



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

RECENTI SVILUPPI NEL CAMPO DELL'ERGONOMIA

NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

RECENT DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF ERGONOMICS

IN THE WORKSPACE

Relatore: Chiar.mo/a

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Michele De Angelis

A.A. 2021/2022

POSSO ACCETTARE DI FALLIRE, CHIUNQUE FALLISCE IN QUALCOSA.

MA NON POSSO ACCETTARE DI NON TENTARE (MICHAEL JORDAN)

INDICE

<u>INTRODUZIONE</u>	5
<u>1. LA STORIA DELL'ERGONOMIA NEL MONDO E IN ITALIA</u>	7
1.1 STORIA DELL'ERGONOMIA MONDIALE: DAGLI ANNI '40 AD OGGI	8
1.2 STORIA DELL'ERGONOMIA IN ITALIA	11
1.2.1 Società Italiana Ergonomia (SIE)	12
1.2.2 Unità di Ricerca della Postura e del Movimento (EPM)	13
1.2.3 Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione (CIIP)	14
<u>2. ERGONOMIA: DI COSA SI TRATTA?</u>	15
2.1 L'UOMO	18
2.2 IL POSTO DI LAVORO	20
2.2.2 Posture forzate	20
2.2.3 Sollevamento di carichi pesanti	22
2.3 ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO	23
2.3.1 Regolamentazione dell'orario di lavoro e delle pause	24
2.4 IL CONTENUTO DEL LAVORO	25
2.4.1 Eccesso di lavoro e/o di responsabilità	25
2.5 AMBIENTE DI LAVORO	26
<u>3. CARATTERISTICHE DELL'ERGONOMIA</u>	28
3.1 INTERVENTO ERGONOMICO DI CORREZIONE E DI CONVENZIONE	30
3.2 CONCETTO DI USABILITÀ	32
3.3 ERGONOMIA E QUALITÀ	34
3.4 LA PROGETTAZIONE ERGONOMICA: IL PRINCIPIO DI GLOBALITÀ	37
<u>4. SITUAZIONI DA CONSIDERARE PER LO STUDIO DELL'ERGONOMIA SUL LUOGO DI LAVORO</u>	39
4.1 CONFORT TERMICO	39
4.2 MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI	40
4.3 MOVIMENTI RIPETUTI DEGLI ARTI SUPERIORI	41
4.4 POSIZIONI STAZIONARIE	43
4.5 ILLUMINAZIONE IMPROPRIA	43
4.6 RUMORE ECCESSIVO	44
<u>5. INDICAZIONI PER IL RISPETTO DEI PRINCIPI ERGONOMICI</u>	45

<u>6.</u>	<u>ERGONOMIA NELLA LOTTA CONTRO IL COVID-19.....</u>	<u>48</u>
6.1	NUOVA CONCEZIONE DI SPAZIO A DISPOSIZIONE PER LA PERSONA	48
6.1.1	Telelavoro e Smart-Working: come evitare i rischi ergonomici?	51
<u>7.</u>	<u>ERGONOMIA E INDUSTRY 4.0: L’UOMO AL CENTRO.....</u>	<u>52</u>
7.1	ERGONOMIA COGNITIVA ED ERGONOMIA FISICA	54
7.1.1	Human Computer Interaction	56
7.1.2	Human Robot Interaction	58
<u>8.</u>	<u>ROBOTICA IN SOSTEGNO DELL’ERGONOMIA</u>	<u>60</u>
8.1	ROBOTICA COLLABORATIVA	61
8.1.1	Sicurezza dei Cobot	62
8.1.2	Flessibilità dei Cobot.....	67
	<u>CONCLUSIONI.....</u>	<u>69</u>
	<u>RINGRAZIAMENTI.....</u>	<u>70</u>
	<u>SITOGRAFIA.....</u>	<u>73</u>

INTRODUZIONE

Dire che cosa è l'ergonomia è al tempo stesso facile e difficile: per molti aspetti l'ergonomia è un concetto, un'idea, un modo di vedere il mondo, di pensare alle persone che lavorano, di qualunque lavoro si tratti, e a come esse interagiscano con il loro lavoro. Di fatto l'uomo ha cominciato a occuparsi di ergonomia da quando ha cominciato a costruire utensili e attrezzi facendo in modo che gli stessi potessero essere utilizzati ed efficientemente per compiere una certa attività.

Il processo di industrializzazione ha portato ad una completa separazione tra il lavoratore, le macchine, il risultato del lavoro: tutto era stabilito da altri, compresi i tempi e le sequenze delle azioni; i ritmi di produzione erano imposti e rispondenti a criteri estranei alla capacità dei singoli. In definitiva, l'uomo era una appendice della macchina, completamente asservito ad essa e doveva adattarsi ai ritmi di quest'ultima ed alle sue caratteristiche. Questo modello di lavoro ha comportato diversi problemi, da un elevato numero di infortuni e di incidenti, a situazioni di disadattamento, di alienazione, con effetti negativi sulla salute delle persone.

Nonostante il generale disinteresse per le esigenze dell'uomo al lavoro, vi furono diversi tentativi di migliorare il processo lavorativo. Questo è l'argomento che verrà discusso nel primo capitolo dell'elaborato: pagine in cui si possono leggere quali sono stati i progressi e gli sviluppi nel corso del tempo dell'ergonomia, ovvero della condizione di benessere del lavoratore sul proprio posto di lavoro. Vengono definiti i personaggi cardine di questi cambiamenti nel mondo, ma soprattutto in Italia, parlando anche delle diverse associazioni che sono nate da questi miglioramenti delle condizioni del lavoratore sul posto di lavoro.

Nel secondo capitolo si parla dell'ergonomia in generale: cosa è, di cosa si occupa, di quali elementi tiene in considerazione. Vengono definite le diverse figure protagoniste: dall'uomo, all'ambiente passando per il tipo di lavoro e l'organizzazione dello stesso.

Nel terzo capitolo vengono discusse nello specifico tutte le diverse situazioni da considerare per lo studio dell'ergonomia sul posto di lavoro, ovvero tutti quei comportamenti dettati dal lavoratore che possono portare a danni psicologici, motori o muscolari.

Nel quarto capitolo vengono descritte alcune linee guida che il datore di lavoro deve seguire nel rispetto delle norme ergonomiche, nella tutela dei propri dipendenti.

Nel quinto capitolo si fa riferimento al metodo di lavoro alternativo causato dalla pandemia mondiale che ci ha investito nel 2019: un virus che ha portato a cambiare drasticamente determinate situazioni lavorative, tramite l'uso di mascherine, distanziamenti sociali e adattamento della postazione di lavoro in casa in situazioni di lock-down.

Nel sesto capitolo si tiene conto dello sviluppo tecnologico attuale che sta migliorando sempre più a ritmi esponenziali, il che ha portato poi alla nascita e allo sviluppo dell'industria 4.0. Ed è proprio dello sviluppo dell'ergonomia in riferimento a questi continui progressi tecnologici che si andrà a parlare, discutendo anche di un nuovo tipo di ergonomia, quella cognitiva.

Nel settimo e ultimo capitolo viene definita una situazione attuale che sta spopolando sempre di più nelle industrie mondiali: la nascita e sviluppo di robot che vadano a sostegno dei lavoratori nel rispetto della sicurezza di questi ultimi, per ovviare a situazioni critiche che i lavoratori non possono risolvere da sé.

La ricerca ergonomica ha per caratteristica essenziale l'interdisciplinarietà, rappresenta, cioè, il risultato di un lavoro di gruppo che si avvale degli apporti di specialisti di diversi settori senza privilegiarne alcuno. Al centro dell'attenzione degli ergonomi, cultori di questa scienza interdisciplinare, è sempre l'uomo, considerato come entità fisiologica e sociale e non come semplice fattore condizionante la produttività.

All'ergonomia contribuiscono l'anatomia per lo studio della struttura del corpo umano, l'antropometria per le sue dimensioni, la fisiologia per le sue funzioni (in particolare le funzioni degli organi sensoriali), la psicologia per definire e misurare le risposte soggettive agli stimoli esterni, la neurologia per il comportamento del sistema nervoso, la medicina industriale per i rapporti tra l'uomo e l'ambiente di lavoro, la bionica per lo studio dei modelli degli organi del corpo umano interessati all'attività lavorativa, la fisica e l'ingegneria per lo studio degli agenti fisici e tecnologici esterni.

1. LA STORIA DELL'ERGONOMIA NEL MONDO E IN ITALIA

È dell'inizio del secolo scorso l'idea che una scienza del lavoro avrebbe potuto fornire un contributo obiettivo alla soluzione di problemi sociali. Una cultura ancora fortemente imbevuta di influenze positivistiche e social-umanitarie spingeva ad affermare che lo studio scientifico del posto di lavoro doveva condurre al miglioramento dello stesso e, per quanto possibile, alla gratificazione del lavoratore. Di fatto, i cambiamenti tecnologici di fine secolo – aumento della meccanizzazione, avvento dell'industria di processo – vanificarono queste buone intenzioni. Il lavoratore perse gradualmente la facoltà di organizzare liberamente il suo lavoro e divenne un semplice ingranaggio in un circuito di produzione, la cui complessità lo sovrastava e la cui concezione si uniformava rigidamente ai soli imperativi del rendimento. Le esigenze poste dalla Prima guerra mondiale – il reclutamento del personale militare da assegnare a compiti più o meno qualificati, la preoccupazione di assicurare livelli quantitativi e qualitativi del rendimento nelle fabbriche di armi – portarono in primo piano una nuova disciplina, la psicotecnica, definita come unione della psicologia e della tecnica in collaborazione con metodi fisiologici. Ma fin dagli inizi del suo sviluppo, la psicotecnica si trovò di fronte allo “Scientific Management” di Taylor; il costante appello alla superproduzione proprio dell'organizzazione scientifica del lavoro orientò verso obiettivi diversi da quelli originari i canoni della psicotecnica. Dal posto adatto all'uomo, si passò e si perseguì l'obiettivo della ricerca dell'uomo adatto al posto di lavoro. Lo sviluppo degli studi ergonomici sulle relazioni tra uomo e ambiente di lavoro fu piuttosto lento durante il periodo della grande depressione economica che investì negli anni trenta il mondo intero, ma ricevette un grande impulso durante la seconda guerra mondiale, allorché dovettero essere risolti unitariamente problemi derivanti dall'invenzione e dall'uso di strumenti complessi e difficili da governare. Sotto la spinta poderosa di esigenze belliche impellenti, furono avviati, infatti, studi scientifici volti ad analizzare ed ottimizzare l'interazione tra gli aerei da guerra e i rispettivi piloti. Durante la Seconda guerra mondiale, gli aerei erano già in grado di volare a centinaia di chilometri l'ora coprendo lunghe distanze in situazioni disagiate e d'estremo pericolo. I sedili dovevano perciò essere disegnati in modo da offrire la maggior comodità possibile per scongiurare il pericolo di crampi; gli strumenti collocati in modo da risultare leggibili con una sola occhiata; attrezzature di vitale importanza, come l'inalatore a miscela ad alta quota,

correttamente disposte e di comodo impiego. La strategia che vedeva il lavoro come costante e l'uomo come variabile, nella nuova situazione tecnologica, non poteva fornire alcun contributo sulla conoscenza dei termini della relazione uomo-macchina. A questa strategia venne a contrapporsi, quindi, un tipo di approccio la cui enfasi era invece posta nel lavoro e sull'ambiente al fine di adattarli alle capacità e ai limiti dell'essere umano. Il paradigma "l'uomo diviene la costante e il lavoro la variabile" poneva come esigenza conseguente la necessità di formulare una strategia di interventi che, invece di individuare nell'insieme delle risorse umane quei "profili professionali" adattabili alle richieste dell'organizzazione, "manipolava" la variabile lavoro in modo che ogni persona poteva adattarvisi.

1.1 Storia dell'ergonomia mondiale: dagli Anni '40 ad Oggi

Anni 1940-1950

- Negli USA, l'interazione con dispositivi ed attrezzature belliche, sposta l'attenzione sul loro imprescindibile e vitale adattamento all'uomo "funzionale".
- Ad Oxford (1949), in ambito accademico e multidisciplinare, nasce ufficialmente l'ergonomia la cui definizione fu ripresa dallo psicologo britannico *Murrell* per descrivere le linee guida da seguire nel design di prodotti, servizi da adeguare alle caratteristiche ed ai comportamenti dell'utente, all'interno del suo contesto operativo (nella fattispecie su aerei da combattimento).

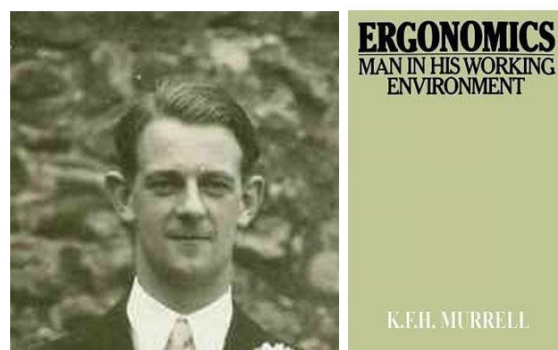


Figura 1: Libro "Man in his working Environment" scritto dallo psicologo Murrell

Anni 1950-1960

- Il decennio si distingue per il maggior rispetto, diffusamente avvertito, nei confronti delle caratteristiche e dei bisogni individuali.
- Nel 1956 nasce negli Stati Uniti la *Human Factors and Ergonomics Society* per divulgare un'ergonomia efficacemente finalizzata alla progettazione di sistemi ed attrezzature da adattare a chi le utilizza.
- Nel 1958 viene pubblicato in Francia “*L'adaptation de la machine a l'homme*” un testo di *M. Faverge* che enfatizza l'importanza dell'interazione Uomo-Macchina, da considerare attraverso un approccio progettuale sistemico per adeguare postazioni, processi ed organizzazione del lavoro.

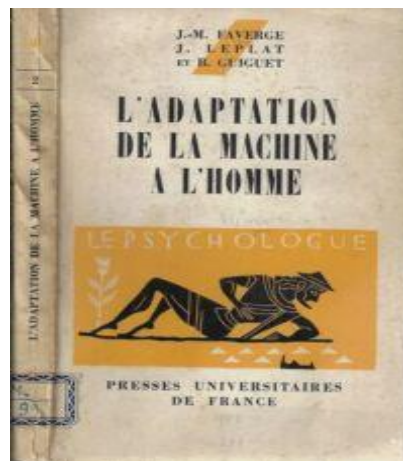


Figura 2: Libro "*L'adaptation de la machine a l'homme*" scritto da *M. Faverge*

Anni 1960-1970

- In Europa, si afferma il “principio di compatibilità” riferito ai collegamenti spontanei o “analogici” fra strumentazioni, dispositivi, display e attività cognitive dell'uomo (in particolare percezione, decisione, sfera emotiva).
- Negli Stati Uniti, *Donald Norman* (psicologo e ingegnere statunitense) può considerarsi uno dei fondatori dell'ergonomia cognitiva, a sostegno di quel “principio di compatibilità” così importante nelle strategie di progettazione e come preludio dell'innovazione tecnologica sul lavoro. Ma cosa è l'ergonomia cognitiva? L'ergonomia cognitiva è quella branca dell'ergonomia che si occupa dell'interazione tra l'uomo e gli strumenti per l'elaborazione di informazione studiando i processi cognitivi coinvolti (percezione, attenzione, memoria, pensiero, linguaggio, emozioni), e suggerendo delle soluzioni per migliorare tali strumenti.
- In Italia *Sebastiano Bagnara* (docente universitario di ergonomia) focalizza la sua attenzione sull'ergonomia cognitiva sottolineando che, nell'interazione tra l'uomo e gli altri elementi di un sistema, l'ergonomo professionista sa come applicare teorie, principi e metodi di progettazione finalizzati al benessere fisico e mentale dell'uomo per ottimizzare anche la qualità della sua performance e, di conseguenza, la produttività aziendale



Figura 3: Logo della IEA

Nel 1961 nasce a Roma la Società Italiana di Ergonomia (**SIE**). Nello stesso anno, si svolge a Stoccolma (Svezia) il primo meeting dell'Assemblea Generale dell'International Ergonomics Association (**IEA**) che ne formalizza la nascita e l'avvio regolare delle sue attività. Nel 1967, IEA diviene – a livello mondiale – l'Associazione delle Società federate.

Anni 80-Oggi

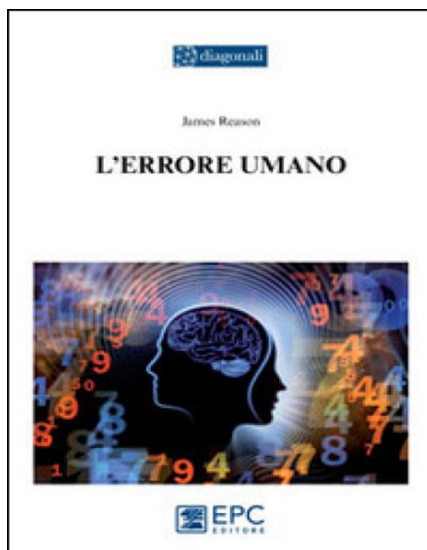


Figura 4: Libro "L'errore Umano" scritto dallo psicologo J.Reason

In Europa, al fine di prevenire o ridurre il rischio di errori, infortuni, incidenti, intesi soprattutto come “*disfunzioni di sistema*”, lo psicologo statunitense *James Reason* conferma la validità di questo nuovo approccio alla gestione della sicurezza sul lavoro, attraverso ricerche sull'errore umano. Già nella prima edizione del suo libro più famoso: “*Errore Umano*” (1990), egli sottolinea che per migliorare la sicurezza sul lavoro, è necessario ridurre la possibilità di errori e incidenti. Ancora oggi il testo continua ad essere citato come riferimento fondamentale in tutti i settori che richiedono l'analisi degli errori umani.

In ogni caso, per condurre correttamente tale analisi occorre operare non solo sulla dimensione tecnologica, ma anche su quegli aspetti che attengono al “fattore umano” da considerare come variabili di interfaccia fra i vari elementi presenti in una realtà lavorativa. Ciò significa curare la formazione del personale tecnico, la progettualità delle interfacce uomo-macchina ed i rapporti uomo-uomo, uomo-ambiente e uomo-software. Anche l'organizzazione del lavoro è fondamentale perché, a fronte di un incidente, diagnosticato spesso come causato da una persona che opera in front-line, è plausibile ed opportuno considerare che un errore può essere innescato anche da procedure organizzative con criticità latenti. Al riguardo e come esempio interessante per gli ergonomi, il **Modello SHEL** di Elvin Edwards (pensato inizialmente per l'aeronautica) può supportare un utile ed applicabile metodo di conoscenza/valutazione di concause determinate dalla presenza e dal rapporto fra più

variabili: **Software**, **Hardware**, **Environment**, **Liveware**-Fattore Umano che evidenziano quanto diverse e complesse siano le interrelazioni e le interdipendenze presenti sul lavoro.

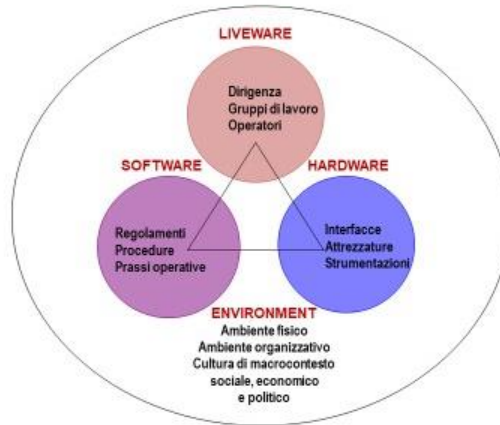


Figura 5: Versione grafica del metodo SHEL di Elwin Edwards

1.2 Storia dell'ergonomia in Italia

Per la nascita e lo sviluppo dell'ergonomia in Italia bisogna introdurre una figura che è stata molto importante in tale campo: Albano Olivetti.

Come industriale, Albano Olivetti si impegnò per una fabbrica a misura “d'uomo”. In particolare:

- fece tesoro dell'esperienza adolescenziale nella fabbrica del padre per rendere meno dannoso e costrittivo il rapporto uomo- macchina;
- aderì ad un modello d'uomo “reale” (non robotico), modificando l'organizzazione del lavoro taylorista sulle linee di montaggio. Infatti Taylor, ingegnere e imprenditore statunitense, affermava che la ripetitività e la semplicità dell'azione permettano ad un lavoratore, anche non qualificato, di raggiungere livelli di specializzazioni tali da consentirgli la massima efficienza. In questo modo Taylor ha posto le basi della catena di montaggio, dove ogni lavoratore esegue lo stesso compito un'infinità di volte senza fare errori.
- sostituì le linee di montaggio con le “isole” dove un gruppo di operai opportunamente formati era in grado di montare, controllare e riparare un prodotto finito o una parte completa di prodotto verificabile.

“Io penso la fabbrica per l'uomo, non l'uomo per la fabbrica”: con questa frase Albano Olivetti mise in risalto le sue idee e i suoi pensieri in relazioni ai lavoratori al fine di aumentare la sicurezza e ridurre rischi sul luogo di lavoro.

Un'altra figura che merita una menzione in questa parte di storia italiana è senza ombra di dubbio Antonio Grieco. Professore di "Medicina preventiva dei Lavoratori", è stato fra i primi a credere nell'ergonomia, fondando con altri colleghi:

- la SIE, Società Italiana Ergonomia (1969);
- l'EPM, Unità di Ricerca della Postura e del Movimento (1985);
- la CIIP, Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione.

1.2.1 Società Italiana Ergonomia (SIE)

Il professor Grieco preferiva definire l'ergonomia una "tecnica" utile per analizzare, valutare e progettare procedure antropocentriche in sistemi semplici o complessi, utilizzando modelli concettuali e metodi tratti da discipline già esistenti, in particolare quelle appartenenti a tre aree disciplinari di base:

- la politecnica (ingegneria, architettura, etc.): l'ergonomia fornisce le conoscenze di base sia sulle caratteristiche e sulle capacità umane, sia sugli strumenti metodologici per la valutazione e l'interpretazione dei bisogni e delle aspettative delle persone;
- la biomedica (antropometria, fisiologia, biomeccanica, medicina del lavoro, etc.): l'ergonomia è particolarmente interessata alla biomeccanica ed all'antropometria per problemi di movimento e postura sul lavoro e rischi conseguenti per la salute dell'apparato muscoloscheletrico;
- l'area sociale (organizzazione del lavoro, differenti psicologie, sociologia, economia): l'ergonomia è interessata soprattutto ai contributi della psicologia (benessere organizzativo, carico mentale, interazioni sociali, flusso d'informazioni da trattare) e della sociologia, (problematiche legate all'influenza del macrocontesto politico-sociale ed economico).



Figura 6: Marchio della "Società Italiana di Ergonomia"

In particolare, l'articolo 3 dello Statuto SIE recita tali parole:

«SIE ha lo scopo di promuovere lo sviluppo dell'ergonomia e lo studio dei fattori umani (da ricondurre alla sua vocazione antropocentrica), la diffusione e sistematizzazione delle conoscenze e delle esperienze connesse all'approccio ergonomico, in stretto rapporto con le realtà sociali, ambientali e produttive dove operano e vivono gli esseri umani, le Scuole, le Università. Ha inoltre lo scopo di promuovere il corretto sviluppo degli aspetti professionali e di

costituire un riferimento per gli organi istituzionali preposti alla regolamentazione in materia di professioni».

L'obiettivo attuale è quello di contribuire alla progettazione di oggetti, servizi, ambienti di vita e di lavoro, perché rispettino i limiti dell'uomo e ne potenzino le capacità operative. L'ergonomia si alimenta delle acquisizioni scientifiche e tecnologiche che permettono di migliorare la qualità delle condizioni di vita, in tutte le attività del quotidiano.

Attualmente la SIE è articolata in Sezioni territoriali, impegnate a diffondere l'importanza dell'approccio culturale ed operativo dell'ergonomia sia in ambito aziendale che attraverso il coinvolgimento delle istituzioni locali come Università, Regione, ASL.

1.2.2 Unità di Ricerca della Postura e del Movimento (EPM)



Figura 7: Marchio dell'Unità di Ricerca della Postura e del Movimento"

Nel 1985 Antonio Grieco fondò (mantenendone ininterrottamente la Presidenza) l'Unità di Ricerca "Ergonomia della Postura e del Movimento (EPM)".

Per Antonio Grieco e collaboratori il vero terreno su cui sperimentare il carattere fortemente innovativo dell'ergonomia era la fabbrica ove era necessario affrontare tematiche che, fino ad allora, la medicina del lavoro aveva spesso trascurato. In particolare, la fatica muscolare localizzata agli arti superiori in attività ripetitive, le posture in rapporto con gli impianti e gli strumenti di produzione, la valutazione del costo energetico delle singole operazioni, lo studio dei parametri per la quantificazione degli stress termici, la distribuzione delle informazioni nello spazio e nel tempo. Nella seconda metà degli anni '70 la progressiva informatizzazione dei posti di lavoro in Italia, oltre alle segnalazioni contenute nella letteratura internazionale, sollecitava i primi studi sulle caratteristiche dei posti di lavoro attrezzati con videoterminale.

1.2.3 Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione (CIIP)

La Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione (CIIP) è una associazione nata nel 1990 per volontà di alcune tra le più rappresentative Associazioni professionali e scientifiche che operano nei settori della medicina del lavoro, dell'igiene industriale, della prevenzione ambientale, della sicurezza del prodotto e dell'ergonomia. Si pone oggi come uno strumento per l'integrazione delle conoscenze e l'armonizzazione delle risposte alle problematiche della prevenzione e della sicurezza dei lavori.



Figura 8: Marchio della "Consulta Interassociativa per la Prevenzione"

Gli scopi che CIIP si prefigge sono:

- affrontare i complessi problemi relativi alla tutela della salute delle popolazioni e alla protezione dell'ambiente al fine di ricercare le più adeguate risposte normative e tecnico - organizzative necessarie per efficaci interventi di prevenzione;
- promuovere la diffusione della cultura di prevenzione dei rischi da lavoro e di tutela della salute dei lavoratori;
- promuovere attività e iniziative di aggiornamento e la formazione permanente delle già menzionate figure professionali;
- organizzare, direttamente o indirettamente, ricerche e studi, dibattiti e altre iniziative di particolare rilevanza per l'elaborazione di sintesi interdisciplinari su temi specifici.



Figura 9: Tutte le associazioni che fanno parte della CIIP

2. ERGONOMIA: DI COSA SI TRATTA?

Il termine “**ergonomia**” deriva dalle parole greche *érgon* (lavoro) e *ónomos* (regola, legge) per auspicare un approccio al lavoro il più possibile ordinato e puntuale nella progettazione di ambienti, prodotti e processi.

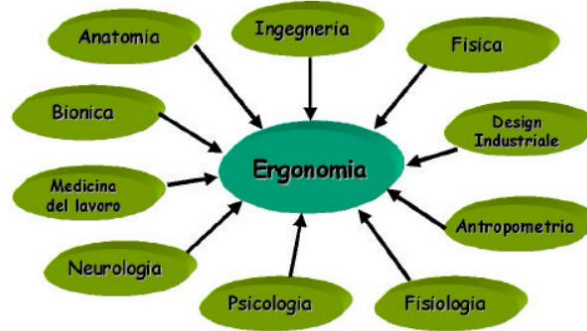


Figura 10: Contributo delle diverse discipline all'ergonomia

L'ergonomia è una scienza multidisciplinare volta allo studio delle funzioni e dell'interazione tra 3 elementi che caratterizzano un sistema di lavoro:

- uomo: lavoratore adibito allo svolgimento di un determinato compito;
- macchina: intesa come l'apparecchiatura, l'utensile, lo strumento ecc. utilizzato per gestire i flussi di informazioni o per svolgere la mansione assegnata;
- ambiente: inteso come l'insieme delle caratteristiche del luogo in cui viene svolta l'attività lavorativa. Queste comprendono il layout dello spazio, della postazione o del locale adibito allo svolgimento dell'attività lavorativa, tutti i parametri fisici che li caratterizzano (presenza di inquinanti, temperatura, umidità relativa, ventilazione, rumore, illuminazione ecc.) nonché gli aspetti sociali e organizzativi.

Fattori ambientali negativi come fumo, esposizione a sostanze chimiche o apparecchiature rumorose possono causare malattie respiratorie o addirittura la perdita dell'udito.

I rischi ergonomici includono il posizionamento inadeguato di mobili o attrezzature che costringe i dipendenti ad assumere posture o posizioni scomode durante il lavoro.

Queste situazioni possono mettere a dura prova i muscoli, le ossa e il tessuto connettivo di una persona, causando danni.

L'esposizione prolungata o ripetuta a un singolo pericolo o l'esposizione a una combinazione aumenta la gravità di un rischio ergonomico e la probabilità che un dipendente subisca lesioni. Un'analisi del posto di lavoro fatta da chi si occupa di "sicurezza sul luogo di lavoro" può aiutare un datore di lavoro a identificare ed eliminare i rischi e quindi a ridurre l'incidenza degli infortuni sul posto di lavoro.

Lo scopo dell'ergonomia è quello di migliorare le prestazioni del sistema e la soddisfazione complessiva dei lavoratori, tutelandone il benessere, la salute e la sicurezza. L'obiettivo è sostanzialmente quello di progettare un sistema di lavoro che garantisca i requisiti di salute e sicurezza nonché il rispetto dei criteri di adattabilità, usabilità, comfort e comprensibilità, rendendo sia l'ambiente che l'attività di lavoro tagliati su misura per l'operatore. Il datore di lavoro è obbligato a creare un ambiente che riduca il rischio ergonomico per il singolo dipendente.

L'ergonomia, in sintesi, riguarda la sicurezza sul lavoro e l'efficienza dell'ambiente di lavoro. Un ambiente di lavoro ergonomicamente adeguato comporta vantaggi concreti sia all'azienda che ai dipendenti stessi. Per questo motivo le attività rivolte alla riduzione del rischio ergonomico non devono mai essere considerate come un costo, ma come un investimento che aiuta a garantire:

- meno malattie e meno infortuni – che si tratti di un ufficio o di un reparto di montaggio, eventuali danni fisici si ripercuotono sul lavoratore, costretto ad assentarsi dal posto di lavoro. Applicando i principi ergonomici è possibile ridurre il rischio infortunio e ottimizzare le soluzioni legate alla sicurezza sul lavoro;
- maggiore produttività – un ambiente di lavoro più sicuro garantisce il benessere del lavoratore. Più egli è motivato e sta bene, più potrà dedicarsi al lavoro in modo più concentrato e, quindi, produttivo.

Questi fattori influiscono sulla qualità del lavoro, sulle prestazioni e sulla produttività.

La funzione dell'ergonomia può essere rappresentata in modo schematico con una ruota. Questa ruota è suddivisa in tre parti: centro, sfera operativa, sfera delle reazioni.

Al centro troviamo l'uomo e la mansione che deve svolgere. Da un lato, il lavoro deve essere adattato alle capacità e alle caratteristiche del singolo individuo. Dall'altro, anche l'individuo ha la possibilità di adeguarsi alle sue mansioni. Per questo motivo ritroviamo l'uomo anche nella sfera operativa, ossia nel settore riservato all'ergonomia, accanto ad altri fattori quali il posto di lavoro, l'organizzazione, l'ambiente e il contenuto del lavoro. Tutti i fattori che rientrano nella sfera operativa influiscono su quelli della sfera delle reazioni. Una sfera delle reazioni equilibrata e forte è la premessa fondamentale per il benessere sul posto di lavoro e per ottenere buoni risultati economici. Questi concetti devono rimanere indissolubili se si vuole avere successo anche in futuro. La sfera operativa può essere paragonata alla pellicola di lubrificante sulla superficie di un cuscinetto. La minima rottura di questa pellicola in un punto qualsiasi causa attrito e calore. Senza un ulteriore apporto di lubrificante il cuscinetto è destinato a danneggiarsi. La stessa cosa avviene nel mondo del lavoro. L'ergonomia serve a lubrificare il cuscinetto e a far girare la ruota in avanti senza grosse perdite per attrito.

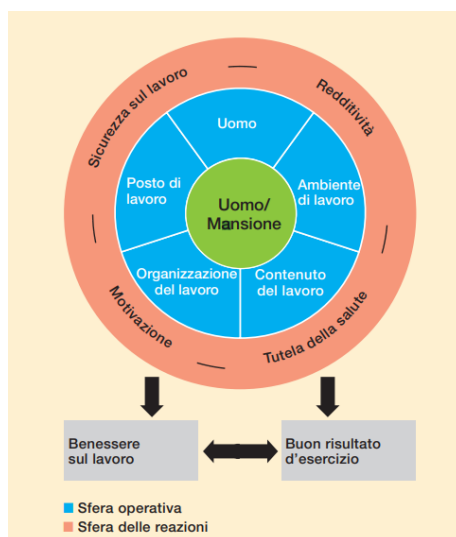


Figura 11: Sfera Operativa Ergonomica

In questo capitolo vengono inoltre trattati i cinque settori della sfera operativa.

2.1 L'uomo

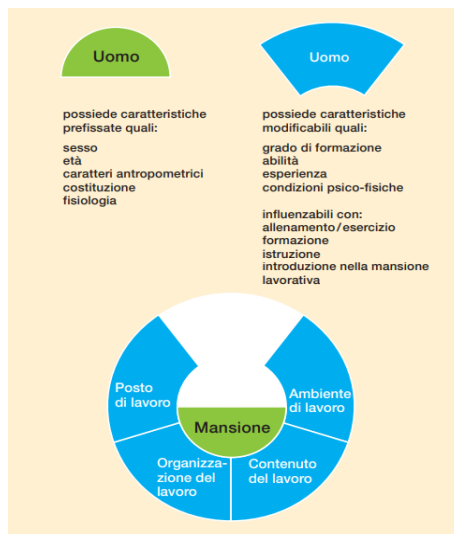


Figura 12: Caratteristiche proprie dell'uomo.

È necessario innanzitutto distinguere le caratteristiche prestabilite, non modificabili o solo difficilmente modificabili come:

- sesso
- età
- caratteristiche antropometriche
- costituzione
- aspetto fisico e funzione dell'organismo (fisiologia)

da caratteristiche più o meno modificabili quali:

- grado di istruzione
- abilità
- esperienza
- condizioni psico-fisiche.

Le caratteristiche prestabilite si collocano al centro della ruota dell'ergonomia e quelle modificabili nella sfera operativa.

Un elemento molto importante delle caratteristiche fisse non modificabili è l'antropometria. Essa svolge un ruolo di primo piano nella fabbricazione di macchine,

attrezzi, utensili, mezzi di trasporto e arredi per ufficio nonché nell'architettura dei posti di lavoro

Caratteri antropometrici dell'uomo in posizione eretta	5.	Percentile 50.	95.
a) Altezza in posizione eretta	162,9	173,3	184,1
b) Altezza alla spalla	134,9	144,5	154,2
c) Altezza del cavallo	75,2	81,6	88,6
d) Raggio di azione orizzontale fino all'asse di presa della mano	66,2	72,2	78,7
e) Altezza al piano degli occhi	150,9	161,3	172,1
f) Raggio di azione verso l'alto per ambedue le braccia fino all'asse di presa delle mani	191,0	205,1	221,0
g) Larghezza del bacino, in piedi	31,0	34,4	36,8
h) Altezza all'asse di presa della mano	72,8	76,7	82,8

Caratteri antropometrici della donna in posizione eretta	5.	Percentile 50.	95.
a) Altezza in posizione eretta	151,0	161,9	172,5
b) Altezza alla spalla	123,4	133,9	143,6
c) Altezza del cavallo			*)
d) Raggio di azione orizzontale fino all'asse di presa della mano	61,6	69,0	76,2
e) Altezza al piano degli occhi	140,2	150,2	159,6
f) Raggio di azione verso l'alto per ambedue le braccia fino all'asse di presa delle mani	174,8	187,0	200,0
g) Larghezza del bacino, in piedi	31,4	35,8	40,5
h) Altezza all'asse di presa della mano	66,4	73,8	80,3

Figura 13: Caratteri antropometrici di una persona in posizione eretta (secondo DIN 33402, valori medi per la fascia di età dai 16 ai 60 anni)

Di analoga importanza è la fisiologia umana (muscolatura, scheletro, apparato locomotore, consumo energetico, bioritmo). Entrambi questi aspetti sono di grande importanza per costruttori, architetti, disegnatori e ingegneri. Fattori come rendimento, affaticamento e logorio dipendono essenzialmente dal modo in cui i mezzi e i procedimenti di lavoro sono adattati ai caratteri antropometrici e umani. I lavori che richiedono un notevole impegno muscolare vanno pianificati e suddivisi correttamente per tutta la loro durata.

Per certi aspetti l'individuo è dotato di un'enorme flessibilità e di grandi capacità di adattamento. Non di rado capita che all'inizio di un'attività lavorativa sia in grado di soddisfare solo in parte a quanto richiesto dalla propria mansione. Esso saprà però adattarsi in breve tempo alle esigenze specifiche della mansione affidatagli senza andare incontro a stress, a patto che vengano soddisfatte le premesse fondamentali per svolgere come si deve l'attività lavorativa e dimostri la capacità, la volontà e le possibilità di sottoporsi ad un periodo di formazione e istruzione. Esistono però numerose attività che sul piano fisico, intellettuale o creativo richiedono determinate qualità, capacità e talenti, i quali non si possono influenzare né con la formazione né con l'esercizio. In questi casi l'unica soluzione è cercare la persona più adatta alla mansione da svolgere.

2.2 Il posto di lavoro

È opportuno attirare l'attenzione su alcuni aspetti importanti per l'organizzazione nei posti di lavoro.

2.2.1 Stare seduti o in piedi?



Figura 14: Criteri per concepire il posto di lavoro a misura d'uomo.

È una domanda fondamentale dal punto di vista ergonomico. Le attività svolte da seduti riguardano soprattutto gli uffici e i reparti di montaggio di precisione e di piccoli pezzi; le attività svolte in piedi sono invece tipiche dell'industria e del settore vendite. Ideali e da preferire, perché salutari per la circolazione, la muscolatura e l'apparato locomotore, sono le attività cosiddette «miste» da svolgere in posizione seduta o in piedi. Un posto di lavoro che prevede una combinazione tra queste attività (in piedi /seduto) contribuisce in maniera determinante al benessere del lavoratore. Alternando spesso posizione si diminuisce il rischio di carichi anomali sulla colonna vertebrale. In questo modo, diversi gruppi muscolari vengono sollecitati a turno.

2.2.2 Posture forzate

Occorre evitare il più possibile di assumere posture forzate. Se si lavora a lungo alla stessa postazione, l'arredo dell'ufficio deve consentire di cambiare spesso posizione. Inoltre, è raccomandabile alternare la posizione seduta con quella in piedi. Gli esercizi di stretching o di ginnastica svolti occasionalmente durante l'orario di lavoro dovrebbero non solo essere tollerati, ma anche incentivati. Ma cosa è la postura?

La postura è un complesso di meccanismi neuromuscolari per cui i muscoli striati ricevono sempre un'innervazione subliminale atta a mantenere gli atteggiamenti corporei caratteristici della specie, nonché a facilitare la contrazione muscolare di tipo

fasico quando stimolazioni riflesse o intenzionali modifichino la preesistente condizione di attività di riposo. Il fattore di rischio è determinato dalla presenza di posture incongrue e/o da una stereotipia di movimenti.

Esistono diversi tipi di posture:

- Postura Dinamica: movimento degli arti o di altre parti del corpo umano, sia in relazione una all'altra (ad es. accavallare le gambe), sia relativamente ad un oggetto fisso (ad es. scrivania);
- Postura Standard: postura di riferimento utilizzata per la progettazione del luogo di lavoro, grazie alla quale è possibile determinarne posizioni e dimensioni;
- Postura Statica: posizione fissa del corpo che si protrae nel tempo, nella quale si riscontra una contrazione senza movimento



Figura 15: Ergonomia in Ufficio

L'immagine mostra quale dovrebbe essere la corretta postura in ufficio. Si può ritenere che il soggetto non andrà incontro a disturbi o ad affaticamento legati alla postura. La testa è leggermente inclinata in avanti e il tronco è parallelo al bordo del piano di lavoro. Le spalle non sono sollevate. I gomiti sono appoggiati sul bracciolo della sedia e le braccia sono appoggiate sul tavolo, la schiena è diritta e sostenuta in modo ottimale dallo schienale. Le gambe possono muoversi liberamente in alto, in avanti e lateralmente. La pianta dei piedi è ben appoggiata sul poggiatesta e il bordo della sedia non comprime le cosce.




Variazione rispetto alla postura corretta	
	Testa reclinata all'indietro, direzione dello sguardo al di sopra dell'orizzontale
	Testa inclinata in avanti di oltre 20°
	Testa protesa in avanti
	Testa inclinata di lato
	Testa girata da un lato di oltre 20°

Figura 16A: Movimenti della testa





Variazione rispetto alla postura corretta	
	Tronco reclinato all'indietro di oltre 20°
	Tronco inclinato in avanti di oltre 20°
	Tronco piegato da un lato
	Tronco girato da un lato di oltre 20°

Figura 16B: Movimenti del tronco

2.2.3 Sollevamento di carichi pesanti

L'essere umano non è adatto al sollevamento e al trasporto di carichi pesanti. Se si sollevano frequentemente pesi, è opportuno servirsi di sistemi di movimentazione automatizzati o semiautomatizzati o di attrezzature speciali. Forma e materiale appropriati possono anche alleggerire il carico. Un carico con vari punti di presa (manopole, impugnature, ecc.) può essere trasportato da più persone. Per la maggior parte dei recipienti più comuni esistono mezzi di trasporto idonei e per molti carichi si può far ricorso a mezzi di sollevamento o ausili di trasporto.

Purtroppo, non esistono limiti universalmente validi per i pesi e per il sollevamento di carichi, come richiesto dall'industria, dal commercio e dall'artigianato, e non possono esistere perché ogni operazione di sollevamento e trasporto è unica nel suo genere per una serie di fattori. La tabella riportata qui di seguito, introdotta nel 1995 a seguito delle istruzioni sulle Leggi sul Lavoro, è tutt'ora valida. I parametri in essa indicati valgono per «persone medie in buona salute», non particolarmente allenate e mediamente agili. Questi valori presuppongono inoltre che il carico sia trasportato il più possibile vicino al corpo. In pratica questi valori devono essere rivisti verso il basso in funzione delle caratteristiche del carico, ossia forma, stabilità, afferrabilità, e della situazione, ossia lunghezza e caratteristiche del tragitto, distanza, frequenza di sollevamento, ausili e clima. Questa tabella, in sintesi, rappresenta i pesi ragionevolmente accettabili per il sollevamento dei carichi senza l'aiuto di macchine automatizzate e senza il bisogno di avere una particolare tecnica.

Età	Uomini	Donne
16 – 18 anni	19 kg	12 kg
18 – 20 anni	23 kg	14 kg
20 – 35 anni	25 kg	15 kg
35 – 50 anni	21 kg	13 kg
oltre 50 anni	16 kg	10 kg

Figura 17: Tabella con i valori ragionevoli di sollevamento senza macchine

2.3 Organizzazione del lavoro

L'organizzazione del lavoro, se adattata alla situazione e all'individuo, esercita una notevole influenza sul clima di lavoro nell'azienda, sul rendimento dei lavoratori e sulla redditività del processo lavorativo.



Figura 18: Criteri per la creazione dell'organizzazione del lavoro per l'uomo

La scelta di procedimenti e mezzi di lavoro adeguati è la premessa fondamentale per una produzione redditizia. Questi fattori influiscono notevolmente anche sul grado e sulla rapidità di affaticamento. I lavori che richiedono ripetuti sforzi muscolari devono essere il più possibile meccanizzati e automatizzati. Svolgere pesanti lavori fisici per lunghi periodi causa affaticamento, difficoltà di concentrazione e calo del rendimento, con effetti negativi su altri fattori (redditività, qualità, sicurezza e salute).

Per lavorare in modo efficiente e sicuro è indispensabile ricevere istruzioni chiare e precise. Informare i lavoratori sui rischi e pericoli cui sono esposti sul lavoro, nonché

impartire istruzioni per un uso corretto delle attrezzature di lavoro, sono tanto importanti quanto fornire istruzioni e spiegazioni per eseguire il lavoro secondo le esigenze di produzione, qualità e scadenze. In caso di personale neoassunto, dell'acquisto di nuove macchine o dell'introduzione di nuovi metodi di lavoro si deve provvedere a fornire istruzioni particolarmente accurate e precise.

2.3.1 Regolamentazione dell'orario di lavoro e delle pause

La flessibilità permette al lavoratore di adattare l'orario di lavoro alle proprie esigenze. Questa misura non sempre è realizzabile per motivi organizzativi, tecnici od economici. Molto importanti sono l'uso redditizio e la vita utile dei mezzi di produzione. Per far sì che una macchina «renda», spesso è necessario introdurre il lavoro a 2 o a 3 turni. Sappiamo che dopo settimane di turni notturni è difficile riadattarsi ai ritmi biologici. Ciò significa che per i turnisti di notte il sonno diurno non ha lo stesso valore e la stessa intensità del normale sonno notturno. Nei casi in cui è impossibile rinunciare al lavoro notturno bisogna evitare di impiegare ininterrottamente per lunghi periodi le stesse persone: in altre parole i turni di lavoro devono alternarsi in cicli brevi. Le pause servono al riposo, alla distensione, al nutrimento e al recupero delle forze psicofisiche. Le pause vanno adattate all'attività svolta e il lavoratore deve fare una pausa prima che subentri un calo di rendimento.

Alcune inchieste condotte nel campo della fisiologia del lavoro hanno rilevato che l'affaticamento non aumenta in modo lineare, ma in modo tanto più rapido quanto più si continua a lavorare nonostante la fatica. Si è inoltre constatato che il recupero è massimo all'inizio della pausa e diminuisce con l'aumentare della durata della pausa. Ne consegue che numerose pause brevi consentono un recupero maggiore e permettono di combattere un progressivo aumento della fatica più efficacemente di poche pause lunghe della stessa durata complessiva.

2.4 Il contenuto del lavoro

Un lavoro può avere un grado di contenuto troppo basso o troppo alto ed essere così la causa di mancanza di stimoli sul lavoro o di un eccesso di lavoro e/o di responsabilità in termini qualitativi e quantitativi.

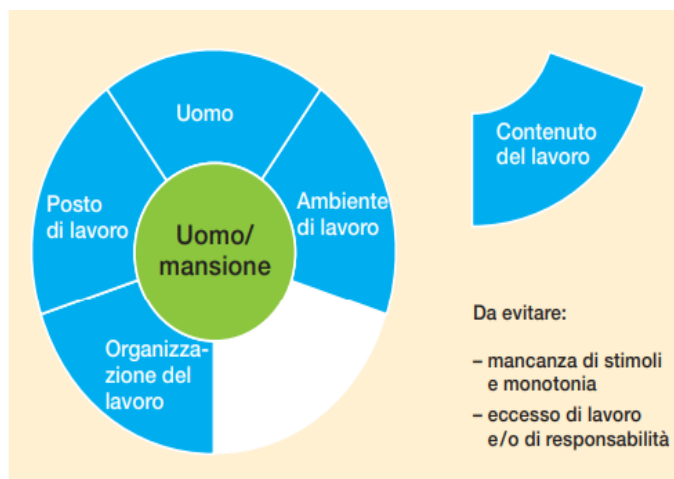


Figura 19: Criteri per un contenuto del lavoro a misura d'uomo.

La mancanza di stimoli sul lavoro è motivo di insoddisfazione e di demotivazione. Questo fenomeno si riscontra soprattutto nei lavori monotoni, poveri di stimoli e poco impegnativi. Lavori del genere sono spesso frutto di una ripartizione estrema delle mansioni (taylorismo), ossia di una tendenza che porta a frazionare attività complesse in tante piccole operazioni (ad es. il lavoro a catena). La monotonia porta ad una rapida frustrazione e ad un calo dell'attenzione. Entrambi questi fattori incidono negativamente sulla sicurezza e sul rendimento del lavoratore.

La situazione ideale vuole l'individuo in condizione di poter sfruttare il più possibile le sue capacità e il suo talento nell'esercizio della mansione.

2.4.1 Eccesso di lavoro e/o di responsabilità

I limiti che segnano il passaggio dalla mancanza di stimoli sul lavoro, al lavoro ideale fino allo stress e all'eccesso di responsabilità variano molto da individuo a individuo. Quello che per una persona è un arricchimento per la propria vita, per un'altra può essere sinonimo di forte stress. Accanto ai fattori di stress professionale bisogna considerare anche quelli legati alla sfera privata (famiglia, vita sociale, sport, traffico stradale, ecc.). Tutti i fattori di stress presi insieme non devono superare i limiti dello

stress cosiddetto nocivo e questi limiti variano da individuo ad individuo. Si dice che lo stress professionale diventa nocivo quando si richiede al lavoratore prestazioni superiori alle proprie capacità. Questa situazione è caratterizzata da sintomi quali paura, rabbia, stanchezza, spossatezza, svogliatezza, cefalea e mal di schiena. Sostenere periodicamente un colloquio con i collaboratori serve, tra le altre cose, a scoprire e risolvere eventuali discrepanze tra esigenze lavorative e abilità personali.



Figura 20: Eccesso di lavoro e/o responsabilità

2.5 Ambiente di Lavoro

L'ambiente di lavoro influisce notevolmente sulle condizioni di lavoro ed è un fattore determinante per il benessere, la stanchezza, la sicurezza sul lavoro, la soddisfazione, la salute e non da ultimo per il rendimento. L'ambiente lavorativo si compone di:

- condizioni che possono essere considerate i presupposti essenziali per lo svolgimento del lavoro;
- condizioni createsi e modificatesi durante lo svolgimento del lavoro;
- condizioni associate a fattori esterni, ossia determinate da posti di lavoro vicini.

Tra i presupposti fondamentali vanno considerati: il clima adattato all'attività da svolgere e l'illuminazione corretta.

Il clima è determinato dalla temperatura, dalla circolazione dell'aria, dall'umidità e dalla temperatura superficiale di locali e impianti. Il cosiddetto «clima del benessere» dipende anche dall'intensità dei movimenti del corpo e dall'impegno muscolare ed è in funzione di una serie di fattori quali età, sesso, costituzione, salute, alimentazione e abbigliamento.

Il tipo d'illuminazione, l'intensità e la direzione della luce devono essere adeguati alla capacità visiva del lavoratore. Con i colori è possibile modificare la sensazione di caldo/freddo, la percezione delle distanze e l'umore.

A questo punto bisogna aggiungere un altro punto. La pulizia e l'ordine nell'ambiente di lavoro si ripercuotono sulla pulizia e sull'ordine sul posto di lavoro e contribuiscono in modo determinante alla qualità del lavoro, al rendimento, alla sicurezza e alla salute.



Figura 21: Fattori dell'ambiente di lavoro

3. CARATTERISTICHE DELL'ERGONOMIA

Il campo di applicabilità dell'ergonomia non è solo quello industriale. Sin dall'immediato dopoguerra il concetto di design ergonomico è stato esteso fino ad abbracciare ogni settore dell'esistenza fisica dell'uomo, compresi i generi di consumo, l'arredamento domestico ed altro ancora. L'ergonomia è pertinente al lavoro in tutte le organizzazioni di ogni tipo e dimensione; basti pensare alla ricerca antropometrica applicata al sedile nell'ufficio, alle autovetture, agli ambienti di lavoro dove è prevista la movimentazione di carichi. Gli studi di biomeccanica sul rachide possono essere applicati per ridurre gli infortuni nei lavori che comportino sollevamento pesi; la ricerca sulla capacità sensoriale e sui processi mentali è applicabile alla conduzione e controllo dei processi chimici e nucleari, ai compiti di ispezione e di controllo del traffico aereo, alla riduzione dei rischi nella guida di carrelli, treni e veicoli in genere [6]. Una delle branche centrali dell'ergonomia, che può definirsi "ingegneria umana", consiste nello scegliere i compiti da attribuire all'uomo e quelli da attribuire alla macchina. Sulla base di una scelta appropriata si potrà progettare una "macchina ergonomica", in altre parole, conducibile o guidabile dall'uomo nel rispetto delle sue capacità, con limitazione dello sforzo fisico e con pieno utilizzo delle sue facoltà mentali. Un aspetto non trascurabile dell'ergonomia è la sua relazione positiva con la produttività del lavoro. Le persone che lavorano in un sistema progettato ergonomicamente si affaticano di meno e sono meno distratte da situazioni non confortevoli. Una postura di lavoro progettata ergonomicamente dà meno problemi nello svolgimento delle attività e, soprattutto, consente di operare con maggiore efficacia: questo significa più bassa probabilità di errori e di incidenti, minor tempo speso per controlli incrociati e miglior disposizione psicologica. Da ciò discende che i benefici dell'applicazione dell'ergonomia sono rivolti non solo alle persone, ma alle stesse aziende e di conseguenza a tutto il sistema lavoro. Si può quindi affermare che gli obiettivi dell'ergonomia sono sì rivolti alla salvaguardia della "efficienza umana", intesa come pienezza delle capacità necessarie per lo svolgimento di attività che individui o gruppi compiono consapevolmente, ma sono altresì mirati all'incremento complessivo della produttività dei sistemi.

È usuale distinguere l'ergonomia secondo criteri operativi, come quelli di seguito indicati, suddivisi in base agli aspetti che li caratterizzano.

- *Ergonomia di correzione*: è così definita l'ergonomia finalizzata a modificare esistenti condizioni di pericolo o di disagio per il lavoratore. Non sempre permette di conseguire un risultato ottimale e generalmente comporta costi più elevati rispetto ad interventi effettuati nella progettazione.
- *Ergonomia di concezione*: è il tipo di ergonomia che consegue i risultati più rapidi. Viene attuata quando il fattore umano viene considerato già nella fase concettuale della progettazione restando sempre presente nel lavoro progettuale e nelle fasi esecutive. I contributi specialistici, opportunamente amalgamati, permettono, attraverso successivi momenti di sintesi correttiva, di conseguire il risultato ottimale.
- *Ergonomia della produzione*: viene così definito l'approccio focalizzato prevalentemente alle linee di produzione, con particolare riferimento ai sistemi uomo-macchina, senza specifica considerazione del contesto globale.
- *Ergonomia del prodotto*: comprende gli interventi rivolti a rendere il prodotto industriale più sicuro e più efficiente per l'acquirente.
- *Ergonomia di laboratorio*: prevede lo studio delle condizioni di lavoro nella loro riproduzione in laboratorio.
- *Ergonomia sul campo*: viene così definito l'approccio di verifica sul campo di lavoro di modifiche progettate o di un nuovo sistema, verifica sempre opportuna e, talvolta, indispensabile per controllare la validità del progetto o delle modifiche organizzative prima di introdurle definitivamente nel sistema produttivo.

Ogni intervento ergonomico può ricondursi ad un intervento di correzione o di concezione.

3.1 Intervento ergonomico di correzione e di convenzione

L'intervento ergonomico di correzione è caratterizzato dal fatto che esso avviene sull'esistente, cioè su entità presenti e operative che possono essere un ambiente di lavoro o di vita, un sistema organizzativo, una macchina, un prodotto fisico o virtuale o un insieme di elementi fra loro interagenti orientati ad un fine unitario. In questi casi la possibilità di effettuare modifiche in senso ergonomico è molto bassa. Sugli ambienti costruiti gli interventi tendono ad essere marginali perché gli spazi già realizzati, sui quali si deve operare, sono sempre poco adatti agli interventi di trattamento acustico, di settorializzazione, di captazione di polvere e di vapori. Sulle macchine gli interventi di correzione sono sempre di difficile realizzazione e anch'essi marginali nei risultati, in quanto le modifiche devono essere effettuate su macchine progettate ed installate con ottica di tipo tecnico-produttivo. Basta pensare al problema del layout di un impianto industriale. Quando il layout è concepito seguendo la logica produttiva, diventa difficile attuare modifiche per adeguarsi, per esempio, alle esigenze di minimizzazione degli spostamenti dei lavoratori all'interno dell'impianto. Ancor più difficile da modificare, è la struttura dei compiti, perché è più facile modificare o sostituire una macchina che modificare abitudini e ruoli consolidati nel tempo. I risultati che si possono ottenere, quando si è di fronte ad un intervento di correzione, sono, per quanto esposto sopra, sempre difficili da raggiungere per cui si è costretti a scendere a compromessi con l'esistente. Inoltre, i costi di tale intervento sono generalmente elevati. Lo sviluppo del progetto è complesso in quanto gli interventi devono adattarsi all'esistente, il che comporta un suo esatto rilievo e la conoscenza di tutte le sue caratteristiche funzionali. Molto spesso, negli interventi sui sistemi produttivi, è necessario ricostruirne la storia e progettare adattamenti agli impianti tecnici e alle macchine, il che richiede tempi aggiuntivi e conoscenze specialistiche anche sofisticate. Le opere di attuazione degli interventi correttivi avvengono, nelle fabbriche, ad impianti funzionanti o durante i fermi settimanali o annuali della produzione, cioè in condizioni straordinarie che incidono sui costi di realizzazione. Quando ciò non è possibile si devono computare i sovraccosti per i fermi di produzione.

L'intervento ergonomico di concezione è caratterizzato dal fatto che esso avviene su oggetti, sistemi, ambienti e macchine ancora in fase di definizione o su attrezzature e

macchine che devono essere ancora scelte. Ne deriva che gli interventi possono essere sviluppati seguendo specifiche ergonomiche che tengano conto delle limitazioni che l'uso delle macchine può indurre negli utenti. Anche la scelta e l'acquisto nel mercato delle macchine, di attrezzature e di sistemi può essere effettuata conoscendo l'ambiente fisico e organizzativo di destinazione per confrontarlo con le specifiche di ciò che si deve acquisire. Non esiste alcun ostacolo concettuale affinché il progetto possa essere sviluppato tenendo conto delle prestazioni ergonomiche che si possono ragionevolmente prendere come obiettivo, effettuando un progetto globale dei vari elementi materiali (ambienti, macchine, impianti) e immateriali (layout e struttura dei compiti), raggiungendo elevati standard ergonomici compatibilmente con quanto offrono le tecniche più aggiornate. Il massimo obiettivo è quello di inserire nel progetto elementi di elasticità che consentano l'aggiornamento del prodotto e del sistema, a costi economici ed umani contenuti, man mano che vengono proposti sistemi ergonomici più avanzati. Nell'intervento di concezione è necessario formulare ipotesi e operare simulazioni individuando oggetti, sistemi o entità simili a quella in fase di elaborazione, su cui si possano effettuare i rilievi che dovranno essere analizzati criticamente ed estrapolarli per avvicinarli alla realtà, non ancora nota, di cui si sta sviluppando il progetto. Nel caso sia difficile individuare realtà simili a quelle in fase di elaborazione, si dovrà operare con una analisi mirata dei singoli componenti che formeranno il sistema finale. Anche in questo caso sarà indispensabile attuare una analisi critica dei dati per ipotizzare gli effetti sinergici dell'accostamento delle varie parti che erano state viste, nel primo momento, come parti staccate. I costi dell'intervento ergonomico di concezione sono tendenzialmente contenuti perché la loro esecuzione durante la realizzazione dell'opera complessiva ha costi decisamente minori degli interventi realizzati a posteriori come correzione e, quindi, gravati dei sovraccosti tipici dell'intervento correttivo. Il progetto ergonomico, invece, è un po' più oneroso del progetto tecnico perché richiede il coinvolgimento di un maggior numero di competenze e una certa dilatazione dei tempi.

3.2 Concetto di usabilità

Il principio che regola l'ergonomia afferma che con essa è possibile controllare le interazioni tra le persone e i prodotti, le attrezzature, gli ambienti e i servizi che esse usano e che queste interazioni possono essere misurate in modo da indirizzare positivamente la definizione dei requisiti, la valutazione e la progettazione degli artefatti. Queste misure si rilevano con prove su utenti, cioè con prove di usabilità, termine diventato comune negli anni '70 nel vocabolario delle azioni adatte allo sviluppo dei prodotti industriali. Non si vuol semplicemente affermare che si possano definire valori numerici rispetto all'utilizzo o alla soddisfazione per informare se le cose funzionino o meno, ma che si debba analizzare un elemento qualitativo dell'usabilità, che è difficile da esprimere attraverso i numeri e, a volte, è anche difficile da mettere a fuoco. L'obiettivo dell'analisi di usabilità è di rendere più sistematica nei prodotti l'introduzione dei requisiti richiesti dagli utenti, inserendoli già nelle specifiche di prodotto e verificando il loro esatto inserimento, con prove effettuate dagli stessi utenti, già durante lo sviluppo del progetto. È difficile trovare una definizione di usabilità condivisa da tutti. L'International Organization for Standardization definisce in questo modo l'usabilità: *"l'usabilità è la misura in cui un prodotto può essere usato per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, rendimento e soddisfazione in un contesto d'uso specificato"* (ISO 9241). Generalmente viene accettata, però, una definizione operativa che include uno o più dei seguenti fattori:

- *Utilità*: rappresenta in quale misura un prodotto permette all'utente di raggiungere i suoi obiettivi. Anche se un sistema è facile da usare, facile da imparare ad usare e soddisfacente nell'uso, se non raggiunge gli obiettivi specifici per un utente non verrà da lui utilizzato, anche se viene dato gratuitamente. L'utilità è quindi anche una valutazione indiretta della motivazione dell'utente nell'usare il prodotto.
- *Facilità d'uso*: è il raggiungimento di livelli accettabili nell'esecuzione di compiti definiti, in ambienti definiti, da una parte definita della popolazione. È il modo con cui gli utenti raggiungono gli obiettivi e viene solitamente valutata quantitativamente attraverso tempi di esecuzione o numero degli errori commessi.
- *Apprendibilità*: un sistema dovrebbe permettere agli utenti di raggiungere livelli d'esecuzione accettabili entro tempi accettabili. Si tratta dell'abilità dell'utente

nell'utilizzare un sistema ad un livello determinato di comunicazione dopo un periodo di formazione determinato. Riguarda anche l'abilità nel reimparare ad utilizzare un sistema dopo un certo tempo durante il quale non è stato usato, per esempio da parte di utenti non abituali o per attività occasionali.

- *Flessibilità*: il prodotto dovrebbe essere in grado di gestire una gamma di compiti o di modalità operative oltre a quelli principali, per soddisfare una vasta gamma di esigenze dei diversi utenti o di usi diversi dello stesso utente.
- *Corrispondenza al compito*: ci deve essere corrispondenza tra le funzioni offerte dal prodotto e i bisogni e i requisiti dell'utente.

L'usabilità, intesa come la misura della qualità dell'esperienza dell'utilizzo di un oggetto, non è una misura unica ma è piuttosto determinata da una serie di parametri. Alla luce di quanto detto, uno strumento può quindi essere considerato usabile se soddisfa sostanzialmente quattro criteri:

- Se il suo utilizzo è facile da apprendere e da memorizzare, cioè quanto velocemente un utente che non ha mai interagito con l'artefatto riesce ad apprendere sufficientemente bene l'uso e a ricordare, la volta seguente, i passi da compiere per interagire con lo strumento, senza dover imparare nuovamente quanto appreso in precedenza.
- Se è efficiente, cioè se, rispetto ad altri strumenti che avrebbero le potenzialità di raggiungere lo stesso scopo, rappresenta una scorciatoia per il raggiungimento dell'obiettivo, vale a dire se facilita e velocizza il conseguimento del risultato.
- Se permette di prevenire i possibili errori nell'utilizzarlo, consentendo poi eventualmente di recuperare mediante una correzione.
- Se procura una certa soddisfazione all'utente che interagisce con esso. E' evidente allora che l'obiettivo ergonomico da perseguire sarà quello di assicurare ad uno strumento, ad un componente, ad un oggetto, ad un bene di consumo, come può essere un'automobile, il giusto grado di fruibilità ed usabilità, intesa nell'accezione qui data.

3.3 Ergonomia e Qualità

La progettazione ergonomica si pone come obiettivo la realizzazione di oggetti di qualità adatti all'uomo. Spesso si intende per qualità del progetto la sua rispondenza alle specifiche richieste, indipendentemente dal fatto che esse rispondano o meno ai bisogni reali dell'utente, ai bisogni indotti o a scelte puramente commerciali. Quindi, già nelle specifiche sono insite scelte che influenzano pesantemente la qualità globale dell'oggetto. L'ergonomia contrappone a questo atteggiamento la qualità ergonomica, cioè la rispondenza dell'oggetto alle reali esigenze funzionali e alle caratteristiche psico-fisiologiche degli utenti. In questi ultimi anni il dibattito culturale sul disegno industriale e sull'ergonomia ha messo in evidenza la tendenza a dare una crescente importanza all'integrazione dell'ergonomia con il design e l'innovazione. Ad esempio T.H. Thomsen (1990) [10] indica, fra l'altro, che il buon design conferisce utilità al prodotto, lo rende auto esplicativo ed è rispettoso dell'ambiente. Altri fattori citati da Thomsen per un prodotto di buon design enfatizzano gli aspetti psicologici del rapporto prodotto-utente, come l'essere studiato dal punto di vista ergonomico, dare l'idea di unicità, venire identificato da parte dei consumatori, generare fiducia di per sé, avere una ottima interfaccia uomo-macchina, tenere conto degli aspetti psicologici. Egli cita come importanti anche alcuni criteri di qualità pratica, come le proprietà di maneggevolezza, la facilità di pulizia, l'assenza di rumore. L'ergonomia non deve essere considerata come un apporto secondario alla progettazione nel campo dell'antropometria, e nemmeno come elemento genericamente qualificante l'oggetto. Essa deve essere considerata come un insieme di metodi per affrontare i temi progettuali, ponendo al centro l'uomo. Si sviluppa con ricerche, progettazioni, e verifiche legate da interazioni reciproche in un unico iter mirante alla definizione di oggetti e sistemi adatti all'uomo e in grado di soddisfarlo. Il mercato attuale ha imposto l'imperativo del perseguimento della qualità indipendentemente dalle condizioni di prezzo, perché è mutato il significato stesso della parola qualità. La qualità non è più valutata per la rispondenza di un prodotto alle specifiche di progetto, quanto piuttosto in base alla soddisfazione del cliente.

L'ergonomia ha sviluppato teorie e sperimentato criteri e metodi che si sono dimostrati efficaci per evidenziare i desideri e i bisogni degli utenti e per valutare l'usabilità degli oggetti e dei sistemi. La percezione è il primo passo indispensabile sulla strada di un corretto uso; infatti, se una qualità, anche se presente, non è percepita, avrà un'efficacia

ridotta o addirittura nulla. Le caratteristiche qualitative dei prodotti possono essere definite comuni, percepibili, non percepibili, auto esplicative ed indotte.

- *Qualità comuni*: sono le qualità che devono essere considerate generalizzabili a tutti i potenziali utenti; sono quelle che attengono alla sicurezza e alla salute, dalle quali non si può in nessun caso prescindere.
- *Qualità percepibili*: sono quelle che possono essere percepite con i normali mezzi posseduti dal singolo (vedere, toccare, sentire, soppesare, annusare e gustare). Sono legate all'esperienza ma anche a stereotipi (come ritenere il legno un prodotto nobile e affidabile, la plastica invece artificiale quindi non nobile e forse tossica). Le qualità percepibili si modificano nel tempo con l'arricchimento dell'esperienza individuale (come la percezione del peso dell'oggetto come garanzia di grandi contenuti tecnologici che è andata modificandosi con l'avvento della miniaturizzazione).
- *Qualità non percepibili*: sono qualità che non possono essere percepite con i normali mezzi posseduti dal singolo. Sono quelle nascoste (come la qualità della struttura di un pannello mascherata dalla finitura superficiale) o quelle che per essere individuate richiedono analisi e prove di laboratorio (come la durata nel tempo delle verniciature). Queste qualità richiedono di essere dichiarate, analizzate e garantite da enti, laboratori o esperti specialisti.
- *Qualità auto esplicative*: si hanno quando l'oggetto stesso informa l'utente delle sue qualità e del suo uso, attraverso la sua stessa materialità. Sono presenti soprattutto negli oggetti di natura meccanica, la cui conformazione è necessariamente condizionata dal funzionamento dei meccanismi. Con l'elettronica gli oggetti diventano sempre meno auto esplicativi, per cui richiedono sempre più un intervento progettuale di manipolazione dell'immagine in senso auto esplicativo.
- *Qualità indotte*: sono le qualità che vengono proposte come possibili o necessarie dalle informazioni o dai messaggi pubblicitari che raggiungono l'utente. Per esempio, le campagne sulla vettura sicura hanno indotto nel pubblico la sicurezza come problema e la robustezza come qualità; la diffusione della cultura ecologica ha fatto diventare una qualità richiesta il rispetto, da parte del produttore, della natura e dell'ambiente nella produzione, nell'uso e nello smaltimento dei beni. I traguardi della qualità richiesta e attesa dagli utenti si spostano anche quando l'applicazione di oggetti e di sistemi innovativi si

diffonde e generalizza, per cui ciò che era opzionale o accessorio diventa qualità minima richiesta.

La qualità è dunque un coacervo di significati e definizioni, che la progettazione deve indirizzare verso il terreno dell'ergonomia, nel tentativo, non mistificatorio, di raggiungere una qualità che possa definirsi ergonomica e possa comprendere gli attributi accennati. La norma ISO 9241 considera la qualità ergonomica di un oggetto a proposito dell'uso da parte di un determinato soggetto, in un determinato ambiente, intendendo, con questo, che la qualità ergonomica non è un attributo dell'oggetto ma è un attributo che riguarda l'uso.

La qualità ergonomica di un prodotto industriale si riferisce all'utilizzatore, al compito, alle attrezzature, all'ambiente fisico e organizzativo. Queste affermazioni sembrano escludere che si possano definire le qualità ergonomiche dei vari oggetti e, a maggior ragione, certificarle. È chiaro, tuttavia, che è sempre possibile conoscere, valorizzare e diffondere le qualità ergonomiche dei prodotti industriali operando sulle caratteristiche, sui parametri e sulle qualità degli oggetti. Le caratteristiche ergonomiche dei prodotti sono il frutto di un primo livello di indagine che si riferisce alla generalità degli ambienti, degli usi e degli utenti e si riferiscono agli aspetti che influenzano, positivamente o negativamente, il rapporto tra l'oggetto e la generalità dei possibili utilizzatori. Le caratteristiche ergonomiche devono essere associate a parametri ergonomici, che sono i criteri atti a misurare, valutare o giudicare in termini obiettivi le caratteristiche ergonomiche dei prodotti. Il primo livello fornisce gli strumenti per operare ad un secondo livello, che consente di definire le qualità ergonomiche degli oggetti. Esse non sono più legate ad una generalità di condizioni, ma a specifiche situazioni d'uso da parte di determinati utenti e in determinati contesti ambientali. La qualità ergonomica dei prodotti si determina verificando gli effetti positivi o negativi delle loro caratteristiche in determinate condizioni e si valuta attraverso i parametri ergonomici.

3.4 La progettazione ergonomica: il principio di globalità

Le esperienze maturate sull'ambiente di lavoro, hanno individuato nella globalità degli intenti e degli obiettivi il principio cardine cui uniformarsi nella progettazione ergonomica. Il principio di globalità impone che l'attenzione progettuale sia rivolta a temi generali a largo spettro, riservando ad un secondo livello di approfondimento singoli aspetti del problema. Un tema progettuale potrà essere il comfort della guida delle autovetture, che a sua volta si articolerà in comfort dei sedili, correttezza della posizione di guida, visibilità esterna e via di seguito, e non isolatamente il sedile, l'assetto di guida o la visibilità. In altre parole, un problema non deve essere visto nei confini ristretti di un singolo posto o ambiente di lavoro, ma deve essere esteso a tutte le strutture e funzioni che ad esso sono collegate, direttamente o indirettamente. Ne deriva che si devono correlare, per esempio, i problemi interni all'unità produttiva con quelli esterni ad essa. Il principio di globalità propone l'approccio sistemico dell'ergonomia nell'analisi e nella valutazione degli oggetti, dei sistemi e del posto e dell'ambiente di lavoro, ci dice cioè che sarà sbagliato in un progetto soddisfare un aspetto problematico (ad esempio la sicurezza) trascurando gli altri (facilità d'uso, efficienza, pulizia e manutenzione) perché alla fine anche la sicurezza ne sarà seriamente inficiata. I singoli aspetti del sistema uomo/macchina/ambiente sono campi di indagine delle discipline biologiche e tecniche che studiano l'interfaccia uomo/macchina e uomo/ambiente. Oggetto dell'ergonomia è, invece, la globalità dei rapporti del sistema uomo/macchina, ragion per cui non si devono progettare sottosistemi separati, ma sviluppare un unico progetto integrato. La progettazione ergonomica deve quindi sostanziare questi principi per dar luce al prodotto industriale ergonomico. Un prodotto industriale può essere definito ergonomico quando, nei vari momenti della sua vita, non solo non provoca danni, ma genera condizioni di benessere psicofisico in tutti coloro che entrano in contatto con esso. L'ergonomia del prodotto copre un campo che va dalle prestazioni che il prodotto è in grado di offrire al benessere che esso produce. L'area delle prestazioni riguarda principalmente gli aspetti dimensionali dell'oggetto, la salvaguardia della salute, la sicurezza di tutti coloro che entrano per qualsiasi ragione in contatto con l'oggetto e il rispetto dell'ambiente durante la fabbricazione, l'uso e la dismissione. La caratteristica peculiare degli argomenti raggruppati nell'area delle prestazioni è che i parametri che li descrivono sono validi per

la generalità della popolazione, indipendentemente dalle caratteristiche del singolo. L'area del benessere riguarda, invece, principalmente l'usabilità e la gradevolezza dei prodotti. Questi aspetti sono variabili in funzione delle caratteristiche psico-socio-culturali dell'utente, per cui devono essere valutate rispetto alle caratteristiche peculiari del singolo e riferite ad un preciso spazio fisico, sociale e culturale. I metodi che consentono lo sviluppo di prodotti industriali orientati ergonomicamente sono sia di tipo obiettivo, cioè tecniche per la definizione di dati oggettivi, numerici e misurabili, per fornire guide prescrittive, sia tecniche per la raccolta e il confronto delle esperienze soggettive di reali potenziali utilizzatori che forniscono orientamenti e tendenze. Le tecniche di tipo obiettivo sono quelle riferite a dati oggettivi e misurabili. Esse consentono la misurazione di molti parametri, il confronto fra oggetti in produzione, modelli, prototipi e l'impostazione su dati obiettivi dei nuovi progetti. Permettono una valutazione certa degli aspetti misurabili e sono indispensabili per la definizione di prescrizioni e normative e per la verifica del loro rispetto. L'ergonomia, fino a pochi anni fa, tendeva ad occuparsi maggiormente di ciò che era misurabile e di ciò che aveva un'evidenza obiettiva. Da alcuni anni però, grazie alla spinta di alcuni progettisti e studiosi dell'ergonomia che si sono occupati della progettazione di oggetti e sistemi adatti all'uomo, è emerso che gli argomenti più incisivi per la progettazione degli oggetti, anche se di più difficile trattazione, sono proprio gli aspetti soggettivi. Infatti, i dati oggettivi non sono efficaci per analizzare a fondo i comportamenti individuali. Per attuare l'ergonomia nella progettazione di oggetti e di sistemi si devono applicare metodi basati su analisi con soggetti significativi, che è un mezzo efficace per conoscere la risposta individuale in condizioni d'uso reali. Gli aspetti soggettivi sono quelli maggiormente caratterizzanti l'intervento ergonomico perché ergonomia significa adattare gli ambienti e gli oggetti all'uomo, non in astratto ma rispetto alle specificità di ciascun individuo; il che richiede di applicare tecniche oggettive ma soprattutto quelle soggettive che richiedono un rapporto diretto con l'utente, di interpellarlo, di sapere quali sono i suoi bisogni e le sue esigenze.

4. SITUAZIONI DA CONSIDERARE PER LO STUDIO

DELL'ERGONOMIA SUL LUOGO DI LAVORO

4.1 Confort termico

Il microclima è l'insieme degli aspetti fisici che caratterizzano l'aria degli ambienti confinati. Un microclima confortevole suscita nella maggior parte degli individui una sensazione di soddisfazione per l'ambiente termico, conosciuta col il nome di "Comfort Termico". Nello stato di benessere termico il soggetto non avverte sensazioni né di caldo né di freddo, rendendo l'operatore mentalmente soddisfatto.

Le condizioni microclimatiche rappresentano un importante fattore ergonomico da tenere sotto controllo, perché possono arrecare un notevole disagio ai lavoratori.

I principali fattori fisici che determinano il microclima sono la temperatura, l'umidità relativa, la temperatura radiante e la velocità dell'aria, mentre importanti variabili individuali o soggettive sono il metabolismo, il vestiario indossato e il tipo di attività svolta.

Il freddo intenso porta all'ipotermia e al congelamento, ma anche temperature moderatamente fredde possono influenzare la coordinazione motoria e la destrezza, costringendo i lavoratori a usare una forza eccessiva per completare le attività. Il calore estremo può portare a condizioni pericolose che sfociano anche in colpi di calore per i dipendenti.

Il microclima dell'ufficio è un fattore che deve garantire il comfort dei lavoratori. Necessario, quindi, controllare gli impianti di condizionamento e ventilazione affinché garantiscano la temperatura e l'umidità dell'aria ottimali, in modo da evitare malattie dell'apparato respiratorio.

Le condizioni microclimatiche possono costituire un rischio per la salute. Per tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori occorre misurare lo scostamento delle condizioni microclimatiche reali da quelle di benessere: il datore di lavoro deve provvedere a mantenere il microclima degli ambienti di lavoro in condizioni prossime a quelle di benessere.

Temperatura	Umidità Relativa	Sensazioni provate
24 °C	40%	Benessere massimo
	85%	Benessere a riposo
	91%	Affaticamento, depressione
32 °C	25%	Nessun malessere
	50%	Impossibile il lavoro continuo
	65%	Impossibile il lavoro pesante
	81%	Aumento della temperatura corporea
36 °C	90%	Forte malessere
	10%	Nessun malessere
	20%	Impossibile il lavoro pesante
	65%	Necessità di riposo
	80%	malessere

Figura 22: Comportamenti dell'essere umano al variare della temperatura

4.2 Movimentazione manuale dei carichi

Alcuni reparti produttivi comportano la necessità da parte dell'operatore di effettuare attività di movimentazione manuale di carichi.

Proprio la movimentazione di carichi può rappresentare una delle cause che portano alla nascita di disturbi e patologie a livello di tale distretto anatomico. Necessario quindi procedere ad una corretta valutazione del rischio da movimentazione manuale di carichi, al fine dell'attuazione di idonei interventi di prevenzione e protezione che vadano a mitigare, se non annullare, eventuali danni a carico degli operatori.



Figura 23: Posizioni corrette/scorrette per il trasporto dei carichi manuali

4.3 Movimenti ripetuti degli arti superiori

Le attività lavorative comportanti movimenti ripetuti degli arti superiori sono responsabili di un elevato numero di patologie a carico dei vari distretti articolari. Lo svolgimento di compiti ripetitivi può inoltre comportare affaticamento, ridotta produttività e alienazione, dovuta alla monotonia di attività protratte per lunghi periodi.

Uno stato di alienazione può, a sua volta, condurre a situazioni di rischio. Questi effetti sono causati, nella maggior parte dei casi, da condizioni scadenti dal punto di vista ergonomico e possono essere considerevolmente ridotti attraverso una corretta progettazione/riprogettazione di vari aspetti dell'attività: natura del compito, organizzazione del lavoro, design della postazione e degli oggetti o utensili impiegati, forza richiesta e altri fattori.

Le operazioni comportanti movimenti ripetuti degli arti superiori possono essere di diversa tipologia: esse comprendono la movimentazione di oggetti di peso leggero effettuata ad alta frequenza e le attività in cui, pur non venendo movimentati carichi, i movimenti delle braccia vengono ripetuti spesso e talvolta per periodi di tempo molto lunghi.

Gli infortuni da movimento ripetitivo sono il tipo più comune di infortunio sul posto di lavoro. Questo rischio ergonomico è il risultato di un lavoratore che fa lo stesso movimento, più e più volte. Per lunghi periodi di tempo. Può verificarsi in molti settori ed è coinvolto in attività come imballaggio, assemblaggio o persino spazzamento. Ogni azione ripetuta continuamente può mettere a rischio la salute fisica e/o mentale dei lavoratori.

Il datore di lavoro deve individuare, insieme ai suoi collaboratori, i principali fattori di rischio, in modo tale da pianificare le opportune misure di prevenzione per i vari compiti lavorativi analizzati.

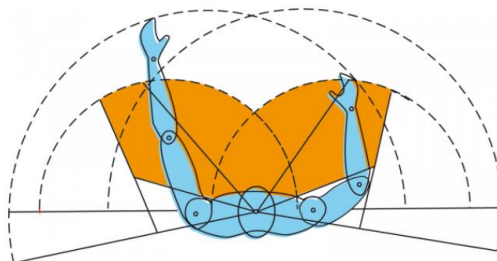


Figura 24: Spazio di manovra di un operatore al lavoro

Quali sono i consigli per ridurre le problematiche legate ai movimenti ripetitivi?

- Avere delle macchine che mi permettano di regolare il ritmo di lavoro.
- Sostituire strumenti di lavoro che mi richiedano alto sforzo fisico con strumenti che mi riducono lo sforzo
- Avvicinare le postazioni di lavoro al corpo, come così anche i contenitori con tutti i materiali necessari per la lavorazione.
- Sottoporsi alla visita medica periodica.
- Programmare l'attività lavorativa in modo tale che ci siano delle pause durante le lavorazioni.
- Eliminare l'attività ripetitiva se possibile.

Un altro elemento da tenere in considerazione nel caso in cui un lavoratore svolga sempre lo stesso tipo di mansione è anche l'adattamento del piano di lavoro rispetto alle caratteristiche del lavoratore stesso. In particolare, bisogna tener conto dell'altezza di tale bancone in riferimento all'altezza dell'operaio: una postazione di lavoro troppo bassa porta il lavoratore a piegarsi e ad avere problemi a collo e schiena; una postazione troppo alta porta a dolori sui muscoli di spalle e polsi. Bisogna cercare di trovare il giusto compromesso al fine di non danneggiare la salute dell'operatore.

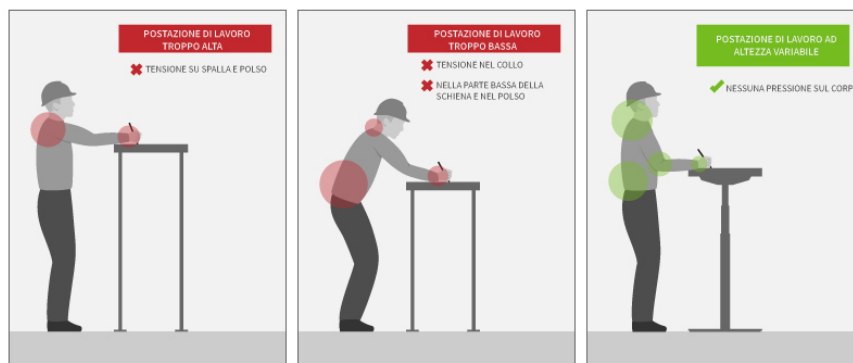


Figura 25: A destra e al centro ci sono le posizioni da non avere nel mentre si lavora, a destra c'è invece quella corretta da mantenere

4.4 Posizioni stazionarie

Rimanere in una posizione troppo a lungo può limitare il flusso sanguigno e causare affaticamento e danni ai muscoli e alle articolazioni. È una causa comune di dolore alle gambe, al collo o alla schiena. I lavoratori che svolgono lavori sedentari essere consapevoli dei rischi che possono derivare dal rimanere fermi per lunghi periodi di tempo.

La salute del lavoratore viene danneggiata in situazioni come:

- quando l'attività viene svolta tenendo la schiena curva in avanti o lateralmente;
- quando il livello di una tastiera è troppo basso o troppo alto;
- quando avambraccio e polso non possono appoggiarsi su un supporto adeguato;
- quando un operatore adotta una posizione obliqua delle cosce sotto il tavolo, a causa dello spazio insufficiente per le gambe.

Occorre pertanto avere la corretta postura dove con il termine "postura" si intende la posizione del corpo nello spazio e la relazione tra i suoi segmenti corporei. La corretta postura altro non è che la posizione più idonea del nostro corpo nello spazio per attuare le funzioni di antigravità con il minor dispendio energetico sia in dinamica che in statica.

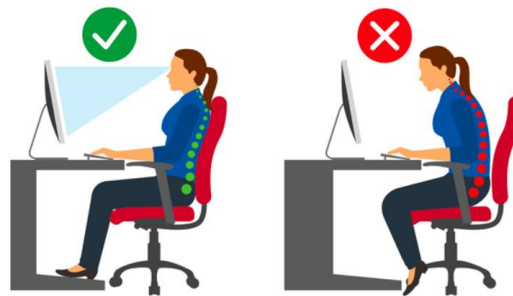


Figura 26: Corretta postura in un lavoro di ufficio

4.5 Illuminazione impropria

Un'illuminazione insufficiente in un magazzino, una fabbrica, un ufficio o altri spazi di lavoro può causare incidenti e lesioni. Può anche affaticare gli occhi, causando disagio e mal di testa. L'abbagliamento può influenzare la capacità di un lavoratore di vedere chiaramente gli oggetti e può portare a dolore e possibilmente visione alterata. La luce distribuita in modo improprio è anche un problema per alcuni luoghi di lavoro, in cui la quantità di luce varia in modo significativo da uno spazio all'altro, costringendo i

lavoratori a regolare continuamente la propria visione mentre si spostano durante le giornate lavorative.

L'illuminazione dell'ambiente di lavoro deve permettere un'ottimale visione delle informazioni, sia dallo schermo che dai supporti cartacei. Dunque, l'illuminazione deve essere almeno pari a 500 lux, per garantire la massima sicurezza e il benessere visivo dell'operatore.

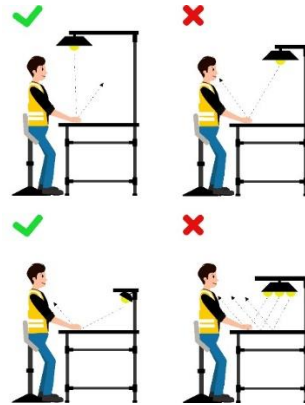


Figura 27: Tipo di illuminazione adeguata sul posto di lavoro

4.6 Rumore eccessivo

L'esposizione a un rumore eccessivo si verifica in molti settori, tra cui l'edilizia, la lavorazione, la produzione, l'estrazione mineraria o persino nei club o nei bar. Rumori improvvisi eccessivi come quelli causati da esplosioni possono causare la perdita permanente dell'udito, ma non solo: anche rumori prolungati o intermittenti possono portare allo stesso tipo di danno.

Il rumore nell'ambiente di lavoro non deve causare disturbo ai presenti: la rumorosità dovrebbe restare sotto i 55 dB o, meglio ancora, tra i 35 e i 45 dB negli ambienti d'ufficio dov'è necessaria la concentrazione.

5. INDICAZIONI PER IL RISPETTO DEI PRINCIPI ERGONOMICI

Una delle misure generali di tutela è il rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivo.

Si individuano **5 principi di riferimento** che orientano l'analisi e la progettazione ergonomica delle postazioni di lavoro:

1. Human-Centred Design: viene adottato un approccio centrato sull'operatore in cui ha relativamente importanza la relazione uomo-macchina, vista all'interno del proprio contesto organizzativo ed ambientale. In particolare, la considerazione del fattore umano dovrebbe avvenire dalla pianificazione e concezione dei sistemi di lavoro, alla definizione delle specifiche realizzative fino alla formazione degli operatori ed esercizio di impianti e postazioni;

2. Includere l'ergonomia nelle pratiche realizzative: gli strumenti operativi e le competenze specifiche dell'ergonomia dovrebbero essere considerati in termini di orientamento da seguire già al livello gestionale dei progetti, così da consentire il raggiungimento delle condizioni ergonomiche delle postazioni e degli ambienti di lavoro in genere senza il ricorso ad azioni correttive successive, con notevole riduzione dei costi legati all'ergonomia ed alla sicurezza;

3. Condurre un'analisi ergonomica preliminare per qualsiasi intervento: sia esso una nuova progettazione, oppure una valutazione di postazioni esistenti: è opportuno condurre l'analisi ergonomica identificando caratteristiche e specificità d'uso di utenti, compiti, attrezzature, specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in un determinato contesto d'uso;

4. Adottare un approccio interdisciplinare: “tenere presente che la considerazione del fattore umano nell'analisi e nel progetto ergonomico richiede il concorso di competenze interdisciplinari che, in relazione al contesto specifico, possono includere ergonomi, ingegneri, psicologi, sociologi, designer, ecc.”;

5. Condurre una Task Analysis sia per interventi di progettazione sia per interventi di valutazione e miglioramento: è necessario conoscere le modalità di esecuzione dei compiti da parte degli operatori, così da individuare gli aspetti del lavoro che incidono sulla qualità e sicurezza delle loro azioni. La *Task Analysis* consiste nell'osservazione dei compiti degli operatori alla postazione, che vengono scomposti in azioni elementari e descritti considerandone obiettivi, richieste fisiche e mentali all'operatore, strumenti impiegati e oggetti manipolati, contesto fisico e organizzativo (frequenza, durata, flessibilità, delle attività, ecc.)”.

Ecco qui, sotto forma di elenco, alcune delle raccomandazioni e soluzioni tecniche applicabili per il miglioramento delle condizioni ergonomiche delle postazioni di lavoro contenute nella guida:

- nella scelta fra possibilità alternative preferire l'opzione che implica il minor carico sulla colonna vertebrale e le spalle;
- nella scelta fra possibilità alternative preferire l'opzione che richiede l'applicazione di forza minore;
- progettare il layout delle attività in modo da eliminare le azioni di sollevamento manuale dei carichi e/o ridurre il peso;
- minimizzare la distanza orizzontale e verticale degli spostamenti manuali dei carichi;
- preferire l'impiego di dispositivi meccanici per la movimentazione dei carichi (ad es. manipolatori, sollevatori, paranchi, ecc.);
- ridurre il peso dei contenitori riducendone il numero di pezzi in essi contenuti, le dimensioni e/o realizzandoli in materiali più leggeri;
- preferire la movimentazione orizzontale degli oggetti su rulliera, piuttosto che completamente a mano;
- utilizzare piani di appoggio auto sollevanti per portare i materiali ad altezza confortevole (ad es. utilizzando pistoni, ecc.);
- organizzare il layout della postazione in modo che l'operatore si trovi al centro della sua area di lavoro;
- assicurare che il pavimento su cui devono passare carrelli non sia bagnato o scivoloso o presenti ostacoli imprevisti (ad es. pulire tempestivamente i percorsi da materiali residui, segnalare interruzioni dei percorsi per manutenzione o pulizia ordinaria, indicare percorsi alternativi obbligatori, ecc.);
- fornire formazione adeguata agli operatori sull'uso corretto delle attrezzature;

- valutare sempre la possibilità di utilizzare dispositivi e attrezzature automatici e semiautomatici in luogo di quelli manuali;
- scegliere attrezzi e/o progettare procedure di lavoro che non implicino contraccolpi;
- preferire dispositivi ed attrezzi di buona qualità e produttori affidabili;
- preferire dispositivi ed attrezzi leggeri;
- informare gli operatori sulle modalità più corrette per l'esecuzione dei compiti (ad es. fare un passo di lato piuttosto che ruotare il busto, assicurarsi che la presa sia salda prima di iniziare la movimentazione di un carico, non indossare guanti inadeguati, ecc.)”.

Queste sono solo alcune delle centinaia di raccomandazioni di cui tener conto per creare un ambiente sicuro per il dipendente riducendo i rischi ergonomici.

Esistono molte soluzioni aggiuntive per mitigare i rischi ergonomici, tra cui la fornitura di dispositivi di protezione individuale, abbigliamento da lavoro adeguati e la progettazione di spazi di lavoro che eliminano posizioni scomode. Ci sono anche degli strumenti moderni che possono ridurre vibrazioni, rumore, pressione o forza eccessivi. Quando nessuno di questi approcci sono una soluzione, bisogna considerare pause di riposo più frequenti, cambiamenti di posizione o di mansioni e si deve pensare a istituire dei protocolli rigorosi per lo svolgimento delle attività.

6. ERGONOMIA NELLA LOTTA CONTRO IL COVID-19

A partire dalla fine di febbraio 2020, la progettazione di un ambiente lavorativo per individui che manifestino paura o ansia per quanto sta accadendo, ha determinato una nuova concezione dello spazio lavorativo, che si tratti di nuova progettazione o di rimodulazione dello spazio esistente per rispettare i requisiti di distanziamento sociale prescritti per la prevenzione del contagio.

In quest'ottica l'ergonomia può essere la giusta chiave per il successo della riapertura di un posto in cui il lavoratore possa sentirsi più sicuro. Tra gli aspetti da considerare a livello ergonomico vi è senza dubbio il corretto equilibrio tra “l'uomo, la macchina e l'ambiente lavorativo”, al quale oggi la pandemia ha aggiunto un vincolo da valutare: la *distanza interpersonale*.

Questa non è mai stata considerata in fase progettuale, sempre nel rispetto delle leggi in vigore, in quanto queste prescrivevano esclusivamente il rispetto delle dimensioni minime delle postazioni di lavoro e non della distanza tra individui. Questo ad eccezione di determinati ambiti lavorativi, dove la concreta pericolosità di una attività rispetto ad un'altra, o l'utilizzo di una macchina o di una attrezzatura nelle vicinanze, hanno fatto sì che l'aspetto “distanza interpersonale” fosse considerato determinante in fase di progettazione.

6.1 Nuova concezione di Spazio a Disposizione per la persona

Questa nuova concezione di spazio, con la turnazione o la possibilità di lavorare in modalità di home-working, ha ridotto in molti casi il numero delle postazioni di lavoro in determinati ambienti lavorativi e questo ad indubbio vantaggio dell'ergonomia, incrementando la produttività, il comfort ed il benessere personale.

Concetto leggermente differente, per chi si è ritrovato improvvisamente a lavorare da casa con spazi limitati, anche a livello di servizi e spazi condominiali, che non erano stati ideati per una attività lavorativa continuativa; dovendo, tra le altre cose, conciliare e ricercare un'armonia con soggetti appartenenti ad altre “aziende”, portatori di esigenze differenti e opposte alle proprie, chiamati “familiari”.

Improvvisamente ci si accorge di come sia fondamentale concepire un ambiente domestico differente, dove oltre a immaginare una vita familiare privata, si debba immaginare uno spazio dedicato al raccoglimento ed al lavoro individuale, che possa “aprirsi” al pubblico in occasione di videochiamate e call conferences.

Quando la casa è vissuta giorno dopo giorno, senza interruzione di continuità, adattando e condividendo lo spazio domestico a diverse funzioni, emergono i difetti che prima si ignoravano, dalla rumorosità dei vicini, alla mancanza di luce naturale, ad un numero di stanze proporzionato al numero di familiari. E da qui, l'importanza e la centralità di una progettazione ergonomica di una casa, con uno spazio lavorativo che possa essere consono allo home-working.

Se negli ultimi anni la progettazione dell'ergonomia si è concentrata per rendere gli uffici adatti sia al lavoro che alle relazioni, in funzione di un migliore bilanciamento tra la vita privata e la vita lavorativa, tra la produttività ed il confort, ora è il momento di fare lo stesso all'interno delle proprie case, nel momento in cui tante grandi aziende, nel periodo covid-19, hanno visto nell'home-working una valida soluzione per continuare a lavorare senza fermare la propria produzione.

Per quanto riguarda l'organizzazione aziendale invece, la necessità di garantire nei luoghi di lavoro specifiche distanze ha portato molte aziende a interrogarsi su come si possano riorganizzare gli arredi adattandoli alle nuove esigenze.

Innanzitutto, bisogna considerare l'area di distanziamento fisico: viene ipotizzato un cerchio di raggio di 1150 millimetri intorno all'operatore per definire l'area che deve essere mantenuta libera a ogni individuo. Tale area è composta da un cerchio interno più piccolo di raggio 150 millimetri che sta a rappresentare la testa del lavoratore e i suoi possibili movimenti, più una corona esterna circolare, di ampiezza 1000 millimetri aggiuntivi, che rappresenta l'area di distanziamento minima.

Riguardo alla posizione seduta, il centro del cerchio viene fatto coincidere con l'intersezione tra bordo anteriore della scrivania/tavolo ed il piano mediano della sedia.

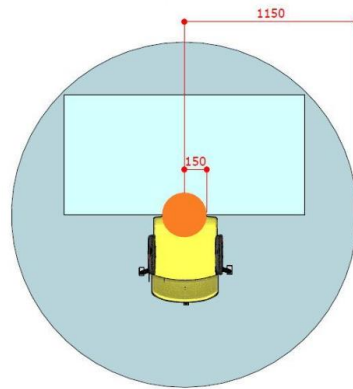


Figura 28: Postazione di lavoro nel rispetto della distanza sociale

Inoltre, l'area di distanziamento di un individuo è sovrapponibile con quella di un individuo vicino, purché non si sovrapponga al cerchio interno di 150 millimetri. In questo modo la distanza interpersonale minima di 1 metro viene garantita.

Ci sono indicazioni anche sulla postazione di lavoro con scrivania singola. Chiaramente la postazione con scrivania singola, isolata, non presenta di per sé problemi per il distanziamento sociale, ma possono essere prese misure preventive al fine di ridurre i rischi derivanti da zone di passaggio eventualmente adiacenti.

In linea generale si sostiene che, nel caso in cui l'area di passaggio sia effettivamente usata come passaggio dei visitatori nella zona adiacente alla scrivania, quindi senza permanenza, l'adozione di schermi protettivi è consigliata, ma non ritenuta come necessaria. Tuttavia si ritiene che l'operatore seduto alla scrivania singola isolata possa essere esposto a rischi derivati dalla presenza di un'area di passaggio adiacente, quindi si valuta l'opzione di poter inserire uno schermo di altezza superiore ai 60 centimetri a partire dal piano di lavoro, come mostrato in figura.



Figura 29: Postazione di lavoro per rispettare la distanza sociale ed evitare qualunque tipo di contatto con l'operatore vicino

6.1.1 Telelavoro e Smart-Working: come evitare i rischi ergonomici?

Come si possono evitare i rischi ergonomici? C'è il bisogno innanzitutto creare un allestimento ottimale del posto di lavoro in modo tale da evitare eventuali disturbi. In pochi minuti è possibile, inoltre, posizionare correttamente tavolo, sedia, schermo e tastiera.

Allestire una postazione ergonomica porta a far pensare anche al mantenimento di una postura adeguata nel mentre si lavora, utilizzando movimenti e pause regolari per prevenire i disturbi.

Gli elementi da tenere maggiormente in considerazione nella “creazione di una postazione di lavoro in casa” sono:

- posizionare il tavolo da lavoro;
- regolare la sedia;
- regolare l'altezza del tavolo;
- posizionare lo schermo, la tastiera e il portadocumenti;
- altezza e distanza dello schermo;
- postura, movimento e pause.

In particolare, meglio approfondire le ricerche su:

- altezza e distanza dello schermo: “il bordo superiore dello schermo si trova almeno 10 cm (un palmo) al di sotto dell'altezza degli occhi. Gli schermi a partire da 24 pollici devono poter essere abbassati sul piano di lavoro. La distanza visiva raccomandata rispetto allo schermo è compresa tra 60 e 80 cm e può aumentare per gli schermi di dimensioni maggiori”.
- Postura, movimento e pause: “il corpo umano è fatto per camminare molti chilometri al giorno. Di solito, invece, trascorriamo l'80% della giornata seduti. È dunque importante cogliere qualsiasi occasione per fare movimento”.

IONOS by I&I

CHECKLIST: “POSTAZIONE DI LAVORO ERGONOMICA”

SEDIA DA UFFICIO ERGONOMICA
<input type="checkbox"/> sedile regolabile in altezza
<input type="checkbox"/> schienale regolabile: passaggio dalla posizione seduta eretta a quella reclinata
<input type="checkbox"/> braccioli regolabili all'altezza del tavolo
<input type="checkbox"/> l'altezza del sedile deve permettere a entrambi i piedi di avere un contatto diretto con il pavimento
<input type="checkbox"/> raccomanda un angolo da torso a coscia di 110-120°Schreibstisch
SCRIVANIA
<input type="checkbox"/> idealmente regolabile in altezza, in modo da poter passare dalla posizione seduta a quella in piedi
<input type="checkbox"/> sotto il tavolo deve esserci spazio sufficiente per la massima libertà di movimento
<input type="checkbox"/> l'allineamento simmetrico degli strumenti di lavoro aiuta a evitare un carico eccessivo su un solo lato del corpo
SCHERMO
<input type="checkbox"/> bordo superiore dello schermo ad altezza occhi
<input type="checkbox"/> regolare l'altezza e l'inclinazione dello schermo per una maggiore flessibilità con l'attacco del monitor o, se necessario, con supporti appositi
<input type="checkbox"/> valore di orientamento per la distanza dagli occhi: monitor da 24 pollici - distanza minima di 100 cm
<input type="checkbox"/> regolare la luminosità e la risoluzione in modo che non si affaticino gli occhi a lungo termine
TASTIERA
<input type="checkbox"/> posizione abbastanza vicina al corpo per evitare una postura gobba
<input type="checkbox"/> un apposito supporto consente di tenere le mani distese
<input type="checkbox"/> eventualmente ricorrere a una tastiera ergonomica divisa in due parti
MOUSE
<input type="checkbox"/> vicino alla tastiera
<input type="checkbox"/> il braccio che usa il mouse e il bordo del tavolo devono formare un angolo retto
<input type="checkbox"/> con un poggia polsi o un mouse ergonomico si impedisce di sovraccaricare le braccia
SORGENTI DI LUCE
<input type="checkbox"/> lavorare principalmente alla luce del giorno, se possibile
<input type="checkbox"/> è consigliabile una combinazione di sorgenti luminose dirette e indirette
<input type="checkbox"/> eventualmente ricorrere a una lampada a luce diurna per una luce più naturale per alleviare gli occhi e migliorare l'umore
<input type="checkbox"/> di sera utilizzare un filtro blu per il monitor e l'illuminazione per evitare stimoli inutili
TEMPERATURA AMBIENTE E VENTILAZIONE
<input type="checkbox"/> temperatura ideale: 20-24° C
<input type="checkbox"/> umidità ottimale: circa 50%
<input type="checkbox"/> brevi e regolari azioni di aerazione e purificazione dell'aria ne migliorano la qualità senza abbassare la temperatura

Figura 30: Istruzioni sul come devono essere le componenti per una perfetta "Postazione di Lavoro Ergonomica"

7. ERGONOMIA E INDUSTRY 4.0: L'UOMO AL CENTRO

Nel panorama della quarta rivoluzione industriale, la necessità di un approccio incentrato sul fattore umano (human factor) come elemento cardine del ciclo produttivo, sta portando sempre più aziende ad avvalersi, nelle fasi di valutazione e progettazione, dei principi dell'Ergonomia sia fisica che cognitiva.

Il legame tra Ergonomia e Industria 4.0 è molto forte, le sue declinazioni abbracciano in egual misura sia l'aspetto culturale sia quello tecnico e il *trait d'union* è appunto l'uomo.

Per comprendere quali sono le implicazioni dell'Ergonomia, la sua applicazione nonché i benefici in ambito Industry 4.0, possono tornare utili le parole dette dalla dott.ssa Paola Cenni, ergonomo europeo, membro della Commissione Ergonomia dell'UNI e Presidente della sezione Emilia-Romagna della Società Italiana di Ergonomia (SIE), che in un'intervista su *Innovation Post* ha definito così l'Ergonomia:

“La parola Ergonomia deriva dal Greco (ergon, lavoro e nomos, legge) e vuol dire letteralmente scienza o governo del lavoro: fa riferimento, infatti, a una cultura e a una tecnica utili per progettare un sistema lavorativo centrato sull'uomo e finalizzato a benessere psicofisico, sicurezza e qualità della performance. Governo sta per una corretta distribuzione delle attività, tenendo ben presente che cosa si può chiedere ad un lavoratore, a livello di competenza ed esperienza, all'interno di un contesto caratterizzato sia da variabili tecnico-fisiche che da variabili organizzative”.



Figura 31: Paola Cenni: ergonomo europeo e Presidente della sezione Emilia-Romagna della SIE

Le parole della dott.ssa Cenni offrono un utile quadro alle diverse implicazioni aziendali dell'Ergonomia ed ai benefici che ne conseguono.

L'Ergonomia a supporto della progettazione offre vantaggi a diversi livelli, in primis un miglior benessere psicofisico ed una maggiore soddisfazione lavorativa, che si traduce in un indubbio aumento della produttività. La scienza ergonomica interviene inoltre nella prevenzione dei rischi per la salute derivanti da sovraccarico biomeccanico, postura e carico mentale.

L'approccio ergonomico, supportato da un'adeguata formazione (destinata ad ingegneri e designer), contribuisce inoltre al superamento di una certa cultura aziendale, che nutre ancora dubbi sul valore aggiunto portato dall'Ergonomia, ritenendola un costo aggiuntivo.

Risulta essere un elemento fondamentale l'esperienza degli operatori. Nell'ambito dell'affidabilità e della sicurezza delle macchine l'approccio ergonomico tiene conto dei principi antropometrici e biomeccanici nella relazione uomo-macchina. La progettazione per stadi affidata a tecnici, ingegneri e designer deve necessariamente avvalersi dell'esperienza degli operatori presenti in azienda. Per ogni fase del processo, sostiene la dott.ssa Cenni, andrebbero riconosciuti:

- l'utilità del feedback e dei possibili aggiustamenti migliorativi;
- l'adeguatezza delle azioni ergonomiche documentate per verificare il rispetto delle norme di buona pratica.

L'Ergonomia, nel contesto di innovazione portato dalla quarta rivoluzione industriale, porta un reale valore aggiunto in tutte le fasi di progettazione e di sviluppo. L'uomo e il suo benessere fisico e mentale sono al centro di questo approccio. Solo in questo modo infatti, si può arrivare all'ottimizzazione delle performance del sistema di produzione di cui l'operatore è parte integrante e fondamentale.

7.1 Ergonomia Cognitiva ed Ergonomia Fisica

In tutto ciò, che ruolo ha l'Ergonomia cognitiva e perché è così importante nella progettazione delle interfacce? Di fronte ad un'interfaccia si attivano i processi cognitivi a partire da un input sensoriale che può essere visivo, uditivo o tattile. L'uomo elabora le informazioni memorizzandole nel breve termine per capire il contesto ed estrapola altri dati dalla memoria a lungo termine. Sulla base di questi processi l'operatore prende una decisione sul comportamento da compiere in sicurezza. Considerando questo contesto risulta chiaro quanto sia importante coinvolgere un ergonomo nella progettazione di tali interfacce: input chiari e user friendly, progettati per essere compatibili con l'assetto neuronale dell'uomo, possono infatti ridurre il rischio di commettere errori e assicurare quindi una maggior sicurezza.

L'ergonomia cognitiva ha come oggetto l'applicazione delle conoscenze relative ai processi cognitivi dell'essere umano, come attenzione, emozioni, pensiero e memoria, al processo di sviluppo e progettazione delle dinamiche di interazione tra un operatore e un sistema di elaborazione delle informazioni.

Questa disciplina assume un ruolo primario nel contesto dell'industria 4.0. La sua metamorfosi non ha effetti solo nell'interazione tra le macchine (M2M – *Machine to Machine*), ma comporta una trasformazione anche nel rapporto fra l'operatore e la tecnologia stessa.

La quantità delle informazioni disponibili e, di conseguenza, le difficoltà nella loro interpretazione e utilizzo, subiranno un sensibile aumento. Inoltre, il paradigma dell'industria 4.0 si fonda anche sull'integrazione dell'elemento umano all'interno dell'ambiente produttivo digitale. Il quale, grazie alla sua straordinaria flessibilità, integra le componenti tecnologiche del sistema produttivo, assumendo sempre di più il ruolo di controllore di ultima istanza.

La maggiore responsabilizzazione dell'operatore e l'aumento della complessità del contesto produttivo porteranno l'operatore stesso a subire in modo sempre più sensibile gli effetti di dinamiche d'interazione inadeguate, che possono condurre ad errori, diminuzione della produttività e contribuire, in casi estremi, allo sviluppo di disturbi di lavoro correlati.

La sfida dell'industria 4.0 richiede quindi lo sviluppo di modelli teorici, tecnologici e organizzativi basati sulle più recenti conoscenze acquisite in materia di elaborazione delle informazioni e di soluzioni tecnologiche adeguate a sostenere l'applicazione.

È possibile sviluppare prodotti che facilitino l'interazione dell'uomo, rendendola allo stesso tempo, più sicura, più efficiente, e più soddisfacente. Le aree di competenza dell'ergonomia cognitiva sono:

- Individuazione ed analisi del modello mentale degli utenti.
- Costruzione di strumenti di indagine ad hoc (per esempio questionari) per la rilevazione di motivazioni ed aspettative
- Progettazione ex-novo e valutazione di prodotti e servizi nell'ottica dell'usabilità.
- Analisi del carico cognitivo dell'interazione uomo-macchina.
- Analisi delle risorse cognitive (percezione, attenzione, memoria, ragionamento) nell'interazione uomo-macchina.

Le metodologie e le tecniche utilizzate possono coinvolgere solo esperti di ergonomia cognitiva oppure utenti finali.

L'ergonomia fisica prende in considerazione tutto quanto di una persona si può vedere o misurare: le caratteristiche antropometriche, biomeccaniche e fisiologiche, i movimenti svolti, tutti aspetti fondamentali nella progettazione di ambienti di vita e di lavoro delle persone. L'ergonomia fisica svolge le sue indagini con metodologie di sperimentazione e di calcolo:

- Sperimentazioni con utenti per lo sviluppo di criteri ergonomici effettuate mediante simulacri, mock-up o prototipi dell'oggetto o dell'ambiente di lavoro.
- Metodologie di calcolo per il supporto alla progettazione e allo sviluppo. In particolare, esistono metodi numerici mediante i quali è possibile analizzare l'interazione di una rappresentazione digitale dell'uomo con una rappresentazione digitale dell'ambiente di lavoro.

Dall'applicazione sistematica di queste metodologie si derivano le specifiche ergonomiche distintive per governare le problematiche progettuali più ricorrenti. Un modo molto efficace per realizzare questi propositi è rappresentato dall'utilizzo di manichini riproducenti le fattezze umane. In campo automobilistico, ad esempio, i

manichini si rivelano strumenti utilissimi per centrare i target ergonomici rilevati nelle analisi di comfort condotte preliminarmente. Raggiungibilità, visibilità, abitabilità ed altri obiettivi ergonomici possono essere valutati facilmente in fase di prototipazione, collocando il manichino digitale nel prototipo virtuale della vettura destinata al lancio sul mercato.



Figura 282: Ergonomia cognitiva ed ergonomia fisica

Alcuni campi d'intervento specifici dell'ergonomia cognitiva sono la *Human-computer Interaction* e la *Human Robot Interaction (HRI)*.

7.1.1 Human Computer Interaction

La Human Computer Interaction (HCI), nata da poco più di dieci anni, si occupa dei problemi connessi alla progettazione di interfacce uomo-macchina, cercando di offrire utili strategie e suggerimenti nel tentativo di rendere possibile un'efficace interazione fra l'utente ed il computer. Più che una vera e propria disciplina costituisce un ambito interdisciplinare di ricerca. Questo settore di studi è nato nel momento in cui i ricercatori si sono resi conto che i problemi relativi all'organizzazione e alla gestione del lavoro, la salute, i fattori neuro fisiologici e i fattori ambientali possono influenzare l'interazione uomo-computer. Ad occuparsi di questi problemi sono discipline quali l'ergonomia cognitiva, la psicologia, le scienze cognitive, la semiotica, la fisiologia, l'informatica e l'industrial design.

L'ingegneria industriale è nata agli inizi del XIX secolo per cercare di aumentare la produttività industriale. Questo attraverso la progettazione di strumenti che riducessero

la fatica dei lavoratori e di ambienti che garantissero una migliore qualità della vita. L'utilizzo di sistemi computerizzati si addice perfettamente a questo scopo.

La psicologia cognitiva ha orientato i suoi studi verso l'uomo, inteso come elaboratore di informazioni ed esecutore di compiti. Gli psicologi cognitivisti si sono concentrati sulla capacità dell'uomo di apprendere l'uso dei sistemi, sul trasferimento di queste conoscenze, sulla rappresentazione mentale dei sistemi e sulle prestazioni dell'uomo nell'interazione uomo-computer. Gli stessi principi sono stati poi applicati alla HCI.

Un'altra area di ricerca che ha influenzato lo sviluppo della HCI è l'information science and technology. La tecnologia ha avuto profondi effetti nel modo in cui l'informazione può essere immagazzinata, consultata e utilizzata e di conseguenza sull'organizzazione dell'ambiente di lavoro.

Ma il campo della HCI è talmente ampio da coinvolgere anche molte altre discipline, tra cui l'usabilità e l'ergonomia. Quest'ultima apporta il suo contributo all'HCI attraverso la determinazione delle costrizioni del design dei sistemi e suggerendo specifiche linee guida e standard da osservare in fase di progettazione.

I computer sono diventati strumenti che sono utilizzati non solo da esperti, ma da una vasta gamma di utenti per scopi lavorativi, ludici ed educativi. Questo fenomeno ha indotto i progettisti a studiare dei sistemi computerizzati che si adattino ai diversi tipi di bisogni che un utente può avere. Perché un computer diventi un prodotto di consumo dovrebbe essere ben progettato, ma questo non significa giungere fino ad una progettazione personalizzata per il singolo utente, ma venire incontro ai bisogni e alle capacità di classi di fruitori.

Gli obiettivi della Human Computer Interaction sono quelli di costruire sistemi computerizzati che siano utili, sicuri, usabili e funzionali. Nonostante non esista una teoria generale e unificata della HCI, c'è comunque un principio fondamentale che la riguarda: le persone utilizzano il computer per svolgere dei compiti (il termine deve essere interpretato in modo generico e non strettamente connesso al lavoro). Quindi nel processo sono coinvolti principalmente tre "elementi": l'uomo, il computer e l'attività da svolgere. Il sistema deve supportare l'utente nel portare a termine i suoi compiti e questo porta a galla un quarto elemento: l'usabilità. Se il sistema forza l'utente e lo mette in difficoltà nello svolgimento del suo compito, questo significa che non ha un buon grado di usabilità.

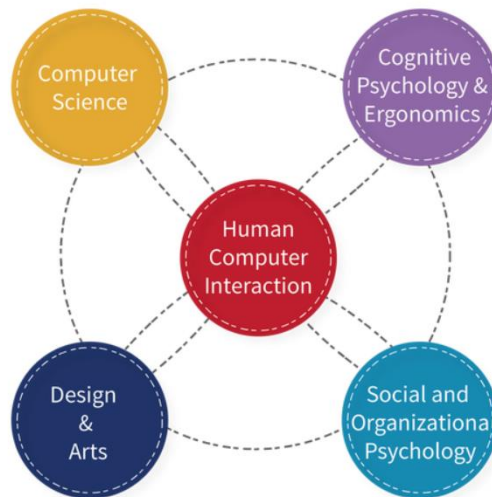


Figura 33: Sottogruppi della HCI

7.1.2 Human Robot Interaction

L'integrazione dell'elemento umano in un sistema produttivo digitale si traduce sempre di più nell'interazione fra la persona e il robot.

Human robot interaction ha come oggetto lo studio delle interazioni tra persone e robot. La comprensione dei processi cognitivi implicati ci permette di adeguare i processi di progettazione e di sviluppo dei sistemi collaborativi alle caratteristiche dell'operatore umano.

Inoltre, queste conoscenze ci consentono di progettare soluzioni e tecnologie che permettono ai robot di cooperare pienamente con gli operatori, comprendendone le intenzioni ad anticipandone le azioni.

In conclusione, i più recenti modelli tecnologici dell'ergonomia applicata ai processi produttivi industriali garantiranno nel prossimo futuro un miglioramento delle condizioni di lavoro dell'operatore sotto l'aspetto fisico e psicologico, aumentando così l'efficienza e la produttività della linea industriali.

Si studiano e si adattano allo specifico campo della robotica soluzioni sia hardware che software per:

- interpretazione dei gesti, principalmente basate sui nuovi modelli per la stima della postura 2D e 3D sfruttano i dati sensoriali del robot;
- la generazione di segni non verbali da usare soprattutto sul canale secondario in modo da consentire all'utente di valutare l'evoluzione dell'interazione;

- la navigazione indoor in ambienti non strutturati con algoritmi di Localizzazione Simultanea e Mapping da riadattare alle specifiche piattaforme robotiche utilizzate.

L'idea è quella, in una prima fase, di sperimentare le tecnologie disponibili e verificarne l'adeguatezza rispetto agli algoritmi che si intendono utilizzare. Procedere quindi ad una fase di integrazione di sistemi al fine di giungere ad un prototipo robotico completo ma ancora da laboratorio, quindi non ingegnerizzato, per infine passare alla declinazione di alcuni prodotti derivati dal prototipo con caratteristiche di prodotto finale.

L'obiettivo è quello di implementare nuovi modelli antropomorfici di interazione tra uomo e robot per naturalizzare l'interazione. Ciò implica dotare il robot di capacità sia di percepire sia di interpretare la comunicazione che fluisce dall'uomo verso il robot ma anche di capacità espressive del robot intuitivamente identificabili dall'interlocutore. Si cerca quindi di ottenere nuove soluzioni sia hardware sia software per la comprensione e la generazione di segnali bidirezionali multimodali per la comunicazione attraverso il canale principale e quello secondario.

I principali campi applicativi sono: l'educazione, dove l'interazione tra robot e bambini può supportare metodi didattici. Beni culturali, ovvero assistenza museale in cui le capacità di interpretazione indicale sarebbero una innovazione per questo campo applicativo. Medicina, in particolare assistenza post degenza di pazienti.

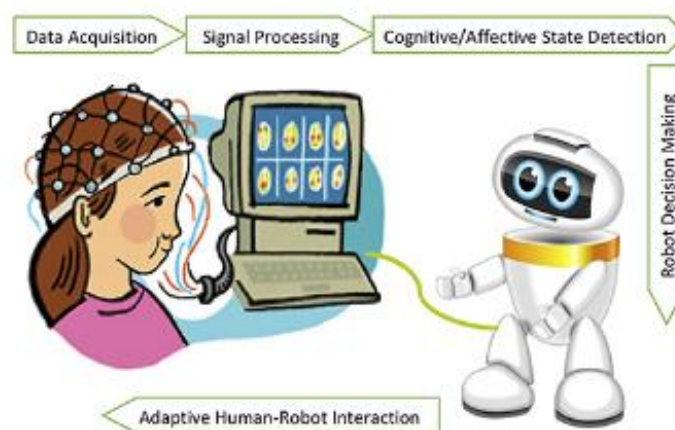


Figura 34: Interazione Uomo-Robot in circuito chiuso

8. ROBOTICA IN SOSTEGNO DELL'ERGONOMIA

Salute e sicurezza nei luoghi di lavoro sono imperativi aziendali, non solo perché garantiscono l'incolumità dei lavoratori, ma anche perché aumentano la produttività e la qualità del prodotto. Non tutti, però, considerano che investire sulla salute può essere un fattore determinante, un vero driver per la crescita aziendale. Se è vero che i miglioramenti in termini di salute e sicurezza sono in grado di influenzare la produttività, è anche vero che devono essere accompagnati da un cambiamento "culturale" ed "organizzativo" che mira all'eccellenza, costruito su una visione aziendale condivisa, e ciò richiede un impegno continuo e modelli organizzativi evoluti. In altre parole, la relazione tra sicurezza, cultura e produttività costituisce un catalizzatore ideale per migliorare ogni area di un'azienda. Questa relazione che non è esagerato definire strategica si può costruire attraverso quella che gli addetti ai lavori chiamano "disciplina ergonomica".

Di cosa si tratta? L'ergonomia studia e ottimizza le stazioni di lavoro calcolando il tempo e la fatica necessari per ogni movimento compiuto dal singolo operaio.

L'obiettivo è eliminare la fatica dalla fabbrica ottenendo un aumento della produttività ed una contestuale riduzione del rischio ergonomico.

Accanto alla valorizzazione dell'ergonomia si è posta, negli ultimi anni, l'innovazione tecnologica, offrendo grandi prospettive di sviluppo anche in ottica di health and safety 4.0. Molte aziende stanno testando le più recenti tecnologie ergonomiche anche in contesti industriali.

Robotica collaborativa, esoscheletri, realtà aumentata sono tecnologie legate all'implementazione di Industria 4.0 che necessitano di standardizzazione e per le quali gli indispensabili requisiti tecnici di sicurezza non possono prescindere dalle peculiarità fisiche, sensoriali e psicologiche dell'uomo e da aspetti quali l'usabilità e l'accettabilità di tali tecnologie nello svolgimento del proprio lavoro.

Un gruppo di lavoro che si occupi degli aspetti di ergonomia nell'Industria 4.0 e nella fabbrica intelligente: la Call for Experts è stata avviata nel mese di maggio 2017 dalla Commissione Tecnica dell'ISO TC159, presieduta dalla tedesca DIN.

8.1 Robotica Collaborativa

I robot collaborativi, o cobot, sono robot industriali di nuova generazione pensati per affiancare gli operatori e interagire con loro senza barriere o gabbie protettive a dividerli.

Il termine “cobot” è stato introdotto per la prima volta nel 1996 da due professori della Northwestern University progettando un manipolatore intelligente (Intelligent Assistant Device) per General Motors. Oggi il termine, anche in ambito normativo ISO, viene utilizzato per identificare una tipologia di applicazioni che hanno come comune denominatore una condivisione dello spazio di lavoro tra operatore e robot in assenza di barriere fisiche.

L’obiettivo della collaborazione è quello di enfatizzare e integrare le capacità proprie dell’uomo di percezione, flessibilità, abilità, ed esperienza con la forza, la resistenza, la precisione e la ripetibilità del robot.

L’industria è stata uno dei primi settori nel quale sono stati introdotti robot per sostituire l’uomo in compiti usuranti e/o pericolosi, con una netta divisione dello spazio operativo a garanzia della sicurezza degli operatori. Oggi tali barriere di separazione si stanno tramutando in protezioni software di tipo più evoluto per consentire la condivisione dello stesso spazio operativo. I cobot oggi in commercio, grazie a telecamere e speciali sistemi di anticollisione, assicurano il blocco del robot al primo contatto con le persone, evitando la possibilità di incidenti, ma precludono di fatto una reale possibilità di interazione con l’operatore umano. La collaborazione fisica tra persone è garantita dalla capacità degli esseri umani di percepire spazi, dimensioni e forze in gioco, elementi oggi assenti nei robot. I robot collaborativi eseguono operazioni di pick & place, inscatolamento e confezione di pallet, manipolazione di prodotti per controllo qualità e, più in generale, applicazioni che concernono l’asservimento macchine, la saldatura, la rimozione di materia e l’assemblaggio collaborativo.



Figura 35: Esempio di Robot in aiuto della produzione

I robot non sono tutti uguali. Si distinguono per dimensioni, portata, velocità, minore o maggiore flessibilità operativa e applicativa, costo, necessità o meno di barriere di sicurezza e per molte altre caratteristiche.

In particolare, le differenze fra i robot tradizionali e i robot collaborativi sono tra le più evidenti di tutto il settore e possono essere descritte - semplificando - secondo le seguenti proprietà:

- Sicurezza
- Flessibilità

8.1.1 Sicurezza dei Cobot

La maggior parte dei robot collaborativi, possono operare senza l'ausilio di barriere di protezione intorno, a differenza dei robot tradizionali che invece necessitano di costose recinzioni a separare lo spazio dove operano da quello in cui agiscono le persone. Oltre l'80% della base installata complessiva dei cobot UR, opera senza recinzioni o barriere, condividendo spazio e mansioni con gli operatori. Perché?

Non è solamente questione di dimensioni e velocità (che sono tendenzialmente più contenute rispetto a quelle di un robot tradizionale) quanto di una diversa concezione della funzione del robot. I robot collaborativi UR dispongono di una serie di safety native (17 per la precisione) che permettono in fase di installazione e programmazione di pensare direttamente il processo come un'attività suddivisa fra uomo e cobot. In un

cobot è possibile impostare distanza e tempo di arresto e molte altre variabili che rendono la sua implementazione del tutto sicura anche in un'area affollata. I robot collaborativi inoltre offrono la possibilità di poter essere equipaggiati con un'ampia gamma di sensori che ne accrescono la sicurezza, come laser scanner e sistemi di visione che registrano la presenza dell'operatore controllando movimenti e tempi di reazione del cobot.

Ma la sicurezza rappresenta soltanto il primo passo nel definire la reale collaboratività di un robot. Altri elementi concorrono a definire questo parametro.

La valutazione dei rischi è una parte cruciale nell'implementazione di nuove applicazioni che impiegano i robot collaborativi. Nelle applicazioni industriali non collaborative, la valutazione del rischio è tipicamente creata tardi nel processo di implementazione, poiché la maggior parte dei pericoli sono eliminati da recinzioni e attrezzature ausiliarie di sicurezza. Tuttavia, per i robot industriali collaborativi (cobot) è importante considerare la strategia di sicurezza all'inizio del processo di implementazione, per assicurarsi che i requisiti di sicurezza siano parte della specifica generale dei requisiti della soluzione. Poiché i cobot spesso operano senza recinzioni, è probabile che si verifichino situazioni di contatto con gli operatori.

Per allenare la “mentalità collaborativa” con il pensiero di progettazione sicura lo standard di sicurezza, devono essere seguite 3 fasi nel processo di progettazione per la sicurezza. In ordine di priorità:

1. Eliminare i pericoli attraverso la progettazione
2. Mitigare i rischi applicando ulteriori misure di sicurezza (funzioni di sicurezza, valori limite, sensori, ecc.)
3. Informare e formare la persona che lavorerà con il cobot.

Ci sono diversi fattori di rischio che derivano dal cobot che condivide lo spazio di lavoro con un umano. Alcuni di questi fattori di rischio sono:

- Le traiettorie non prevedibili dei cobot che rendono difficile per gli operatori capire da subito dove la macchina si muoverà e dove potrebbe generare un contatto indesiderato. L'ideale è cercare di imitare i modelli di movimento umani, poiché questi sono facili da interpretare per gli operatori.
- Le alte velocità del cobot impongono un rischio per gli operatori, i cobot possono raggiungere alte velocità compromettendo la collaboratività

dell'applicazione. La velocità del cobot dovrebbe corrispondere al carico utile in modo da evitare forze d'impatto e pressioni superiori alla norma (ISO TS 15066).

- Le traiettorie del cobot programmate senza attenzione. Le traiettorie possono essere pericolose quando ad esempio sono programmati percorsi che potenzialmente possono passare vicino alla testa dell'operatore. Noto che: "L'esposizione a contatto con regioni sensibili del corpo, compresi cranio, fronte, laringe, occhi, orecchie o viso, deve essere impedito ogni volta che sia ragionevolmente possibile" (ISO/TS15066:2016 5.5.5.3), le traiettorie del cobot dovrebbero essere limitate ad altezze/zone che minimizzano i danni in caso di impatto. Questo significa, quando possibile, evitare il movimento ad altezza della testa e raggiungere lo spazio aperto intorno alla cella di lavoro.

Altri fattori di rischio sorgono con il cobot dotato di pinza che afferra un pezzo da trasportare o da lavorare. Tre di questi sono:

- La pinza viene azionata prima di raggiungere la posizione di gripping mentre si muove verso l'attrezzatura. Risulta meno rischioso azionare la pinza solo quando si trova nella posizione di gripping poco prima del raggiungimento del pezzo da lavorare. Inoltre per minimizzare la probabilità e l'impatto con le attrezzature di bloccaggio, meglio limitare la velocità nelle fasi di avvicinamento verso il punto di presa e posizionamento.
- La corsa della pinza non viene ottimizzata e rimane molto spazio intorno al pezzo quando lo si afferra. Risulta più efficace aprire la pinza in modo che possa afferrare il pezzo ma non le dita, 3-4 mm è un gap limite.
- Pinze con troppa forza di presa: meglio usare pinze con controllo della forza destinate all'uso collaborativo o progettare sistemi di presa con controllo passivo della forza.

Altri pericoli tipici sono presenti quando si sposta un pezzo da lavorare. Anche per questa situazione ci sono diversi fattori di rischio che sorgono, quattro di questi sono:

- Perdita del pezzo: occorre evitare la perdita del pezzo dalla pinza in ogni situazione fino alla mancanza di energia o danneggiamento del sistema di alimentazione. Efficaci sono sistemi di presa normalmente chiusi con prese di forma con ritenzione del pezzo.

- I pezzi da lavorare che causano pericoli di pizzicamento o hanno parti contundenti in una direzione. Se possibile, è meglio ottimizzare le traiettorie di spostamento del pezzo con la posizione del pezzo in presa tale da evitare la possibilità di un contatto inatteso tra operatore e pezzo sul lato pericoloso.
- Oggetti in lavorazione con bordi affilati. Se possibile, spostare il pezzo in un orientamento in cui i bordi affilati non costituiscano un pericolo simile a un coltello.
- Troppo poco spazio tra la struttura e il pezzo in pinza quando viene trasportato. Dove è permesso, creare postazioni che prevedono l'ingombro del pezzo in pinza. Quindi programmando le traiettorie del cobot per il trasporto occorre evitare per quanto possibile contatti statici inattesi con le mani/braccia dell'operatore.

Ora, in sintesi, per fare la valutazione dei rischi efficace occorre esperienza e senso pratico. Esistono modi per effettuare la valutazione dei rischi sia in modo qualitativo che in modo quantitativo. Quello che è razionale è partire da una progettazione del sistema orientata alla sicurezza. L'obiettivo di questa fase è trovare un design sicuro per l'applicazione collaborativa che soddisfi i requisiti generali, essenziali e specifici dati dalle direttive e dagli standard applicabili. Il modo di pensare deve tener conto che potrebbe essere necessario ritornare alla progettazione durante l'intero processo iniziato da diversi passi ogni volta che il sistema non soddisfa i requisiti di sicurezza necessari. Per ridurre lo sforzo di progettazione, è utile considerare tutti i requisiti di sicurezza applicabili da zero. Per esempio, si dovrebbero usare solo prodotti per i quali il fornitore può fornire una dichiarazione di conformità e/o di incorporazione.

Occorre definire il modello dei processi e dei compiti. Creare una descrizione del processo per tutte le operazioni rilevanti dell'applicazione. L'analisi tipica è, ma non solo, nel funzionamento normale e l'uso scorretto ragionevolmente prevedibile. È necessario considerare ogni operazione in una valutazione del rischio separata. Per chiarezza e semplificazione è utile iniziare con le operazioni del funzionamento normale. La descrizione del processo in operazioni dovrebbe definire un elenco di rischi e un elenco di soluzioni ragionevoli che rappresentano il processo nella sua interezza,

compresa una distinzione delle azioni fatte dall'uomo, dal robot collaborativo e da altri macchinari.

La procedura di valutazione del rischio è semplice e deve essere eseguita per tutti i pericoli registrati, esaminando ogni scheda tecnica di pericolo e stimando i parametri rilevanti per il rischio. Tipicamente vengono usate tabelle come la tabella sottostante per determinare il livello di rischio che deriva dal pericolo considerato.

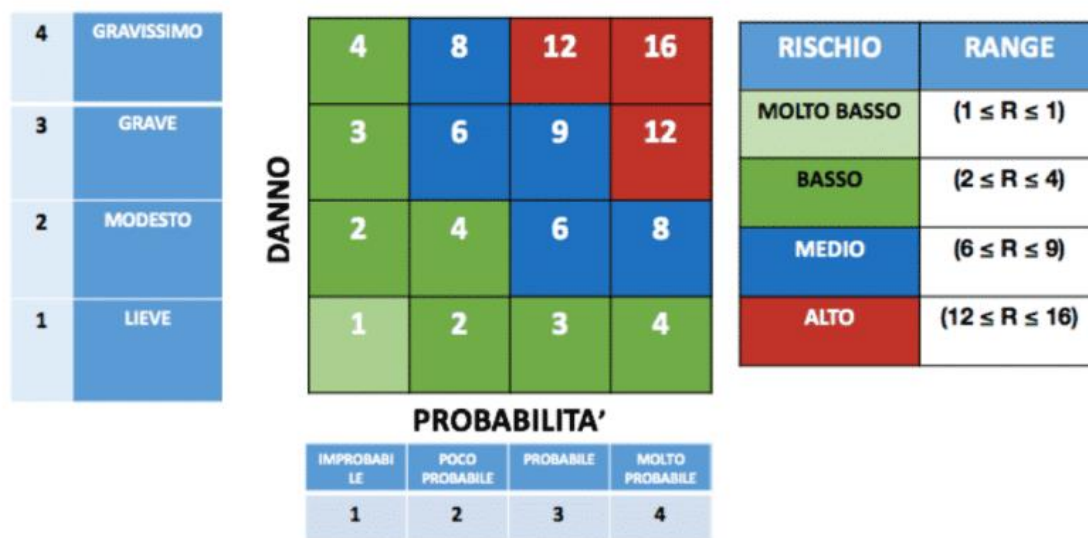


Figura 36: Tabella del rischio

Il grafico del rischio distingue tra rischio alto (rosso), medio (blu), basso (verde) molto basso (verde chiaro). Un rischio alto (rosso) indica che le misure di sicurezza per la riduzione del rischio sono obbligatorie. Una raccomandazione di applicare misure di sicurezza corrisponde a un rischio medio (blu). Se il rischio è basso, è sufficiente informare l'operatore del sistema sul rischio nel manuale o utilizzando segnali o cartelli appropriati.

Il prossimo passo è cercare di capire dove sia possibile procedere con l'eliminazione del pericolo o comunque capire come ridurre il rischio. La riduzione di un rischio specifico può essere ottenuta in due modi. Il primo modo è quello di eliminare il pericolo attraverso la progettazione, che elimina anche il rischio associato. Questo modo è quello preferito, anche se è realizzabile solo con misure di progettazione. Il secondo modo è quello di ridurre il rischio applicando misure di sicurezza in termini di componenti o competenze, che si applica a tutti i casi con medio e alto. L'obiettivo primario è, in ogni caso, ridurre il rischio a uno basso (verde nel grafico di valutazione del rischio).

Specificare almeno un piano di prova per ogni misura di sicurezza nella scheda di sicurezza. Il piano di prova deve indicare come provare che le misure di sicurezza.



Figura 37: Differenza tra Robot tradizionali e Robot collaborativi

8.1.2 Flessibilità dei Cobot

Un robot industriale tradizionale risulta performante solo su grandi volumi produttivi. Assicura infatti grande velocità e ripetibilità, su lotti lunghi e senza variazioni di prodotto. L'automazione cui un robot tradizionale dà origine è rigida. La flessibilità è invece la vera cifra stilistica che contraddistingue un robot collaborativo. Un cobot è piccolo e leggero: può quindi essere spostato agevolmente all'interno del layout industriale e applicato esattamente dove serve. Inoltre la sua versatilità lo rende applicabile in molteplici operazioni: si tratta di un braccio capace di offrire il suo contributo operativo ovunque serve. Le dimensioni e il peso contenuti (circa 30 kg) non sono però l'unica caratteristica che rende i cobot facilmente dislocabili su attività di

volta in volta diverse. Anche la possibilità di operare in sicurezza senza recinzioni li svincola dall'averne una posizione fissa all'interno del layout.

La facilità di programmazione è un'altra caratteristica che enfatizza la flessibilità dei cobot. La programmazione di un braccio robotico è molto semplice per le operazioni più elementari e diffuse.

La programmazione è semplice e intuitiva e può avvenire in due diverse modalità.

- TEACH PENDANT: il tablet di programmazione con funzionalità touch screen di UR, contiene un template grafico che consente di impostare rapidamente i programmi del cobot.
- FREE DRIVE: è possibile programmare il robot muovendo il braccio nello spazio e registrando dei waypoint specifici che forniranno al robot le coordinate attraverso cui ripetere il movimento programmato.

I sensori sul cobot consentono di avvertire anche i movimenti più impercettibili e di riprogrammare la macchina ogni volta che sia necessario.



Figura 38: Teach Pendant

CONCLUSIONI

Nel corso degli anni e con lo sviluppo delle nuove tecnologie, la condizione igienica, psicologica e fisica all'interno dell'azienda o del posto in cui si lavora, è diventata un elemento importante per chi tiene conto dell'organizzazione del posto di lavoro.

Ciò si concretizza nelle sue geometrie/layout, nella scelta del personale più adatto, nel decidere quale operatore debba svolgere un'azione specifica e chi ne debba svolgere un'altra, facendo attenzione alle caratteristiche fisiche e comportamentali. Ad esempio, è difficile che una donna possa svolgere mansioni che prevedono spostamenti di carichi pesanti manualmente, in virtù delle proprie caratteristiche fisiche. Un'azienda non si preoccupa più soltanto di produrre e fatturare, ma nei suoi obiettivi rientra anche curare il proprio dipendente, tutelarlo, formarlo e far sì che non decida di andarsene alla ricerca di condizioni lavorative migliori.

Questo argomento attualmente serve anche ad aumentare la competitività aziendale: poiché, facendo tirocinio in un'azienda di macchine da corsa che fabbricano pezzi in carbonio, posso confermare che i clienti, nel cercare la giusta fabbrica con cui collaborare, oltre a vedere la qualità dei prodotti che vengono forniti, basano le proprie attenzioni sulla pulizia dei reparti, sull'organizzazione e sulla tutela dei propri dipendenti.

Le tecnologie che costituiscono la robotica diventano sempre più complesse, e l'uomo deve diventare più bravo a identificare e rimediare o mitigare i rischi specifici. Tuttavia, questa complessità e la natura di alcune tecnologie utilizzate aumenta la probabilità che si materializzino rischi imprevedibili, anche se la sicurezza generale dei prodotti aumenta. Quando questi rischi imprevedibili si materializzano e causano danni a persone o proprietà, i casi di responsabilità richiederanno maggiori gradi di dimostrazione di diligenza, buona fede e coinvolgimento dei produttori nella progettazione di sistemi sicuri. Dimostrare di aver considerato il rischio a livello specifico ma anche generale aiuterà i progettisti nella loro eventuale difesa durante le cause di responsabilità.

L'ergonomia deve essere un elemento cardine da considerare per il datore di lavoro nell'organizzazione aziendale, in ogni sua piccola parte, per far sentire il lavoratore "al sicuro" sul posto di lavoro.

RINGRAZIAMENTI

Ed eccoci qua, sono finalmente giunto alla fine di questo percorso che per me sarà un nuovo inizio. Un percorso che non avrei mai intrapreso se non fosse stata per la fiducia nei miei confronti da parte dei miei genitori, Fabio e Debora. Mi sono stati sempre vicini, in momenti belli e brutti: quando dopo 12 mesi di università avevo fatto solo 1 esame su 8, mi hanno sempre mostrato di essere fieri di me, senza mai farmi troppe domande k mettermi pressione. Siete stati la mia ancora di salvataggio, non avrei mai portato a termine questo percorso fino in fondo se non fosse stato per voi. Siete due genitori perfetti, forse troppo buoni nei confronti dei vostri figli, me compreso; per me sarete sempre un punto di riferimento, spero un giorno di diventare un genitore ottimo come lo siete voi per me. Mi ricordo ancora quell'agosto del 2019 quando eravate quasi più felici voi di me nel cercare un appartamento nella città di Fermo dove poter iniziare questo mio percorso universitario e, nonostante il grande sforzo economico che solo voi potete immaginare quanto dura sia stata, non mi avete mai fatto mancare niente, mettendo praticamente la mia vita universitaria davanti ai vostri bisogni principali. Questa stessa cosa si sta ripetendo anche nell'organizzazione della festa di laurea, non vi ringrazierò mai abbastanza. Speravo di uscire con un voto più alto per rendervi ancora più fieri di me, rimarrà un mio grande rimpianto. Vi voglio un mondo di bene!

Ringrazio anche i miei fratelli Alessandro, Davide e Lorenzo: litighiamo spesso, ci sono molti alti e decisamente troppi bassi. Il tempo passa, ma voi mi avete sempre rispettato e ascoltato anche quando magari pensavate che i miei consigli fossero inutili. Non mi avete mai disturbato nei miei momenti di studio che potevano dilungarsi fino alle 2.30/3 di notte, mi avete lasciato studiare in pace e in silenzio facendomi concentrare in modo adeguato. Ci sono momenti in cui sembra che non possiamo stare nella stessa stanza perché scoppierebbe una bomba, ma io vi voglio un mondo di bene e non dimenticherò mai che ho dei fratelli stupendi, nei vostri pregi e difetti.

Ringrazio la mia tata, la mia motivatrice. Alice, per me sei sempre stata dall'inizio una fonte di ispirazione: vedere te studiare portava a farmi studiare sempre di più. Mi sei sempre stata vicina quando ne avevo bisogno, quando non riuscivo a passare esami neanche dopo 4 tentativi, quando ero nei miei momenti di sclero generale e non riuscivo a concentrarmi per andare avanti. Mi hai detto di non mollare mai neanche quando lo stavo per fare. Mi hai dato attenzioni in ogni momento, sei sempre stata disponibile con me e avevi praticamente più tu l'ansia di me prima di un mio esame tanto che ogni volta

ti proponevi quasi te per fare l'esame al mio posto, il che fa capire quanto tu tenga a me e ai miei traguardi. Spero che sarai al mio fianco per tanto tempo, non mi stancherò mai di te e spero che neanche te lo faccia. Ti amo tanto!

Voglio ringraziare anche i miei "suoceri" Alessandra e Andrea: mi hanno mostrato empatia e mi sono stati vicini nei momenti più delicati di questi ultimi mesi, dimostrandomi il loro bene. In particolare, Andrea: mi chiami ingegnere da praticamente 2 anni...ora finalmente ce l'ho fatta!!

Voglio ringraziare inoltre i miei due migliori amici, Andrea e Francesco, che mi hanno sempre dimostrato di tenere a me. Ricordo ancora quella volta in cui siete venuti nel mio appartamento a Fermo per aiutarmi con l'esame di Analisi insieme ad altri 2, ma in 5 non siamo riusciti ad arrivare neanche a 16, ma ve ne sono grato. Siete stati importanti quando avevo bisogno di staccare dallo studio, quando dovevo distrarmi magari facendo una partita di calcetto, padel o bowling.

Voglio ringraziare infine i miei amici universitari, in particolare Alessandro con cui ho condiviso un anno stupendo da coinquilini e con cui ho ora un rapporto molto forte, decisamente più potente di quello che avevamo prima dell'Università.

Per concludere, voglio dedicare questa mia laurea ai miei nonni. Nonno Sandro che ho conosciuto solo pochi anni fa, ma è una persona veramente speciale per me e mi ritengo fortunato ad avere un buon rapporto con il mio unico nonno rimasto. Nonno Peppe e Nonna Dirce: vi dedico tutto, non c'è un momento in cui non vi penso e sono sicuro che entrambi da lassù mi avete dato la forza per andare avanti. Spero voi siate fieri di me, vi voglio tanto bene.

Ringrazio tutti voi, so quanti sacrifici abbiate fatto per farmi arrivare a questo mio traguardo. Concludo ringraziando per l'ennesima volta i miei genitori: solo voi sapete quanti e che tipo di sacrifici avete fatto per farmi arrivare fin qui, per farmi avere le basi per una futura vita più prolifica e per questo non vi ringrazierò mai abbastanza. Mi sono scese tante lacrime nello scrivere queste parole, come ne saranno scese anche a voi, conoscendovi. So che sono però lacrime di gioia. Non era un buon periodo questo di iniziò anno, ci è successo praticamente di tutto e speriamo che questa mia festa di laurea sia una sorta di punto e a capo per poter ricominciare da 0 questo anno. Inutile guardarsi

indietro, ciò che è fatto è fatto, l'importante è andare avanti, viverci ogni singolo momento: la vita è una, non bisogna mollare neanche un singolo secondo. Bisogna godersela, e io me la voglio continuare a vivere al massimo con la mia famiglia, sempre più unita che mai, con la mia tata Alice con cui spero in un futuro stupendo come coppia e la sua famiglia; con i miei amici tutti, da Andrea e Francesco passando per Flora, Franco, Giulia, Valerio, Matteo, Luca con cui spero di continuare a vivere momenti indimenticabili per tutto il resto della mia vita.

SITOGRAFIA

<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/ergonomia.html>

<https://www.lavoraresicuro.net/rischi-ergonomici-per-i-dipendenti.php>

<https://www.puntosicuro.it/rischio-ergonomico-C-116/datore-di-lavoro-indicazioni-per-il-rispetto-dei-principi-ergonomici-AR-14555/>

<https://www.ingenio-web.it/articoli/il-covid-19-riscopre-l-importanza-di-una-progettazione-ergonomica-della-casa/>

<https://www.puntosicuro.it/coronavirus-covid10-C-131/telelavoro-smart-working-come-evitare-i-rischi-ergonomici-AR-20105/>

<https://ergonomista.it/che-cose-l-ergonomia-a-cosa-serve-e-a-cosa-si-applica/>

<https://www.ionos.it/startupguide/produktivita/ergonomia-sul-posto-di-lavoro/>

<https://www.studioesepi.it/magazine/sicurezza-sul-lavoro/rischio-ergonomico-come-lavorare-in-ufficio-in-modo-sicuro>

http://www.societadiergonomia.it/wp-content/uploads/2014/07/Storia_Ergonomia.pdf

<https://www.ergo21.it/storia-dellergonomia-di-paola-cenni/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Ergonomia_cognitiva

<https://it.wikipedia.org/wiki/Taylorismo>

<https://www.studenti.it/il-taylorismo-definizione-e-principi.html#:~:text=Il%20nucleo%20del%20taylorismo%20%C3%A8,dedicare%20ad%20azioni%20molto%20semplici>

<http://www.societadiergonomia.it/>

https://www.ciip-consulta.it/index.php?option=com_content&view=article&id=675:ergonomia-e-sicurezza-sul-lavoro&catid=299&Itemid=445

https://www.ciip-consulta.it/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=455

<https://www.mondoffice.com/mondoffice-informa/consigli-pratici/importanza-ergonomia-posto-di-lavoro.html>

<https://www.timotion.com/it/news-and-articles/reinventing-the-production-line-ergonomics-in-the-factory>

<https://gruppoingegneria.it/benessere-sul-lavoro-ergonomia-e-postura/>

<https://www.puntosicuro.it/coronavirus-covid19-C-131/layout-ufficio-distanziamento-linee-guida-per-la-disposizione-dei-mobili-AR-20474/>

https://www.puntosicuro.it/_modules/download/download/040303_SUVA_Ergonomia.pdf

<https://www.asl.vt.it/Staff/SPP/Documentazione/informazione/rischi/ergonomia%20e%20postura.pdf>

<http://www.faentia-consulting.com/it/news/ergonomia-e-industry-40-luomo-al-centro>

<https://ergonomiainfabbrica.it/ergonomia-cognitiva/>

<https://www.innovationpost.it/attualita/industria-4-0/comprendere-limportanza-dellergonomia/>

<https://www.industry4business.it/industria-4-0/ergonomia-come-applicarla-nellinnovazione-industriale/>

<https://www.webaccessibile.org/le-basi/come-comunichiamo-con-i-computer/human-computer-interaction/>

<https://www.icar.cnr.it/gruppi-tecnologici/human-robot-interaction/#:~:text=Le%20attivit%C3%A0%20saranno%20focalizzate%20sui,interazione%20tra%20uomo%20e%20robot.>

<https://www.riskmanagement360.it/mercati/industria-4-0/cosi-la-robotica-puo-ridurre-i-rischi-nella-fabbrica-4-0/>

<https://www.universal-robots.com/it/robot-collaborativi-o-cobot-cosa-sono-la-guida-definitiva/>

<https://www.homberger-robotica.com/news/cobot-e-la-valutazione-dei-rischi/>

<https://www.internet4things.it/iot-library/cobot-cosa-sono-e-quali-sono-i-vantaggi-dei-robot-collaborativi/>

<https://mecotech.it/cosa-sono-i-cobot-perche-interpretano-perfettamente-le-esigenze-delle-pmi/>