

Il nostro scopo è cercare di verificare se facendo l'allocazione prodotto-operatore tenendo in considerazione la variabile dello stress e quindi, considerando il livello di stress dell'operatore, l'azienda riesce in ogni caso ad ottenere risultati soddisfacenti per quanto riguarda la produttività.

Questa fase è cruciale per valutare l'efficacia delle strategie di allocazione e determinare l'impatto sul benessere dei lavoratori e sull'efficienza operativa, vogliamo cercare di verificare che la considerazione del benessere mentale dell'operatore non interferisce negativamente nella produttività aziendale, anzi se si tiene in considerazione lo stress del lavoratore e si adottano strategie per eliminarlo o almeno per abbassarlo; l'operatore riuscirà a lavorare meglio raggiungendo comunque i risultati aziendali richiesti.

La simulazione si basa sulla definizione del diagramma di allocazione operatore-prodotto, con e senza considerare il livello di stress di ciascun operatore

L'analisi è partita da una lista di operatori e di pezzi che essi avevano lavorato nell'arco di una

settimana. Per ogni prodotto lavorato è stata assegnata una scadenza per la consegna ed è stato individuato un tempo di lavorazione, così come riportato nella tabella sottostante.

<b>Codice prodotto</b>	<b>Livello</b>	<b>possibile data di consegna dello scenario as-is (2023)</b>	<b>tempo lavorazioni dei prodotti</b>
1011347M	<b>1</b>	11/11/2020 17:00	24
LMP2C-CA-5028	<b>1</b>	09/11/2020 17:00	8
G112B-0129LP.00	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	2
G112B-0130RP.00	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	2
G112B-0128RP.00	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	2
APD01A02023L2A	<b>3</b>	09/11/2020 17:00	1
G112B-0127LP.00	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	2
APD01A01A01R1C	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	4
APM30A01032R2C	<b>1</b>	09/11/2020 17:00	16
APD01A02022L2C	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	8
APD01A01032R3A	<b>3</b>	09/11/2020 17:00	2
APD01A01032R2A	<b>3</b>	09/11/2020 17:00	2
APD01A01004-2A	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	4
LMP2C-CA-5029	<b>1</b>	09/11/2020 17:00	8
APD01A01A01L1C	<b>2</b>	09/11/2020 17:00	4
G112B-0075LP.00	<b>1</b>	10/11/2020 17:00	12
DPI17-CA-0006	<b>1</b>	11/11/2020 17:00	16
APD01A01003-2E	<b>2</b>	10/11/2020 17:00	2
LMP2C-CA-0172	<b>3</b>	10/11/2020 17:00	3
APD01A01001-2D	<b>2</b>	10/11/2020 17:00	2
APD01A01005-2D	<b>2</b>	10/11/2020 17:00	4
LMP2C-CA-0079	<b>3</b>	10/11/2020 17:00	1
APD01A02A01L2A	<b>3</b>	10/11/2020 17:00	12
G112B-0076RP.00	<b>1</b>	11/11/2020 17:00	19
LMP2C-CA-5028	<b>1</b>	10/11/2020 17:00	7
APD01A02A01R2A	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	8
G112B-0061LP.00	<b>2</b>	11/11/2020 17:00	12
G112B-0071LP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	12
G112B-0085LP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	2
G112B-0087LP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	9
50141-713A-3000	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	3
G112B-0088RP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	2
G112B-0056RP.00	<b>2</b>	11/11/2020 17:00	12
50143-713A-3000	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	8
G112B-0125LP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	1
G112B-0086RP.00	<b>3</b>	11/11/2020 17:00	2
G112B-0063LP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	8

Figura 8: tabella prodotti (prima parte)

LMP2C-CA-5029	<b>1</b>	12/11/2020 17:00	8
DPI17-CA-0008	<b>1</b>	13/11/2020 17:00	20
APD01A01002-2C	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	8
G112B-0062RP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	16
LMP2C-CA-0080	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	8
G112B-0055LP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	4
G112B-0130RP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	6
G112B-0007.NP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	3
G112B-0007.NP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	3
APD01A02A01R2A	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	4
LMP2C-CA-0173	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	2
G112B-0069RP.00	<b>1</b>	12/11/2020 17:00	16
G112B-0081LP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	2
G112B-0029NP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	1
G112B-0128RP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	1
LMP2C-CA-5012	<b>1</b>	13/11/2020 17:00	18
G112B-0082RP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	3
24-02-075	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	3
24-02-076	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	4
G112B-0129LP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	1
G112B-0127LP.00	<b>2</b>	12/11/2020 17:00	1
G112B-0091LP.00		12/11/2020 17:00	2
G112B-0092RP.00	<b>3</b>	12/11/2020 17:00	1
G112B-0075LP.00	<b>1</b>	13/11/2020 17:00	24
G112B-0072RP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	5
G112B-0058RP.00	<b>1</b>	13/11/2020 17:00	16
514222000.000.00	<b>2</b>	13/11/2020 17:00	8
G112B-0007.NP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	4
G112B-0007.NP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	4
G112B-0071LP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	3
LMP2C-CA-5028	<b>1</b>	13/11/2020 17:00	8
G112B-0088RP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	2
G112B-0087LP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	2
G112B-0086RP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	4
G112B-0085LP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	4
G112B-0094RP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	2
G112B-0093LP.00	<b>3</b>	13/11/2020 17:00	2

Figura 9.: tabella prodotti (seconda parte)

Successivamente veniva riportato il tutto in un “diagramma di allocazione” in cui i diversi prodotti erano differenziati oltre che dal codice prodotto anche dalle differenti colorazioni.

Detto diagramma è stato elaborato prendendo in considerazione il lavoro svolto dagli operatori in una settimana. Si è riportato l’assegnazione che il team leader aveva fatto per la lista di prodotti di cui sopra e per ciascun operatore, senza considerare la variabile dello stress, si è provveduto a segnare i pezzi lavorati durante le giornate facendo attenzione ai tempi di consegna e al rispetto dell’orario lavorativo di 8 ore.

Quindi il diagramma ha indicato in alto il giorno della settimana, suddiviso in fasce orarie corrispondenti alle ore lavorate, nella colonna verticale di sinistra vengono riportati i singoli operatori chiamati con le lettere dell’alfabeto (da A a Z) e accanto a ciascuno vi è l’indicazione del prodotto lavorato (indicato mediante il codice prodotto) nel proprio orario di lavoro.

Nel processo di simulazione, è necessario definire i parametri chiave che influenzano l’allocazione degli operatori. Questi includono:

- Le competenze degli operatori.
- La complessità dei pezzi da laminare.
- Il livello di stress iniziale degli operatori (solo per i secondi diagrammi).
- Data di consegna del pezzo in lavorazione.
- Ore di lavorazione necessarie all’operatore.

lun 09/11

Operatore	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	
A	APD01A02022L2C									APD01A02022L2C									
B	1011347M									1011347M									
C																			
D	LMP2C-CA-5029									LMP2C-CA-5029									
F																			
H	LMP2C-CA-5028									LMP2C-CA-5028									
I	G112B-0129LP.00	G112B-0130RP.00		12B-0128RP					12B-0128RP		D01A02023L	G112B-0127LP.00							
J	APD01A01A01R1C									APD01A01A01L1C									
K																			
L																			
M																			
O																			
P																			
R	APD01A01032R3A				APD01A01032R2A							APD01A01004-2A							
S	APM30A01032R2C									APM30A01032R2C									
T																			
U																			
V																			
Z	APM30A01032R2C									APM30A01032R2C									

Figura 10: lunedì

mar 10/11

Operatore	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	
A	G112B-0076RP.00									G112B-0076RP.00								D01A02A01R	
B	1011347M									1011347M									
C																			
D	LMP2C-CA-5028									LMP2C-CA-5028								D01A02A01R	
F	DPI17-CA-0006									DPI17-CA-0006									
H	LMP2C-CA-0172				MP2C-CA-007														
I	G112B-0075LP.00									G112B-0075LP.00									
J																			
K																			
L																			
M																			
O	APD01A02A01L2A									APD01A02A01L2A									
P																			
R																			
S	G112B-0075LP.00									APD01A02A01L2A									
T																			
U	G112B-0076RP.00									G112B-0076RP.00									
V	APD01A01003-2E				APD01A01001-2D							APD01A01005-2D							
Z																			

Figura 11: martedì

merc 11/11

Operatore	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30
A	G112B-0087LP.00								G112B	G112B-0088RP.00				G112B-0086RP.00				
B	1011347M								1011347M									
C									50141-713A-3000				112B-0125LP.00					
D																		
F	DPI17-CA-0006								DPI17-CA-0006									
H	APD01A02A01R2A								APD01A02A01R2A				G112B-0085LP.00					
I	G112B-0071LP.00								G112B-0071LP.00									
J	G112B-0056RP.00								G112B-0056RP.00									
K																		
L																		
M																		
O	50143-713A-3000								50143-713A-3000									
P	G112B-0061LP.00								G112B-0071LP.00									
R																		
S	G112B-0076RP.00								G112B-0056RP.00									
T																		
U									G112B-0087LP.00									
V	G112B-0061LP.00								G112B-0061LP.00									
Z																		

Fi

gura 12: mercoledì

giovedì 12/11

Operatore	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30
A	G112B-0130RP.00								G112B-0130RP.00				G112B-01	G112B-01	G112B-0127LP.00			
B	G112B-0062RP.00								G112B-0062RP.00									
C																		
D																		
F	DPI17-CA-0008								DPI17-CA-0008									
H	LMP2C-CA-5029								LMP2C-CA-5029									
I	G112B-0063LP.00								G112B-0063LP.00									
J	G112B-0069RP.00								G112B-0069RP.00									
K	G112B-0007.NP.00				G112B-0007.NP.00				112B-0007.NP.				24-02-075					
L	G112B-0069RP.00								G112B-0069RP.00									
M	LMP2C-CA-0173				LMP2C-CA-5012				LMP2C-CA-5012									
O	APD01A02A01R2A								G112B	G112B	24-02-076							
P	G112B-0062RP.00								G112B-0062RP.00									
R																		
S	G112B-0081LP.00				G112B-0082RP.00				G112B-0092RP.00				G112B-0091LP.00					
T																		
U	LMP2C-CA-0080								LMP2C-CA-0080									
V	APD01A01002-2C								APD01A01002-2C									
Z	G112B-0055LP.00																	

Fi

gura 13: giovedì

ven 13/11

Operatore	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	
A	G112B-0088RP.00		G112B-0087LP.00								G112B-0094RP.00		G112B-0093LP.00						
B	G112B-0075LP.00										G112B-0075LP.00								
C																			
D																			
F	DPI17-CA-0008										DPI17-CA-0008								
H	LMP2C-CA-5028										LMP2C-CA-5028								
I	G112B-0072RP.00										G112B-0072RP.00		G112B-0071LP.00						
J	LMP2C-CA-5012										LMP2C-CA-5012								
K	G112B-0007.NP.00										G112B-0007.NP.00								
L	G112B-0058RP.00										G112B-0058RP.00								
M	LMP2C-CA-5012										DPI17-CA-0008								
O																			
P	G112B-0086RP.00										G112B-0085LP.00								
R	514222000.000.00										514222000.000.00								
S	G112B-0075LP.00										G112B-0075LP.00								
T	G112B-0058RP.00										G112B-0058RP.00								
U	G112B-0075LP.00										G112B-0075LP.00								
V	LMP2C-CA-5012										LMP2C-CA-5012								
Z																			

Fi

gura 14: venerdì

Dal diagramma non risultano pause durante le ore di lavoro, anche se va precisato che gli operatori effettuano una pausa al mattino e una nel pomeriggio di 10 minuti, l'unica pausa prevista nel diagramma è per il pranzo. L'assegnazione dei prodotti viene fatta in maniera tradizionale, cioè basandosi sul livello di complessità del prodotto e su quello di esperienza dell'operatore.

Il diagramma, inoltre, è stato costruito in maniera tale da rispettare i tempi di consegna che erano stati precedentemente individuati.

A questo punto si è proseguito nell'indagine ipotizzando un diverso contesto ovvero ogni operatore sono stati assegnati alcuni momenti di stress, questi momenti sono stati inseriti in modo casuale, comunque considerando un tempo massimo di stress pari al 20% dell'intero turno lavorativo.

L'indagine è stata condotta prevedendo due diversi scenari, nel primo caso, partendo dall'assegnazione del lavoro secondo il diagramma di cui sopra, sono state assegnate delle pause ai lavoratori sulla base dei loro momenti di stress, in tal modo si è voluto dimostrare che, pur non avendo cambiato l'assegnazione dei prodotti rispetto al diagramma di allocazione di cui sopra, prevedendo delle pause per abbassare il livello di stress, si è riusciti a rispettare i tempi di consegna dei prodotti. Nel secondo caso, invece, si è optato per una diversa modalità di distribuzione del lavoro, innanzitutto si è partiti col prendere in esame la lista di prodotti ordinati questa volta in maniera decrescente rispetto alla priorità di consegna e di difficoltà nella lavorazione, successivamente, partendo dal primo prodotto della lista si è provveduto ad assegnarlo al primo operatore libero non stressato che soddisfaceva il requisito della competenza, proseguendo in tal modo fino all'esaurimento dei prodotti della lista. In entrambe le simulazioni si è utilizzato il diagramma di flusso che teneva in considerazione la variabile dello stress, di cui abbiamo parlato nel capitolo tre.

L'inserimento di questa variabile ha determinato la necessità di prevedere alcune pause della durata di 10 minuti ciascuna, all'interno del flusso di lavoro di ciascun operatore in corrispondenza del momento in cui lo stesso risultava stressato al fine di abbassare i livelli di stress e migliorare la qualità del lavoro.

		lun 09/11																																					
Operatore	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45			
A	APD01A0202L2C																		APD01A0202L2C																				
B	1011347M										1011347M								1011347M																				
C																																							
D	LMP2C-CA-5029																		LMP2C-CA-5029																				
F																																							
H	LMP2C-CA-5028										LMP2C-CA-5028								LMP2C-CA-5028																				
I	G1128-0129LP.00				128-0129LP				G1128-0130RP.00				G1128-0128RP.00				G1128-0128RP.00				D01A02023U		APD01A02023L2A				G1128-0127LP.00												
J	APD01A01A01R1C																		APD01A01A01L1C																				
K																																							
L																																							
M																																							
O																																							
P																																							
R	APD01A01004-2A				APD01A01004-2A														APD01A01032R3A				APD01A01032R2A																
S	APM30A01032R2C																		APM30A01032R2C																				
T																																							
U																																							
V																																							
Z	APM30A01032R2C																		APM30A01032R2C																				

Figura 15: lunedì

		mar 10/11																																					
Operatore	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45			
A	G1128-0076RP.00																		G1128-0076RP.00						D01A02A01H														
B	1011347M										1011347M								1011347M																				
C																																							
D	LMP2C-CA-5028																		LMP2C-CA-5028						APD01A02A01R2A														
F	DP117-CA-0006				DP117-CA-0006														DP117-CA-0006																				
H	LMP2C-CA-0172										LMP2C-CA-0079																												
I	G1128-0075LP.00																		G1128-0075LP.00						G1128-0075LP.00														
J																																							
K																																							
L																																							
M																																							
O	APD01A02A01L2A				APD01A02A01L2A														APD01A02A01L2A																				
P																																							
R																																							
S	G1128-0075LP.00										G1128-0075LP.00								APD01A02A01L2A				APD01A02A01L2A																
T																																							
U	G1128-0076RP.00																		G1128-0076RP.00																				
V	APD01A01005-2E				D01A01003				APD01A01001-2D														APD01A01005-2D																
Z																																							

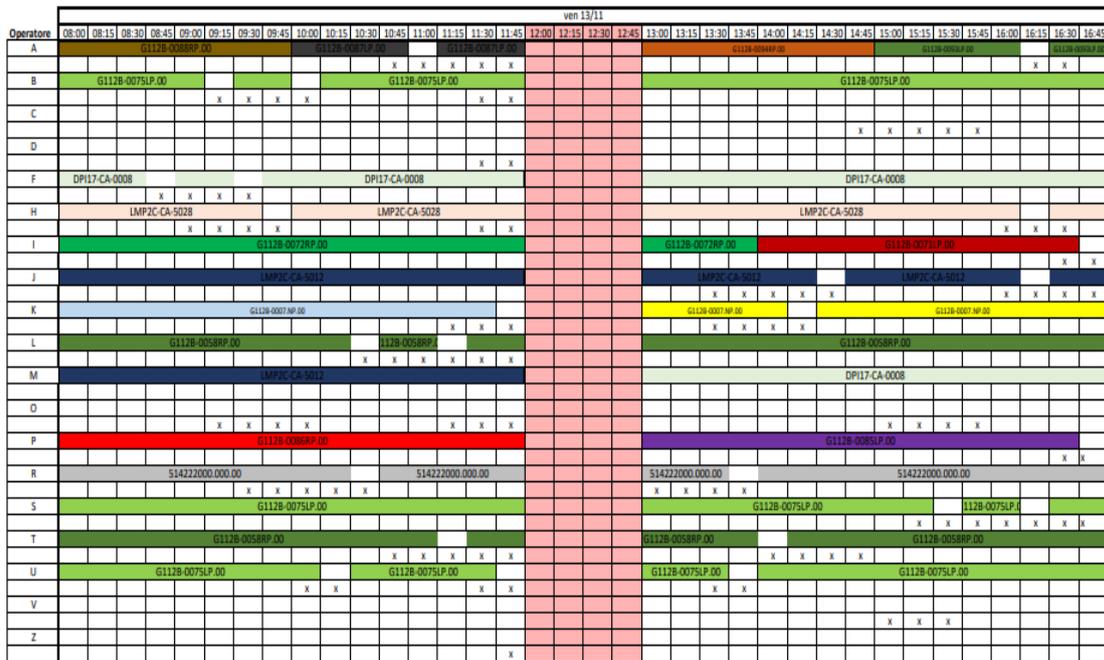
Figura 16: martedì

		merc 12/11																																			
Operatore		08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45
A		G1128-0087LP.00						G1128-0087LP.00						G1128-0087LP.00						G1128-0087LP.00						G1128-0087LP.00											
B		1011347M																																			
C														50143-713A-3000												G1128-0125LP.00											
D		x x x x																								x x x x x x x x x x											
F		DP117-CA-0005																														DP117-CA-0005					
H		AP001A02A01R2A						AP001A02A01R2A						AP001A02A01R2A						G1128-0085LP.00																	
I		G1128-0071LP.00																														G1128-0071LP.00					
J		G1128-0056RP.00																														G1128-0056RP.00					
K																																					
L		x x x x x																								x x x x											
M		50143-713A-3000												50143-713A-3000												50143-713A-3000											
O		G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00												G1128-0071LP.00											
P		x x																								G1128-0071LP.00											
R		G1128-0076RP.00																														G1128-0056RP.00					
S		G1128-0076RP.00																														x x x x x x x x x x x x x x					
T		G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00											
U		G1128-0087LP.00																														G1128-0087LP.00					
V		G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00											
Z		x x x x																								x x x x x x											

Figura 17: mercoledì

		giove 12/11																																			
Operatore		08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45
A		G1128-0130RP.00												G1128-0130RP.00												G1128-0130RP.00											
B		G1128-0062RP.00						G1128-0062RP.00						G1128-0062RP.00																							
C		x x x x x x x x																																			
D		DP117-CA-0008												DP117-CA-0008												DP117-CA-0008											
F		LMP2C-CA-5025												LMP2C-CA-5025												LMP2C-CA-5025											
H		G1128-0063LP.00												G1128-0063LP.00												G1128-0063LP.00											
I		G1128-0069RP.00												G1128-0069RP.00												G1128-0069RP.00											
J		G1128-0007NP.00												G1128-0007NP.00												G1128-0007NP.00											
K		G1128-0007NP.00						G1128-0007NP.00						G1128-0007NP.00						24-02-075																	
L		G1128-0069RP.00												G1128-0069RP.00												G1128-0069RP.00											
M		LMP2C-CA-0173						LMP2C-CA-5012						LMP2C-CA-5012						LMP2C-CA-5012																	
D		AP001A02A01R2A						AP001A02A01R2A						AP001A02A01R2A						24-02-076																	
P		G1128-0062RP.00												G1128-0062RP.00												G1128-0062RP.00											
R		x x x x x x x x																								x x x x x x x x x x											
S		G1128-0091LP.00						G1128-0082RP.00						G1128-0092RP.00						G1128-0091LP.00																	
T		LMP2C-CA-0090												LMP2C-CA-0090												LMP2C-CA-0090											
U		LMP2C-CA-0090						LMP2C-CA-0090						LMP2C-CA-0090						LMP2C-CA-0090																	
V		AP001A01003-2C						AP001A01003-2C						AP001A01003-2C						AP001A01003-2C																	
Z		G1128-0055LP.00																								G1128-0055LP.00											
		x x x x																								x x x x x x											

Figura 18: giovedì



Fi

gura 19: venerdì

Dall'esame del diagramma di cui sopra possiamo dedurre che inserendo la variabile dello stress e quindi prevedendo delle pause per gli operatori stressati, i tempi di consegna sono stati ugualmente rispettati.

Successivamente abbiamo proseguito l'analisi dell'incidenza dello stress sul lavoro degli operatori, nel seguente modo:

- l'assegnazione del prodotto da lavorare è stata effettuata tenendo conto dell'operatore libero al momento dell'assegnazione ed il livello di stress dello stesso;
- se al momento dell'assegnazione del prodotto da lavorare l'operatore risulta stressato, ad esso viene assegnata una lavorazione meno impegnativa

- se lo stress si manifesta invece durante il processo lavorativo all'operatore è stata assegnata una pausa di 10 minuti

		Jun 09/11																																						
Operatore		08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45			
A	LMP2C-CA-5028																																							
B	LMP2C-CA-5029																																							
C																																								
D	APD01A01A01R1C																																							
F																																								
H	APD01A0202L2C																																							
I	APD01A01104_2A																																							
J	APM30A01032R2C																																							
K																																								
L																																								
M																																								
O																																								
P																																								
R	APM30A01032R2C																																							
S	G112B-0129LP.00																																							
T																																								
U																																								
V																																								
Z	1011347M																																							

Fi

gura 20: lunedì

		mar 10/11																																		
Operatore	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45
A	LMP2C-CA-5028												LMP2C-CA-5028												D01A02A011											
B	APD01A01003-2E				APD01A01003-2E				APD01A01001-2D																											
C	LMP2C-CA-0172						LMP2C-CA-0079						APD01A02A01R2A				APD01A02A01R2A																			
D	G1128-0075LP.00												G1128-0075LP.00																							
F																																				
H	DP17-CA-0006												DP17-CA-0006												DP17-CA-0006											
I	APD01A01005-2D																																			
J	G1128-0076RP.00												G1128-0076RP.00																							
K																																				
L																																				
M	G1128-0075LP.00				G1128-0075LP.00								APD01A02A0112A				APD01A02A0112A																			
O	APD01A02A0112A				APD01A02A0112A				APD01A02A0112A																											
P	G1128-0076RP.00												G1128-0076RP.00																							
R																																				
S																																				
T																																				
U																																				
V																																				
Z	1011347M				1011347M				1011347M				1011347M				1011347M																			

Fi

gura 21: martedì

		merc 11/11																																		
Operatore	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45
A	G1128-0056RP.00												G1128-0056RP.00																							
B																																				
C	G1128-0086RP.00				G1128-0085LP.00				G1128-0086RP.00																											
D	APD01A02A01R2A						G1128-0087LP.00						G1128-0087LP.00				G1128-0071LP.00																			
F	G1128-0071LP.00												G1128-0071LP.00																							
H	DP17-CA-0006												DP17-CA-0006												DP17-CA-0006											
I																																				
J																																				
K	G1128-0061LP.00												G1128-0061LP.00																							
L	G1128-0087LP.00																																			
M	G1128-0061LP.00												G1128-0056RP.00																							
O																																				
P	G1128-0071LP.00				G1128-0071LP.00																															
R	G1128-0076RP.00																																			
S																																				
T																																				
U	S0141-713A-3000												1128-0125LP.00																							
V	S0143-713A-3000				S0143-713A-3000				S0143-713A-3000				S0143-713A-3000																							
Z	1011347M												1011347M												1011347M											

Figura 22: mercoledì

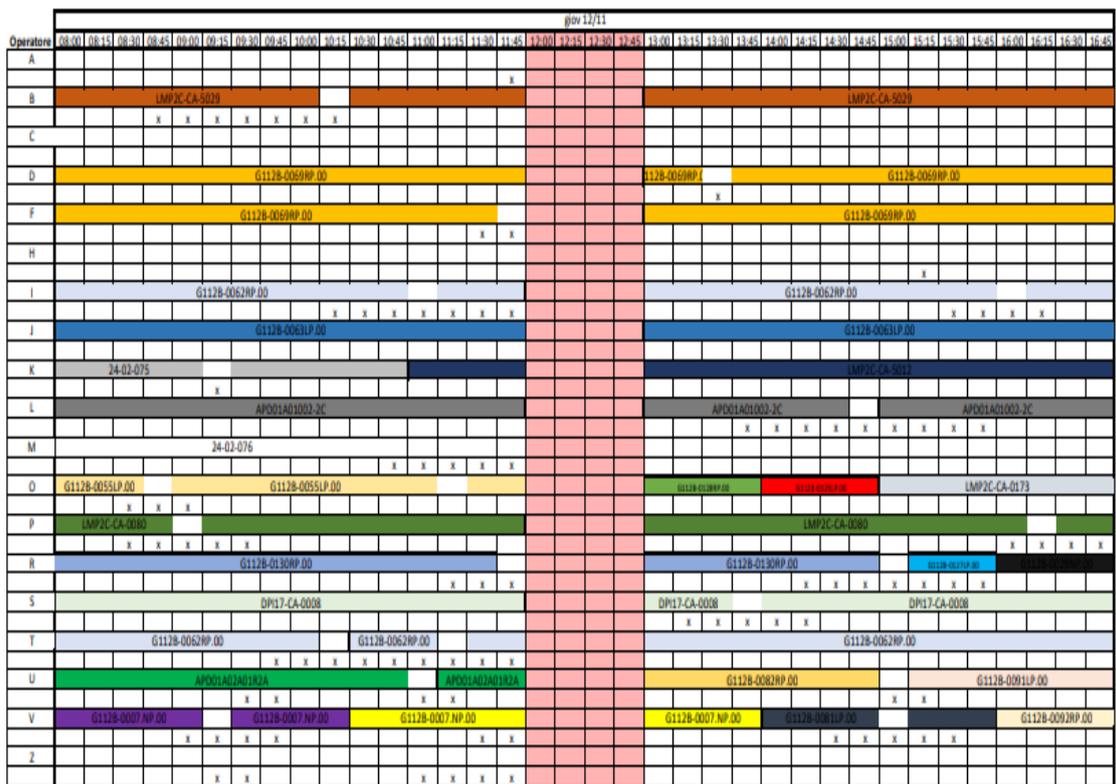


Figura 23: giovedì

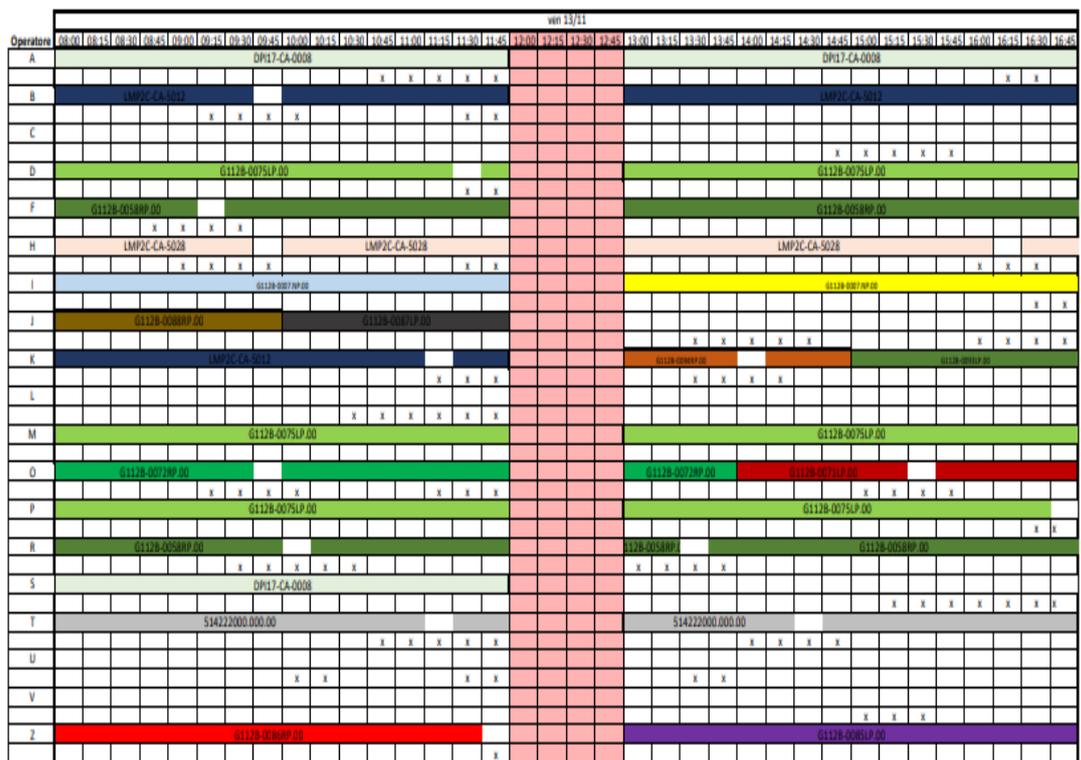


Figura 24: venerdì

Questa seconda simulazione ha messo in evidenza che adottando il sistema di attribuzione del lavoro sopra esposto i tempi di consegna sono stati ugualmente rispettati e si è avuta una più equa distribuzione del carico di lavoro tra i vari operatori; infatti, in questo secondo modello si è assegnato il lavoro all'operatore che al momento risultava libero, tenendo conto in ogni caso del livello di difficoltà del prodotto e non sovraccaricando il lavoratore stressato.

### **5.1 Discussione dei risultati**

Con l'introduzione nel processo produttivo della criticità rappresentata dallo stress dell'operatore si è avuta la necessità di fornire al team leader delle strategie volte a permettere il raggiungimento degli obiettivi aziendali, consistenti nel rispetto dei tempi di consegna dei prodotti.

Le soluzioni prese in considerazione partono da due diversi punti di vista, il primo è teso a risolvere il problema stress attraverso l'utilizzo delle pause e quindi il lavoratore stressato viene messo in condizione di recuperare e riprendere il lavoro successivamente; nell'altro caso l'attenzione viene posta a prevenire l'insorgere dello stress. In tale ipotesi si è preferito procedere con una più equa distribuzione del lavoro cercando di non sovraccaricare alcuni lavoratori, perché più competenti, riuscendo in tal modo ad utilizzare al meglio tutti gli operatori disponibili.

Quest'ultima strategia appare migliore dal momento che cerca di prevenire l'insorgere dello stress nell'operatore e, puntando ad un'equa distribuzione del lavoro, permette a ciascun operatore di svolgere al meglio il compito assegnato.

## 6 Conclusioni

Abbiamo iniziato questo lavoro parlando del problema dello stress lavoro-correlato che insorge quando le esigenze lavorative sono superiori alla capacità del lavoratore di affrontarle. Questa è una delle conseguenze più importanti derivanti da un ambiente di lavoro carente dal punto di vista psicosociale, anche perché i lavoratori, sottoposti ad uno stress prolungato sul lavoro, possono arrivare a soffrire di gravi problemi di salute mentale e fisica e pertanto dell'importanza che riveste una gestione efficace della salute e della sicurezza nel luogo di lavoro sia per i lavoratori, sia per l'azienda.

Abbiamo poi condotto un'indagine volta a valutare l'incidenza dello stress sul lavoro dell'operatore, attuando delle strategie finalizzate a gestire la variabile dello stress, cercando di migliorare il benessere dell'operatore e, al contempo, cercando di rispettare tempi di lavorazione e le esigenze di consegna del prodotto per l'azienda.

Questa indagine ci ha portato a valutare i punti di forza e le criticità dell'approccio proposto, evidenziando pertanto le difficoltà pratiche nel monitoraggio dello stress, variabile altamente complessa, arbitraria e in continuo divenire.

Tuttavia, la simulazione e l'analisi dei risultati hanno confermato l'efficacia delle strategie sviluppate. La combinazione di una corretta allocazione degli operatori in base alle competenze e al livello di stress ha dimostrato di favorire un equilibrio ottimale tra efficienza operativa e benessere degli

operatori, garantendo una produzione di alta qualità, riducendo al minimo il rischio di stress lavorativo e rispettando le consegne prefissate.

In conclusione, l'allocazione dell'operatore-prodotto rappresenta un processo complesso che richiede una valutazione olistica delle dinamiche del reparto di laminazione. L'equilibrio tra competenze, complessità dei compiti e gestione dello stress è fondamentale per il successo

## 6 BIBLIOGRAFIA

- 1) Rischio stress lavoro correlato. Inail 2023. [www.inail.it](http://www.inail.it)
- 2) Mental Health at Work della Organizzazione mondiale della sanità).
- 3) Laura Magna. Burnout: gli effetti dello stress da lavoro, i rischi per la salute mentale (e il metodo Stop). Corriere della Sera, 10 ottobre 2023
- 4) Commissione europea - Commissione europea, Guidance on work-related stress — Spice of life or kiss of death?, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, Lussemburgo, 2002.
- 5) Karasek, R.A., "Job demands, job decision latitude and mental strain: Implications for job redesign", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 24, 1979, pp. 285-308
- 6) Cox, T., Griffiths, A. J., & Rial-Gonzalez, E. *Research on Work-related Stress*, Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, Lussemburgo.
- 7) Kompier, 1990
- 8) Cenni P. *Applicare l'ergonomia*. 1°ed. Milano: Franco Angeli Ed., 2003